



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



MARIA LUISA PALITOT REMÍGIO ALVES

**AVALIAÇÃO DO RISCO DE DESASTRES POR INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE
BARREIROS, PERNAMBUCO, BRASIL**

**JOÃO PESSOA – PB
FEVEREIRO – 2022**

MARIA LUISA PALITOT REMÍGIO ALVES

**AVALIAÇÃO DO RISCO DE DESASTRES POR INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE
BARREIROS, PERNAMBUCO, BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba, para obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira.

Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima.

JOÃO PESSOA – PB

FEVEREIRO – 2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A474a Alves, Maria Luisa Palitot Remígio.

Avaliação do risco de desastres por inundação no município de Barreiros, Pernambuco, Brasil / Maria Luisa Palitot Remígio Alves. - João Pessoa, 2022.
133 f. : il.

Orientação: Hamilcar José Almeida Filgueira.

Coorientação: Eduardo Rodrigues Viana de Lima.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Desastres por inundação. 2. Planejamento urbano.
3. Risco de desastres - Redução. 4. Modelo HAND. I.
Filgueira, Hamilcar José Almeida. II. Lima, Eduardo
Rodrigues Viana de. III. Título.

UFPB/BC

CDU 504.4:556.166(043)

MARIA LUISA PALITOT REMÍGIO ALVES

**AVALIAÇÃO DO RISCO DE DESASTRES POR INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO
DE BARREIROS, PERNAMBUCO, BRASIL**

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, 24 de fevereiro de 2022.

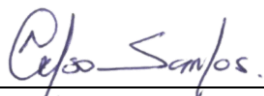
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira
Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza – PRODEMA
Orientador



Prof. Dr. Edson Ramos de Andrade
Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza – PRODEMA
Membro Interno



Prof. Dr. Celso Augusto Guimarães Santos
Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
Membro Externo

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, sou grata a Ti, Deus, por ter me dado forças e calma em época de tempestade, e ter me ajudado a concluir este trabalho.

Agradeço à minha família que sempre compreendeu minhas escolhas e apoiou minhas conquistas. À minha mãe Kallina Lúcia Palitot que formou o que sou hoje e é a minha base. Ao meu pai Saulo da Nóbrega Alves (*in memoriam*), que eu queria tanto que estivesse aqui presenciando tudo o alcancei, mas que permanece em meu coração. Aos meus irmãos Caio Palitot e Cyro Palitot por todos os momentos leves.

A Júlio Ventura, meu companheiro de vida, que sempre escutou minhas angústias e que tem me dado tanto suporte, principalmente durante o mestrado, e à minha cunhada Jayana Ventura que tanto ajudou em minha pesquisa com sua experiência acadêmica e com seu carinho.

Ao meu orientador, professor Hamilcar José Almeida Filgueira, que segura em minha mão desde a graduação e que assim permaneceu durante todo o mestrado, sempre me auxiliando quando precisava, e contribuindo para entregarmos um trabalho que tenha impacto verdadeiro na vida dos atores sociais envolvidos na pesquisa.

Ao grupo de pesquisa do Laboratório de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental (LARHENA), principalmente a Rafaella Gouveia Loureiro Oliveira e a Carlos Adilson Alves Rocha, pelo auxílio mútuo em nossas pesquisas e que sempre buscaram contribuir positivamente.

A Luiz Henrique Bernardo, agente da Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Barreiros, que sempre que solicitado foi prestativo e atencioso, buscando também o melhor para a cidade na qual trabalha.

Aos professores Eduardo Rodrigues Viana de Lima e Azamor Cirne de Azevedo Filho que sempre foram tão prestativos em sanar minhas dúvidas.

Aos meus colegas do PRODEMA e que se tornaram amigos nessa caminhada, em especial à Ana Mayara Andriola, Vinício Novo, Mateus Martins e Laísa Medeiros. Também agradeço à Elda Karoline Ferraz e à Adrielle Maria Marques que, mesmo distantes, sempre se fizeram presentes, desde a graduação. Sou grata também a todos os meus amigos que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui.

A todos os professores do PRODEMA que tive a oportunidade de ser aluna, e que certamente contribuíram na formação de minhas ideias para a elaboração deste estudo.

Aos professores Edson Ramos de Andrade e Celso Augusto Guimarães Santos que aceitaram participar da banca de defesa deste trabalho para assim colaborar em sua melhoria.

Agradeço a todos que cooperaram de alguma forma na concepção, desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

RESUMO

Os desastres por inundação são frequentes no Brasil e decorrentes, muitas vezes, da alta vulnerabilidade social da população que habitam às margens de rios que atravessam os centros urbanos. Barreiros, município localizado no litoral Sul do estado de Pernambuco, se destaca por periodicamente sofrer com esses eventos, afetando a população ribeirinha e deixando muitos habitantes desalojados e com perdas de seus pertences. Este trabalho teve por objetivo avaliar a vulnerabilidade da população residente em áreas propensas a risco de desastres por inundação na zona urbana do município de Barreiros, Pernambuco. Para a indicação das áreas suscetíveis à inundação, foi utilizado o algoritmo descritor de terreno *Height Above the Nearest Drainage* (HAND), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que necessita apenas do Modelo Digital de Elevação (MDE) como dado de entrada. Foram comparadas as resoluções espaciais dos MDEs, da missão do satélite *Alos* com sensor de radar *Palsar*, de 12,5 m x 12,5 m, com o do sensor remoto a laser *LiDAR*, de 1,0 m x 1,0 m, reamostrado para a resolução espacial de 5,0 m x 5,0 m. Foi feito o registro de eventos históricos de inundação a partir de visitas de campo, com o apoio da Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Barreiros (COMPDEC) e entrevistas com os atores sociais que residem próximos aos rios da zona urbana do município e que serviram para o estudo do perfil socioeconômico dos habitantes mais afetados pelas recorrentes inundações. Foram definidas as áreas inundáveis com o uso do HAND, divididas em três classes de suscetibilidade (baixa, média e alta), e comparado os resultados com o mapa da mancha de inundação do evento ocorrido em 2017, disponibilizado pela Agência Pernambucana de Água e Clima (APAC). Os resultados foram validados por meio da análise estatística da assertividade dos pontos ditos inundados e não inundados com o objetivo de verificar a eficiência da modelagem. Em seguida, foram criados mapas de uso e ocupação do solo, presença de Áreas de Preservação Permanente (APPs), declividade e conforto domiciliar que juntos formaram o mapa de Adequabilidade à Habitação. Como principais resultados, foram identificadas as áreas de alta, média e baixa suscetibilidade a inundações na área de estudo, com 72,6% de assertividade da mancha de inundação em relação aos pontos de controle. Em relação à mancha de inundação de 2017 da APAC, chegou-se a uma sobreposição de 89,7% pelo modelo HAND. Verificou-se também a distribuição das pessoas mais afetadas pela inundação de 2017, que representaram 66,2% dos pontos de controle que se encontram em áreas irregulares como nas APPs da área urbana. Por meio das entrevistas foi verificado que a população vulnerável a risco de desastres por inundação apresenta baixo nível de instrução, renda familiar baixa, compreende que vive em condição de risco e mesmo assim encontra-se satisfeita com o local em que habita. A partir do mapa de Adequabilidade à Habitação foram determinados os locais que são apropriados para uma possível realocação dos moradores, que vivem em APPs e em áreas indicadas como de alta suscetibilidade à inundação. Também foi indicado que as áreas passíveis de desocupação podem servir para a população, como a criação de parques para incentivar o lazer e venda do artesanato local, assim como a revitalização das APPs como um trabalho de educação ambiental com a população barreirense.

Palavras-chave: Desastres por inundação. Reordenamento urbano. Redução do Risco de Desastres (RRD). Modelo HAND.

ABSTRACT

Flood disasters are frequent in Brazil, and there are, many times, due to the high social vulnerability of the population living on the banks of rivers that cross urban centers. Barreiros, a municipality located on the coast of Pernambuco State, stands out for periodically suffering from these events, affecting the riverside population and many inhabitants, losing their assets. This study aims to evaluate the vulnerability of the population resident in areas prone to the risk of disasters due to urban flooding in the municipality of Barreiros, Pernambuco State. To indicate the areas susceptible to flooding, it was the terrain descriptor model, Height Above the Nearest Drainage (HAND), developed by the National Institute for Space Research (INPE, in Portuguese), which requires the Digital Elevation Model (DEM) as an input data. The spatial resolutions of the DEMs of the Alos satellite mission with the Palsar radar sensor, of 12.5 m x 12.5 m, were compared to the laser remote sensor LiDAR, of 1.0 m x 1.0 m (resampled to 5.0 m x 5.0 m). Historical flood events were recorded based on field visits, with the support of the Municipal Coordination of Protection and Civil Defense of Barreiros (COMPDEC/Barreiros, in Portuguese) and interviews with social actors residing in the nearby rivers of the urban area of the municipality and that served for the socioeconomic study of the inhabitants most affected for the recurrent floods. The floodable areas were divided into susceptibility classes (low, medium and high) using the HAND model and compared with the event map that occurred in 2017, available by the Pernambuco Water and Climate Agency (APAC, in Portuguese). The results were validated through the assertiveness statistics analysis of the so-called flooded and non-flooded points to verify the efficiency of the modeling. Then, maps of land use and occupation, presence of Permanent Preservation Areas (PPAs), slope, and home comfort were created, forming the map of Suitability for Housing. As main results, they were identified as areas of high, medium, and low susceptibility to flooding in the study area, with 72.6% of assertiveness of the flooded patch concerning the control points. Regarding the 2017 APAC flood patch, the HAND model reached an overlap of 89.7%. The distribution of people from areas most identified by the 2017 flood represented 66.2% of the control points in irregular areas such as PPAs in the urban area. Through the interviews, it was verified that the most vulnerable population presents low instruction level, the low family income people understand that they live in a risk condition and even, so they are satisfied with the place where they live. Based on the Housing Suitability map, the locations suitable for the relocation of residents, who live in PPAs and in areas indicated as being highly susceptible to flooding, were determined. It was also indicated that areas future vacated could serve the population, such as the creation of parks to encourage leisure and the sale of local handicrafts and the revitalization of PPAs as a work of environmental education with the population of Barreiros Municipality.

Keywords: Flood disasters. Urban reordering. Disaster Risk Reduction (DRR). HAND model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Percentual da população em risco, segundo as Grandes Regiões do Brasil (2010)	35
Figura 2 – Sistemas fluviais	36
Figura 3 – Relação do tempo de escoamento antes e depois do processo de urbanização	37
Figura 4 - Gestão Integrada em Proteção e Defesa Civil	41
Figura 5 – Localização do município de Barreiros e delimitação da área de estudo.	50
Figura 6 – Locais das entrevistas pré-definidos na área sujeita a risco de inundação pela mancha da inundação de 2017	55
Figura 7 – Direção de fluxo a partir do Método D8	57
Figura 8 – Etapas da consistência hidrológica do Modelo Digital de Terreno (MDT): (a) consistência hidrológica; (b) determinação da direção de fluxo; (c) extração da rede de drenagem.....	58
Figura 9 – Matrizes utilizadas para gerar o modelo HAND: (a) matriz LDD coerente; (b) mapa de drenagem mais próxima; (c) MDT original; e (d) matriz HAND	60
Figura 10 – (a) Hipsometria e (b) Declividade da área de estudo.....	66
Figura 11 – (a) Tipos de relevo e (b) Classes de solo da área de estudo.....	68
Figura 12 – Precipitações mensal e total anual para o município de Barreiros no período de 2000 e 2020.	69
Figura 13 – Região de estudo: (a) mapa da pluviosidade média anual e (b) mapa da hidrografia.....	70
Figura 14 – Registros da vista de campo em junho de 2021: a) ponto M1.1, com visibilidade da marca de água próximo ao rio Una, acompanhado do agente da Defesa Civil; b) ponto M2.4, com pesquisadora entrevistando um morador próximo ao rio Itaperibú; c) ponto M3.6, com visibilidade da marca de água próximo ao rio Una; d) ponto M4.19, com visibilidade da marca de água próximo ao rio Carimã	79
Figura 15 – Comparação do delineamento do limiar de drenagem utilizando o MDT do (a) Alos Palsar e do (b) LiDAR; estimativa da inundação máxima de 2017 pelo descritor do terreno HAND obtido pelos MDTs do (c) Alos Palsar e do (d) LiDAR; comparação das classes de suscetibilidade à inundação a partir dos MDTs do (e) Alos Palsar e do (f) LiDAR	80

Figura 16 – Sobreposição da mancha de inundação máxima de 2010 (13 m de elevação de água) gerado pelo modelo HAND a partir dos MDTs do Alos Palsar (resolução espacial de 12,5 m × 12,5 m) e do LiDAR (5 m × 5 m) para a (a) área de estudo e (b) para o perímetro urbano.....	82
Figura 17 – Estimativa da inundação para o ano de 2017 na área urbana de Barreiros e imediações, subdividida em três classes de suscetibilidade e pontos ditos não afetados pela inundação	87
Figura 18 – Sobreposição da estimativa da inundação pelo modelo HAND na Área de Preservação Permanente (APP)	91
Figura 19 – Visitas de campo a Barreiros-PE: a) registro de casas próximas às margens do rio Itaperibú, no bairro Santa Gorete, em dezembro de 2020; b) casas sob pilotis às margens do rio Una, em junho de 2021.....	91
Figura 20– Distribuição da população em relação à (a) escolaridade e à (b) ocupação dos entrevistados	93
Figura 21 – Número de moradores por residência	94
Figura 22 – Distribuição da a) renda familiar e questionamento se os moradores e de quem b) recebem auxílio do Governo	96
Figura 23 – Percentual do a) tempo de moradia dos respondentes em sua residência e b) presença de infraestrutura básica na residência como energia elétrica e saneamento básico	97
Figura 24 – Questionamento à população se eles acreditam estar expostos a algum tipo de risco, e se sim, qual seria	98
Figura 25 – Perguntado quais as melhores formas de receber informações sobre os desastres	99
Figura 26 – Percepção dos entrevistados sobre a) a frequência de transbordamento do rio mais próximo nos anos em que ocorre inundação e b) meses em que as inundações ocorrem.....	100
Figura 27 – Frequência de a) quantas vezes foi atingido por inundações em sua residência b) que tipo de ajuda recebeu.....	101
Figura 28 – Anos em que sofreram com inundações	102
Figura 29 – Perguntado a (a) quem procuram em caso de desastre e (b) para eles, de quem é a culpa dos desastres	103
Figura 30 – Questionados se a) estariam dispostos a se mudar e o b) nível de satisfação em morar naquela localidade	104

Figura 31 – Mapa de Uso e ocupação da área de estudo nos anos de 1985, 2002 e 2020.....	106
Figura 32 – Representação das áreas com declividade igual ou superior a 30% no perímetro urbano de Barreiros	108
Figura 33 – Atendimento de serviços básicos (infraestrutura básica) na área de estudo: (a) distribuição de água; (b) coleta de esgoto; (c) coleta de resíduos sólidos; (d) distribuição de energia elétrica.....	109
Figura 34 – Mapa síntese do Conforto Domiciliar na área de estudo	110
Figura 35 – Expansão urbana na área de estudo nos anos de 1985, 2002 e 2020	111
Figura 36 – Mapa de Adequabilidade à Habitação na área de estudo no município de Barreiros-PE	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Desastres em números segundo a seguradora Munich RE para os anos de 2019 e 2020.....	31
Tabela 2 – Comparação dos dados de desastres ocorridos em 2020 e entre 2000-2019 (média).....	32
Tabela 3 – Número aproximado de pessoas expostas a risco de desastres no Brasil em 2010.....	34
Tabela 4 – Postos pluviométricos utilizados para determinação da distribuição da pluviosidade.....	53
Tabela 5 – Pesos atribuídos às classes dos mapas temáticos.....	63
Tabela 6 – Pesos utilizados para os mapas temáticos no processo de álgebra de mapas.....	65
Tabela 7 – Precipitação pluviométrica acumulada entre os dias 25 e 29 de maio de 2017 e a mensal nos municípios à montante e à jusante da barragem Serro Azul...	76
Tabela 8 – Distribuição das áreas das classes de suscetibilidade à inundação nas regiões do perímetro urbano e da área de estudo.....	84
Tabela 9 – Estatística da coerência dos pontos de controle em relação à mancha de inundação de 2017.....	88
Tabela 10 – Comparativo da estimativa da inundação no interior da área de Preservação Permanente (APP) e no perímetro urbano	90
Tabela 11 – Distribuição da área das classes de uso do solo ao longo do tempo e sua variação	107

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALC	América Latina e o Caribe
ANA	Agência Nacional de Águas
APA	Área de Preservação Ambiental
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
APP	Área de Preservação Permanente
ARP	Aeronave Remotamente Pilotada
BDE	Base de Dados do Estado de Pernambuco
BHRU	Bacia Hidrográfica do Rio Una
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais
CENAD	Centro Nacional de Gerenciamento de Risco e Desastres
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
COMPDEC	Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil
CPRM	Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil)
CRED	<i>Centre for Research on the Epidemiology of Disasters</i>
D8	<i>Deterministic Eight-Neighbors</i>
DEM	<i>Digital Elevation Model</i>
ECP	Estado de Calamidade Pública
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EUA	Estados Unidos da América
EM-DAT	<i>Emergency Events Database</i>
FBDS	Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável
FIDE	Formulário de Informações sobre o Desastre
FISRWG	<i>The Federal Interagency Stream Restoration Working Group</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GRD	Gestão do Risco de Desastres
HAND	<i>Height Above the Nearest Drainage</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
III	<i>Insurance Information Institute</i>
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IPCC	<i>International Panel on Climate Change</i>
LDD	<i>Local Drain Direction</i>
LiDAR	<i>Light Detection and Ranging</i>
LOAS	Lei Orgânica da Assistência Social
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
MDS	Modelo Digital de Superfície
MDT	Modelo Digital de Terreno
MUNIC	Pesquisa de Informações Básicas Municipais
OCHA	<i>United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs</i>
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PNPDEC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PPA	Plano Plurianual
RRD	Redução do Risco de Desastre
S2iD	Sistema Integrado de Informações sobre Desastres
SE	Situação de Emergência
SINDEC	Sistema Nacional de Defesa Civil
SINPDEC	Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil
TCU	Tribunal de Contas da União
TIN	<i>Triangulated Irregular Network</i>
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNDRR	<i>United Nations Office for Disaster Risk Reduction</i>
UNISDR	<i>United Nations Office for Disaster Risk Reduction</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS.....	19
1.1.1	Objetivo Geral.....	19
1.1.2	Objetivos Específicos	19
1.2	HIPÓTESES	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1	PROCESSO DE URBANIZAÇÃO	21
2.1.1	Adensamento populacional.....	21
2.1.2	Planejamento urbano.....	23
2.2	A CONCEPÇÃO DO RISCO E A JUSTIÇA AMBIENTAL.....	26
2.3	DESASTRES RELACIONADOS COM OS FENÔMENOS NATURAIS	28
2.3.1	Os desastres em números.....	30
2.3.2	Inundações urbanas	36
2.4	GESTÃO DO RISCO DE DESASTRES (GRD)	39
2.4.1	Componentes da GRD	39
2.4.2	Instrumentos e ferramentas nacionais.....	40
2.4.3	Marcos internacionais	44
2.5	UTILIZAÇÃO DA GEOTECNOLOGIA PARA PREVISÃO DE ÁREAS INUNDÁVEIS.....	46
2.5.1	Modelos Digitais de Elevação	46
2.5.2	O modelo descritor de terreno HAND	47
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	50
3.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA	50
3.2	LOCALIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	50
3.2.1	Determinação do Mapa de Pluviosidade Média Anual da região de estudo 52	
3.3	COLETA DE DADOS	53
3.3.1	Instrumentos e procedimentos para coleta de dados	53
3.3.2	População e amostra	54
3.3.3	Procedimentos de análise dos dados das entrevistas	56
3.4	DELIMITAÇÃO DA MANCHA DE INUNDAÇÃO.....	56
3.4.1	Escolha dos MDEs	56
3.4.2	Procedimento para obtenção da matriz HAND	57

3.4.3 Procedimentos de análise de validação do modelo HAND	61
3.5 PROPOSTA DE REORDENAMENTO URBANO	62
3.5.1 Mapa de Suscetibilidade à Inundação	62
3.5.2 Mapa da Presença de APPs.....	63
3.5.3 Mapa do Uso e Ocupação.....	63
3.5.4 Mapa da Declividade	63
3.5.5 Mapa Síntese do Conforto Domiciliar	64
3.5.6 Mapa de Adequabilidade à Habitação.....	64
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
4.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	66
4.1.1 Características físicas	66
4.1.2 Pluviometria da região de estudo	69
4.2 OCORRÊNCIAS HISTÓRICAS DE DESASTRES HIDROLÓGICOS NO MUNICÍPIO DE BARREIROS/PE	71
4.2.1 Inundação de 2010	72
4.2.2 Inundação de 2017	75
4.2.3 Plano de Contingência de Barreiros/PE	77
4.3 ÁREAS SUSCETÍVEIS À INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE BARREIROS	78
4.3.1 Comparação da mancha de inundação entre diferentes resoluções espaciais.....	80
4.3.2 Validação da simulação de inundação	86
4.3.3 Sobreposição da estimativa de inundação com as APPs	90
4.4 PERFIL SOCIOECONÔMICO DA POPULAÇÃO AFETADA NO MUNICÍPIO DE BARREIROS.....	92
4.5 PROPOSTA DE REORDENAMENTO URBANO NAS ÁREAS ATINGIDAS PELAS INUNDAÇÕES.....	105
4.5.1 Mapa de Adequabilidade à Habitação.....	111
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
REFERÊNCIAS	118
APÊNDICE A.....	132

1 INTRODUÇÃO

O homem está inserido em um ambiente com diversas situações de risco originados por eventos de ordem natural em condição extrema, tais como, inundações, movimentos de massa, furacões, erupções vulcânicas, terremotos, tsunamis, e que ocorrem em geral para manter o equilíbrio do sistema natural. Esses são considerados perigos ou ameaças naturais, o que não necessariamente configuram um desastre, mas que podem oferecer risco à população quando se localizam em áreas propensas à ocorrência desses eventos (UNISDR, 2012; SILVA; MONTENEGRO; SOUZA, 2017).

O número de pessoas que vêm sofrendo prejuízos e danos causados por esses eventos aumentou nas últimas décadas (GOERL et al., 2017a). Os desastres relacionados a fenômenos hidrológicos estão entre os mais recorrentes no Brasil, isso devido aos eventos de precipitação intensa, que são agravados pela alta vulnerabilidade da população em constante exposição aos riscos, sobretudo os indivíduos localizados em encostas e nas planícies de inundação dos corpos de água. Os desastres hidrológicos correspondem a 27,3% dos danos humanos totais em relação aos demais desastres, e foram responsáveis por 81,1% dos óbitos no período de 1991 e 2019, segundo o Atlas Digital de Desastres no Brasil (UFSC, 2021).

O aumento do número de pessoas afetadas é ocasionado, muitas vezes, pelo crescimento populacional desenfreado em que há uma tendência em habitar locais suscetíveis à ocorrência de desastres (GOERL; KOBAYAMA, 2013). Nessas áreas, o valor do terreno é mais acessível financeiramente pois se encontram em uma localidade definida como imprópria para habitação. Em razão de precária fiscalização e gestão, são construídos assentamentos pelo fato de possuir boa localização, próxima ao centro, locais de trabalho, escolas, como foi o processo que ocorreu no município de Rio Branco, localizado no estado do Acre, às margens do rio Acre que atravessa a cidade, sendo um município frequentemente atingido por inundações (ALMEIDA NETO; HELLER, 2016). Pode-se citar também o caso de Petrópolis, Rio de Janeiro, em que muitos habitantes vivem em morros e devido à precipitação acima do esperado para o mês no dia 15 de fevereiro de 2022, deixou 233 mortos e 1.118 pessoas desabrigadas, a maior tragédia que atingiu o município (MARQUES, 2022a; MARQUES, 2022b).

Cabe ao Poder Público tomar medidas que minimizem os transtornos causados pelas inundações, como a realização de planejamento, de eficiente gestão de risco a desastres e de desenvolvimento habitacional (MOORE et al., 2005). Por exemplo, essas medidas são amparadas pela Lei nº 12.608/2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), a partir de práticas que promovam a identificação e avaliação de ameaças e vulnerabilidades a desastres a fim de evitar a ocupação nessas regiões. Também é proposto pela Lei o monitoramento do risco, a utilização de sistemas de emissão de alerta para desocupar a área e, em casos extremos, a realocação da população em situação de vulnerabilidade para moradias mais seguras (BRASIL, 2012a).

Algumas das motivações para a criação da PNPDEC – agora como Lei – e reestruturação do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil foram os desastres de grande proporção ocorridos no Brasil nos anos de 2008 (inundação no Vale do Itajaí, Santa Catarina), de 2010 (inundações em Pernambuco e Alagoas) e de 2011 (movimentos de massa na região serrana do Rio de Janeiro) (BERTONE; MARINHO, 2013). Esses casos revelam que os eventos hidrometeorológicos não se restringem à região Sul e Sudeste do país, mas que são recorrentes também no Nordeste brasileiro.

Enfatizando os desastres na região Nordeste, a região litorânea do Sul do estado de Pernambuco sofreu em junho de 2010 inundações bruscas causadas pelo fenômeno meteorológico Onda de Leste (BANCO MUNDIAL, 2012). Foram precipitados 180 mm de chuva em um período de 24 horas, o que representou 70% do volume esperado para esse mês. Como em muitos locais, os municípios da região não estavam preparados para receber esse volume de chuva em tão pouco tempo. Dos 67 municípios afetados, 42 decretaram Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP), e Barreiros foi uma das cidades praticamente destruída pelas inundações, com mais de 70% de sua população obrigada a deixar suas casas (BANCO MUNDIAL, 2012).

Esse desastre não foi um caso isolado que atingiu o município de Barreiros e regiões adjacentes. A população dessa cidade sofre inundações com frequência praticamente anual, frequentemente perdendo seus pertences ou ficando desalojada, principalmente os moradores que estão instalados próximo ao rio Una – principal rio que atravessa a cidade – e às margens de seus afluentes, os rios Carimã e Itaperibú.

Registros de inundações coletados em documentos oficiais e em *sites* de jornais entre os anos de 1989 e 2021 comprovam a recorrência dos eventos de

inundação, não com a mesma gravidade do desastre que atingiu a região em 2010, mas que causa transtornos à população enquanto o nível da água não retorna ao normal. Duas inundações recentes ocorreram no ano de 2019, forçando os moradores a deixarem temporariamente suas casas, com a maior proporção ocorrendo no mês de julho. Segundo informações dos *sites* G1 PE e Diário de Pernambuco, a Defesa Civil do município de Barreiros registrou 518 famílias desalojadas, após uma precipitação de 156,8 mm no período de 24 horas (G1 PE, 2019; MARTINS, 2019).

Para uma situação como essa, é imprescindível o uso de geotecnologias com o objetivo de auxiliar a população que vive em situação constante de vulnerabilidade socioambiental. Dessa forma, são comumente utilizados modelos hidrodinâmicos que requerem muitos dados de entrada como pluviosidade, vazão do rio, tipologia e taxa de infiltração do solo entre outras variáveis que nem sempre estão facilmente disponíveis, necessitando, ainda, de um longo tempo de processamento para dar respostas sobre uma região.

A fim de agilizar a disponibilidade de informações sobre áreas propensas a sofrer inundações, foi desenvolvido o descritor do terreno *Height Above the Nearest Drainage* (HAND). Esse modelo necessita basicamente dos dados topográficos da região, nesse caso, o Modelo Digital de Elevação (MDE) para dar uma resposta relativamente rápida e eficaz para a estimativa de áreas sujeitas à inundação e que pode ser validado a partir de eventos extremos anteriores (RENNÓ et al., 2008; NOBRE et al., 2011).

Esta pesquisa se justifica pela necessidade de trazer respostas práticas das áreas constantemente afetadas pelas inundações em Barreiros, estado de Pernambuco, sendo este município atingido de forma recorrente por inundações em sua área urbana e que merece atenção quanto a esta problemática. Além disso, buscou associar a população atingida com a sua situação socioeconômica e propor medidas para mitigar esses desastres e assim oferecer uma contribuição efetiva de qualidade de vida à sociedade.

A pesquisa em questão enquadra-se no objetivo 11 dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) que busca “tornar as cidades e os assentamentos urbanos inclusivos, humanos, resilientes e sustentáveis” (PNUD, 2015, p. 172). Tal objetivo propõe às cidades que busquem se adaptar às mudanças climáticas e que ofereçam políticas voltadas à eficiência dos recursos e a promoção de cidades resiliente aos desastres ambientais.

É igualmente importante destacar a interdisciplinaridade presente neste trabalho, que consiste na colaboração entre diversos campos do saber em um mesmo projeto, unindo conhecimento de diversas áreas acadêmicas, assim como os saberes não científicos, com o conhecimento dos atores sociais e de instituições (LEFF, 2000). Foram aliados conhecimentos do meio físico, planejamento urbano, hidrologia, sensoriamento remoto, legislação e risco de desastres, para avaliar as localidades afetadas pelas inundações, identificar o perfil socioeconômico da população atingida e verificar a viabilidade de um reordenamento urbano.

A segunda seção desta dissertação faz um levantamento dos temas que convergem para a Gestão do Risco de Desastres (GRD), como o processo de urbanização, o planejamento urbano, a quantificação dos desastres e suas definições, os instrumentos utilizados na GRD e as legislações. Também foi discutido como as inundações urbanas são formadas e geridas, e como é possível aliar conhecimentos de geotecnologias para a sua mitigação ou prevenção.

A terceira seção trata da parte metodológica do trabalho. Foi feito um levantamento da área de estudo e são descritos os processos e procedimentos para coleta e análise dos dados que serão discutidos na seção dos resultados e discussão. Por fim, são trazidas as considerações finais do trabalho.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a vulnerabilidade da população residente em áreas propensas a risco de desastres por inundação na zona urbana do município de Barreiros, Pernambuco.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Verificar as ocorrências históricas dos eventos hidrometeorológicos no município de Barreiros;
- Avaliar a precisão e a eficiência dos MDEs do *Alos Palsar* e do *LiDAR* para simulação da mancha de inundação;
- Identificar as áreas suscetíveis à inundação;
- Identificar o perfil socioeconômico da população afetada;
- Avaliar a viabilidade de um reordenamento urbano nas áreas mais atingidas pelas inundações.

1.2 HIPÓTESES

- Hipótese 1 – Os indivíduos que residem em áreas irregularmente ocupadas são os mais afetados pelas inundações.

- Hipótese 2 – A maior parte da população exposta às inundações na área em estudo no município de Barreiros está insatisfeita sobre morar no local atual e estaria disposta a se mudar para uma área mais segura.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

2.1.1 Adensamento populacional

Em razão da Revolução Industrial ocorrida no final do século XVIII, grande parte da sociedade mudou o seu estilo de vida quando deixou de viver na zona rural e se deslocou para as grandes cidades. Nelas se localizavam as grandes indústrias que ofereciam oportunidade de emprego e aparentemente uma condição de vida financeiramente mais estável, ao contrário da vida no campo que dependia diretamente do sucesso das colheitas anuais, sendo esse um dos fatores para o êxodo rural. Foi nesse período que nasceu a tendência de urbanização que ainda é crescente, principalmente nos países subdesenvolvidos (FLAMINO; NORMAN; WYATT, 2017; PARKER; ZINGONI DE BARO, 2019; ZAZYKI; MARIN; MOURA, 2020).

As primeiras grandes civilizações não pensaram em seguir uma determinada estrutura organizacional que facilitasse a mobilidade urbana à medida que iam se desenvolvendo. Elas se expandiam de acordo com a necessidade, motivadas para morar mais próximas do local de trabalho, da escola dos filhos ou mesmo de locais onde pudessem ter o acesso gratuito dos recursos naturais, como próximos a rios para garantia de água para sua subsistência ou para o funcionamento das indústrias (CHAOLIN, 2019).

A expansão urbana na realidade brasileira iniciou-se, principalmente, nas regiões metropolitanas a partir da Segunda Revolução Industrial, com o seu pico de urbanização ocorrendo na segunda metade do século XX. Esse crescimento ocorreu de forma acelerada e desordenada, com as pessoas competindo pelos recursos naturais, como água e solo, destruindo parcial ou totalmente a biodiversidade em algumas regiões do país (TUCCI, 2008; BUFFON et al., 2017).

Em relação ao ritmo de crescimento, houve uma diferença significativa entre os países desenvolvidos e países em desenvolvimento, sobretudo em razão da diferença histórica, geográfica, institucional, política, cultural e socioeconômica (DYSON, 2010). Por exemplo, os países europeus desenvolvidos elevaram a sua população urbana de 15% para 40% no período da Revolução Industrial, isso ocorrendo entre os anos de 1800 e 1910. Em contrapartida, países em desenvolvimento como os africanos e

asiáticos cresceram a mesma taxa de urbanização na metade desse período e de forma mais tardia, de 1950 a 2010 (JEDWAB et al., 2017).

A diferença do intervalo de tempo no crescimento nessas duas categorias de desenvolvimento econômico reflete diretamente na má qualidade de vida da população, em especial os países em desenvolvimento, pois muitas vezes setores da sociedade como saúde, educação, mercado de trabalho não conseguiram acompanhar o ritmo de crescimento acelerado nesses países (FONTANA et al., 2015).

Tucci (2008) aponta alguns problemas relacionados com a falta de infraestrutura e a urbanização não regularizada nos países subdesenvolvidos, tais como: concentração populacional elevada em pequena área associada a infraestruturas básicas precárias ou inexistentes, o que aumenta os problemas de saúde e impactos ambientais; aumento da periferia causada pela migração do campo para a cidade e estabelecendo-se em locais com pouca oportunidade de emprego e estrutura básica deficitária, e que são geralmente tomadas pelo tráfico de drogas; e a urbanização espontânea, em que o planejamento urbano é direcionado para as pessoas de classe social média e alta, com parte da população excluída habitando muitas vezes áreas sujeitas a risco de inundação ou movimentos de massa.

Segundo United Nations (2019), desde 2007 mais da metade da população mundial reside nas cidades, e espera-se que essa proporção alcance cerca de 60% até 2030. Segundo o censo demográfico brasileiro mais recente, realizado no ano de 2010, constatou-se uma taxa de urbanização média de 84,4% considerando todo o país (FIGUEIREDO, 2016). Se analisadas as cidades individualmente, por exemplo, constatou-se uma urbanização densa que alcança 98,28% no município de São Paulo para o ano de 2015, ou seja, já não existe mais uma zona rural bem definida (IBGE, 2018b).

Apesar do rápido crescimento urbano favorecer a economia, ele também possui consequências negativas como a formação de conglomerados subnormais. Também conhecidos como “favelas”, são formadas devido à valorização do solo urbano estimulada pelo mercado imobiliário, principalmente nos centros urbanos. Essa prática favorece a segregação socioespacial, com muitas pessoas só possuindo a opção de habitar as periferias das cidades. Como efeito, devido à distância e à ocupação espontânea que em geral não respeitam o particionamento predefinido do solo, há o déficit de infraestrutura e de serviços básicos como coleta de resíduos sólidos,

transporte público, distribuição de água potável e coleta de esgoto doméstico (MARICATO, 2015).

Estima-se que um em cada quatro habitantes de áreas urbanas residam em favelas e que 2 bilhões de pessoas não possuem coleta de resíduos sólidos. Esse é um dado que reflete diretamente na qualidade de vida da população e que desequilibra todo um sistema que impede o crescimento com um bem-estar social para todos. A expansão urbana sem o correto planejamento é uma grande preocupação para todos os governos, e por isso 150 países tem buscado desenvolver um planejamento urbano nacional, com cerca da metade ainda na fase de implementação. Essa ação é uma forma de garantir o crescimento das cidades de forma mais sustentável e inclusiva, buscando garantir moradias mais adequadas para todos até 2030 (FLAMINO et al., 2017; UNITED NATIONS, 2019).

2.1.2 Planejamento urbano

A medida em que as cidades estabeleceram seus centros urbanos, o custo de vida se elevou e conseqüentemente os terrenos e aluguéis de imóveis ficavam mais caros. Com isso, a população mais carente se via obrigada a procurar lugares mais distantes do centro que oferecesse um custo de vida mais acessível. Deve-se levar em consideração que uma parte das classes de alta renda também se deslocaram para locais mais periféricos, na promessa de maior segurança. Isso causou um espalhamento da população, sendo preciso levar a infraestrutura urbana para áreas mais periféricas – antes concentrada no centro – gerando custos adicionais para o município (TUCCI, 2008; NADALIN; IGLIORI, 2015).

Esse efeito é chamado de espraiamento urbano, que consiste na dispersão da população de maneira desconcentrada e com desequilíbrio espacial entre a população e os terrenos, deixando “vazios” dentro na mancha urbana devido a falhas de política ou de mercado (NADALIN; IGLIORI, 2015; FAN; ZHOU, 2019). Esse fenômeno apresenta consequências ambientais, tais como: o desmatamento da cobertura vegetal para a ocupação humana; impermeabilização do solo contribuindo para a elevação da sensação térmica e aumento do número e intensidade de enchentes urbanas; poluição ambiental provocada pela distância dos deslocamentos pendulares (entre casa e trabalho), liberando mais gases contribuintes para o efeito estufa (NADALIN; IGLIORI, 2015; ANDONG; SAJOR, 2017).

Diante disso, a expansão urbana precisou ser regulamentada para que evitasse um crescimento ainda mais desordenado. A criação de uma normatização foi importante para garantir a todos o acesso aos serviços básicos que trouxessem dignidade ao cidadão. Garantia de serviços públicos como saúde, educação, segurança, lazer e cultura são considerados direitos essenciais ao indivíduo, assim disposto na Declaração Universal dos Direitos Humanos (UNITED NATIONS, 1948).

A Constituição Federal do Brasil de 1988, por exemplo, traz em seu art. 182º, §1º, a obrigatoriedade de toda cidade acima de vinte mil habitantes possuir um Plano Diretor, “instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana” (BRASIL, 1988). Treze anos depois foi criado o Estatuto da Cidade a partir da Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001 que estabelece regras e diretrizes gerais da política urbana. Em seu art. 2º é exposto seu objetivo e suas diretrizes gerais:

Art. 2º A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais:

I – garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;

II – gestão democrática por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano; [...] (BRASIL, 2001).

É destacada também a importância da alínea h, inciso VI, art. 2º, que diz que uma das funções da ordenação e do controle do uso do solo é evitar que a população seja exposta a risco de desastres (BRASIL, 2001). O Capítulo III faz referência ao Plano Diretor, reforçando as exigências presentes nos artigos 182º e 183º da Constituição.

Assim, o Plano Diretor é um instrumento básico para delimitar a expansão urbana e para política de desenvolvimento. Caso um município não tenha 20 mil habitantes, mas esteja no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis a ocorrência de desastres, ele deve também possuir um Plano Diretor contendo as exigências presentes no art. 42-A como o mapeamento de áreas suscetíveis a desastres, planos de intervenção preventiva e realocação dessa da população afetada, entre outras exigências (BRASIL, 2001).

A cidade de Pinhais, localizada no estado do Paraná, Brasil, teve uma intervenção urbana em uma área que apresentava constantes eventos de inundação.

Fatores como remoção da vegetação nativa, favelização e ocupação de áreas de planície de inundação são apontadas como responsáveis pela intensificação das inundações. Em recorte temporal dos anos de 2012 e 2015 feito por Buffon et al. (2017), foi visto que algumas residências foram demolidas – antes pertencentes à mancha de inundação – contudo nem todas as áreas tiveram uma revitalização de sua Área de Preservação Permanente (APP) às margens do rio Atuba (coordenadas geográficas 25°25'13" S / 49°11'54" O – *Datum* Sirgas 2000).

Essa população que vivia às margens desse rio foi realocada para o Loteamento Jerivá, fazendo fronteira com a APP do rio Palmiral (coordenadas geográficas 25°24'34" S / 49°10'30" O – *Datum* Sirgas 2000). Esse loteamento também se encontra em área suscetível à inundação e há a presença de marca de água em residências próximas à APP, contudo há a conservação ambiental dessa área e um projeto de um parque linear que visa contribuir para a redução do risco de inundação, que pertence a uma proposta de planejamento urbano (BUFFON et al., 2017). Isso mostra que houve uma iniciativa para reduzir o risco de desastres no município de Pinhais, mas faltou uma continuidade no planejamento em questão.

Outro exemplo de cidade que reordenou o seu espaço urbano de forma espontânea foi o município de Tubarão, no estado de Santa Catarina, Brasil. Em 1974 a cidade foi atingida por uma inundação em que 60 mil dos 70 mil habitantes ficaram desalojados e resultou em 199 vítimas fatais, segundo dados oficiais. O fato ocorreu porque a população ano após ano avançava para a zona ribeirinha do rio que atravessa o centro da cidade. As inundações que atingiam o município em décadas anteriores ao desastre se restringiam à área do campo, contudo os moradores não tinham mais a memória das cheias que atingiam a cidade no século XIX e início do século XX (ASSUNÇÃO, 2014).

