



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**GUDO BAI ARMANDO MAIDJELELE**

**FATORES DA INCIDÊNCIA DO RISCO DE INUNDAÇÃO URBANA DA CIDADE  
DA BEIRA, MOÇAMBIQUE**

Brasília, DF  
2023

**GUDO BAI ARMANDO MAIDJELELE**

**FATORES DA INCIDÊNCIA DO RISCO DE INUNDAÇÃO URBANA DA CIDADE  
DA BEIRA, MOÇAMBIQUE**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação do Centro de Desenvolvimento Sustentável, da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento Sustentável.

Orientadora: Profa. Dra. Laura Angélica Ferreira Darnet

Brasília, DF  
2023

**GUDO BAI ARMANDO MAIDJELELE**

**FATORES DA INCIDÊNCIA DO RISCO DE INUNDAÇÃO URBANA DA CIDADE  
DA BEIRA, MOÇAMBIQUE**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação do Centro de Desenvolvimento Sustentável, da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento Sustentável.

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/2023

**BANCA EXAMINADORA**

\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Laura Angélica Ferreira Darnet – (CDS-UnB)  
(Orientadora)

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Edson Vicente da Silva – (UFC)  
(Examinador Externo)

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Jorge Manuel do Rosário Trindade – (UAb)  
(Examinador Externo)

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Gladston Luiz da Silva – (UnB)  
(Examinador Externo)

\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Stephante Caroline Nasuti – (CDS-UnB)  
(Suplente)

Dedico esta tese às pessoas que se encontram em situação de risco em eventos climáticos, especialmente, às vítimas sobreviventes do ciclone Idai e das inundações na Beira, em 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho só foi possível porque inúmeras pessoas deram apoio à pesquisa ao longo desses quatro anos. Apesar de o espaço não permitir citar nominalmente a todos, fica o eterno agradecimento a cada um que participou de alguma forma deste processo, especialmente:

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela bolsa de doutorado, sem a qual não seria possível me dedicar à elaboração deste texto com a mesma disponibilidade.

Ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Sustentável, aos colegas de doutorado e, particularmente, ao professor Drummond, pela oportunidade de aprender, debater e desenvolver esta pesquisa.

À minha orientadora, Profa. Dra. Laura Angélica Ferreira Darnet, por ter acolhido este trabalho na reta final. Agradeço a confiança em mim depositada.

Aos meus pais, Armando Maidjelele Macanga e Laurina Gonessa, e aos meus irmãos, Alves Armando Maidjelele e Helena Armando Maidjelele, aos sobrinhos, Alberto Dondo, Juliana Magona, Lisboa João, Alberto Matchona.

Aos professores Edson Vicente da Silva, Jorge Manuel do Rosário Trindade, Gladston Luiz da Silva, Júlio Acácio António Pacheco, Lúcio Correia Miranda. Obrigado pelo apoio incondicional a cada etapa dessa caminhada de vida e pela ajuda inestimável nos últimos dias de estruturação da tese. Sem vocês, nada disso teria sido possível.

À minha esposa, Filomena Elídio Filipe Colaço, pelo companheirismo e incentivo para a realização deste trabalho, vai a minha imensa gratidão pelo carinho e tudo que fez para me sentir na companhia da nossa família e realizar este feito que marca a nossa vida. Finalmente, gostaria de deixar agradecimentos especiais aos meus filhos, Télvia, Suellen e Kauê da Filomena Gudo-Bai Maidjelele, pelo sorriso, amor e carinho.

## RESUMO

Entender os fatores por trás dos riscos de inundações urbana é fundamental para reduzir seus impactos devastadores para o ser humano e a sociedade. Este estudo analisa os fatores de incidência do risco de inundações e suas consequências socioambientais na cidade da Beira, Moçambique, no período de 1980 a 2020, bem como compreender as percepções que as populações locais têm sobre os riscos de inundações. Para este estudo é proposto o método qualitativo. Os dados primários foram coletados por meio de entrevistas semiestruturadas em 16 bairros de diferentes tamanhos populacionais para compreender as percepções locais dos riscos de inundações. Para complementar os dados primários, este estudo utilizou os dados secundários, imagens de satélite multitemporais *Landsat Multispectral Scanner System* [MSS], *Multispectral Scanner System* [TM] e *Operational Land Imager* [OLI], para quantificar a expansão decadal das áreas urbanas e seus efeitos sobre risco de inundação. Em seguida, foram analisadas a variabilidade e as tendências da precipitação anual e da temperatura da Beira, para se estimar o possível impacto das mudanças climáticas. Nos mapas de suscetibilidade a inundações, utilizou-se o processo de hierarquia analítica (AHP) para avaliação da suscetibilidade de inundação. Finalmente, apresentou-se o papel das instituições moçambicanas na gestão de risco de inundação, bem como a proposta de gestão dos riscos de inundação urbana na cidade da Beira. Os resultados indicam que (i) a natureza das inundações urbanas é ditada pelo grau de interação entre fatores socioeconômicos, institucionais, ambientais e de infraestrutura e (ii) a negligência, ambiguidade e inconsistência que caracterizam o cenário político institucional desempenham um papel vital na coevolução dos *hotspots* urbanos de inundação. As conclusões mostram que os residentes expostos a inundações estão cientes do risco, o que enseja preocupação. No entanto, isso nem sempre leva a medidas de preparação, pois alguns percebem que não têm controle sobre a situação. Outros colocam a responsabilidade apenas nas autoridades, pois se consideram muito pobres ou muito velhos e, portanto, sobrecarregados com o potencial de eventos de inundação.

**Palavras-chave:** Percepção de risco de inundação. Mudança climática. Expansão urbana. Cidade da Beira. Moçambique.

## ABSTRACT

Understanding the factors behind urban flood risks is critical to reducing their devastating impacts on humans and society. This study analyzes the incidence factors of flood risk and its socio-environmental consequences in the city of Beira, Mozambique, from 1980 to 2020, as well as understanding the perceptions that local populations have about flood risks. For this study, the qualitative method is proposed. Primary data were collected through semistructured interviews in 16 neighborhoods of different population sizes to understand local perceptions of flood risks. To complement the primary data, this study used secondary data, multitemporal satellite images Landsat Multispectral Scanner System [MSS], Multispectral Scanner System [TM] and Operational Land Imager [OLI], to quantify the decadal expansion of urban area and its effects on flood risk. Then, the variability and trends of annual precipitation and temperature in Beira were analyzed to estimate the possible impact of climate change. In flood susceptibility maps, the analytical hierarchy process (AHP) was used to assess flood susceptibility. Finally, the role of Mozambican institutions in flood risk management was presented, as well as the proposal for managing urban flood risks in the city of Beira. The results indicate that (i) the nature of urban flooding is dictated by the degree of interaction between socioeconomic, institutional, environmental and infrastructure factors and (ii) neglect, hotspots urban flooding. The conclusions show that residents exposed to floods are aware of the risk, which gives rise to concern. However, this does not always lead to preparedness measures as some realize that they have no control over the situation. Others place the responsibility solely on the authorities as they consider themselves to be too poor or too old and therefore burdened with potential flood events.

**Keywords:** Perception of flood risk. Climate change. Urban expansion. City of Beira. Mozambique.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização geográfica da cidade da Beira, Moçambique .....	23
Figura 2 - Principais bacias hidrográficas e estuário do rio Púnguè da Beira. ....	26
Figura 3 - Rio Chiveve, na Beira, Moçambique .....	27
Figura 4 - Local de lazer no parque verde do rio Chiveve, Beira, Moçambique .....	28
Figura 5 - Fluxograma de aplicação de estratégias de busca para seleção de artigos .....	30
Figura 6 - Mapa de uso/cobertura da área de estudo .....	63
Figura 7- Distribuições espaciais de áreas construídas na região de estudo: (A) 1989, (B) 1999, (C) 2008 e (D) 2019 .....	66
Figura 8 - Áreas construídas obtidas a partir da classificação de imagens landsat para 1989, 1999, 2008 e 2019 .....	69
Figura 9 - Resultados da deteção de mudanças de áreas construídas durante os períodos 1989-1999-2008 - 2019 .....	70
Figura 10 - Distribuições espaciais de LST recuperadas de dados térmicos landsat: (e) 1989, (f) 1999, (j) 2008 e 2019 (h) .....	72
Figura 11 - Distribuição espacial de hotspots LST na cidade: (I) 1989, (J) 1999, (K) 2008 e (L) 2019 .....	75
Figura 12 - Distribuição espacial da precipitação .....	76
Figura 13 - Precipitação total anual da Beira de 1980 a 2020 .....	77
Figura 14 - Fluxograma de mapeamento de suscetibilidade a inundações.....	82
Figura 15 – Inventario de inundaçã .....	83

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo das imagens de satélite adquiridas .....	61
Tabela 2 - Resultados de avaliação de precisão do mapeamento da área construída para 1989, 1999, 2008 e 2019 .....	64
Tabela 3 - Resumo das classificações de mudança de cobertura do solo .....	65
Tabela 4 - Proporção de LST correspondente a cada intervalo LST classificado com base em quebras naturais para 1989, 1999, 2008 e 2019 .....	71
Tabela 5 - Matriz de ponderação pareada .....	86
Tabela 6 - Fatores condicionantes da suscetibilidade às inundações.....	93
Tabela 7 - Classes de suscetibilidade a inundações.....	93
Tabela 8 - Características demográficas da amostra .....	102
Tabela 9 - Características socioeconômicas dos moradores de Beira.....	103
Tabela 10 - Percepção dos residentes sobre risco de inundação .....	105
Tabela 11 - Percepções dos residentes sobre mudanças climáticas .....	107
Tabela 12 - Percepção das causas das inundações .....	110
Tabela 13 - Modos de comunicação de risco de inundação .....	113

## LISTA DE SIGLAS

AHP	Processo de Hierarquia Analítica
AUC	Área Sob a Curva
Cenacarta	Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção
CCGC	Conselho Coordenador de Gestão e Calamidade
CCPCCN	Conselho Coordenador para a Prevenção e Combate de Calamidades Naturais
Cipnac	Comissão Interprovincial das Calamidades Naturais e Aldeias Comunais
CMB	Conselho Municipal da Beira
DPCCN	Departamento de Prevenção e Combate as Calamidades Naturais
FM	Gestão de inundações
FRM	Gestão de Risco de Inundação
FR	Razão da frequência
GIS	Sistema de Informações Geográficas
INAM	Instituto Nacional de Meteorologia
INE	Instituto Nacional de Estatística
INGC	Instituto Nacional de Gestão de Calamidades
INGD	Instituto Nacional de Gestão e Redução de Risco de Desastres
IOF	Instituto de Orçamento Familiar
IPCC	Intergovernmental Panel of Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)
LR	Regressão logística
LST	Land surface temperature (temperatura da superfície terrestre)
LULC	<i>Land Use Land Cover (Mapa de Uso - Cobertura do Solo)</i>
MSS	<i>Landsat Multi-Spectral Scanner</i>
NDBI	Índice Acumulado Diferença Normalizada
NDVI	Índice de Vegetação de Diferença Normalizada
OLI	<i>Operational Land Imager</i>
PA	Posto administrativo
ROC	Método estatístico de características operacionais receptoras
RV	Vegetação Aleatórias
SASB	Serviço Autônomo de Saneamento da Beira
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SLR	Sea Level Rise (aumento do nível do mar)
SSA	África Subsaariana

SUHI	Ilha de calor urbano superficial
TM	<i>Landsat Thematic Mapper</i>
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
VIF	Fator de Inflação de Variância
WoE	Peso das evidências

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>1.1.Objetivos da pesquisa</b>	<b>21</b>
1.1.1. Objetivo geral	21
1.1.1.1.Objetivos Específicos	22
<b>1.2.Área de estudo: Beira, Moçambique</b>	<b>22</b>
<b>1.3.Metodologia</b>	<b>28</b>
<b>2.ABORDAGEM TEÓRICA</b>	<b>34</b>
<b>2.1.Inundações e a necessidade de uma mudança de paradigma</b>	<b>34</b>
2.1.1. Perspectivas de risco de inundação urbana na África Subsaariana	41
<b>2.2.Percepção de risco de inundação</b>	<b>43</b>
<b>2.3.As mudanças climáticas e inundações urbanas</b>	<b>47</b>
<b>2.4.Percepções dos residentes sobre mudança climática</b>	<b>50</b>
<b>2.5.Governança de inundação</b>	<b>51</b>
<b>2.6.Raízes da expansão urbana</b>	<b>54</b>
2.6.1. Desenvolvimento na franja urbana: dinâmicas e interpretações empírica	56
<b>3. EXPANSÃO URBANA E MUDANÇA CLIMÁTICA: IMPLICAÇÕES PARA INCIDÊNCIA DE INUNDAÇÕES NA BEIRA, MOÇAMBIQUE</b>	<b>61</b>
<b>3.1. Metodologia</b>	<b>61</b>
3.1.1. Mapeamento de áreas construídas	62
3.1.2. Derivação da temperatura da superfície terrestre.	63
3.1.3. Precisão dos mapas	63
<b>3.2. Resultados e Discussão</b>	<b>64</b>
3.2.1. Expansão urbana durante os períodos 1989-1999-2008-2019	64
3.2.2. Impactos da expansão urbana na temperatura local	71
3.2.3. Distribuição espacial de <i>hotspots</i>	74
3.2.4. Implicações da expansão urbana e mudança climática para inundações	77
<b>3.3. Conclusão</b>	<b>79</b>
<b>4. MAPEAMENTO DE SUSCETIBILIDADE DE INUNDAÇÕES USANDO AHP E SIG: CASO DA BEIRA</b>	<b>81</b>
<b>4.1. Metodologia</b>	<b>81</b>
4.1.1. Inventário de locais de inundações	82
4.1.2. Dados primários	83
4.1.2.1. Fatores de condicionamento de inundações	84

4.1.2.2. Processo de Hierarquia Analítica (AHP)	86
4.1.2.3. Modelos de regressão logística (RL)	86
4.1.2.4. Validação do estudo	87
<b>4.2. Resultados e discussão</b>	<b>87</b>
4.2.1. Fatores condicionantes a suscetibilidade a inundações	88
4.2.1.1 Uso e ocupação de solo	88
4.2.1.3. Mapa de geologia	89
4.2.1.4. Elevação e declividade	91
4.2.1.6. Mapa de precipitação	92
4.2.2. Zonas de suscetibilidade a inundações	92
4.2.3. Natureza e impacto das inundações	94
4.2.4. Validação do mapa de suscetibilidade a inundações	96
<b>4.3. Conclusão</b>	<b>98</b>
<b>5.PERCEPÇÃO DE RISCO DE INUNDAÇÃO AOS RESIDENTES DA CIDADE DA BEIRA</b>	<b>99</b>
<b>5.1.Metodologia</b>	<b>99</b>
<b>5.2.Resultados e discussão</b>	<b>101</b>
5.2.1.Características demográficas dos entrevistados	101
5.2.2.Caraterísticas socioeconômicas dos entrevistados	103
5.2.3.Percepções dos residentes sobre riscos de inundação	104
5.2.4.Percepções dos residentes sobre mudanças climáticas	107
5.2.5.Causas das inundações na cidade da Beira	109
5.2.6.Comunicação de risco de inundação	113
5.2.7.Percepção dos gestores na gestão de risco de inundação	116
5.2.8.Estratégica de adaptação dos residentes a inundações na Beira	118
<b>5.3.Conclusão</b>	<b>120</b>
<b>6. GOVERNANÇA DE RISCO DE INUNDAÇÃO EM MOÇAMBIQUE</b>	<b>122</b>
<b>6.1. Metodologia</b>	<b>122</b>
<b>6.2. Resultados e discussão</b>	<b>123</b>
6.2.1. Estrutura institucional para gestão das inundações em Moçambique: o que o Estado faz?	123
6.2.2. Desafios das respostas do governo local às inundações na Beira: por que o Estado falha?	128
6.2.3. Em busca de uma abordagem inteligente da gestão dos riscos de inundações urbana – pontos de entrada	135
6.2.4. Recolhimento, armazenamento e gestão de dados de riscos de inundação	136

6.2.5. Gestão e operações inteligentes para os riscos de inundação	137
6.3. Conclusão	138
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	139
<b>REFERÊNCIAS</b>	144
<b>APÊNDICE: MATERIAIS SUPLEMENTARES</b>	166

## 1. INTRODUÇÃO

A era em que vivemos foi apelidada de “o século da cidade” (REBA e SETO, 2020; YANG e ZHAO, 2022). Mais da metade da população mundial vive nas áreas urbanas e, conforme previsão da Organização das Nações Unidas (ONU), espera-se que esse crescimento chegue a 68% até 2050 (ONU, 2018). Desse universo, quase 75% estarão na Ásia e na África (SCIENCE, 2016), o que significa que grandes quantidades de valor, em termos de capital, bem como muitas propriedades, estarão concentradas em regiões urbanas cada vez mais densamente construídas, resultando em uma perda de 1,8%–2,4% das terras agrícolas globais até 2030. Estima-se que 80% das perdas ocorrerão nos países em desenvolvimento da Ásia e da África (BREN D' AMOUR *et al.*, 2017). Na África Subsaariana, por exemplo, a taxa de urbanização deve aumentar de 43% para 59% até 2050 (NAÇÕES UNIDAS, 2018). Em sequência disso, espera-se que isso cause um rápido declínio de armazenamento de carbono terrestre em torno das cidades africanas (SETO *et al.*, 2017).

Além disso, a urbanização desenfreada pode aumentar tanto a exposição quanto a vulnerabilidade a riscos naturais, especialmente para eventos extremos, como inundações urbanas por meio da modificação de vias hidrológicas e tubulações de drenagens subterrâneas, devido à impermeabilização do solo (CHEN *et al.*, 2015; SUN *et al.*, 2019). Estima-se que até 2030, 40% (195.000km<sup>2</sup>) das terras urbanas globais estarão localizadas em zonas de inundação de alta frequência, em comparação com 30% em 2000 (GÜNERALP *et al.*, 2015). Em sequência disso, a urbanização é frequentemente referida como um dos principais contribuintes para formação da ilha de calor urbano (UHI) - fenômeno em que a temperatura nas cidades é mais alta do que em áreas rurais ou não urbanas (CHEVAL *et al.*, 2020; SANTAMOURIS, 2020; SOVDAN, 2020).

Ademais, a urbanização pode elevar as temperaturas globais em 1<sup>o</sup>-2<sup>o</sup>C até 2050 (GEORGESCU *et al.*, 2014), caso os governos locais não adotem mudanças transformadoras e inovadoras no planejamento ambiental construído (PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - IPCC, 2022). No contexto global, a temperatura aumentou 2<sup>o</sup>C em relação ao período pré-industrialização, levando a um aumento na frequência e intensidade da precipitação

(HIRABAYASHI *et al.*, 2021). Moçambique não é exceção a essa tendência. Os resultados das projeções indicam o aumento da temperatura em 2.5°C e 3.0°C até 2080 e de 5 a 6°C entre 2081-2100, nas regiões centro e norte do país (TADROSS, 2009). Alfieri *et al.* (2017) revelaram em seu estudo que um aumento de 4°C nas temperaturas globais levaria a um aumento colossal no risco de inundação (> 500% em relação ao período de referência de 1976-2005) em países que representam quase 73% da população mundial e 79% do Produto Interno Bruto (PIB) global (GUHATHAKURTA *et al.*, 2011; KADAM e SEN, 2012).

Em sequência disso, as áreas urbanas e seus habitantes se tornarão mais vulneráveis a ameaças globais e locais. Uma das ameaças é o aumento do nível do mar (SLR). Projeta-se que cada 0,1m de aumento do nível do mar levará a mais 10 milhões de pessoas expostas a inundações costeiras até 2100 (HOEGH-GULBERG *et al.*, 2019). Além disso, há evidências a nível global à intensificação dos ciclones tropicais, induzindo tempestades mais intensas em cidades costeiras (BHASTIA *et al.*, 2019). Com isso, estima-se que mais de 2 bilhões de pessoas serão afetadas por inundações até 2050 (IPCC, 2018), os países em desenvolvimento serão mais propensos a inundações devido à não existência da infraestrutura de proteção contra enchentes, baixo avanço tecnológico e baixo histórico financeiro (FANG *et al.*, 2022; MAHATO *et al.*, 2021), o caso de Moçambique, onde 45% do seu território está abaixo dos 100 metros de altitude (INFORM, 2020), 58% da população está exposta a pelo menos um perigo hidrometeorológico e mais de 37% estão expostos a dois ou mais perigos (BANCO MUNDIAL, 2018).

Moçambique é conhecido como o mercado de perigos naturais devido a alta exposição aos fenômenos meteorológicos que se formam no Oceano Índico. Quando tais fenômenos se dirigem para a região sul do continente, Moçambique torna-se uma porta de entrada para a passagem dos ciclones tropicais, em razão da sua localização. Apesar dos ciclones tropicais, o perigo diário em Moçambique são as inundações, que são inevitáveis, especialmente durante as estações chuvosas de outubro a março de cada ano. O país é desembocadura dos grandes rios da África Austral, através da qual nove principais sistemas fluviais drenam suas águas no Oceano Índico, atravessando o território moçambicano e, por isso, resultando em inundações no período chuvoso. Um dos clientes das inundações e dos ciclones tropicais em Moçambique é a cidade da Beira. Esta é considerada a cidade de alto risco para desastres climáticos, particularmente inundações e ciclones tropicais (INFORM, 2020;

JICA, 2020) - decorrente de sua localização geográfica, em uma planície baixa ao longo do Oceano Índico e de condições geomorfológicas, posto que grande parte de sua terra está abaixo do nível das águas do mar (pantanosos e alagadiços), bem como de um complexo sistema ribeirinho, constituindo um fator desfavorável para o desenvolvimento de processos de urbanização. Em 14 e 15 de março de 2019, por exemplo, a Beira testemunhou uma das piores inundações de sua história. A cidade registrou fortes rajadas de ventos (180 a 220 km/h) associadas a chuvas torrenciais (acima de 200 mm por dia). O duplo desastre afetou um total de 436.640 indivíduos, resultando em 123 óbitos e 1.348 feridos (INSTITUTO NACIONAL DE GESTÃO DE CALAMIDADE-INGC, 2019).

A presença do porto da Beira aumentou o número de moradores urbanos e atraiu muitas indústrias. Esses moradores e indústrias urbanas exigiam terras para fins residenciais e industriais, portanto, pressionavam as terras disponíveis, áreas agrícolas, planícies de inundação, pântanos e corpos d'água. Algumas dessas áreas foram reservadas como zonas úmidas, cinturões verdes ou espaços de respiração, desde a criação da cidade, em 1887. No entanto, no período de 2008 a 2020, grande parte dessas terras foi transformada em áreas residenciais de alta densidade e sem acompanhamento de infraestrutura e serviços urbanos.

Os bairros suburbanos e periurbanos são de baixa renda familiar, má qualidade de habitação e superlotação, inacessibilidade a serviços de água e saneamento e más condições de drenagem. Os sistemas de drenagem existentes foram construídos sem um processo hidrológico detalhado que levasse em conta tanto o desenvolvimento urbano quanto as mudanças climáticas, o que é necessário para qualquer projeto de gerenciamento de águas pluviais. Além disso, a estética das áreas suburbanas é deteriorada por problemas relacionados a inundações, como lama nas estradas e o descarte de resíduos sólidos. Essas restrições talvez estejam contribuindo muito para o monitoramento inadequado dos fluxos ambientais, cuja falta é basicamente prejudicial à segurança socioeconômica e física na ocorrência de desastres naturais, como as inundações.

A mudança climática é outro fator projetado para aumentar a frequência e a intensidade das condições de inundação na Beira (JICA, 2020; BANCO MUNDIAL, 2018), caracterizadas pela intensificação das temperaturas, ciclones tropicais, chuvas decrescentes, mas imprevisíveis, aumento do nível do mar e clima extremo quente. Embora os fatores climáticos sublinhem a gravidade e a intensidade das inundações,

o monitoramento delas raramente é feito com base em dados, muitas vezes é equivocado. Ademais, ele associa injustamente o problema das inundações urbanas apenas às mudanças climáticas, minimizando o papel da expansão urbana em áreas ecologicamente sensíveis e nos pântanos. Com isso, a incidência de inundações na Beira e seus efeitos sobre a população têm uma ligação com invasão humana em ambientes ecologicamente sensíveis e planícies aluviais, associada as más condições de moradia e infraestruturas inadequadas.

Isso ocorre, em parte, porque a maioria dos impactos das inundações na Beira é narrada em termos do número de casos e fatalidades, mas as informações sobre o volume da inundação, a velocidade das águas das inundações e a altura das inundações raramente são quantificadas. A questão é agravada por evidências limitadas de monitoramento e modelagem, no que se refere a como as inundações ocorrem e a estações hidrometeorológicas terrestres, para monitorar variáveis hidroclimáticas e para a verificação de dados de sensoriamento remoto e investigações de modelagem. Portanto, modelagem e investigações de campo são necessárias para estimativa de inundações, frequência de inundações, direção do fluxo e acumulação, a fim de se fornecer informações cruciais para o gerenciamento de riscos de inundações. Em suma, as infraestruturas existentes e as estratégias de gestão atuais estão mal equipadas para lidar com inundações extremas, e os formuladores de políticas são desafiados pela falta de informações precisas sobre o risco futuro de inundações e suas consequências socioeconômicos

Com a descoberta de gás no distrito de Búzi, a cidade da Beira, se apresenta como lugar adequado para a instalação de indústrias petrolíferas devido à disponibilidade do porto, no futuro, espera-se que a população chegue a 1,5 milhão até 2035 (Instituto Nacional de Estatística - INE, 2017). Isso sugere exponenciar a expansão da habitação e de infraestruturas em áreas urbanas vulneráveis a inundações. Consequentemente, mas pressão será exercida sobre o espaço e poucos recursos financeiros. O que vai levar a maior exposição a inundações de alto impacto, considerando que os atuais bairros ainda carecem de infraestruturas e sistema de gerenciamento de inundações, como drenagem de águas pluviais. Essa situação prenuncia criticamente um nível significativo de despreparo e falta de capacidade de enfrentamento aos eventos climáticos que estão se intensificando sob os efeitos convergentes da expansão urbana e mudanças climáticas. Pode-se concluir, que a

conjugação desses fatores elevará os riscos de inundações nos próximos anos, antevendo-se graves danos socioeconômicos ao longo da cidade da Beira.

A partir da problemática exposta, este estudo tem como objetivo analisar os fatores de incidência de risco de inundações e suas consequências socioambientais na cidade da Beira, Moçambique, no período de 1980 a 2020, bem como compreender as percepções que as populações locais têm sobre os riscos de inundações. O período estudado foi de 1980, marco histórico da criação do Conselho Coordenador para a Prevenção e Combate a Calamidades Naturais (CCPCCN), pelo Decreto nº 44/1980 e término em 2020, por ser o ano de proximidade da apresentação do estudo e da criação do Instituto Nacional de Gestão e Redução de Risco de Desastres (INGD).

Estamos cientes do escopo limitado da análise de risco de inundação realizada neste estudo. As inundações podem ser resultantes de múltiplos fatores, como chuvas fortes, furacões ou uma combinação de fatores físicos e sociais, falha de diques, maior cobertura da terra e alta densidade populacional. Para os leigos, os fatores mais visíveis e observáveis das inundações são, sem dúvida, a precipitação e as chuvas fortes induzidas por furacões e tempestades na região costeira. Isso ajudará na realização da meta de desenvolvimento sustentável número 11, sobre cidades e comunidades sustentáveis e a estrutura de Sendai para redução do risco de desastres, conscientizando os planejadores da cidade e os formuladores de políticas sobre as consequências do desenvolvimento urbano não planejado, e adotando ações corretivas para salvar vidas e propriedades e proteger o ecossistema.

Para este estudo é proposto o método qualitativo. Os dados primários foram coletados por meio de entrevistas semiestruturadas. Para complementar os dados primários e responder às questões de pesquisa, este estudo utilizou os dados secundários, imagens de satélite multitemporais *Landsat*<sup>1</sup> *Multispectral Scanner System* [MSS], *Multispectral Scanner System* [TM] e *Operational Land Imager* [OLI], para quantificar a expansão decadal das áreas urbanas e seus efeitos sobre risco de inundação. Em seguida, foram analisadas a variabilidade e as tendências da precipitação anual e da temperatura da Beira, para se estimar o possível impacto das mudanças climáticas. Nos mapas de suscetibilidade a inundações, utilizou-se o

---

<sup>1</sup> *Landsat* é a nomenclatura de um programa de satélite de observação da Terra, desenvolvido pela Agência Espacial Americana (NASA), dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. (Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Landsat>).

método estatístico de regressão logística (LR) e processo de hierarquia analítica (AHP) para avaliação da suscetibilidade de inundação. Para compreender as percepções locais dos riscos de inundações, foi aplicado um questionário estruturado por meio de pesquisa presencial. Uma técnica de amostragem aleatória simples foi usada para coletar os dados de 230 entrevistados em 16 bairros de diferentes tamanhos populacionais.

Do ponto de vista teórico, este trabalho, adotou a conceituação de risco de inundação por Schanze (2006), ou seja, esse risco é a combinação de exposição a inundações, vulnerabilidade e perigo. Contudo, exposição engloba os elementos que podem ser afetados por um evento indesejado. Esses elementos compreendem bens sociais, econômicos, ambientais ou culturais em zonas perigosas (CARTER *et al.*, 2015). O perigo é definido no IPCC (2012) como "a ocorrência potencial de um evento físico natural ou induzido pelo homem que pode causar perda de vida, ferimentos ou outros impactos à saúde, bem como danos e perda de propriedades, infraestruturas, meios de subsistência, prestação de serviços e recursos ambientais". A vulnerabilidade é a propensão ou predisposição a ser afetada adversamente. Abrange uma variedade de conceitos e elementos, incluindo sensibilidade ou suscetibilidade a danos e falta de capacidade de enfrentamento e adaptação (TAPIA *et al.*, 2017). Embora outros estudos definam a vulnerabilidade como função da exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa (GALLINA *et al.*, 2020). Sensibilidade são as condições humanos-ambientais que podem piorar os perigos ou amenizar o perigo, ou desencadear um impacto (FEYISSA *et al.*, 2018). A capacidade adaptativa ou adaptação é a habilidade geralmente medida no tempo que leva para um sistema mudar sua estrutura para suportar as funções básicas do sistema em resposta à perturbação); e sua resiliência (a taxa na qual um sistema recupera estrutura e função após uma perturbação) (FEYISSA *et al.*, 2018; FÜSSEL *et al.*, 2007).

Assim, a tese está estruturada para dar resposta às seguintes perguntas de pesquisa: (i) quais os fatores que contribuem para a incidência de riscos de inundação e que estratégias podem ser implementadas para a melhoria da gestão dos desastres naturais na Beira, Moçambique? (ii) em que medida a expansão urbana e as mudanças climáticas têm sido fatores condutores no aumento de risco de inundações? (iii) em que medida a percepção de risco de inundação pode contribuir para definição de estratégias eficazes para adaptação aos eventos climáticos na Beira, Moçambique? (iv) quais são os desafios dentro dos atuais arranjos

institucionais para a gestão de riscos de inundações em Moçambique? Até onde se sabe, não há pesquisa empírica sobre a interação de três variáveis: expansão urbana, mudanças climáticas e risco de inundação. Num contexto moçambicano, em particular da Beira, a maioria das pesquisas tem sido feitas por pesquisadores internacionais. Em sequência disso, seus resultados não são retornados ao governo local nem às comunidades locais para conhecimento e desenvolvimento de atividades educativas e preventivas. Os poucos que retornam seus resultados, são divulgados em revistas científicas em língua inglesa, o que dificulta parte considerável dos que deviam acessar e interpretar.