Grande parte dos moradores que foram atingidos pela inundação possuíam uma boa condição socioeconômica e por isso tinham a opção de se deslocar para regiões mais altas na cidade, como o Morro da Caixa, uma área anteriormente “esquecida” por ser habitada pela população mais carente. Com o deslocamento de moradores de classes sociais mais elevadas para o morro, buscando protegerem-se das futuras inundações, houve uma intensificação na infraestrutura dessa localidade como energia elétrica (antes inexistente), rede de esgoto e pavimentação (ASSUNÇÃO, 2014).

Pode-se dizer que essa reconfiguração ocorrida em Tubarão foi uma exceção, pois a população mais atingida pelos desastres é comumente formada por pessoas de baixa renda e, portanto, não têm condições de se mudar por conta própria, ficando dependente do incentivo por parte do governo por meio da oferta de casas populares.

De acordo com Silva Junior, Santos e Rodrigues (2020), o planejamento e ordenamento territorial são instrumentos que auxiliam na redução dos riscos visto que: estimulam o uso correto e sustentável do solo e dos recursos da natureza; evitam o surgimento de assentamentos humanos altamente adensados e construção em áreas propensas a ocorrência de ameaças; e viabiliza a ação de medidas corretivas (reduzindo riscos existentes) e proativas (evitando a criação de ameaças e vulnerabilidades futuras).

É importante destacar que o planejamento urbano é um instrumento necessário para conter o avanço da população para as áreas suscetíveis a desastre. Quando já existem moradias ali instaladas, torna-se oneroso para os cidadãos mudarem-se com os recursos próprios. É preciso, portanto, haver uma intervenção nas políticas públicas, como a ampliação do Programa Casa Verde e Amarela (substituindo o Programa Minha Casa Minha Vida) focado nos habitantes localizados em ambientes que afetam a sua segurança.

Assim, o reordenamento urbano se faz importante quando o planejamento urbano vigente está obsoleto ou não é mais capaz de prever certos eventos que interferem no pleno funcionamento do município. Por esse motivo é necessário que os Planos Diretores sejam revistos e atualizados pelo menos a cada 10 anos, pois a sociedade está em constante modificação (BRASIL, 2001).

2.2 A CONCEPÇÃO DO RISCO E A JUSTIÇA AMBIENTAL

Não é possível dissociar a natureza do ambiente ocupado pelo homem. Ambos estão interligados, sendo praticamente impossível o ser humano não impactar o meio ambiente, seja positiva ou negativamente, pois ele é um ser social. Ele interage com a natureza a fim de garantir a sua sobrevivência, e essa interação se concretiza em trabalho, que leva a transformar os bens presentes nela para assim satisfazer as necessidades humanas (COLOMBO; FREITAS, 2015).

Mas nem sempre essa relação natureza-homem ocorreu dessa forma. Durante séculos anteriores o homem mantinha uma espécie de dependência com a natureza, limitando-se a fazer uso do que lhe era oferecido. Essa atitude contribuiu para manter

seus elementos praticamente intactos e a construir uma relação de harmonia entre ambos. Com o passar dos séculos, esse convívio harmônico sofreu alterações devido ao avanço da ciência e da tecnologia, principalmente ligadas aos meios de produção que aumentavam os ganhos do trabalho empregado, direcionando para uma exploração ambiental nociva e que culminou na degradação ambiental dos dias atuais (COLOMBO; FREITAS, 2015).

Ulrich Beck em sua obra “Sociedade de Risco: rumo a uma outra modernidade”, escrita inicialmente em 1986 (BECK, 2011), traz uma abordagem acerca dos riscos gerados com o advento da modernização da sociedade. A industrialização favoreceu o enriquecimento e consequente exploração do meio ambiente. O risco, ou seja, a probabilidade de algo acontecer ou não, antes era de caráter pessoal, mas com a globalização ele se expandiu e tomou proporções bem maiores à medida que as riquezas aumentavam. Beck afirma que houve uma mudança de uma sociedade industrial ou “de classes”, rumo a uma sociedade de risco, em que é rodeada por ameaças em todos os lugares, muitas vezes invisíveis ou imperceptíveis, como poluentes diluídos em rios, ou a radiação nuclear (BECK, 2011).

Beck também trata da “modernização reflexiva”, que é a modernidade vista como tema e ao mesmo tempo como uma problemática (BECK, 2011). O avanço tecnológico proporcionou a criação de pesticidas para garantir a segurança alimentar, por exemplo, e foram criados outros riscos como a contaminação do solo, dos aquíferos e aqueles diretos aos seres humanos através dos alimentos contaminados. O autor aponta que o risco atinge a todos em algum momento, sejam as pessoas de classes sociais mais baixas ou os seus próprios geradores, como empresários e políticos que estabelecem os limites que as empresas operam, e que se encontram no topo da pirâmide. Contudo, é importante destacar que essas classes são atingidas de forma muito distinta, afetando, de forma intensiva, principalmente as pessoas de baixo poder aquisitivo e que não conseguem “escapar” dos riscos socioambientais.

Para lutar contra essas injustiças, surgiu o termo “justiça ambiental” no início da década de 1980, na qual busca assegurar que qualquer comunidade viva em um ambiente que ofereça proteção contra os riscos ambientais sem que afete sua condição de saúde e qualidade de vida. Também se refere ao direito da população se sentir segura no ambiente em que vive, independentemente de seu gênero, etnia, idade ou de seu nível de renda econômica (LEGARDA; BUENDÍA, 2011; CAMPOS-VARGAS et al., 2015).

Esse conceito aponta que os grupos mais afetados são as minorias raciais ou étnicas, ou de famílias de baixa renda, visto que estão bem mais expostos a riscos ambientais comparado a grupos sociais mais favorecidos economicamente (CAMPOS-VARGAS et al., 2015). Esses grupos minoritários também saem prejudicados no que se refere a implicações positivas relacionadas a políticas públicas e a regulação ambiental (LEGARDA; BUENDÍA, 2011).

Por esse motivo é urgente a luta pelos direitos negados a essas populações que vivem em condições de vulnerabilidade socioambiental. Muitos povos dependem diretamente dos recursos naturais para a sua sobrevivência, como as comunidades indígenas, quilombolas e ribeirinhas, e que são impactados fortemente por indústrias que se instalam em seus territórios em busca de extrair seus recursos até se esgotarem ou até contaminarem grande parte da área, retirando o sustento desses povos mais fragilizados.

2.3 DESASTRES RELACIONADOS COM OS FENÔMENOS NATURAIS

Um fenômeno natural consiste em um evento que pode ter origem de forma abrupta – como em um terremoto ou um movimento de massa – ou gradual – como uma cheia de um rio ou um período de seca em uma região. Alguns eventos de origem natural podem provocar um desequilíbrio temporário no sistema natural provocando ou não transtornos para uma determinada população (HYNDMAN; HYNDMAN, 2017).

Esses eventos extremos muitas vezes são denominados “desastres naturais”, terminologia usada com frequência pela comunidade acadêmica e principalmente pelos veículos midiáticos. Desde a década de 1970 pesquisadores buscam desmitificar a “naturalidade” dos desastres. Para O’Keefe, Westgate e Wisner (1976), um evento extremo só se configura em um desastre quando há a presença humana, e quando esta é prejudicada de alguma maneira. Constatou-se que a vulnerabilidade é o fator desencadeante dos desastres, sobretudo nos países subdesenvolvidos e, portanto, seria mais apropriado encarar o desastre como um fenômeno social e/ou político, e não natural.

Kelman (2020) reforça a ideia de que a natureza não deve ser culpada pelos desastres, pois eles são causados sobretudo pela ação humana. Decisões sociais como construir edificações inseguras, não executar planos de regulamentação territorial, a má comunicação e ignorar avisos são exemplos de como as vulnerabilidades podem superar as ameaças. A pandemia pelo COVID-19 –

provocada pelo vírus SARS-Cov-2 que atinge o planeta desde dezembro de 2019 – é citada como um desastre do tipo biológico que ocorreu, em parte, devido a uma série de más decisões que tardaram a real situação, fazendo com que o vírus se alastrasse pelo mundo. Essa situação poderia ter sido controlada caso certas atitudes tivessem sido tomadas a tempo, ou seja, caso houvesse uma correta gestão de risco.

Em vista disso, o desastre é definido como “uma grave perturbação no funcionamento de uma comunidade ou sociedade em qualquer escala devido a um evento perigoso interagindo com condições de exposição, vulnerabilidade e capacidade” (UNITED NATIONS, 2016, p. 13). Os desastres podem comprometer a sociedade por causar impactos como perdas humanas, materiais, ambientais e/ou econômicas.

Para Vargas (2002), o desastre consiste em uma destruição do meio ambiente, da vida humana ou de suas condições de subsistência, seja ela parcial ou total, transitória ou permanente, atual ou futura. Esse evento está relacionado com uma força ou energia com potencial destrutivo – conhecida como ameaça –, que é dependente da magnitude e duração de um evento detonador ou desencadeante, e que pode ser de origem natural ou antropogênica.

A ameaça irá se concretizar em um desastre caso haja uma condição de fragilidade na região em questão, não possuindo a capacidade de responder a esse fator externo (VARGAS, 2002; FILGUEIRA, 2013). Diz-se, portanto, que esses habitantes se encontram em vulnerabilidade que, segundo Cardona, (1993, p. 50), “é a predisposição intrínseca do sujeito ou elemento sofrer um dano devido a possíveis ações externas” (tradução livre).

Podem ser citados como potencializadores do grau de vulnerabilidade em diferentes regiões do planeta: o processo de urbanização desordenada do solo nos centros urbanos e no meio rural; a exploração acentuada dos recursos naturais; e o avanço contínuo do aquecimento global e consequentemente das mudanças climáticas (MAGNOLI JÚNIOR; MAGNOLI, 2020).

Deve ser levado em consideração que os desastres não atingem a todos com a mesma intensidade. Depende, muitas vezes, das condições de vulnerabilidade e resiliência de cada comunidade uma vez que a capacidade de recuperação frente a um evento extremo está desigualmente distribuída, dado que diferentes setores de atividade e populações são afetados de formas distintas pois possuem recursos diferentes para enfrentar os desastres (MARQUES, 2020). Isso pode ser considerado

como um caso de justiça ambiental, isto é, a busca pela igualdade frente a uma exposição desigual dos riscos e desastres, sendo “reféns” do ambiente em que vivem.

Em suma, o desastre pode causar diferentes tipos de perdas potenciais em uma comunidade ou sociedade tais como de vidas, meios de subsistência e bens e serviços em um determinado período de tempo (UNISDR, 2009). Já o risco de desastre, expresso na Equação (1), consiste na probabilidade (P) de ocorrência de um perigo ou ameaça (A), causando consequências (C) decorrentes da vulnerabilidade (V) da população, que pode ser amortecido pelo grau de gerenciamento (g), entendido como a capacidade adaptativa ao desastre ou a resiliência do sistema (NOGUEIRA, 2006; OLIVEIRA, 2018).

$$R = \frac{P(fA) * C(fV)}{g} \quad (1)$$

Para Cutter et al. (2008), UNISDR (2009) e Johnson e Blackburn (2014), resiliência é a capacidade de um sistema em evitar danos irreparáveis ou de absorver um forte distúrbio (ameaça natural ou antrópica) e ser capaz de reorganizar-se, retomando o seu funcionamento após a ocorrência do evento extremo. A resiliência do meio urbano está na capacidade de aprender com os desastres passados e se adaptar, atuando na eliminação das vulnerabilidades existentes e evitando a existência de novas fragilidades, além de suportar impactos diretos e indiretos das mudanças climáticas (JOHNSON; BLACKBURN, 2014).

A magnitude dos desastres está intrinsecamente associada aos fenômenos sociais, demográficos e econômicos, além de questões territoriais, históricas, culturais assim como o desenvolvimento urbano. Todos esses fatores corroboram para o aumento da vulnerabilidade e exposição da população, e por esse motivo os desastres não devem ser relacionados unicamente aos fenômenos naturais (VALENCIO, 2009; IBGE, 2018b).

2.3.1 Os desastres em números

Houve um aumento significativo nas últimas décadas no número de desastres relacionados a fenômenos naturais, principalmente aqueles voltados às mudanças no clima (IPCC, 2019). Estima-se que entre os anos de 2006 e 2015 a temperatura média da superfície terrestre elevou-se em cerca de 0,87 °C (com uma variação entre 0,75 °C e 0,99 °C) (IPCC, 2019).

O *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) traz uma abordagem interrelacionando o aumento da temperatura do planeta entre 1,5 °C e 2,0 °C para as próximas décadas com os impactos potenciais e os riscos associados a esse aumento (IPCC, 2019). Essa previsão no aumento da temperatura global tem a possibilidade de: elevar a temperatura dos oceanos (alta confiança); regiões inabitadas passarem por temperaturas extremas (alta confiança); precipitação intensa em várias regiões e aumento da probabilidade de secas e déficit hídrico em algumas regiões (média confiança).

O IPCC apresenta uma preocupação em relação à exposição aos riscos múltiplos e compostos em referência ao aumento da temperatura global. Segundo as previsões, a população que será mais afetada encontra-se no continente africano e asiático, em especial devido à exposição e suscetibilidade à pobreza (alta confiança). Pode ser gerada, portanto, forte vulnerabilidade em relação à disponibilidade de água, energia e alimentos, agravando os riscos já existentes, e assim afetar uma quantidade maior de pessoas (média confiança). Uma das razões de preocupação com essa previsão está no risco entre moderado a alto dos eventos climáticos extremos, com a elevação da temperatura entre 1,0 °C e 1,5 °C (média confiança) (IPCC, 2019).

Associado muitas vezes às mudanças climáticas – como apresentado anteriormente –, os desastres relacionados aos fenômenos naturais têm-se mostrado cada ano mais frequentes em todo o globo. De acordo com dados da seguradora contra desastres Munich RE¹ (Tabela 1), foram registrados 980 eventos e 8.200 mortes em 2020 em comparação aos 860 eventos e 9.435 fatalidades em 2019. As perdas gerais tiveram uma diferença de 44 bilhões de dólares americanos para o ano de 2020 em relação a 2019. As perdas asseguradas representaram cerca de 39% das perdas gerais para 2020, mostrando a necessidade de ampliação desse serviço pelos países que sofrem com desastres recorrentes (III, 2021).

Tabela 1 – Desastres em números segundo a seguradora Munich RE para os anos de 2019 e 2020

¹Contabiliza os desastres a partir de uma vítima fatal e/ou das perdas econômicas igual ou superior a 100 mil, 300 mil, 1 milhão ou 3 milhões de dólares (dependendo do que foi atribuído ao grupo de renda pelo Banco Mundial ao país afetado).

Desastres	2020	2019*
Número de eventos	980	860
Perdas gerais (US\$ bilhões)	210	166
Perdas asseguradas (US\$ bilhões)	82	57
Mortes	8.200	9.435

* Perdas nos valores originais.

Fonte: traduzido de III (2021).

Também é possível ter informações sobre os desastres pelo *Emergency Events Database* (EM-DAT)², mantido pelo *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED). Em associação com o órgão *United Nations Office for Disaster Risk Reduction* (UNDRR) – anteriormente chamado de UNISDR –, foi elaborado um documento a respeito dos desastres que ocorreram no ano de 2020 em comparação com a média dos desastres que ocorreram entre os anos de 2000 e 2019 (não foram contabilizados eventos que causaram mortes em massa nesse período) (CRED; UNDRR, 2020). A Tabela 2 mostra a relação de desastres relacionados a fenômenos naturais, o número de eventos por subcategoria, o número de mortes, de afetados e as perdas econômicas (em bilhões de dólares).

Tabela 2 – Comparação dos dados de desastres ocorridos em 2020 e entre 2000-2019 (média)

² É levado em consideração pelo menos um dos seguintes critérios: 10 ou mais mortes; 100 ou mais pessoas afetadas; declaração de emergência; e/ou pedido de assistência internacional.

Categoria	Subcategoria	2020				2000-2019 (média)			
		Número de eventos	Mortes	Pessoas afetadas (milhões)	Perdas econômicas (US\$ bi)	Número de eventos	Mortes	Pessoas afetadas (milhões)	Perdas econômicas (US\$ bi)
Hidrológico	Inundação	201	6.171	33,2	51,3	163	5.233	82,3	33,2
	Deslizamento de terra	19	512	0,2	0,1	19	892	0,2	0,3
Meteorológico	Tempestades	127	1.742	45,5	92,7	102	9.985	36,4	71,2
	Temperatura extrema	5	6.388	< 0,1	0	22	8.296	4,8	2,8
Climatológico	Seca	9	0	18,2	7,5	17	1.063	71,3	6,5
	Incêndios	8	70	0,1	11,2	12	74	0,2	4,8
Geofísico	Terremoto	16	196	0,4	8,4	28	36.066	5,9	32,7
	Movimento de massa	0	0	0	0	1	19	< 0,1	< 0,1
	Atividade vulcânica	4	1	0,8	< 0,1	5	80	0,3	0,1
Total		389	15.080	98,4	171,3	368	61.709	201,3	151,6

Fonte: elaborado a partir de dados do CRED e UNDRR (2020).

Percebe-se pela Tabela 2 o aumento do número de desastres em algumas subcategorias de desastres que possuem relação com as mudanças climáticas (hidrológicos, meteorológicos e climatológicos) para o ano de 2020 em relação à média de 2000-2019. As inundações e tempestades tiveram um aumento significativo para o ano de 2020, 23,3% e 24,5% respectivamente, enquanto o número de eventos geofísicos permaneceu praticamente constante. Em termos gerais, o número de eventos cresceu em 5,7% para 2020, o que chama atenção para o efeito da mudança do padrão climático correlacionado aos desastres.

Nota-se uma diferença no número de eventos, de mortes e nas perdas econômicas gerais entre os dados da Munich RE e do EM-DAT. Isso ocorre porque ambos utilizaram critérios diferentes para considerar um determinado evento como um desastre.

Reduzindo a escala global para regional, mais precisamente a América Latina e o Caribe (ALC), 152 milhões de pessoas foram afetadas por 1.205 desastres no período de 2000 a 2019. Essa região foi atingida por 548 eventos extremos

relacionados a inundações, sendo esse o desastre mais comum, com 41 milhões de pessoas afetadas e 26 bilhões de dólares em perdas econômicas, tratando-se de um dos desastres que mais afetam economicamente (OCHA, 2020).

O Brasil, por exemplo, encontra-se na 15ª posição no mundo em relação a quantidade de pessoas expostas ao risco de inundação, somando aproximadamente 7,4 milhões de afetados entre os anos de 2000 e 2019. Em relação aos demais desastres, a seca é responsável pela maior parte dos atingidos nessa região do globo (ALC), e o Brasil é o mais afetado por esse evento com cerca de 33% da população total do país (OCHA, 2020).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018a) realizou um estudo no ano de 2017 em parceria com o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN), caracterizando a população residente em áreas propensas a risco de desastres (relacionados às inundações, enxurradas, que também são conhecidas por inundações bruscas, e movimento de massa) no território brasileiro. Foram analisados 872 municípios das cinco regiões do país monitorados pelo CEMADEN na época do estudo, como também os dados do Censo Demográfico de 2010 realizado pelo IBGE. A Tabela 3 apresenta alguns dos dados obtidos nesse estudo.

Tabela 3 – Número aproximado de pessoas expostas a risco de desastres no Brasil em 2010

Grandes Regiões	População total	Número de municípios monitorados	População total dos municípios monitorados	População em risco nos municípios monitorados	Porcentagem da população afetada*
Norte	15.864.454	107	8.776.309	340.204	3,9%
Nordeste	53.081.950	294	25.961.835	2.952.628	11,4%
Centro-Oeste	14.058.094	19	2.328.701	7.626	0,3%
Sudeste	80.364.410	308	43.646.750	4.266.301	9,8%
Sul	27.386.891	144	11.704.649	703.368	6,0%
Total	190.755.799	872	92.418.244	8.270.127	8,95%

*Em relação aos municípios monitorados.

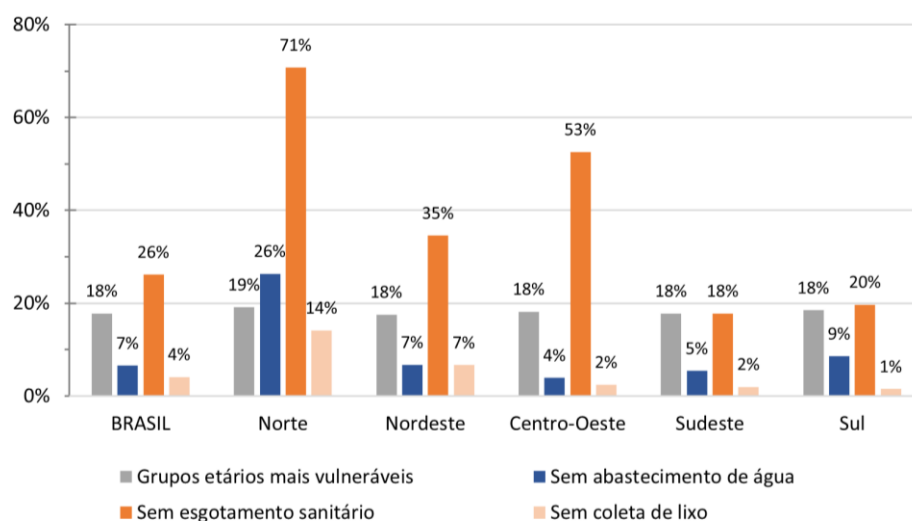
Fonte: elaborado a partir de IBGE (2018).

A Tabela 3 mostra que entre as cinco Grandes Regiões, a região Nordeste possui proporcionalmente a população mais afetada (em relação aos municípios monitorados), apresentando 11,4% de pessoas afetadas, enquanto a região Sudeste apresenta o maior quantitativo de pessoas expostas aos desastres com

aproximadamente 4,2 milhões, o que representa 9,8% da população dos municípios monitorados.

A segunda parte do estudo foi avaliar, também a partir dos dados censitários de 2010, o percentual da população em situação de risco de desastre a partir de quatro variáveis: grupos etários mais vulneráveis (crianças com idade inferior a 5 anos e idosos a partir de 60 anos); sem abastecimento de água via rede geral; sem esgotamento sanitário via rede geral; e sem coleta de lixo (Figura 1).

Figura 1 – Percentual da população em risco, segundo as Grandes Regiões do Brasil (2010)



Fonte: elaborado a partir dos dados de IBGE (2018).

Avaliando agora a situação social das pessoas que se encontram inseridas em áreas suscetíveis a ocorrência de catástrofes, nota-se que a região Norte apresenta o maior percentual de vulnerabilidade social quando avaliada todas as variáveis em comparação com as demais regiões. Teoricamente, o norte do país é a região que mais sofreria com as consequências dos desastres pois torna-se mais difícil evacuar o local em razão dos grupos etários mais vulneráveis e restabelecer as condições anteriores ao desastre. A quantidade de pessoas sem o esgotamento sanitário chama atenção em todas as regiões, sobretudo na região Norte, pois em caso de inundações ou enxurradas, as pessoas ficam mais propensas a contrair doenças de veiculação hídrica, aumentando a vulnerabilidade social desse grupo.

Esses dados mostram que, quantitativamente, as regiões Nordeste e Sudeste são as mais afetadas, mas quando avaliados os fatores que aumentam a vulnerabilidade da população, percebe-se que a região Norte possui uma baixa

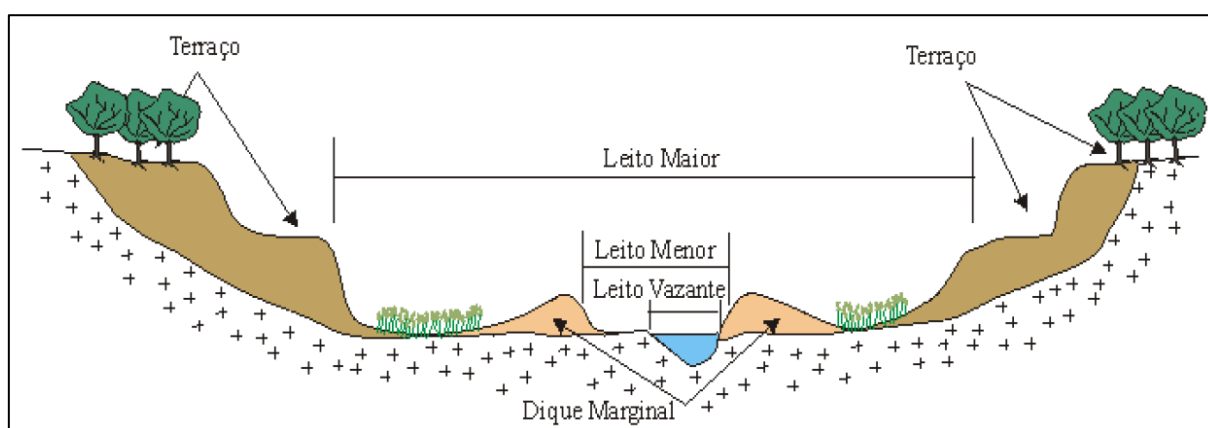
capacidade de resiliência aos desastres. É visto então que os eventos extremos afetam mais severamente a população dessa região do país.

Isso mostra que o desastre não pode ser encarado apenas por “números”. É essencial que se conheça a realidade social da população mais atingida para que se busque melhorar a resposta frente aos desastres. Ademais, devem ser tomadas decisões que aumentem a resiliência da população a fim de evitar que os eventos extremos culminem em uma catástrofe ambiental, econômica ou social.

2.3.2 Inundações urbanas

A inundação ribeirinha, segundo Tucci (2005) e Kobiyama et al. (2006), se trata de um processo natural do ciclo hidrológico decorrente de uma precipitação intensa. O nível do rio se eleva ao ponto de ultrapassar a capacidade de escoamento pelo seu leito menor, passando também a escoar pelo leito maior – igualmente conhecida de planície de inundação (Figura 2). Esses eventos de caráter natural ocorrem com pouca frequência e muitas vezes aleatoriamente, dependentes dos processos climáticos locais e regionais. No entanto, podem ser potencializados e recorrentes devido a ações antrópicas que modificam o meio ambiente de forma exagerada e sem os devidos cuidados técnicos de sustentabilidade ambiental.

Figura 2 – Sistemas fluviais



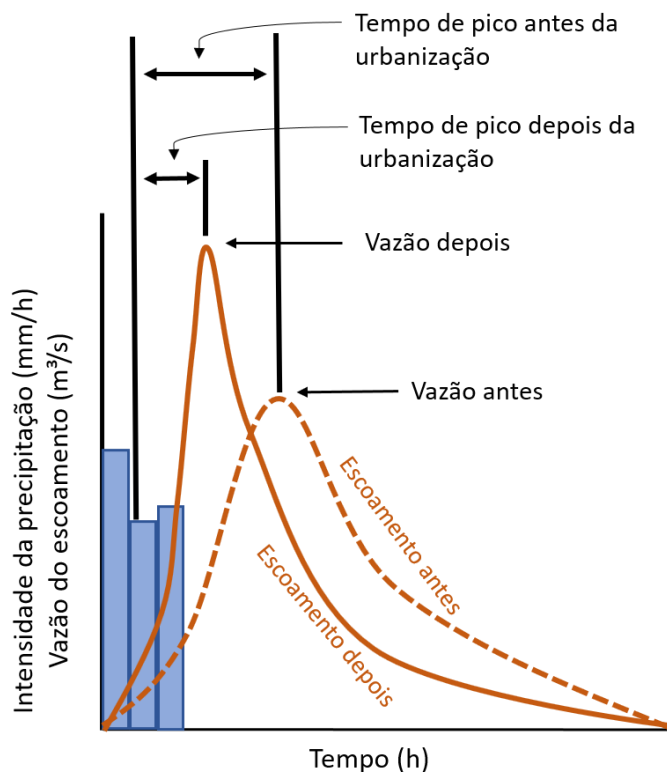
Fonte: Guerra (1993, p. 262 adaptado por PEIXOTO; RODRIGUES; ALBUQUERQUE, 2019, p. 194).

O processo de urbanização tem grande contribuição no aumento das inundações nas cidades. Isso ocorre devido, principalmente, à impermeabilização do solo, reduzindo significativamente a capacidade da água infiltrar e assim evita ou reduz o escoamento superficial em um determinado evento de precipitação. O “simples” desflorestamento que deixa o terreno descampado, por exemplo, pode

aumentar em 10% o escoamento superficial (HYNDMAN; HYNDMAN, 2017). Essa taxa é ainda mais elevada em terrenos com porcentagens de impermeabilização maiores. Para uma superfície de 35% a 50% impermeável, o escoamento superficial representa 30% da água precipitada, enquanto para níveis entre 75% e 100% de impermeabilização essa taxa de escoamento sobe para 55% (FISRWG, 2001).

A Figura 3 mostra o comportamento da vazão de pico em duas condições: pré-urbanização e pós-urbanização. Entende-se que com uma mesma precipitação o escoamento superficial vai acontecer em um tempo de pico menor e com um pico de vazão maior em uma situação de pós-urbanização, pois o solo não é mais capaz de absorver a água como anteriormente, e a maior parte do volume passa a ser escoado. Como consequência, tem-se o extravasamento do corpo hídrico, evento que poderia ser evitado em uma condição de pré-urbanização (FISRWG, 2001).

Figura 3 – Relação do tempo de escoamento antes e depois do processo de urbanização



Fonte: adaptado de FISRWG (2001).

Há ainda a preocupação em terrenos com uma hidrografia íngreme, pois aumentam as chances de enxurradas. Esse tipo de inundação ocorre geralmente de forma abrupta ou dando poucos indícios de sua ocorrência. As enxurradas ocorrem após a elevação repentina do nível do rio, associada com a saturação do solo (incapacidade de infiltração) e a força gravitacional da água, podendo causar muitos

transtornos à área afetada pelo seu alto poder destrutivo (HYNDMAN; HYNDMAN, 2017).

Outro fator contribuinte para as inundações está no assoreamento dos rios causado pela deterioração da mata ciliar e pela má gestão dos resíduos sólidos, lançados nas vias urbanas ou mesmo nas margens e leito dos corpos hídricos (KOBIYAMA et al., 2006). Esse comportamento reduz a profundidade do rio e consequentemente sua capacidade de transportar o volume de água escoado dentro de seu leito menor, principalmente em períodos de cheias. Isso compromete a sua eficiência em reter o volume precipitado ou que é recebido à montante, causando assim o transbordamento para o seu leito maior e atingindo aqueles que vivem em suas margens e à montante pois há uma obstrução da área de escoamento (TUCCI, 2005).

Na realidade urbana, a maior parte das pessoas que vive em situação de vulnerabilidade sofre pressão pelo crescimento demográfico muito acelerado, e que resulta em uma exclusão social da população mais carente. Essa passa a viver em áreas impróprias como em encostas e em planícies de inundação, formando aglomerados subnormais sem a devida infraestrutura de serviços básicos, como de água tratada, coletas de esgoto e de resíduos sólidos (ROBAINA, 2008; ZAHED FILHO et al., 2012).

À vista disso, populações que vivem nessas condições passam constantemente por inundações de suas residências, perdendo bens materiais ou, em casos extremos, suas vidas. Essa problemática atinge em sua maioria áreas urbanas e Filgueira et al. (2009) explicaram as razões pelas quais os desastres têm causado tantos transtornos:

A intensificação dos prejuízos causados por desastres relacionados a fenômenos naturais nos últimos anos no Brasil, bem como em diversas partes do mundo, deve-se principalmente ao mau planejamento da expansão territorial urbana. Muitas cidades brasileiras não possuem um sistema estruturado eficaz de uso e ocupação do solo, deixando parte da população vulnerável às adversidades climáticas (FILGUEIRA et al., 2009, p. 74).

Como citado anteriormente, quando não há um planejamento da ocupação de uma área, a população muitas vezes ultrapassa os limites estabelecidos por lei, como é o caso da delimitação das margens dos rios que é assegurada pela Lei nº 12.651/2012 (Novo Código Florestal Brasileiro). Seu art. 4º, por exemplo, classifica as

áreas marginais dos cursos de água como sendo uma Área de Preservação Permanente - APP (BRASIL, 2012b).

Quando não há fiscalização eficiente e as pessoas ocupam essas regiões, evita-se a realocação desses moradores, pois é levado em consideração seus laços afetivos com aquela localidade, em que muitos se assentaram antes mesmo da urbanização intensificar os processos de inundação através do assoreamento dos rios e da supressão da vegetação em seu entorno. Por esse motivo cada situação deve ser analisada cuidadosamente para constatar a viabilidade ou não de um reordenamento urbano dos cidadãos que são constantemente afetados por inundações.

2.4 GESTÃO DO RISCO DE DESASTRES (GRD)

2.4.1 Componentes da GRD

A Gestão do Risco de Desastres (GRD) é uma ferramenta administrativa que atua de forma planejada e organizada, buscando antecipar as ações ante os eventos extremos, responder e recuperar após os impactos, resultantes dos perigos existentes (BIRKMANN et al., 2013; SANTOS; TAVARES, 2020). Segundo Lavell (2003), é um processo social complexo, que visa a redução ou previsão do risco de desastre na sociedade, e que precisa ser integrado com o desenvolvimento humano, social, econômico, territorial e ambiental. A gestão de risco está estritamente ligada à segurança da população, fazendo uma correlação entre a ocupação humana e as condições físicas do ambiente ao nível do ordenamento territorial, baseando-se em ações preventivas eficientes e eficazes (TAVARES, 2013).

A gestão do risco de desastres possui três componentes distintos: gestão corretiva, prospectiva e reativa. A gestão corretiva ocorre quando há um risco existente, resultante de processos sociais passados e que culminaram na situação atual. O assentamento em uma planície de inundação, uma comunidade instalada em um local propenso a um movimento de massa, são exemplos de práticas inadequadas fruto de decisões anteriores. Assim, é realizada com frequência uma gestão corretiva para reduzir o risco já existente, como a construção de diques e barragens para conter as inundações (chamadas de medidas estruturais), aplicação de mantas ou reflorestamento de encostas para evitar o deslizamento. Em outras palavras, ela atua nas ameaças, a fim de reduzir a ocorrência de desastres ambientais. Sua natureza

pode ser conservadora – ações que buscam reduzir os riscos identificados, mas sem maiores mudanças nas condições atuais –, ou pode ser transformadora – segue os fundamentos da sustentabilidade, a partir de mudanças no ambiente para reduzir a vulnerabilidade (LAVELL, 2003).

A gestão prospectiva atua nas vulnerabilidades, ou seja, antes mesmo de uma comunidade estar em situação de risco, evitando o risco futuro. Ela pode ser estimulada pelo governo, Organizações Não Governamentais (ONGs), iniciativa privada, associações de desenvolvimento ou pela própria comunidade. Ela está presente nos planos de investimento e de desenvolvimento, assim como no ordenamento territorial e no uso do solo, de forma a integrar a GRD com a gestão ambiental, visando alcançar a inexistência do risco ou chegar em um nível em que ele seja aceitável (LAVELL, 2003).

A gestão reativa está pautada na resposta e recuperação após a incidência de um desastre. As tomadas de decisões ocorrem somente após a existência de perdas humanas e/ou de danos econômicos, agindo sempre no desastre em si. É composta por ferramentas como planos de contingência, planos de recuperação pós-desastre e sistemas de alerta e controle. Ela é adotada quando a gestão corretiva e a prospectiva não são aplicadas de forma eficiente (NARVAÉZ; LAVELL; ORTEGA, 2009; RODRIGUES, 2020).

A GRD na realidade brasileira foi marcada pelo caráter reativo até a instituição da Lei nº 12.608/2012, que exigiu que o gerenciamento dos riscos deve ser integrado na política de ordenamento territorial, da gestão dos recursos hídricos, infraestrutura, saúde, educação, entre outros setores sociais, buscando o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2012a, RODRIGUES, 2020). Mas é visto que houve poucas mudanças na forma de agir frente a probabilidade da ocorrência dos desastres, prevalecendo ainda a gestão reativa na Defesa Civil de todas as esferas do poder.

2.4.2 Instrumentos e ferramentas nacionais

A Constituição Federal de 1988 foi um importante marco para a cidadania brasileira, deixando claro os direitos e deveres da organização civil e pública. Na temática dos desastres, ela aborda em seu art. 22, inciso XVIII, que é dever da União “planejar e promover a defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e as inundações”. É apresentado ainda no art. 144, §5º, que

competem aos corpos de bombeiros militares a função de atividades relacionadas à defesa civil, além de suas outras atribuições definidas em lei (BRASIL, 1988). Contudo, devido à complexidade da função, seria necessário um suporte maior e mais robusto para desempenhar todas as atividades de defesa civil.

Foi organizado, por meio do Decreto nº 97.274/1988, o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC. O SINPDEC passou por uma reorganização pelo Decreto nº 895/1993 e sofreu uma atualização pelo Decreto nº 5.376/2005, que dispõe sobre o SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC (BRASIL, 2005).

Algumas das finalidades do SINPDEC são de atuar na iminência de um desastre, realizar estudos de prevenção e redução de risco de desastres, prevenir ou minimizar os danos, assim como o socorro das vítimas e promover a articulação dos diferentes órgãos que constituem o SINPDEC no âmbito nacional (BRASIL, 2005). É gerido pelos seguintes órgãos: órgão consultivo – o CONPDEC; órgão central – definido pelo Poder Executivo federal para coordenar o sistema; órgãos regionais, estaduais e municipais de proteção e defesa civil; órgãos setoriais – pertencente aos três âmbitos do governo; e órgãos de apoio – órgãos públicos e entidades privadas, associações de voluntários, entre outros. (BRASIL, 2005, BRASIL, 2012a).

O Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN) foi criado pela força do Decreto Presidencial nº 7.513 de 1º de julho de 2011 e está em operação desde dezembro do mesmo ano e monitora atualmente mais de 1.000 municípios. Esse centro supervisiona áreas suscetíveis à ocorrência de desastres 24 horas por dia, ininterruptamente, coletando e analisando dados de estações pluviométricas, fluviométricas, meteorológicas e de radares a fim de alertar em caso de movimentos de massa ou de enxurradas, por exemplo, entre outras funções. Os alertas devem ser imitados para o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD) para serem repassados para os estados e municípios (BRASIL, 2011a).

A Lei nº 12.608/2012 é um importante instrumento que estabelece os objetivos e diretrizes que devem ser seguidos para promover ações integradas em proteção e defesa civil: prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação de uma área sujeita a risco de desastre, exemplificadas na Figura 4 (BRASIL, 2012a).

Figura 4 - Gestão Integrada em Proteção e Defesa Civil



Fonte: adaptado de Brasil (2017).

A PNPDEC autorizou a criação de um sistema de informações e monitoramento de desastres e determinou as competências dos entes federados – União, Estados, Distrito Federal e Municípios – para que seja feito um trabalho conjunto e coordenado, cada qual com sua esfera de atuação. Por exemplo, cabe aos Estados executar o PNPDEC em sua unidade federativa e instituir um Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil específico para seu território. Enquanto isso, compete aos municípios elaborar um Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil, caso ele esteja incluído no cadastro nacional de municípios que possuem áreas suscetíveis a ocorrências de desastres (BRASIL, 2012a).

Outro importante instrumento foi o estabelecimento de critérios e procedimentos para a decretação de SE e ECP pelos estados, municípios e Distrito Federal. A Instrução Normativa nº 2, de 20 de dezembro de 2016, exemplifica os três níveis de intensidade dos desastres, partindo do nível I (desastre de pequena intensidade ao nível III (desastre de grande intensidade) (BRASIL, 2016).

Os níveis I e II são enquadrados como SE (conseguem restabelecer a normalidade apenas com recursos locais ou com o aporte de recursos estaduais e federais). Enquanto o desastre de nível III configura ECP (precisa da ação das três

esferas e da atuação do SINPDEC, necessitando em alguns casos de ajuda internacional). Os governantes dos estados e municípios devem emitir um decreto, que poderá ser reconhecido ou não pelo Poder Público Federal. Os documentos requeridos, sendo um deles o Formulário de Informações sobre o Desastre (FIDE), devem ser enviados ao Ministério do Desenvolvimento Regional (anteriormente Ministério da Integração Nacional), via o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), em funcionamento desde 2012 (BRASIL, 2016).

O Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais (BRASIL, 2012c) foi um documento criado para executar o orçamento de R\$ 18,8 bilhões distribuídos em quatro eixos: prevenção, mapeamento, resposta e monitoramento e alerta, para os anos de 2012 a 2014. Estava previsto R\$ 2,6 bilhões para o eixo de resposta, que incluía a destinação de 50 mil unidades habitacionais para os moradores atingidos por desastres.

Contudo, o que aconteceu no município de Nova Friburgo-RJ, por exemplo, foi a construção de um conjunto habitacional que não atendia bem os moradores, pois localizava-se distante do centro (onde moravam). Além disso, não possuíam um sistema de drenagem adequado, alagando os apartamentos térreos em época de chuva, ausência de equipamentos urbanos básicos como escolas, creches, postos de saúde ou mesmo transporte público próximos, tudo isso com uma área total do apartamento de 42 m², muitas vezes inferior ao que tinham antes. Ou seja, foi feito um mal uso do dinheiro público pois não foram avaliadores todos os fatores que fariam os habitantes concordarem em residir no conjunto habitacional e assim não retornarem para as áreas sujeitas a risco de desastres (SILVA et al., 2019).

O “Programa 2040 – Gestão de Riscos e Respostas a Desastres” faz parte do Plano Plurianual – PPA 2012-2014 do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão e teve orçamento de R\$ 9 bilhões, com a execução a cargo do Ministério das Cidades. Houve uma auditoria pelo Tribunal de Contas da União (TCU) em 2015 e constatou-se que apenas 30% dos contratos de repasse de verba estavam em situação normal e de um total de 99 obras, apenas 18% estavam sendo executadas dentro da normalidade, enquanto 43% não haviam ainda sido iniciadas (TCU, 2017).

De acordo com a TCU, o número significativo de empreendimentos paralisados ou em atraso torna o Programa 2040 ineficaz para ações de prevenção e manutenção das áreas de risco na qual a população encontra-se (TCU, 2017). Silva et al. (2019) critica a destinação desproporcional do investimento para as obras de resposta, logo

após a ocorrência de um desastre, enquanto o volume destinado para ações preventivas e que poderiam evitar prejuízos econômicos e perda de vidas é bem inferior. É feito um alerta para necessidade de um posicionamento proativo, para gestão de riscos, investindo em projetos que visem evitar os desastres e deixando de lado a gestão de crises, ou seja, agir somente quando o desastre já aconteceu.

Como pôde ser visto, o Brasil possui um aparato legislativo e institucional satisfatório voltado para a gestão dos desastres, com muitos órgãos municipais, estaduais e federais buscando o melhor para fazer com que as cidades sejam mais resilientes aos desastres. Contudo, o que se percebe na prática é a falta de investimento e uma gestão deficitária na prevenção das catástrofes. O S2iD, por exemplo, deveria servir para manter a população informada sobre as ocorrências em suas cidades, assim como seria um instrumento poderoso para o meio acadêmico, como o histórico dos eventos. Na realidade não ocorre uma alimentação dos dados atualizada, sendo preciso recorrer a diversos *sites*, de fontes não tão confiáveis, para ter conhecimento sobre os eventos que atingem determinada região.

Também se percebe que as defesas civis municipais de muitas cidades não contam com um quadro de funcionários suficiente para as demandas existentes, ou mesmo com servidores capacitados, e quando passam por treinamentos para ter conhecimento sobre o papel da defesa civil, muitos são remanejados de função por interesses políticos, a cada nova gestão. É necessária uma reestruturação desde o nível federal até o municipal, para que os desastres sejam evitados e não tão somente remediados.

2.4.3 Marcos internacionais

Muitos documentos merecem destaque no que tange a gestão para redução do risco de desastres em uma ótica global. Um dos primeiros acordos internacionais foi o Plano de Ação para os anos de 1994–2004, que foi lançado na Conferência Mundial sobre Redução de Desastres Naturais que ocorreu em Yokohama, Kanagawa, Japão em 1994. Em seguida, veio o Marco de Ação de Hyogo para os anos de 2005–2015 lançado em mais uma conferência internacional. Ambos os documentos foram essenciais para firmar uma cooperação entre os países com o objetivo de aumentar a resiliência das nações frente aos desastres (ISDR, 2007).

A Agenda 2030 foi um documento proposto pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015 para alcançar uma sociedade mais sustentável. Ela traz 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) com metas propostas para cada um deles, para serem cumpridos entre os anos de 2015 e 2030. Um dos objetivos mais urgentes da Agenda 2030 é erradicar a pobreza de todas as formas e em todos os lugares, pois indiretamente alcançará muitos dos outros objetivos.

Em relação à temática dos desastres ambientais, o gerenciamento dos desastres está presente na Meta 1.5 – construir a resiliência dos pobres expostos à vulnerabilidade em relação a eventos extremos –, Meta 2.4 – garantir sistemas sustentáveis para práticas agrícolas resilientes que sejam capazes de se adaptar a mudanças do clima e às condições meteorológicas extremas –, Meta 9.1 – desenvolver infraestruturas de qualidade, sustentável e resilientes, em que um dos indicadores é o percentual de municípios cadastrados no S2iD –, Meta 13.1 – reforçar a capacidade de adaptação a riscos ligados ao clima e às catástrofes naturais – e Meta 15.3 – restauração de terras e solos degradados incluindo os afetados pela desertificação, seca e inundações (PNUD, 2015).

O Objetivo 11, “tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”, merece destaque pois aborda em profundidade a gestão do risco de desastres. A Meta 11.5 traz a necessidade de reduzir significativamente o número de mortes e de pessoas afetadas pelos desastres ambientais assim como as perdas econômicas, e assim proteger as pessoas em situação de vulnerabilidade socioambiental. Para avaliar o seu cumprimento, são utilizados indicadores que analisam o número de óbitos por acidentes ambientais, impactos humanos e materiais decorrentes dos eventos extremos, número de municípios com ações e/ou ferramenta de gerenciamento de risco e quantidade de internações hospitalares associada ao saneamento ambiental inadequado (PNUD, 2015).

A Meta 11.b trata que até o ano de 2020 deveria ter ocorrido o aumento considerável do “número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação à mudança do clima, a resiliência a desastres”. Também foi proposto a implementação do gerenciamento holístico do risco de desastre em todos os níveis a partir do Marco de Sendai para a Redução de Risco de Desastres 2015-2030 (PNUD, 2015).

O Marco de Sendai foi elaborado a partir da Terceira Conferência Mundial sobre a Redução do Risco de Desastres que aconteceu em Sendai, Miyagi, Japão. Esse documento é relevante para o combate aos desastres a nível nacional e internacional e focou prioritariamente na redução do risco e nos fatores causais dos desastres ambientais, relacionados à abordagem preventiva. Para alcançar o resultado esperado, o marco possui o objetivo de prevenir a ocorrência de novos desastres assim como reduzir os riscos já existentes com o apoio de diferentes instituições de forma integrada e inclusiva para reduzir as vulnerabilidades e aumentar a preparação para resposta e recuperação, assim como a resiliência. É importante destacar as quatro áreas prioritárias de ação para o Marco, que são: compreender o risco de desastres; fortalecer a governança para gerenciar o risco de desastre; investir na redução dos riscos para alcançar a resiliência; e melhorar a preparação para os desastres (UNISDR, 2015).

Diante da quantidade de acordos internacionais firmados, é esperada uma redução significativa na ocorrência de desastres e nas perdas humanas e econômicas até o ano de 2030, prazo final da Agenda 2030 e do Marco de Sendai. Notou-se que os documentos nacionais mais recentes voltados à redução do risco de desastres estão em consonância com os marcos internacionais. Na prática, a ocorrência de desastres, que tem uma direta relação com a construção social, não vem reduzindo significativamente em número e em prejuízos nos últimos anos (como mostrado na seção 2.3.1). Esse fato revela falhas no gerenciamento de riscos a desastres já que a população se encontra em vulnerabilidade socioambiental ano após ano.

2.5 UTILIZAÇÃO DA GEOTECNOLOGIA PARA PREVISÃO DE ÁREAS INUNDÁVEIS

2.5.1 Modelos Digitais de Elevação

O Modelo Digital de Elevação (MDE), conhecido na língua inglesa pela sigla DEM – *Digital Elevation Model* – é uma representação digital da variação contínua da superfície terrestre tratada de forma numérica (CASTRO et al., 2015). Essa modelagem permite que a superfície seja representada a partir de um modelo matemático e por coordenadas geográficas (representados pelos eixos x e y) em um plano cartográfico, e o eixo z representando geralmente o valor altimétrico nessa posição (CHAVES, 2002; GAROFALO & LIESENBERG, 2015).

De maneira geral ele é formado através de estereopares de imagens de sensores remotos orbitais e/ou aerotransportados (GAROFALO & LIESENBERG, 2015). O MDE pode ser representado pelo formato TIN (*Triangulated Irregular Network*) ou em formato matricial (*raster*), sendo este último o mais utilizado devido a sua simplicidade de armazenamento e a facilidade das coordenadas x e y estarem explícitas na matriz (TRIBE, 1992; CHAVES, 2002). O MDE também pode ser obtido por aerofotogrametria a partir de sensores acoplados a aviões pilotados ou por Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs), comumente chamados de *drones*, que utilizam câmeras de alta resolução espacial em que é possível gerar modelos digitais de alta precisão (TSCHIEDEL et al., 2018).

O MDE é segmentado por alguns autores em outros dois modelos, que são o Modelo Digital de Terreno (MDT) e o Modelo Digital de Superfície (MDS). O MDT é a representação altimétrica do terreno, sem considerar o topo de prédios e copas de árvores (PACHECO et al., 2011). Ele também pode representar outras características geográficas de uma região, como por exemplo a espacialização de grandezas como a pressão atmosférica, temperatura, umidade, níveis de poluição atmosférica entre outras variáveis (BURROUGH, 1986).

Já quando há a representação da vegetação e da infraestrutura em geral, trata-se de um MDS, gerado pela reflectância do *pixel* referente ao valor altimétrico (CRUZ et al., 2011; EGG et al., 2013). Sua relevância está no acompanhamento do crescimento de culturas, permitindo identificar a altura da vegetação, realizar contagem de plantas (dependendo da resolução espacial), além de extrair dados hidrológicos entre outras utilidades (CANDIDO et al., 2014).

2.5.2 O modelo descritor de terreno HAND

O HAND, algoritmo desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), possui a função de estimar as áreas passíveis de inundação de determinado local, a partir da utilização de um MDE como dado de entrada. Além do MDE, é necessário definir um limiar de drenagem referente à área de contribuição coerente com a área de estudo, correspondente ao valor mínimo que indica o início da drenagem principal de um determinado canal e que deverá se assemelhar à drenagem real da região (RENNÓ et al., 2008; MOMO et al., 2016).

Esse descritor do terreno zera a altitude no canal de drenagem passando a ser a rede de drenagem principal a nova referência topográfica relativa plana e não mais o nível do mar. Dessa forma, o modelo apresentará, como dado de saída, alturas normalizadas divididas em classes de acordo com grau de vulnerabilidade da região, e que irão ser definidas com base em dados de campo ou conhecimento do terreno local gerando, assim, mapas de inundação do terreno (RENNÓ et al., 2008; NOBRE et al., 2011). Em síntese, esse modelo é um equivalente normalizado de um MDE (MOMO et al., 2016) e, quanto mais próximo um determinado local estiver do canal de drenagem e quanto menor for a diferença altimétrica entre esses dois pontos, mais propenso esse local está a inundar (GOERL et al., 2017b).

Estudos apontam que a eficiência do HAND está diretamente relacionada com a resolução espacial do MDE escolhido. Isto foi visto no trabalho de Goerl et al. (2017b) em que verificaram a sensibilidade do HAND em uma área de 136 km² a partir de um MDE com resolução espacial de 2,5 m x 2,5 m, que foi redimensionado para MDEs de 5 m, 10 m, 25 m e 50 m. Por fim, constataram que mesmo as resoluções espaciais mais baixas de 25 m x 25 m e de 50 m x 50 m não comprometeram a delimitação da área total inundada, contudo, verificaram que o delineamento das classes de suscetibilidade diferiu das demais, com os MDEs de maior resolução apresentando os melhores resultados.

Esse modelo tem sido aplicado por diversos pesquisadores a fim de simular inundações em suas localidades, como é encontrado nos trabalhos de Bhatt e Srinivasa Rao (2018) onde utilizaram o HAND em uma cidade indiana para estimar a inundação urbana que ocorreu no ano de 2016 e no estudo de Afshari et al. (2018) realizado em duas áreas nos Estados Unidos da América onde foi comparada a previsão de inundação do HAND, que é considerado um modelo de baixa complexidade, com um modelo hidrodinâmico, apresentando ao final bons resultados semelhantes ao modelo mais robusto. Ambos os trabalhos mostram a relevância em sua utilização e o destacam como uma alternativa eficiente quando são requeridas respostas rápidas e quando há pouca disponibilidade de dados.

Em contraponto, o trabalho de Li, Mount e Demir (2022) mostrou-se relevante ao expor as limitações na utilização do modelo HAND na predição de inundações em regiões planas, assim como em bacias hidrográficas com alta densidade de drenagem. Ou seja, com ordens mais baixas, pois há o risco de superestimação da área alagada. Os autores também chamaram atenção quanto à resolução espacial do

MDE utilizado e a delimitação da área de interesse, dando preferência à utilização de bacias hidrográficas para que a drenagem não seja direcionada para locais que não correspondem à realidade, principalmente nas extremidades da área analisada. Todos esses parâmetros devem ser levados em consideração para que não haja uma generalização excessiva da mancha de inundação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A presente pesquisa pode ser classificada como exploratória, pois foram adotados procedimentos técnicos como a pesquisa bibliográfica – a partir da revisão de literatura acerca do tema –, e documental –, visto que foram coletadas informações de pareceres técnicos, fotografias, avisos meteorológicos e documentos oficiais em geral. Também se trata de uma pesquisa do tipo descritiva, pois foi realizado um levantamento a partir do uso de entrevista semiestruturada como instrumento de coleta de dados por meio de visita de campo com os atores sociais (GIL, 2002).

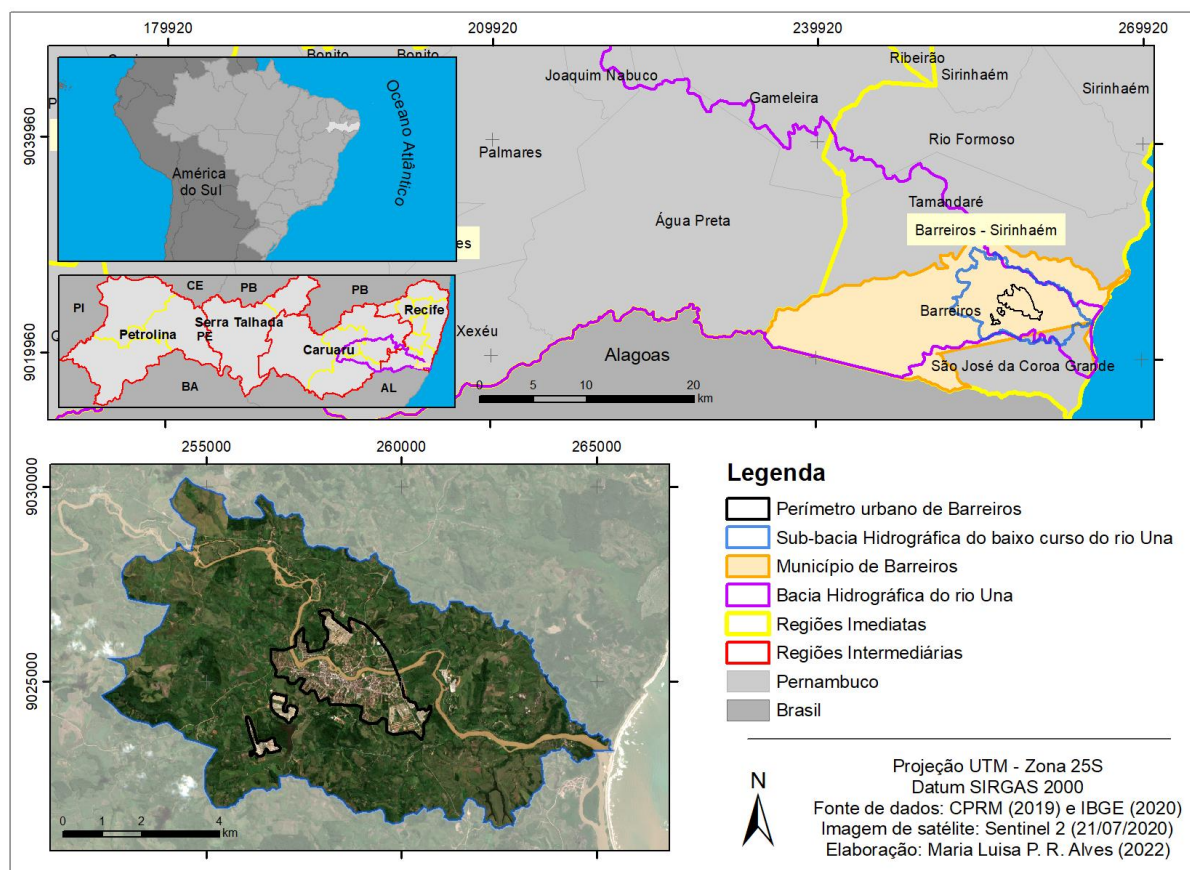
A análise dos dados foi de natureza quantitativa e qualitativa utilizando método estatístico com o objetivo de contabilizar as pessoas mais afetadas pelas inundações anteriores como também compreender a percepção de risco dos habitantes da área de estudo (MARCONI; LAKATOS, 2003).

3.2 LOCALIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no município de Barreiros, Região Geográfica Intermediária do Recife e Região Geográfica Imediata de Barreiros–Sirinháem, mais precisamente na faixa litorânea Sul do estado de Pernambuco. A sede municipal está situada nas coordenadas geográficas 8°49'6" S / 35°11'11" O, e distante cerca de 102 km do Recife, capital de Pernambuco (BDE, 2005; IBGE, 2021).

De acordo com o IBGE (2010), Barreiros possui uma área total de 233,4 km² e uma população de 40.732 habitantes, com densidade demográfica de 174,54 hab/km² e população urbana representando 83,0% do total (Figura 5). Seu clima é do tipo tropical quente e úmido, com temperatura média por volta de 24 °C. O município possui quatro Áreas de Preservação Ambiental (APA) totalizando 45.754 ha de área protegida (CONDEPE-FIDEM, 2006).

Figura 5 – Localização do município de Barreiros e delimitação da área de estudo



A maior parte de seu território (aproximadamente 85%) está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Una (BHRU), principal rio que atravessa a cidade, e presente complementarmente no Grupo de Bacias Hidrográficas de Pequenos Rios Litorâneos – GL4 e GL5 (CONDEPE-FIDEM, 2006). A BHRU está inserida na porção Sul da região litorânea do estado de Pernambuco com uma parte no Norte do estado de Alagoas, cobrindo uma superfície de cerca de 6.700 km². Sua nascente está inserida no município de Capoeiras a uma altitude de 900 m e percorre cerca de 255 km até desaguar no Oceano Atlântico, na divisa dos territórios dos municípios de Barreiros e de São José da Coroa Grande, ambos em Pernambuco (APAC, 2013).

Com isso, foi delimitada uma sub-bacia hidrográfica localizada no baixo curso do rio Una (chamada neste trabalho de “área de estudo”), que envolveu o perímetro urbano de Barreiros até seu litoral (maior parte integrante da bacia hidrográfica do rio Una). Vale salientar que foi escolhida uma sub-bacia hidrográfica para este estudo para assim representar as inundações de maneira coerente, como orientado por Li, Mount e Demir (2022), e para que seja evitado o direcionamento incorreto da drenagem no processamento do algoritmo HAND. Sua delimitação foi feita a partir do

MDT do Alos Palsar com resolução espacial de 12,5 m × 12,5 m no *software* ArcMap 10.2 ©³.

Primeiramente, utilizou-se a ferramenta *fill* para o preenchimento de possíveis falhas como depressões, em seguida, fez-se uso da ferramenta *flow direction* para determinar a direção do fluxo de água e, por fim, as bacias foram delimitadas pela ferramenta *basin*, em que foi escolhida uma sub-bacia que envolvia o perímetro urbano de Barreiros.

O passo seguinte foi reduzir a área da bacia hidrográfica escolhida para que sua maior parte se concentrasse no interior do município de Barreiros. Para isso foi utilizado o *shapefile* das áreas de contribuição hidrográfica e os trechos de drenagem disponíveis no *site* da Agência Nacional de Águas (ANA, 2013) para obedecer ao formato da bacia hidrográfica.

Por fim, chegou-se a uma área total de 63,75 km² (Figura 5). O perímetro urbano, área foco da presente pesquisa, possui uma área total de 6,57 km² e está localizado na parte central mais a leste do município.

3.2.1 Determinação do Mapa de Pluviosidade Média Anual da região de estudo

Para a determinação da distribuição da pluviosidade na região estudada, foi utilizado o Método das Isoietas que consiste em linhas indicativas de mesma altura pluviométrica com valores médios de precipitação construídas a partir de dados provenientes de postos pluviométricos (PEDRAZZI, 2004). Para a correta aplicação do método citado, foi necessária a correção de falhas observadas nas medições realizadas pelos bancos de dados oficiais, causadas provavelmente por problemas nos equipamentos ou por impedimento do observador que resultam em intervalos de tempo sem dados (PEDRAZZI, 2004).

Os preenchimentos foram efetuados utilizando a Equação (2), que leva em consideração os dados de precipitação média anual de três postos pluviométricos vizinhos a falha, localizados o mais próximo possível. Ressalta-se, ainda, que para essa metodologia de correção, a ausência de precipitação também é um valor observado, sendo registrado e não confundido com uma falha. Todos os postos

³ Licença gentilmente cedida pelo Laboratório de Cartografia Social – LCS, Departamento de Geociências da Universidade Federal da Paraíba.

pluviométricos apresentam uma série histórica de 2000 a 2020, maior período encontrado diante da indisponibilidade dos dados.

$$P_x = \frac{1}{3} \left(\frac{N_x}{N_A} P_A + \frac{N_x}{N_B} P_B + \frac{N_x}{N_C} P_C \right) \quad (2)$$

Onde P_x é o valor de chuva que se deseja determinar; N_x é a precipitação média anual do posto x; N_A , N_B e N_C são respectivamente as precipitações médias anuais dos postos vizinhos A, B e C; P_A , P_B e P_C são respectivamente as precipitações observadas em cada posto no instante que o posto x falhou.

Para a geração do traçado das isoietas, foi utilizado o interpolador linear de valores do *software* ArcMap 10.2 ©. Os dados obtidos para gerar as médias utilizadas foram adquiridos junto a plataforma Hidroweb da ANA e da APAC. Os postos utilizados estão discriminados na Tabela 4.

Tabela 4 – Postos pluviométricos utilizados para determinação da distribuição da pluviosidade

Município	Código	Agência	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)
Barreiros	835005	ANA	9025116	259109,7
Barreiros	314	APAC	9023896	258676
Panelas	121	APAC	9041109	829305,2
Palmares	835037	ANA	9039546	213882,6
São João da Coroa Grande	110	APAC	9015981	263598,1
Quipapá	525	APAC	9022936	168636
São Brejo do Sul	188	APAC	9040490	176538
Belém de Maria	530	APAC	9045775	187293
Água Preta	80	APAC	9037058	222488
Tamandaré	510	APAC	9030277	245409,6

Fonte: ANA (2021) e APAC (2021).

O Mapa da Pluviosidade Média Anual da região de estudo será apresentado e discutido na seção dos Resultados e Discussão.

3.3 COLETA DE DADOS

3.3.1 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

Inicialmente foi realizada uma visita de campo guiada pela Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Barreiros (COMPDEC) nos dias 31 de novembro e 01 de dezembro de 2020 para reconhecimento da área de estudo. O

objetivo foi obter informações acerca de inundações anteriores a partir de registros das marcas de água em locais da área urbana do município.

Também foi feita uma pesquisa documental na sede da COMPDEC e na Prefeitura Municipal de Barreiros para coletar informações sobre as inundações passadas em pareceres técnicos, decretos municipais e estaduais de SE e ECP, fotografias, avisos meteorológicos da APAC e do CEMADEN, além de documentos como o Plano de Contingência do Município de Barreiros de 2019 (o mais atualizado).

Após a aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)⁴, foi feita uma segunda visita de campo a Barreiros no período de 07 a 10 de junho de 2021. O instrumento para coleta de dados utilizado foi uma entrevista semiestruturada (Apêndice A) com uma relação fixa de perguntas abertas, fechadas e mistas para a coleta de dados, com possibilidade de perguntas a parte, quando necessário (GIL, 2002), na qual possuiu uma abordagem probabilística. As entrevistas ocorreram geralmente nos horários entre 8h e 12h e de 13h às 16h, totalizando 92 entrevistas semiestruturadas realizadas com os moradores presentes na região constantemente atingida pelas inundações, localizada na zona urbana de Barreiros.

3.3.2 População e amostra

Para definir o universo da amostra para a realização das entrevistas, tomou-se como base no mapa da mancha de inundação do evento ocorrido no ano de 2017 que atingiu a zona urbana de Barreiros, disponibilizada pela APAC, e os setores censitários do IBGE de 2010⁵. Foi feito o cruzamento do polígono da mancha de inundação com a área de cada setor censitário e a quantidade de domicílios para ter-se uma representatividade aproximada da população afetada. Definido o universo de 1.993 domicílios, a Equação (3) foi utilizada para o cálculo da amostra escolhida com o intuito de avaliar a vulnerabilidade, que foi determinada de forma de proporção (percentual) de vulneráveis, e por também ser indicada para variáveis nominal ou ordinal e para uma população finita (FONSECA; MARTINS, 2011):

⁴ Aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFPB e na Plataforma Brasil, Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) nº 43398621.2.0000.5188.

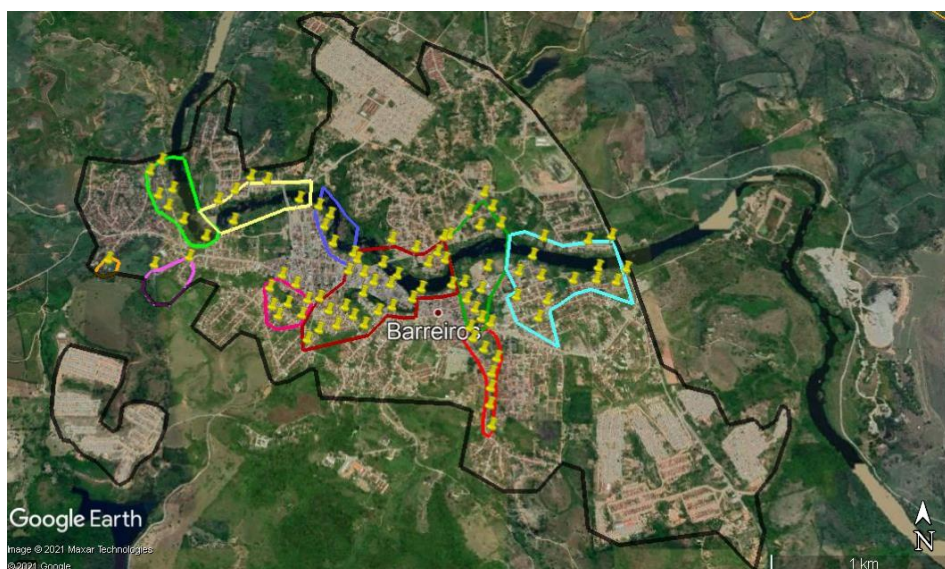
⁵ São considerados os dados oficiais brasileiros mais recentes em relação aos dados dos setores censitários.

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2}) \cdot \hat{p} \cdot \hat{q} \cdot N}{e^2 \cdot (N-1) + (Z_{\alpha/2}) \cdot \hat{p} \cdot \hat{q}} \quad (3)$$

Onde N é o tamanho amostral; $Z_{\alpha/2}$ é a abscissa da curva normal padrão para o nível $\alpha/2$; $\hat{p}$ é a estimativa da verdadeira proporção de cada um dos níveis da variável escolhida; $\hat{q} = 1 - \hat{p}$; N é o tamanho da população; e e^2 é o erro amostral admitido.

Foram adotados o nível de confiança de 95% e a relação $\hat{p}$ e $\hat{q}$ de 0,5, que significa a situação mais desfavorável em que não há conhecimento prévio sobre a amostra – considerando que os dados que foram tomados como base não correspondem fidedignamente à realidade atual – e erro amostral de 10% devido ao tempo disponível para coleta de dados e à escassez de recursos para realização das entrevistas. Com isso, chegou-se à amostra de 92 domicílios que foi dispersada de forma aleatória e o mais especializada possível nas áreas predefinidas (Figura 6, imagem de 31 de dezembro de 2020). A técnica amostral utilizada foi por conveniência.

Figura 6 – Locais das entrevistas pré-definidos na área sujeita a risco de inundação pela mancha da inundação de 2017



Fonte: Google Earth, 2020.

Os critérios de inclusão dos participantes foram: ser morador da área urbana de Barreiros, ser maior de 18 anos de idade, ambos os sexos, preferencialmente ser representante da residência onde reside, se encontrar dentro da área (ou nas proximidades) do polígono traçado pela APAC da inundação que ocorreu em 2017.

Os critérios de exclusão dos participantes foram: ter desistido de participar da pesquisa ao longo da entrevista ou após a realização da entrevista, ser menor de 18

anos de idade, não ser residente da casa em que se encontrava no momento da abordagem, não residir na zona urbana de Barreiros.

3.3.3 Procedimentos de análise dos dados das entrevistas

Após a coleta dos dados das entrevistas, as respostas foram divididas em seis classes a fim de facilitar a compreensão dos dados, que são: informações pessoais, escolaridade e ocupação; representante familiar, quantidade e mobilidade dos moradores; situação econômica; infraestrutura básica e tempo de residência; percepção de risco; inundações anteriores; e satisfação. A partir disso, foram avaliadas cada uma das perguntas para extrair as informações mais pertinentes para o estudo de forma a expor a realidade da população.

Essas informações foram trabalhadas em porcentagem para ser possível extrapolar para o universo de 1.993 domicílios (cálculo aproximado dos municípios atingidos pela inundação de 2017 (a partir do *shapefile* da área atingida disponibilizado pela APAC). Alguns dados considerados importantes foram apresentados em forma gráfica (setores ou de barras) para melhor visualização e discussão dos resultados.

3.4 DELIMITAÇÃO DA MANCHA DE INUNDAÇÃO

3.4.1 Escolha dos MDEs

Para aplicar o modelo HAND na área de estudo descrita no item anterior, foram comparados MDEs com resoluções espaciais distintas a fim de verificar a mudança de eficiência na delimitação da mancha de inundação como apontado por Goerl *et al.* (2017b). Foram utilizados o MDE da missão do satélite *Alos* com sensor de radar *Palsar*, com resolução espacial de 12,5 m × 12,5 m (encontrados facilmente na internet) e o MDE oriundo do projeto Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D) que utilizou a tecnologia *Light Detection and Ranging (LiDAR)* com resolução espacial de 1,0 m × 1,0 m. Este último MDE não estava disponível em sites públicos. Ele foi adquirido a partir de contato com pessoas que já o possuíam para realização de trabalhos acadêmicos.

Tomou-se a decisão de utilizar o MDT como dado de entrada em vez do MDS, pois, segundo Mengue *et al.* (2016) e Mengue *et al.* (2017), os topos de prédios e

vegetação arbórea densa podem interferir no direcionamento do fluxo da água, o que comprometeria a simulação da inundação proposta pelo modelo HAND.

Devido à baixa capacidade de processamento da máquina computacional para gerar o modelo descritor de terreno HAND com o MDE da missão *LiDAR*, o modelo digital precisou ser reamostrado para a resolução espacial de 5,0 m × 5,0 m. Logo, foi comparada a eficiência do modelo descritor de terreno HAND a partir da utilização do MDE da missão *Alos Palsar* (12,5 m × 12,5 m) e da missão *LiDAR* reamostrado (5 m × 5 m).

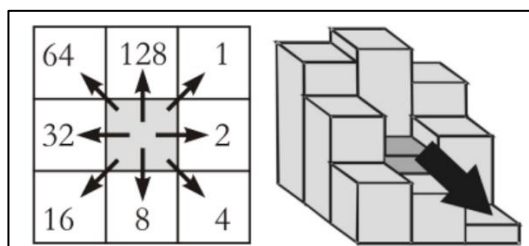
Com isso, foi avaliada a precisão dos dois MDEs em definir o limiar de drenagem da área de estudo e se a delimitação da inundação e das classes de suscetibilidade à inundação sofreram muitas divergências entre si.

3.4.2 Procedimento para obtenção da matriz HAND

Definida a área de estudo (Figura 5), utilizou-se o *software* livre TerraView 4.2.2, desenvolvido pelo INPE, para o processamento para obtenção da matriz HAND. A escolha desse *software* foi devido a ele já ter sido utilizado em outros trabalhos tais como os de Mengue et al. (2016), Goerl et al. (2017a), Goerl et al. (2017b), Mengue et al. (2017), Milanesi et al. (2017) e Speckhann et al. (2017), e terem obtido resultados satisfatórios. Cada um dos MDEs foram processados separadamente a partir dos seus MDTs e ao fim verificou-se qual dos dois modelos digitais de terreno representavam melhor a drenagem da área de estudo.

Inicialmente foi realizada a etapa para determinar a direção do fluxo do MDT utilizando a ferramenta “*Flow Extraction*” presente na *plugin* TerraHidro do TerraView 4.2.2. Ele utiliza o método conhecido como *Deterministic Eight-Neighbors*, também chamado de Método D8, que verifica na matriz a altitude de uma determinada célula (ou *pixel*) em relação à altitude de suas oito células vizinhas (Figura 7). Com isso é determinado a direção do fluxo, partindo de um *pixel* de maior valor altimétrico para um de menor valor, ou seja, a partir da maior declividade, conectando os pontos hidrologicamente (O’CALLGHAN; MARK, 1984; MOMO et al., 2016).

Figura 7 – Direção de fluxo a partir do Método D8



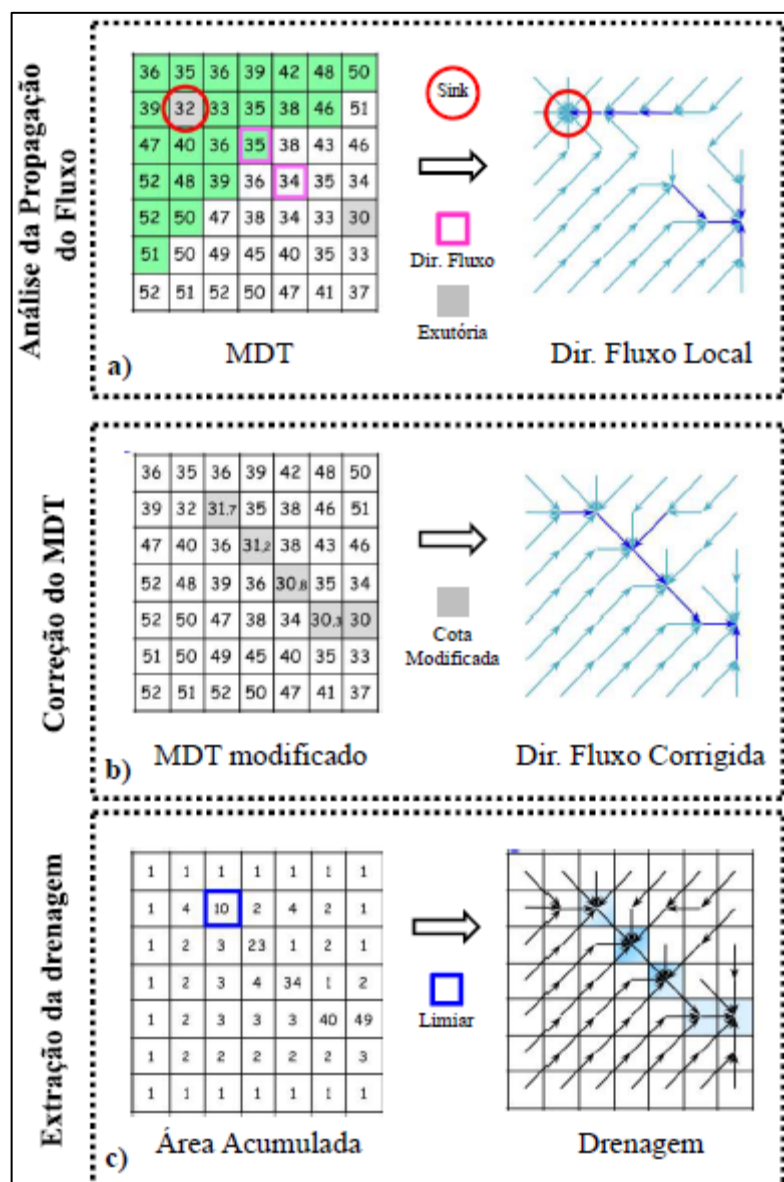
Fonte: Buarque et al. (2009).

Esse processamento resultou em uma matriz chamada de LDD – *Local Drain Direction* –, ou simplesmente a direção do fluxo de drenagem, que é representada graficamente por setas indicando a direção que a água percorre no terreno (Figura 8a). Todavia podem existir depressões ou sumidouros, chamadas de *sinks* ou *pits* em inglês, que são as irregularidades naturais do terreno, ou podem existir também falhas na geração do MDT que comprometem a eficiência da direção do fluxo contínuo pelo modelo. Para evitar que isso ocorra, é realizada uma correção dessas anomalias (Figura 8b) para garantir a coerência da matriz LDD (RENNÓ et al., 2008; MOMO et al., 2016; GOERL et al., 2017a).

O passo seguinte foi a determinação da área acumulada utilizando a ferramenta “*Contributing Area*”. Essa matriz representa uma quantidade de *pixels* que convergem para um determinado ponto, e esse direciona esse acumulado para um *pixel* de menor altitude, formando um fluxo de drenagem (RENNÓ et al., 2008).

Em seguida foi obtida a matriz da rede de drenagem determinando o limiar de drenagem pela ferramenta “*Drainage Extraction*”, um número que representa a quantidade de *pixels* que são necessários para iniciar a rede fluvial (Figura 8). Em outras palavras, o limiar de drenagem é a representação da área mínima de contribuição para dar início a um canal. Quanto menor o valor do limiar de drenagem, mais ramificações surgirão indicando o início de canais e consequentemente haverá uma maior densidade de drenagem (O’CALLAGHAN; MARK, 1984; RENÓ et al., 2008; NOBRE et al., 2011; MOMO et al., 2016).

Figura 8 – Etapas da consistência hidrológica do Modelo Digital de Terreno (MDT): (a) consistência hidrológica; (b) determinação da direção de fluxo; (c) extração da rede de drenagem



Fonte: Goerl et al. (2017b) traduzido de Nobre et al. (2011).

Momo et al. (2016) enfatizam que a escolha do limiar de drenagem deve corresponder o mais próximo possível ao delineamento dos rios de ordens maiores pois eles já recebem as contribuições de outros afluentes. Isso evita a superestimação das áreas inundáveis pelo modelo HAND nas etapas seguintes. As Figuras 8c e 9a trazem um exemplo da associação da matriz LDD com a rede de drenagem definida.

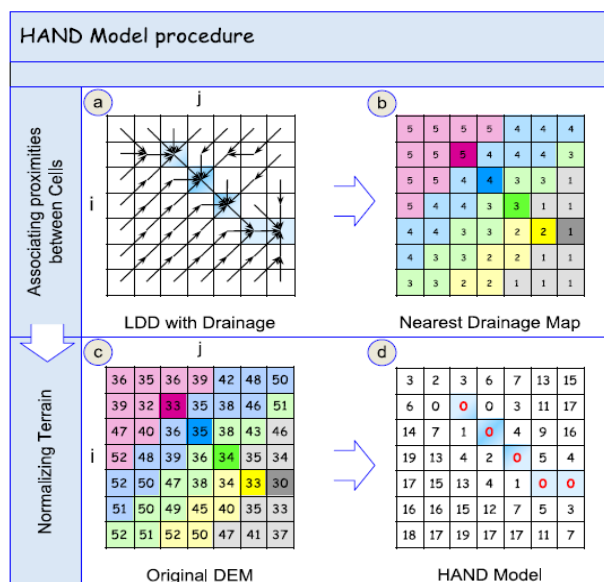
Para determinar o valor do limiar de drenagem foi utilizado o *shapefile* da drenagem local (ANA, 2013), realizando a sobreposição da drenagem gerada nessa etapa com a drenagem real. Tomou-se o cuidado em escolher um limiar de drenagem que contemplasse os rios de maior ordem, evitando o detalhamento dos segmentos de rio que iniciavam a drenagem, como sugerido por Momo et al. (2016). Esse é o único parâmetro ajustável em todo o processo para obtenção da matriz HAND, então

deve-se ajustar o valor de forma que não haja subestimação e superestimação da inundação.

O procedimento para gerar o modelo HAND é feito a partir da matriz LDD “corrigida” (Figura 9a) que é utilizada para gerar o mapa de drenagem mais próxima (Figura 9b), no qual cada *pixel* é associado espacialmente com todos os *pixels* do MDT drenando para ele. Então o MDT de origem (Figura 9c) é processado pelo operador HAND (a nova altura do MDT de saída corresponde a subtração das demais células com a altura da drenagem mais próxima) tomando o mapa da drenagem mais próxima como base para indicar os pares de célula para subtração das altitudes.

Essa associação resultará em uma matriz HAND (Figura 9), onde cada altura de célula representa a diferença de nível para sua respectiva célula de drenagem mais próxima, “zerando” os valores da rede de drenagem. Agora a rede de drenagem passa a ser a nova referência topográfica, e não mais o nível do mar. Resumidamente, quanto menor a distância e quanto menor a diferença altimétrica entre um ponto do terreno em relação a sua rede de drenagem mais próxima, mais propenso ele está a inundar (NOBRE et al., 2011; MOMO et al., 2016; GOERL et al., 2017a).