Com base no exposto, a tese está organizada em 5 capítulos, o primeiro dos quais é esta introdução, além dos objetivos, metodologia e conclusão.

Na introdução, descrevem-se como pano de fundo a expansão urbana, a mudança climática e os riscos de inundação urbana, com referência aos principais objetivos, à caracterização da área de estudo e à metodologia utilizada na tese.

Na sequência, o Capítulo 1 apresenta a demarcação teórica sobre a qual foi feita toda a discussão posterior, a problemática da expansão urbana, mudanças climáticas e riscos de inundação, eixo principal de todo o trabalho.

O Capítulo 2, fornece evidências empíricas sobre como a expansão urbana induziu superfície impermeável dentro do contexto de estruturas institucionais e legislativas fracas resultando no aumento da incidência de inundações no ambiente urbano. Ele demonstra como o crescimento descontrolado e não planejado na Beira, Moçambique, levou à substituição de extensas superfícies permeáveis por superfícies de concreto e telhados.

O Capítulo 3, analisou sete fatores de condicionamento de suscetibilidade a inundações (altitude, declividade, densidade de drenagem, solo, uso de solo, geologia e precipitação) e pontos históricos de inundação em 26 bairros da cidade da Beira, Moçambique. Com isso, foram identificadas 4 classes de suscetibilidade a inundações 'muito alta', 'alta', 'média' e 'baixa' suscetibilidade.

O Capítulo 4, aplicou-se entrevista aos residentes urbanos sobre a percepção dos riscos de inundação. As percepções relacionadas às inundações foram associadas à segurança da posse da moradia, níveis de escolaridade e renda. A vulnerabilidade às inundações foi percebida como exacerbada pela vida em áreas propensas a inundações e degradação do ecossistema pantanoso, más condições

socioeconômicas (baixa renda e moradia precária) e cobertura de infraestrutura fraca ou inadequada (transporte, energia, água, saneamento e coleta de resíduos).

Por fim, o Capítulo 5, procurou estabelecer a importância do papel do Estado na compreensão da informalidade urbana e da vulnerabilidade às inundações em Moçambique. Nele, identificou as instituições intervenientes na gestão de inundações, tanto a nível nacional como local e seus papéis, desafios e perspectivas.

A conclusão do trabalho apresenta as descobertas em relação ao modelo de pesquisa proposto e a contribuição para os debates acadêmicos atuais sobre a percepção de risco de inundação. Os resultados da pesquisa identificaram quatro classes principais de suscetibilidade a inundações: a classe baixa cobrindo 14,28%, a classe média (39,16%), a classe alta (35,98%) e a classe muito alta (10,58%). Os principais fatores de amplificação da suscetibilidade a inundações são altitude (32,1%), declividade (27,2%), precipitação (15,6%) e uso do solo (11,1%). Contudo, a compreensão das causas das inundações é limitada, concentrando-se no risco natural descontrolado e restringindo-se aos impactos negativos da expansão urbana e mudança climática. Em sequência disso, a resiliência das inundações, está assentada nas principais opções estruturais, ignorando sobretudo as medidas não estruturais. Em suma, o ordenamento do território tradicional não conseguiu abordar no discurso oficial o crescente risco de inundação. Contudo, adotar o estilo de construção vertical em oposição ao padrão lateral é o caminho a percorrer, mas exigirá compromisso institucional, e não individual, para se alcançá-lo.

## **1.1. Objetivos da pesquisa**

Esta tese foi desenvolvida com foco na cidade da Beira, face a constante ocorrência de desastres de natureza ambiental, com graves consequências socioambientais, pressupondo-se que a identificação dos fatores de risco de tais eventos possam ser decisiva para minimizar os impactos sobre a cidade e a população.

### **1.1.1 Objetivo geral**

O objetivo desta tese é analisar os fatores de riscos de inundações e suas consequências socioambientais na cidade da Beira, Moçambique, no período de 1980

a 2020, bem como compreender as percepções que as populações locais têm sobre os riscos de inundações.

#### 1.1.1.1 Objetivos Específicos

A partir da delimitação do objetivo geral, buscar-se-á:

- identificar e caracterizar os fatores que influenciam na suscetibilidade de inundações por meio de critérios múltiplos ponderados;
- delinear o impacto da expansão urbana e mudanças climáticas sobre a incidência de riscos de inundações urbanas na cidade da Beira;
- elucidar as percepções de risco inundações que as vítimas de inundações da Beira têm sobre o fenômeno;
- analisar o papel das instituições no processo de governança de inundações em Moçambique nas últimas duas décadas, e determinar se as abordagens recentes, destinadas a aumentar a resiliência por gestão participativa de inundações, levou a inovações estruturais e institucionais.

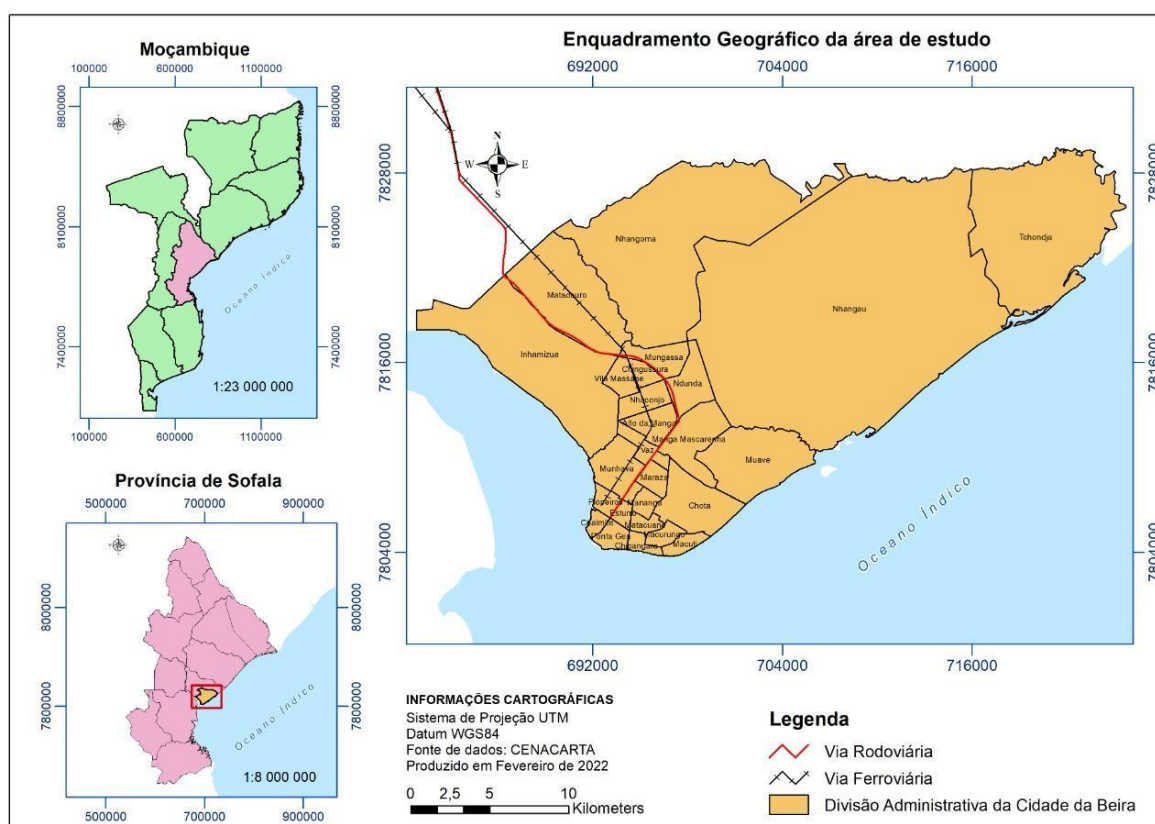
## 1.2. Área de estudo: Beira, Moçambique

Para realizar a análise dos fatores de risco de inundação e as consequências socioambientais verificadas em Moçambique, definiu-se neste trabalho estudar as ocorrências na cidade da Beira, no período de 1980 a 2020, em razão de sua localização geografia e características físicas.

A escolha da Beira, como estudo de caso foi ancorada em decorrência da sua dinâmica urbana, da sucessão de desastres naturais que tem assolado a cidade nos últimos anos. A cidade está localizada entre longitude 34°85' E e latitude 19°83' S. Os limites da Beira são definidos pelo canal de Moçambique a leste e pelo rio Púnguè ao sul e oeste; a fronteira administrativa norte é partilhada com a vila do Dondo. Beira possui uma superfície de 631km<sup>2</sup>, como se apresenta na Figura 1, e sua população urbana deverá triplicar até 2035 (INE, 2017). Ao longo das últimas décadas, Beira tem

experimentado inundações urbanas rápidas e generalizadas, causadas principalmente por eventos extremos de chuva, tempestades e pelos ciclones tropicais; ela regista uma temperatura média de 24°C, e valores médios anuais de precipitação máxima e mínima são de 907 mm e 2351 mm, respectivamente, de acordo com os dados de precipitação observados (1980-2020) Instituto Nacional de Meteorologia (INAM, 2020).

Figura 1 - Localização geográfica da cidade da Beira, Moçambique



Fonte: autor (2022).

Em termos de governança e arranjos institucionais, a cidade é administrada pelo Conselho Municipal da Beira (CMB) e Instituto Nacional de Gestão e Redução de Riscos (INGD), em caso de desastres. Em 2019, esses órgãos responderam aos riscos generalizados e recorrentes de inundação em cinco postos administrativos, atualizando o Serviço Autônomo de Saneamento da Beira (SASB) em toda a cidade. O SASB há 10 anos destina-se a evitar os desafios ambientais associados ao escoamento de águas pluviais, principalmente por meio de construção e alargamento de canais de drenagem primária e secundária. No entanto, com os piores eventos de

inundações registrados em 2019, ainda se deseja muito em relação à eficácia da primeira fase de operação do SASB (2012-2022), já que tempestades intensas tornam as redes de drenagem primária e secundária insuficientes, causando inundações repentinas, particularmente nas áreas baixas, superlotadas.

Beira faz parte de um corredor dos países *hinterlands*<sup>2</sup>, dotado de sistema ferroviário e rodoviário, que interliga a cidade à fronteira de Machipanda, na província de Manica, Moçambique. Há também um gasoduto que liga Beira ao Zimbábue, e uma estrada de ferrovia (Sena), que interliga Beira a Maláui. Outro elemento que merece destaque no entendimento da origem da cidade é a implantação do porto e da via férrea, que formaram uma base fundamental para integração econômica e escoamento da produção dos países *hinterland* (Rodésia do Norte-Zâmbia, Rodésia Sul-Zimbábue e Niassalândia-Maláui) e do Congo Belga (África central), via corredor de Beira. Dado o potencial de crescimento da Beira, ela surgiria como uma das principais cidades portuárias de Moçambique, e seria um ponto estratégico de articulação do comércio com o interior, seja pela navegabilidade do rio Pungué, seja pela possibilidade de construção de uma via férrea ligando o Oceano Índico ao interior da África<sup>3</sup>.

A cidade da Beira tem duas estações distintas. A estação quente e chuvosa vai de outubro a março, caracterizada por chuvas contínuas de grande intensidade, com trovoadas dispersas acompanhadas por ciclones. Os ciclones são mais frequentes entre janeiro e março, com ventos fortes e tempestuosos que atingem mais de 100km/h, e a estação seca e fresca vai de abril a setembro, predominada por frentes frias oriundas da zona polar Sul, transportando ar marítimo frio que afeta diretamente as regiões do litoral ao sul do rio Zambeze.

Contudo, no início da estação chuvosa, tal como se verifica em todo o litoral moçambicano, registra-se uma rápida elevação de valores pluviométricos que, atingem os níveis máximos entre dezembro e março. Na estação seca e fresca, constata-se o afastamento dos centros de baixas pressões equatoriais e a

---

<sup>2</sup> Referência aos países sem acesso ao mar (Zimbábue; Zâmbia; e Maláui).

<sup>3</sup> No limite, Portugal acalentava o sonho de construir um enorme território colonial contínuo que unisse o Atlântico ao Índico, ou seja, de Angola a Moçambique. A localização em questão era crucial para tal objetivo. No entanto, a pretensão feria os interesses da Grã-Bretanha na África Austral. Para isso, os ingleses mobilizaram, em 1890, as suas forças militares, com o intuito de forçar a alteração de posição do governo português. A tibieza com que Portugal reagiu foi um dos motivos que conduziram à sublevação que tornou Portugal uma República, em 1910. (AMARAL, 1969).

aproximação dos anticiclones tropicais de origem continental, que determinam a ocorrência de brisas moderadas e frescas de Sudoeste a Leste, céu limpo e temperaturas amenas e baixas durante a noite. A redução da temperatura verificada, normalmente, durante a noite permite a formação de geadas, que constituem um dos principais obstáculos ao desenvolvimento das plantas jovens.

Geologicamente, a planície costeira da Beira se formou por acumulação de material aluvial durante o início da Era Quaternária, quando ocorreu o rebaixamento do nível das águas do mar, fenômeno que aconteceu em toda a costa africana oriental e permitiu que os rios Púnguè e Búzi depositassem sedimentos continentais originários do afloramento de rochas terciárias (grés) localizadas a montante (MUCHANGOS, 1999).

A Beira é composta por depósitos argilosos provenientes da sedimentação dos rios, que deságuam na baía de Sofala, onde a camada superficial aluvionar é composta por camada arenosa e argilosa, com matéria orgânica desenvolvida em zonas pantanosas. Ocorrem ainda nesse ambiente depósitos indiferenciados de aluviões, arenitos, argilas e rochas afins. É importante salientar que em toda a cidade da Beira não existe afloramentos rochosos; contudo, é possível encontrar argilas marinhas nas planícies costeiras, que sofrem influência da maré, com umidade natural para além dos 50%, encontrando-se, assim, habitualmente, acima do seu limite líquido. Contudo, verifica-se que os sedimentos fluviais do rio Púnguè são constituídos, principalmente, por lodos escuros e camadas intercaladas de areia fina, formando uma planície de inundação extensa, com pequenas lagoas, áreas na qual a cidade vem se expandindo.

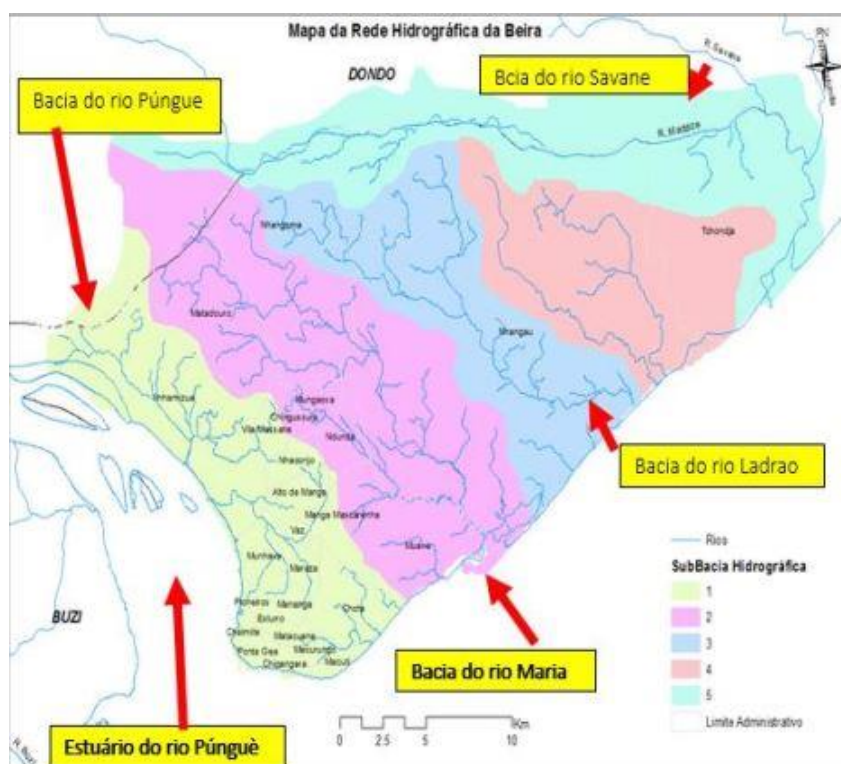
No contexto geomorfológico, Beira apresenta uma morfologia plana que determina a criação de zonas rebaixadas, ocasionadas por erosão das linhas de água, e das zonas mais elevadas, como é o caso da Manga, Inhamizua, Dondo, entre outras áreas. Beira e seus arredores são dominados por uma planície litoral extensa, cujas altitudes variam entre 0m e 15m, com um declive médio muito fraco; trata-se de uma planície recente, resultante de sucessivas fases de acumulação de sedimentos pleistocênicos e holocênicos.

Em conformidade com a situação climática associada aos fatores geológicos e geomorfológicos anteriormente mencionados, Beira apresenta um amplo quadro hidrográfico composto de rios e água subterrânea. As principais bacias hidrográficas são: Púnguè, Savane, Maria e Ladrao, como apresentado na Figura 2. Os regimes

dos caudais variam de acordo com a estação do ano, isto é, são determinados pelas complexas relações entre geofatores meteorológicos e não meteorológicos.

Nesse contexto, os fatores climáticos condicionam as oscilações do caudal dos rios ao longo do ano, registrando os níveis máximos na estação chuvosa e os mínimos na estação seca. A natureza dos solos também exerce uma influência considerável sobre o caudal e a estrutura e o padrão da rede hidrográfica. Desse modo, todo o volume de água precipitado é automaticamente escoado, por meio de uma rede hidrográfica, das áreas mais altas para as mais baixas, segundo uma hierarquia fluvial, formando um rio principal que normalmente denomina a respectiva bacia.

Figura 2 - Principais bacias hidrográficas e estuário do rio Púnguè da Beira.



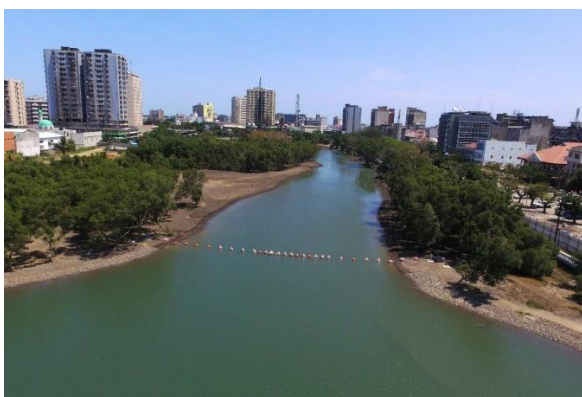
Fonte: CENACARTA, 2007

O rio Púnguè, por exemplo, é um curso de água compartilhado entre Moçambique e Zimbábue. Nasce nas terras altas do Zimbábue e percorre 400km de extensão, corta as cadeias montanhosas mais elevadas do país, atravessa as províncias de Sofala e Manica e deságua, por meio de estuário, na baía de Mazanzane, no Oceano Índico. Dos 31.151km<sup>2</sup> do total da bacia hidrográfica do rio Púnguè, apenas 4,7% encontram-se no Zimbábue, e 95,3% encontram-se no território moçambicano; seus afluentes são os rios Honde, Nhazónia, Txotora, Nhangungue, Muda e Urema. Devido ao fraco declínio de toda a planície litoral e da plataforma

continental, a influência das marés sobre a costa é muito grande. No período chuvoso, elas representam uma ameaça para as comunidades da Manga, Vaz e Munhava Matope na Beira, cujas populações são obrigadas a se deslocar ou a abandonar as suas casas, em direção a zonas mais altas. Nas áreas de inundações temporárias e regulares, decorrentes das águas do mar junto à foz do rio Púnguè, e nos canais de drenagem da costa, desenvolve-se o ecossistema de manguezal, classificado como um ambiente extremamente produtivo para várias espécies de peixes, moluscos e crustáceos.

O rio Chiveve nasce no estuário do rio Púnguè e desempenha um papel fundamental no sistema de drenagem da cidade da Beira. Além disso, é considerado um fenômeno hidrológico que apresenta elementos paisagísticos atraentes aos visitantes, circundado pelo ecossistema manguezal, conforme representado na Figura 3. O rio divide o núcleo da cidade quase ao meio. O rio Chiveve tem uma natureza ambivalente, por pertencer simultaneamente ao domínio marinho, devido à sua alimentação pelas marés, por constituir um curso permanente de água e por fazer parte de águas interiores, alimentadas pelas chuvas e pelas águas subterrâneas. Esse rio mereceu ao longo do tempo atenção de vários organismos e cientistas que estudaram a dinâmica da cidade da Beira e seu porto, incluindo a linha férrea dessa parte para o *hinterland* (AMARAL, 1969; FERNANDES, 1958; MUCHANGOS, 1994).

Figura 3 - Rio Chiveve, na Beira, Moçambique



Fonte: Jornal O País Econômico, 2021.

Atualmente, ao longo do rio Chiveve, há um parque urbano, o maior da África, ocupando uma área de 45.000m<sup>2</sup>, no percurso de 3,5km de extensão, o primeiro empreendimento de infraestruturas verdes do gênero. Esse parque preserva o ecossistema da natureza, promove o turismo, melhora a drenagem natural e, conseqüentemente, espera-se que possa reduzir as inundações que há anos atingem

dezenas de milhares de famílias na Beira. Ademais, poderá proporcionar qualidade de vida para a população local, com várias infraestruturas sociais e culturais. O destaque vale também para restaurantes, miradouro para a observação da paisagem, edifícios para eventos e exposições, quiosques, lojas, jardim botânico, passadiços em madeira para peões, campos para prática de diversas modalidades desportivas, ginásios, parques infantis e um anfiteatro ao ar livre com capacidade instalada para 800 pessoas. Basicamente, as obras consistiram na reabertura do canal de Chiveve, na colocação de comportas e na construção de bacias de retenção das águas pluviais.

O projeto desse parque visa criar um espaço urbano, unificado e interligado, que se prolonga pelas três bacias do rio, com um percurso pedonal que liga a zona do Goto, na Bacia Três, ao porto de pesca adjacente à Bacia 1, estando prevista nesta bacia a criação de uma área recreativa com passeios, parque aquático, academia ao ar livre, parques infantis, instalações desportivas e uma avenida com espaços de esplanada. Na Bacia 2, com foco cultural, a intervenção é centrada em torno da Casa da Cultura existente, com bancas de artistas, espaços para exposições e um anfiteatro. A Bacia 3 é vista como um centro educacional, com jardins botânicos que se ligam à biblioteca pública ali localizada. É também proposto um espaço público com instalações desportivas e parques na zona da entrada do bairro do Goto, como se vê na Figura 4.

Figura 4 - Local de lazer no parque verde do rio Chiveve, Beira, Moçambique



Fonte: Jornal *O País Económico*, 2021.

### 1.3. Metodologia

A metodologia desta tese foi descrita em cada capítulo de forma diferenciada. Nos dois capítulos seguintes, a estratégia de busca inicial é o ponto de partida para

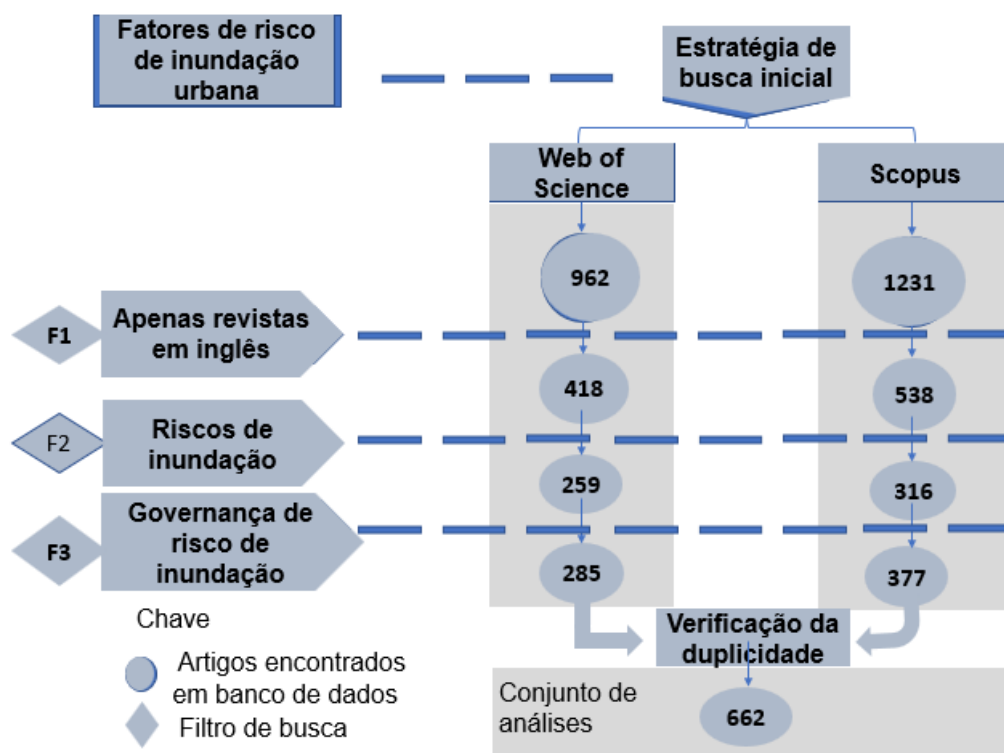
selecionar e compilar a base de dados de inundação. Os outros três e últimos capítulos apresentam sua própria metodologia, pela especificidade dos temas tratados, quais sejam: mapeamento de suscetibilidade de inundações usando AHP e SIG: caso da Beira, Moçambique (capítulo 3); percepção de risco de inundação aos residentes da Beira, Moçambique (capítulo 4); e Gestão de risco de inundações em Beira, Moçambique (capítulo 5).

Nos dois primeiros capítulos, o estudo foi, primeiramente, limitado a duas bases de dados principais: Scopus (*Elsevier*) e Web of Science (*Clarivate Analytics*). Ambas as fontes são cientificamente relevantes e abrangem diversas áreas do conhecimento que permitem selecionar estudos consistentes dentro do escopo da tese. Assim, a busca inicial encontrou 2.163 artigos elegíveis, revisados por pares, em 81 diferentes áreas urbanas, dos quais 1.231 eram da Scopus (*Elsevier*) e 962 da Web of Science (*Clarivate Analytics*). Após a obtenção dos estudos primários potencialmente relevantes, eles foram avaliados quanto à sua real relevância. Não se limitou o escopo geográfico da revisão, mas 1.998 dos 2.163 artigos selecionados estão localizados em países em desenvolvimento, e a maioria (1.783) foi publicada a partir de 2010.

Além dos resultados iniciais, os protocolos de pesquisa são refinados usando-se filtros. Estes incluem os critérios de exclusão dos artigos pré-selecionados que não se enquadram no escopo principal, e foram removidas as duplicatas e revisados os resumos para se verificar a relevância. Para responder à primeira questão de pesquisa, também foram revisadas as seções de métodos dos artigos selecionados.

O fluxograma descrito na Figura 5 resume o refinamento dos protocolos de pesquisa para obtenção do conjunto de artigos disponíveis para análise posterior.

Figura 5 - Fluxograma de aplicação de estratégias de busca para seleção de artigos



Fonte: autor (2022)

Em resumo, foram aplicados três filtros de pesquisa, com as respectivas expressões de consulta, a saber:

- F1 - publicações como dissertações de doutorado, capítulos de livros, relatórios e anais de conferências não foram consideradas;
- F2 - somente os artigos que lidam com mudanças climáticas, expansão urbana e risco de inundação (FRM) foram selecionados: ("expansão urbana" OU "mudança climática" OU "risco de inundação");
- F3 - delimitação de artigos, restringindo o local de aplicação no contexto urbano, para o qual a análise pode orientar a governança de risco de inundação urbana: ("áreas urbanas" OU "espaço urbano" OU urbano OU cidade\* OU cidade\* OU município\* OU "distrito urbano\*" OU "zona urbana\*" OU "adaptação urbana" OU "zonas urbanas" OU "centro urbano" OU "área metropolitana\*").

Além disso, salienta-se que ambas as expressões de consulta de F2 e F3 foram combinadas com a leitura do resumo e do artigo completo, respectivamente, para alcançar o conjunto final de artigos que se encaixam no escopo desta pesquisa. Assim, todo o processo foi cuidadosamente conduzido para validação da consulta de

busca, para que o protocolo construído recuperasse uma quantidade de artigos com menos resultados irrelevantes (falso-positivos). Em seguida, aplicando esses filtros simultaneamente, as estratégias de busca encontraram 377 artigos na Scopus (*Elsevier*) e 285 artigos na Web of Science (*Clarivate Analytics*). Enquanto isso, foi feita uma verificação para evitar a possível duplicação de artigos, ou seja, que estivessem em ambas as bases científicas. Consequentemente, o conjunto final de análise compreende 662 artigos, após a eliminação de três que estavam em ambas as bases de dados.

Dos 662 casos revisados, 217 utilizaram exclusivamente métodos qualitativos (incluindo entrevistas, observações, análise de políticas e análise histórica), 198 utilizaram exclusivamente métodos quantitativos (incluindo SIG, modelagem, estatística e sensoriamento remoto) e 247 casos envolveram uma abordagem de métodos mistos. Cinco estudos fizeram comparações entre áreas urbanas e periurbanas circundantes para enfatizar as conexões entre as duas geografias e doze entre áreas urbanas. No geral, muitos artigos enfatizaram grupos de baixa renda dentro dos casos que incluíam residentes e dados demográficos. Isso não é surpreendente, pois as áreas periurbanas são frequentemente ocupadas por comunidades de baixa renda por razões econômicas, legais e políticas (ZHAO, 2013; DADASHPOOR e AHANI, 2021).

Um exemplo de abordagem qualitativa para a governança de inundações periurbanas é o estudo de caso de Frick-Trzebitzky (2017) de duas localidades (Tetegu e Glefe) no Delta do Densu, em Acra. Os autores utilizaram entrevistas e mapeamento, observações e análise institucional para descrever a relação entre instituições, informalidade e vulnerabilidade às enchentes. Por outro lado, Suriya e Mudgal (2012, p. 210) usaram métodos quantitativos para estudar a sub-bacia hidrográfica de Thirusoolam de Chennai para

[...] ilustrar a relação entre a mudança no uso da terra e a resposta ao escoamento, para desenvolver o mapa de risco de inundação usando técnicas de sensoriamento remoto e GIS, e para desenvolver o mapa da zona de inundação da bacia hidrográfica usando [um] modelo matemático 1D.

Um exemplo de abordagem comparativa de métodos mistos é o estudo de Hernández-Guerrero *et al.* (2012) de duas localidades na periferia de Morelia. Os autores utilizam métodos que "consistem em fatores físicos e sociais, uma análise

espectral dos registros de precipitação climática, o desenvolvimento e a correlação do perímetro propenso a inundações e um modelo de precariedade urbana", juntamente com *insights* de 250 pesquisas e entrevistas semiestruturadas (HERNÁNDEZ-GUERRERO *et al.* 2012, pág. 669). Todos os estudos envolveram tentativas dos pesquisadores de conceber e aplicar metodologias para revelar os desafios subjacentes de governança inseridos no contexto urbano.