Figura 9 – Matrizes utilizadas para gerar o modelo HAND: (a) matriz LDD coerente; (b) mapa de drenagem mais próxima; (c) MDT original; e (d) matriz HAND



Fonte: Nobre et al. (2011).

A definição da área inundada foi realizada por meio do levantamento dos pontos inundados anteriormente, a partir de registros das marcas de água em locais da cidade indicados pela Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil de

Barreiros (COMPDEC) e pela realização de entrevistas com a população mais afetada.

A matriz HAND posteriormente foi importada para o *software* ArcMap 10.2®, na qual foi dividida em três classes: alta, média e baixa suscetibilidade à inundação, para melhor identificar os locais propensos à ocorrência do risco de desastres.

Também foi feita uma estimativa da quantidade de pessoas afetadas na zona urbana pelas inundações de 2010 e de 2017, a partir dos dados dos setores censitários de 2010. Para isso, foi realizada a interseção da área da mancha de inundação em cada setor censitário urbano (totalizando 53 setores urbanos). Posteriormente, foi feita a relação da área atingida pelas águas em cada setor com a população dos mesmos setores. A estimativa de pessoas afetadas foi calculada por meio da Equação 4:

$$P_A = \sum_{i=1}^n \frac{P_s \times A_a}{A_i} \quad (4)$$

Em que P_A é o total da população atingida; n é o número de setores censitários urbanos; P_s é a população do setor; A_a é a área afetada; e A_i é a área do setor censitário urbano.

3.4.3 Procedimentos de análise de validação do modelo HAND

Foi realizada a validação dos resultados por meio de uma análise estatística das áreas apontadas como inundáveis pelo modelo, a fim de avaliar se o modelo atingiu seu objetivo em informar corretamente as áreas mais propensas à ocorrência de inundações.

Foi empregada a metodologia utilizada por Zanandrea et al. (2018) e Makena et al. (2020) em que contabilizaram em porcentagem os acertos dos pontos ditos como inundáveis (Equação 5) e dos pontos ditos como não inundáveis (Equação 6) em relação a todos os pontos coletados em pesquisas de campo, comparado com a mancha de inundação indicada pelo modelo HAND. A porcentagem de erro foi calculada pela subtração da porcentagem de acerto em relação ao total (100%). Para isso, foram aplicadas as seguintes fórmulas:

$$Pi = \frac{\text{locais inundados}}{\text{Pontos ditos inundados}} \quad (5)$$

$$P_{ni} = \frac{\text{locais não inundados}}{\text{Pontos ditos não inundados}} \quad (6)$$

Onde P_i é a porcentagem de pontos inundados e P_{ni} é a porcentagem de pontos não inundados.

Por fim, foi calculada a assertividade geral de P_i e de P_{ni} . O cálculo foi feito a partir dos pontos coerentes com a mancha de inundação (para os locais realmente afetados e não afetados pela simulação) dividido pelo total de pontos.

3.5 PROPOSTA DE REORDENAMENTO URBANO

As entrevistas semiestruturadas realizadas nas comunidades mais diretamente afetadas pelas inundações tiveram papel importante para compreender a situação social em que a população se encontra.

A partir dos resultados obtidos pela simulação do modelo HAND no município de Barreiros, do mapa das APPs, informações da infraestrutura urbana do município (censo de 2010), mapa da declividade do terreno e mapa do uso e ocupação do solo, foi verificado quais os melhores locais da área urbana de Barreiros ou adjacências para realocar os moradores que se encontram em região de alta vulnerabilidade socioambiental e que, conseqüentemente, são mais afetados por esses eventos.

Para isso, foi tomado como base a metodologia proposta por Carvalho e Moura (2012), com algumas adaptações, a partir da disponibilidade de dados e do foco desta pesquisa. Também se recorreu à metodologia utilizada por Vital et al. (2016) que utilizou a álgebra de mapas (em ambiente SIG) ao atribuir “pesos” a cada uma das classes dos mapas descritos a seguir, e que serviram para chegar ao mapa final de “Adequabilidade à habitação”. O valor dos pesos presentes nas Tabelas 5 e 6 foram definidos a partir da decisão crítica do observador deste trabalho. Para a confecção dos mapas temáticos foi utilizado o *software* ArcMap 10.2 ©.

3.5.1 Mapa de Suscetibilidade à Inundação

O mapa de suscetibilidade à inundação foi classificado inicialmente em áreas de alta, média e baixa suscetibilidade. Em seguida, para a etapa de reordenamento urbano, foram atribuídos pesos a cada uma das classes, com o peso 1 referente à pior situação (alta vulnerabilidade), até o peso 4 representando a melhor situação, ou seja, áreas não inundáveis (Tabela 5). Dessa forma foi possível visualizar os locais na zona urbana mais próprios para habitação de maneira a evitar as inundações.

Tabela 5 – Pesos atribuídos às classes dos mapas temáticos

Pesos	Suscetibilidade à Inundação	APP	Uso e Ocupação	Declividade	Conforto Domiciliar*
1 (péssimo)	Alta	Presença de APP	Corpo hídrico / Formação florestal / Infraestrutura Urbana	30–45% >45%	0–25%
2 (ruim)	Média	-	-	20–30%	25–50%
3 (bom)	Baixa	-	-	8–20%	51–75%
4 (ótimo)	Não inundável	Ausência de APP	Agricultura/ Pecuária/ Vegetação Rasteira	0–3% 3–8%	75–100%

*Porcentagem de oferta dos serviços básicos de infraestrutura urbana.

3.5.2 Mapa da Presença de APPs

O mapa da presença das APPs foi formado a partir do *shapefile* da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS (2018). A ele foi atribuído apenas dois cenários: peso 1 (péssimo) aos locais que correspondem a APPs e peso 4 (ótimo) a áreas com a ausência de APPs (Tabela 4).

3.5.3 Mapa do Uso e Ocupação

O mapa de “Uso e ocupação do solo” foi confeccionado a partir de uma classificação supervisionada e foi subdividida em quatro classes: “corpo hídrico”, “formação florestal”, “agricultura/pecuária/vegetação rasteira” e “infraestrutura urbana” a fim de verificar principalmente a distribuição da infraestrutura urbana e terrenos descampados em seu entorno. Na distribuição dos pesos, foi atribuído peso 4 apenas à categoria “agricultura/pecuária/vegetação rasteira” pois constituem os locais que podem ser construídas novas residências. Às demais classes foram atribuídos peso igual a 1, como consta na Tabela 4.

3.5.4 Mapa da Declividade

Foi utilizado também o mapa de declividade da área de estudo, que foi subdividido em intervalos de inclinação do terreno expressas em porcentagem. Da mesma forma foram atribuídos pesos de acordo com o grau de declividade, a saber: 0–3% e 3–8% (peso 4); 8–20% (peso 3); 20–30% (peso 2); 30–45% e maior que 45%

(peso 1). As divisões dos intervalos obedeceram a classificação proposta pela EMBRAPA (2006) e será discutida na seção “Características da área de estudo”.

Optou-se por separar o intervalo 20–45% (relevo forte ondulado) em duas partes com 30% como porcentagem delimitante devido à legislação (Lei nº 6.766/1979) que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, e restringe a construção em “terrenos com declividade igual ou superior a 30%, salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes”, como consta no art. 3º da referida lei (BRASIL, 1979). Por essa razão as regiões na área de estudo acima da declividade de 30% foram categorizadas como de peso 1 (péssima condição de construção), com as classes presentes na Tabela 5.

3.5.5 Mapa Síntese do Conforto Domiciliar

O Mapa Síntese do Conforto Domiciliar verificou a distribuição de serviços básicos como água, energia elétrica, coleta de esgoto e resíduos sólidos, e para isso, foram utilizados os dados dos setores censitários do IBGE (2010). Inicialmente, foram construídos quatro mapas com a distribuição de cada uma das ofertas de serviços básicos para poder visualizá-los individualmente. Para isso, foi utilizada a proporcionalidade das casas que possuíam o serviço pela quantidade total de residências.

Dessa forma, atribuiu-se pesos de acordo com a porcentagem de atendimento de infraestrutura: 0–25% (peso 1); 25–50% (peso 2); 50–75% (peso 3); 75–100% (peso 4). Em seguida, utilizou-se a função calculadora *raster* para sintetizar as informações através do cálculo da média dos pesos de cada serviço público por setor censitário para e assim evidenciar os locais com as melhores taxas de disponibilidade de serviços básicos, com valores variando de 1 a 4 (Tabela 5).

3.5.6 Mapa de Adequabilidade à Habitação

Diante de todos os mapas temáticos construídos, eles foram sintetizados em um único mapa que avaliou cada um dos fatores que influenciam na escolha dos locais mais adequados para se morar na área urbana do município de Barreiros. Para isso, os pesos conferidos anteriormente foram multiplicados por novos pesos (Tabela 6) de acordo com o grau de relevância de cada um dos fatores e que somados devem ser iguais a 1, apresentados na Equação 7:

$$\text{Reajuste dos pesos} = ((\text{Suscetibilidade à inundação}) \times 0,30) + ((\text{APP}) \times 0,20) + ((\text{Uso e ocupação}) \times 0,20) + ((\text{Declividade}) \times 0,15) + ((\text{Conforto domiciliar}) \times 0,15) \quad (7)$$

Tabela 6 – Pesos utilizados para os mapas temáticos no processo de álgebra de mapas

Classes	Pesos
Suscetibilidade à inundação	0,30
APP	0,20
Uso e ocupação	0,20
Declividade	0,15
Conforto domiciliar	0,15

Ao final, chegou-se ao “Mapa de Adequabilidade à Habitação” por meio da álgebra de mapas que compilou todos os mapas em um só. Os valores variaram de 1 (péssimo) a 4 (ótimo) no que diz respeito aos melhores locais para instalar novas residências em Barreiros.

Paralelamente, foi construído o Mapa do Eixo de Expansão Urbana a partir de dados da coleção MapBiomias Brasil dos anos de 1985 e de 2002. O ano mais recente utilizado foi o de 2020, a partir da classificação supervisionada realizada em ambiente SIG utilizando a imagem do satélite *Sentinel 2B* (resolução espacial de 10 m × 10 m) com data de 21 de julho de 2020. Optou-se por realizar a classificação supervisionada do uso do solo com a imagem mais recente encontrada – sem a presença de nuvens – pois há uma maior acurácia nos resultados, visto que foi utilizada uma resolução espacial maior que as imagens utilizadas no MapBiomias.

Com isso, teve-se a finalidade de compreender qual a direção que a área urbana vem se expandindo na zona urbana do município de Barreiros. Dessa forma foi possível localizar os locais mais apropriados para realocar os habitantes que moram em áreas de alta suscetibilidade à inundação, apontados pela simulação do modelo HAND.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

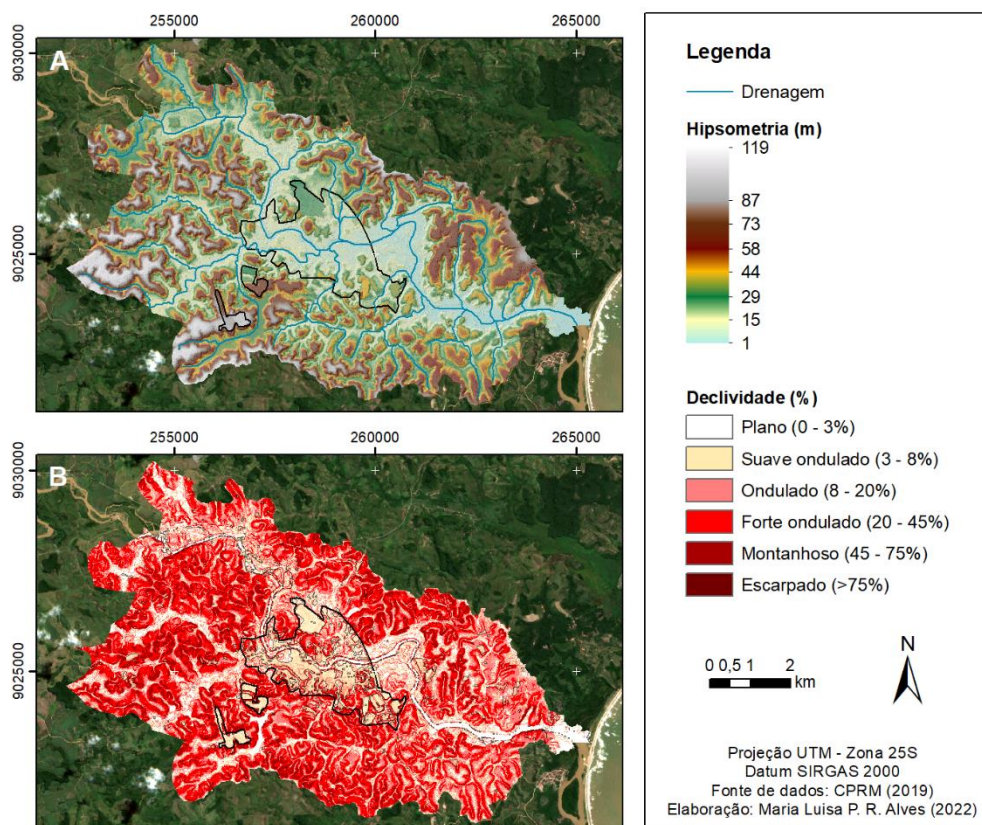
4.1.1 Características físicas

Para ter-se conhecimento das características da região de estudo, foram confeccionados mapas de hipsometria, declividade, tipos de relevo e as classes de solo que compõem a localidade, a fim de compreender o comportamento do relevo e auxiliar na discussão dos resultados nas previsões das inundações.

Para a confecção dos mapas de hipsometria e de declividade foi utilizado o MDT proveniente do sensor remoto a laser *LiDAR* cuja resolução espacial é de 1 m × 1 m, suficientes para obter produtos com uma boa acurácia.

A hipsometria da área de estudo (bacia hidrográfica) é formada por altitudes que variam de 1,0 m a 119,0 m em uma área de 63,75 km². A altitude média é de 38,6 m e seu desvio padrão é de 25,4 m. O perímetro urbano formado pelo polígono de maior área está localizado em uma região de baixa altitude por se tratar do local por onde passa o rio Una e seus afluentes, o rio Carimã (coordenadas geográficas 8°48'58" S / 35°11' 55" O) e o rio Itaperibú (coordenadas geográficas 8°48'51" S / 35°11'25" O). O rio Una, no perímetro urbano, varia sua cota de 1,0 m a 6,0 m, assim como seus afluentes (Figura 10a). Em geral, a cota do perímetro urbano possui uma altitude baixa, exceto por alguns morros que apresentam altitude de até 62,0 m. Os polígonos de área urbana mais afastados correspondem a unidades habitacionais que foram construídas após a inundação que atingiu Barreiros e municípios adjacentes em 2010, e se encontram em uma altitude mais elevada, chegando a 98,0 m para evitar que as inundações atinjam esses locais.

Figura 10 – (a) Hipsometria e (b) Declividade da área de estudo



A declividade da área do estudo foi calculada a partir do MDT da missão *LiDAR* reamostrado para resolução espacial de 5 m × 5 m. Foi preciso realizar esse procedimento pois a resolução espacial original de 1 m × 1 m apresentava muitos detalhes, muitas vezes não apresentando uma continuidade na declividade. Para isso, utilizou-se a ferramenta *resample* do software ArcMap 10.2 © com a técnica bilinear para redução da ocorrência de erros na reamostragem (ESRI, 2015).

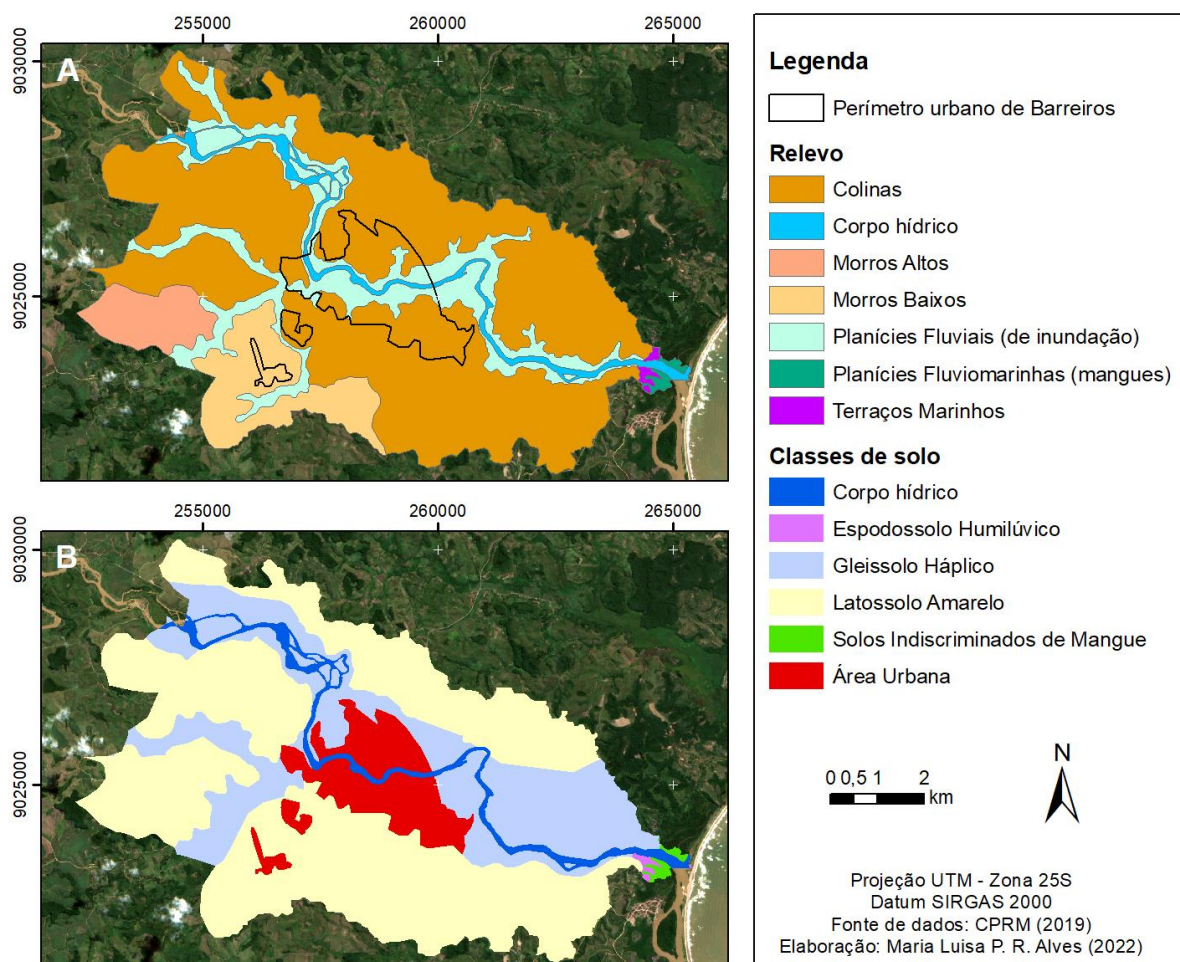
Como resultado, a área de estudo apresentou uma declividade variando de 0 e 84%, passando por todos os tipos de terreno: plano (0–3%); suave ondulado (3–8%); ondulado (8–20%); forte ondulado (20–45%); montanhoso (45–75%); e escarpado (>75%), segundo a classificação da EMBRAPA (2006). Nota-se o delineamento dos rios que atravessam o perímetro urbano classificado como “forte ondulado” (Figura 10b). A declividade varia entre plano (em sua maioria) e ondulado às margens dos rios, favorecendo a expansão das inundações.

Foi possível observar a formação de alguns morros na área urbana, também representado no mapa de hipsometria (Figura 10a). Os dois polígonos menores representando o perímetro urbano se encontram em uma região plana, provavelmente aplainado para receber as casas populares, encontrando-se em uma altitude maior

que o perímetro urbano principal como é possível observar na Figura 10a. Isso mostra que foi verificado o terreno previamente antes da construção das unidades habitacionais, para que não fossem atingidos pelas inundações.

A maior parte da sub-bacia hidrográfica do baixo curso do rio Una (área de estudo) é formada por colinas, que representa 67,1% da área total. As planícies fluviais, também chamadas de planícies de inundação, estão bem representadas às margens do principal corpo hídrico, o rio Una, e se estende também para a porção Oeste. O perímetro urbano é representado por colinas, morros baixos e por corpos hídricos, com suas respectivas planícies de inundação, que corresponde a pouco mais de 27% da área total. Ou seja, boa parte da área urbana do município de Barreiros está inserida em um local propenso à ocorrência de inundações ribeirinhas, um processo natural do ciclo hidrológico (TUCCI, 2005). À Leste da área de estudo, já no exultório da bacia hidrográfica, estão localizados os terraços marinhos e as planícies fluviomarinhas, ou o mangue (Figura 11a).

Figura 11 – (a) Tipos de relevo e (b) Classes de solo da área de estudo



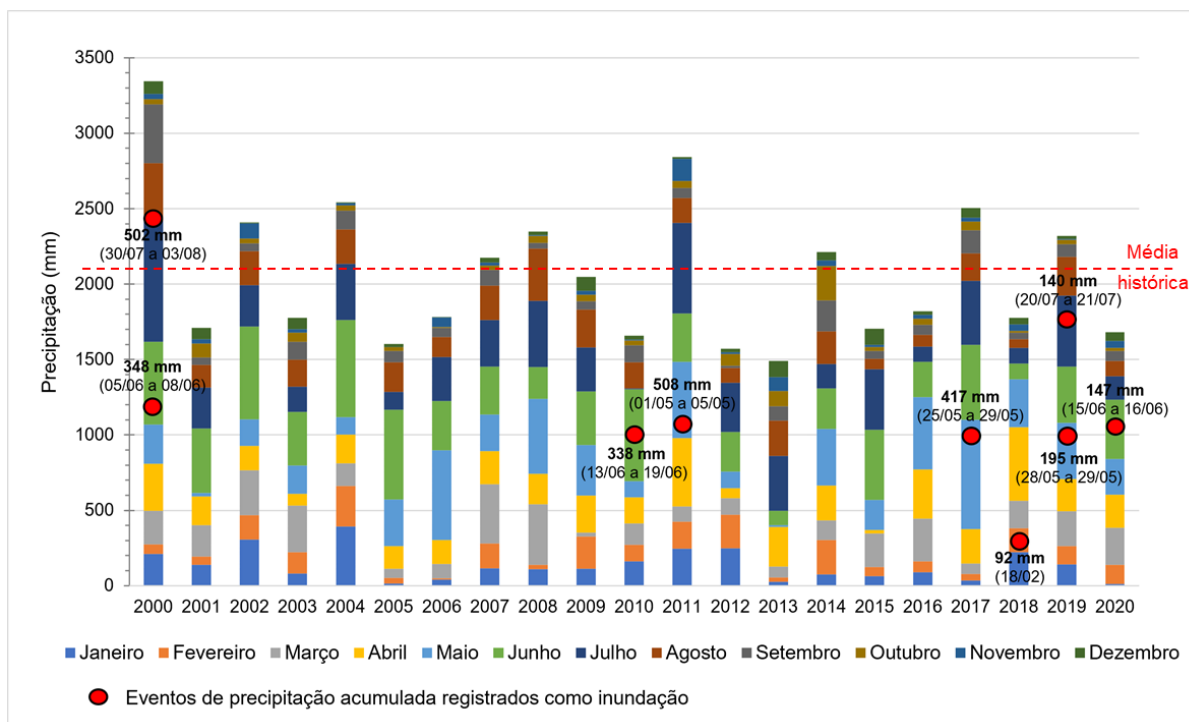
Fazendo o paralelo do tipo de relevo (Figura 11a) com as classes de solo (Figura 11b), é possível associar cada um deles. Por exemplo, as planícies fluviais são formadas pelo Gleissolo Háptico, enquanto as colinas, os morros baixos e os morros altos são formados pelo Latossolo Amarelo. Os terraços marinhos correspondem ao Espodossolo Humilúvico e as planícies fluviomarinhas são nomeadas como solos indiscriminados de mangue.

A Figura 13 mostra que a área urbana está sobre o Gleissolo Háptico ou solo hidromórfico, isto é, solo próprio de planícies aluviais por onde percorrem os rios, e estão em geral próximos da saturação, pois abrigam os lençóis freáticos rasos que alimentam os corpos hídricos. Esses solos também são considerados frágeis e precisam de cobertura vegetal para evitar que sejam carregados pelas águas quando atingem o nível de saturação. Isso quer dizer que em um evento de precipitação intensa estes solos podem saturar rapidamente e facilitar o escoamento superficial, favorecendo o processo de inundação. Por esse motivo é necessário que seja evitada a impermeabilização do terreno nesse tipo de solo, pois ele é capaz de absorver uma grande quantidade de água (GIMENES; GOULART; COELHO, 2020; ROQUE et al., 2020).

4.1.2 Pluviometria da região de estudo

O município de Barreiros possui uma precipitação acumulada anual média de 2.102 mm (série histórica de 2000 a 2020), com maiores índices concentrados no período compreendido entre março e julho/agosto, os quais ultrapassam a precipitação mensal de 180 mm e alcançando até 382 mm (média do mês de junho), segundo dados da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) da estação pluviométrica de código 106 de Barreiros (APAC 2021). No período de 20 anos de precipitação histórica avaliado, foram encontrados seis registros de inundações nos anos com precipitação total anual acima da média, além dos demais registros neste mesmo período, como está apresentado na Figura 12.

Figura 12 – Precipitações mensal e total anual para o município de Barreiros no período de 2000 e 2020

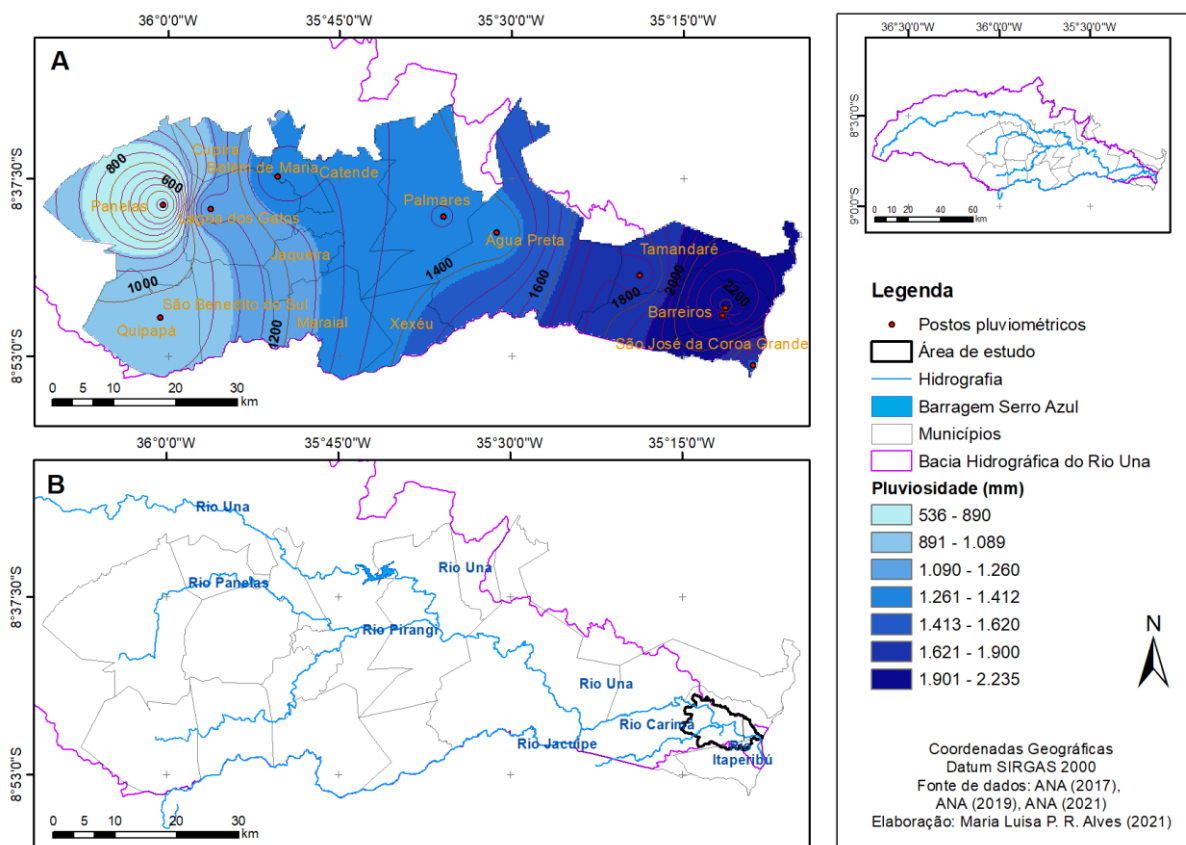


Fonte: elaborado a partir de dados fornecidos pela APAC.

É possível realizar um comparativo dos anos e meses e suas precipitações com a presença de desastres. O círculo vermelho representa os desastres apresentados no Quadro 1 no período de 2000 a 2020, e a precipitação acumulada no período do evento hidrológico que culminou em inundações no município de Barreiros. Nota-se uma predominância nos meses de maio e junho na presença dos desastres, com duas ocorrências também no mês de julho e uma em fevereiro para este período.

O Mapa da Pluviosidade Média Anual para a região que compreende a área de estudo está apresentado na Figura 13a, variando de 536 a 2.235 mm. É possível perceber a variação da pluviosidade média ao longo do espaço desde a parte Oeste da região com o município de Paelas apresentando uma média de precipitação de 600 mm. Indo em direção ao Leste do estado, tem-se Palmares no centro dessa região com precipitação média de 1.350 mm, elevando a contribuição hídrica para os rios Pirangi e Jacuípe que direcionam suas águas para o rio Una, com seu exultório situando-se à Leste no Oceano Atlântico (Figura 13b). Na parte Leste da Figura 13a é visto que a intensidade pluviométrica aumenta consideravelmente, com a área urbana de Barreiros apontando uma precipitação média anual de 2.200 mm.

Figura 13 – Região de estudo: (a) mapa da pluviosidade média anual e (b) mapa da hidrografia



É visto ainda na Figura 13b que o rio Una é represado entre os municípios de Catende e Palmares pela barragem Serro Azul. Essa barragem foi concluída em 2017 e tem como principal função reduzir ou retardar as águas que são direcionadas para as cidades à jusante, como Água Preta e Barreiros. Contudo, vê-se que o rio Una recebe contribuição dos rios Pirangi (e seu afluente rio Panelas) e o rio Jacuípe, antes de chegar ao município de Barreiros. Ou seja, precipitações que ocorrem à jusante da barragem Serro Azul não são capazes de conter a vazão do rio Una nesse trecho direcionada a Barreiros.

4.2 Ocorrências históricas de desastres hidrológicos no município de Barreiros/PE

Antes de abordar os desastres ocorridos no município de Barreiros é preciso contextualizar as inundações que atingem periodicamente a região da Zona da Mata Sul Pernambucana. Somente na década de 2000, essa região foi atingida por quatro grandes inundações ocorridas nos anos de 2000, 2004, 2005 e 2010, totalizando 114 mortes e com 136.970 desabrigados nesses anos (PE A-Z, 2021). No evento hidrológico que aconteceu em 2010, por exemplo, ocorreram 345 registros oficiais de

desastres em todo o Estado e apenas em 14 dos 184 municípios pernambucanos não registraram problemas (UFSC, 2013).

4.2.1 Inundação de 2010

Chuvas intensas atingiram 67 municípios da Zona da Mata Pernambucana, do Agreste Pernambucano e da Região Metropolitana de Recife entre os dias 17 e 18 de junho de 2010. Elas foram resultado do fenômeno chamado Onda de Leste, conjunção de ventos fortes vindos do Oceano Atlântico em direção ao interior dos estados de Pernambuco e Alagoas. Em 24 horas choveu 180 milímetros nas mesorregiões pernambucanas, correspondendo a 70% do esperado para o mês de junho. Esse evento de grande proporção representou 13% da população pernambucana desabrigada por desastres entre os anos de 1991 e 2010 (BANCO MUNDIAL, 2012).

Do total de municípios atingidos, 42 decretaram SE ou ECP. A região mais afetada se concentrou nas margens dos rios Una e Jaboatão, na Zona da Mata Sul Pernambucana e no Agreste Pernambucano, em especial os municípios de Palmares e Barreiros que foram praticamente cobertos pelas águas. Segundo a Defesa Civil Estadual, 740 mil pessoas foram diretamente afetadas pelas inundações, o que representou 9% da população do Estado (BANCO MUNDIAL, 2012). De acordo com o Relatório da Avaliação de Danos (SINDEC, 2010) para o município de Barreiros, 28.165 pessoas ficaram desalojadas, 1.835 desabrigadas e ocorreram duas mortes. Todos os habitantes de Barreiros foram afetados de alguma forma pois, de acordo com o relatório:

Os serviços essenciais regularmente oferecidos à comunidade foram severamente afetados pelas inundações bruscas, comprometendo em quase sua totalidade. Os serviços de água, luz, transporte, esgotos, coleta de lixo doméstico e assistência a saúde foram suspensos em sua totalidade (SINDEC, 2010, s/p).

Toda a zona urbana e parte da zona rural foram afetadas após a precipitação pluviométrica de 491,8 mm acumulada até o dia 18 de junho, o que já superava a média histórica de 306,0 mm do referido mês (Quadro 1). Barreiros foi o município pernambucano com a maior porcentagem de pessoas desabrigadas (desalojados e desabrigados temporariamente), chegando a 72% da população (SINDEC, 2010).

Em relação aos prejuízos econômicos, a agricultura sofreu perdas de 21 toneladas de milho e feijão e 16.000 toneladas de cana-de-açúcar. A pecuária também

sofreu prejuízos com a perda de animais de pequeno e grande porte levados pelas enxurradas. Além disso, três estabelecimentos bancários foram destruídos também pela força das enxurradas. Totalizando todas as perdas econômicas, chegou-se a um montante de R\$ 319,6 milhões, somente para o município de Barreiros (SINDEC, 2010).

Os setores sociais foram os mais afetados nesse desastre que atingiu Pernambuco, representando 75% das perdas e danos registrados, pouco mais de R\$ 2,4 bilhões. Apenas no setor habitacional os custos chegaram a R\$ 2 bilhões, correspondendo a 90% da população de baixa renda. Ao todo, gastos somaram cerca de R\$ 3,4 bilhões, o que correspondeu, na época, a 4% do Produto Interno Bruto (PIB) do Estado (BANCO MUNDIAL, 2012).

Quadro 1 – Retrospectiva dos eventos de inundação que atingiram o município de Barreiros entre 1989 e 2020

Período do evento	Descrição do evento	Precipitação pluviométrica acumulada*	Declaração	Área afetada e/ou prejuízos	Total de afetados	Fonte de dados
04/07/1989 a 06/07/1989	Chuvas intensas	286,2 mm (04/07 a 06/07)	Estado de Calamidade Pública	Não informado	Não informado	Portaria nº 421, de 28 de julho de 1989 (S2iD, 1989)
12/05/1997 e 13/05/1997	Transtornos causados em Barreiros devido a fortes chuvas	195,2 mm (12/05 a 13/05)	Estado de Calamidade Pública	Repercussão na economia rural e urbana	Não informado	Decreto nº 19.785, de 21 de maio de 1997 (S2iD, 1997)
05/06/2000 a 07/06/2000	Transtornos causados em Barreiros devido a fortes chuvas	348,2 mm (05/06 a 08/06)	Estado de Calamidade Pública	Desabamento de residências, inundação de centenas de residências, destruição de bens pessoais e públicos	Centenas de afetados	Decreto nº 17, de 27 de junho 2000 (S2iD, 2000a)
30/07/2000 a 03/08/2000	Enchente causada pelas chuvas e transbordamento dos Rios Una, Itaperibú e Carimã	501,7mm (30/07 a 03/08)	Estado de Calamidade Pública	Transtornos e prejuízos causados à comunidade em geral, danos ao moral social e econômico em mais de 80% da população.	Não informado	Decreto Municipal nº 021/2000 (S2iD, 2000b)
17/06/2010 a 19/06/2010	Intensas precipitações pluviométricas influenciada pelo fenômeno conhecido como "Ondas do Leste"	337,9 mm (13/06 a 19/06)	Estado de Calamidade Pública	Toda Zona Urbana do Município e parte da Zona Rural. Total de 8.200 residências e 1.457 estabelecimentos comerciais danificados ou destruídos.	28.165 pessoas desalojadas, 1.835 pessoas desabrigadas e 2 mortes.	SINDEC - Avaliação de Danos (2010), Banco Mundial (2012)
03/05/2011 a 05/05/2011	Enxurradas	507,8 mm (01/05 a 05/05)	Estado de Calamidade Pública	4 mil casas destruídas ou danificadas	2.400 famílias desabrigadas e 1.700 famílias desalojadas	Portaria nº 209, de 09 de maio de 2011 (BRASIL, 2011b) e O Globo (2011)
27/05/2017 a 29/05/2017	Enxurradas causando transbordamento dos rios e riachos e alagamentos em diversos bairros.	417,1 mm (25/05 a 29/05)	Estado de Calamidade Pública	Toda área ribeirinha representando 50% da Zona Urbana e 30% da Zona Rural parcialmente afetada. 14 residências danificadas.	18.775 pessoas desalojadas e 431 pessoas desabrigadas	SINPDEC (2017)
18/02/2018	Fortes chuvas causaram pontos de inundação pela cidade	92 mm (18/02)	Situação de Emergência	Não houve prejuízos	Não houve pessoas afetadas	Diário de Pernambuco (2018)
28/05/2019 e 29/05/2019	Fortes chuvas causaram pontos de inundação	195 mm (28/05 a 29/05)	Não informado	5 bairros foram atingidos deixando 376 casas alagadas	Ao menos 100 famílias ficaram desalojadas	G1 PE; TV Globo (2019)
20/07/2019 a 21/07/2019	Intensas chuvas causando o extravasamento dos rios Itaperibú e Carimã atingindo suas cotas de inundação	140 mm (20/07 a 21/07)	Situação de Emergência	5 bairros atingidos por alagamento, 9 engenhos com suas estradas intransitáveis, 2 pontes danificadas.	2.590 pessoas desalojadas na zona urbana e 800 pessoas afetadas na zona rural	Decreto Municipal nº 031/2019, de 23 de julho de 2019 (BARREIROS, 2019a)
15/06/2020 a 16/06/2020	Chuvas intensas provocaram inundação em alguns bairros de Barreiros	147,3 mm (15/06 a 16/06)	Não	Não informado	Não informado	Fonseca (2020)

*Valores das precipitações coletadas do posto 106 de Barreiros, pertencente à APAC.

Fonte: dados da pesquisa (2021).

4.2.2 Inundação de 2017

Nos dias 27 e 28 de maio de 2017 aconteceu mais um desastre de grande proporção na região da Zona da Mata Sul Pernambucana. Porém, essa inundação atingiu o município de Barreiros de maneira mais branda em comparação à inundação de 2010. A precipitação pluviométrica registrada pela COMPDEC do município no FIDE foi de 233,5 mm em 24 horas, sendo que a média histórica de precipitação para o mês de maio é de 283,1 mm, representando 84,5% do volume esperado para o mês de referência (SINPDEC, 2017).

A zona rural do município foi parcialmente afetada (cerca de 30%) e a zona urbana teve toda sua área ribeirinha atingida, representando 50% dessa zona. Os rios e riachos sofreram transbordamento de seus leitos e causaram danos e prejuízos significativos à população, comércio e agricultura local. Os danos humanos foram de 17.200 desalojadas e 431 desabrigados; somando aos feridos, enfermos e outros afetados, a população total afetada foi de 19.737 indivíduos.

É mencionado que os danos só não foram maiores pois, a partir de relatos históricos, as Defesas Cíveis do Estado e do município trabalharam em conjunto na evacuação da população ribeirinha e do comércio em situação de vulnerabilidade, e com isso conseguiram evacuar a área urbana 12 horas antes da ocorrência da inundação (SINPDEC, 2017). Isso mostra que houve um trabalho de GRD na etapa de preparação para minimizar os danos e perdas.

Outro fator que contribuiu para a redução da intensidade da inundação foi a construção da barragem Serro Azul que está localizada entre os municípios de Catende e Palmares (Figura 15b) e que foi a única concluída das cinco do “cinturão” de barragens destinadas a conter as inundações na BHRU. A sua construção foi concluída em dezembro de 2016, a tempo de represar as águas provenientes das precipitações pluviométricas intensas ocorridas no final do mês de maio de 2017 (NASCIMENTO, 2017).

É possível ver na Tabela 7 o acumulado entre os dias 25 e 29 de maio de três municípios à montante da barragem Serro Azul, presentes na região do mapa de pluviosidade média anual (Figura 15). Também na mesma Tabela 7 estão apresentados os municípios que contribuem suas águas para os rios Pirangi, Jacuípe e Pannels, que desaguam no trecho do rio Una à jusante da barragem (Figura 15b).

Tabela 7 – Precipitação pluviométrica acumulada entre os dias 25 e 29 de maio de 2017 e a mensal nos municípios à montante e à jusante da barragem Serro Azul

Municípios		Precipitação pluviométrica em maio/2017			Média histórica do mês de maio (mm)
		Precipitação acumulada (mm)	Acumulado entre os dias 25 e 29 (mm)	Acumulado dos 5 dias em relação à média histórica	
Montante da Barragem					
Contribuem para o rio Una	(530)* Belém de Maria	445,8	317,0	167%	189,3
	(527) Catende	580,9	311,8	203%	153,5
	(118) Cupira	383,1	246,3	278%	88,6
Jusante da Barragem					
Contribuem para o rio Una	(80) Água Preta	593,1	392,3	198%	198,4
	(106) Barreiros	725,0	417,1	141%	295,3
	(25) Palmares	413,6	246,3	108%	228,6
Contribuem para o rio Pirangi, rio Jacuípe e rio Panelas	(80) Água Preta	593,1	392,3	198%	198,4
	(530) Belém de Maria	445,8	317,0	167%	189,3
	(118) Cupira	383,1	246,3	278%	88,6
	(508) Jaqueira	632,0	336,5	163%	206,2
	(79) Lagoa dos Gatos	342,7	244,8	217%	112,7
	(306) Maraial	438,3	280,0	149%	188,5
	(121) Panelas	310,9	227,2	274%	82,9
	(525) Quipapá	347,4	223,2	138%	161,4
	(188) São Benedito do Sul	408,5	255,6	163%	157
	(552) Xexéu	490,7	303,4	159%	190,9

*Código do posto pluviométrico.

Fonte: elaborado a partir de dados da APAC (2021).

Observam-se precipitações pluviométricas intensas nos municípios que se encontram à jusante da barragem, assim como naqueles onde estão localizados os afluentes do rio Una. Como pode ser visto, todos os postos pluviométricos listados apresentaram precipitações superiores à média mensal em relação ao acumulado de cinco dias, reforçando a gravidade do evento hidrológico. Por exemplo, os municípios de Água Preta, Barreiros, Belém de Maria, Jaqueira e Xexéu apresentaram precipitações pluviométricas superiores a 300 mm no acumulado dos dias 25 a 29 de maio, com Barreiros chegando a 417 mm nesse período, superior a todos os outros municípios.

Isso mostra que apesar dos esforços para conter as águas do rio Una a montante da barragem Serro Azul, essa estrutura funcionou parcialmente para

contenção da inundação em Barreiros, pois as precipitações à jusante dessa obra foram mais intensas. No presente momento três empreendimentos estão com obras inacabadas, as barragens de Gatos, Painelas II e Igarapera, que servirão para conter as águas dos rios afluentes do Una nessa região. O relatório do Ministério do Desenvolvimento Regional para 2019 (MDR, 2020) informa que foi formalizada a transferência de recursos direcionados à conclusão das duas primeiras barragens citadas, vinculados ao Programa 2040 – Gestão de Riscos e de Desastres. De acordo com a Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco, a conclusão dessas obras é prioridade até 2022 (MIRANDA, 2020). Espera-se que com a conclusão dessas obras haja uma redução significativa nas inundações na região da Mata Sul Pernambucana.

4.2.3 Plano de Contingência de Barreiros/PE

O primeiro Plano de Contingência de Barreiros foi proposto em 2011, um ano após o grande desastre ambiental que atingiu Barreiros em junho de 2010 (Quadro 1), inundação esta que afetou fortemente o município e regiões adjacentes. O Plano de Contingência em sua versão mais atualizada (BARREIROS, 2019b) é composto por informações e Plano de Ação para os três tipos de desastres que mais atingem o município: geológicos, hidrológicos e meteorológicos. Nesse documento é informada a distribuição em residências nos setores rural e urbano. Neste último, a quantidade de imóveis afetados pelas inundações representa cerca de 72%, um percentual alarmante.

Desde o primeiro ano do Plano de Contingência são computados os desastres que ocorreram no município, isto entre os anos de 2011 e 2019; em todos os anos o município passou por alagamentos e movimentos de massa (deslizamentos de solo ou rocha). Já as inundações e enxurradas, foram registradas nos anos de 2011, 2017 e 2018, decretando SE Nível I em 2018 e ECP em 2010, 2011 e 2017. Dos 20 bairros que são afetados por riscos hidrológicos como um todo (alagamentos, inundações e enxurradas), 12 estão sujeitos à ocorrência de inundações e enxurradas.

São descritos no Plano: os sistemas de alarme e alerta; a instalação da sala de crise no gabinete do prefeito; como é realizada a mobilização; a evacuação das áreas de risco; e os órgãos envolvidos. O Plano de Contingência ainda traz o Plano de Ação frente a uma situação de desastre iminente, em que são envolvidas praticamente

todas as secretarias municipais nas quais possuem papel fundamental para o restabelecimento da normalidade frente a um desastre.

A COMPDEC de Barreiros executa trabalhos de colocação de mantas plásticas nas encostas durante a quadra chuvosa (maio a agosto), como medida preventiva para deslizamentos de solo ocasionados pelas chuvas, e que evidencia uma ação de mitigação para esse tipo de evento. Em relação à contenção das inundações, foi constatado que a Prefeitura de Barreiros vem realizando um trabalho de desassoreamento dos rios Carimã e Itaperibú – desde o início de 2021 com a nova gestão municipal –, que possuem seções transversais menores comparados ao rio Una e, portanto, transbordavam com frequência. Essa prática caracteriza uma gestão corretiva por parte do município. Também foi visto que a COMPDEC se preocupa em agir nas ocorrências dos desastres, isto é, na resposta e na recuperação pós-desastre, com o objetivo de atenuar os danos humanos e econômicos. Esse tipo de prática representa uma gestão reativa, muito comum no cenário brasileiro (NARVAÉZ; LAVELL; ORTEGA, 2009; RODRIGUES, 2020).

Faz-se necessário, portanto, uma gestão do risco por meio da ampliação das ações corretivas no município de Barreiros, pois os riscos já estão presentes, e precisam ser remediados a partir de práticas de prevenção e mitigação das vulnerabilidades existentes (LAVELL, 2003). Podem ser realizadas práticas conservadoras, isto é, sem mudanças drásticas no ambiente, como manter a dragagem constante dos rios e realização simulações de um desastre iminente com a população e com membros da Defesa Civil Municipal. Mas há a opção de agir de forma transformadora para buscar a sustentabilidade de Barreiros, como o reflorestamento das APPs e o deslocamento dos habitantes localizados em áreas de alta suscetibilidade à inundação, como será discutido com mais profundidade adiante.

4.3 ÁREAS SUSCETÍVEIS À INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE BARREIROS

Foram realizadas duas visitas de campo ao município de Barreiros. A primeira ocorreu nos dias 30 de novembro e 01 de dezembro de 2020, onde foi feito o reconhecimento da área de estudo acompanhado de um agente da COMPDEC de Barreiros. Nessa visita foram coletados pontos de inundações anteriores que serviram como base de dados para realizar as simulações das áreas inundadas.

Já conhecido o local, a segunda visita de campo a Barreiros foi feita dos dias 07 a 10 de junho de 2021, com o objetivo de coletar informações da população mais atingida pelas inundações a partir de entrevistas realizadas.

A Figura 14 apresenta registros das entrevistas em diferentes pontos da área urbana de Barreiros, como próximos ao rio Una (Figuras 14a e 14c), ao rio Itaperibú (Figura 14b) e ao rio Carimã (Figura 14d), esses dois últimos afluentes do rio Una. Em todas as figuras são apresentadas as marcas d'água que serviram na etapa de validação do resultado da mancha de inundação, a fim de verificar se os pontos visitados se encontram ou não no interior da área inundada simulado pelo modelo descritor do terreno.

Figura 14 – Registros da vista de campo em junho de 2021: a) ponto M1.1, com visibilidade da marca de água próximo ao rio Una, acompanhado do agente da Defesa Civil; b) ponto M2.4, com pesquisadora entrevistando um morador próximo ao rio Itaperibú; c) ponto M3.6, com visibilidade da marca de água próximo ao rio Una; d) ponto M4.19, com visibilidade da marca de água próximo ao rio Carimã



Fonte: autora (2021).

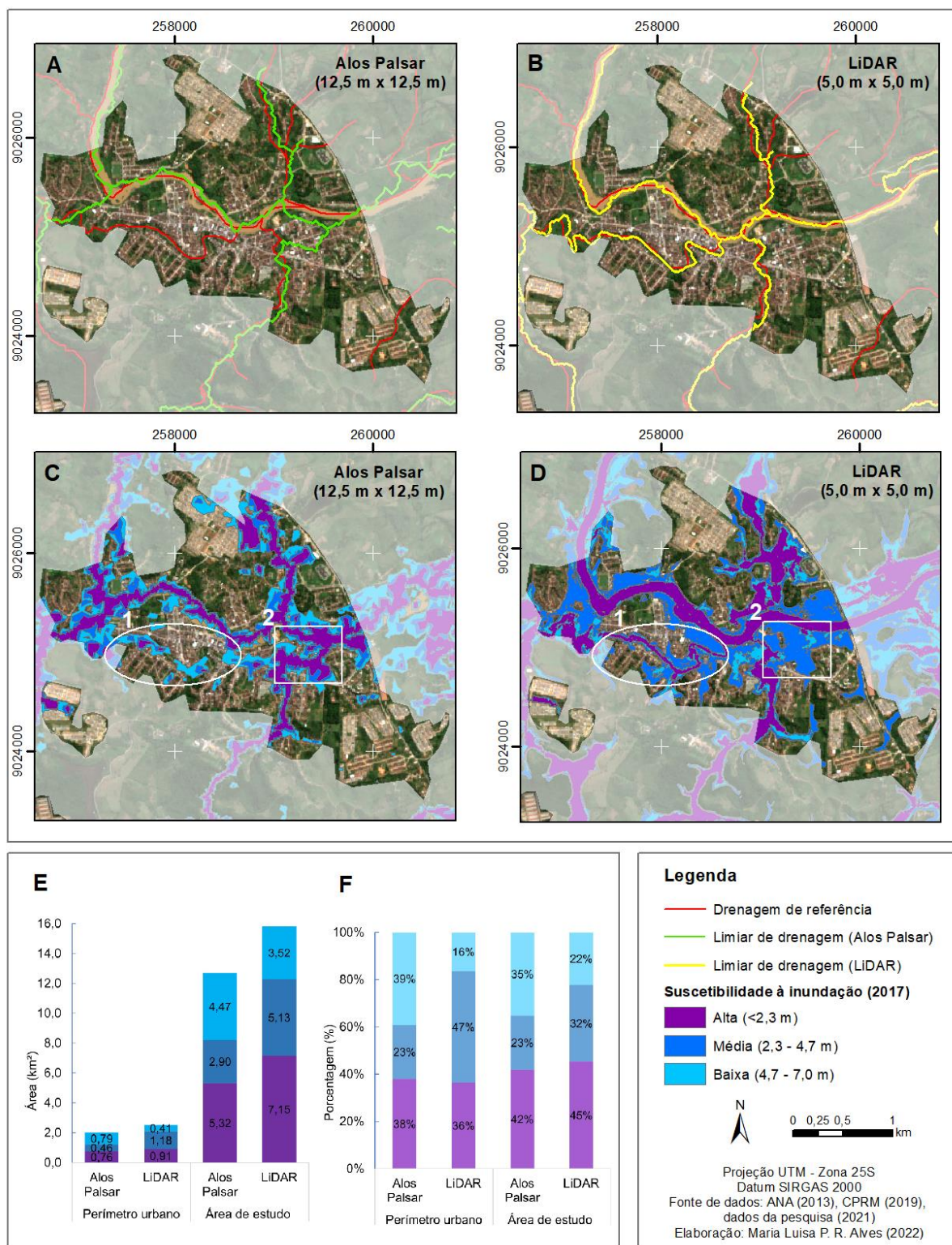
A segunda visita de campo revelou o nível de carência da população ribeirinha e dos habitantes que vivem relativamente próximos aos rios Una, Carimã e Itaperibú. As entrevistas também mostraram que os habitantes que residem próximos aos afluentes do rio Una são os que mais sofrem com as inundações, com frequência praticamente anual, como revelado em uma das entrevistas. Isso ocorre porque esses rios são mais estreitos transversalmente e possuem profundidade bem inferior em relação ao rio Una (este possuindo profundidade de cerca de 8,0 m). Isso significa que com uma precipitação não muito intensa há o transbordamento de seus leitos, atingindo as residências que se localizam em suas margens.

4.3.1 Comparação da mancha de inundação entre diferentes resoluções espaciais

Na etapa do processamento do modelo HAND para os dois MDTs – o *Alos Palsar* (resolução espacial de $12,5 \times 12,5$ m) e o *LiDAR* ($5,0 \text{ m} \times 5,0 \text{ m}$) –, foi escolhido o mesmo limiar de drenagem para ambos os modelos digitais para efeito comparativo. Após testar vários valores de limiar de drenagem para ambos os MDTs, foi escolhida uma área de contribuição mínima de $1,0 \text{ km}^2$ para dar início aos canais de drenagem, que mais se assemelhou com a drenagem de referência. Passando essa área para quantidade de *pixels* (como é utilizado no *software* TerraView 4.2.2), foi utilizado o limiar de drenagem de 6.400 *pixels* para o *Alos Palsar* e de 40.000 *pixels* para o *LiDAR* em uma área total de $63,75 \text{ km}^2$.

Tomou-se como referência o trabalho de Goerl et al. (2017b) que reamostrou o MDT com resolução espacial de $2,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$ para $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$, $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$, $25 \text{ m} \times 25 \text{ m}$, e $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$ e um limiar de drenagem único de $18,75 \text{ km}^2$ em uma área total de 136 km^2 no município de Igrejinha/RS. Para este trabalho, o limiar de drenagem foi definido a partir da sobreposição do *raster* gerado com o arquivo vetorial da ANA (2013) representando a hidrografia de Barreiros (Figuras 15a e 15b).

Figura 15 – Comparação do delineamento do limiar de drenagem utilizando o MDT do (a) Alos Palsar e do (b) LiDAR; estimativa da inundação máxima de 2017 pelo descritor do terreno HAND obtido pelos MDTs do (c) Alos Palsar e do (d) LiDAR; comparação das classes de suscetibilidade à inundação a partir dos MDTs do (e) Alos Palsar e do (f) LiDAR



Destacando o perímetro urbano do município, enfoque deste trabalho, nota-se a descontinuidade do limiar de drenagem do *Alos Palsar* (Figura 15a) sobre a representação do rio Carimã pela drenagem em azul escuro. Foram atribuídos valores bem mais baixos de limiar de drenagem para verificar se esse rio era representado,

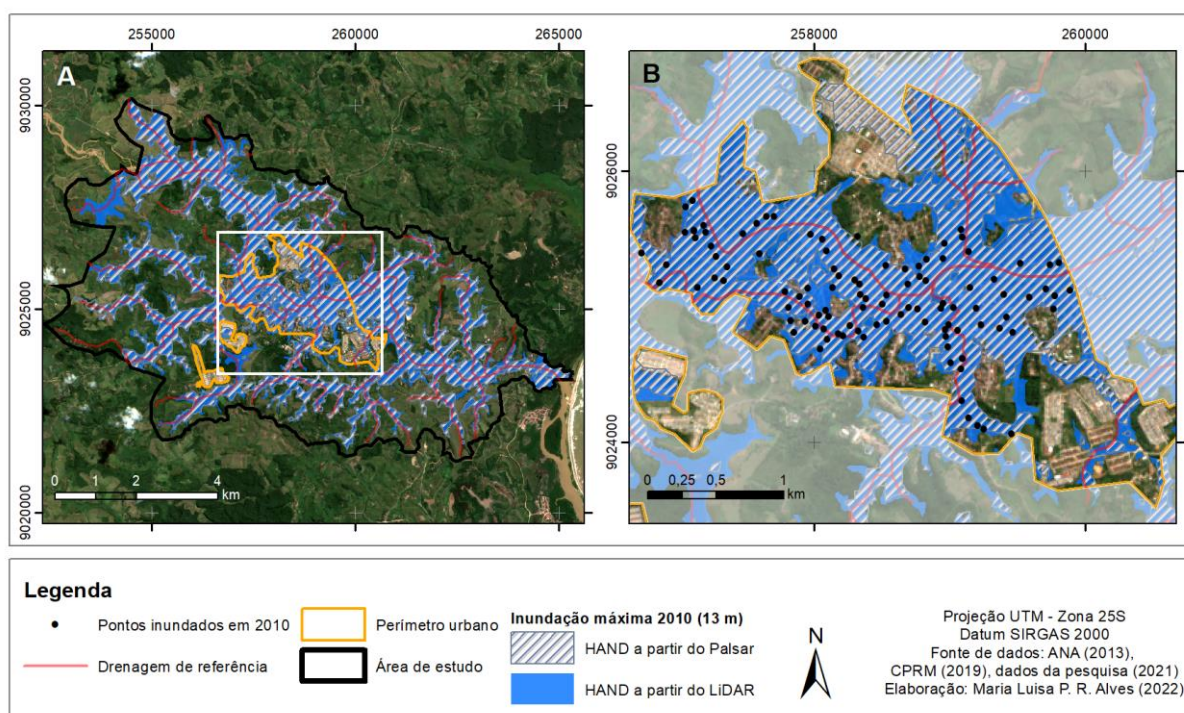
mas não apresentou uma continuidade em seu delineamento. Em relação ao limiar de drenagem gerado a partir do *LiDAR*, o rio Carimã foi bem representado (Figura 15b).

Já em relação à representação do rio Una, nota-se que o traçado do rio pelo *Alos Palsar* não acompanhou bem o seu trajeto, afastando-se em alguns locais da calha do rio. Comparando o limiar de drenagem do *LiDAR*, vê-se que ele obedece ao contorno natural de todos os rios que atravessam a área urbana. Diante desses resultados, foi visto que o MDT de maior resolução espacial (5,0 m x 5,0 m) traçou com boa precisão a drenagem real comparado com o *Alos Palsar*.

A primeira visita de campo de reconhecimento da área permitiu que fossem georreferenciados pontos de inundação que serviram para estabelecer a altura máxima de inundação na área urbana. Para o ano de 2010, foi estabelecida uma altura máxima de 13,0 m a partir da cota normal do rio. Para o ano de 2017, a altura máxima foi de 7,0 m.

Definido o limiar de drenagem, foram simuladas as inundações primeiramente para a inundação de 2010, comparando a sua extensão com uma altura máxima de elevação da água na zona urbana de 13 m para os dois MDTs. A Figura 16 apresenta as duas manchas de inundação.

Figura 16 – Sobreposição da mancha de inundação máxima de 2010 (13 m de elevação de água) gerado pelo modelo HAND a partir dos MDTs do *Alos Palsar* (resolução espacial de 12,5 m x 12,5 m) e do *LiDAR* (5 m x 5 m) para a (a) área de estudo e (b) para o perímetro urbano



É perceptível a diferença da extensão da inundação entre os dois MDTs utilizados. O HAND gerado a partir do *LiDAR* apresentou uma área 7,7% maior que o do *Alos Palsar* na área urbana. Quando ampliado para toda a área estudo, essa diferença chegou a 8,8% também para o *LiDAR*. Foram utilizados 106 pontos de controle para a inundação de 2010 (coletados nas duas visitas de campo) e, dentre esses pontos, somente dois pontos não foram atingidos pela mancha de inundação do *LiDAR*. A mancha de inundação gerada a partir desse último MDT apresentou uma eficiência de 98,1% em relação aos pontos contemplados dentro da estimativa de inundação, enquanto a eficiência do *Alos Palsar* alcançou 90,5%, um pouco inferior, contudo ainda satisfatória.

Foi calculada também a estimativa da área inundada e a quantidade de pessoas atingidas pela inundação de 2010, por meio da sobreposição da mancha de inundação gerada pelo MDT do *LiDAR* (que obteve melhores resultados) com os setores censitários de 2010, apenas os correspondentes à área urbana de Barreiros. Com isso, foi constatado que 54,2% da área urbana (correspondente à área dos setores) foi encoberto pelas águas, ou 6,42 km². Quanto a população atingida, 21.807 pessoas tiveram suas casas inundadas, o que representa 66,5% da população urbana. Comparando com os dados do Banco Mundial (2012) que estimou em 70% de pessoas atingidas pelas águas, a simulação proposta se aproximou da realidade. Vale destacar que a quantidade de pessoas afetadas foi bem maior pois não foi levado em consideração a zona rural de Barreiros assim como as pessoas afetadas indiretamente pelas cheias. O número de afetados chega a 100%, pois a população ficou sem fornecimento de água, coleta de esgoto, energia elétrica e o comércio foi completamente prejudicado pelo evento extremo de 2010 (SINDEC, 2010).

Retomando a Figura 15, é apresentada uma comparação da estimativa da inundação para o ano de 2017 (Figuras 15c e 15d), em que a altura máxima de elevação da água na zona urbana foi de 7,0 m. Nessa simulação a mancha de inundação foi subdividida igualmente com três classes de suscetibilidade: alta, média e baixa. Será trabalhado com a inundação de 2017 como ano de referência devido à construção da barragem Serro Azul que atenuou as inundações no município.

Alguns locais estão demarcados nas Figuras 15c e 15b para efeito comparativo entre as manchas de inundação geradas a partir do *Alos Palsar* e do *LiDAR*. O número 1 compara o traçado do rio Carimã em ambos os modelos HAND, não estando bem representado na Figura 15c. Isso faz sentido pois na etapa da definição do limiar de

drenagem o mesmo rio não foi representado pelo MDT do *Alos Palsar* (Figura 15a). O número 2 apresenta uma área onde há uma diferença na representação das classes de suscetibilidade. Enquanto no *Alos Palsar* (Figura 15c) apresenta a classe de alta suscetibilidade à inundação, como se estivesse passando um canal de drenagem, o *LiDAR* (Figura 15d) entrega uma classe de média vulnerabilidade.

É observado ainda nessa mesma região uma divergência no delineamento dos canais de drenagem, com o limiar de drenagem do *LiDAR* apresentando maior coerência pois segue o traçado do canal de referência. No número 3 das Figuras 15c e 15d não há a representação do corpo hídrico pelo HAND gerado com o MDT de resolução espacial 12,5 m × 12,5 m (Figura 15c).

Ao avaliar a área atingida pela simulação da inundação para o perímetro urbano e para área de estudo (Figura 5), foi constatado que a área total da estimativa de inundação para a matriz HAND gerada pelo *LiDAR* é aproximadamente 25% maior em ambas as regiões, estando representada graficamente pela Figura 15e e na Tabela 8. Nota-se também pela mesma tabela que a área ocupada pelas classes de alta e média suscetibilidade à inundação são mais elevadas no *LiDAR* para os dois locais (Figura 15e), chamando a atenção para a classe de média suscetibilidade, em que há uma elevação considerável de sua área.

Tabela 8 – Distribuição das áreas das classes de suscetibilidade à inundação nas regiões do perímetro urbano e da área de estudo.

Classes de Suscetibilidade	Perímetro urbano (km ²)		Variação da área (%)	Área de estudo (km ²)		Variação da área (%)
	Alos Palsar	LiDAR	LiDAR/Alos Palsar	Alos Palsar	LiDAR	LiDAR/Alos Palsar
Alta	0,76	0,91	19	5,32	7,15	35
Média	0,46	1,18	156	2,90	5,13	77
Baixa	0,79	0,41	-48	4,47	3,52	-21
Area Total (km ²)	2,02	2,51	25	12,68	15,80	25

Fonte: dados da pesquisa (2021).

Devido à grande variação da área na classe de média suscetibilidade há, consequentemente, uma redução da área de baixa suscetibilidade na relação *LiDAR/Alos Palsar*, em até 48% dessa classe no perímetro urbano. Ao avaliar a Figura 15f, que apresenta a distribuição dessas áreas em porcentagem, observa-se a inversão da área ocupada pelas classes de média e baixa suscetibilidades, em relação

à área total em cada uma das regiões avaliadas, com o Alos Palsar apresentando uma maior tendência a dispersar sua mancha de inundação na altura HAND entre 4,7 e 7,0 m (baixa vulnerabilidade) em ambas as regiões da área de estudo.

Pode-se inferir, portanto, que o modelo HAND gerado com o MDT do LiDAR apresentou uma maior tendência ao espalhamento da mancha de inundação em relação à área total, apresentando pouca variação entre os MDTs na classe de alta vulnerabilidade e variações nas classes de média e baixa vulnerabilidade. Foi percebida uma maior distribuição da mancha de inundação entre 2,3 m e 4,7 m (média suscetibilidade), devido, possivelmente, ao detalhamento do terreno decorrente da maior resolução espacial proposta pelo MDT da missão LiDAR.

Comparando com o trabalho realizado por Goerl et al. (2017b), que utilizou MDT com resoluções espaciais de 5 m × 5 m e de 10 m × 10 m, o resultado foi o inverso. A maior área total foi atribuída ao MDT de 10 m × 10 m, e com variações mínimas em relação à área total (em torno de 0,1 km²) entre as classes de suscetibilidade à inundação nos dois MDTs. Referente a pesquisa realizada em Barreiros, a diferença vista para as mesmas classes em diferentes resoluções espaciais consideradas próximas, pode ser explicada por se tratar de MDTs concebidos por metodologias distintas, enquanto o trabalho de Goerl et al. (2017b) reamostrou o mesmo MDT. Essa diferença nos dois trabalhos também pode estar associada ao tipo de relevo utilizado como área de estudo.

Assim como para a inundação de 2010, foi realizado o cálculo de pessoas atingidas pela inundação de 2017 na área urbana de Barreiros. Sabe-se que a cheia ocorrida neste ano trouxe transtornos menores para a cidade, que é refletido na quantidade de pessoas atingidas. Calculou-se, portanto, que 44,4% da população urbana foi atingida, ou 14.552 pessoas.

De acordo com o FIDE (SINPDEC, 2017) que registrou os danos humanos desse desastre, 50% da zona urbana foi afetada, com 17.200 pessoas desalojadas e 431 desabrigadas, totalizando 17.631 habitantes. Vê-se que houve uma maior subestimativa pelo modelo HAND no percentual de pessoas afetadas pela cheia de 2017 comparado ao ano de 2010, que pode ter sido devido ao acréscimo populacional entre o censo realizado em 2010 (utilizado no cálculo) e o ano de 2017, ou simplesmente à estimativa realizada a partir da proporção da área afetada.

Foi realizada uma pesquisa recente sobre a vulnerabilidade decorrente das inundações na bacia hidrográfica do rio Una, onde o município de Barreiros está quase

que totalmente inserido (cerca de 85%). Nela, foram utilizadas quatro variáveis para determinar a vulnerabilidade a partir da álgebra de mapas: uso e ocupação do solo, hipsometria, declividade e pedologia. Constataram que as áreas consideradas de risco muito alto se encontram na região mais baixa da BHRU, já próximo do exultório no Oceano Atlântico. Com isso, Barreiros foi o município que maior suscetibilidade à inundação – na área que está inserido na BHRH – apresentando indicadores forte (34% da área) e muito forte (41% da área) à inundação (LEAL; BARBOSA; AQUINO, 2020). Esse estudo corrobora com a mancha de inundação simulada pelo descritor do terreno HAND, mostrando o grau de vulnerabilidade que a área urbana de Barreiros se encontra e a necessidade de atenção especial das autoridades, sobretudo estaduais e federais.

Dessa forma, espera-se que as áreas apontadas como de alta suscetibilidade à inundação sejam consideradas na atualização do Plano Diretor do Município de Barreiros. Este documento encontra-se desatualizado (proposto em 2006) e de acordo com o Estatuto da Cidade deve ser renovado a cada dez anos (BRASIL, 2001). O Plano Diretor é um instrumento fundamental para regulamentar a expansão assim como para vetar a construção de moradias e equipamentos públicos em áreas com risco de desastres mais comuns no município em questão.

4.3.2 Validação da simulação de inundação

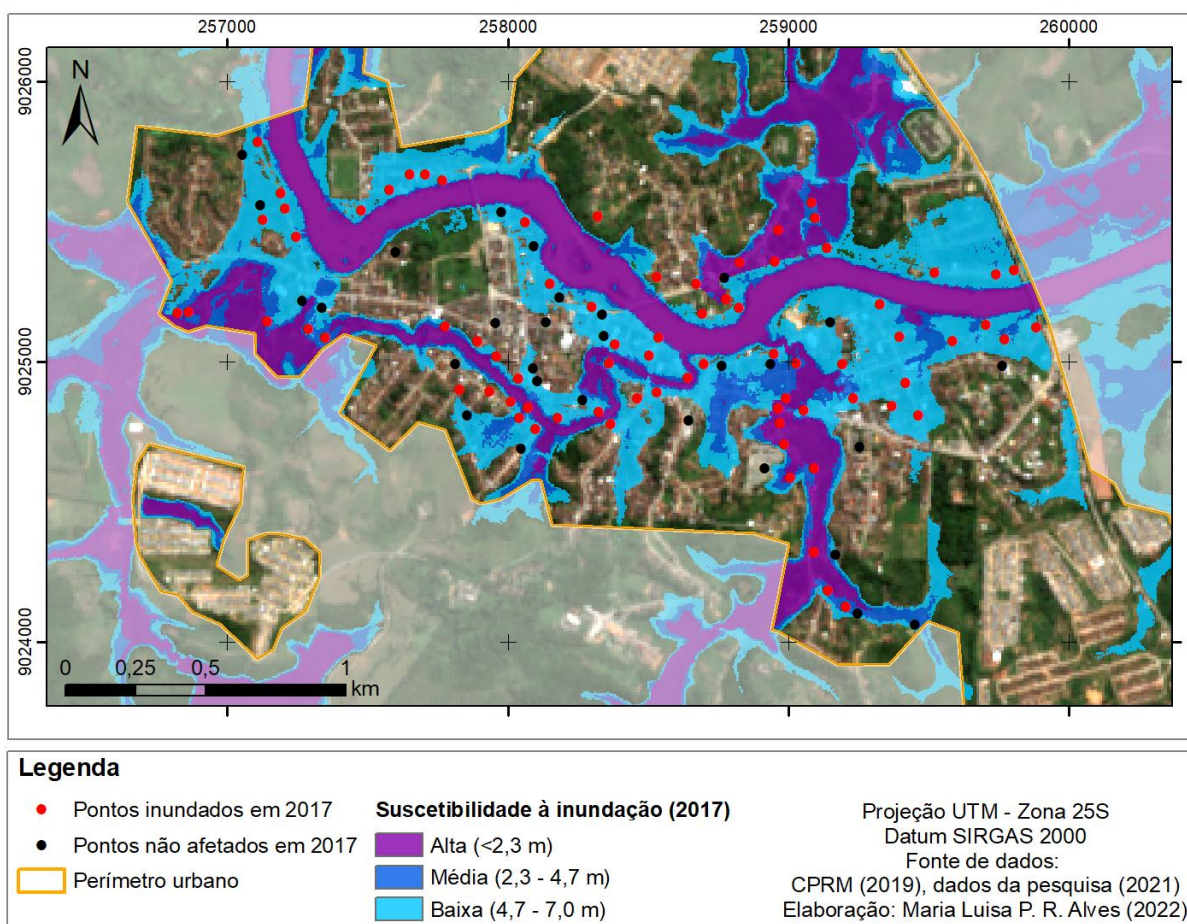
Com a segunda visita de campo foi possível ampliar a relação de pontos anteriormente atingidos, que serviram para estimar as inundações na região e verificar a acurácia da mancha de inundação gerada pelo modelo HAND. As informações coletadas foram úteis para ter-se conhecimento sobre: os locais que foram ou não atingidos por inundações anteriores, sobretudo pela inundação de 2017 a partir do georreferenciamento dos pontos e comparação com a mancha de inundação de 2017 disponibilizada pela APAC; informação do perfil socioeconômico dos entrevistados para o ano de 2021; percepção de risco dos moradores no local de estudo; como se comportam em relação às inundações; entre outras informações que serão discutidas mais à frente.

Observado que o descritor do terreno HAND foi mais bem modelado pelo MDT da missão *LiDAR*, foi dado prosseguimento no trabalho para verificar a eficiência na estimativa da mancha de inundação. A validação foi realizada verificando a

quantidade de acertos e de erros em relação aos pontos de controle para a mancha de inundação de 2017, tanto para os pontos ditos “inundados”, quanto para os pontos ditos “não inundados”.

Ao todo, foram utilizados 77 pontos de controle informando que aqueles locais foram inundados pela cheia de 2017 (pontos em vermelho) e 29 pontos para os locais ditos como não inundados em 2017 (pontos em preto), que foram atingidos somente pela inundação de 2010, ou simplesmente nunca foram atingidos pelas inundações (Figura 17). Todos os pontos utilizados para validação foram coletados nas duas visitas de campo. Com isso, foi possível dizer se a mancha de inundação foi superestimada ou subestimada a partir dos acertos e dos erros da simulação.

Figura 17 – Estimativa da inundação para o ano de 2017 na área urbana de Barreiros e imediações, subdividida em três classes de suscetibilidade e pontos ditos não afetados pela inundação



A Tabela 9 apresenta a estatística dos pontos ditos inundados e não inundados, e a coerência com a mancha de inundação. Logo, a porcentagem de acerto do modelo HAND para os pontos ditos inundados foi de 85,7% e a porcentagem de acerto em relação aos pontos ditos não inundados foi de 31%. Em relação ao total de pontos, o modelo apresentou uma eficiência média de 70,7%. Percebeu-se, portanto, que houve

uma superestimativa da mancha de inundação devido ao baixo índice de acerto dos pontos ditos não inundados.

Tabela 9 – Estatística da coerência dos pontos de controle em relação à mancha de inundação de 2017

Pontos de controle	Número de pontos	Coerente com a mancha de inundação	Porcentagem de acerto do HAND
Pontos inundados (P_i)	77	66	85,7%
Pontos não inundados (P_{ni})	29	9	31,0%
Total de pontos	106	77	70,7%

Fonte: dados da pesquisa (2021).

Comparando esses resultados com outros trabalhos, tem-se o de Diehl et al. (2021) que simularam uma inundação utilizando o algoritmo HAND na bacia hidrográfica do lago Champlain, em Vermont, EUA. Nela, foram avaliadas 42 marcas d'água em diferentes tempos de retorno de precipitações que culminariam em inundações com diferentes proporções nessa região. Constataram que 90% destes pontos seriam atingidos, com um tempo de retorno de até 95 anos, sendo que 50% dos pontos seriam atingidos pelas águas com o tempo de recorrência de 50 anos, atestando a eficiência da simulação pelo modelo na predição da mancha de inundação.

Este trabalho fez uso da mesma metodologia proposta por Zanandrea et al. (2018) para calcular a coerência dos pontos ditos inundados e ditos não inundados pelo descritor de terreno HAND em sua área de estudo. Seu resultado mostrou uma eficiência de 78% para P_i , de 86% para P_{ni} , e uma assertividade geral de 80%. No caso, a aplicação do modelo HAND em Barreiros apresentou uma assertividade dos pontos ditos inundados superior, contudo houve uma alta superestimação dos locais não inundáveis em relação à pesquisa realizada em Tubarão, Santa Catarina.

Zanandrea et al. (2018) apontaram que o erro da subestimativa em seu trabalho pode estar associado ao tipo de relevo da área de estudo constituído por uma topografia complexa, como planícies extensas formadas por processos marinhos fluviais ou lagunares e com vales menos encaixados semelhante ao relevo de Barreiros. Eles se basearam na pesquisa de Goerl et al. (2017a) em que compararam o uso do HAND em duas topografias distintas, também localizadas no estado de Santa Catarina.

O trabalho de Goerl et al. (2017a) também mediu a eficiência do modelo HAND, mas utilizando a área da mancha de inundação real e a simulada, e constaram que, à

medida que elevavam a altura HAND, as áreas ditas inundadas aumentavam a porcentagem de acerto enquanto as áreas ditas não inundadas diminuía sua eficiência, isto para o revelo formado por planícies. Para a segunda área de estudo, formada por vales, os dois índices de assertividade ficaram acima de 95%, considerada uma eficiência muito boa. Diante disso, deve ser levado em consideração que a topografia pouco acidentada da área urbana de Barreiros favoreceu a dissipação da mancha de inundação, justificando a baixa assertividade para os pontos ditos não inundados (P_{ni}).

A pesquisa de Li, Mount e Demir (2022) também concluiu que a geomorfologia da região avaliada tem influência direta na simulação da inundação, como a declividade da região e a densidade fluvial. Verificaram que esses fatores influenciam diretamente na expansão da área inundada, havendo uma limitação, portanto, na utilização desse descritor do terreno em planícies, locais com poucas variações altimétricas, como é o caso da área urbana de Barreiros devido à planície do rio Una, como apresentado no mapa da Hipsometria (Figura 10a). Para os autores, essas características são consideradas importantes, no entanto, não podem ser ajustadas nas etapas anteriores à previsão da mancha de inundação pelo modelo HAND.

Outra explicação pode ter relação com a localização dos pontos na simulação da mancha de inundação. Dos 20 pontos ditos não inundados e que foram incluídos na mancha de inundação, 19 estão localizados na região de baixa suscetibilidade à inundação, muitas vezes em sua margem. Isso pode representar o erro envolvido na coleta dos pontos pelo GPS utilizado, ou mesmo pelas entrevistas, quando perguntado se o entrevistado foi atingido pela inundação de 2017 e só foi considerado que “ser atingido” seria a água adentrar à residência, mas também inclui o alagamento de sua rua, ficando assim “ilhado”.

Também foi comparada a estimativa da inundação de 2017 a partir da área informada pela APAC (Figura 6). Os polígonos fornecidos pelo órgão não correspondem em sua totalidade à mancha de inundação presente no Plano de Contingência do município (Barreiros, 2019), mas serviram para delimitar a área das entrevistas com os moradores da área urbana. Em relação ao polígono, houve uma sobreposição de 89,65%, contudo a mancha de inundação se espalhou bem mais no perímetro urbano.

4.3.3 Sobreposição da estimativa de inundação com as APPs

Há muitos residentes nas áreas ribeirinhas do perímetro urbano, áreas estas que deveriam ser destinadas à mata ciliar dos rios Una, Carimã e Itaperibú segundo o art. 4º da Lei nº 12.651/2012 (Novo Código Florestal Brasileiro):

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Inciso com redação dada pela Lei nº 12.727, de 17/10/2012).

30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; [...] (BRASIL, 2012b).

Foi utilizado o *shapefile* da delimitação das APPs (FBDS, 2018) para sobreposição da mancha de inundação. Em termos percentuais, houve uma interseção de 81,4% da mancha de inundação dentro das APPs, restrito ao perímetro urbano. A Tabela 10 contabiliza também os pontos de controle presentes no interior das APP e a porcentagem da mancha de inundação em relação à área total da APP no perímetro urbano.

Tabela 10 – Comparativo da estimativa da inundação no interior da área de Preservação Permanente (APP) e no perímetro urbano

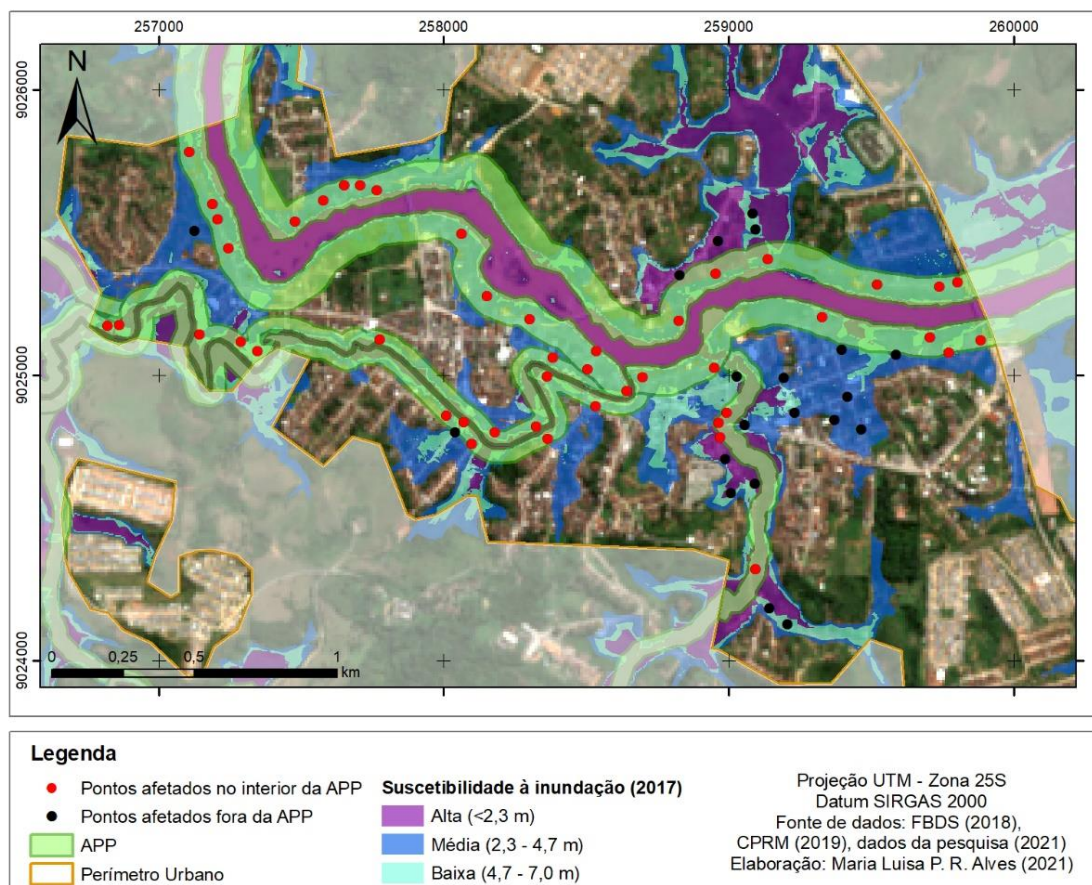
Parâmetro	Interior da APP*	Perímetro urbano	Porcentagem de interseção
Pontos de controle no interior da mancha de inundação	46	66	69,7%
Área de inundação	0,88 km ²	2,51 km ²	35,1%

*Área de Preservação Permanente.