A maioria dos estudos se concentra em assentamentos informais e grupos de baixa renda, enquanto alguns estudos envolvem um foco demográfico mais amplo. Por exemplo, Frick-Trzebitzky *et al.* (2017) destacam a gama de residentes periurbanos no caso de Acra, que era

[...] única na diversidade de grupos sociais e instituições interagindo em uma área de menos de seis mil hectares, variando de um dos assentamentos mais pobres de Acra a assentamentos de migrantes ricos; de pescadores e autoridades indígenas a empresas e acordos internacionais.

O estudo de caso de Acra por Owusu-Ansah *et al.* (2019) e de um subúrbio costeiro em Melbourne por Rogers *et al.* (2020) envolve moradores de classe média. Enquanto isso, o estudo de caso de Ríos (2015) de zonas úmidas e um assentamento informal perto de Buenos Aires, convertido em um condomínio suburbano fechado, revela que os moradores "abastados" recém-assentados são menos vulneráveis aos riscos de inundação do que os antigos moradores de baixa renda.

Para responder à quinta pergunta de pesquisa do sexto capítulo, examinou-se o desenvolvimento e a implementação de políticas e práticas de gestão de risco de inundação em nível nacional e em nível local. Como dados, foi utilizada uma combinação de análise de literatura e documentos oficiais, obtidos em várias instituições provinciais: Direção Provincial do Meio Ambiente, Direção Provincial do Turismo, Direção Provincial da Agricultura, Direção Provincial da Saúde e Ação Social, Direção Provincial de Estatística, Direção Provincial de Transportes, Conselho Municipal da Beira e Instituto Nacional de Gestão e Redução de Desastres.

De forma a compreender amplamente o trato do tema em território moçambicano, além das visitas, houve participação em reuniões com a presença de equipes técnicas do Instituto Nacional de Gestão e Redução de Desastres e do Conselho Municipal da Beira. Além disso, recorreu-se às contribuições depositadas na biblioteca da Universidade Pedagógica de Moçambique - delegação da Beira (UP), na biblioteca da Universidade Zambeze da Beira (UZ), na Universidade Católica de

Moçambique UCM), no Departamento Provincial de Arquivo do Património Cultural da Beira (ARPAC), como também no portal do periódico da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). O esforço exploratório concentrou-se na identificação, por meio de estado da arte, das contribuições de pesquisas realizadas e publicadas em diversos formatos de documentos disponíveis na Internet.

Uma limitação da revisão é a falta de uma definição comum de "expansão urbana". Algumas pesquisas usam apenas "rápida urbanização" no título e no resumo e, além disso, a definição da expansão urbana varia de país para país.

## 2. ABORDAGEM TEÓRICA

Com base na compreensão do cenário da cidade da Beira, e à luz dos objetivos delineados, o presente capítulo configura a base de toda a pesquisa que segue, estabelecendo as referências teóricas e analíticas da tese. Ele dialoga diretamente com os demais capítulos deste trabalho, nos quais a literatura não será novamente explorada, a não ser quando for imprescindível para a compreensão do conteúdo. Assim, chama-se a atenção do leitor para que, ao debruçar sobre os próximos capítulos, tenha o presente como referência.

### 2.1. Inundações e a necessidade de uma mudança de paradigma

As inundações são um dos riscos naturais mais perturbadores e frequentes, resultando em danos ao ambiente construído, deslocamento temporal e perda de vidas e meios de subsistência. Entre 1980 e 2019, as inundações resultaram em cerca de 3 mil mortes registradas e mais de 1 trilhão de dólares em danos em todo o mundo (MUNIQUE, 2020). Espera-se que o impacto das inundações aumente para 52 bilhões até 2050 (HALLEGATE *et al.*, 2013; WINSEMIUS *et al.*, 2016), devido às mudanças climáticas, aumento da densidade populacional e desenvolvimento econômico em áreas propensas a inundações (JONGMAN *et al.*, 2012; VINKE *et al.*, 2017). Essa tendência é especialmente relevante em Moçambique, onde 58% da população está exposta a pelo menos um perigo hidrometeorológico e mais de 37% estão expostos a dois ou mais perigos (BANCO MUNDIAL, 2018). Os impactos, no entanto, são específicos do local (NGO, POORTVLIET e FEINDT, 2020), os países em desenvolvimento com latitudes baixas como é o caso de Moçambique (45% do seu território está abaixo dos 100 metros de altitude), estarão na linha de frente e sofrerão impactos devastadores das mudanças climáticas (MENDELSON et al., 2006).

Entretanto, os desastres não podem ser previstos com certeza, mas podem ser antecipados com a redução do risco de desastres. No Quadro de Sendai para Redução do Risco de Desastres 2015–2030 (UNISDR, 2015), os objetivos da redução do risco de desastres são

[...] prevenir novos riscos e reduzir os riscos de desastres existentes por meio da implementação de medidas econômicas, estruturais, legais, sociais, de saúde, culturais, educacionais, ambientais, tecnológicas, políticas e

institucionais integradas e inclusivas que previnam e reduzam exposição a perigos e vulnerabilidade a desastres, aumentar a preparação para resposta e recuperação e, assim, fortalecer a resiliência.

Uma dessas medidas é fortalecer o campo da educação, parte importante da redução do risco de desastres. A educação visa aumentar a conscientização e compreensão dos desastres (SEPTIANA *et al.*, 2019) e integrar o conceito de RRD pode fortalecer a resiliência de comunidades vulneráveis e habilidades de auto-resgate durante e após os desastres (BAYTIYEH, 2017).

Embora a redução do risco de desastres por meio da educação no Quadro de Sendai 2015–2030 não esteja claramente definida, ela está integrada à primeira prioridade, ou seja, à compreensão do risco de desastres. Compreender o risco de desastres no processo educacional pode moldar a civilização humana sobre as ações tomadas quando ocorre um desastre. A Educação para a Redução do Risco de Desastres (DRRE) é essencialmente um processo de aprendizagem para desenvolver as atividades dos alunos e a criatividade na preparação e mitigação de desastres. O foco do DRRE é mais em escolas seguras (DIDHAM e MANU, 2020), o que pode ser realizado porque as escolas são projetadas para um grande número de alunos e, quando ocorre um desastre, torna a evacuação mais complexa (STOUGH *et al.*, 2020). Escolas seguras também devem ser acompanhadas de um processo de aprendizagem sobre desastres e os professores têm um papel importante nesse processo ao utilizarem estratégias de aprendizagem na redução do risco de desastres. Vários países começaram com programas escolares de educação para desastres com foco diferente e com o desenvolvimento de projetos de redução de risco adaptados ao potencial de desastres (ASIO, 2020; HOSSEINI e IZADKHAH, 2020).

Ademais, se os desastres forem logicamente percebidos como negativos, o período pós-desastre pode ser uma oportunidade real para reconstruir e repensar as sociedades e territórios numa perspectiva mais segura, por meio da implementação de ações de redução da vulnerabilidade, visando uma melhor resiliência do território a longo prazo (CROZIER *et al.*, 2017). Por esse motivo, a estrutura de Sendai (2015–2030), adotada na Terceira Conferência Mundial das Nações Unidas sobre Redução de Riscos de Desastres, apresentou explicitamente o conceito de Reconstruir Melhor. Com efeito, a 4ª ação prioritária definida no âmbito desse programa é “reforçar a preparação para desastres para responder com eficácia e 'reconstruir melhor' durante as fases de recuperação, reabilitação e reconstrução” (UNISDR, 2017).

Assim, o quadro sugere uma mudança de paradigma que se baseia nos processos de reconstrução e recuperação para melhorar as condições físicas, sociais, ambientais e econômicas de um sistema urbano para torná-lo mais resiliente a desastres futuros (MANNAKKARA *et al.*, 2014).

Portanto, é interessante discutir as definições de *Build Back Better* (BBB) e como elas podem ser integradas ao processo natural de gerenciamento de riscos. Para operacionalizar o conceito de *Build Back Better* e garantir a sua efetiva implementação, é necessário estabelecer uma definição comum e compartilhada de “reconstruir melhor” entre os diferentes atores envolvidos nos processos de recuperação e reconstrução. O UNISDR define “reconstruir melhor” como o uso das fases de recuperação, reabilitação e reconstrução para melhorar a resiliência das nações e comunidades afetadas por meio da integração de medidas de redução de risco (UNISDR, 2017). Da mesma forma, o Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR) define *Build Back Better* como uma abordagem de recuperação de desastres que visa reduzir a vulnerabilidade a desastres futuros e que aspira melhorar a resiliência de uma comunidade para melhor se recuperar após choques físicos, sociais e econômicos. Assim, a recuperação dentro de uma estrutura BBB apresenta uma oportunidade para as comunidades afetadas por desastres reduzirem suas vulnerabilidades existentes e previsíveis.

Der Sarkissian *et al.* (2021) propõem indicadores *Build Back Better* com foco em infraestrutura crítica, em particular redes urbanas, incluindo (i) aspectos de resiliência (indicadores que respondem à exposição a [...] perigos, vulnerabilidades, falta de redundância, falta de robustez, recuperação lenta velocidades e altos níveis de interdependência); (ii) indicadores ambientais e de sustentabilidade; (iii) desenvolvimento sustentável socioeconômico. Fica claro a partir dessas definições que o BBB levanta a questão de uma melhor adaptação aos riscos identificados. Consoante os objetos considerados, pode também constituir uma oportunidade para realizar processos inovadores de consulta às populações, para melhorar o desempenho ambiental ou técnico das infraestruturas.

Assim, a fase pós-desastre pode ser uma janela de oportunidade para iniciar novas dinâmicas urbanas que melhorem a resiliência e reduzam a vulnerabilidade de territórios propensos ao risco. Essa fase parece apresentar, de fato, uma concomitância de fatores favoráveis ao desencadeamento de processos virtuosos de gestão do risco, como a reativação da memória do risco, a descompartmentalização

entre os diferentes atores que decidem colaborar e trabalhar em conjunto e, acima de tudo, a mobilização de fundo monetários excepcionais para a reconstrução (MOATTY *et al.*, 2016). A fase pós-desastre pode assim ser subdividida em uma subfase de resposta e uma subfase de recuperação. A subfase de resposta ocorre logo após um desastre e inclui todas as medidas tomadas durante ou imediatamente após um choque para salvar vidas, minimizar danos físicos ou melhorar o processo de recuperação. A subfase de recuperação é o estágio final do ciclo de gerenciamento de riscos de desastres. A recuperação de um território afetado passa por assegurar um rápido regresso à normalidade a curto prazo e uma redução das vulnerabilidades a médio e longo prazos (CUTTER *et al.*, 2008; LINDSAY, 2012).

Além disso, deve-se notar que existem duas opções possíveis para se reconstruir um território na subfase de recuperação. A primeira variante consiste em reparar as instalações e infraestruturas danificadas e restaurá-las a um estágio semelhante ao de pré-desastre (reconstrução idêntica), o que pode levar à reprodução das mesmas vulnerabilidades no território. A segunda variante de reconstrução, por outro lado, visa melhorar as condições pré-desastre e reconstruir melhor, integrando medidas de redução de riscos e outras soluções, como eficiência energética, integração urbana e desenvolvimento sustentável.

Para evitar a replicação das mesmas vulnerabilidades, é essencial planejar o processo de reconstrução antes da ocorrência de um desastre, de forma a identificar os mecanismos adequados para a recuperação de um território. É por isso que o planejamento de recuperação pré-desastre para reconstrução e recuperação é um pré-requisito e um passo lógico para garantir que as comunidades “se reconstruam melhor” após um desastre natural (HALLEGATTE, 2018). Essa abordagem proativa visa identificar as ações locais de proteção contra inundações “estruturais e não estruturais” necessários para a mitigação de riscos, analisando diferentes cenários de desastres. Para esse fim, vários governos e agências começaram a desenvolver planos e guias de recuperação ex-ante, para melhor preparar e antecipar a fase de reconstrução.

As medidas *estruturais* consistem na proteção pública (PPM), sem se concentrar especificamente em edifícios individuais. Elas formam a base para a prevenção de inundações em áreas urbanas e incluem pavimento poroso, instalações de retenção, de drenagem e de retenção subterrânea, elevação do nível do solo e instalação de captadores de água e estações de bombeamento. Por outro lado, as

medidas *não estruturais* incluem a implementação de leis e regulamentos, o estabelecimento de sistemas organizacionais, a melhoria dos sistemas de salvaguarda, a promoção de talentos e o aprimoramento das técnicas de gestão de desastres, como planos de utilização da terra, controles de construção, seleção de áreas para urbanização, planos de organização de infraestrutura urbana, planos de alocação da população e um plano de organização da rede de tráfego. Outras medidas não estruturais incluem a organização de um sistema de informação de desastres, ou seja, o levantamento e análise dos componentes físicos da cidade, como o estado de utilização da terra, uso de estradas, estado de gestão, estado de informações de construção e o desenvolvimento de mapas de risco (HIDEKI, 2011).

Quadro 1 - Visão geral das medidas estruturais e não estruturais para lidar com inundações

<b>Estrutural: Mitigação</b>	<b>Não estrutural: adaptação</b>
<b>Extenso</b>	<b>Regulamento</b>
Remodelando a superfície da terra	Zoneamento
Protegendo da erosão	Codificação
Atrasando processos de escoamento	<b>Defesa contra inundações</b>
Aumentando a infiltração	Previsão
Obras urbanas	Aviso
<b>Intensivo</b>	Impermeabilização
Diques, paredes de inundação	Evacuação
Barragens e reservatórios	Realocação
Polders e preenchimentos	Seguro
Obras de drenagem	Governamental
Alagamentos e obras de desvio	Privado
	Misturado

**Fonte:** Kiyong Park, Jeong-hun, 2019

Em última análise, medidas de preparação e adaptação não estrutural podem ser soluções mais eficientes e sustentáveis para os problemas de inundação, reduzindo a vulnerabilidade de seres humanos e bens expostos ao risco de inundação (HIDEKI, 2011). A adaptação deve ir além das medidas tecnicamente viáveis e econômicas e buscar ativamente a equidade e a justiça (O'BRIEN e SELBOE, 2015; PAAVOLA e ADGER, 2006). Contudo, as estratégias de gestão de perigos naturais normalmente dependem da capacidade de delinear zonas de risco com base no conhecimento da ocorrência, magnitude, frequência e dinâmica temporal de um perigo específico, incluindo medidas estruturais e não estruturais. Centrando-se nas cheias dos rios, por exemplo, a proteção das zonas de várzea contra as inundações é muitas

vezes garantida pela presença de diques, que foram progressivamente elevados e reforçados ao longo dos séculos.

A medida estrutural centrada nas instalações de prevenção de desastres é a medida chave para a prevenção de inundações. No entanto, as instalações de prevenção de desastres têm capacidade limitada contra chuvas fortes que excedem os padrões de projeto e a capacidade da instalação, determinada pela área que cobrem, a importância das instalações e a segurança. Essa limitação está aumentando proporcionalmente ao aumento da frequência de chuvas fortes devido às mudanças climáticas e também ao aumento da urbanização (IPCC, 2007). As medidas estruturais têm limitações, como evidenciado pelos danos de inundações repetitivas nas mesmas áreas, em razão da capacidade limitada das instalações de retenção excedidas pelo evento de chuva. Além disso, as medidas estruturais que lidam temporariamente com os danos das inundações urbanas devido as mudanças climáticas têm efeitos limitados nas instalações prediais, o que pode afetar a vida dos cidadãos. Isso sugere a necessidade de medidas não estruturais que abordem a questão por meio do planejamento do espaço e dos sistemas organizacionais. Portanto, ao analisar o risco de inundação urbana, o problema de planejamento do espaço pode ser abordado por meio de um planejamento urbano eficiente em termos de usos de edifícios e do solo.

A eficiência da gestão de inundações é muito importante, considerando-se a morte como um dos efeitos graves e irreversíveis das inundações (SHARIF *et al.*, 2014). Um dos objetivos do documento de Sendai para reduzir o risco de desastres ao longo dos anos 2015-2030 é reduzir as mortes em populações afetadas por desastres naturais (SALVATI *et al.*, 2018) e melhorar o efeito da gestão eficaz de inundações em vítimas humanas e econômicas (IBRAHIM *et al.*, 2017). A implementação de políticas de gestão de riscos e intervenções apropriadas para diminuir as mortes causadas por inundações requer a identificação dos fatores envolvidos (PAUL e MAHMOOD, 2016).

A esse respeito, embora Priest *et al.*, em 2009, atribuíssem as mortes causadas pelas inundações a três categorias de características do habitat (tais como dentro ou fora dos edifícios, a natureza da habitação, alerta de inundação), características das inundações (tais como velocidades de inundação, profundidades de inundação) e características da população (como saúde, idade) (PRIEST, 2009), há uma compreensão ou conhecimento relativamente limitado sobre os determinantes das

mortes por inundações (KEIM, 2004; JONKMAN e MAASKANT, 2009). De fato, a maioria das mortes registradas em eventos de inundação não se deve diretamente a enchentes ou perigos, mas a causas subjacentes (KELMAN, 2004). Portanto, mais mortes ocorrem em sociedades mais pobres e países com menos recursos devido a maior vulnerabilidade e sistemas de gestão de desastres ineficientes (ALDERMAN, TURNER e TONG, 2012) e dado o papel da vulnerabilidade social nas mortes por inundações (LEE e VINK, 2015).

Considerando a enormidade da frequência das inundações e suas consequências em Moçambique (INGC, 2019), há necessidade de descentralização da gestão e participação de todas as comunidades, com base na experiência internacional, bem como no novo conhecimento da gestão de desastres (SHAW, 2012) e na importância da gestão participativa do risco de inundação nas comunidades locais. Assim, deve-se entender como os moradores percebem os perigos de inundação em sua área e que tipo de consciência eles têm das atividades de preparação para desastres (MOTOYOSHI *et al.*, 2006).

De fato, um dos aspectos da gestão moderna do risco de inundação e uma das estratégias eficazes para reduzir esse tipo de evento é a conscientização da qualidade e percepção do risco do público (KELLENS *et al.*, 2011). Porque a percepção sobre os perigos naturais é indicativa da disposição das pessoas de tomar medidas de precaução e do apoio comunitário das políticas governamentais de redução de riscos (BOTZEN, AERTS e VAN DEN BERGH, 2009). Trata-se de uma escassez de dados qualitativos sobre a morte por inundação de diferentes perspectivas relevantes. Portanto, investigar os fatores subjacentes que afetam a morte devido a inundações, sob a perspectiva daqueles que direta ou indiretamente a testemunharam, pode ajudar a obter uma compreensão mais profunda desses fatores.

Além das várias estratégias usadas no aprendizado de redução de risco de desastres, a sabedoria local na mitigação de desastres tem uma influência significativa no aprendizado e pode ser usada como material e recurso de aprendizado. A sabedoria local é uma fonte de cultura comunitária, tanto na forma de conhecimento, como na de produtos e atividades usados para a sobrevivência, adaptada para onde eles estão, de geração em geração. A sabedoria local tem valores filosóficos que se acredita serem diretrizes (pensamentos, atitudes e comportamentos) nas atividades da vida para manter a sobrevivência pessoal e do grupo (UGE, NEOLAKA e YASIN, 2019).

### 2.1.1. Perspectivas de risco de inundação urbana na África Subsaariana

As recentes tentativas de compreender os fatores de inundação urbana<sup>4</sup> na África Subsaariana estão amplamente ligadas à rápida urbanização em curso, em larga escala. Nesta seção, são explorados debates que posicionam os desafios emergentes da rápida urbanização vis-à-vis as inundações urbanas.

As concepções existentes sugerem que décadas de rápida urbanização em países de baixa e média renda são acompanhadas por uma proliferação de assentamentos altamente congestionados (ECHENDU, 2021; RICHMOND *et al.*, 2018), que sujeitam os moradores a incômodos recorrentes de risco de inundação (JHA *et al.*, 2012). Essas áreas informais dominantes e altamente angustiadas, comumente conhecidas como assentamentos informais, exercem pressão excessiva sobre a infraestrutura de drenagem urbana existente, amplificando os impactos das inundações urbanas em caso de precipitação tropical usual (ECHENDU, 2021; VERMEIREN *et al.*, 2012). A ligação entre assentamentos urbanos informais e inundações urbanas em cidades da África Subsaariana tem sido amplamente discutida (DOUGLAS *et al.*, 2008; AMOAKO e FRMPONG, 2020; ECHENDU, 2021; PANYAKO *et al.*, 2018, MUTISYA e YARIME, 2011). No entanto, o que exacerba o impacto das inundações varia de uma área para outra. Por exemplo, as inundações urbanas nos bairros suburbanos da Beira, Moçambique, são atribuídas ao mau planejamento urbano e à invasão das áreas sensíveis.

As condições existentes em propriedades superlotadas-aleatórias-improvisadas, ocupadas principalmente pelos pobres urbanos, tornam desafiador para os governos urbanos da África Subsaariana fornecer serviços básicos baseados na infraestrutura convencional de drenagem cinza (MGUNI *et al.*, 2016). Isso coincide com o que Fraser *et al.* (2017) apontam, no sentido de que a maioria das cidades africanas continuou a se expandir rapidamente sem os fundamentos de infraestrutura para o desenvolvimento inclusivo e sustentável. No entanto, várias tentativas de melhorar a qualidade de vida em assentamentos de favelas pelos governos urbanos locais e parceiros de desenvolvimento continuam a ser uma luta prolongada, devido ao enorme apoio financeiro que é necessário. Argumenta-se que a singularidade das

---

<sup>4</sup> As inundações urbanas, vistas como um desastre natural, ocorrem quando as chuvas não podem ser drenadas de forma rápida e adequada através de canais de drenagem e outros corpos d'água (NGUYEN *et al.*, 2019; SAULNIER *et al.*, 2017).

necessidades de cada favela frustra os modelos de planejamento e, portanto, exige uma abordagem de baixo para cima (RICHMOND *et al.*, 2018) e abordagens pró-pobres (WATSON, 2009), em vez de abordagens tecnocráticas de cima para baixo conflituosas e rígidas (AMOAKO *et al.*, 2019; POKU-BOANSI *et al.*, 2020; JHA *et al.*, 2012), que ignoram relações contextuais complexas em uma sociedade em rápida mudança.

Para colocar isso em perspectiva, os debates em curso sobre informalidade urbana (McFARLANE, 2012; ROY, 2005; YIFTACHEL, 2009) reconhecem a necessidade de se inverter as abordagens de cima para baixo dos Estados que legitimam a formalidade, negando a informalidade nas suas bases teóricas e empíricas. O contínuo formal-informal é propagado pelas abordagens governamentais urbanas existentes, que continuaram a justificar o formal como legítimo, um preconceito que abandona as áreas informais a inundações constantes com investimento mínimo em intervenções de alívio de inundações.

Dito isso, novas conceituações (ROY, 2005; McFARLANE, 2012) defendem o reconhecimento da informalidade urbana como um modo alternativo de desenvolvimento urbano. Talvez a incorporação de assentamentos informais nos procedimentos de planejamento como uma forma aceita de assentamento caracterizada por favelas, pobreza e má prestação de serviços urbanos (McFARLANE, 2012; ROY, 2005; RICHMOND *et al.*, 2018) possa permitir que os governos urbanos prestem mais atenção às questões ambientais que afligem esses bairros. No entanto, isso deve ser feito sem se glorificar excessivamente a natureza heroica dos pobres urbanos que usam a informalidade para negociar espaços urbanos, economias e políticas (BANKS *et al.*, 2020).

Além disso, embora a legislação de planejamento urbano preveja a propriedade formal da terra em áreas regulamentadas, argumenta-se que os segmentos mais pobres da sociedade são severamente desfavorecidos (NJOH, 2008). Conseqüentemente, eles operam um sistema paralelo de posse da terra que permite que os indivíduos possuam e desenvolvam terras com base em suas regras consuetudinárias. Nisso, os migrantes e os pobres urbanos têm como alvo áreas ecologicamente sensíveis, como zonas úmidas, que são relativamente livres do policiamento do governo (VERMEIREN *et al.*, 2022; KABUMBULI e KIWAZI, 2010). Há também argumentos no sentido de que os múltiplos sistemas de propriedade da terra afetaram o desenvolvimento de infraestrutura e serviços públicos em áreas

urbanas não regulamentadas, onde a suspensão da legislação urbana atrai uma falta de padronização da infraestrutura. Isso está ligado ao que estudiosos, como Watson, (2009), Banks *et al.* (2020) e Echendu (2021), destacaram como graves as fraquezas institucionais sustentadas por condições neoliberais que exacerbam os riscos de inundações urbanas em todas as cidades da África Subsaariana.

Em última análise, há consenso, com base em evidências emergentes ao longo das décadas, de que há um aumento nos eventos de inundações urbanas recorrentes e generalizadas na África Subsaariana. No entanto, uma perspectiva clara sobre como múltiplos processos contextuais de urbanização e impulsionadores, como a perda severa de zonas úmidas, as mudanças climáticas e os assentamentos informais, potencialmente desencadeiam mudanças nas inundações, não é amplamente compreendida. Isso funcionou contra as medidas propostas para diminuir as inundações urbanas e facilitou ainda mais a ocorrência de episódios de inundações com poder destrutivo exponencial em comparação com as décadas anteriores.

Com uma abordagem multimétodo, esta pesquisa avança nossa compreensão aprofundada dos fatores de inundações específicos do contexto, usando a cidade de Beira como estudo de caso.

## **2.2. Percepção de risco de inundações**

Estudos de risco podem ser traçados de volta ao trabalho pioneiro de Gilbert White (1945), que se concentrou em ajustes humanos em inundações nos Estados Unidos e na influência da experiência anterior de inundações no comportamento das pessoas. Na década de 1960, Chouncey Starr (1969) publicou uma pesquisa sobre percepções de risco, com foco no benefício social versus risco tecnológico. Starr forneceu uma abordagem para desenvolver uma medida quantitativa de benefício relacionada ao custo para um aspecto essencial do nosso contínuo valor social. Fischhoff e Slovic (1978) utilizaram métodos psicométricos para avaliar o risco, respondendo a limitações na pesquisa de Starr (1978), com Wang *et al.* (2018) usando métodos semelhantes para avaliar a percepção de risco de inundações. (WHITE, 1945; STARR, 1969; FISCHHOFF e SLOVIC, 1978; WANG *et al.*, 2020).

Uma compreensão do termo "risco" é necessária para se estudar a percepção de risco de inundações. Existem dois tipos de risco nos estudos de catástrofes: real e percebido. O risco real é calculado considerando-se a exposição, sensibilidades e

capacidades das pessoas, além do perigo (BOTZEN *et al.*, 2009; RANA e ROUTRAY, 2016). O risco percebido mede julgamentos públicos, comportamentos reativos e aceitação em relação a um evento ou estratégia (RENN, 2008). Essas percepções de risco são moldadas pela exposição de um indivíduo ou comunidade, experiências passadas, habilidades cognitivas, compreensão de perigos, características sociodemográficas e sociopolíticas (RANA *et al.*, 2020; WACHINGER *et al.*, 2010). As pessoas enfrentam incerteza quando a situação é vaga, duvidosa e probabilística. Interpretações e outros julgamentos subjetivos sobre riscos são conhecidos como percepção de risco (SLOVIC, 2000). Vários estudos discutiram extensivamente fatores, teorias e estruturas de percepção de risco (BIRKHOLZ *et al.*, 2014; LO, 2013; RANA *et al.*, 2020; WACHINGER *et al.*, 2010).

A Estrutura de Sendai para Redução de Risco de Desastres 2015–2030 enfatiza a importância de se ter uma percepção completa de todos os aspectos do risco de perigo (BRITO *et al.*, 2017), incluindo interpretação de perigo, exposição, vulnerabilidade e capacidade de absorção de choque (MONDAL, MURAYAMA e NISHIKIZAWA, 2020; MAHANTA, 2017; KHUNWISHIT, CHOOSUK e WEBB, 2018). Compreender como o risco atual de inundação pode mudar no futuro requer a avaliação da vulnerabilidade existente (MONDAL *et al.*, 2020). A avaliação da vulnerabilidade é vital para se criar e implementar medidas de redução de riscos, mas é difícil de medir (SALAZAR-BRIONES *et al.*, 2020). As inundações, que são um elemento natural do sistema hidrológico, podem ter um impacto devastador nas pessoas e causar extensa destruição de infraestrutura, a ponto de sobrecarregar a capacidade de uma comunidade e torná-la incapaz de sobreviver sem assistência externa (SALAZAR-BRIONES *et al.*, 2020; ZACHOS *et al.*, 2016).

A exposição aos perigos relacionados com o clima é a localização dos elementos em risco relativamente à ocorrência dos perigos climáticos (FÜSSEL e KLEIN, 2006; WISNER, GAILLARD e KELMAN, 2015). A maior proximidade dos elementos em risco à localização dos riscos climáticos determina seus níveis de exposição em termos de baixo, médio ou alto (RODRÍGUEZ e SANTOS, 2018; GRANDJEAN *et al.*, 2018). Neste estudo, a exposição à inundação foi definida como estando em risco de uma ocorrência do evento em termos de meio ambiente, pessoas e propriedades. As condições humano-ambientais podem piorar ou amenizar o perigo, ou ainda desencadear um impacto (FEYISSA *et al.*, 2018). A vulnerabilidade aos perigos das mudanças climáticas é a propensão ou predisposição a ser afetado

adversamente. Abrange uma variedade de conceitos e elementos, incluindo sensibilidade ou suscetibilidade a danos e falta de capacidade de enfrentamento e adaptação (TAPIA *et al.*, 2017) muito embora outros estudos definam a vulnerabilidade como função da exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa (GALLINA *et al.*, 2020). A capacidade adaptativa ou adaptação é a habilidade geralmente medida no tempo que leva para um sistema mudar sua estrutura para suportar as funções básicas do sistema em resposta à perturbação); e sua resiliência (a taxa na qual um sistema recupera estrutura e função após uma perturbação) (FEYISSA *et al.*, 2018; FÜSSEL *et al.*, 2007. A capacidade adaptativa de um sistema é determinada em termos de conhecimento, riqueza, ativos, redes sociais, informações, infraestruturas, tecnologia, instituições e economia ou finanças disponíveis para o sistema de estudo (FEYISSA *et al.*, 2018; KIUNSI *et al.*, 2013).

As pessoas não estão suficientemente motivadas para adotar mudanças comportamentais, a menos que algum nível de risco seja percebido. Muitos estudos anteriores descobriram que a percepção de risco conduz a comportamentos de mitigação e adaptação (BOTZEN *et al.*, 2009; DASH e MORROW, 2000; KUNREUTHER e SLOVIC, 1978; SHAO *et al.*, 2017c). As pessoas estão dispostas a tomar mais medidas para se proteger dos riscos de inundação quando percebem um risco maior (DASH e GLADWIN, 2007; LO, 2003; LOEWENSTEIN *et al.*, 2001). Por exemplo, estudos empíricos encontraram evidências para vincular percepções de riscos de inundação à mitigação do risco de inundação (GE *et al.*, 2011), comportamentos de evacuação (HUANG *et al.*, 2012), compra voluntária de seguro contra inundações (SHAO *et al.*, 2017b) e políticas de apoio a incentivos para realocação e financiamento de programas educacionais sobre planejamento de emergência e evacuação (SHAO *et al.*, 2017c). Dada a sua implicação comportamental, examinar as percepções dos riscos de inundação pode nos fornece informações sobre o apoio à política pública de mitigação/adaptação e ações preventivas individuais.