Fonte: dados da pesquisa (2021).

Como visto na Tabela 10, 69,7% dos pontos atingidos pela inundação de 2017 estão no interior das APPs, corroborando com a primeira hipótese levantada nesse trabalho, isto é, que a maior parte das pessoas afetadas pelas inundações então em áreas irregularmente ocupadas. Também é visto que a área de inundação no interior da APP corresponde a 35,1% da área total de inundação restrita ao perímetro urbano, mostrando que a região de APP é uma área naturalmente inundável e que, portanto, deve ser evitado a construção de residências nessa localidade. A Figura 18 apresenta a interseção da mancha de inundação com as APPs.

Figura 18 – Sobreposição da estimativa da inundação pelo modelo HAND na Área de Preservação Permanente (APP)



A partir das visitas de campo foi possível observar de perto as residências que estavam inseridas às margens dos rios presentes na área urbana. A Figura 19a apresenta casas margeando o rio Itaperibú, cujo leito é estreito de forma que compromete a segurança dos residentes frente a uma elevação do nível do rio. Enquanto a Figura 19b expõe residências sob pilotis praticamente no interior do rio Una.

Figura 19 – Visitas de campo a Barreiros-PE: a) registro de casas próximas às margens do rio Itaperibú, no bairro Santa Gorete, em dezembro de 2020; b) casas sob pilotis às margens do rio Una, em junho de 2021



A localização dessas casas às margens do rio Una (Figura 19b) é muito preocupante, pois uma precipitação de grande intensidade pode transportar um volume de água com muita velocidade, podendo comprometer a estabilidade dessas estruturas que sustentam as residências. Ou seja, esses moradores podem não correr o risco de ter suas casas inundadas toda vez que chover; em contrapartida a força das águas à jusante pode danificar as estruturas de sustentação a ponto de provocar o desabamento das residências.

4.4 PERFIL SOCIOECONÔMICO DA POPULAÇÃO AFETADA NO MUNICÍPIO DE BARREIROS

Como citado anteriormente, as entrevistas realizadas com uma parcela da população de Barreiros (92 entrevistados) tiveram o objetivo de coletar informações recentes sobre a situação socioeconômica e percepção sobre o risco das pessoas residentes em áreas sujeitas a inundação no perímetro urbano. Dessa forma foi possível expandir as respostas para o universo de 1.993 residências que se encontravam em uma região que foi afetada por inundações anteriores, tomando como referência a que atingiu o município em 2017. O questionário da entrevista semiestruturada utilizado nesta pesquisa está disposto no Apêndice A. A seguir, são apresentados os dados das entrevistas realizadas.

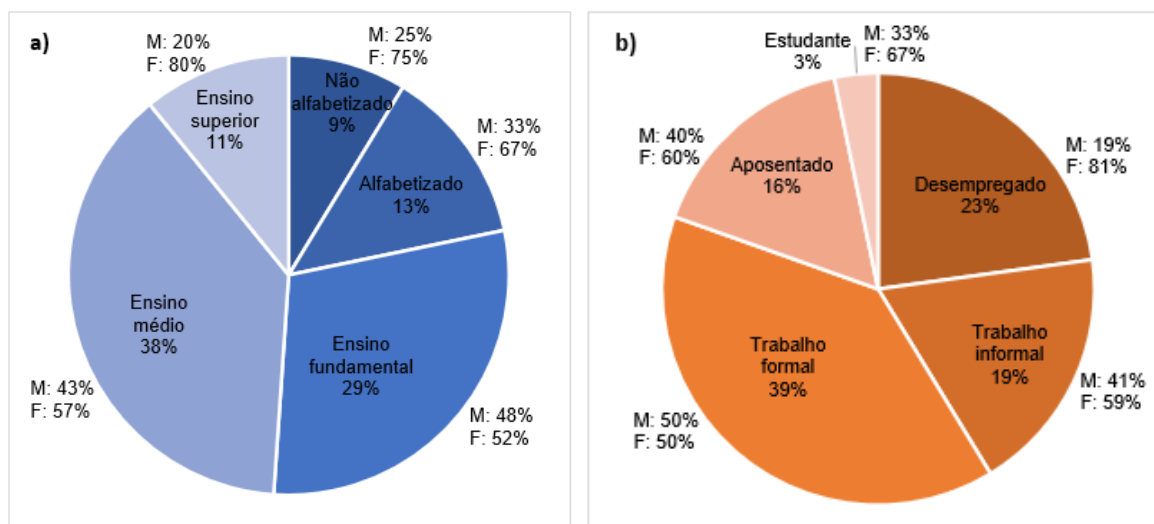
Informações pessoais dos entrevistados, escolaridade e ocupação

Em relação ao gênero dos entrevistados, 61% são do sexo feminino enquanto 39% são do sexo masculino. A faixa etária dos entrevistados foram divididas em cinco intervalos para melhor visualização: 18 a 25 anos (14%); 26 a 35 anos (15%); 36 a 45 anos (23%); 46 a 59 anos (23%); e 60 anos de idade ou mais (25%). Logo, a maior

quantidade de respondentes foram pessoas idosas, que variou até 82 anos. Quanto a autodeclaração de cor das pessoas entrevistadas, a distribuição foi da seguinte forma: 7% se autodeclararam pretos, 26% se autodeclararam brancos e 67% dos entrevistados informaram ter a cor parda.

A escolaridade dos entrevistados foi verificada a partir das seguintes categorias: não alfabetizado; alfabetizado; ensino fundamental completo; ensino médio completo; e ensino superior. A porcentagem dos dados está representada na Figura 20a. Já em relação à ocupação dos entrevistados, foram divididos em estudantes, desempregado, trabalho informal, trabalho formal e aposentado, como visto na Figura 24b. Em ambas as categorias foi destacado o percentual de pessoas do sexo masculino (M) e feminino (F) para melhor compreender como os gêneros estão distribuídos nesses quesitos.

Figura 20– Distribuição da população em relação à (a) escolaridade e à (b) ocupação dos entrevistados



É possível ver na Figura 20a que 49% da população conseguiu concluir o ensino médio, sendo que 11% destes concluíram o ensino superior. Chama atenção a porcentagem de pessoas não alfabetizadas (9%) e alfabetizadas (13%), somando 22% dos entrevistados. Isso mostra que 1/5 dessa população possui um nível de instrução baixo ou inexistente, que compromete a compreensão das ações de divulgação contra desastres de forma escrita para essa parcela da população. Essas informações mostram que os trabalhos de conscientização contra os desastres precisam ser voltados para uma comunicação oral, de forma a atingir essa população mais carente.

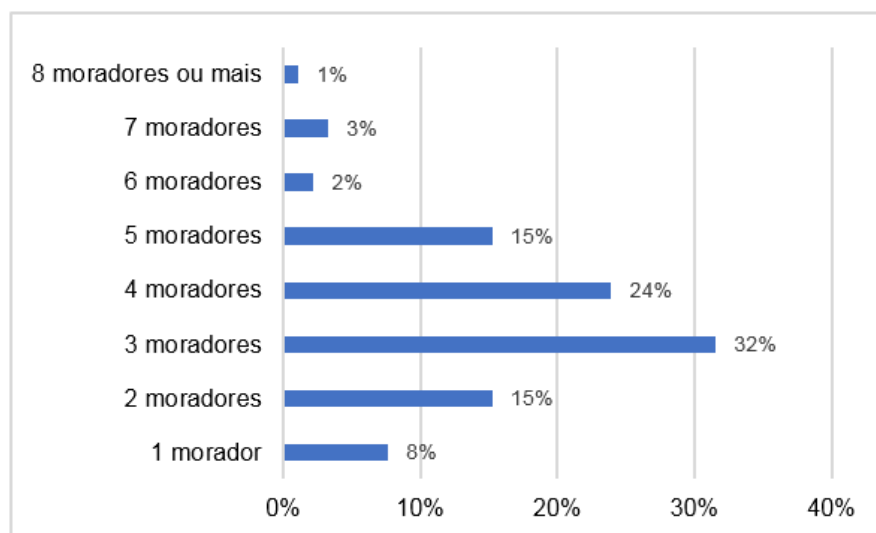
Em relação ao percentual de homens e mulheres, é visto que 75% das pessoas não alfabetizadas e 67% das pessoas apenas alfabetizadas são compostas por mulheres. Contudo, essas porcentagens se invertem quando é elevado o nível de instrução. Por exemplo, 57% das pessoas com ensino médio completo e 80% dos entrevistados que possuem ensino superior são formados por mulheres.

Na Figura 20b, vê-se que a quantidade de desempregados chega a 23% dos entrevistados, dentre os quais 81% são representados pelo sexo feminino. Os trabalhadores formais e informais quando somados representam 58% da população, sem grandes disparidades no percentual de homens e mulheres. Esses números podem auxiliar os gestores públicos a compreender melhor o nível de instrução e de ocupação dessas pessoas mais afetadas por inundações, para assim planejar formas de elevar o padrão de vida como a oferta de empregos e escolaridade dessas pessoas, principalmente visando diminuir as diferenças entre os gêneros.

Representante familiar, quantidade e mobilidade dos moradores

Foi visto que o número de entrevistados do sexo feminino correspondeu a 61%. Contudo, quando perguntado o gênero do representante familiar, foi constatado que os homens representam 53% dessa posição, ou seja, não há uma diferença significada entre os gêneros que “respondem” pelas famílias. Pode-se dizer que essa diferença não foi maior, pois uma parcela dos entrevistados eram mulheres acima de 60 anos de idade, já aposentadas, e que muitas vezes sustentavam o lar com a sua aposentadoria, sendo, portanto, representantes da moradia. Quanto a quantidade de moradores por residência, viu-se que a maior porcentagem dos lares (32%) possui três residentes e chamou a atenção que somando as residências com cinco habitantes ou mais, elas representam 21% das casas dessa região (Figura 21).

Figura 21 – Número de moradores por residência



Essa quantidade de lares com muitos habitantes é preocupante pois, em caso de desastre, torna-se ainda mais difícil a evacuação da população. Quando há muitas crianças ou idosos nessas residências, isso é ainda mais alarmante. Por exemplo, quase 11% das casas possuem entre três e cinco crianças, dificultando a saída dos lares em caso de inundação. Também há a influência do fator socioeconômico, já que é necessária uma maior renda familiar para suprir as necessidades básicas de todos os residentes, e que será avaliado no tópico “situação econômica”.

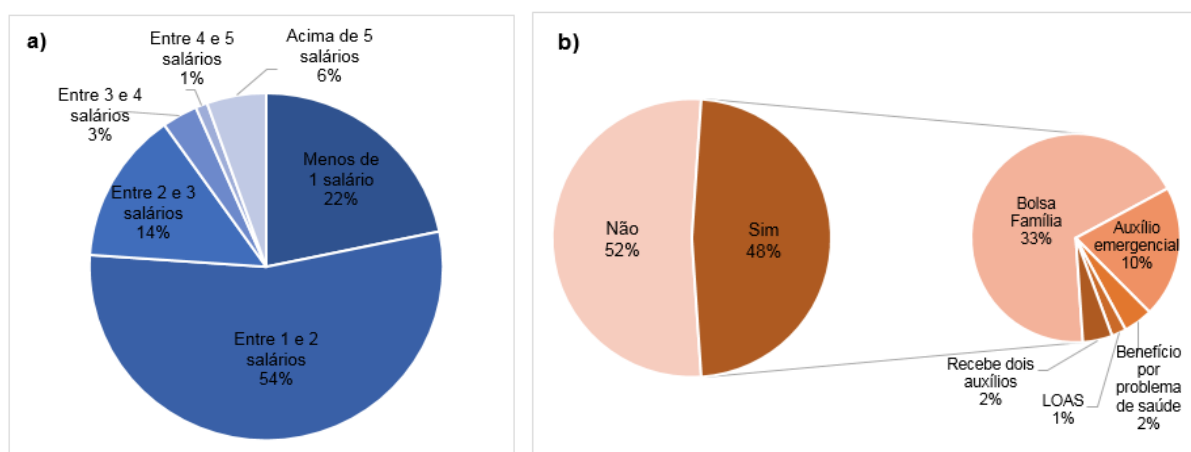
Foi vista também a questão da mobilidade dos residentes, ou seja, se havia pessoas com algum tipo de necessidade especial, outro fator que compromete a locomoção das pessoas em caso de desastre. Contatou-se que, de todos os residentes, apenas 2,5% possuíam algum tipo de necessidade especial, como por exemplo autismo, Alzheimer, obesidade, deficiência visual e auditiva, dificuldades para locomoção, e somente 0,3% das pessoas estavam acamadas.

Situação econômica

A situação econômica foi outro ponto questionado aos entrevistados. De acordo com a Figura 22a, nota-se que 76% da renda familiar não ultrapassa dois salários mínimos, dentre os quais 22% sobrevive com menos de um salário mínimo. Essa renda é ainda mais desvalorizada devido à alta do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) – abrange famílias com renda de 1 a 40 salários mínimos –, que é o indicador da inflação que o país vem sofrendo e que encerrou o ano de 2021 em alta de 10,06% (IBGE, 2022), a maior taxa desde 2015.

Segundo informações da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE), as famílias com até três salários mínimos são as que mais sofrem com as variações de preços, reduzindo o seu poder de compra, pois gastos essenciais como energia elétrica e alimentação sofreram uma grande elevação (BRÊTAS, 2021). Isso reflete por exemplo no padrão de vida da população afetada periodicamente por inundações, que não possuem recursos próprios para se mudarem para lugares mais seguros ou mesmo recuperar os bens perdidos após o desastre. Apenas 10% dessa população possui renda familiar superior a três salários mínimos, ou seja, que teriam condições mínimas de recuperar alguns bens perdidos pelas cheias ou mesmo recursos para alugar uma casa temporariamente, como foi constatado em uma das perguntas dessa entrevista.

Figura 22 – Distribuição da a) renda familiar e questionamento se os moradores e de quem b) recebem auxílio do Governo



Quando perguntado se recebiam auxílio governamental (Figura 22b), 48% responderam positivamente, que inclui Bolsa Família (representado a maior parcela com 33%), Auxílio emergencial devido à pandemia por Covid-19, benefício por problema de saúde, LOAS (Lei Orgânica da Assistência Social, destinada a pessoas com deficiência ou idosos acima de 65 anos que não possuam rentabilidade) e pessoas que recebiam dois auxílios do Governo. Isso mostra o nível de vulnerabilidade social que essa população se encontra, pois quase metade dessas famílias dependem do governo para garantir o sustento de seus lares.

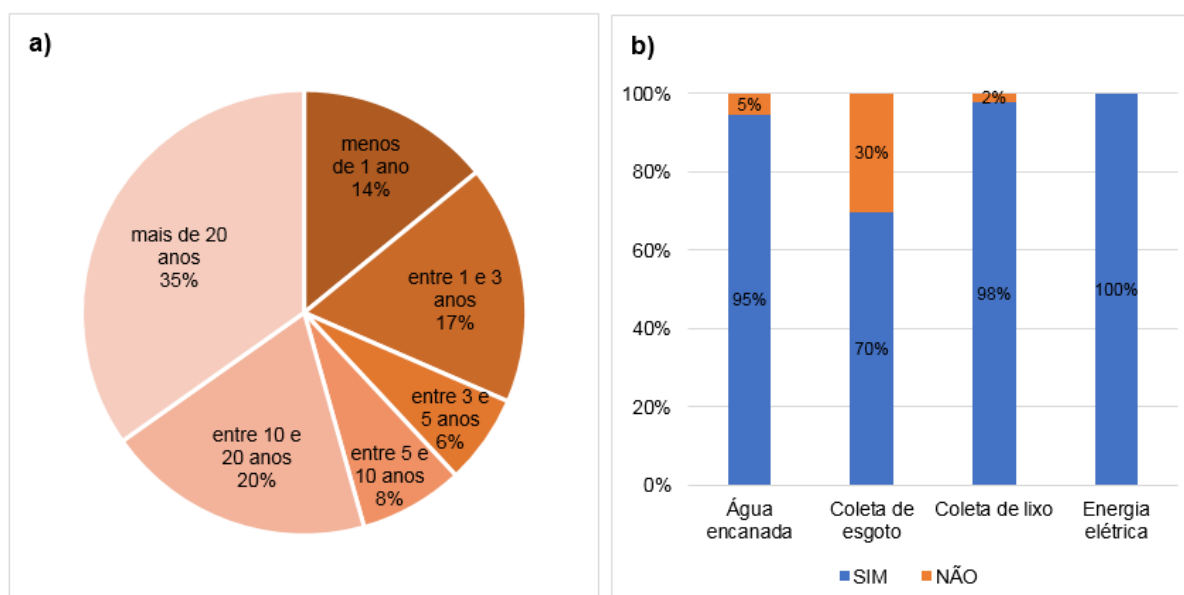
Infraestrutura básica e tempo de residência

Foi questionado aos entrevistados qual era o tipo de propriedade na qual eles moravam, e constatou-se que 73% das residências pertenciam aos moradores, 26%

das casas eram alugadas, e apenas 1% era cedida, ou seja, permissão de morar sem cobrança de aluguel. Diante desses dados, pode-se associar a permanência desses habitantes em locais suscetíveis a ocorrência de inundações devido a serem proprietários de seus lares, e terem dificuldade em vender suas casas para morar em locais mais seguros.

Perguntou-se em seguida o padrão construtivo das casas para averiguar se as residências eram seguras frente a uma enxurrada, por exemplo, e constatou-se que todas eram de alvenaria com reboco. Também foi questionado há quanto tempo residiam naquela residência, a fim de verificar se já haviam sofrido com inundações naquela localidade. A Figura 23a mostra que 14% das pessoas moravam ali há menos de um ano, dentre as quais 54% moram de aluguel, e o percentual de pessoas que moram de aluguel vai reduzindo à medida que o tempo de permanência na residência avança. Notou-se que 55% das pessoas foram nessa localidade a mais de 10 anos, e que já possuem um laço afetivo com a comunidade em que vivem.

Figura 23 – Percentual do a) tempo de moradia dos respondentes em sua residência e b) presença de infraestrutura básica na residência como energia elétrica e saneamento básico



Referente a presença de infraestrutura básica na residência (Figura 23b), percebe-se que o maior déficit está na coleta de esgoto, com 30% dos domicílios sem possuir o esgotamento sanitário coletado pela empresa estatal. Segundo dados da Pesquisa de Informações Básicas Municipais – MUNIC de 2017 (IBGE, 2017), a coleta de esgoto tem abrangência em toda área urbana, o que não corresponde à realidade, segundo as entrevistas realizadas na área de estudo. Deve ser observado que esse

percentual de coleta de esgoto pode ser ainda menor, pois alguns respondentes podem ter confundido coleta de esgoto pela companhia de saneamento do estado de Pernambuco, com a destinação dos resíduos para a fossa séptica.

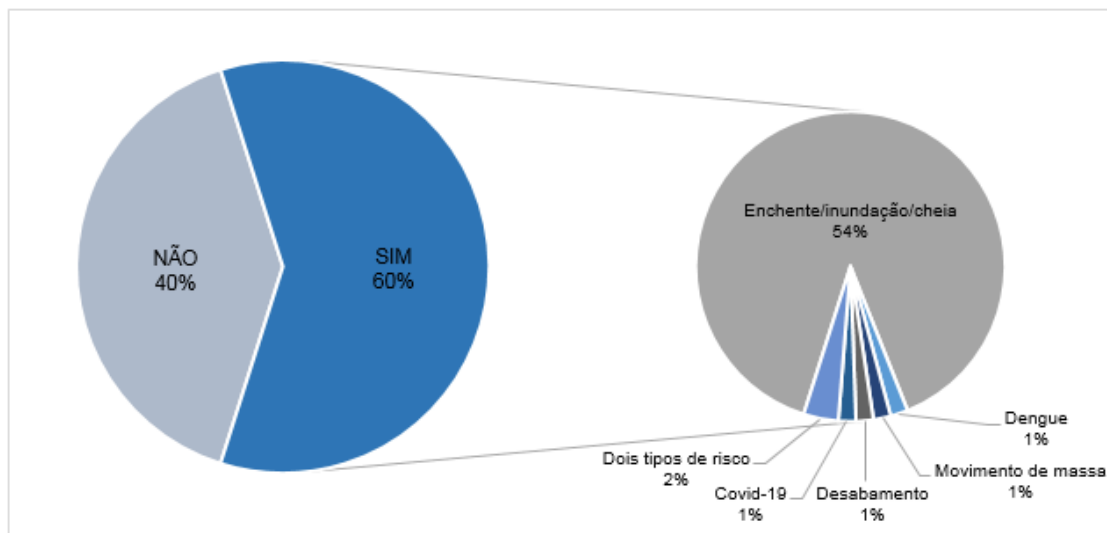
Quando avaliada a coleta de lixo (resíduos sólidos), foi surpreendente o percentual da população atendida. Mas vale salientar que muitos entrevistados afirmaram que a coleta de lixo regular – frequência praticamente diária – vem ocorrendo a partir da mudança do governo municipal, ou seja, iniciada em 2021.

Também foi questionado se eles notavam se havia acúmulo de lixo em sua rua ou nas margens e/ou dentro do leito do rio mais próximo de sua residência. No total, 21% dos entrevistados afirmaram notar acúmulo de lixo em suas ruas e 51% disseram que havia lixo nas margens ou no leito dos rios. Isso é relevante, pois o acúmulo de resíduos sólidos nas ruas e nos rios pode contribuir para o entupimento de bueiros, causando alagamentos na cidade, assim como provoca o assoreamento dos rios, o que diminui o volume de água que pode ser represado e elevando rapidamente o nível do rio (KOBİYAMA et al., 2006). Isso mostra que, apesar de uma coleta de lixo eficiente, é necessária uma educação ambiental com a população para que não despejem seus resíduos sólidos em terrenos baldios e próximo aos rios.

Percepção de risco

Um fator importante que foi questionado à população está relacionado à sua percepção em relação a situações de risco que eles sofrem morando naquela localidade. A Figura 24 apresenta o percentual de pessoas que afirmaram estar expostas ou não a algum tipo de risco. Assim, 60% das pessoas afirmaram estar sim expostas a um risco, dentre as quais 54% declararam que possuíam risco de inundação. Outras respostas englobavam risco de contrair dengue, COVID-19, ou mesmo risco de movimento de massa e desabamento de suas casas, visto que a área urbana também passa por esses transtornos em locais mais elevados.

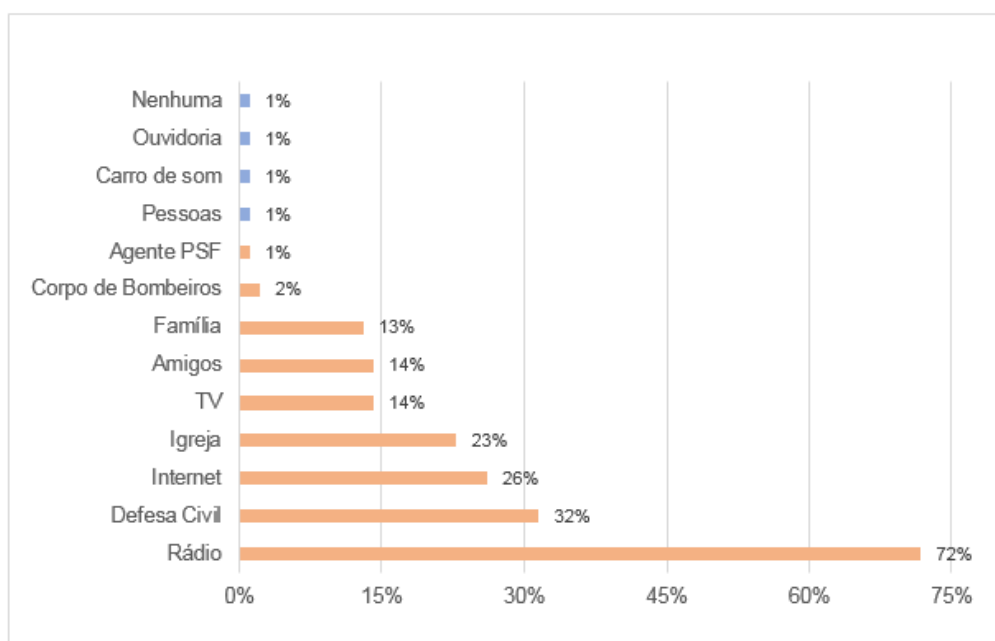
Figura 24 – Questionamento à população se eles acreditam estar expostos a algum tipo de risco, e se sim, qual seria



Logo após foi perguntado qual o nível de perigo que eles se encontravam. A distribuição seguiu da seguinte forma: 23% afirmaram estar em Perigo Alto, 42% em Perigo Médio e 35% em Perigo Baixo. Entre essas respostas, o que chamou a atenção foi que, das pessoas que disseram encontrar-se em Perigo Baixo, 22% dos entrevistados afirmaram anteriormente estar expostos a algum tipo de risco, ou seja, uma incompatibilidade de ideias. Também foi questionado se eles já foram orientados sobre prevenção de riscos (na sua casa e rua) por algum funcionário da prefeitura, e 65% afirmaram que não, mostrando uma necessidade maior de campanhas de conscientização para que a população tenha conhecimento do que deve ser feito em caso de desastre, seja por inundação, ou por movimento de massa, que também é comum no município.

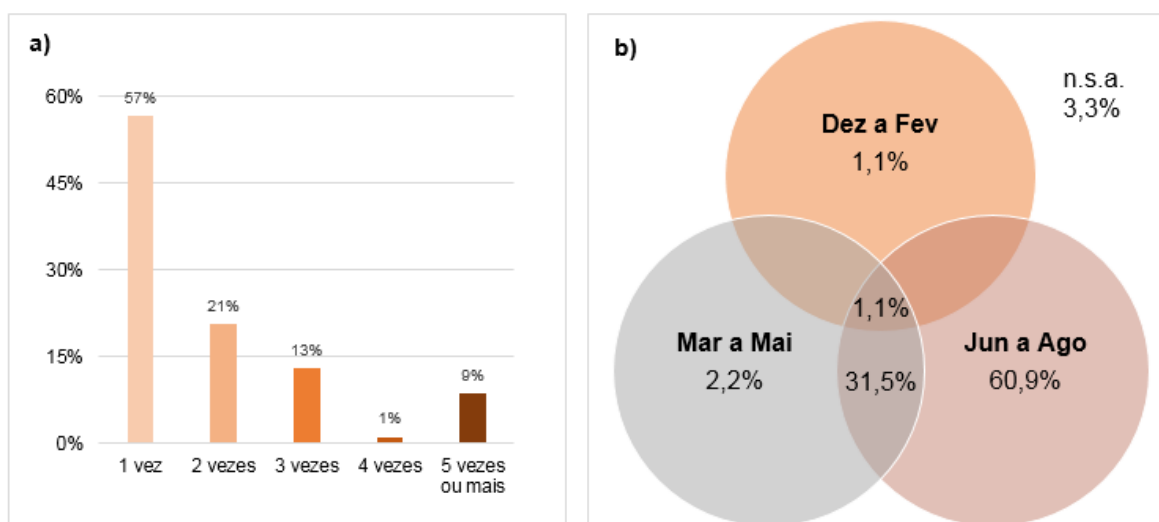
A Figura 25 mostra quais as melhores formas de serem informados sobre os desastres, podendo escolher mais de uma opção. As barras em laranja representam as opções já existentes no questionário, enquanto as barras em azul foram respostas obtidas na opção “outros”. Logo, é visto que 72% dos respondentes disseram que o “Rádio” é uma boa forma de receber informações sobre os desastres, seguida pela “Defesa Civil” (32%), pela “Internet” (26%) e pela Igreja matriz (23%). Vale salientar que na iminência de uma inundação de grande magnitude, a COMPDEC de Barreiros usa o sino da Igreja matriz como um sinal de alerta para a população desocupar suas residências.

Figura 25 – Perguntado quais as melhores formas de receber informações sobre os desastres



Questionou-se à população se ela percebia quantas vezes no ano, em média, os rios transbordavam, isso nos anos atípicos em que havia inundações. Assim, 57% das pessoas disseram que o rio transbordava em média uma única vez no ano (Figura 26a). A outra parte dos respondentes afirmaram que nos anos de cheia os rios transbordavam duas, três ou mesmo cinco vezes no ano. Em geral, esses entrevistados moravam em residências próximas a rios afluentes do rio Una, muito estreitos e que, com frequência, transbordavam.

Figura 26 – Percepção dos entrevistados sobre a) a frequência de transbordamento do rio mais próximo nos anos em que ocorre inundação e b) meses em que as inundações ocorrem



Também foi perguntado quais os meses do ano que mais notava haver inundações na cidade (Figura 26b). Ninguém respondeu que havia inundações nos

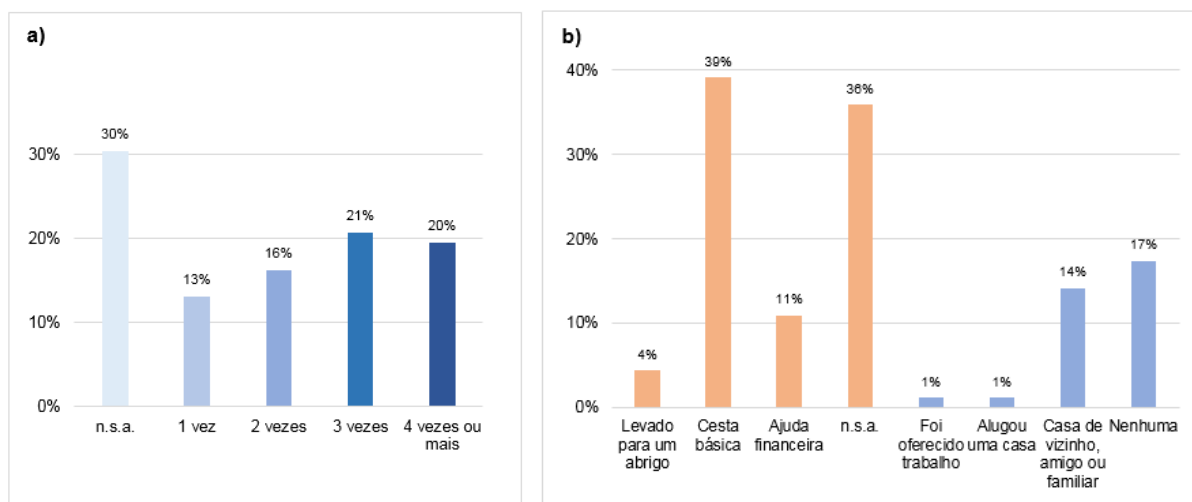
meses de setembro a novembro, coincidindo com a retrospectiva histórica das inundações nos últimos 30 anos (Quadro 1), em que não foram registradas inundações nesse período do ano. Vê-se, portanto, que a maior parte dos entrevistados respondeu que as inundações ocorrem entre os meses de junho a agosto (60,9%). Outra parte afirmou que ocorriam de março a agosto (31,5%), e isso pode ser confirmado pelo Quadro 1, visto que há quatro ocorrências de inundações em maio. Esses dados revelam que a população é consciente sobre os meses mais propensos a ocorrência de cheias, assim ficando em estado de alerta para as altas precipitações nesse período do ano.

Inundações anteriores

Os moradores foram questionados sobre as inundações que sofreram anteriormente (Figura 27a). Logo, 70% dos respondentes afirmaram já ter vivenciado uma inundação morando naquele local, com 41% tendo sofrido três inundações ou mais. Cerca de 30% dos respondentes afirmaram não terem sido atingidos pelas cheias, isso porque muitas deles haviam se mudado há pouco tempo para aquela região em questão. Por exemplo, 76% dos moradores com tempo inferior a três anos afirmaram não terem sofrido inundações em sua residência, período esse anterior à última grande inundação que atingiu o município em 2017.

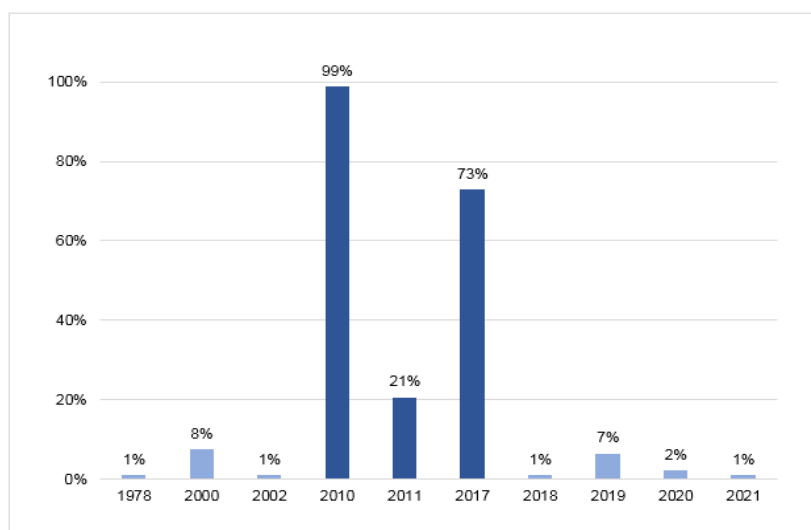
Adiante, a Figura 27b apresenta o tipo de ajuda que os entrevistados receberam, caso tivessem passado por uma situação de inundação (as barras em laranja correspondem a respostas previstas no questionário). Assim, dos que receberam ajuda, 39% informaram terem recebido cesta básica e 14% foram abrigados por vizinhos, amigos ou familiares. Esses dados revelam a importância de ser dada uma maior assistência a essas famílias, visto que 17% deles receberam ajuda nenhuma.

Figura 27 – Frequência de a) quantas vezes foi atingido por inundações em sua residência b) que tipo de ajuda recebeu



Foi perguntado também a respeito dos anos em que ocorreram as inundações anteriores naquela área. No caso dos entrevistados que estavam há pouco tempo no local, questionou-se o agente da Defesa Civil municipal que estava acompanhando a pesquisa e que tinha conhecimento dos locais que haviam sido atingidos pelas inundações nos anos anteriores. A Figura 28 exibe todos os anos citados de cheias anteriores, e foi dado enfoque a três anos em especial – 2010, 2011 e 2017 –, anos esses que causaram maiores prejuízos ao município como um todo.

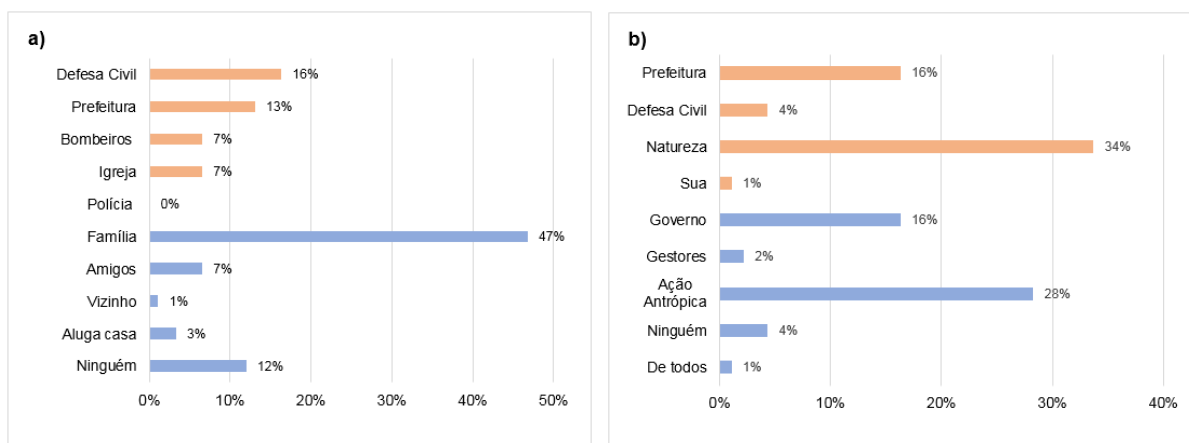
Figura 28 – Anos em que sofreram com inundações



Posteriormente, foi perguntado a quem eles procuram em caso de desastre, no qual poderiam escolher mais de uma opção como resposta (Figura 29a). Chamou a atenção que o maior percentual de resposta foi referente a “família” (47%), que não estava como uma das opções disponíveis para marcação, assim como as demais respostas com barra azul. Entre as opções disponíveis, a “Defesa Civil” foi a mais

marcada, com 16%, mas ainda era esperado um percentual maior visto que ela é a coordenadoria municipal responsável por dar suporte à população em caso de desastre, juntamente com o Corpo de Bombeiros Municipal, que representou apenas 7% das respostas.

Figura 29 – Perguntado a (a) quem procuram em caso de desastre e (b) para eles, de quem é a culpa dos desastres



Buscando saber a opinião da população sobre a quem deve recair a responsabilidade sobre os desastres, os entrevistados foram perguntados sobre essa questão também com algumas opções de resposta (em laranja). É possível ver (Figura 29b) que a “Natureza” foi escolhida pela maioria das pessoas (34%), ou seja, como se o desastre fosse algo incontrollável e que sua ocorrência fosse dependente apenas da ação do meio ambiente. Mas vale destacar também que os respondentes responsabilizaram logo em seguida a “Ação antrópica” (28%), a “Prefeitura” (16%) e o “Governo” (16%) referente ao estado de Pernambuco. Constata-se que uma parte da população tem consciência sim, que os desastres na região podem ser evitados.

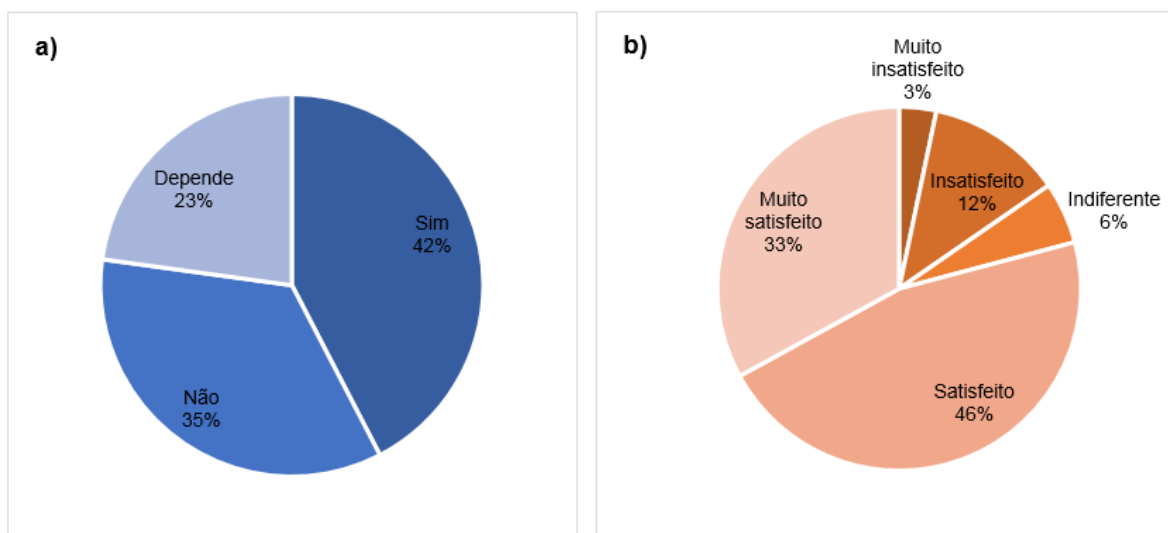
Satisfação

Por fim, as últimas perguntas foram feitas para compreender os motivos que fazem com que os moradores permaneçam em uma região que está sujeita a inundações constantemente. Foi perguntado o motivo pelo qual moram naquele local. As respostas foram bem distintas, algumas mostrando que não eram tão satisfeitos em morar ali, havendo respostas como: “por necessidade”, “a casa é própria, não tenho outro lugar para morar”, “falta de opção, a casa é da família”, “falta de outro lugar”, “o aluguel é mais barato”. Em contrapartida, outras respostas foram positivas,

como “o lugar é calmo”, “bairro tranquilo, perto do centro, colégio”, “a vizinhança é boa”, “moradia boa, perto do comércio”, “próximo de familiares”.