A compreensão atual do risco de inundação se concentra em dois fatores principais: as mudanças climáticas e o crescimento socioeconômico (JONGMAN *et al.*, 2012; CEOLA *et al.*, 2014). Vários estudos (ELMER *et al.*, 2012; WINSEMIUS *et al.*, 2016) indicam que o crescimento socioeconômico é, de longe, o fator dominante para o aumento do risco de inundação. A maioria dos estudos tem se concentrado em áreas rurais; no entanto, devido ao valor acumulado e ao aumento da população nas

áreas urbanas, mais pesquisas estão atualmente se concentrando nas cidades ou nas áreas rurais e nas cidades (BRUWIER *et al.*, 2018, MUSTAFA *et al.*, 2018). Devido a um alto número de áreas impermeáveis, as áreas urbanas podem ser vistas como mais sensíveis às mudanças, nos padrões de precipitação das mudanças climáticas (SCHOLZ, 2013). No entanto, poucos estudos se concentraram em uma comparação entre os fatores que impulsionam a mudança do risco de inundação em áreas urbanas.

Vários estudos de pesquisa empírica identificaram e reforçam a importância da percepção de risco de inundação, o que pode levar as pessoas a empreender ações de preparação e mitigação (ARMAS e AVRAM, 2009; KHAN *et al.*, 2020; BUBECK *et al.*, 2012; CHIANG, 2018; GOTHAM *et al.*, 2018). Esses estudos afirmam que a percepção do risco de inundação desempenha um papel crucial na formação de comportamentos e julgamentos. A literatura indica que a percepção do risco de inundação é significativamente afetada por experiências passadas de inundação (BOTZEN *et al.*, 2009; BRADFORD *et al.*, 2012), características sociodemográficas (HO *et al.*, 2008; SHAH *et al.*, 2022), socioeconômicos (BESEL *et al.*, 2017; HOFFMANN e MUTTARAK, 2017) e proximidade das pessoas a partir da fonte de inundação (MICELI *et al.*, 2008; RANA *et al.*, 2020). Ainda, de acordo com a literatura, a percepção de risco de desastre das mulheres tende a ser maior do que a dos homens (KHAN *et al.*, 2020; VAN DER LINDEN, 2015).

Conforme referido neste estudo, os efeitos da experiência na percepção de risco de inundação têm sido estudados (LAWRENCE, QUADE e BECKER, 2014) e os resultados indicam que as pessoas que experimentam um evento de inundação tendem a mudar sua percepção de risco (BOTZEN, AERTS e VAN, 2009). No entanto, essas mudanças podem depender do contexto e natureza do evento (HARVATT, PETTS e CHILVERS, 2011). As pessoas que sofreram um evento de inundação são mais propensas a ver uma inundação futura como um risco grave (LASKA, 1990; PAYNE e PIGRAM, 1981), enquanto experiências repetidas de inundações têm um efeito aumentado nas respostas às inundações e conhecimento sobre isso (HANSSON *et al.*, 1982).

Alguns pesquisadores destacam que a experiência de inundação não afeta apenas as respostas comportamentais ao risco de inundação, mas também influencia as atividades de preparação para o gerenciamento de riscos de inundações (DE MAN e SIMPSON-HOUSLEY, 1988; KATES e WHITE, 1978).

Apesar de todos os estudos citados, pode-se afirmar que mais análises empíricas precisam ser conduzidas para ajudar a população, e principalmente os gestores públicos, a entender melhor como as percepções humanas dos perigos de inundação são consistentes com os aspectos físicos dos perigos de inundação. Os resultados obtidos a partir desse tipo de estudos forneceriam aos formuladores de políticas locais informações valiosas sobre como as pessoas consideram os perigos físicos das inundações ao formar julgamentos. Esses *insights* podem efetivamente informar os formuladores de políticas sobre qualquer lacuna existente entre as avaliações científicas e as percepções públicas dos riscos de inundação.

Neste trabalho, são analisadas as variáveis sociodemográficas e econômicas com o fim de elucidar as percepções de risco de inundação aos residentes na Beira, Moçambique.

### **2.3. As mudanças climáticas e inundações urbanas**

Os impactos das mudanças climáticas geralmente diferem entre áreas urbanizadas e não urbanizadas. Vários estudos observaram um maior aumento nos extremos climáticos nas cidades, em comparação com áreas não urbanizadas, devido ao aquecimento global. Neste trabalho, adotaram-se as mudanças climáticas na perspectiva de riscos de inundação.

Eventos extremos de precipitação (EPEs) costumam trazer consequências desastrosas, como enchentes, alagamentos urbanos e deslizamentos de terra (KHAN *et al.*, 2021). A viabilidade climática em geral e as alterações climáticas antropogênicas em particular são fatores importantes. Assim, a força potencial do impacto sobre o risco de inundação urbana é significativa. A emissão de gases de efeito estufa (GEE) é a principal causa das mudanças climáticas antrópicas (IPCC, 2014). O consumo de energia e as atividades de produção de GEE não são distribuídos uniformemente pela terra e as cidades são frequentemente culpadas por contribuir para as mudanças climáticas (DODMAN, 2009).

No entanto, as emissões das cidades mostram uma menor contribuição de GEE *per capita* do que as áreas suburbanas e rurais (DODMAN, 2009; NORMAN *et al.*, 2006). Projeta-se que a variabilidade, bem como os volumes totais de chuvas, mude devido às mudanças climáticas esperadas (IPCC, 2014). Esses fatores são muito difíceis de influenciar em escala local ou regional, em que as consequências

geralmente ocorrem (por exemplo, inundações urbanas). Dada a distribuição rápida e global de GEE, as cidades não têm controle direto sobre sua produção local em relação ao impacto recebido, e a capacidade de gerenciamento potencial é baixa. Conseqüentemente, em termos de planejamento urbano, devem ser tomadas outras medidas para se diminuir os efeitos das alterações climáticas.

O nível médio do mar (juntamente com o alto nível da água devido ao vento, maré e tempestade) tem uma influência direta nas inundações costeiras. O nível médio global do mar aumentou 0,19m (1,7mm/ano) entre 1901 e 2010 (IPCC, 2014). De 1993 a 2010, a taxa foi de 3,2mm/ano. Aproximadamente 75% desse aumento pode ser explicado pela perda de massa das geleiras e pela expansão térmica do oceano. O nível do mar continuará a subir no futuro, contribuindo para o aumento do risco de inundações em áreas urbanas baixas (ARNS *et al.*, 2015). Com meio<sup>5</sup> dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) há um risco moderado de que a adaptação seja necessária em muitos locais para se reduzir o risco para os sistemas costeiros, humanos e naturais. Com alto<sup>6</sup> CO<sub>2</sub> há um risco elevado de que a proteção costeira e a adaptação do ecossistema atinjam seus limites (IPCC, 2014).

Os efeitos das alterações climáticas sobre o risco de inundações urbanas são diferentes para os diferentes tipos de inundações abrangidos neste capítulo:

- i. As inundações costeiras são causadas por galgamento oceânico de sistemas e estruturas costeiras, que por sua vez são o efeito combinado do nível médio do mar e dos altos níveis temporários de água causados pelo vento e, muitas vezes pela maré. O vento (velocidade, direção e padrão) não tem sido claramente ligado às mudanças climáticas (IPCC, 2014). Os efeitos das mudanças climáticas sobre o vento dependem da localização e, portanto, mesmo um aumento médio global na sua velocidade pode estar associado a menos efeitos do vento em algumas regiões.
- ii. A inundação fluvial é causada por descarga superficial extrema, resultando em altos níveis de água. O principal fator, que afeta o aumento dos fluxos extremos, é a precipitação elevada. Há fortes indícios de tendências crescentes em todo o globo, tanto para o fluxo máximo quanto para a

---

<sup>5</sup> Meio refere-se à via de concentração representativa RCP4.5.

<sup>6</sup> Alto refere-se a RCP8.5.

precipitação (MADSEN *et al.*, 2014; BERGHUIJS *et al.*, 2017). Da mesma forma, espera-se que a mudança climática global aumente a força e a frequência de eventos extremos de precipitação (MADSEN *et al.*, 2014; WESTRA *et al.*, 2014). No entanto, deve-se notar que existem variações regionais nessas tendências e projeções gerais, mesmo na medida em que possam ocorrer efeitos opostos (diminuição do risco de inundação). Além da precipitação, existem outros fatores que afetam as magnitudes do fluxo, como a intervenção antropogênica direta, incluindo a urbanização. Por último, importa sublinhar que a dimensão da cidade de Beira define as escalas de tempo e de espaço envolvidas.

- iii. A inundação pluvial é causada pelo fluxo superficial gerado localmente devido às chuvas de alta intensidade em áreas urbanas (SCHOLZ, 2010). Os mecanismos por trás das inundações pluviais são, em princípio, os mesmos para inundações fluviais. No entanto, devido às menores escalas de tempo e espaço e ao ambiente urbano, as inundações pluviais estão mais diretamente relacionadas às características da chuva. A inundação pluvial ocorre quando nuvens de alta intensidade saturam a área de drenagem, levando a um excesso de água que não pode ser absorvido. Mecanismos pluviais e fluviais muitas vezes combinam com inundações mais graves em áreas urbanas. A mudança climática afeta ambos os tipos de inundações, embora as características das chuvas sejam afetadas pelas menores escalas de espaço e tempo envolvidas para inundações pluviais (WESTRA *et al.*, 2014). Uma vez que a estrutura e o desenho das áreas urbanas afetam o clima local (REN, 2015), há um elemento de manejabilidade local para inundações pluviais. O poder de influência local é considerado fracamente gerenciável para as cidades.

Para resumir o acima exposto, as influências das mudanças climáticas representam um forte fator que afeta o risco de inundação. Com poucas exceções, a mudança climática futura projetada aumenta esse risco para inundações costeiras, fluviais e pluviais. O grau de manejabilidade no âmbito das cidades continua a ser pequeno para os efeitos das alterações climáticas nas inundações costeiras e fluviais.

Para inundações pluviais, espera-se uma capacidade de gestão ligeiramente maior na cidade.

#### **2.4. Percepções dos residentes sobre mudança climática**

O conceito de percepção é central para entender e reagir aos riscos relacionados às mudanças climáticas. Nas ciências sociais, o termo é usado para capturar como interpretamos a realidade e a experiência para discernir e informar nossa reação a forma, comportamento e ação (FETTERMAN, 2008). A definição depende da disciplina que o utiliza, e raramente é uniforme. No quadro teórico da adaptação ao clima, a percepção refere-se especificamente à relação de cada um com os riscos climáticos. Aqui, baseamos nossa definição do conceito em como ele existe dentro do “espaço de solução” delineado pelo IPCC (2018). Risco, de acordo com o framework, considera a magnitude dos perigos envolvidos; a vulnerabilidade dos atores e infraestrutura; e a presença de ativos ou atores (sociais, ecológicos ou outros) em uma área afetada. Um dos principais componentes do risco é sua percepção: uma série de “julgamentos subjetivos [feitos] sobre [suas] características e gravidade” (IPCC, 2018). Os riscos, especialmente os relacionados ao clima, devem ser avaliados e gerenciados para informar os processos de adaptação e mitigação, mas o sucesso do planejamento da adaptação depende de como os atores percebem e reagem aos riscos envolvidos (IPCC, 2018).

A percepção interage com outra ferramenta cada vez mais reconhecida, que o IPCC identifica em sua estrutura de risco climático. O conhecimento local, no quadro, engloba “as compreensões e habilidades desenvolvidas por indivíduos e populações, específicas dos lugares onde vivem”; é “um elemento-chave dos sistemas sociais e culturais que influenciam as observações e respostas às mudanças climáticas”, influenciando a tomada de decisões e a governança no curto e longo prazo (IPCC, 2018). No nexu inundações-clima, então, se a adaptação é bem-sucedida ou falha, depende tanto do conhecimento dos residentes quanto de suas percepções dos riscos envolvidos. Conhecimento e percepção são facetas entrelaçadas e interativas da adaptação climática: enquanto o primeiro é a soma de compreensão e experiências passadas, o segundo é um nó de julgamentos subjetivos, reações a eventos ou processos específicos (dos quais as mudanças climáticas podem ser apenas um).

Para os propósitos deste trabalho, definimos as percepções dos residentes sobre as mudanças climáticas como julgamentos subjetivos que informam as reações apropriadas, com base no conhecimento explícito e tácito sobre as características e gravidade do risco. O estudo foi concentrado nas percepções dos residentes para explorar como suas contribuições são integradas à preparação e à adaptação às mudanças climáticas e, portanto, a maneira como eles avaliam e interagem com riscos e políticas. O conhecimento é essencial para a percepção, mas engloba um conjunto mais vasto de experiências e entendimentos (COLLINS, 2004; IPCC, 2014). A percepção, como definida no espaço de adaptação ao clima, fornece um nó de investigação mais focado. Conforme discutido a seguir, foi examinada a “percepção” em vez do “conhecimento” para isolar a literatura que considera os riscos representados pelas mudanças climáticas.

## **2.5. Governança de inundação**

Embora a governança seja um conceito disputado, há um consenso de que ela captura a dinâmica de governar na busca de um objetivo coletivo (LANGE *et al.*, 2013). Formam-se debates teóricos em torno dos diferentes modos de governança, ligados à configuração de atores (poder público, sociedade privada e civil), distribuição de poder e estruturas institucionais (DRIESSEN *et al.*, 2012). Para alguns, a governança marca uma transição da tradicional tomada de decisão "de cima para baixo" liderada pelo Estado, para redes de atores cada vez mais complexas e processos não hierárquicos (PAHL-WOSTL *et al.*, 2013, WALKER *et al.*, 2014); significando uma mudança de "governo para governança" (SWYNGEDOUW, 2005).

No entanto, a impressão de que a governança emergiu de forma unidirecional é oposta pelo argumento de que formas híbridas de governança parecem existir (SHIROYAMA *et al.*, 2012). De fato, Bell e Hindmoor (2009) argumentam que, embora o Estado possa ter estratégias de governança diversificadas, elas continuam a ser um ator fundamental. Assim, é possível discernir modos centralizados de governança, tipificando formas tradicionais de tomada de decisão liderada pelo governo, juntamente com outras formas de governança, por exemplo, descentralizada, público-privada, interativa e autogovernança. (DRIESSEN *et al.*, 2012).

Um ponto-chave de discórdia na literatura de governança diz respeito às escalas e níveis por meio dos quais os processos de governança ocorrem e ao

impacto correspondente sobre o tipo e a escala de soluções para problemas ambientais. Por exemplo, formas monocêntricas de governança estão preocupadas com reformas estruturais e esclarecimento de responsabilidades em diferentes níveis administrativos (TERMEER *et al.*, 2010). No entanto, há evidências crescentes que sugerem que essa abordagem é insuficiente para antecipar e responder à incerteza e complexidade dos desafios ambientais contemporâneos (RENN *et al.*, 2011). Isso levou ao surgimento da governança multinível (NEWIG e FRITSCH, 2008), policentricidade (OSTROM *et al.*, 1961) e governança adaptativa (RIJKE *et al.*, 2012, CHAFFIN *et al.*, 2014). Conectando essas diferentes posições teóricas está o reconhecimento dos conflitos de escala entre os níveis administrativos e a escala dos problemas ambientais (OCDE, 2015).

Com base nesses pontos de vista teóricos, esta tese reconhece a importância da governança em vários níveis e a necessidade de mecanismos de coordenação para se fornecer uma governança eficaz. No entanto, características da governança adaptativa, como a capacidade de transformação, também são vistas como desejáveis.

O termo governança de risco de inundação denota uma forma específica de governança de risco, definida por Renn *et al.* (2011; p. 8) como "a tradução da substância e dos princípios fundamentais da governança para o contexto da tomada de decisões relacionadas ao risco". Embora a gestão de riscos seja realizada por meio da governança de riscos, o conceito se estende além disso e requer a consideração da "complexa rede de atores, regras, convenções, processos e mecanismos relacionados à forma como as informações relevantes sobre riscos são coletadas, analisadas e comunicadas e as decisões são tomadas" (RENN *et al.*, 2011; p. 8).

Adotando essa linha de argumentação, o termo "inundação" é anexado a esse conceito para tornar explícito o tipo de risco em estudo e delinear-lo de outras formas de riscos contemporâneos. Um Arranjo de Governança de Risco de Inundação (FRGA) pode, portanto, ser definido como as redes de atores, regras, recursos, discursos e mecanismos de coordenação em vários níveis por meio dos quais o FRM é perseguido (ALEXANDER *et al.*, 2016). No âmbito dessa disposição global, as disposições de subgovernança (sub-FRGA) são discerníveis de acordo com objetivos distintos no âmbito da FRM (por exemplo, o ordenamento do território visa minimizar a exposição, enquanto a defesa reduz a probabilidade de ocorrência de perigos).

Na África Subsaariana, por exemplo, vários projetos de desenvolvimento para habitação, assistência social e planejamento urbano foram em grande parte dissociados dos programas de gestão de inundações. Os esquemas de gestão de enchentes e redução de riscos foram considerados independentes das questões de desenvolvimento (PELLING e WISNER, 2012).

O dinheiro de apoio oferecido pelas organizações internacionais para mitigação de inundações e capacitação da população urbana em se adaptarem às mudanças climáticas muitas vezes é gasto em áreas e setores que já estão em melhores condições, deixando assentamentos informais e áreas marginais ainda mais desfavorecidos devido ao déficit de planejamento e serviços (MAHEU, 2012). Além disso, o déficit de planejamento urbano e governança adaptativa, assim como a pobreza extrema, contribui para o aumento da vulnerabilidade de desastres para uma grande proporção de grupos populacionais altamente expostos nas cidades africanas (MAHEU, 2012; SANÉ e GAYE *et al.*, 2016; PELLING e WISNER, 2012). Maheu (2012) chama a atenção para a importância de as comunidades usarem informações relevantes e conhecimento de desastres para ajudá-las a se preparar e lidar com desastres, através da construção de redes sociais e estruturas (HARVATT *et al.*, 2011).

Muito trabalho existente em cidades Subsaarianas demonstrou que a gestão das inundações é caracterizada por diretrizes de "cima para baixo" ou políticas de "comando e controle", muitas vezes não fornecendo soluções eficazes para situações altamente contextualizadas, nem abordando a dinâmica de mudança em escala cruzada (BUNCE *et al.*, 2010; CHAFFIN *et al.*, 2014; PAHL-WOSTL, 2019, NGANHANE *et al.*, 2021).

No caso de Moçambique, a governança de inundações é complexa. Isso se deve em parte à necessidade imperiosa de coordenação interdisciplinar, uma vez que os desastres de inundação têm sido transfronteiriços, estando sujeitos a múltiplas autoridades. Com a descentralização político-administrativa nos quatro anos, as autoridades locais puderam se tornar proativas na construção e manutenção de sistemas de infraestrutura, que reduzem os impactos de inundações (NGANHANE *et al.*, 2021). O argumento baseia-se na crença de que as autoridades locais têm uma melhor compreensão de suas condições e, portanto, estão em melhor posição para formular e implementar suas políticas de desenvolvimento (PALH-WOSTL, 2019).

## 2.6. Raízes da expansão urbana

De acordo com Wassmer (2002), o termo "expansão urbana" foi usado pela primeira vez em 1937 por Earle Draper, da Tennessee Valley Authority (TVA), Estados Unidos da América (EUA), em uma conferência nacional de planejadores. Nessa conferência, Earle Draper considerou a expansão urbana como uma maneira inestética e antieconômica de assentamento. A primeira vez que a expansão urbana foi usada em um parágrafo de abertura de um artigo foi pelo sociólogo William Whyte, na revista *Fortune*, em 1958 (WASSMER, 2002). A Real Estate Research Corporation, inaugurada em 1974 nos EUA, apresentou um debate contencioso sobre os efeitos positivos e negativos da expansão (REAL ESTATE RESEARCH CORPORATION, 1974). Franz, Maier e Schrock (2006) argumentam que o público e os formuladores de políticas costumam usar o termo como uma analogia médica em que a expansão urbana é vista como uma doença com sintomas indesejáveis. Muitas curas são oferecidas para essa doença, mas não há uma sólida compreensão das causas e mecanismos subjacentes.

Hoje, a expansão urbana, embora não seja um fenômeno novo, continua a ser um sério desafio para a maioria dos governos em todo o mundo e, mais especificamente, para as nações menos desenvolvidas, bem como para os países que testemunham um rápido crescimento econômico. Seus impactos negativos são particularmente visíveis e cruciais em países em desenvolvimento, como os da África Subsaariana, onde a mudança não planejada do uso da terra obstrui os esforços de gestão sustentável (ANDERSON e PARNELL, 2013; BUHAUG e URDAL, 2013). Os efeitos transcendem o tamanho físico das cidades para incluir os impactos ambientais e socioeconômicos. Na frente ambiental, estudos mostraram que a expansão aleatória das áreas urbanas afetou terras agrícolas e marginais, além de outros usos da terra ecologicamente sensíveis sob cerco (AMOPONSAH *et al.*, 2015; LOPEZ *et al.*, 1988). Muitas zonas úmidas e habitats naturais de animais foram destruídos e a biodiversidade comprometida pela conversão do ambiente natural em usos residenciais e comerciais da terra (AJIBOLA *et al.*, 2012; MURUNGWENI, 2013).

Além da perda de biodiversidade, a expansão urbana é frequentemente referida como um dos principais contribuintes para formação da ilha de calor urbano superficial (SUHI) - fenômeno microclima que descreve a temperatura diferencial entre áreas

urbanas e rurais (SANTAMOURIS, 2020; KHAMCHIANGTA e DHAKAL, 2019). Essas consequências ambientais sustentam a afirmação de alguns estudiosos de que a expansão urbana é uma fonte de injustiças ambientais (GALLAGHER, 2001; KARAYAVACI, 2016).

Na frente socioeconômica, a expansão urbana tem sido considerada como uma questão de saúde pública (FRUMKIN, 2002; OGUR e KARIUKI, 2014) e uma ameaça à segurança alimentar (OCDE, 2018). As preocupações com a saúde pública incluem poluição do ar e da água, aumento de acidentes veiculares, má saúde mental, efeito de ilha de calor e inatividade física (FRUMKIN, 2002; SHAO *et al.*, 2021). A expansão também está associada à conversão de terras agrícolas para usos residenciais e comerciais, o que reduz a quantidade de terra disponível para a agricultura e, em última análise, ameaça a segurança alimentar (AYAMBIRE *et al.*, 2019, OCDE, 2018).

Os efeitos sobre a agricultura possivelmente explicam o forte foco das estratégias de contenção da expansão na preservação das terras agrícolas. Às vezes, as ramificações da expansão urbana podem reforçar as desigualdades e injustiças existentes, em que os ricos são capazes de escapar dos seus efeitos negativos, mas os pobres suportam o fardo dos riscos ambientais e sociais (GALLAGHER, 2001, WEI e EWING, 2018). Além disso, as ramificações adversas e outros custos de saúde, ambientais e sociais da expansão são suportados principalmente pelo público em geral, em vez daqueles agentes cujas ações impulsionam a expansão urbana (OCDE, 2018).

#### 2.6.1. Desenvolvimento na franja urbana: dinâmicas e interpretações empíricas

Na África Subsaariana, as áreas ao redor da maioria das grandes cidades foram radicalmente transformadas nos últimos vinte anos. O desenvolvimento residencial de baixa densidade, a invasão de paisagens anteriormente rurais, o desenvolvimento de saltos e a rede de ruas mal conectadas caracterizam a expansão urbana em todo o mundo (BARRINGTON-LEIGH e MILLARD-BALL, 2015; COBBINAH e ABOAGYE, 2017; HABIBI e ASADI, 2011). Além disso, essa expansão é atribuída a uma combinação de fatores demográficos, socioeconômicos e físicos, incluindo alto crescimento populacional, aumento do crescimento econômico, aumento da afluência, maior mobilidade e baixos aluguéis de terras agrícolas (ANIEKWE e IGU, 2019; SIEDENTOP e FINA, 2012). Essas semelhanças são muitas

vezes confundidas com o significado de que a dinâmica da expansão urbana é semelhante em todos os lugares (SIEDENTOP e FINA, 2012).

A expansão urbana é bastante contextualmente dependente. Por exemplo, nos Estados Unidos da América ela é principalmente conceituada como um problema econômico causado por falha de mercado (BRUECKNER, 2000). De acordo com essa leitura, a tributação ineficiente sobre congestionamento, carbono, taxas de impacto no desenvolvimento e outras taxas veiculares perpetuam a expansão urbana (BARRINGTON-LEIGH e MILLARD-BALL, 2015; BRUECKNER, 2000). Outros estudiosos reconhecem o impacto das mudanças nas preferências de estilo de vida em direção a uma vida mais urbana como um dos principais contribuintes para a expansão "precoce" nos Estados Unidos (BARRINGTON-LEIGH e MILLARD-BALL, 2015). Na Europa, como nos Estados Unidos, a expansão urbana tende a ser impulsionada por fatores econômicos e demográficos (EEA-FOEN, 2016). No entanto, é dada menos ênfase à resolução das deficiências do mercado.

Siedentop e Fina (2012) observaram através de um estudo comparativo de 26 países europeus que a expansão varia muito entre os países e que apenas fatores socioeconômicos e demográficos não podem explicar a expansão urbana. Eles sugeriram que a força dos sistemas de governança e os regulamentos de uso da terra são determinantes críticos da expansão nos países europeus, uma alegação que foi apoiada pela Agência Europeia do Meio Ambiente. (EEA-FOEN, 2016).

Na África Subsaariana, onde os regulamentos de uso da terra, estilos de vida, crescimento econômico e demografia funcionam de maneira muito diferente, a dinâmica da expansão urbana provavelmente é diferente. Não há como negar que a literatura acadêmica sobre expansão urbana tem relativamente negligenciado a África Subsaariana. No entanto, aumentos recentes em estudos sobre expansão urbana em países e cidades africanas individuais (COBBINAH e AMOAKO, 2012; COBBINAH e ABOAGYE, 2017; KLEEMANN *et al.*, 2017; TERFA *et al.*, 2019) fornecem-nos alguma base para sintetizar a natureza e a dinâmica da expansão urbana na África Subsaariana. Por exemplo, a cidade de Adis Abeba até 2010 se espalhou em todas as direções em uma média de 1km por ano. A partir de 2013, a cidade foi relatada para estar se expandindo a uma média de 15km em todos os lados, enquanto a expansão ao longo das principais rotas foi de 30km. Os impulsionadores da expansão na cidade incluem a industrialização e maior crescimento populacional, melhor acesso à infraestrutura e vantagem locacional (AYICHEW e KASSA, 2013). Da mesma forma,

Ujoh *et al.* (2010) revelam que, entre 1987 e 2006, Abuja, na Nigéria, expandiu-se anualmente em 10,6km<sup>2</sup>. O rápido crescimento populacional e a demanda por moradia foram os principais fatores que levaram à expansão urbana naquela cidade.

Cobbinah e Amaoko (2012) observaram que a expansão em Kumasi, a segunda maior cidade de Gana, assume várias formas, incluindo "desenvolvimento nucleado ou agrupado, desenvolvimento disperso, desenvolvimento de saltos e desenvolvimento de fitas ou cogumelos" (COBBINAH e ABOAGYE, 2017, p. 316). Essas características são semelhantes às de outras cidades em todo o mundo. Os autores observaram que a expansão em Kumasi tem sido associada a períodos de deslocamento mais longos, moradias de baixa densidade e uso ineficiente da terra (COBBINAH e AMAOKO, 2012). No entanto, ao contrário das cidades do Norte Global, sabe-se que a expansão de Kumasi levou a uma má gestão de resíduos (especialmente coleta e transporte para locais de disposição final) e a uma escassez de infraestrutura, incluindo transporte público, e infraestrutura rodoviária precária (COBBINAH *et al.*, 2018; GAISIE *et al.*, 2018; POKU-BOANSI *et al.*, 2020). Além disso, as fracas instituições de planejamento foram identificadas como obstáculos aos esforços para gerenciar a expansão urbana (COBBINAH e AMOAKO, 2012).

Como demonstrado neste capítulo, embora a expansão urbana tenha várias semelhanças em todo o mundo, sua dinâmica é diferente entre os lugares. Portanto, entender a dinâmica local é útil para projetar estratégias de contenção de expansão direcionadas e eficazes. Assim, como em outras partes do mundo, as preferências de estilo de vida, o crescimento populacional e o desenvolvimento econômico são fatores que contribuem para a expansão urbana na África Subsaariana. No entanto, as fracas instituições de planejamento continuam sendo uma questão crítica que deve ser abordada para garantir uma contenção bem-sucedida da expansão na África Subsaariana.

A rapidez e a dimensão do crescimento demográfico dos espaços urbanos na África Subsaariana não têm sido acompanhadas por um desenvolvimento urbano equivalente. Elas têm alterado profundamente o meio ambiente e toda a estrutura socioeconômica urbana, suburbana, periurbana e mesmo a rural. Em muitos casos, isso tem sido agravado com a ocorrência de movimentos migratórios de conjuntura, como aqueles provocados por instabilidade político-militar e por calamidades naturais (ARAÚJO, 2003). Autores como Ilídio Amaral referem que, na África, os fluxos migratórios resultantes do êxodo rural que se tem feito sentir nos últimos anos levam

as cidades para uma "espiral de crescimento demográfico que tem sido classificado como excessivo e incontrolado" Mas esse crescimento "excessivo" e "incontrolado" deve ser visto em função da falta de meios que permitam gerir o processo da formação de grandes concentrações humanas para onde se faz a transferência demográfica, econômica, social e cultural do meio rural. Essa escassez é agravada pela ausência de perspectivas e de políticas para o desenvolvimento urbano, fazendo-se este ao sabor do acaso e/ou de interesses particulares que, na quase totalidade das vezes, criam obstáculos a tudo que sejam ações de planeamento integrado que visem à melhoria das condições de vida da população em geral (ARAÚJO, 2003).

No caso de Moçambique, os principais centros urbanos surgem num processo alógeno que originou dois movimentos espaciais de população subsequentes e opostos: com a instalação dos espaços urbanos estranhos ao meio socioeconômico local, copiando os modelos do colonizador, a população originariamente neles residente foi excluída, sendo obrigada a se deslocar para espaços rurais mais ou menos próximos; com o desenvolvimento desses espaços urbanos, as atividades econômicas neles geradas necessitam e atraem um número considerável de mão de obra barata e não especializada. Esses fluxos, num primeiro momento, dirigem-se para as áreas periurbanas e, posteriormente, estendem-se para áreas mais próximas do centro das cidades, formando faixas suburbanas densamente ocupadas e sem as necessárias condições de saneamento, acesso a serviços e planeamento (ARAÚJO, 2003). Tais movimentos migratórios são menos o resultado das condições atrativas das cidades e mais consequência da situação precária da economia rural, que, em Moçambique, como em muitos países africanos, se apresenta bastante repulsiva. Essa percepção continua nas pessoas imigrantes, mesmo que as condições de vida que vieram encontrar na cidade sejam, na prática, piores que as que tinham no campo.

No período colonial, as cidades moçambicanas apresentavam uma característica dual: por um lado, a chamada "cidade de cimento", branca, de desenvolvimento vertical, planificada, com infraestruturas e serviços; em oposição, a designada "cidade de caniço", negra, suburbana, horizontal, não planificada, de construção espontânea e de material precário (estacas, barro, caniço etc.), sem infraestruturas e serviços e que se dispunha à volta da "cidade de cimento", cercandoa. As transformações ocorridas nesses espaços depois da independência nacional não eliminaram a dualidade econômica, social e de organização territorial, pois a principal alteração foi apenas demográfica, com as consequências daí decorrentes. A

"cidade de cimento" mantém-se com as mesmas características, mas mais degradada em termos de infraestruturas e serviços. Ela apenas deixou de ser "branca", mas não deixou de segregar a área suburbana (a " cidade de caniço"). Esta, por seu lado, manteve, e até agudizou, as características de precariedade e de espaço excluído.

Atualmente, o país conta com três modelos da organização espacial dos centros urbanos, a saber: área urbana (cidade de cimento); área suburbana (cidade de caniço) e área periurbana:

- i. Área urbana: designada por cidade de cimento - organizada territorialmente, seguindo uma planta ortogonal; com rede viária pavimentada, apesar de muita degradada; serviços de saneamento básico; redes de abastecimento de energia elétrica, de água potável e de telecomunicações; construção, em geral, vertical; concentração de comércio, serviços e algumas indústrias; insuficiências de espaço verdes e de lazer.
- ii. Área suburbana: conhecida por cidade de caniço, é constituída por bairros não planejados, de planta indiferenciada e desordenada; elevada densidade de ocupação do solo, dificultando a circulação e falta de espaço para serviços; redes de abastecimento de energia eléctrica e de água potável deficientes ou inexistentes; falta de serviços de saneamento básico; construção horizontal, com predominância de material de construção de baixo custo ou precário; áreas fundamentalmente residenciais de classes trabalhadoras pobres; existência de algumas poucas unidades de saúde; graves problemas ambientais urbanos.
- iii. Área periurbana: espaço de expansão da cidade, ainda com muito terreno para edificação; bairros não planejados que se alternam com bairros espontâneos e residências rurais, ainda que dispersos, muitos frequentes; construção totalmente horizontal, alternando o material de construção durável com o pecuário; falta de serviços de saneamento básico; dificuldade de circulação viária por falta de vias adequadas, com exceção dos eixos de saída e entrada da cidade; persistência de atividades rurais como a agricultura familiar e a criação de gado; a população é constituída por

camponeses há muito tempo ali residentes, por imigrantes de outras áreas rurais e imigrantes urbanos vindos da cidade cimento.

Assim, com a independência do país, em 1975, os assentamentos informais cresceram e a higiene pública, bem como a qualidade ambiental, diminuiu. Um ano depois da independência, eclodiu a guerra civil<sup>7</sup> dos 16 anos (1976-1992), as cidades moçambicanas tornaram os espaços urbanos em espaços de acomodação dos deslocados, ou seja, para utilizar as palavras de Manuel de Araújo (2003): em “cidades refúgio”, porque eram locais seguros para a população rural fustigada pelo flagelo da guerra (CUSTÓDIO e MALOA, 2018).

Os deslocados, quando se fixaram nas áreas urbanas, ocuparam os espaços vazios existentes no núcleo e alguns espaços periféricos que eram reservados para a agricultura (CUSTÓDIO e MALOA, 2018). Esse processo fez com que as cidades moçambicanas vissem a sua população aumentar galopantemente, sem que, com isso, fossem aumentadas as infraestruturas e os serviços urbanos (FORJAZ, 2008; GASPAR, 1989; GASPAR e MENDONÇA, 1990). Com o fim da guerra civil, em 1992, passou-se a uma nova fase da formação socioespacial – a adoção do neoliberalismo como forma de organização das diversas esferas da vida na sociedade: econômica, social, política e cultural (CUSTÓDIO e MALOA, 2018). Teve início o crescimento extensivo e fragmentado das periferias urbanas existentes (IBRAIMO, 1994, JENKIS, 2001; LACHARTRE, 2000; VIANA, 2010). É preciso que fique claro que, durante esse período, não se ampliaram as infraestruturas ou os serviços urbanos existentes, nem se construíram novas áreas urbanas.

---

<sup>7</sup> Conflito armado que eclodiu em 1976, após a proclamação de independência de Moçambique em junho de 1975, entre a Frente de libertação de Moçambique (FRELIMO) e o Movimento de Resistência de Moçambique (RENAMO). O conflito durou 16 anos (1976-1992). Culminou com a assinatura de um acordo de paz em Roma, Itália, em 1992, entre o ex-presidente de Moçambique, Joaquim Alberto Chissano, e o líder da RENAMO, Afonso Marceta Marcacho Dhlakama.

## 2. EXPANSÃO URBANA E MUDANÇA CLIMÁTICA: IMPLICAÇÕES PARA INCIDÊNCIA DE INUNDAÇÕES NA BEIRA, MOÇAMBIQUE

Neste capítulo são analisadas a expansão urbana, mudança climática e narrativas das implicações da incidência de risco de inundações entre 1989 e 2019.

O capítulo está relacionado ao objetivo específico 1 da tese: i) investigar o impacto das mudanças climáticas e da expansão urbana sobre a incidência dos riscos de inundações urbanas na cidade da Beira, usando dados multitemporais *landsat*<sup>8</sup> durante o período de 1989 a 2019. Pretende-se responder à seguinte pergunta: em que medida a expansão urbana e mudanças climáticas têm sido fatores condutores no aumento de risco de inundações?

### 3.1. Metodologia

O estudo emprega uma série de imagens de satélite *Landsat Multispectral Scanner System* [MSS], *Multispectral Scanner System* [TM] e *Operational Land Imager* [OLI], adquiridas nos anos de 1989, 1999, 2008 e 2019 (Tabela 1).

As imagens baixadas do *site* do *United States Geological Survey* (USGS) receberam um limite de cobertura na nuvem abaixo de 10% para aumentar a transparência. Foram utilizadas seis bandas *Landsat* TM (1-5 e 7) e OLI (2-7) do produto de reflectância superficial para mapear a expansão urbana. Para recuperar a temperatura da superfície terrestre (LST), utilizou-se a banda térmica 6 (*Landsat* TM) e a banda 10 (*Landsat* OLI).

Tabela 1 - Resumo das imagens de satélite adquiridas

Ano	Sensor ID	Scene ID	Data Acquired	Path	Row	Spatial Resolution
1989	Landsat MSS	LT05-L1TP-167074-19890802-20200916-02-T1	02/08/1989	167	74	30 m
1999	Landsat TM	LT05-L1TP-167074-19990830-20200907-02-T1	30/08/1999	167	74	30 m
2008	Landsat TM	LT05-L1TP-167074-20081009-20200828-02-T1	09/10/2008	167	74	30 m
2019	Landsat OLI	LC08-L1TP-167074-20190720-20200827-02-T1	20/07/2019	167	74	30 m

Fonte: autor (2022)

<sup>8</sup> *Landsat* é a nomenclatura de um programa de satélite de observação da Terra, desenvolvido pela Agência Espacial Americana (NASA), dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. (Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Landsat>).

### 3.1.1. Mapeamento de áreas construídas

Os dados *Landsat* MSS, TM e OLI, armazenados como números digitais (DNs), foram primeiramente convertidos para a reflexão multiplicando-se com um fator de escala de 0,0001. As correções geométricas das imagens *landsat* MSS e TM também foram realizadas utilizando-se a imagem *Landsat* OLI como dados de referência para análise de mudanças urbanas durante o período de estudo. No processo foram utilizados 40 pontos de controle, selecionados uniformemente a partir de características distintas em toda a área de estudo.

A classificação urbana foi realizada utilizando-se a Vegetação Aleatórias (RV) (TIBSHIRANI *et al.*, 2002; BREIMAN, 2001). Esse método está entre os melhores algoritmos de aprendizagem de máquina para classificação de imagens, pois pode produzir resultados de mapeamento mais precisos do que outros tradicionais (PAL, 2005; BELGIU E DRĂGUȚ, 2016; HAN *et al.*, 2017; SAINI e GHOSH, 2018).

Neste estudo, foram identificadas três classes (áreas construídas, vegetação e área regularmente inundada), como demonstrado na Figura 6, a seguir, para a classificação da imagem, a partir de uma análise dos mapas existentes e das literaturas.

Para evitar a propensão à escolha dos mesmos *pixels* usados para treinar o classificador RF e avaliar a precisão do mapeamento, os dados de referência do solo foram divididos em dois grupos de *pixels*: grupo1 para treinamento do classificador e grupo 2 para avaliar a precisão da classificação. Foram escolhidos aleatoriamente 6.000 *pixels* para cada classe do grupo de *pixels* de treinamento, que foram sincronizados com os dados *landsat*. Como o nível de precisão da classificação da imagem depende de uma seleção adequada de amostras de treinamento, para garantir que os dados de treinamento fossem puros para treinar o classificador para realizar a classificação da imagem, aplicou-se a média C difusa (BEZDEK, 1981; DUNN, 1973) para agrupar as amostras em várias classes. Foram utilizadas as classes que caracterizam os padrões espectrais das classes definidas, enquanto as classes anormais foram ignoradas a partir da seleção de amostras de treinamento para a classificação.



em 1989, 1999, 2008 e 2019, foram de 98,3%, 95,7%, 91,2% e 91,6%, respectivamente. O coeficiente Kappa com os valores de 0 (sem acordo) a 1 (acordo perfeito), determinando a diferença entre o acordo real e o acordo esperado por acaso, reafirmando a confiabilidade satisfatória entre esses dois conjuntos de dados com os valores de 0,83 para 1989, 0,69 (1999), 0,64 (2008) e 0,70 (2019), respectivamente.

Tabela 2 - Resultados de avaliação de precisão do mapeamento da área construída para 1989, 1999, 2008 e 2019

Precisão de Mapeamento (%)	Ano			
	1989	1999	2008	2019
Precisão Geral	0,983726	0,95675	0,9125	0,91525
<b>Coeficiente Kappa</b>	<b>0,837119</b>	<b>0,698162</b>	<b>0,646998</b>	<b>0,709977</b>

Fonte: autor (2022)

### 3.2. Resultados e Discussão

Aqui, são apresentados os resultados da expansão decadal das áreas urbanas e da temperatura da superfície terrestre, bem como as implicações para incidência de risco de inundações na cidade da Beira.

#### 3.2.1. Expansão urbana durante os períodos 1989-1999-2008-2019

A análise de imagens de satélite espaço-temporais da Beira mostrou que a área de terra urbana impermeável se expandiu em detrimento do espaço verde (Figura 7 b, c, d; e Tabela 3). Enquanto a área construída obteve enormes ganhos de 3,3% para 22,6% entre 1989 e 2019 (um aumento de 19,3%), os espaços verdes (vegetação) reduziram drasticamente de 50,7% para 8,4% (um declínio de 42,3%). No igual período, a área regularmente inundada aumentou de 44,1% em 1979 para 68,7% (um aumento de 24,7%).

O espaço verde continua a diminuir devido à invasão humana, com grande parte dele sendo convertida em outras formas de uso da terra. Isso significa que o papel do espaço verde atuando como uma esponja para absorver o excesso de água na Beira foi reduzido drasticamente, deixando a região sem capacidade de recomposição, reduzindo, desse modo, a capacidade costeira e o aumento de padrão de migração ou o desaparecimento das espécies animais.

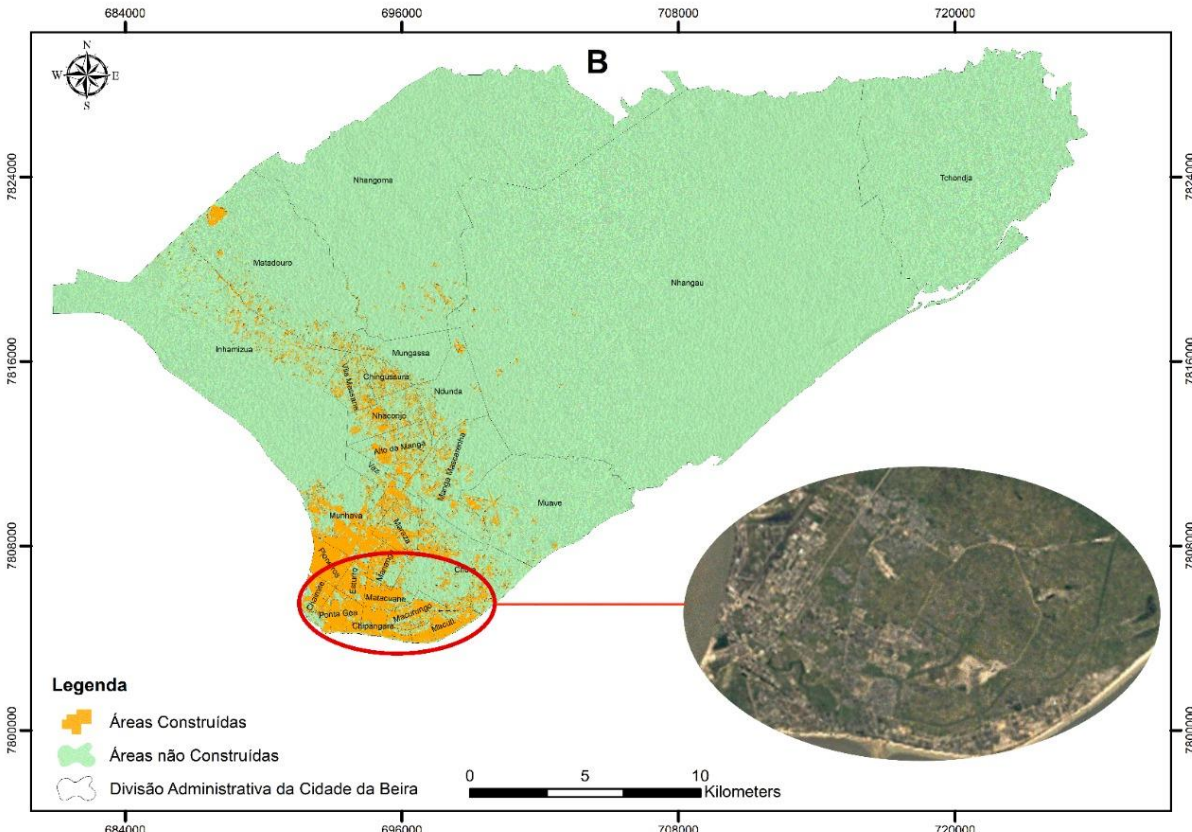
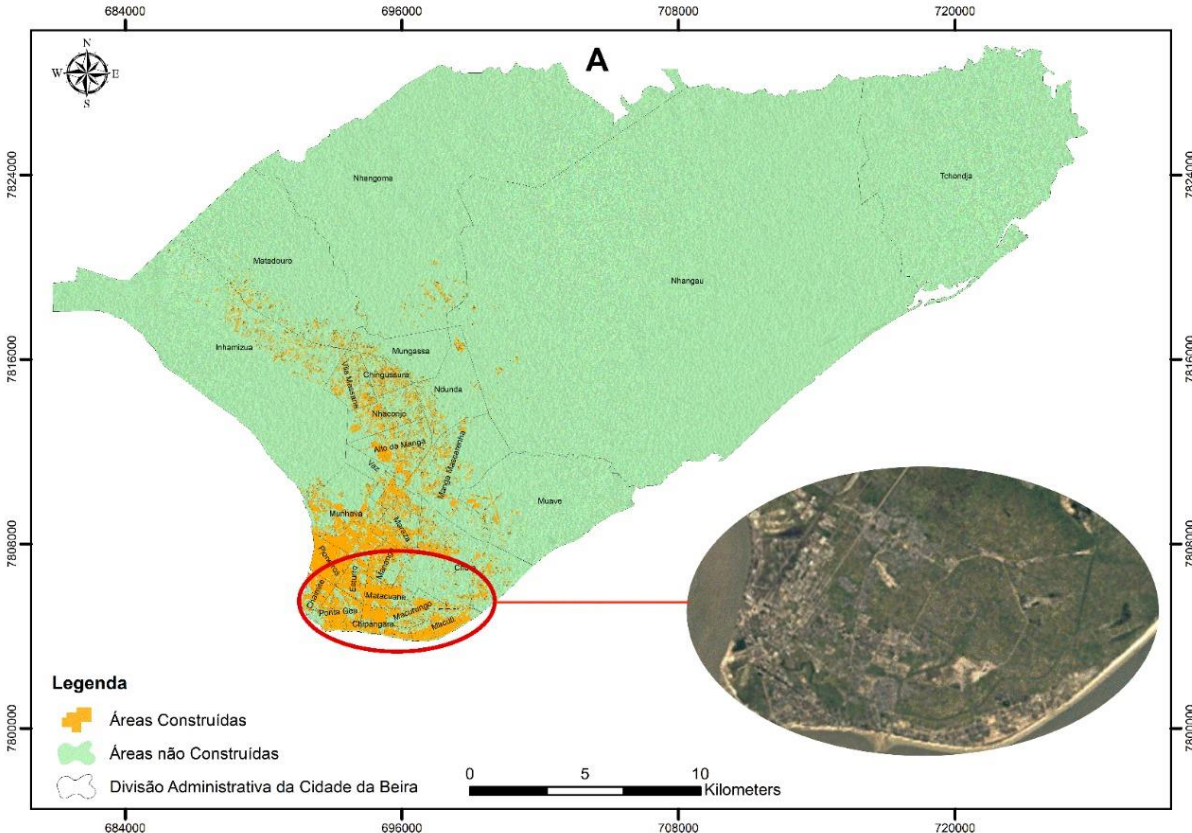
Tabela 3 - Resumo das classificações de mudança de cobertura do solo

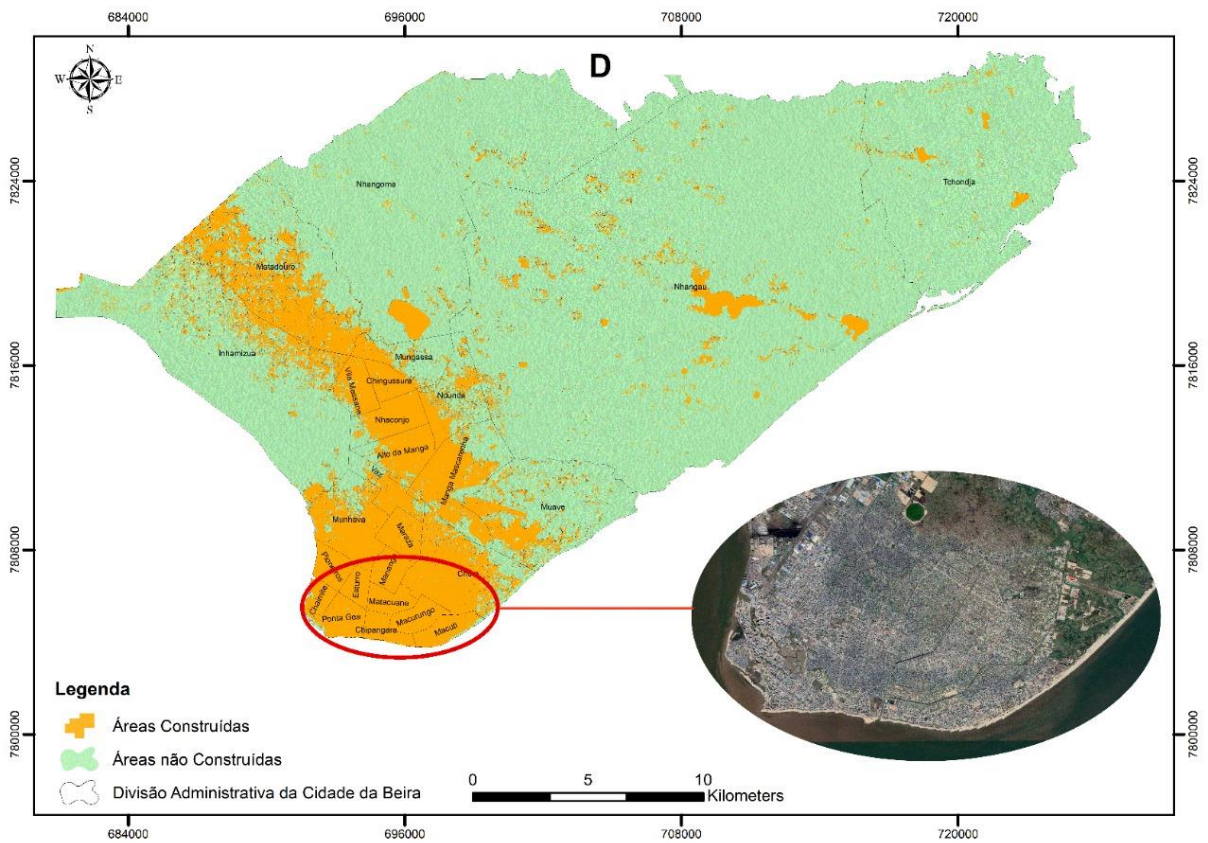
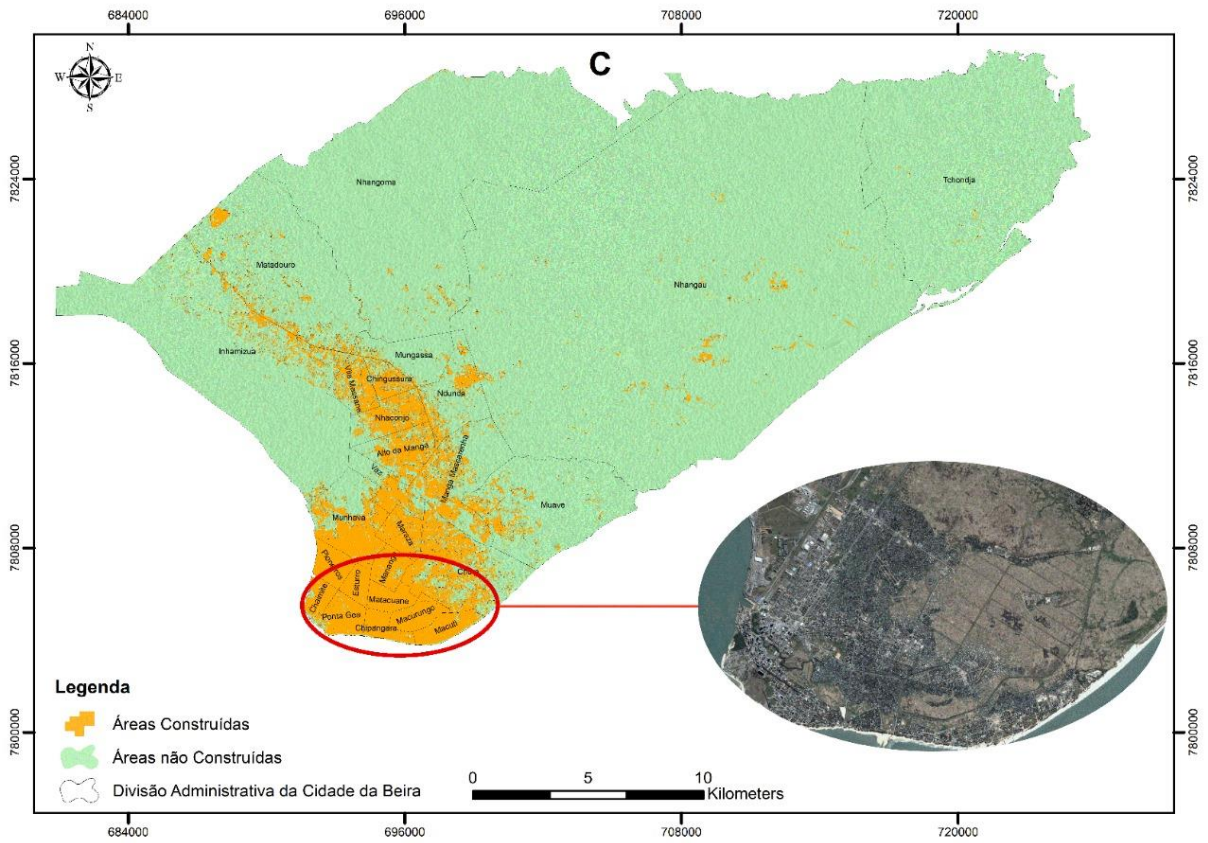
Classificações de cobertura do solo	1989		1999		2008		2019	
	Hectare	%	Hectare	%	Hectare	%	Hectare	%
Área construída	2339,3	3,9	2551,9	4,2	5041,5	8,3	13742,5	22,6
Área inundada	26828,3	44,1	29129,0	47,9	36777,4	60,5	41732,1	68,6
Vegetação	30784,7	50,6	28824,3	47,4	18109,4	29,8	5132,4	8,4
Corpo de água	849,1	1,4	296,1	0,5	873,1	1,4	194,1	0,3
Total	60801,3	100	60801,3	100	60801,3	100	60801,3	100
População	371.215		418.317		449.238		544.351	

Fonte: autor (2022)

As áreas construídas a partir de imagens *landsat* mostraram que estavam concentradas no centro da cidade nos anos de 1989 e 1999 (Figuras 7a e b), mas visivelmente expandidas em múltiplas direções nos anos de 2008 e 2019 (Figuras 7c e d). Os fatores para essa mudança deviam-se ao *status* da Beira como uma das principais cidades comerciais e financeiras na região central de Moçambique. Consequentemente, ela registou aumento populacional devido à migração rural-urbana. O crescimento econômico fez com que a população da cidade aumentasse drasticamente nas últimas quatro décadas, de cerca de 230.744 pessoas em 1980 para 533.825 em 2017. Um enorme número de pessoas mudou para regiões urbanas para buscar oportunidades de trabalho e acesso a melhores serviços educacionais e de saúde em relação à melhoria da qualidade de vida.

Figura 7- Distribuições espaciais de áreas construídas na região de estudo: (A) 1989, (B) 1999, (C) 2008 e (D) 2019





Fonte: autor (2022)

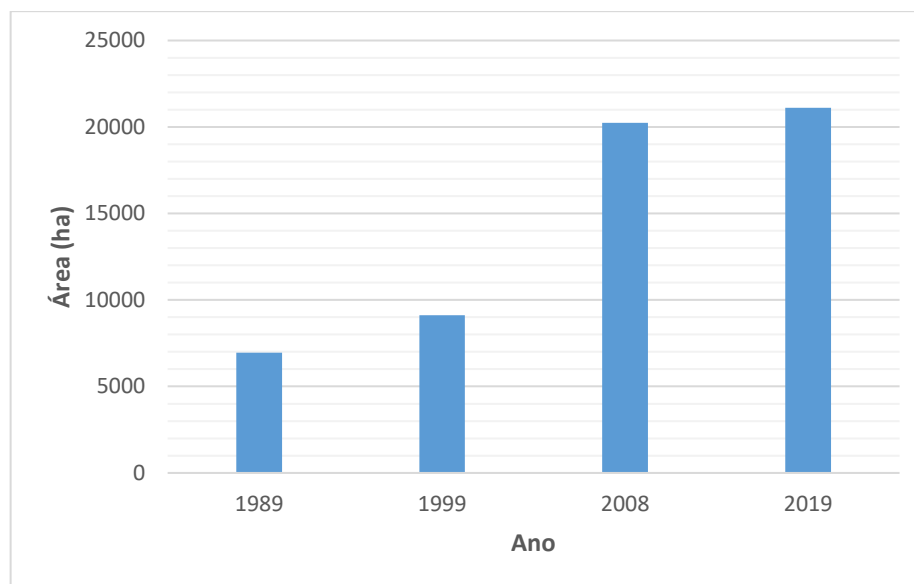
Os bairros suburbanos e periurbanos na cidade da Beira estão crescendo de forma descontrolada e desordenada, apesar da suposta prática de planejamento. As disposições do plano diretor da cidade não foram cumpridas. No entanto, como observado por Serviço Autônomo de Saneamento da Beira (SASB) (2013), devido à fraca capacidade institucional para monitorar o desenvolvimento e à ausência de controle estatal eficiente por meio de uma implementação proativa do plano diretor da cidade na periferia urbana, houve um aumento significativo na proliferação de assentamentos formais e informais em áreas vulneráveis, como várzeas e canais naturais de água. A construção de estruturas ao longo das planícies de inundação sem cumprimento das restrições estipuladas aumenta o número e a magnitude das inundações anualmente.

Hoje, novos projetos habitacionais em áreas propensas às inundações, estão sendo desenvolvidas pela classe alta, através da recuperação de planícies de inundação, para fins residenciais e outros meios de desenvolvimento, sem o suporte adequado de redes de infraestrutura, orientação de planejamento do uso do solo ou controle de desenvolvimento. Isso representa uma ameaça real ao desenvolvimento sustentável e aumenta ainda mais a vulnerabilidade a desastres de inundação, pressagiando implicações terríveis para o uso da terra e mudanças na cobertura da terra. Cobbinah *et al.* (2015) acreditam que os países africanos têm uma maior oportunidade de integrar a adaptação climática ao planejamento, pois são relativamente menos urbanizados em comparação com a Europa, América do Norte e Ásia. Aproveitando o apoio de agências internacionais e regionais, o planejamento urbano voltado para a cidade e de baixo para cima apresenta oportunidades para responder às necessidades locais, redirecionando o desenvolvimento em áreas de baixo risco e aumentando as capacidades de adaptação para minimizar os impactos deletérios das mudanças climáticas na população e infraestruturas.

A matriz de cobertura terrestre indicou que, nos últimos 30 anos, áreas construídas foram de 6.943,8ha em 1989, enquanto os valores aumentaram significativamente para 9.117,4ha em 1999, 20.237,4ha em 2008 e 21.117,3ha em 2019, respectivamente (Figura 8). Em geral, a cidade se expandiu notavelmente em várias direções durante os últimos 30 anos (1989-2019), especialmente no PA de Inhamízia, Manga Loforte, Chiveve e Munhava, devido às vantagens das

infraestruturas existentes, como estradas nacionais, áreas residenciais e zonas industriais.

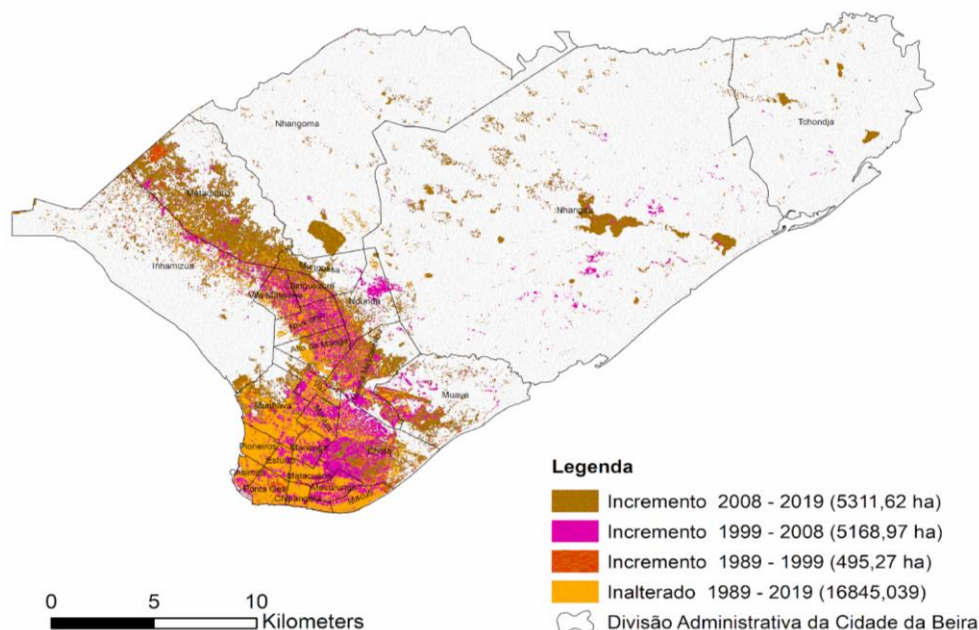
Figura 8 - Áreas construídas obtidas a partir da classificação de imagens landsat para 1989, 1999, 2008 e 2019



Fonte: o autor (2022)

Além disso, a malha urbana se expandiu em decorrência do crescimento econômico, comercial e demográfico, seja pela progressiva e rápida expansão da área do porto, seja pelo fluxo de capitais e da fixação de grupos comerciais internacionais que aportam e investem na cidade (FERNANDES *et al.*, 2016). Dessa forma, Beira expandiu sua área urbana principalmente pelo desenvolvimento das atividades comerciais e pelo turismo, em especial na sua linha de costa, o qual se mostrou bastante atrativo aos turistas provenientes da África do Sul, Zimbábue e Maláui (FERNANDES *et al.*, 2016). De 1989 a 2019, por exemplo, a área construída foi cerca de 16845,03ha, enquanto a menor taxa de urbanização foi observada para o período de 1989 a 1999, com uma área de aproximadamente 495,27ha durante o período de 10 anos (Figura 9).