Em seguida, foi perguntado se eles estariam dispostos a mudar de local para morar (Figura 30a). Assim, 42% foram enfáticos em responder que “sim”, estariam dispostos, mas não corresponderam à maioria dos entrevistados como era esperado, visto que a segunda hipótese da pesquisa afirma que a maior parte dos moradores estariam dispostos a se mudar. Também foi dada a alternativa de “depende” (23%), ou seja, uma condicionante, para ter-se conhecimento sobre o que eles gostariam para poderem deixar suas casas. Algumas respostas foram destacadas: na condição de irem para locais mais altos; de só se mudarem se a casa caísse com a cheia; se fosse para um local seguro e próximo ao centro da cidade; só se não perdesse sua casa atual; e na condição de ser um lugar melhor.

Figura 30 – Questionados se a) estariam dispostos a se mudar e o b) nível de satisfação em morar naquela localidade



Como última pergunta, foi indagado o nível de satisfação em morar naquele local, que também corresponde à segunda hipótese deste trabalho, que previa que a maioria dos moradores estariam insatisfeitos em viver em condições de cheias periódicas e que afetam diretamente suas vidas. Vê-se pela Figura 30b que 79% dos moradores se mostraram satisfeitos ou muito satisfeitos em morar em locais que periodicamente são afetados pelas inundações.

Com isso pode-se dizer que os moradores se acomodaram com a situação atual em que vivem. Apesar de todos os transtornos apresentados por eles mesmos, eles são felizes em viver nessa condição de periodicamente ter seus lares inundados

ou mesmo perder seus móveis pelas águas. De acordo com a COMPDEC de Barreiros, alguns moradores ganharam casas populares e mesmo assim voltaram para as suas antigas residências. Não se sabe ao certo os motivos, mas percebe-se pelas imagens de satélite que esses condomínios habitacionais foram construídos distantes da área urbana, e muitas pessoas que vivem nesses locais trabalham no comércio localizado no centro da cidade. Na cidade não há circulação de ônibus como transporte público, o que dificulta a locomoção das pessoas que vivem nas unidades habitacionais mais afastadas do centro.

É necessário dar condições dignas à população para que eles não sofram com as mudanças de moradia, como levar creches, escolas, postos de saúde, capacitação profissional para esses locais mais afastados da cidade, ou seja, formas que facilitem suas vidas. A próxima sessão deste trabalho buscou encontrar locais relativamente próximos do centro urbano de Barreiros, para uma possível realocação dos moradores mais atingidos pelas cheias, de forma que o impacto social seja mínimo.

4.5 PROPOSTA DE REORDENAMENTO URBANO NAS ÁREAS ATINGIDAS PELAS INUNDAÇÕES

Nesta etapa do trabalho foi verificado quais são os locais mais adequados para receber a população residente em áreas de alta vulnerabilidade ambiental (apontadas pelo modelo HAND), para uma possível realocação.

Para tanto, foram utilizadas informações de cinco mapas: suscetibilidade à inundação; presença de APPs; uso e ocupação; declividade; e síntese do conforto domiciliar. Ao final, chegou-se ao Mapa de Adequabilidade à Habitação. Para determinar as áreas mais adequadas para construção de novas residências, de forma que acompanhasse fluxo de crescimento da área urbana, fez-se o uso do Mapa Eixo de Expansão Urbana, utilizado por Carvalho e Moura (2012).

O primeiro mapa construído foi de suscetibilidade à inundação, com a enchente de 2017 como referência. Esse mapa está expresso na Figura 17, subdividido em três classes de suscetibilidade. Para chegar posteriormente ao mapa de adequabilidade à habitação, ele foi reclassificado com peso 1 (alta vulnerabilidade), peso 2 (média vulnerabilidade), peso (baixa vulnerabilidade) e peso 4 (áreas não inundáveis).

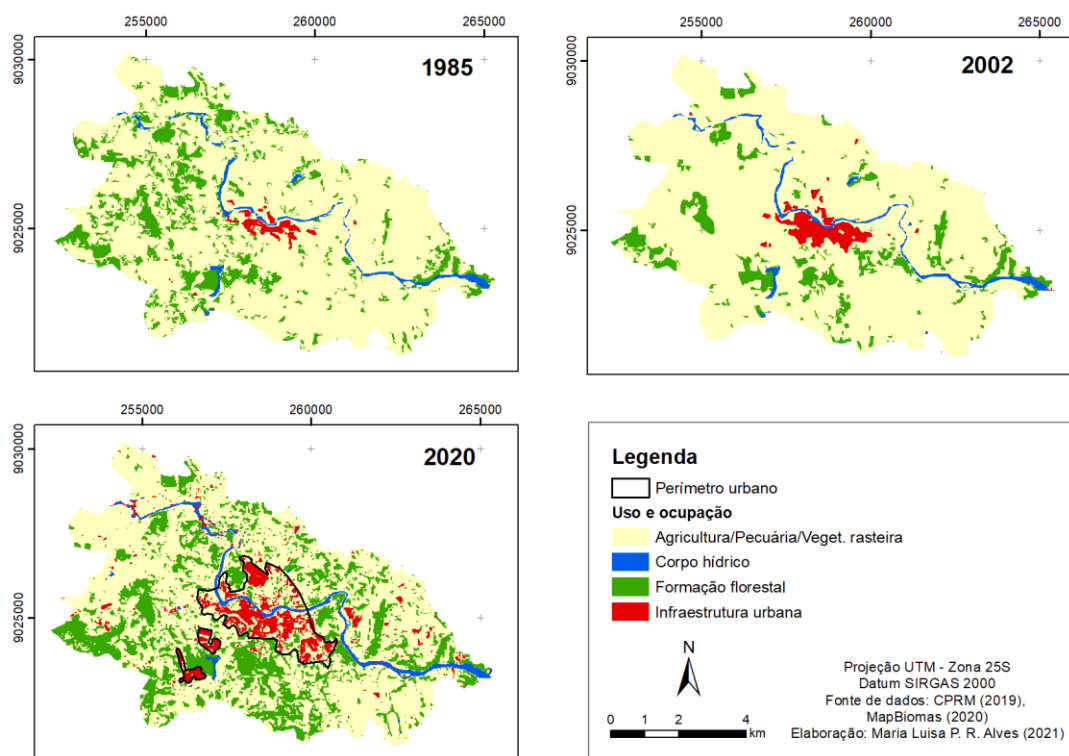
O mapa seguinte refere-se à presença de APPs na área de estudo, apresentada na Figura 18 com a sobreposição da mancha de inundação. Para esse

caso, foram distribuídos apenas dois pesos representando a pior e melhor situação: peso 1 (presença de APPs) e peso 4 (ausência de APPs).

O terceiro mapa foi o de uso e ocupação da área de estudo. Para melhor contextualizar, foi feita uma retrospectiva histórica do uso do solo para os anos de 1985, 2002 e 2020 (Figura 31). O mapa do uso do solo de 2020 (gerado por classificação supervisionada) foi subdividido em quatro classes principais: agricultura/pecuária/vegetação rasteira; corpo hídrico; formação florestal e infraestrutura urbana. Para os anos de 1985 e 2002 – provenientes da coleção MapBiomas Brasil –, as diversas classes foram unidas de forma a facilitar a comparação com o mapa de uso e ocupação mais atual.

Percebe-se pela Figura 31 que há uma elevação da formação florestal ao longo dos anos, assim como da infraestrutura urbana, este sendo esperado frente ao crescimento demográfico do município ao longo dos anos. Por exemplo, o censo demográfico registrou 32.446 habitantes em Barreiros em 1980 (IBGE, 1980, p.180), 39.139 habitantes em 2000 (IBGE, 2010) e a população estimada para 2021 foi de 42.866 habitantes (IBGE, 2021), mostrando uma desaceleração no ritmo de crescimento.

Figura 31 – Mapa de Uso e ocupação da área de estudo nos anos de 1985, 2002 e 2020



*Os anos de 1985 e 2002 são provenientes da coleção MapBiomas Brasil e para o ano de 2020 foi realizada uma classificação supervisionada.

A Tabela 11 apresenta as áreas de cada classe do mapa de uso e ocupação para cada ano, bem como a variação da área ao longo do tempo. Pode-se ver que houve uma redução na área de Agricultura/Pecuária/Vegetação rasteira, com variação de -15% de 1985 a 2020. Em contrapartida, a área da formação florestal se elevou em 9,1% de 1985 a 2020, apesar de ter sofrido uma redução de 1985 a 2002. A infraestrutura urbana apresentou um aumento entre os referidos anos, totalizando uma elevação em 5,3% em relação à área total da área de estudo. Esses dados podem refletir em um momento de transição econômica, com a redução das áreas de pastagem e da agricultura.

Tabela 11 – Distribuição da área das classes de uso do solo ao longo do tempo e sua variação

Anos	Área das classes de uso do solo (km²)			
	Agricultura/Pecuária/ Vegetação rasteira	Corpo hídrico	Formação Florestal	Infraestrutura Urbana
1985	51,16	1,29	10,54	0,74
2002	54,39	1,40	6,16	1,77
2020	41,61	1,70	16,35	4,09
Variação da área (1985-2002)	5,1%	0,2%	-6,9%	1,6%
Variação da área (1985-2020)	-15,0%	0,6%	9,1%	5,3%

Como a metodologia para a confecção dos mapas foram distintas e as imagens utilizadas possuem resoluções espaciais diferentes, não é possível afirmar com clareza se a formação florestal se elevou realmente em 9,1%, pois a baixa resolução espacial (30 m x 30 m) das imagens para confecção do MapBiomias Brasil (MAPBIOMAS, 2019) pode ter subestimado a presença dessa classe na área de estudo. Houve uma maior preocupação em caracterizar o uso e ocupação mais recente (ano de 2020) com maior exatidão, pois o mapa foi utilizado para determinar áreas propícias para a realocação dos moradores. Para tanto, a distribuição dos pesos foi realizada conforme informado na Tabela 5, que considerou apenas a classe “agricultura/pecuária/vegetação rasteira com peso 4 (favorável para realocação) e as demais classes como peso 1.

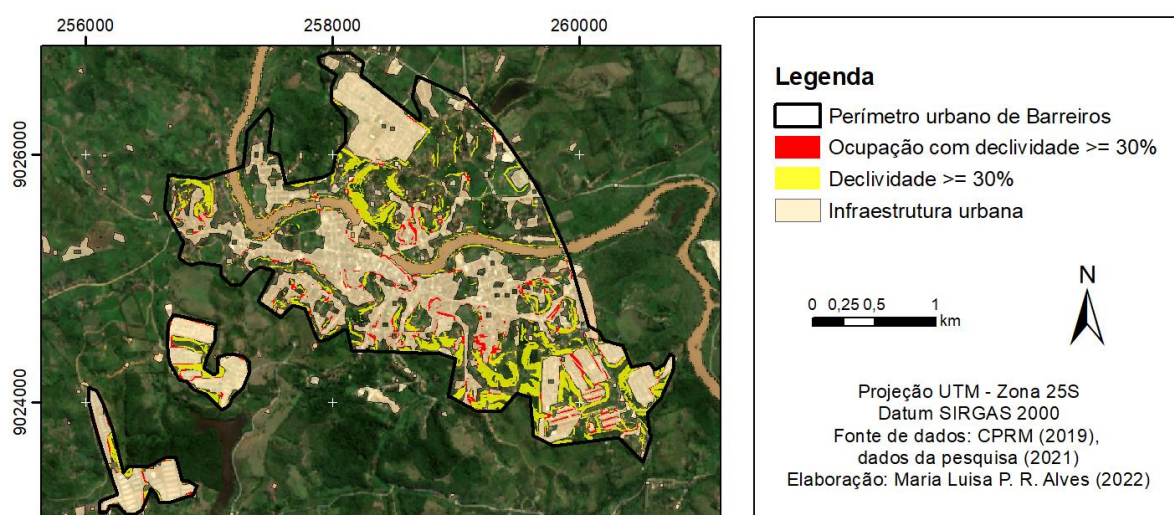
O Mapa da Declividade (Figura 10b) seguiu a classificação proposta pela EMBRAPA (2006) para apresentar os tipos de declividades. Mas para ser coerente com a legislação (Lei nº 6.766/1979) que regulamenta o parcelamento do solo urbano, o mapa foi reclassificado seguindo os intervalos presentes também na Tabela 5, tomando como referência terrenos com declividade igual ou superior a 30%, onde não

é permitida a construção e, portanto, recebeu peso igual a 1, o mais desfavorável à habitação (BRASIL, 1979).

Para ter-se conhecimento das residências que estão localizadas em terrenos com declividade igual ou superior a 30%, foi feita uma interseção dos *shapefiles* da infraestrutura urbana de 2020 (Figura 31) com os terrenos com declividade vetadas para construção, isto respeitando os limites do perímetro urbano. Com isso, chegou-se à Figura 32 que apresenta essas residências irregulares destacadas em vermelho.

O perímetro urbano de Barreiros possui 0,97 km² de áreas com declividades acima de 30%, e 18% desses solos apresentam ocupação irregular. Esses locais oferecem risco de movimento de massa (deslizamento de terra) aos habitantes que têm suas casas fixadas no topo, no declive assim como na base dos morros, que podem ser afetados após uma precipitação intensa.

Figura 32 – Representação das áreas com declividade igual ou superior a 30% no perímetro urbano de Barreiros

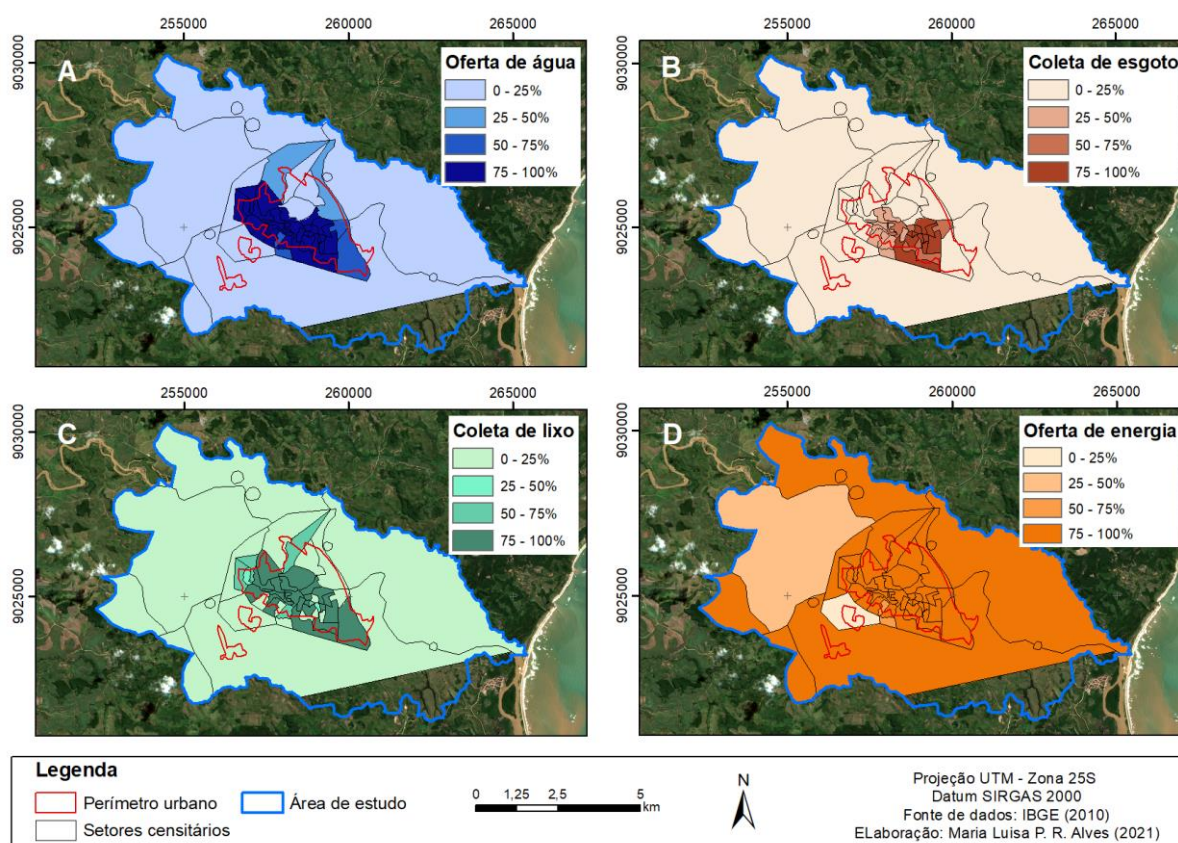


O Mapa de Atendimento de Serviços Básicos (Figura 33) apresenta quatro elementos de infraestrutura básica para uma moradia ser considerada digna. A partir das informações dos setores censitários (2010) determinou-se a porcentagem do fornecimento desses serviços na área de estudo. Como era esperado, o atendimento à energia elétrica (Figura 33d) é satisfatório (acima de 75%) em quase sua totalidade, com apenas quatro setores apresentando distribuição elétrica abaixo de 75%.

Os mapas de distribuição de água (Figura 33a) e coleta de resíduos sólidos (Figura 33c) exibem uma distribuição próxima quando comparados os setores, com atendimento acima de 75% de ambos os serviços na maior parte dos setores da área

urbana, concentrados na parte oeste, sul e sudeste. Por fim, o mapa da coleta de esgoto (Figura 33b) apresenta um serviço deficitário na maioria dos setores censitários presentes na área de estudo. Os melhores índices concentram-se na zona Sul-Sudeste da área urbana, assim como o retratado nos mapas de oferta de água e coleta de resíduos sólidos.

Figura 33 – Atendimento de serviços básicos (infraestrutura básica) na área de estudo: (a) distribuição de água; (b) coleta de esgoto; (c) coleta de resíduos sólidos; (d) distribuição de energia elétrica



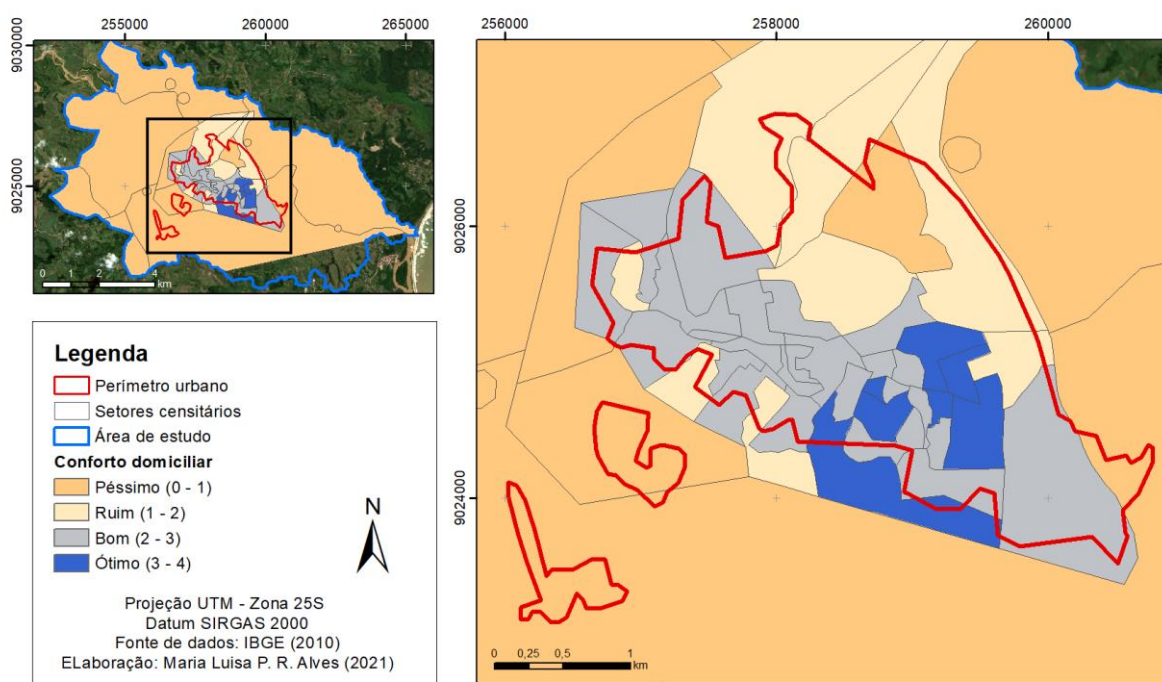
Por meio dos quatro mapas apresentados acima, as informações foram utilizadas para criação do Mapa Síntese do Conforto domiciliar, no qual distribuiu-se os pesos de 1 a 4 de acordo como o grau de atendimento dos serviços básicos. Assim, atingiu-se esse mapa (Figura 34) após compilar as informações da Figura 33.

O Mapa Síntese do Conforto Domiciliar exhibe os setores censitários que possuem os piores e os melhores índices de fornecimento de serviços básicos às residências. Essa informação é importante, pois torna-se mais vantajoso realocar a população exposta a uma elevada vulnerabilidade à inundação para regiões que já possuem encanamento de água e esgoto, por exemplo, assim como a passagem de caminhões para coleta de resíduos sólidos.

A Figura 34 revela que apenas sete setores censitários apresentam condições ótimas no que se refere ao provimento de infraestrutura básica, ou seja, com atendimento acima de 75% dos quatro serviços básicos. Eles estão localizados na parte mais central e ao Sul da área urbana, voltada também para o Leste.

Esse mapa também revela os setores censitários urbanos que merecem atenção das autoridades públicas. A zona Oeste da área urbana possui um conforto domiciliar classificado como “Bom (2–3)”, mas o fornecimento dos serviços públicos está entre 50% e 75%, que pode ser melhorado. A parte Norte da área urbana merece uma atenção ainda maior, com setores com porcentagem entre 25% e 50% apresentando esses serviços.

Figura 34 – Mapa síntese do Conforto Domiciliar na área de estudo

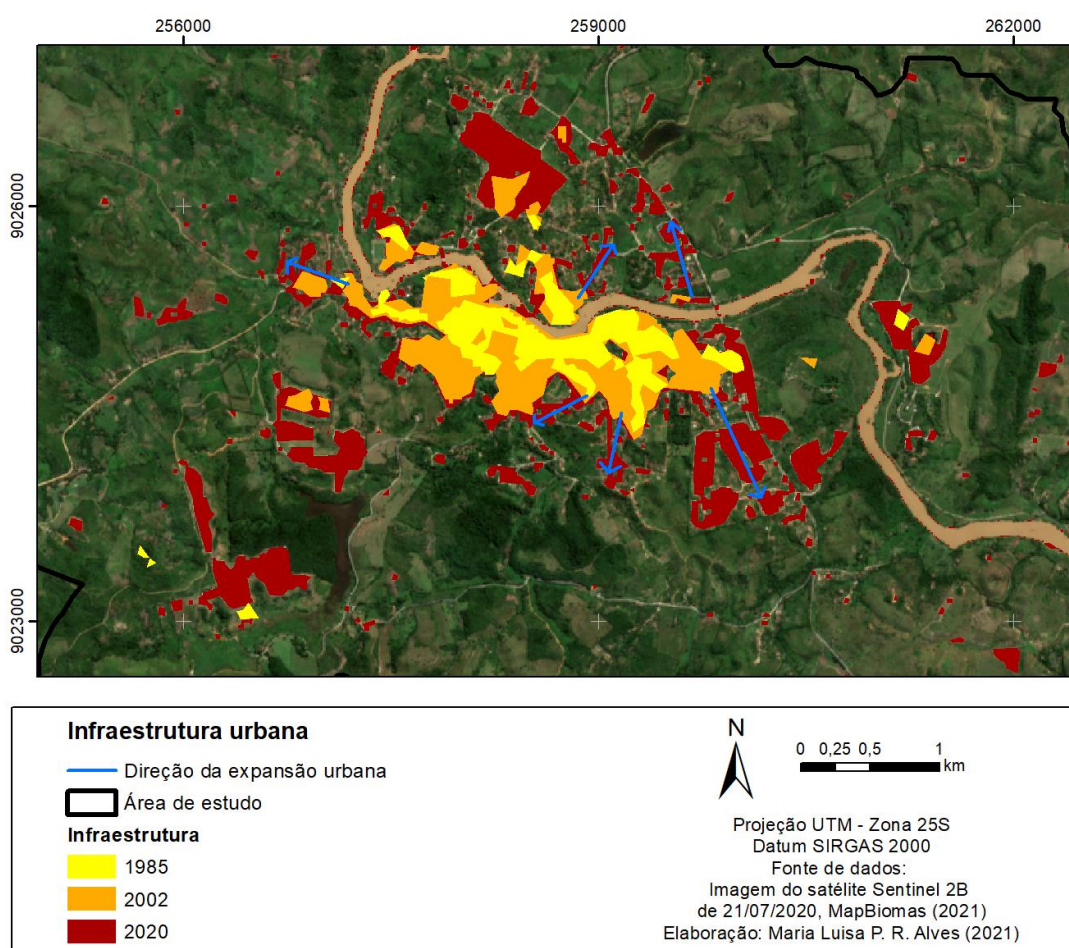


As residências representadas pelos dois polígonos menores do perímetro urbano foram construídas após a inundação ocorrida em 2010. Como as informações dos setores censitários são de 2010, não foi possível dizer qual o grau de atendimento aos serviços básicos nessas áreas.

Antes de gerar o mapa da Adequabilidade à Habitação a partir dos demais mapas já discutidos, foi feita uma avaliação da expansão urbana por meio da sobreposição da infraestrutura urbana dos três anos analisados anteriormente na variação do uso e ocupação na área de estudo, presente na Figura 32.

A Figura 35 apresenta a expansão urbana utilizando os anos de 1985, 2002 e 2020, sendo possível notar claramente o avanço da mancha urbana que ocorreu no município de Barreiros. As setas azuis presentes na figura mostram o direcionamento que a urbanização seguiu. Buscou-se identificar as áreas que possuíam terrenos com construções já existentes no entorno, evitando destacar as áreas com “vazios” urbanos entre os adensamentos populacionais.

Figura 35 – Expansão urbana na área de estudo nos anos de 1985, 2002 e 2020



É observado que a infraestrutura urbana em 2020 acompanhou a mancha dos demais anos mais ao Sul e Sudeste, com alguns avanços também na margem direita do rio Una – sentido Norte da área urbana –, com construções mais espaçadas umas das outras, salvo a unidade habitacional na zona Norte-Noroeste.

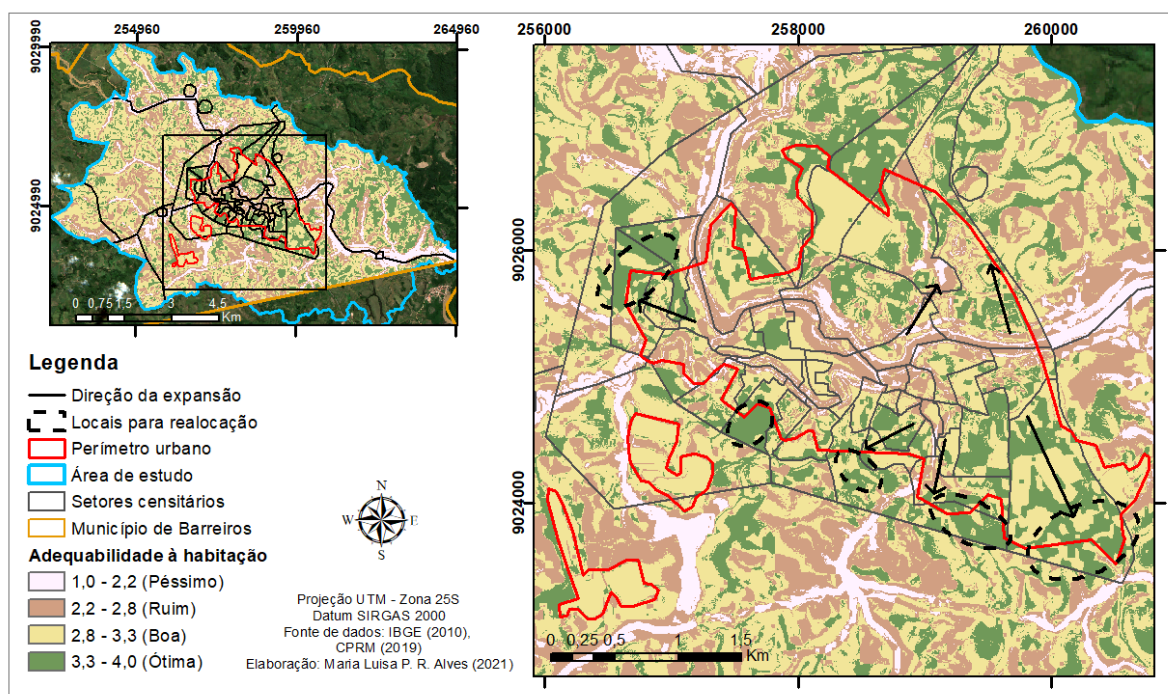
4.5.1 Mapa de Adequabilidade à Habitação

Por fim, obteve-se o mapa de Adequabilidade à Habitação reunindo todos os mapas anteriores já citados (Figura 36). Por meio da álgebra de mapas, os pesos dos

mapas foram redistribuídos conforme a Tabela 6, de acordo com o julgamento do grau de importância de cada fator para configurar uma localização adequada para ser habitada. As áreas foram divididas em quatro classes: péssima, ruim, boa e ótima, com as classes variando de 1,0 a 4,0.

As áreas apresentadas como péssima ou ruim para habitação são formadas, em sua maioria, pelos rios, áreas de alta suscetibilidade à inundação e pelas APPs, pois foram atribuídos a elas os pesos mais baixos, assim como também os setores censitários com baixa provimento de serviços básicos. Os locais considerados ótimos para habitação foram aqueles com maior oferta de infraestrutura básica, terrenos com declividade considerada adequada para moradia, locais de vegetação rasteira, regiões não inundáveis e áreas com ausência de APPs. Esse mapa é condizente com o mapa de Conforto Domiciliar onde mostra que os melhores setores censitários estão localizados ao sul e sudeste da área urbana.

Figura 36 – Mapa de Adequabilidade à Habitação na área de estudo no município de Barreiros-PE



Para determinar os locais mais adequados para realocação de moradores, foram sobrepostas nesse mapa as setas indicando a direção da expansão urbana (Figura 35), de forma a destacar as áreas classificadas como ótimas para adequabilidade à habitação que seguem esse fluxo. As demais áreas classificadas como “ótima” no interior do perímetro urbano não foram consideradas como locais potenciais para realocação pois são naturalmente áreas mais valorizadas, próximas

ao centro urbano, e por isso poderia ser um entrave para os governantes adquirirem os terrenos para construção de moradias populares. Contudo, esses locais disponíveis no interior da área urbana não podem ser descartados como áreas potenciais para alocação de novos residentes.

Assim, o mapa de Adequabilidade à Habitação trouxe bons resultados para determinar as áreas mais propícias para receber novos moradores, destacadas pelos círculos pontilhados. Ele poderá ser útil para tomada de decisão dos governantes municipais e/ou estaduais no que diz respeito à realocação dos habitantes residentes em áreas de alta suscetibilidade à inundação e em APPs. Por meio dele é possível colocar em pauta o reordenamento urbano, pois foi visto que existem espaços inutilizados próximos à zona urbana que poderiam ser adquiridos pela Prefeitura ou pelo Governo do Estado para deslocar essas pessoas, assim como dar um novo destino para as áreas desabitadas.

Quando os moradores são realocados, é comum que muitos retornem para as suas residências, muitas vezes pela insatisfação com o novo local por ser muito distante do anterior, o que acontece na prática. Por exemplo, em Nova Friburgo - RJ, moradores de locais sujeitos à inundação foram deslocados para uma área muito distante do centro onde anteriormente moravam, assim como em Barreiros, e não possuíam equipamentos públicos como escolas, creches, postos de saúde e transporte público. Isso facilitou a decisão desses habitantes retornarem para as áreas vulneráveis, já que não foi dado um novo destino a elas (Silva et al., 2019). Por isso que se torna importante optar por locais próximos à área urbana, de forma que não isole a população vulnerável e que, além disso, o local possua equipamentos públicos de qualidade para atender essa população vulnerável, sobretudo socialmente como foi visto a partir das entrevistas semiestruturadas.

Deste modo, é preciso também dar um destino para as áreas inutilizadas após saída dos moradores. Caso sejam APPs, pode ser realizado o reflorestamento nesses locais com o objetivo de restaurar a mata ciliar, pois a vegetação aumenta a infiltração da chuva, e reduz o carreamento de matéria orgânica e de resíduos sólidos para o leito dos rios. Consequentemente, essa prática reduz as inundações, além de atenuarem a sensação térmica da região (JONES; HOLE; ZAVALETA, 2012; MORECROFT et al., 2019).

Essa revitalização pode ser feita com a ajuda dos habitantes que residem nas adjacências, assim como os alunos de escolas municipais e estaduais, como um

trabalho de educação ambiental para conscientizar a população acerca da importância de manter a mata ciliar dos rios. Já as áreas de alta suscetibilidade à inundação podem ser convertidas em locais de lazer para a população, como parques que estimulem a atividade física, venda de artesanato local, apresentações culturais, entre outros fins.

Retomando as entrevistas que foram realizadas com a população mais vulnerável em relação às inundações no município de Barreiros, foi visto que apesar das condições de vulnerabilidade socioambiental que se encontram, elas são satisfeitas em viver na condição de constante ameaça pelas cheias no período de março a agosto, ano após ano. É preciso realizar trabalhos com essa população para que ela perceba que pode viver em condições mais dignas, que não há normalidade em ter suas casas inundadas, exposta a doenças infecciosas, principalmente nas áreas que não possuem coleta de esgoto doméstico.

Com isso, espera-se que o mapa de Adequabilidade à Habitação torne-se uma ferramenta útil para a gestão habitacional do Município, e que os governantes, em suas futuras tomadas de decisão, preocupem-se cada vez mais com o bem-estar da população mais carente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Barreiros é um município pernambucano que é recorrente por inundações que ocorrem entre os meses de março e agosto, conforme retrospectiva histórica dos eventos hidrometeorológicos que atingiram o município entre 1989 e 2020. Foi realizada a construção da barragem Serro Azul para retardar a força das águas direcionadas a Barreiros e municípios a montante deste, mas foi visto que apenas essa obra foi insuficiente para evitar a inundação que ocorreu no ano de 2017, deixando mais de 14 mil indivíduos desabrigados.

A metodologia utilizada para estimar as inundações foi aplicada, primeiramente comparando diferentes resoluções espaciais de MDTs, que servem como dado de entrada para o descritor de terreno HAND. Diante dos resultados obtidos, viu-se que o MDT do *LiDAR* apresentou uma maior semelhança com a drenagem local em comparação com o MDT do *Alos Palsar*. Consequentemente, o MDT de maior resolução espacial simulou mais satisfatoriamente a inundação de 2010 e de 2017. Contudo, o MDT do *LiDAR* para o município de Barreiros não é encontrado facilmente em sites oficiais como o site do Governo de Pernambuco, recomendando-se que seja disponibilizado publicamente.

O modelo HAND, utilizando o MDT do *LiDAR*, contabilizou 85,7% dos pontos ditos inundados e apenas 31% dos pontos ditos não inundados, de acordo com o cálculo da assertividade. O percentual baixo de acerto das áreas não inundadas pode ter relação com o tipo de relevo de Barreiros, formado por planícies, que favoreceu a expansão da mancha de inundação e que não necessariamente corresponde à realidade. Apesar disso, a simulação apresentou uma eficiência geral de 70,7% de assertividade e, portanto, foi validada a partir de outros trabalhos que apresentaram valores aproximados. Além disso, o descritor de terreno HAND foi capaz de representar as áreas de alta, média e baixa suscetibilidade à inundação.

Para a inundação de 2010, foi constatado que 54,2% da área urbana foi encoberta pelas águas, correspondendo a 6,42 km². Quanto à população atingida, 21.807 indivíduos tiveram suas casas inundadas, o que representa 66,5% da população urbana e que se aproximou à estimativa de 70% de pessoas afetadas diretamente pelas águas. Em contrapartida, quando avaliado os dados oficiais, a quantidade de afetados alcançou indiretamente toda população urbana barreirense

devido à interrupção de serviços básicos como fornecimento de água e energia elétrica e à indisponibilidade de suprimentos pelo comércio local.

De acordo com o registro oficial dos danos humanos do desastre ocorrido em maio de 2017, 50% da zona urbana foi afetada, totalizando 17.631 habitantes entre desabrigados e desalojados, enquanto a simulação com o modelo HAND atingiu 44,4% da população urbana, ou 14.552 pessoas. Em relação às duas inundações (2010 e 2017), houve uma maior subestimativa pelo modelo HAND no percentual de pessoas afetadas na cheia de 2017, que pode ter sido devido à estimativa realizada neste trabalho da proporção da área afetada pela inundação e da população residente nos setores censitários.

Os pontos de inundação presentes no interior das APPs representaram 69,7% do total de pontos atingidos pela simulação restritos à área urbana, corroborando para a primeira hipótese do trabalho que buscou verificar se os pontos de controle utilizados para validar o modelo HAND estão localizados em maior parte em áreas inapropriadas para habitação, como no interior das APPs. Isso revelou a necessidade de realocar as pessoas instaladas nessas localidades e reflorestar as matas ciliares das APPs, com o objetivo de mitigar as inundações.

As entrevistas realizadas com a população de Barreiros permitiram ter um maior conhecimento sobre as pessoas que vivem em uma situação de vulnerabilidade ambiental, mas também social, quando é visto que não possuem recursos financeiros para morar em locais mais seguros, muitas vezes dito durante as entrevistas. No que se refere ao nível de satisfação em morar nas áreas onde foram entrevistados, a maior parte está satisfeita (46%) ou muito satisfeita (33%) em residir ali, ao contrário do que era esperado nesta pesquisa. Essa constatação refutou a segunda hipótese desta pesquisa que afirmou que a maior parte dos moradores estão insatisfeitos em morar nesses locais suscetíveis à inundação.

Foi visto que apesar das adversidades causadas pelos desastres, a população está conformada com a situação em que vive e aprendeu a conviver com as inundações. Também se entendeu como as pessoas enxergam os desastres ou o risco de se concretizarem. Eles compreendem o nível de perigo em morar naquele local, mesmo assim estão satisfeitos com a condição atual.

A pesquisa apresentou limitações, principalmente na disponibilidade de dados socioeconômicos atualizados da população de Barreiros, tais como: tamanho da população, renda familiar, nível de instrução educacional e característica dos

domicílios. Por esse motivo tornou-se inviável a comparação direta dos dados coletados nas entrevistas neste trabalho com os dados oficiais mais recentes, referentes ao censo realizado em 2010. Isso mostra a necessidade de dados populacionais atualizados, como o censo demográfico que deveria ter sido realizado em 2020 para assim realizar estudos socioeconômicos mais consistentes da população brasileira.

A terceira etapa desta pesquisa foi indicar as áreas mais adequadas para se viver na área urbana ou em seu entorno. Assim, foi criado o mapa de Adequabilidade à Habitação, o qual indicou os locais mais propícios para se morar, e com o auxílio do mapa do eixo de expansão urbana foi possível indicar as áreas que acompanham o crescimento natural da cidade.

As áreas consideradas mais propícias para habitação foram indicadas no mapa e espera-se que este trabalho sirva para as autoridades locais e estaduais terem conhecimento dos melhores locais em caso de realocação dos moradores mais atingidos pelas inundações. A pesquisa também propôs indicar as áreas mais propensas a inundações para que sejam consideradas no novo Plano Diretor do município e assim seja evitada construções nessas regiões.

Para ações futuras, recomenda-se que os gestores públicos avaliem as áreas que apresentaram necessidade de intervenção, para uma melhoria na infraestrutura básica e a revitalização das APPs, essenciais para o controle das inundações. Também é sugerido que os dados das entrevistas sejam considerados para avaliar formas de melhorar as condições de vida dos habitantes que sofrem com as inundações periodicamente.

REFERÊNCIAS

- AFSHARI, S. et al. Comparison of new generation low-complexity flood inundation mapping tools with a hydrodynamic model. **Journal of Hydrology**, v. 556, p. 539–556, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.11.036>
- ALMEIDA NETO, D. J.; HELLER, L. Which is riskier: life on the floodplain or in housing imposed from above? The case of flood-prone areas in Rio Branco, Acre, Brazil. **Environment & Urbanization**, v. 28, n. 1, p. 169-182, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1177/0956247815613679>
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Bacia Hidrográfica otocodificada das bacias hidrográficas do Atlântico Nordeste Oriental, 2013**. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/efd77a1-3c73-4ca1-9cbc-7a2193ea743b>. Acesso em: 22 fev. 2021.
- ANDONG, R. F.; SAJOR, E. Urban sprawl, public transport, and increasing CO2 emissions: the case of Metro Manila, Philippines. **Environ Dev Sustain**, v. 19, p. 99-123, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-015-9729-8>
- APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Relatório de situação de recursos hídricos do estado de Pernambuco 2011/2012**. Recife: APAC, 2013. 116 p. Disponível em: <https://www.lai.pe.gov.br/apac/wp-content/uploads/sites/9/2019/03/Relat%C3%B3rio-de-situa%C3%A7%C3%A3o-de-recursos-h%C3%ADricos-do-Estado-de-Pernambuco-APAC-2011-2012.pdf>. Acesso em: 21 Mar 2020.
- APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Monitoramento Pluviométrico**. 2021. Disponível em: <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php#>. Acesso em: 15 jul. 2021.
- ASSUNÇÃO, V. K. Enchente de 1974 como drama social: relações entre percepção de risco, conflito e gentrificação. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 4, p. 195-212, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC1109v1742014>
- BANCO MUNDIAL. **Avaliação de perdas e danos** - Inundações bruscas em Pernambuco - junho de 2010. Brasília - DF: 2012. Disponível em: http://www.ecapra.org/sites/default/files/documents/DaLA_Pernambuco_Final_Baixa_Resolucao_0.pdf. Acesso em: 11 ago. 2019.
- BARREIROS. **Decreto Municipal nº 031/2019, de 23 de julho de 2019**. Revoga o Decreto nº 23/2019 e declara situação anormal caracterizada como “Situação de Emergência Nível II – por inundações” nas áreas do município afetadas pelas fortes chuvas ocorridas nos últimos dias. 2019a (não disponível online).
- BARREIROS. **Plano de Contingência 2019** (Versão 1.8). Prefeitura Municipal de Barreiros, 2019b (indisponível online).
- BDE - Base de Dados do Estado de Pernambuco. **Posição geográfica das sedes dos municípios**, 2005. Disponível em: http://www.bde.pe.gov.br/visualizacao/Visualizacao_formato2.aspx?CodInformacao=280&Cod=1. Acesso em: 05 fev. 2021.