Figura 9 - Resultados da detecção de mudanças de áreas construídas durante os períodos 1989-1999-2008 - 2019



Fonte: autor (2022).

À medida que a urbanização se intensifica, a terra dentro dos centros urbanos torna-se escassa devido às demandas concorrentes. Isso torna a terra cara, muitas vezes além do que um assalariado de renda média pode pagar. As áreas periurbanas da Beira tornam-se pontos atrativos, em que as terras aráveis estão sendo rapidamente convertidas em usos da terra para indústrias de pequena escala e residenciais.

A consequência da extensão da área construída é a destruição da vegetação e a alteração do uso e da cobertura do solo, destruindo vastas áreas de espaços verdes e abertos e afetando os coeficientes de escoamento. A construção de áreas residenciais, comerciais, edifícios públicos e estradas pode causar aumentos significativos no pico de águas pluviais e vulnerabilidades aos riscos de inundação. Essa tendência, definitivamente, tem implicações para a incidência de enchentes e sua gestão na cidade. Em outras cidades moçambicanas, têm sido observadas a rápida expansão urbana e as mudanças associadas ao uso da terra em flagrante desrespeito às regulamentações de planejamento.

### 3.2.2. Impactos da expansão urbana na temperatura local

Os achados mostram que dados da temperatura máxima e mínima nas três décadas indicam uma tendência constante de aumento do aquecimento e da exposição ao calor (Figura 10). Os valores de LST foram entre  $<18$  e  $>24^{\circ}\text{C}$  em 1989 e 1999, enquanto os valores se tornaram notavelmente maiores em 2008 ( $<27$ - $>39^{\circ}\text{C}$ ) e em 2019 ( $<23$ - $>29^{\circ}\text{C}$ ), respectivamente. Em geral, a temperatura mais quente foi observada em áreas construídas do centro da cidade e áreas na parte noroeste da cidade, onde solos expostos e vegetação seca foram comumente observados.

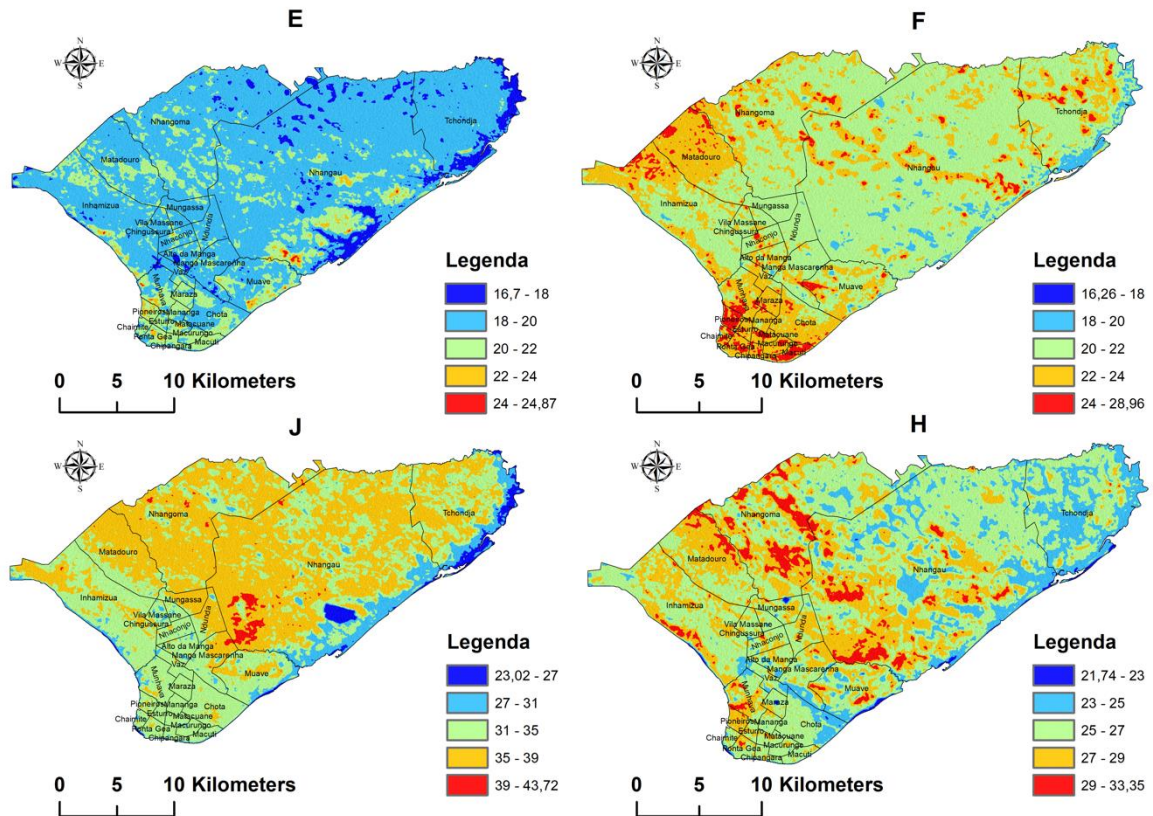
Aparentemente, os valores mais elevados do LST foram mais concentrados no centro da cidade em 2008 e nos bairros em expansão (Figura 10), mas notavelmente expandidos para áreas periurbanas, onde as áreas residenciais foram recém-construídas, e parte noroeste da região em 2008 e 2019, respectivamente. Em 1989, grande parte da região do estudo (92,9%) apresentou temperatura superficial de  $22^{\circ}\text{C}$  ou inferior, enquanto apenas 1,1% e aproximadamente 0,1% da região apresentaram os valores de LST entre  $22$ - $24^{\circ}\text{C}$  e acima de  $24^{\circ}\text{C}$ , respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4 - Proporção de LST correspondente a cada intervalo LST classificado com base em quebras naturais para 1989, 1999, 2008 e 2019

1989			1999			2008			2019		
LST	Área (ha)	%	LST	Área (ha)	%	LST	Área (ha)	%	LST	Área (ha)	%
<18	3485,79	5,733	<18	0,81	0,001	<27	1142,73	1,879	<23	271,44	0,446
18-20	45051,93	74,095	18-20	2013,48	3,311	27-31	4171,95	6,861	23-25	9205,2	15,140
20-22	11486,79	18,892	20-22	38428,38	63,201	31-35	25453,8	41,863	25-27	31654,17	52,062
22-24	716,58	1,179	22-24	17759,79	29,209	35-39	29319,93	48,221	27-29	16439,04	27,037
>24	62,1	0,102	>24	2600,73	4,277	>39	714,78	1,176	>29	3231,45	5,315
	<b>60803,19</b>	<b>100,00</b>		<b>60803,19</b>	<b>100,00</b>		<b>60803,19</b>	<b>100,00</b>		<b>60801,3</b>	<b>100,00</b>

Fonte: autor (2022).

Figura 10 - Distribuições espaciais de LST recuperadas de dados térmicos *landsat*: (e) 1989, (f) 1999, (j) 2008 e 2019 (h)



Fonte: autor (2022).

Em 1999, a área em percentual com os valores de LST de 22°C ou inferior foi significativamente reduzida para 66,5%, enquanto os valores em uma faixa de 22°C - 24°C ou superior a 24°C foram de 29,2% e 4,2%, respectivamente. A temperatura da superfície foi mais intensa em 2008 do que em outros anos. Aproximadamente 98,9% e 1,1% da região estudada apresentaram os valores de LST entre 27°C e 39°C e superiores a 39°C, respectivamente.

Em 2019, a área em percentual com os valores de LST de 29°C apresentou aproximadamente 94,7%, enquanto os valores superiores a 29°C foram de 5,3%, respectivamente. A temperatura da superfície em 2019 foi reduzida comparativamente a 2008 devido a fortes rajadas de ventos (180km/h a 220km/h), associadas a chuvas torrenciais (acima de 200mm por dia) que assolaram a cidade da Beira. Além disso, Beira foi fustigada por depressão tropical acompanhada de muita chuva. O ano de 2019 foi de muita chuva e toda a cidade ficou inundada por cerca de cinco meses.

Neste estudo, embora as imagens *landsat* tenham sido adquiridas na estação seca, as datas de aquisição foram ligeiramente diferentes entre essas imagens (ou seja, 8 de agosto de 1989, 30 de agosto de 1999, 9 de outubro de 2008 e 20 de julho de 2019). A ligeira diferença nas datas de aquisição de imagens pode criar discrepâncias, ao se comparar a intensidade de LST entre elas.

Os resultados são consistentes com a maioria dos estudos anteriores (TADROSS, 2009, QUEFACE, 2009; UACANE *et al.* 2018). Os autores projetaram a temperatura da superfície terrestre no período de 45 anos (1960-2005). Contudo, a tendência de aquecimento não tem sido uniforme ao longo do país. Aumentos de até 1,6°C (entre 1960 e 2005) são aparentes no centro de Moçambique durante o inverno, enquanto as temperaturas máximas aumentaram em aproximadamente 1,1°C no Norte durante os meses de março-abril-maio (MAM) e setembro-outubro-novembro (SON). A temperatura média anual máxima no Norte esteve muitas vezes abaixo dos 30°C antes de 1990, e consistentemente acima dos 30°C depois deste ano. O Centro de Moçambique registou temperaturas máximas médias de cerca de 31°C antes de 1990, e aumentos significativos posteriormente (QUEFACE, 2009). Registou-se um aumento em aproximadamente nove dias na duração da onda de calor mais longa entre 1960 e 2005. O número de noites e dias frios diminuiu no mesmo período, enquanto o número de noites e dias quentes aumentou em todo o país.

Essa situação é mais visível no Norte, onde o número de noites quentes cresceu em 25% na estação dezembro-fevereiro e o número de dias quentes cresceu em 17% na estação setembro-novembro (QUEFACE, 2009) e espera-se que as temperaturas subam 2.5°C e 3.0°C até 2080 e de +5°C a +6°C entre 2081-2100, nas regiões centro e norte do país durante a estação SON (TADROSS, 2009). No contexto global, a temperatura aumentou 2°C em relação ao período pré-industrialização, levando a um aumento na frequência e intensidade da precipitação (HIRABAYASHI *et al.*, 2021). Espera-se que um aumento na temperatura global do ar resulte em precipitação mais intensa, já que a atmosfera mais quente tende a ter maior capacidade de retenção de água (TRENBERTH, 2011).

O aumento da intensidade e duração da precipitação devido ao aquecimento global pode levar ao aumento do escoamento da superfície e à frequência de inundações (SENEVIRATNE *et al.*, 2012). O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) também revelou que o fenômeno das ocorrências de

inundações será aumentado em um futuro próximo devido ao aumento gradual da temperatura atmosférica da Terra e à mudança do padrão de chuvas associada.

Estima-se que mais de 2 bilhões de pessoas serão afetadas por inundações até 2050 (IPCC, 2018), os países em desenvolvimento serão mais propensos a inundações devido à não existência da infraestrutura de proteção contra enchentes, baixo avanço tecnológico e baixo histórico financeiro (FANG *et al.*, 2022; MAHATO *et al.*, 2021). As inundações de março de 2019 em Moçambique foram descritas como as mais terríveis em duas décadas (JICA, 2020; JACOBS e ALMEIDA, 2020). Mais de 603 mortes foram registradas e cerca de 800.000 pessoas afetadas.

### 3.2.3. Distribuição espacial de *hotspots*

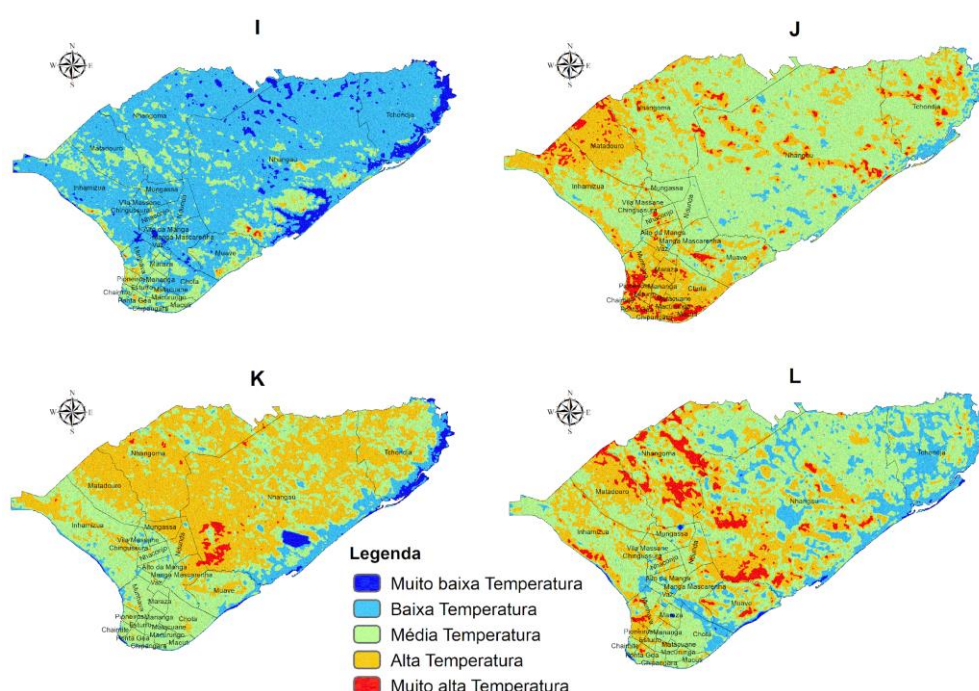
Os resultados mostraram que os pontos quentes e muito quentes foram geralmente agrupados no centro da cidade, onde áreas construídas de zonas residenciais e industriais estavam comumente presentes, ou nos postos administrativos de Chiveve, Munhava, Manga Loforte e Inhamizua, onde áreas residenciais recém-desenvolvidas, solos expostos e sem cobertura vegetal verde, eram observadas (Figura 11).

Os pontos frios estavam localizados principalmente no Posto Administrativo de Nhangau e na parte leste e noroeste do Posto Administrativo de Chaimite e norte do Posto Administrativo da Munhava, correspondendo às áreas cobertas por vegetação densa e verdes ou corpos d'água. Obviamente, as áreas de pontos quentes e muito quentes se expandiram visivelmente ao longo do espaço e do tempo, devido aos efeitos do desenvolvimento urbano, transformando áreas não urbanas (por exemplo, campos agrícolas, áreas vegetais e os pântanos) em áreas construídas (por exemplo, estradas e áreas residenciais). A proporção de focos quentes e muito quentes, calculados para 1989, foi de aproximadamente 20,1%, enquanto os valores de 1999, 2008 e 2019 aumentaram para 96,6%, 100%, e 100%, respectivamente.

Para ser estatisticamente classificado como ponto quente, um objeto deve satisfazer condições de ter um alto valor de LST e deve ser limitado por outros objetos que também tenham altos valores de LST. Assim, foi possível concluir que a expansão dos pontos quentes e muito quentes nos períodos 1986-1999-2008-2019 foi atribuída a mudanças na temperatura terrestre-TL, causadas principalmente por efeitos da expansão urbana, aliada aos impactos das mudanças climáticas, durante esses

períodos de estudo. Esse rápido crescimento urbano, sem dúvida, teve impactos no equilíbrio energético térmico em áreas residenciais da cidade, levando ao aumento da temperatura local e dos efeitos UHI em 1999, 2008 e 2019, influenciando, assim, as distribuições espaciais e o número de pontos quentes e muito quentes em toda a cidade.

Figura 11 - Distribuição espacial de *hotspots* LST na cidade: (I) 1989, (J) 1999, (K) 2008 e (L) 2019

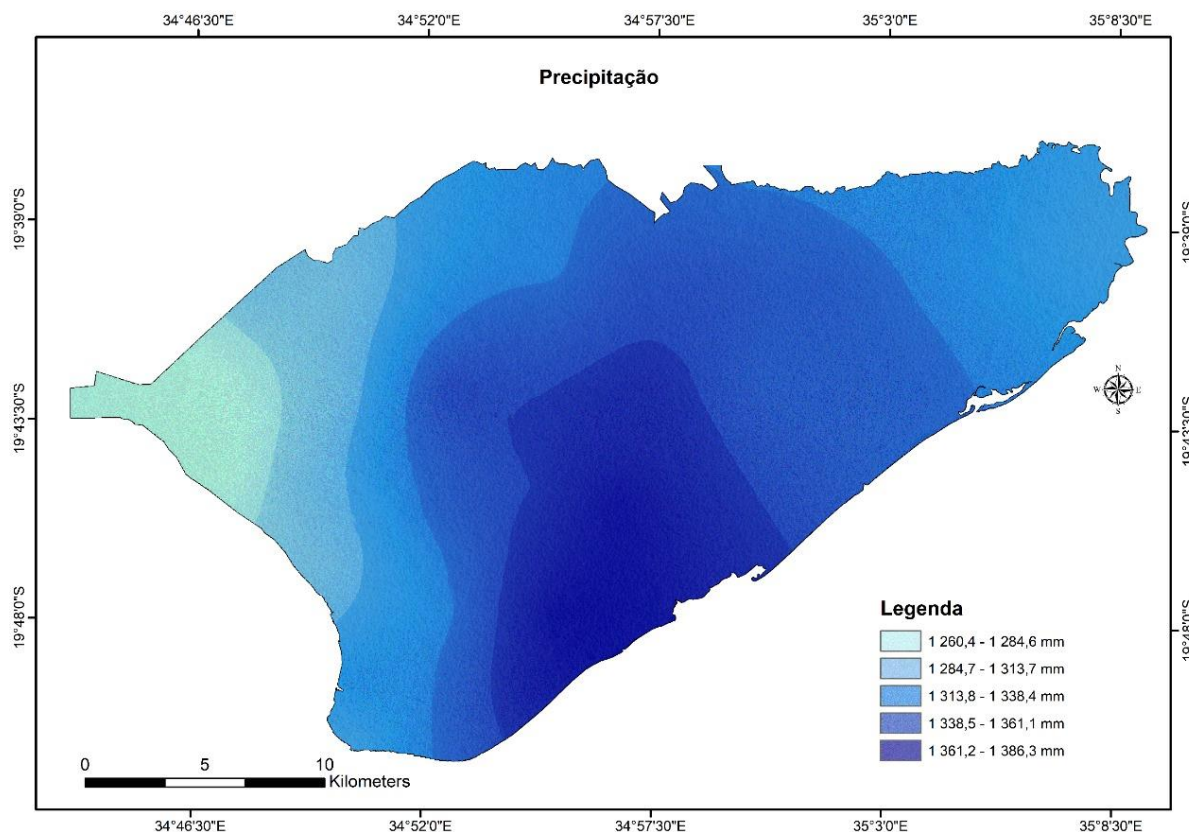


Fonte: autor (2022).

A Figura 12 mostra que a precipitação diminui de Sul para Norte e está concentrada principalmente no Leste. Na borda frontal do limite Leste com o Oceano Índico, a precipitação é abundante, enquanto, no interior dos bairros, diminui acentuadamente. Abundância da precipitação no Leste da Beira pode ser decorrente da evaporação das águas do canal de Moçambique e do rio Chiveve, tendo como consequência chuvas contínuas de grande intensidade, com trovoadas dispersas acompanhadas por ciclones. Por outro lado, a decrescente precipitação da zona Norte se deve ao efeito de ilha de calor urbano mais forte, que enseja a invasão de vapor de água do oceano para o interior, resultando em um deslocamento para o Leste do

centro de precipitação. No entanto, a precipitação extrema ainda aumentou em algumas áreas costeiras do Leste e do Centro da Beira.

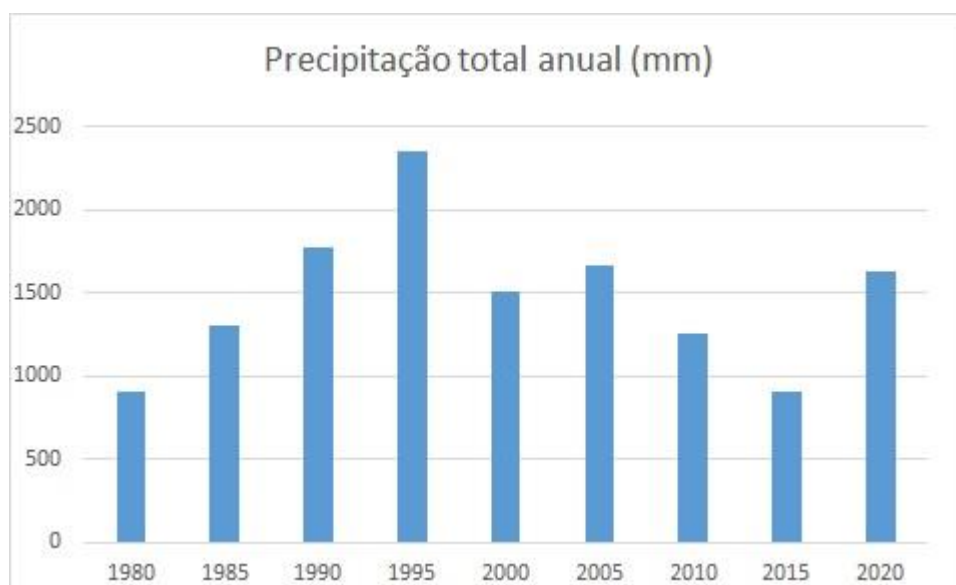
Figura 12 - Distribuição espacial da precipitação



Fonte: o autor (2022).

A Figura 13 apresenta a precipitação total anual da Beira de 1980 a 2020. O ano mais chuvoso nessa série temporal analisada foi 1995, com 2.351,1mm. Por outro lado, em 1990, 2005 e 2020, os volumes precipitados foram 1.777,3mm, 1.669,2mm e 1.633,8 mm, respectivamente. De acordo com os dados que constam da Figura 13, a precipitação acumulada em 2005 foi de 1.669,2mm, tendo baixado em 2010 e 2015. Porém, verificou-se uma evolução em 2020. Entre 1980 e 1985, as precipitações anuais decresceram, atingindo o mínimo de 908mm em 1980.

Figura 13 - Precipitação total anual da Beira de 1980 a 2020



Fonte: INAM, 2021.

#### 3.2.4. Implicações da expansão urbana e mudança climática para inundações

Nossos achados mostram claramente que, à medida que a cidade se espalha, há perda de áreas vegetadas. Assim, as informações das Figuras 7 c, d demonstram que o desenvolvimento físico está ocorrendo sobre o espaço verde. Isso é ainda reforçado pela densidade populacional mostrada na Tabela 3, indicando que tanto a expansão urbana quanto o adensamento ocorreram na área de estudo.

No entanto, uma conexão direta entre a expansão urbana e a incidência de inundações não foi estabelecida por este estudo. Em vez disso, este estudo infere que o aumento do desenvolvimento urbano levará indiretamente ao aumento da incidência de inundações devido à criação associada de impermeabilização da superfície da terra e áreas não permeáveis. O aumento do número de casos implica diretamente um aumento na disseminação geográfica das incidências de inundações.

A análise espaço-temporal com base nas informações disponíveis mostra que, embora as inundações tenham sido persistentes em algumas comunidades beirenses, novas áreas de inundação também surgiram (Tabela 3). Esta dispersão geográfica das ocorrências de inundações pode estar ligada a uma expansão urbana descontrolada, com as novas áreas inadequadamente ligadas aos drenos pluviais e à infraestrutura de resíduos adequados.

A expansão geográfica da incidência de inundações representa um sério desafio, porque é uma indicação do surgimento de novas áreas propensas a inundações e do aumento associado dos custos ecológicos e humanos decorrentes desses eventos. Esse desenvolvimento pode parecer preocupante à luz de pronunciamentos de instituições governamentais, como o Instituto Nacional de Gestão de Riscos e Desastres (INGD), de que muitos esforços estão sendo implementados para reduzir a incidência de inundações e a vulnerabilidade humana na cidade.

A substituição de superfícies terrestres verdes e permeáveis por superfícies impermeáveis, devido à expansão urbana, desencadeou a incidência de inundações na Beira. Entrevistas com informantes-chave indicam que a explicação básica das inundações perenes na cidade é o rápido crescimento no número de habitantes e expansão espacial. Com o rápido crescimento da população urbana e a diminuição do espaço aberto, muitos moradores urbanos tendem a usar qualquer espaço disponível para atividades residenciais e comerciais. Planícies aluviais, áreas pantanosas e alagadas e outras áreas ambientalmente perigosas dentro da cidade não foram poupadas. A ocupação humana de zonas tampão de córregos e a construção em cursos d'água levaram ao estreitamento e à obstrução de córregos urbanos.

A cidade tem crescido em população e área. Beira, estando estrategicamente localizada, atraiu pessoas de diferentes partes do país e de fora. Isso vem com o fornecimento de infraestrutura que requer obras maciças de concreto. As superfícies de concreto, no entanto, não permitem o escoamento da água. Com fortes chuvas e aumento do escoamento de águas superficiais, juntamente com drenos pluviais inadequados, as inundações são inevitáveis. Mas o problema é exacerbado pelo desenvolvimento espacial desregulado ao longo dos anos, levando as pessoas a construir em vias navegáveis, como citado por um entrevistado, participante do sexo masculino, do bairro Chipangara.

A expansão urbana passou a ser associada à conversão de vegetação urbana e áreas úmidas em ambientes construídos, alterando a superfície até então permeável para a superfície de concreto impermeável. Isso significa que o papel do espaço verde atuando como uma esponja para absorver o excesso de água na Beira foi reduzido drasticamente. Com isso, a água da chuva é transportada rapidamente para córregos superficiais ou qualquer sistema de esgoto disponível. Como os sistemas de esgoto e drenagem disponíveis são inadequados, mal projetados e sem a capacidade

necessária para drenar os enormes volumes de escoamentos gerados, as inundações se tornam inevitáveis. Como Konrad (2003) observou, as superfícies impermeáveis das estradas, telhados e estacionamentos não permitirão que a água se infiltre no solo, mas sim acelerarão o processo de escoamento para drenos e córregos.

À medida que a cidade se expande, não apenas seus canais naturais são obstruídos, como também os vários drenos pluviais construídos garantem que o escoamento de águas superficiais se junte aos sistemas de drenagem urbana ou córregos mais rapidamente. Onde esses fluxos não podem armazenar os volumes de água que drenam rapidamente para eles durante a chuva pesada e prolongada, eles sobem mais rapidamente com taxas mais altas de descarga de pico.

Uma grande limitação dos canais de concreto fornecidos em um ambiente urbano é que eles não podem se ajustar às mudanças na frequência de chuvas fortes, como fazem os córregos naturais (DOUGLAS, 2017). A situação piora quando esses drenos são entupidos por resíduos sólidos e lodo (DOUGLAS, 2017). As inundações urbanas simplesmente não são eventos meteorológicos, mas também estão ligadas a modificações que ocorrem nas áreas urbanas ou urbanas. (DOUGLAS, 2017).

Vários estudos empíricos mostraram como os processos urbanos estão ligados à incidência de inundações. O agravamento do problema das inundações na Beira, por exemplo, tem sido associado à expansão urbana descontrolada e à rápida urbanização. Embora as inundações se originem de fatores naturais, modificações antropogênicas lideradas pela urbanização foram identificadas como tendo reforçado sua frequência e magnitude (KOMETA e AKOH, 2012). Adelekan (2016) observou que a maior proporção de impermeabilidade resultante da urbanização na cidade costeira de Lagos, Nigéria, é um fator-chave na incidência de inundações. Uma taxa tão alta de impermeabilidade significa que quase toda a precipitação é instantaneamente convertida em escoamento, aumentando a ocorrência de inundações mesmo sem aumentos na intensidade da precipitação. (ADELEYE *et al.*, 2019).

### **3.3. Conclusão**

O estudo fornece evidências empíricas sobre como a expansão urbana induziu superfície impermeável dentro do contexto de estruturas institucionais e legislativas fracas resulta no aumento da incidência de inundações no ambiente urbano nos países em desenvolvimento. Ele demonstra como o crescimento descontrolado e não

planejado na Beira, levou à substituição de extensas superfícies permeáveis por superfícies de concreto e telhados. Esse desenvolvimento aumentou o escoamento superficial, antecedentes-chave da incidência de inundações.

A esse respeito, as áreas já construídas devem ser revitalizadas enquanto se promove o desenvolvimento urbano compacto. Adotar o estilo de construção vertical em oposição ao padrão lateral é o caminho a percorrer, mas isso exigirá compromisso institucional e não individual. O desenvolvimento de novos espaços verdes, ao mesmo tempo em que desenvolve esforços conscientes para proteger e preservar os existentes, deve ser uma tarefa importante das principais partes interessadas. Uma maneira eficaz de se conseguir isso é ter um plano ou estratégia verde para orientar sua criação e gerenciamento. Essas áreas verdes serviriam como esponjas que absorveriam as águas superficiais que, de outra forma, resultariam em inundações.

A educação pública intensiva usando os meios de comunicação de massa culturalmente orientados sobre os benefícios do espaço verde urbano para o meio ambiente, a saúde e a sobrevivência humana são fundamentais. Uma colaboração eficaz entre todas as principais partes interessadas, incluindo as autoridades tradicionais, poderia ajudar a gerar resultados desejáveis. Medidas estruturais de controle de inundações, como o fornecimento de drenos pluviais e a desassoreamento dos existentes, são essenciais para minimizar a ameaça de inundação na Beira.

### **3. MAPEAMENTO DE SUSCETIBILIDADE DE INUNDAÇÕES USANDO AHP E SIG: CASO DA BEIRA**

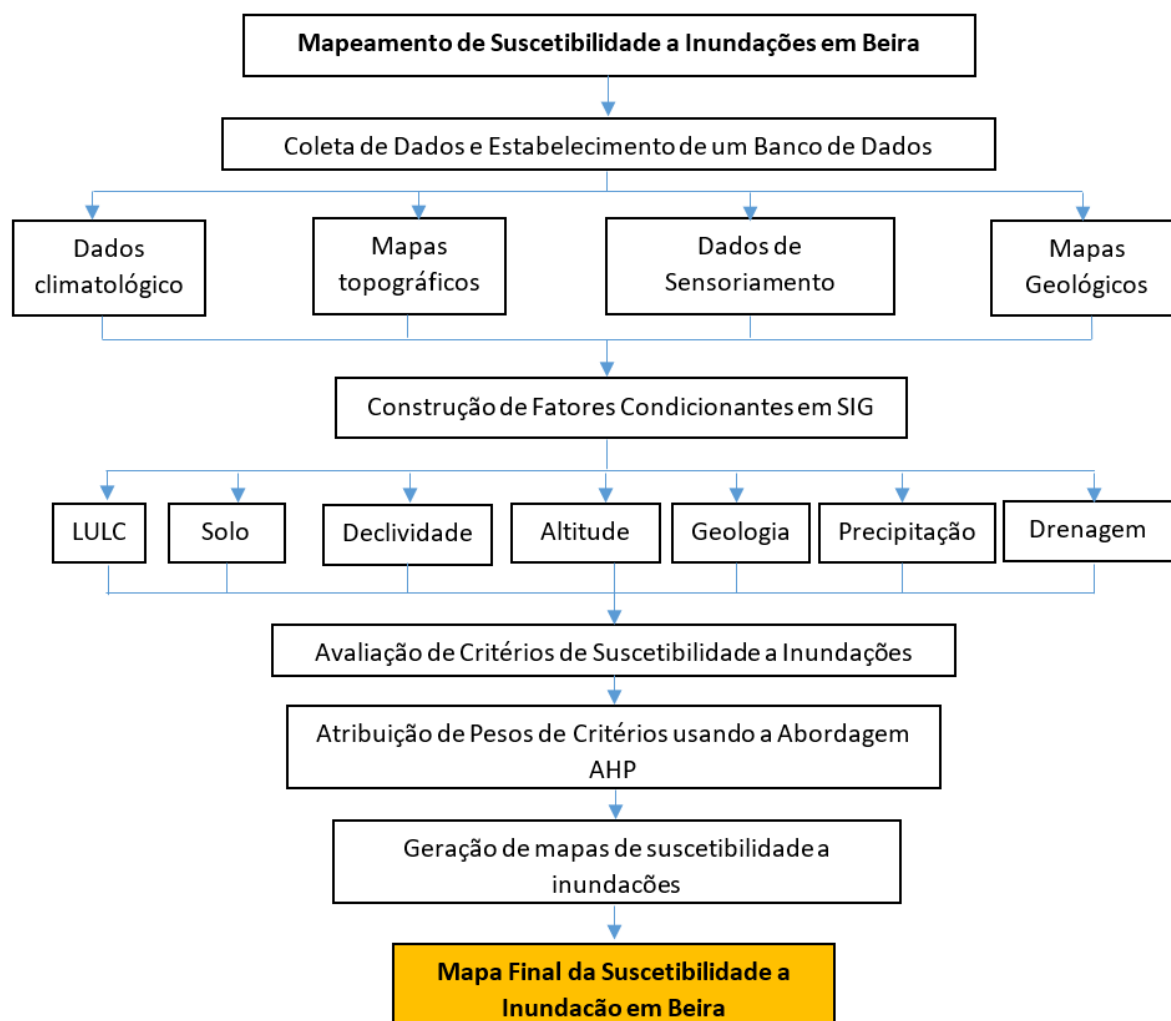
Para se alcançar o objetivo proposto neste capítulo, foram mapeadas áreas suscetíveis a inundações pela aplicação do modelo de Regressão Logística (LR), utilizando Sistema de Informações e Geográficas (SIG) e modelo de Processo de Hierarquia Analítica (AHP). Foram gerados 1.000 pontos históricos de inundação e um total de sete fatores condicionantes (elevação, declividade, geologia, solo, LULC, precipitação e densidade de drenagem).

O capítulo está relacionado com o segundo objetivo deste trabalho: identificar e caracterizar os fatores que influenciam na suscetibilidade de inundação por meio de critérios múltiplos ponderados. Pretende-se responder à seguinte pergunta: quais os fatores que contribuem para a incidência e aumento de riscos de inundação e que estratégias podem ser implementadas para a melhoria da gestão dos desastres naturais na Beira?

#### **4.1. Metodologia**

Nesta secção, foram abordados os métodos de processamento dos indicadores de risco de inundação e a produção de mapa da suscetibilidade a inundações para o gerenciamento do risco de inundação na Beira. A abordagem metodológica geral é mostrada na Figura 15. Os indicadores selecionados para o mapeamento do risco de inundação são elevação, declividade, densidade de drenagem, uso da terra, composição do solo, estrutura geológica e precipitação.

Figura 14 - Fluxograma de mapeamento de suscetibilidade a inundações



Fonte: autor (2022)

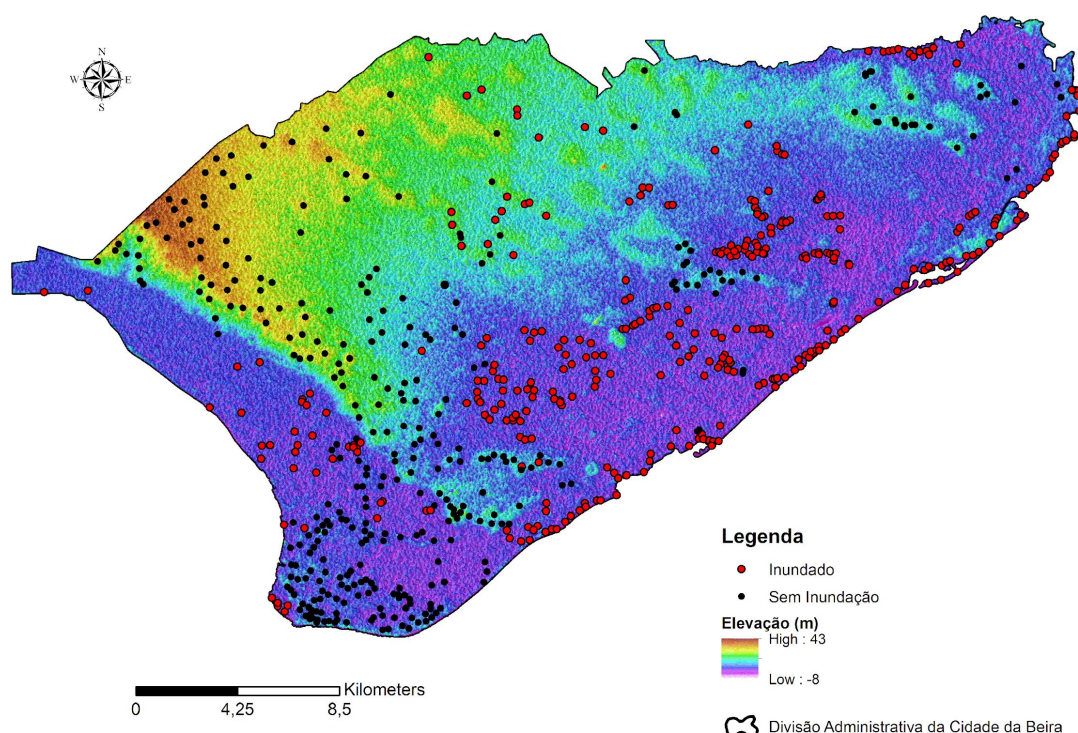
#### 4.1.1. Inventário de locais de inundações

Os locais de inundações de 1980 a 2019 foram registrados por meio de um dispositivo GPS GARMIN 62 S. Foi criado um mapa de inundações, incluindo 1.000 locais inundados. Neste estudo, o mapa de inventário de inundações foi criado com base nas informações fornecidas gratuitamente por *Global Surface Water Explorer*, disponíveis no Instituto Nacional de Gestão de Risco e Desastres (INGD), e levantamento de campo.

O conjunto de dados de inundações foi dividido aleatoriamente em dois conjuntos de dados para treinamento (70%, 350 pontos de inundação e 350 de não inundação,  $n=700$ ) e validação (30%, 150 pontos de inundação e 150 pontos de não inundação,  $n=300$ ) (Figura 16). Os dados de treinamento foram utilizados para a

construção e calibração do modelo e os dados de validação, para avaliar a precisão do modelo (WANG *et al.*, 2019).

Figura 15 – Inventário de inundação



Fonte: o autor (2022).

#### 4.1.2. Dados primários

Os dados primários foram obtidos a partir de fontes governamentais. Além disso, foi criado um banco de dados espacial no Sistema de Informações Geográficas (GIS) ArcGIS 10.1 e os dados foram processados para se criar as seguintes camadas com um tamanho de *pixel* de 30m: (i) mapa de geologia, (ii) mapa do solo, com resolução espacial de 30m; e (iii) *Landsat 5* e *8* imagens. Esses conjuntos de dados têm sido usados para criar vários mapas temáticos no ambiente ArcGIS 10.7.2., de acordo com o diagrama de fluxo (Figura 16).

Fatores topográficos contribuintes, como declividade e elevação, e fatores hidrológicos, como densidade de drenagem, foram deduzidos do DEM, enquanto o uso/cobertura da terra foi derivado de imagens *Landsat 8*. Posteriormente, essas

camadas temáticas foram convertidas em resolução espacial de 30m. Outras imagens auxiliares foram adquiridas no Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção (CENACARTA), Moçambique, e/ou em sítios específicos na internet. Finalmente, um processo de hierarquia analítica (AHP) foi aplicado na tomada de decisão para se produzir mapa de suscetibilidade de inundação em Beira.

#### 4.1.2.1. Fatores de condicionamento de inundações

Foram coletadas informações de diferentes fontes de dados e desenvolvido um banco de dados em ambiente geoespacial. Para esta análise, foram selecionados sete fatores de suscetibilidade com base em revisões de literatura: densidade de drenagem, elevação, LULC, geologia, declividade, solo e precipitação. Esses fatores foram então caracterizados com base em levantamento de campo e registros de inundações de longo prazo na Beira.

Como os fatores de suscetibilidade foram medidos em diferentes escalas, algumas reclassificações foram necessárias para se converter fatores de suscetibilidade para cinco unidades comparáveis ou classes de suscetibilidade: 5 “suscetibilidade muito alta”, 4 “alta suscetibilidade”, 3 “suscetibilidade média”, 2 “baixa suscetibilidade” e 1 “suscetibilidade muito baixa”, como mostrado na Tabela 5, com base em suas contribuições para a probabilidade de inundação. Por exemplo, com base em registros históricos de inundações, a elevação da área de estudo foi dividida em cinco categorias.

Tabela 5 - Fatores de suscetibilidade a inundações classificados de acordo com o grau de perigo

Fatores de suscetibilidade	Fontes de dados	Classes	Classificação	Grau risco
<b>LULC</b>	USGS	Cobertura Vegetal	2	Baixo
		Vegetação Inundada	5	Muito alta
		Vegetação herbácea regularmente inundada	5	Muito alta
		Plantação	4	Alta
		Corpo de água	5	Muito alta
		Área construída	5	Muito alta
		Solo exposto	3	Media
<b>Geologia</b>	CENACARTA Moçambique	Escorrência argila arenosa fluvial	4	Alta
		Areia de duna costeira e areia de praia	1	Muito baixo
		Grés arcósico, parcialmente conglomerático	3	Média
		Escorrência argilosa fluvial	5	Alta
		Aluvião, areia, silte, cascalho	2	Muito alta
		Aluvião argilosa fluviomarinha	4	Muito alta
<b>Solo</b>	CENACARTA Moçambique	Solos de Aluviões Argilosas	5	Alta
		Solos de Sedimentos Marinhos Estuarinos	4	Muito alta
		Solos de Mananga com cobertura arenosa de espessura variada	2	Média
<b>Altitude (m)</b>	USGS	-8 - 6	5	Muito alta
		6 - 12	4	Alta
		12 - 18	3	Média
		18 - 24	2	Baixa
		24 - 42	1	Muito Baixa
<b>Declividade (Grau)</b>	USGS	0 - 1	5	Muito alta
		1 - 2	4	Alta
		2 - 4	3	Média
		4 - 8	2	Baixa
		8 - 15,542	1	Muito baixa
<b>Precipitação (mm)</b>	Worldclim 2,5 - 5	1227 - 1334	3	Média
		1334 - 1362	4	Alta
		1362 - 1387	5	Muito alta
<b>Distância de drenagem (m)</b>	<https://extract.bbbike.org/>	<100	5	Muito alta
		100 - 6728,96	3	Media
		> 6728,96	2	Baixa

Fonte: autor (2022).

#### 4.1.2.2. Processo de Hierarquia Analítica (AHP)

A AHP de Saaty permite a determinação objetiva de pesos ou coeficiência de ponderação, comparação de fatores tomados dois a dois utilizando uma matriz de Saaty (SAATY, 1977, 1980, 1990).

Assim, o primeiro passo é definir o problema da decisão. O segundo passo é julgar a importância relativa dos fatores baseados na escala Saaty e no desenvolvimento da matriz de comparação (ELKHRACHY, 2015). A cada fator foi atribuído um valor numérico entre 0 e 1, dependendo de sua importância (Tabela 6). Um valor numérico de 0 significa que os dois fatores que estão sendo comparados são de igual importância. No entanto, um valor numérico de 1 significa que o fator na linha é muito mais importante do que o fator na coluna. Uma vez produzida a matriz, o passo seguinte é a normalização dos valores do *eigenvector* (ELKHRACHY, 2015). Por fim, a última etapa consiste em verificar a lógica nos julgamentos e os maiores valores (pesos) são atribuídos às classes de maior suscetibilidade a inundações. A razão de consistência na matriz obtida foi de 0,019, o que significa uma consistência aceitável (SAATY, 1977).

Tabela 5 - Matriz de ponderação pareada

	Precipitação	Altitude	Declividade	Geologia	Solo	LULC	Drenagem
Precipitação	0,36	0,46	0,31	0,36	0,27	0,28	0,23
Altitude	0,18	0,23	0,31	0,27	0,34	0,28	0,26
Declividade	0,18	0,12	0,16	0,18	0,13	0,19	0,20
Geologia	0,09	0,08	0,08	0,09	0,13	0,09	0,14
Solo	0,09	0,05	0,08	0,04	0,07	0,09	0,09
LULC	0,06	0,04	0,04	0,04	0,03	0,05	0,06
Drenagem	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03

Razão de consistência = 0,019

Fonte: autor (2022)

#### 4.1.2.3. Modelos de regressão logística (RL)

O modelo de regressão logística (RL) prevê o *logit* da variável dependente (Y) a partir das variáveis independentes (X). A Y é assumida como variáveis categóricas ou dicotomas, por exemplo, em desastre geoambiental o Y é visto como presente ou ausência na ocorrência do desastre em um local (DAYTON, 1992). As variáveis independentes, nesse modelo, são chamadas de preditores das variáveis

dependentes e podem ser medidas como nominal, ordinal, escala de intervalo e razão (YILMAZ, 2009). Em essência, a regressão logística conecta a probabilidade de ocorrência de inundação em uma função *logit* com as suposições de que depende de muitas variáveis independentes (CHOWDHURI *et al.*, 2021).

Neste trabalho, a variável dependente é a ocorrência de inundação, que depende de muitos fatores geo-hidrológicos relacionados, e a variável dependente é uma variável binária, representando ocorrência e não ocorrência de inundação no presente ou em período passado (TEERÃ *et al.*, 2013). Para este estudo, as ocorrências de inundação variável dependentes ingressaram como variável binária categórica como a ocorrência de uma inundação é 1 e a não ocorrência de uma inundação é 0. Os coeficientes de regressão logística para cada variável independente são utilizados para se estimar a eficácia das variáveis independentes para ocorrências de inundações.

#### 4.1.2.4. Validação do estudo

O método Área Sob a Curva (AUC) foi utilizado para validar o mapa de suscetibilidade de inundação na Beira. Este método simples, baseado na verificação de ocorrências passadas e cientificamente justificado, permite verificar a exatidão do modelo de Processo de Hierarquia Analítica (AHP) e é considerada como uma das melhores técnicas de validação para se determinar a exatidão dos modelos (CHEN *et al.*, 2020; NACHAPPA *et al.*, 2020).

Para o presente estudo, o mapa de suscetibilidade a inundações baseado em AHP foi subdividido em quatro classes e o número de *pixels* pertencentes a cada classe foi determinado. O valor AUC varia de 0,00 a 1,00, onde 0,50-0,60 indica baixa precisão; 0,61-0,70 indica precisão moderada; 0,71-0,80 indica boa precisão; 0,81-0,90 indica uma precisão muito boa; e 0,91-1,00 indica excelente precisão (CHAKRABORTTY *et al.*, 2020; ROY *et al.*, 2020).

## 4.2. Resultados e discussão

Aqui, é apresentado um mapa de suscetibilidade a inundações da cidade da Beira, bem como os sete fatores condicionantes (elevação, declividade, geologia, solo, LULC, precipitação e densidade de drenagem).

#### 4.2.1. Fatores condicionantes a suscetibilidade a inundações

##### 4.2.1.1 Uso e ocupação de solo

A dinâmica de uso e cobertura da terra, no período de 1980 a 2019, ocasionou reduções na vegetação primária, impulsionadas pelo incentivo à expansão de zonas agrícolas e do núcleo urbano da cidade da Beira. Essas perdas foram maiores em 2008 e 2019, devido ao avanço da área habitacional sobre área de vegetação e agrícola. É um fator preocupante, não apenas pelo processo de supressão da vegetação, mas sobretudo em função da ausência de ações efetivas de planejamento e gestão do ambiente urbano. Essa ausência tem agravado em muito a qualidade de vida da população local.

A alteração dos sistemas naturais locais evidencia o quão urgente se faz necessário idealizar e gerenciar o uso e a ocupação do solo com base no conhecimento da integração entre os diferentes agentes constituintes da paisagem. Isso porque, na ausência da percepção sistêmica, os efeitos adversos dessas transformações, o que até então demonstra ser predominante, poderão afetar negativamente a comunidade local, uma vez que o aumento da vulnerabilidade socioambiental aos riscos, ligados tanto a movimentos de massa como a alagamento e inundação, é evidente. Com base na observação de campo, pode-se afirmar que os núcleos de ocupação espontânea estão presentes e cada vez mais visíveis na cidade da Beira, sendo um indicador da fragilidade no sistema de gestão territorial urbana.

##### 3.1.1.1 Mapa de solo

A natureza dos solos exerce uma influência considerável sobre o padrão das inundações. O mapa de solo da cidade da Beira, apresentado na Figura 17e, mostra três tipos de solo identificados; (i) solo de aluviões argilosos, que apresenta fraca capacidade de infiltração de água devido à sua impermeabilidade, contribuindo dessa forma para a maior taxa de inundações; (ii) solo de sedimentos marinhos estuários, constituído por uma mistura de sedimentos marinhos e estuarinos e, devido às suas características hidrogeológicas, apresenta uma média capacidade de ocorrência de inundações; e, por fim, (iii) solo de mananga, com cobertura arenosa de espessura

variada devido à constituição arenosa, com maior capacidade de infiltração e armazenamento no subsolo, tendo, dessa forma, uma capacidade muito baixa de inundações.

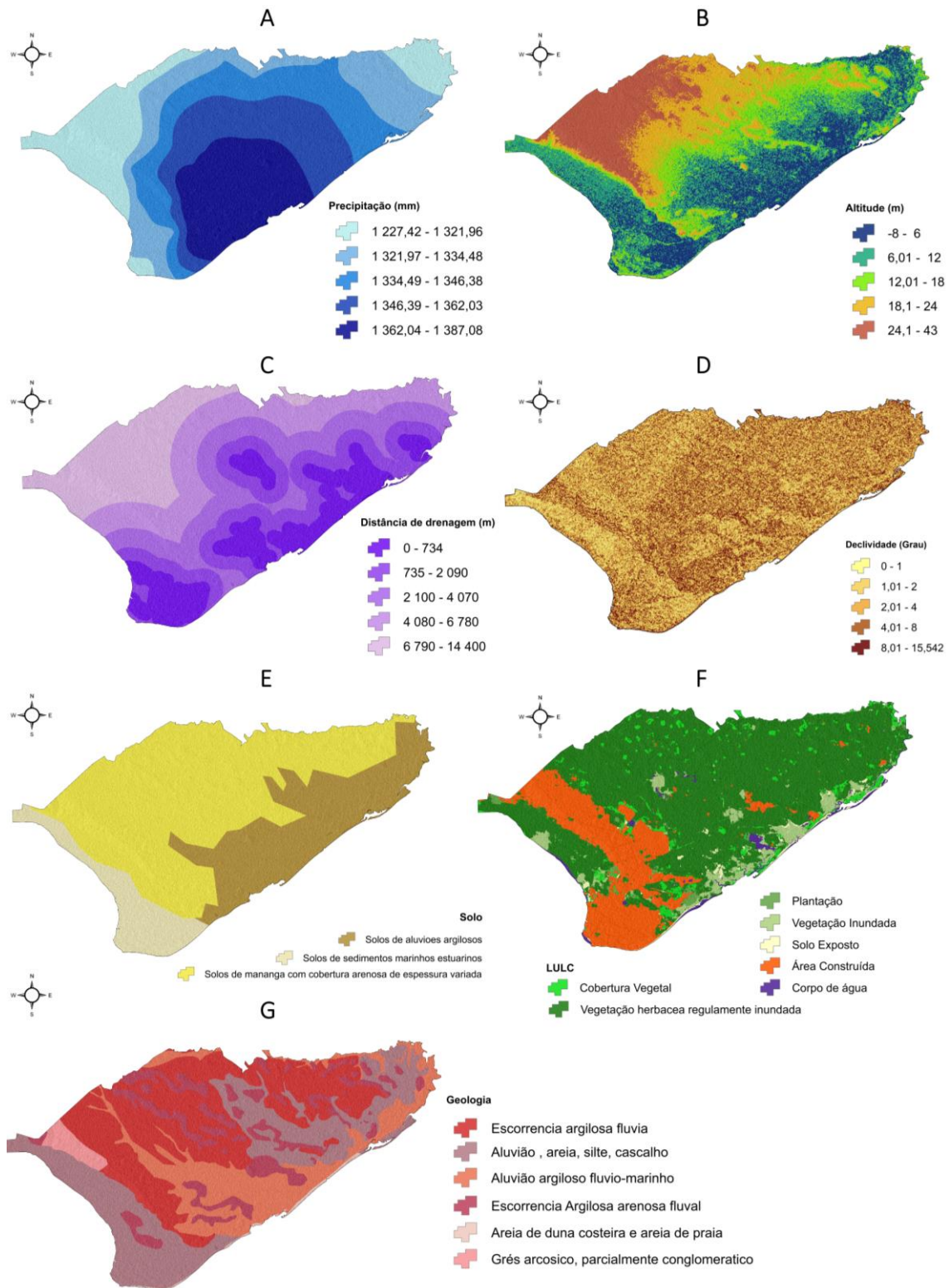
As áreas construídas em zonas de muito e alto risco tendem a ser propensas a inundações, pois normalmente geram grande quantidade de escoamento devido às grandes superfícies impermeáveis, resultando em excesso de água fluindo sobre drenagens, principalmente nas zonas periféricas da cidade, onde vive a maioria da população de baixa renda.

#### 4.2.1.3. Mapa de geologia

A planície costeira de Beira se formou por acumulação de material aluvial durante o início da Era Quaternária, quando ocorreu o rebaixamento do nível das águas do mar. Esse fenômeno aconteceu em toda a costa africana oriental e permitiu que os rios Púnguè e Búzi depositassem sedimentos continentais originários do afloramento de rochas terciárias (grés) localizado a montante. (MUCHANGOS, 1999).

A Figura 17g mostra a geologia da cidade de Beira dividida em seis classes geológicas: (i) aluvião argilosa fluviomarinha, que apresenta fraca permeabilidade e baixa porosidade e, conseqüentemente, uma baixa taxa de infiltração, tendo por isso uma maior taxa de inundação; (ii) aluvião areia silte cascalho, que apresenta uma capacidade de infiltração da água de forma mediana devido à presença de areia e cascalho, fazendo com que tenha uma baixa taxa de inundações; (iii) escorrência argilosa fluvial, que apresenta uma taxa de infiltração de água muito baixa e, conseqüentemente, alta vulnerabilidade as inundações; (iv) grés arcósicos, parcialmente conglomerados devido às suas características hidrogeológicas, que apresentam uma taxa média de inundações; (v) areia de duna costeira, que possui maior permeabilidade e alta porosidade, permitindo assim maior infiltração de água, tendo capacidade de inundações muito baixa; e (vi) escorrência argilosa arenosa fluvial, que apresenta menor capacidade de infiltração devido à maior presença da argila, tendo uma alta vulnerabilidade a inundações.

Figura 17 - Fatores condicionantes da suscetibilidade às inundações: (a) precipitação, (b) altitude, (c) densidade de drenagem, (d) declividade, (e) tipo de solo, (f) Uso e ocupação de solo e (g) geologia



Fonte: autor (2022).

#### 4.2.1.4. Elevação e declividade

A elevação e inclinação são dois fatores-chave que influenciam a suscetibilidade de qualquer área a inundações (PRADHAN, 2009). Em sua maioria, áreas propensas a inundações tendem a ter encostas de superfície baixas e localizadas em zonas de baixa elevação. Por exemplo, a classificação de elevação é frequentemente empregada em estudos de mapeamento de inundações (FERNANDEZ e LUTZ, 2010; DAHRI e HABIB, 2017).

A cidade da Beira teve seu desenvolvimento articulado à construção de aterros litorâneos e de um sistema de canais artificiais, para facilitar o escoamento das águas fluviais e fluviomarinhas, visto que por toda a área predominavam terrenos baixos, pantanosos e alagadiços, constituindo um fator desfavorável para o desenvolvimento de processos de urbanização.

Atualmente, as áreas de maior risco de inundação são as áreas úmidas de baixa altitude (Figura 16.d), principalmente nas zonas periféricas da cidade, onde vive a maioria da população de baixa renda. Essas áreas baixas e corpos d'água foram invadidos por incorporadores para atender à crescente demanda da população. Além disso, a drenagem natural é reduzida pela presença de uma grande população, e o sistema de drenagem é malconservado.

#### 3.1.1.2 Densidade de drenagem

Maior densidade de drenagem geralmente significa maior escoamento da superfície e, portanto, maior probabilidade de inundação, o que justifica seu impacto significativo na ocorrência de inundações.

A Figura 15c mostra o mapa de densidade de drenagem da área de estudo, calculado a partir da rede de drenagem classificada em cinco classes que variam de densidades de drenagem muito altas a muito baixas. Como esperado, a suscetibilidade a enchentes diminui de uma densidade de drenagem muito alta, como 'muito alta' (0-734m), o que significa uma suscetibilidade muito alta às inundações: 'alta' (735-2090m), 'média' (2100-4070m), 'baixa' (4080-6780m) e 'muito baixa' (6790-14400m) densidades de drenagem.

Constatou-se que a população de baixa renda vive em assentamentos informais situados em partes desfavoráveis da paisagem da cidade, como bairros

congestionados com rede de drenagem deficiente, terras baixas marginais, margens de rios e várzeas. Nesse caso, a duração e a intensidade das chuvas e o estado do sistema de drenagem definem as características de uma inundação, como a duração da inundação (dias) e a altura do nível da água. As inundações afetam gravemente as famílias quando o nível da água atinge mais de 50 centímetros em sua sala de estar; então, suas famílias permaneceram submersas por 20 a 30 dias. Portanto, os moradores das zonas de alto risco deixam suas casas e pertences e se abrigam nas escolas. Esses eventos têm impactos socioeconômicos adversos, podendo interromper os serviços da cidade e causar danos à infraestrutura urbana.

#### 4.2.1.6. Mapa de precipitação

A Figura 16a apresenta a média anual de precipitação para a área de estudo. Como esperado, a suscetibilidade a inundações aumenta com maior profundidade de precipitação, principalmente na estação quente e chuvosa, que vai de outubro a março, caracterizada por chuvas contínuas de grande intensidade, com trovoadas dispersas, acompanhadas por ciclones. O volume de água precipitado é automaticamente escoado, por meio de uma rede hidrográfica, das áreas mais altas para as mais baixas, segundo uma hierarquia fluvial.

Os ciclones são mais frequentes entre janeiro e março, com ventos fortes e tempestuosos que atingem mais de 100km/h. Nesse período, registra-se uma rápida elevação dos valores de pluviosidade, atingindo os níveis máximos entre dezembro e fevereiro.

#### 4.2.2. Zonas de suscetibilidade a inundações

O problema das inundações em Beira é tão antigo quanto a própria cidade. Nessa cidade, as inundações são um acontecimento regular, causado não só pelas águas das chuvas e pelos sistemas de drenagem deficientes, mas também pela subida do nível do mar. Beira já apresentava área sujeita à ocorrência de inundações desde os primórdios de sua expansão urbana, em 1887, mas tal vulnerabilidade não foi considerada naquele momento, o que permitiu a ocupação indiscriminada de áreas de várzea e fundos de vale (AMARAL, 1969).

A Tabela 7 mostra o peso final para cada fator, o que reflete sua contribuição estimada para as ocorrências de enchentes na cidade de Beira: tipo de solo (4,1%), altitude (32,1%), precipitação (15,6%), densidade de drenagem (3,4%), uso do solo (11,1%), declividade (27,2%) e geologia (6,6%).

Tabela 6 - Fatores condicionantes da suscetibilidade às inundações

Valor	Camadas temáticas	Peso	Peso %
1	Altitude (m)	0,321	32,1
2	Declividade (Grau)	0,272	27,2
3	Precipitação (mm)	0,155	15,6
4	Uso e cobertura do solo	0,111	11,1
5	Geologia	0,066	6,6
6	Solo	0,041	4,1
7	Densidade de drenagem	0,034	3,4

Fonte: autor (2022)

A Tabela 8 mostra a área estimada de cada classe de suscetibilidade: 10,58% (6391,35ha), 35,98% (21727,26ha), 39,16% (23652,72ha) e 14,28% (8621,28ha) da área de estudo. Essas classes são classificadas como zonas de suscetibilidade muito altas, altas, médias e baixas, respectivamente. Isso significa que 85,72% da área de estudo são caracterizados por zonas de suscetibilidade a inundações muito altas a médias, o que explica as razões por trás dos recorrentes eventos de inundação na cidade da Beira.