BECK, U. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade – 2ª ed. – São Paulo: Editora 34, 2011. ISBN 978-85-7326-450-0

BERTONE P.; MARINHO C. Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais: A Visão do Planejamento. VI Congresso de Gestão Pública - CONSAD, **Anais...** Brasília, 16 a 18 de abril de 2013.

BHATT, C. M.; RAO, S. HAND (height above nearest drainage) tool and satellite-based geospatial analysis of Hyderabad (India) urban floods, September 2016. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 11, n. 600, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3952-1>

BIRKMANN, J. et al. Framing vulnerability, risk and societal responses: The MOVE framework. **Natural Hazards**, v. 67, n. 2, p. 193–211, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0558-5>

BRASIL. **Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília: DOU de 20/12/1979.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: DOU de 05/10/1988.

BRASIL. **Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília: DOU de 11/07/2001.

BRASIL. **Decreto nº 5.317, de 17 de fevereiro de 2005**. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC e o Conselho Nacional de Defesa Civil, e dá outras providências. Brasília: DOU de 18/02/2005.

BRASIL. **Decreto nº 7.513, de 1º de julho de 2011**. Altera o Decreto no 5.886, de 6 de setembro de 2006, que aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções Gratificadas do Ministério da Ciência e Tecnologia, e dispõe sobre o remanejamento de cargos em comissão. Brasília: DOU de 01/07/2011a.

BRASIL. **Portaria nº 209, de 9 de maio de 2011**. Reconhece o Estado de Calamidade Pública em Municípios do Estado de Pernambuco, afetados por Enxurradas ou Inundações Bruscas - NE.HEX - 12.302. Brasília: DOU de 10/05/2011b.

BRASIL. **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 e dá outras providências. Brasília: DOU de 11/04/2012a.

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965. Brasília, 2012b.

BRASIL. **Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais 2012-2014**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2012c. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/plano_nac_risco.pdf. Acesso em: 20 jun. 2021.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 2, de 20 de dezembro de 2016**. Estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e dá outras providências. Brasília: DOU de 21/12/2016.

BRASIL. **Módulo de formação: noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos**: livro base. Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Minimização de Desastres - Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017. 49 p. ISBN 978-85-68813-08-9

BRÊTAS, P. **Inflação atinge 10,63% para famílias com renda de 1 a 3 salários mínimos, aponta Fipe**, 2021. Disponível em: <https://extra.globo.com/economia-e-financas/inflacao-atinge-1063-para-familias-com-renda-de-1-3-salarios-minimos-aponta-fipe-25270314.html>. Acesso em: 07 dez. 2021.

BUARQUE, D. C.; FAN, F. M.; PAZ, A. R.; COLLISCHONN, W. Comparação de métodos para definir direções de escoamento a partir de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 14, n. 2, p. 91-103, 2009.

BUFFON, E. A. M.; GOUDARD, G.; MENDONÇA, F. A. Gestão de risco de desastres e medidas de adaptação em áreas de inundação urbana em Pinhais, Paraná – Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 4, n. 69, p. 635-646, 2017.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for earth resources assessment**. Oxford: Clarenton Press, 1986.

CAMPOS-VARGAS, M.; TOSCANA-APARICIO, A.; ALANÍS, J. C. Riesgos socionaturales: vulnerabilidad socioeconómica, justicia ambiental y justicia espacial. **Revista Colombiana de Geografía**, v. 24, n. 2, p. 53-69, 2015. DOI: <https://doi.org/10.15446/rcdg.v24n2.50207>

CÂNDIDO, A. K. A. A. et al. Modelo Digital de Superfície gerado a partir de imagens de VANT. In: Simpósio De Geotecnologias No Pantanal, 5., 2014, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2014, p. 296-303.

CARDONA, O. D. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. In: MASKREY, A. (org.). **Los Desastres No Son Naturales**. La Red, 1993. 140 p.

CARVALHO, G. A.; MOURA, A. C. M. Caracterização socio-econômica e ambiental como apoio à construção de estudos diagnósticos e prognósticos das realidades municipais. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 64, n. 2, p. 159–174, 2012.

CASTRO, V. L. S.; LIMA, D. M.; COSTA, A. H. A.; PAZ, A. R. Processamento de modelo digital de elevação para estimativa do tempo de percurso do escoamento superficial. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto - SBSR, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, INPE, 2015, p. 6305-6312.

CHAOLIN, G. U. Urbanization: Process and driving forces. **Sci China Earth Sci**, v. 62, n. 9, p. 1351-1360, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11430-018-9359-y>

CHAVES, M. A. **Modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes para a Bacia Amazônica**. Tese (doutorado em Ciência Florestal) - Viçosa - UFV, 2002. 115 p.

COLOMBO, S.; FREITAS, V. P. Da teoria do risco concreto à teoria do risco abstrato na sociedade pós-industrial: um estudo da sua aplicação no âmbito do direito ambiental. **Quaestio Iuris**, v. 8, n. 3, p. 1895-1912, 2015. DOI: <https://doi.org/10.12957/rqi.2015.18820>

CONDEPE/FIDEM. **Rio Una, GL 4 E GL 5**. N, Recife, p. 85, 2006. Disponível em: http://www.condepefidem.pe.gov.br/c/document_library/get_file?p_l_id=78673&folderId=141847&name=DLFE-11996.pdf. Acesso em: 29 ago. 2019.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Geodiversidade do Litoral Sul de Pernambuco, 2019**. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/21490>. Acesso em: 02 mar. 2021.

CRED – Centre for Research on the Epidemiology of Disasters; UNDRR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **2020: The Non-COVID Year in Disasters**. Brussels: CRED; 2021. Disponível em: https://emdat.be/sites/default/files/adsr_2020.pdf. Acesso em: 25 abri. 2021.

CRUZ, C. B. M. Avaliação da exatidão planialtimétrica dos modelos digitais de superfície (MDS) e do terreno (MDT) obtidos através do LIDAR, In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto - SBSR, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba, INPE, 2011.

CUTTER, S. L.; BARNES, L.; BERRY, M. BURTON, C.; EVANS, E.; TATE, E.; WEBB, J. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. **Global Environmental Change**, v. 18, p. 598–606, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013>

DIÁRIO DE PERNAMBUCO. Fortes chuvas geram pontos de inundação em Barreiros. Notícia de 18 de fevereiro de 2018. **Diário de Pernambuco** Disponível em: <https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2018/02/fortes-chuvas-geram-pontos-de-inundacoes-em-barreiros.html>. Acesso em: 15 maio 2021.

DIEHL, R. M.; GOUREVITCH, J. D.; DRAGO, S.; WEMPLE, B. C. Improving flood hazard using a low-complexity, probabilistic floodplain mapping approach. **PLoS ONE**, n.16, v. 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248683>

DYSON, T. **Population and Development: The Demographic Transition**. Zed Books Ltd: London | New York, 2010. 268 p. ISBN 978 1 84277 959 0 hb

EGG, G. C.; GRIPP JR., J.; MEDEIROS, N. G. Geração de modelos digitais de superfície compostos utilizando imagens do sensor prism/alos. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 65/5, p. 951-966, 2013. ISSN: 1808-0936.

EMBRAPA – Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

ESRI. **Cell size and resampling in analysis**. 2015. Disponível em: <http://resources.arcgis.com/>. Acesso em: 15 jun. 2021.

FAN, J.; ZHOU, L. Three-dimensional intergovernmental competition and urban sprawl: Evidence from Chinese prefectural-level cities. **Land Use Policy**, v. 87, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104035>

FBDS – Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. **Pernambuco, Barreiros**. Disponível em: <https://geo.fbds.org.br/PE/BARREIROS/>. Acesso em: 15 jul. 2021.

FIGUEIREDO, A. H. (Org.) **Brasil: uma visão geográfica e ambiental no início do século XXI**. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Geografia, 2016. 433 p.

FILGUEIRA, H. J. A.; NASCIMENTO, A. C. A. V.; CLEMENTE, J. C.; TARGINO, R. A. Assentamentos espontâneos nas zonas de risco: estudo de caso em João Pessoa, Paraíba, Brasil. **Cuadernos de Vivienda y Urbanismo**, v. 2, n. 3, p. 72–91, 2009. Disponível em: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cvyu/article/view/5502>. Acesso em: 14 ago. 2019.

FILGUEIRA, H.J.A. **Os desastres relacionados com fenômenos naturais no contexto dos sistemas organizacionais**. In: GARCIA, J.P.M. (Org.). Desastres na Paraíba: riscos, vulnerabilidade e resiliência. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, p. 53-63, 2013.

FISRWG - The Federal Interagency Stream Restoration Working Group. **Stream corridor restoration: Principles, Processes, and Practices**. Revised version. United States: FISRWG, 2001.

FLAMINO, J.; NORMAN, A.; WYATT, M. Modeling smart growth of cities thought entropy and logistics. **arXiv: Physics and Society**, v. 10, 2017. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1707.02360.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2021.

FONSECA, C. **Municípios da Mata Sul registram maior volume de chuva das últimas 24 horas em Pernambuco**. Site JC – UOL. Notícia de 15 de junho de 2020. Acesso em: <https://jc.ne10.uol.com.br/pernambuco/2020/06/5612624-municipios-da-mata-sul-registram-maior-volume-de-chuva-das-ultimas-24-horas-em-pernambuco.html>. Acesso em: 16 maio 2021.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de Estatística**. 6. ed. São Paulo: Atlas S. A., 2011. ISBN 978-85-224-1471-0

FONTANA, R. L. M.; COSTA, S. S.; SILVA, J. A. B.; RODRIGUES, A. J. Teorias demográficas e o crescimento populacional no mundo. **Ciências Humanas e Sociais Unit**, v. 2, n.3, p. 113-124, 2015. ISSN 2316-3143

G1 PE. **Chuva atinge Barreiros e Defesa Civil registra mais de 500 famílias desalojadas**. G1 Pernambuco, 2019. Disponível em:

<https://g1.globo.com/pe/paranambuco/noticia/2019/07/21/chuva-em-paranambuco-deixa-familias-desalojadas-e-ruas-alagadas.ghtml>. Acesso em: 30 ago. 2019.

G1 PE; TV GLOBO. **Chuva deixa ao menos 100 famílias desalojadas e ruas alagadas em Barreiros**. G1 Pernambuco e TV GLOBO. Notícia de 29 de maio de 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/paranambuco/noticia/2019/05/29/chuva-alaga-ruas-e-deixa-ao-menos-100-familias-desalojadas-em-barreiros.ghtml>. Acesso em: 15 mai. 2021.

GAROFALO, D. F. T.; LIESENBERG, V. Análise comparativa da informação altimétrica presente nos modelos digitais de elevação ASTER GDEM 1 e 2, SRTM e TOPODATA. **Anais...** XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa, p. 2867-2875, INPE, 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIMENES, A. C. W.; GOULART, A. C. O.; COELHO, A. L. N. O papel dos solos na avaliação de perigo e risco de desastres. In: MAGNOLI JÚNIOR et al. (org.) **Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano** – 2ª ed. – São Paulo: CPS, 2020. 865 p. ISBN: 978-65-87877-12-9 1.

GOERL, R. F.; KOBAYAMA, M. Redução dos desastres naturais: desafio dos geógrafos / Natural disaster reduction: the challenge of geographers. **Revista Ambiência**, v. 9, n. 1, p. 145–172, 2013. Disponível: : <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/1935>. Acesso em: 14 fev 2020.

GOERL, R. F.; CHAFFE, P. L. B.; SPECKHANN, G. A.; PELLERIN, J. R. G. M.; FLORES, J. A. A.; ABREU, J. J.; SANCHEZ, G. M. O modelo HAND como ferramenta de mapeamento de áreas propensas a inundar. In: XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2017a. Disponível em: <http://abrh.s3.amazonaws.com/Eventos/Trabalhos/60/PAP022645.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2019.

GOERL, R. F.; MICHEL, G. P.; KOBAYAMA, M. Mapeamento de áreas susceptíveis a inundação com o modelo HAND e análise do seu desempenho em diferentes resoluções espaciais. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 69, v. 1, p. 61-69, 2017b. ISSN: 1808-0936. Acesso em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44032>. Acesso em: 30 set. 2019.

HYNDMAN, D.; HYNDMAN, D. **Natural hazards and disasters**, 5ª ed., Boston: CENGAGE Learning, 2017. ISBN 978-1-305-58169-2

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biblioteca. Censo demográfico**: 1980: Pernambuco, 1980. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/72/cd_1980_v1_t4_n12_pe.pdf. Acesso em: 29 nov. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico 2010 - Pernambuco**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=29&uf=26>. Acesso em: 28 ago. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **MUNIC – Pesquisa de Informações Básicas Municipais** – Gestão do Saneamento Básico 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/protecao-social/10586-pesquisa-de-informacoes-basicas-municipais.html?=&t=downloads>. Acesso em: 05 dez. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População em áreas de risco no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018a. 91 p. ISBN 978-85-240-4468-7

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE apresenta panorama da urbanização no Brasil**. Agência IBGE Notícias, 2018b. Publicado em 20/06/2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/21494-ibge-apresenta-panorama-da-urbanizacao-no-brasil>. Acesso em: 28 out. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades: Barreiros**, 2021. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=29&uf=26>. Acesso em: 29 nov. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Inflação sobe 0,73% em dezembro e fecha 2021 com alta de 10,06%**, 2022. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/32725-inflacao-sobe-0-73-em-dezembro-e-fecha-2021-com-alta-de-10-06>. Acesso em: 22 jan. 2022.

III - Insurance Information Institute. **Facts + statistics: global catastrophes, 2020**. 2021. Disponível em: <https://www.iii.org/fact-statistic/facts-statistics-global-catastrophes>. Acesso em: 12 abr. 2021.

IPCC. The Intergovernmental Panel on Climate Change. **2018: Summary for Policymakers**. In: Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield. (Eds.). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. 2018. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf. Acesso em: 14 ago. 2021.

ISDR - International Strategy for Disaster Reduction. **Hyogo framework for action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters**. Genebra: United Nations, 2007. Disponível em: https://www.preventionweb.net/files/1037_hyogoframeworkforactionenglish.pdf. Acesso em: 01 jul. 2021.

JEDWAB, R.; CHRISTIAENSEN, L.; GINDELSKY, M. Demography, urbanization and development: Rural push, urban pull and urban push? **Journal of Urban Economics**, v. 98, p. 6–16, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jue.2015.09.002>

JOHNSON C.; BLACKBURN, S. Advocacy for urban resilience: UNISDR's making cities resilient campaign. **Environment and Urbanization**, v. 26, n. 1, p. 29-52, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1177/0956247813518684>

JONES, H.; HOLE, D.; ZAVALETA, E. Harnessing nature to help people adapt to climate change. **Nature Clim Change**, n. 2, p. 504–509, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate1463>

KELMAN, I. Pandemic by choice. **Chemistry & Industry**, v. 84, n. 5, p. 40-40, 2020. DOI: https://doi.org/10.1002/cind.12_845.x

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos –1ª ed.** – Curitiba: Organic Trading, 2006. 109 p. ISBN – 85-87755-03-X

LAVELL, A. (org.). **La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica.** Guatemala: CEPREDENAC (Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central) - PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), 2003.

LEAL, F. C. B. S.; BARBOSA, I. A. M. R.; AQUINO, J. T. Mapeamento de áreas vulneráveis à inundação com uso do SIG e da análise multicritério: o caso da Bacia Hidrográfica do rio Una em Pernambuco. **R. gest. sust. ambient.**, v. 9, p. 20-40, 2020. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e01202020-40>

LEFF, H. Complexidade, interdisciplinaridade e saber ambiental. In: PHILIPPI JR., A. et al. (org.) **Interdisciplinaridade em ciências ambientais.** São Paulo: Signus Editor, 2000.

LEGARDA, A. A.; BUENDÍA, M. P. Justicia Ambiental. El estado de la cuestión. **Revista Internacional de Sociología (RIS)**, v. 69, n. 3, p. 627-648, 2011. DOI:10.3989/ris.2009.12.210

LI, Z.; MOUNT, J.; DEMIR, I. Accounting for uncertainty in real-time flood inundation mapping using HAND model: Iowa case study. **Nat Hazards**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05215-z>

MAGNOLI JÚNIOR, L.; MAGNOLI, M. G. M. Prevenir e antecipar para não remediar: o ensino de geografia, a redução do risco de desastres e a resiliência no mundo globalizado. In: MAGNOLI JÚNIOR, L. et al. (org.) **Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano.** 2. edição. São Paulo: Centro Paulo Souza, 2020. p. 76-100. ISBN: 978-65-87877-12-9

MAKENA, B.; OSUNGA, M.; KING'ORI, S.; ABDILLAHI, H. S. **Geo-Information tools to investigate flood risk: A Case Study of Kwale County.** International Center for Humanitarian Affairs, Kenya Red Cross, Occasional Paper Series 5, 2020. 11 p. Disponível em: <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Use%20of%20Geo-Information%20Tools%20to%20Investigate%20Flood%20Risk%20.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2021.

MAPBIOMAS. **Visão geral da metodologia**, 2019. Disponível em: <https://mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia>. Acesso em: 12 dez. 2021.

MARCONI; LAKATOS. **Fundamentos da Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: ATLAS, 2003.

MARICATO, E. Para entender a crise urbana. **CaderNAU** - Cadernos do Núcleo de Análises Urbanas, v.8, n. 1, p. 11-22, 2015.

MARQUES, C. Resiliência urbana e bem-estar no Brasil: reflexões a partir dos objetivos do desenvolvimento sustentável. In: MAGNOLI JÚNIOR, L. et al. (org.). **Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano**. 2ª edição, São Paulo: Centro Paula Souza, 2020. p. 132-145. ISBN: 978-65-87877-12-9

MARQUES, A. Forte chuva em Petrópolis causa inundações, arrasta carros e provoca queda de barreiras; mortes passam de 30. G1, 15 de fevereiro de 2022a. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/2022/02/15/grande-voluma-de-chuva-causa-inundacoes-arrasta-carros-e-provoca-queda-de-barreiras-em-petropolis.ghtml>. Acesso em: 14 mar. 2022.

MARQUES, A. Tragédia em Petrópolis chega a 233 mortos; há quatro desaparecidos. G1, 04 de março de 2022b. Disponível: <https://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/2022/03/04/tragedia-em-petropolis-chega-a-233-mortos-ha-quatro-desaparecidos.ghtml>. Acesso em: 14 mar. 2022.

MARTINS, T. Apac emite alertas para regiões ribeirinhas da Mata Sul. **Diário de Pernambuco**, 2019. Disponível em: <https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2019/07/apac-emite-alertas-para-regioes-ribeirinhas-da-mata-sul.html>. Acesso em: 30 ago. 2019.

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional. **Relatório de Gestão do Exercício de 2019**. Brasília, 2020. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/2020/7.JULHO/Relat%C3%B3rio_de_Gest%C3%A3o_2019-2020_VF.pdf. Acesso em: 22 jun. 2021.

MENGUE, V. P., SCOTTÁ, F. C., SILVA, T. S.; FARINA, F. Utilização do modelo HAND para mapeamento das áreas mais suscetíveis à inundação no rio Uruguai. **Pesquisas em Geociências**, n. 43, v. 1, p. 41-53, 2016. DOI: 10.22456/1807-9806.78191

MENGUE, V.; GUERRA, R.; MONTEIRO, D.; MORAES, M.; VOGT, H. Análise da expansão urbana em áreas suscetíveis à inundação utilizando o modelo HAND: o caso da Região Metropolitana de Porto Alegre, Brasil. **GOT - Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 12, 2017. DOI: [10.17127/got/2017.12.010](https://doi.org/10.17127/got/2017.12.010)

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**. n. 69, v. 4; 2017. ISSN: 1808-0936. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileira_cartografia/article/view/44327. Acesso em: 21 out. 2019.

MIRANDA, A. M. **Moradores da Mata Sul aguardam obra de barragem parada desde 2013**. NE10 INTERIOR. Notícia de 18/06/2020. Disponível em: <https://interior.ne10.uol.com.br/noticias/2020/06/18/moradores-da-mata-sul-aguardam-obra-de-barragem-parada-desde-2013-190339>. Acesso em: 22 jun. 2021.

MOMO, M. R.; PINHEIRO, A.; SEVERO, D. L.; CUARTAS, L. A.; NOBRE, A. D. Desempenho do modelo HAND no mapeamento de áreas suscetíveis à inundação usando dados de alta resolução espacial. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 21, n. 1, p. 200-208, 2016. DOI: [10.21168/rbrh.v21n1.p200-208](https://doi.org/10.21168/rbrh.v21n1.p200-208)

MOORE, R. J.; BELL, V. A.; JONES, D. A. Forecasting for flood warning. **Comptes Rendus - Geoscience**, v. 337, n. 1–2, p. 203–217, 2005.

MORECROFTET, M. D.; DUFFIELD, S.; HARLEY, M.; PEARCE-HIGGINS, J. W.; STEVENS, N.; WATTS, O.; WHITAKER, J. Measuring the success of climate change adaptation and mitigation in terrestrial ecosystems. **Science**, n. 366, w9256, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aaw925>

NADALIN, V.; IGLIORI, D. Espreadimento urbano e periferização da pobreza na região metropolitana de São Paulo: evidências empíricas. **EURE**, v. 41, n. 124, p. 91-111, 2015. ISSN digital: 0717-6236

NARVAÉZ, L.; LAVELL, A.; ORTEGA, G. P. **La gestión del riesgo de desastres: un enfoque basado en procesos**. Lima: PREDECAN - Proyecto Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina, 2009. 106 p. ISBN: 978-9972-787-88-1

NASCIMENTO, A. **Sete anos depois da enchente de 2010, por que ainda há inundações na Mata Sul?** Diário de Pernambuco. Notícia de 29/05/2017. Disponível em: <https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2017/05/sete-anos-depois-da-enchente-de-2010-por-que-ainda-ha-inundacoes-na-m.html>. Acesso em: 22 jun. 2021.

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

NOGUEIRA, F. R. Gestão dos riscos nos Municípios. In: MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Prevenção de riscos de deslizamentos em encostas**: Guia para elaboração de políticas municipais. Brasília: Ministério das Cidades/Cities Alliance, 2006.

O GLOBO. **Após a enchente, moradores de Barreiros, em Pernambuco, esperam por doações**. Notícia de 08/05/2011. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/apos-enchente-moradores-de-barreiros-em-pernambuco-esperam-por-doacoes-2773219>. Acesso em: 15 mai. 2021.

O'CALLAGHAN, J. F., MARK, D. M. The extraction of drainage networks from digital elevation data. **Computer Vision, Graphics and Image Processing**. n. 28, p.323–344, 1984. DOI: [10.1016/S0734-189X\(84\)80011-0](https://doi.org/10.1016/S0734-189X(84)80011-0)

O'KEEFE, P.; WESTGATE, K.; WISNER, B. Taking the naturalness out of natural disasters. **Nature**, v. 260, p. 566-567, 1976. DOI: [https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1038/260566a0](https://doi.org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1038/260566a0)

OCHA - United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. **Natural disasters in Latin America and the Caribbean 2000-2019**. Balboa: OCHA, março de 2020. 20 p. Disponível em: https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/20191203-ocha-desastres_naturales.pdf. Acesso em: 15 jun. 2021.

OLIVEIRA, E. L. A. Vulnerabilidade: a questão central da equação de risco. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v. 22, p. 01-09, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5902/2236499429448>

PACHECO, A. P.; CENTENO, J. A. S.; ASSUNÇÃO, M. G. T.; BOTELHO, M. F. Classificação de pontos LIDAR para a geração do MDT Bol. **Ciênc. Geod. (Online)** v.17, n. 3, 2011. ISSN 1982-2170. DOI: [10.1590/S1982-21702011000300006](https://doi.org/10.1590/S1982-21702011000300006)

PARKER, J.; ZINGONI DE BARO, M. E. Green Infrastructure in the Urban Environment: A systematic quantitative review. **Sustainability**, v. 11, n. 11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11113182>

PE A-Z. **Enchentes, 2021**. Disponível em: <https://www.pe-az.com.br/o-estado/fenomenos-naturais/1400-enchentes>. Acesso em: 04 mai. 2021.

PEDRAZZI, J. A. **FACENS – Hidrologia aplicada**. Disponível em: <http://www.facens.br/site/alunos/download/hidrologia>. Acesso em: 12 jul. 2021.

PEIXOTO, F. S.; RODRIGUES, J. P. B.; ALBUQUERQUE, P. I. M. Gestão integrada dos recursos hídricos e a problemática das inundações urbanas. **Geografia (Londrina)**, v. 28, n. 1, p. 187-206, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2019v28n1p187>

PNUD - Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento. **Acompanhando a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**: subsídios iniciais do Sistema das Nações Unidas no Brasil sobre a identificação de indicadores nacionais referentes aos objetivos de desenvolvimento sustentável. Brasília: PNUD, 2015. 250 p. ISBN: 978-85-88201-29-3

RENNÓ, C. D.; NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; SOARES, J. V.; HODNETT, M. G.; TOMASELLA, J.; WATERLOO, M. J. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 9, p. 3469–3481, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.03.018>

ROBAINA, L. E. S. Espaço urbano: relação com os acidentes e desastres naturais no Brasil. **Ciência e Natura**, v. 30, n. 2, p. 93–105, 2008.

RODRIGUES, M. R. A resposta à prevenção: interfaces entre a gestão de risco de desastres e o planejamento urbano. **Geo UERJ**, n. 36, 2020. DOI: <https://doi.org/10.12957/geouerj.2020.48404>

ROQUE, A. A. O.; ROCHA, J. V.; SEIXAS, S. R. C.; STRAPASSON, A. B.; INTERLICHE, P. H. Vulnerabilidade agrária-socioambiental em São Paulo. In: MAGNOLI JÚNIOR et al. (org.) **Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano** – 2ª ed. – São Paulo: CPS, 2020. 865 p. ISBN: 978-65-87877-12-9 1.

S2iD – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres **Decreto nº 19.785, de 21 de maio de 1997**. Homologa, na forma do Decreto Federal nº 895/93, a declaração de "Estado de Calamidade Pública" nas áreas que especifica no Município de Barreiros e dê outras providências. Disponível em: <https://cdn.labtrans.ufsc.br/s2id/PE/PE-D-2601409-12200-19970513.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2021.

S2iD – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. **Portaria nº 421, de 28 de julho de 1989**. Disponível em: <https://cdn.labtrans.ufsc.br/s2id/PE/PE-P-2601409-12200-19890720.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2021.

S2iD – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. **Decreto nº 017 de junho de 2000**. Decreta estado de calamidade pública no Município dos Barreiros, estabelece medidas para o atendimento de necessidades urgentes da população e dá outras providências. 2000a. Disponível em: <https://cdn.labtrans.ufsc.br/s2id/PE/PE-D-2601409-12200-20000627.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2021.

S2iD – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. **Decreto Municipal nº 021/2000**. Decreta estado de calamidade pública no Município dos Barreiros, estabelece medidas para o atendimento de necessidades urgentes da população e dá outras providências. 2000b. Disponível em: <https://cdn.labtrans.ufsc.br/s2id/PE/PE-D-2601409-12200-20000627.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2021.

SANTOS, P. P.; TAVARES, A. L. Aplicação de Q-Methodology no processo de envolvimento de entidades municipais na prevenção e gestão de desastres ao nível intermunicipal. In: MAGNONI JÚNIOR et al. (org.) **Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano**. 2. ed. São Paulo: CPS, 2020. p. 433- 453.

SILVA JUNIOR, O. M.; SANTOS, L. S.; RODRIGUES, M. R.C. Panorama dos riscos costeiros no estado do Amapá: conhecer para agir. In: MAGNOLI JÚNIOR, L. et al. (org.) **Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano**. 2. ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2020. p. 454-472. ISBN: 978-65-87877-12-9

SILVA, C. G. T.; BAPTISTA NETO, J. A.; FREITAS, C. M.; SANTOS, M. P.; NASCIMENTO, M. T. L.; SANTOS, A. D. O. Análise dos programas governamentais voltados para a redução de riscos e recuperação pós-desastres na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro. In: PRANDEL, J. A. (org.) **Redução de riscos de desastres: métodos e práticas**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.5931915045>

SILVA, R. O. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SOUZA, W. M. Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 22, n. 3, p. 579–589, 2017.

SINDEC – Sistema Nacional de Defesa Civil. **Avaliação de Danos**. Município de Barreiros-PE. Data de ocorrência: 18 de junho de 2010. Disponível em: <https://cdn.labtrans.ufsc.br/s2id/PE/PE-A-2601409-12200-20100618.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2021.

SINPDEC – Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil. **Formulário de Informações do Desastre (FIDE)**. Município de Barreiros-PE. Data de ocorrência: 29 de maio de 2017 (não disponível online).

SPECKHANN, G. A.; CHAFFE, P. L. B.; GOERL, R. F. ABREU, J. J.; FLORES, J. A. A. Flood hazard mapping in Southern Brazil: a combination of flow frequency analysis and the HAND model. **Hydrological Sciences Journal**, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/02626667.2017.1409896>

TAVARES, A. O. Referenciais e modelos de governação dos riscos. In: LOURENÇO, L.; MATEUS, M. A. (org.). **Riscos naturais, antrópicos e mistos**. Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo. Coimbra: Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 2013. p. 63–80.

TCU - TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Relatório de auditoria operacional**. Processo TC-035.869/2015-1. 2017. Disponível em: www.tcu.gov.br. Acesso em: 29 jun. 2021.

TRIBE, A. Automated recognition of valley lines and drainage networks from grid digital elevation models: a review and a new method. **Journal of Hydrology**, v. 139, p. 263-293, 1992.

TSCHIEDEL, A. F.; MONTE, B. E. O.; MEDEIROS, M. S.; MIERES, L. S.; FAN, F. M. Construção de um modelo digital de superfície de uma voçoroca a partir do uso de drone. In: Brazilian Meeting of Sediment Engineering - I Particles in the Americas, 12., 2018, Vitória. **Anais...** Vitória, 2018.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos avançados**, v.22, n. 63, p. 97-112, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295/11943>. Acesso em: 17 dez. 2020.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Ministério das Cidades - Global Water Partnership - World Bank - Unesco, 2005. 270 p.

UFSC - Universidade Federal De Santa Catarina. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012**: volume Pernambuco / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2. ed. rev. ampl. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. Disponível em: <http://www.ceped.ufsc.br/>. Acesso em: 21 jul. 2021.

UFSC - Universidade Federal De Santa Catarina. **Atlas digital de desastres no Brasil** – Mapa interativo, 2021. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil (CEPED). Disponível em: <https://atlas.ceped.ufsc.br/paginas/graficos.xhtml>. Acesso em: 13 abr. 2021.

UNISDR - The United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **Terminology on Disaster Risk Reduction 2009**. Genebra: United Nations, 2009.

UNISDR - The United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **Como construir cidades mais resilientes**: Um guia para gestores públicos locais. Genebra: United Nations, 2012.

UNISDR - The United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030**. 1st ed. Genebra: United Nations, 2015.

UNITED NATIONS. Resolution 127 (III) A, The General Assembly. **International Declaration of Human Rights**. 177th Plenary Meeting, 8 December 1948. Disponível em: [https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/217\(III\)&Lang=E](https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/217(III)&Lang=E). Acesso em: 12 jul. 2021.

UNITED NATIONS. Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction. **Sustainable development: disaster risk reduction**. General Assembly, seventy-first session, 2016. 41p.

UNITED NATIONS. **The Sustainable Development Goals Report 2019**. New York, 2019. e-ISBN: 978-92-1-047887-8

VALENCIO, N. Da morte da Quimera à procura de Pégaso: a importância da interpretação sociológica na análise do fenômeno denominado desastre. In: VALENCIO, N. et al. (org.) **Sociologia dos Desastres**: Construção, interfaces e perspectivas no Brasil. São Carlos: RiMa Editora, 2009. Disponível em: http://www.crpsp.org.br/portal/comunicacao/diversos/mini_cd_oficinas/pdfs/livro-sociologia-dos-desastres.pdf. Acesso em: 11 mai. 2020.

VARGAS, J. **Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales**. v. 50, Santiago: CEPAL, Naciones Unidas, 2002.

VITAL, S. R.O.; FERREIRA, B.; GIRÃO, O.; SANTOS, C. L.; NUNES, F. C.; SILVEIRA, T. A. Base cartográfica digital como Instrumento para a identificação de áreas suscetíveis à erosão e movimentos de massa em João Pessoa (PB), Brasil. **Revista Geográfica da América Central**, n. 57, p. 261-287, 2016. ISSN 1011-484X. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=451748499011>. Acesso em: 02 dez. 2021.

ZAHED FILHO, K.; MARTINS, J. R. S.; PORTO, M. F. A.; CUCIO, M. S. Coleção Águas Urbanas – **Fascículo 3: Inundações urbanas**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - PHA2537 – Água em Ambientes Urbanos, 2012. 20 p.

ZANANDREA, F. VANELLI, F. A.; TAVARES, T. G. A.; GOLDENFUM, J. A. Delimitação da área potencialmente afetada pela cheia histórica de 1974 em Tubarão, SC. I Encontro Nacional de Desastres, **Anais...** ABRH, Porto Alegre, 25 a 27 de julho de 2018. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=3742>. Acesso em: 11 ago. 2019.

ZAZYKI, M. A.; MARIN, S.; MOURA, G. L. Impactos da urbanização brasileira e o direito de propriedade. **Revista Gestão e Desenvolvimento**, v. 17, n. 3, p. 34-55, 2020. DOI: <https://doi.org/10.25112/rgd.v17i3.1993>

APÊNDICE A

ENTREVISTA COM OS ATORES SOCIAIS DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES EM BARREIROS – PE

Nº do questionário: _____

Posição geográfica: _____

Data: ____ / ____ / ____

1. Informações básicas do(a) entrevistado(a) e de sua residência:

1.1 Sexo: () Feminino () Masculino

1.2 Idade: _____

1.3 Em relação a cor ou raça, você se autodeclara: () Branco () Preto () Pardo () Indígena () Amarelo () Outro: _____

1.4 Escolaridade: () Não alfabetizado () Alfabetizado () Ensino fundamental completo

() Ensino médio completo () Ensino superior completo () outro: _____

1.5 Ocupação: () Trabalho informal () Trabalho formal () Desempregado () Aposentado () Estudante

1.6 Representante da família? () SIM () NÃO Caso não seja, o representando é: () Homem () Mulher

1.7 Quantidade de pessoas que moram na residência (incluindo você): _____

1.8 Quantidade de crianças: _____

1.9 Presença de pessoas acamadas: () SIM () NÃO Se sim, quantas? _____

1.10 Presença de pessoas com necessidades especiais: () SIM () NÃO Se sim, quantas? _____

Qual(is) a(s) necessidade(s)? _____

1.11 Renda mensal familiar: () Menos que R\$1.100,00 () De R\$1.100,00 a R\$2.200,00 () De R\$2.200,00 a R\$3.300,00 () De R\$3.300,00 a R\$4.400,00 () De R\$4.400,00 a R\$5.500,00 () Acima de R\$5.500,00

1.12 Recebe algum tipo de auxílio do governo? () SIM () NÃO Se sim, qual? _____

1.13 Tipo de propriedade? () Própria () Alugada () Outro tipo: _____

1.14 Padrão de construção? () de alvenaria com reboco () de alvenaria sem reboco () taipa () outro: _____

1.15 Endereço da residência: _____

2. Há quanto tempo você mora neste local?

() Menos de 1 ano

() Entre 1 e 3 anos

() Entre 3 e 5 anos

() Entre 5 e 10 anos

() Entre 10 e 20 anos

() Mais de 20 anos.

3. Em relação à infraestrutura básica na residência, você tem acesso à:

3.1 Água encanada? () SIM () NÃO

3.2 Coleta de esgoto? () SIM () NÃO

3.3 Coleta de resíduos sólidos? () SIM () NÃO

3.4 Energia elétrica? () SIM () NÃO

4. Em relação ao lixo na comunidade, você nota que há o acúmulo desses resíduos:

4.1 Em sua rua? () SIM () NÃO. Se sim, onde? _____

4.2 Próximo (às margens) ou diretamente no rio? () SIM () NÃO

5. No seu entendimento, você:

5.1 Está exposto(a) a algum tipo de risco? () SIM () NÃO

Caso esteja, que tipo de risco seria? _____

5.2 Em sua opinião, qual o nível de perigo (fenômenos naturais) em morar nessa localidade:

() Alto () Médio () Baixo

6. Você já foi orientado(a) sobre prevenção de riscos (na sua casa e rua) por algum funcionário da prefeitura?

() SIM () NÃO

7. Qual é a melhor forma para você receber informações sobre prevenção de riscos de desastres? **(múltipla escolha)**
☐ rádio ☐ TV ☐ internet ☐ agente do PSF ☐ faixa/cartazes ☐ jornal/revista
☐ livreto ☐ pela Defesa Civil ☐ do vereador ☐ pela escola ☐ pela igreja ☐ pela Associação de Bairro ☐ amigos ☐ família ☐ outro(s). Qual(is)? _____
8. Em relação ao transbordamento dos rios:
 8.1 No período em que você reside aqui, o rio mais próximo à sua residência transbordou todos os anos?
☐ SIM ☐ NÃO
 8.2 Nos anos de transbordamento, qual foi a frequência com que esse evento geralmente ocorreu?
☐ 1 vez ☐ 2 vezes ☐ 3 vezes ☐ 4 vezes ☐ Mais de 5 vezes ☐ Não se aplica
 8.3 Em que época do ano essas enchentes geralmente ocorrem? **(múltipla escolha)**
☐ Dezembro a fevereiro ☐ Março a Maio ☐ Junho a Agosto ☐ Setembro a Novembro
☐ Não se aplica
9. Ainda em relação às inundações anteriores:
 9.1 Você já sofreu com inundações em sua residência? ☐ SIM ☐ NÃO
 Se sim, quantas vezes? ☐ 1 vez ☐ 2 vezes ☐ 3 vezes ☐ 4 vezes ou mais ☐ Não se aplica
 9.2 Caso tenha sido atingido por alguma inundação, que tipo de ajuda recebeu? ☐ Fui levado para um abrigo ☐ Recebi cesta básica ☐ Recebi ajuda financeira ☐ outro: _____
☐ Não se aplica
 9.3 Existe alguma marca de água de inundação em sua moradia? ☐ SIM ☐ NÃO Caso haja, altura da marca de água (fazer referência própria): _____
☐ Não se aplica
10. Em caso de desastre, a quem você procura? **(múltipla escolha)**
☐ Prefeitura ☐ Igreja ☐ Corpo de Bombeiros Militar ☐ Polícia ☐ Defesa Civil
☐ Outro: _____
11. Na sua opinião, de quem é a culpa dos desastres? **(múltipla escolha)**
☐ Da prefeitura ☐ Da defesa civil ☐ Do tempo ☐ Minha ☐ Outro: _____
12. O local onde você mora:
 12.1 Fica próximo ao seu local de trabalho ou dos demais familiares? ☐ SIM ☐ NÃO ☐ Não se aplica
 12.2 Fica próxima à escola do(s) filho(s)? ☐ SIM ☐ NÃO ☐ Não se aplica
 12.3 Fica próximo a alguma unidade de saúde? ☐ SIM ☐ NÃO
 12.4 Possui transporte público próximo (ponto de ônibus)? ☐ SIM ☐ NÃO
 12.5 Apresenta segurança nas ruas? ☐ SIM ☐ NÃO
 12.6 Além dos itens anteriores, qual seria outro motivo para morar nesse local?

13. Caso houvesse um local mais seguro para morar, você estaria disposto a se mudar? ☐ SIM ☐ NÃO
☐ Depende, somente na condição de _____

14. Qual o seu nível de satisfação em morar aqui?
☐ Muito insatisfeito ☐ Insatisfeito ☐ Indiferente ☐ Satisfeito ☐ Muito satisfeito
 Por quê? _____