Tabela 7 - Classes de suscetibilidade a inundações

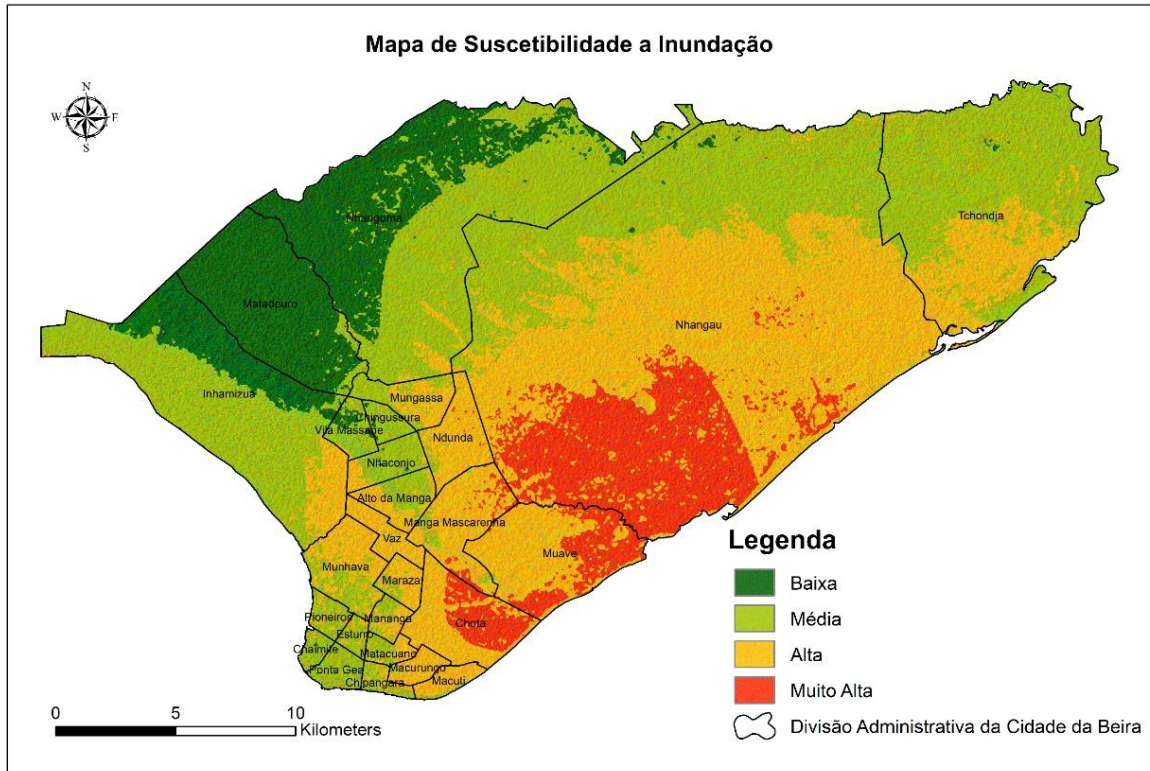
Valor	Suscetibilidade	Área (ha)	Porcentagem
2	Baixa	8621,28	14,28
3	Média	23652,72	39,16
4	Alta	21727,26	35,98
5	Muito alta	6391,35	10,58
Total		60392,61	100

Fonte: autor (2022)

A Figura 17 mostra que o mapa final de suscetibilidade a inundações, desenvolvido para a cidade de Beira, foi classificado em quatro classes de suscetibilidade: muito alta, alta, média e baixa suscetibilidade, localizadas nos postos administrativos de Chiveve, Munhava e Manga Loforte. As inundações nessas áreas vêm ocorrendo todos os verões, causando grandes danos a infraestruturas urbana e vidas humanas. Os bairros mais críticos são: Matacuane, Chaimite, Pioneiros, Macúti,

Chipangara, Munhava, Maraza, Ndunda, Mungassa, Vaz, Chota, Manga Mascarenha, Chingussura, Vila Massane, Nhangau e Tchondja.

Figura 17 - Mapa de suscetibilidade a inundações para os bairros da cidade da Beira



Fonte: o autor (2022)

#### 4.2.3. Natureza e impacto das inundações

Diferentes tipos de inundações estão em jogo na área de estudo. Um deles são as inundações pluviais (ou terrestres), que ocorrem quando a geração de escoamento superficial excede as taxas de infiltração e a capacidade de drenagem, muitas vezes durante eventos de tempestades de curta duração de alta intensidade. Além disso, muitas dessas ocorrências na Beira são inundações fluviais (rios). Vários rios que fluem através da área de estudo, como Búzi e Chiveve, às vezes transbordam suas margens no pico da estação chuvosa. Isso inunda uma série de assentamentos localizados ao longo das suas margens. As inundações costeiras são causadas por altos níveis de água, que por sua vez são o efeito combinado do nível médio do mar e dos altos níveis temporários de água causados pelo vento e, muitas vezes, pela

maré. O vento (velocidade, direção e padrão) não tem sido claramente ligado às mudanças climáticas (IPCC, 2014). Os efeitos das mudanças climáticas sobre o vento dependem da localização e, portanto, mesmo um aumento médio global na sua velocidade pode estar associado a menos efeitos dele em algumas regiões.

As inundações na Beira ocorrem no início e no pico da estação chuvosa, quando chuvas torrenciais vêm com inundações destrutivas, às vezes além da capacidade dessas comunidades em lidar com a situação. Os registros mostram que a incidência de inundações aumentou em frequência, extensão espacial e magnitude do impacto, com cada caso impactando mais negativamente do que o anterior. As inundações afetam casas e espaços públicos, causando destruição maciça a edifícios públicos e domésticos e outros objetos de valor (Figura 18).

Às vezes, as águas das inundações permanecem por dias e semanas ou meses, afetando as atividades socioeconômicas. Em casos graves, as águas da inundação sobem tão alto quanto as vigas das casas, enquanto algumas ficam completamente submersas. O número de dias em que as pessoas afetadas vivem sob condições de inundação varia muito, dependendo da localização e da gravidade das inundações. Em alguns bairros ou comunidades a água da inundação pode levar meses e em alguns casos, semanas até o seu escoamento. Muitos edifícios abandonados foram observados no Bairro da Munhava, Vaz, Mungassa, Ndunda, Manga Mascarenha, onde os proprietários e ocupantes originais haviam sido evacuados, pois não podiam mais lidar com a ameaça de inundações.

Figura 18 - Instalação de residências na planície de inundação





Fonte: UNICEF/Prinsloo, 2019.

O efeito imediato das inundações destrutivas é que as pessoas ficam desabrigadas quando suas casas desabam ou são forçadas a se mudar temporariamente. A médio e longo prazos, as famílias podem ter que passar pelo trabalho de arrecadar dinheiro para garantir novos locais de residência, alugando ou colocando edifícios inteiramente novos. Contudo, as casas de famílias de baixa renda (feitas de caniço, paus ou bambu) são as mais vulneráveis às inundações, por não terem elas capacidade financeira para promover entulho. Em contrapartida, as casas mais caras, feitas de tijolos e concreto, oferecem uma proteção muito melhor contra as inundações e tendem a estar localizadas em áreas menos propensas a inundações.

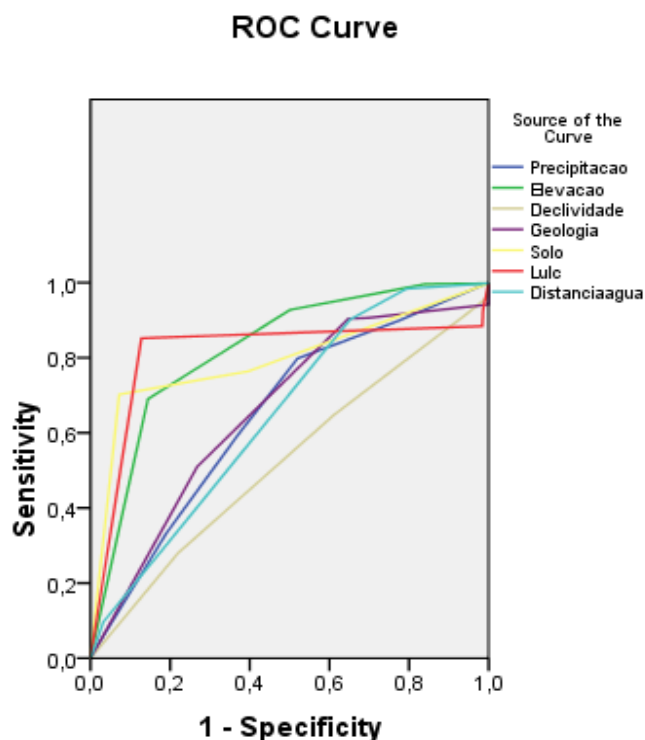
Segundo um participante do sexo masculino, do bairro de Ndunda, as inundações têm sido em grande parte destrutivas. Todos os anos, ocorrem inundações severas em muitas partes da cidade. Tanto o Estado quanto os bens das famílias, incluindo estradas, pontes, casas e outros objetos de valor, são destruídos. Os reparos deles têm um custo enorme para o Estado e os indivíduos. Nos piores casos, vidas humanas são perdidas. Mas a vida perdida não pode ser restaurada.

#### 4.2.4. Validação do mapa de suscetibilidade a inundações

Com base nos valores da área sob curva (AUC), as exatidões dos modelos produzidos nas etapas de treinamento e validação foram muito boas (Figura 20). O resultado da AUC da curva ROC foi de 0,79%, o que significa que o cenário atual do mapa de suscetibilidade a inundações é de 79%. Outro resultado de validação, o coeficiente Kappa, mostra a precisão de 70% do mapa de suscetibilidade de inundação. Ambos os resultados também retratam que o método de regressão

logística é adequado para a modelagem de suscetibilidade a inundações em Beira, podendo-se alcançar um mapeamento futuro da suscetibilidade de inundações com os mesmos métodos, exceto as mudanças no uso da terra.

Figura 20 - Validação do mapa de suscetibilidade de inundação pela curva ROC



Acurácia=79%

Fonte: o autor (2022)

Além disso, o modelo foi validado pelo conjunto de dados do teste, que compreendeu os 30% dos pontos restantes dos 1.000 registros dos dados originais, estratificados com base no rótulo da classe alvo e, portanto, contém 700 registros de inundação e 300 não-inundações.

O valor da AUC obtido no presente estudo está dentro da ampla gama de valores obtidos nos demais casos do estudo. Ele é semelhante ao obtido por Das (2019, 2020), que mapeou a área de suscetibilidade de inundação do cinturão costeiro de Ghat Ocidental (aplicado a 12 fatores) e da bacia de Ulhas (aplicada a 11 fatores),

todos localizados na Índia. No entanto, a precisão do mapa final obtida neste estudo ratifica com justeza a metodologia adotada.

### 4.3. Conclusão

O mapeamento da suscetibilidade a inundações é um aspecto importante da gestão de desastres. A identificação de zonas de alto risco ajuda a população e o Estado a se prepararem para o desastre com planejamento prévio, o que reduz os danos a um certo nível. Neste estudo, sete parâmetros influentes foram escolhidos para se descobrir as zonas suscetíveis a inundações na Beira com a ajuda do modelo de regressão logística. Vastas áreas dos postos administrativos de Chiveve, Munhava e Manga Loforte são suscetíveis a inundações muito altas e altas suscetibilidade, enquanto a planície do posto administrativo de Inhamízia e Nhangau está sob categoria média e baixa suscetibilidade.

Em termos de resultados, foi obtido o seguinte:

- i. o valor da razão de consistência (0,019%) indica que a matriz de priorização é aceitável; isso varia de acordo com as pontuações atribuídas a cada fator;
- ii. foram identificadas quatro classes principais de suscetibilidade a enchentes: a classe baixa cobrindo 14,28%, a classe média (39,16%), a classe alta (35,98%) e a classe muito alta (10,58%);
- iii. o mapa de suscetibilidade de inundação obtido pela AHP mostrou uma precisão muito boa (AUC: 79%);
- iv. o coeficiente Kappa mostra a precisão de 70% do mapa de suscetibilidade de inundação.

Apesar de algumas imperfeições no método vinculado à subjetividade do Processo de Hierarquia Analítica (AHP) em termos de estimativa de peso, os resultados obtidos constituem uma verdadeira ferramenta de auxílio à tomada de decisão para o planejamento e desenvolvimento pelo poder público e autoridades locais descentralizados em um contexto de desenvolvimento local. De fato, o mapa obtido está em conformidade com as observações de campo. No entanto, seria necessário, em trabalho futuro, integrar essas impertinências e, na melhor das hipóteses, experimentar modelos mais eficientes capazes de reduzir ao máximo as margens de erro.

## **5 PERCEPÇÃO DE RISCO DE INUNDAÇÃO AOS RESIDENTES DA CIDADE DA BEIRA**

De forma a compreender como os residentes na cidade da Beira são afetados, e respondem às inundações, foi utilizado um estudo de caso. A cidade da Beira é composta por cinco postos administrativos e 26 bairros. Assim, aplicou-se um questionário estruturado e entrevista semiestruturada com o objetivo de entender as percepções locais sobre os riscos de inundações. Uma técnica de amostragem aleatória simples foi usada para coleta de dados de 230 entrevistados em 16 bairros de diferentes tamanhos populacionais.

O capítulo está relacionado com o segundo objetivo deste trabalho: elucidar as percepções de risco inundações que as vítimas de inundações da Beira têm sobre o fenômeno. Pretende-se responder à seguinte pergunta: em que medida a percepção de risco de inundação pode contribuir para definição de estratégias eficazes para adaptação aos eventos climáticos na Beira?

### **5.1. Metodologia**

Este é um estudo de caso qualitativo de base empírica. Os dados foram coletados por meio de entrevistas semiestruturadas. Isso permitiu que o pesquisador se envolvesse com duas categorias de entrevistados (i) as comunidades afetadas pelas inundações e (ii) partes interessadas profissionais / experientes em FRM na área de estudo, para explorar suas opiniões, percepções, sentimentos, ideias, experiências e recomendações sobre riscos de inundação / clima.

Para complementar os dados e responder às questões de pesquisa foi utilizado o questionário estruturado e entrevistas semiestruturadas que permitiram interações verbais por meio de perguntas. Primeiramente, a amostragem proposital foi utilizada no âmbito institucional para selecionar e engajar dois funcionários de cada uma das seguintes instituições em entrevistas: Instituto Nacional de Gestão e Redução de Desastres (INGD) -responsável pela coordenação de desastres; Conselho Municipal da Beira (CMB)- responsável pelo desenvolvimento espacial da cidade. As entrevistas se concentraram em obter as perspectivas dos funcionários sobre planejamento, regimes de gestão e desafios para a proteção das zonas úmidas na cidade. As

entrevistas duraram entre 90 minutos e 120 minutos, dependendo dos interesses, disponibilidade e conhecimento dos funcionários.

Na sequência, foram propositadamente selecionados 16 bairros, a saber: Chaimite, Chipangara, Matacuane, Estoril, Ponta-gêa, Munhava Central, Vaz, Manga Mascarenha, Ndunda, Mungassa, Chota, Maraza, Mananga, Esturro, Pioneiros e Tchonja. Essa escolha deveu-se aos seguintes motivos: (i) foram áreas ameaçadas pelas inundações desastrosas nas últimas quatro décadas; (ii) são bairros periurbanas e urbanos, partindo-se do pressuposto de que, neles, a relação entre a ação individual e o gerenciamento de risco de inundação (FRM) é mais próxima do que nos centros urbanos, o que facilita a abordagem da percepção de risco do estudo; além disso, presume-se que sua localização fora do centro urbano resulta em distância institucional do governo local, o que pode dificultar a implementação de medidas estruturais de FRM; e (iii) são áreas situadas em diferentes contextos ambientais (frequência de inundações). Para seleção dos domicílios, o estudo empregou a técnica de amostragem aleatória, do tipo porta-a-porta, com um intervalo uniforme mínimo de 10 casas, após o primeiro elemento (domicílio e/ou unidade domiciliar) ter sido colocado aleatoriamente ao longo do interior das comunidades, conforme o tamanho das comunidades.

A pesquisa ocorreu entre janeiro e março de 2020, e gerou 230 respostas (n=230), e abrangeu 16 bairros, de tamanhos populacionais variados, com base em sua classificação 'muito alto', 'alto', 'média' e 'baixo' risco de inundação pelo Instituto Nacional de Gestão e Redução de Desastres (INGD).

Antes da distribuição, foi utilizado um questionário piloto que serviu de pré-teste em um grupo focal composto por 16 guardiões das comunidades (líderes dos bairros). Esses 16 guardiões, correspondentes a igual número de bairros, responderam ao questionário na presença do pesquisador. Foram entrevistados a respeito de sua compreensão sobre o evento em estudo, sua opinião sobre como questões sobre inundações poderiam ser bem comunicadas. O questionário foi revisado antes da distribuição ao público-alvo. Ressalta-se que foi aplicado individualmente em cada residente em sua casa. Assim, a pesquisa se consistiu em três partes: os entrevistados foram questionados sobre sua experiência de inundação passada (características demográficas e socioeconômicas); percepção de risco de inundações e percepção das mudanças climáticas. Foram feitas perguntas adicionais para

melhorar a compreensão. As entrevistas duraram entre 60 minutos e 120 minutos, dependendo do conhecimento, experiência e interesse dos entrevistados.

Finalmente, observações de campo foram realizadas em 16 bairros. As observações de campo foram usadas para monitorar as atividades em curso nas áreas ecologicamente sensíveis e foram categorizadas em duas atividades principais: (i) tirar fotos do estado das áreas úmidas nas comunidades e as atividades humanas que ocorrem ao longo delas; essa atividade durou entre 10 e 20 minutos em cada um dos 16 bairros e permitiu que os pesquisadores tivessem uma apreciação em primeira mão das condições da área em estudo; e (ii) tomar notas sobre as reações dos entrevistados da entrevista institucional e comunitária, ao responder às perguntas da entrevista (por exemplo, estar relutante ou animado com a questão). Estas observações foram úteis para compreender os intervenientes envolvidos na vontade de proteção das áreas ecologicamente sensíveis.

Por fim, aplicou-se a versão 4.1.2 do R para inserir e analisar os dados quantitativos por meio de técnicas estatísticas descritivas e inferenciais. Algumas análises estatísticas foram geradas para reportar os resultados na forma de Tabelas.

## **5.2. Resultados e discussão**

Esta seção começa apresentando os resultados globais extraídos do questionário. Em seguida, esses resultados são examinados e discutidos separadamente de acordo com os três temas principais em que o questionário foi dividido: caracterização sociodemográfica, percepção de risco de inundação e percepção mudança climática.

### **5.2.1. Características demográficas dos entrevistados**

A partir da pesquisa, os resultados sobre gênero dos entrevistados revelaram que 50,43% são do gênero feminino (Tabela 9). A composição da amostra reflete que na Beira geralmente as mulheres ficam em casa durante o dia, enquanto os homens trabalham nas instituições públicas e privadas, no comércio formal e informal, possivelmente devido às frequentes interações sociais e comunitárias. Em outras palavras, as mulheres enfrentam o alto desemprego e a maioria acaba no setor informal, especialmente em pequenos negócios. Negócios e empregos informais são

dominantes em bairros periurbanos, onde os valores da terra e os aluguéis das casas são baixos, mas a maioria deles está localizada em áreas propensas a inundações.

O desequilíbrio de gênero influencia e é influenciado pela estrutura familiar, a qual reduz a capacidade de resposta atempada aos desastres de inundações. Isso coloca um enorme fardo sobre elas, quando confrontadas com as inundações. Porém, as mulheres nos bairros pesquisados têm consciência da possibilidade de inundações, e viver conscientemente com esses riscos de inundação implica que eles estão dispostos a se comportar adequadamente em caso de inundação, correspondendo ao princípio “o tomador de risco paga” (KUNDZEWICZ, 2014). Um fator que contribui para essa percepção pode ser a experiência do município com os desastres de inundação, que afetam com frequência seus bairros.

Tabela 8 - Características demográficas da amostra

Variável	Quantidade	Percentual	
Gênero	Feminino	116	50.43
	Masculino	114	49.57
Faixa etária	de 20-30 anos	64	27.83
	de 31-40 anos	61	26.52
	de 41-50 anos	37	16.09
	de 51-60 anos	32	13.91
	mais de 60 anos	36	15.65
Escolaridade	Pré-escolar	16	6.96
	Ensino primário	41	17.83
	Ensino secundário	50	21.74
	Ensino técnico profissional	22	9.57
	Superior	101	43.03

Fonte: autor (2022)

Em termos de estrutura etária, observa-se que a maior parte dos indivíduos possui faixa etária de 20 a 30 anos de idade, representando 27,83% da amostra, seguida de respondentes com faixa etária de 31 a 40 anos. Isso sugere que os entrevistados estavam dentro da idade economicamente ativa, inferior a 60 anos, e eram capazes de adotar e executar medidas de adaptação às mudanças climáticas.

Em relação ao nível de escolaridade, observa-se que a maior parte dos entrevistados apresenta um grau de escolaridade a nível de licenciatura, com 33,48% da amostra, seguida dos indivíduos com ensino secundário, representando 21,74%, o que implica que os entrevistados eram alfabetizados, dado esse reconhecido por melhorar a adoção de estratégias de adaptação às mudanças climáticas.

### 5.2.2. Características socioeconômicas dos entrevistados

As características socioeconômicas dos entrevistados são mostradas na Tabela 10. Das famílias entrevistadas, 36,96% (representando 'Outro') não trabalhavam até o momento da entrevista, seguidas por 20,87% com renda abaixo de \$5.000 Meticais mensal (moeda africana equivalente a \$76 dólares). Isso implica dizer que mais da metade da população está em situação mais vulnerável devido à extrema pobreza, enquanto 1,30% dos respondentes declararam ter uma renda familiar com mais de \$60.000 Meticais (\$923 dólares) no momento da entrevista. A baixa renda anual dos entrevistados pode aumentar sua vulnerabilidade e incapacidade de se adaptar a eventos climáticos extremos.

Tabela 9 - Características socioeconômicas dos moradores de Beira

Variável		Quantidade	Percentual
Tempo no bairro	De 01-05 anos	35	15.22
	De 06-10 anos	28	12.17
	De 11-15 anos	21	9.13
	De 16-20 anos	23	10.00
	De 21-25 anos	32	13.91
	De 26-30 anos	13	5.65
	Mais de 30 anos	78	33.91
Renda Familiar (em Meticais)	Menos de 5000	48	20.87
	de 5000 a 10000	25	10.87
	De 11000 a 20000	33	14.35
	De 21000 a 30000	17	7.39
	De 31000 a 40000	12	5.22
	De 41000 a 60000	7	3.04
	Mais de 60000	3	1.30
Status da residência	outro	85	36.96
	Própria	146	63.48
	Alugada	45	19.57
	Casa dos teus pais	33	14.35
	Emprestada temporariamente	2	0.87
Tipo de residência	Outra	4	1.74
	Bloco de cimento	187	81.30
	Caníço/paus/bambu	33	14.35
	Madeira zinco	3	1.30
	Outras	1	0.43

Fonte: autor (2022)

Porém, as famílias de baixa renda são as mais vulneráveis às inundações, por se localizarem em bairros com rede de drenagem deficiente, terras baixas marginais e falta de capacidade financeira para entulho em seus quintais. Em contrapartida, as casas mais caras, feitas de tijolos e concreto, oferecem uma proteção muito melhor contra as inundações e tendem a estar localizadas em áreas menos propensas a

ocorrências dessa natureza. Além disso, as famílias de maior renda têm bom capital humano, por meio de educação adequada e boa saúde. Por outro lado, os bairros de alto risco e desprotegidos apresentam habitações mais baratas, constituídas principalmente por famílias de baixa renda.

Em termos de *status* da residência, 63,48% dos inquiridos viviam em habitação própria, enquanto 19,57% viviam em habitação alugada. Em relação a tipos de residência, a maioria das pessoas mora em casas construídas com bloco de cimento, representando 83,48%, seguida de 14,73% dos respondentes que moram em residências de caniço, paus ou bambu. Devido aos seus materiais de construção baratos, as residências de caniço, paus ou bambu são geralmente preferidas ao se instalar unidades habitacionais em terrenos marginais, onde a segurança da terra é incerta. Conseqüentemente, os materiais de construção são facilmente destruídos sob condições climáticas extremas, incluindo ciclones tropicais, inundações e subida do nível do mar, como é o caso da Praia Nova, aumentando assim a vulnerabilidade dos ocupantes às mudanças climáticas.

Em relação ao tempo que em residem no bairro, observa-se que a maior parte dos respondentes (33,91%) estão neles há mais de 30 anos, enquanto a menor parte mora em seus bairros entre 26 e 30 anos, representando 5,65% dos respondentes. Com base no período de residência da maioria dos entrevistados, nota-se que estão suficientemente atentos ao seu ambiente físico, principalmente no que diz respeito ao clima.

### 5.2.3. Percepções dos residentes sobre riscos de inundação

Em resposta às perguntas sobre percepção do risco de inundação em diferentes níveis residenciais (bairro e casa), 89,57% dos inquiridos consideram seu bairro como área de risco, conforme se verifica na Tabela 10. Dos domicílios pesquisados, 85,22% relataram ter sofrido inundações no passado. As pessoas com experiência prévia de inundação tinham maiores percepções de risco do que aquelas sem experiência anterior. Elas também eram mais propensas a modificar seu comportamento para evitar riscos futuros. Isso é importante no contexto deste estudo, pois significa que percepções de risco mais altas entre aqueles que tiveram experiências graves de inundação podem torná-los mais propensos a escolher opções de migração como estratégia de enfrentamento. Ressalta-se, aqui, o entendimento de

Roder *et al.* (2016) no sentido de que as capacidades dos indivíduos também desempenham um papel nos comportamentos adaptativos além das percepções de risco.

Tabela 10 - Percepção dos residentes sobre risco de inundação

Variável		Quantidade	Percentual
Considera seu bairro áreas de risco?	Não	24	10.43
	Sim	206	89.57
	Total	230	100.00
Alguma vez a sua residência foi atingida por enchentes?	Não	34	14.78
	Sim	196	85.22
	Total	230	100.00
	Total	230	100.00
Já pensou em mudar de bairro ou cidade	Não	123	53.48
	Sim	107	46.52
	Total	230	100.00

Fonte: o autor (2022)

Os entrevistados revelaram percepções mistas sobre o aumento do risco de inundação. A maioria dos entrevistados sentiu que o risco de inundação está aumentando na região e atribuiu a mudança climática como fator contribuinte, destacando os extremos climáticos e um aumento na frequência e intensidade das chuvas nos últimos anos. Alguns argumentaram que não havia dados suficientes para afirmar categoricamente que o risco de inundação está aumentando e é causado pela mudança climática. Os entrevistados também discutiram os aumentos atuais e projetados no nível do mar e seu potencial para aumentar o risco de inundações costeiras. A percepção de ambos os grupos de estudo se alinha com pesquisas contemporâneas que predizem riscos de inundação elevados e mais extensos devido a mudança climática (CABINET e DEFRA, 2016).

As inundações de março de 2019, por exemplo, causaram uma enorme mudança de percepção entre as comunidades na Beira. Muitos entrevistados que não estavam preparados para as inundações agora estão cautelosos com elas. Isso revela que inundações severas podem mudar drasticamente o FRP das pessoas, alinhando-se com teorias que associam o gerenciamento de risco de inundação com experiência/conhecimento de inundação passada (RODER *et al.*, 2016). Talvez a comunidade precise entender que o risco só pode ser temporariamente reduzido e não pode ser completamente eliminado. Daí a necessidade de se adotar cautela, independentemente das estratégias empregues. No entanto, a percepção da comunidade mostrou fracas relações com as autoridades locais e opiniões negativas sobre INGD, DNA e INAM na facilitação da resposta às inundações.

Embora os entrevistados percebam que o risco de inundação é alto, sua percepção do FRM nas comunidades é baixa. A percepção de risco mínima sugere baixo nível de aceitação das políticas de gestão de risco, o que resulta na falta de preparação para desastres. Ironicamente, a estratégia nacional de Moçambique para a gestão de risco visa capacitar as comunidades a terem participações importantes em seus próprios riscos. Portanto, criar consciência de sua responsabilidade, instando a comunidade a integrar os riscos ambientais na tomada de decisões privadas, melhorará a preparação e na prática nada disso acontece.

Apesar dos danos relatados por participantes, 53,48% dos entrevistados não almejam mudar de bairro ou da cidade como resposta futura. Embora seja necessária uma análise preditiva adicional, um aumento na percepção de risco de inundação provavelmente resultará em intenção positiva de migrar no futuro. Isto aplica-se à percepção do risco de inundação medida em termos de preocupação com futuros eventos de inundação, a probabilidade de futuros eventos de inundação e a probabilidade de sofrer impactos. Para as pessoas que têm intenção de ficar, sua escolha não depende de uma maior percepção de risco de inundação. Existem várias razões pelas quais isso pode ser o caso. Uma razão pode estar ligada ao conceito de apego ao lugar. Vários estudos ligaram a (i)mobilidade ao apego ao lugar onde as pessoas optam por não migrar por causa de conexões com sua terra ou habitação (ADAMS, 2016; MORTREUX e BARNETT, 2009).

Uma segunda razão para a imobilidade pode estar ligada a razões econômicas. A expressão população presa tem sido usada por um conjunto de autores para descrever esse tipo de imobilidade (AYEB-KARLSSON *et al.*, 2018; BLACKET *et al.*, 2013), embora as pessoas possam estar presas por outras razões. Estar preso devido a restrições de recursos sugere a situação em que as pessoas não têm escolha (AJIBADE, SULLIVAN e HAEFFNER, 2020).

No entanto, as razões econômicas para permanecer podem igualmente ser voluntárias. Isso foi destacado por um entrevistado deste estudo. “A escolha de ficar é por causa da necessidade de manter a subsistência, independentemente das experiências de inundação”. Vale ressaltar que, neste estudo, aqueles que não pretendem migrar, representaram o maior número, com 123. Os que optaram por migrar foram apenas 107. No entanto, os que optaram em migrar estavam ligeiramente preocupados com futuros eventos de inundação.

#### 5.2.4. Percepções dos residentes sobre mudanças climáticas

A mudança climática é amplamente conhecida e sentida na Beira, que a percebe pelo aumento da temperatura/intensidade do calor, a variabilidade das chuvas nas últimas décadas e os ciclones tropicais. Em resposta às perguntas a respeito da percepção dos residentes sobre as mudanças climáticas, 96,09% dos entrevistados perceberam mudanças na temperatura em relação a 5 a 10 anos atrás. Dos inquiridos, 76,96% responderam que a temperatura está ficando mais quente, enquanto 20% disseram que está menos quente e 3,04% não foram capazes de perceber qualquer diferença na mudança de temperatura local ao longo do período em análise, dado que responderam 'continua igual' aos questionamentos efetuados (Tabela 11). Isso implica que a maioria dos entrevistados pode estar pronta, pelo menos mentalmente preparada, para se adaptar às mudanças climáticas.

Tabela 11 - Percepções dos residentes sobre mudanças climáticas

Variável		Quantidade	Percentual
Mudança na temperatura	Não	9	3.91
	Sim	221	96.09
	<b>Total</b>	<b>230</b>	<b>100.00</b>
Tipo de mudança na temperatura	Mais quente	177	76.96
	Menos quente	46	20.00
	Continua igual	7	3.04
	<b>Total</b>	<b>230</b>	<b>100.00</b>
Mudança na precipitação	Forte	108	47.00
	Fraca	33	14.30
	Igual	89	38.70
	<b>Total</b>	<b>230</b>	<b>100.00</b>

Fonte: o autor (2022)

Vale ressaltar que esse achado constatou que certa proporção dos entrevistados percebeu que o inverno ficou quente, ou seja, as estações quentes tornaram-se mais quentes, enquanto as estações frias ficaram quentes. Dos entrevistados, 47% perceberam a mudança na precipitação de chuvas no período em análise. As percepções dos entrevistados sobre mudanças climáticas na precipitação estão em sintonia com os dados climáticos reais registrados nas estações. Isso implica que as famílias podem ser informantes-chave altamente valiosos nos estudos relacionados às mudanças climáticas. Os entrevistados também acreditavam que, se as implicações das mudanças climáticas acontecerem em sua comunidade, não será um evento isolado e terá consequências em nível regional.

Numerosos estudos climáticos (TADROSS, 2009; INGC, 2009; MAVUMA, 2009; UACANE *et al.*, 2018) sugeriram um aumento real da temperatura em cerca de 2,5°C e 3,0°C até 2080 e de +5 a +6°C entre 2081-2100, nas regiões centro e norte do país durante a estação de setembro, outubro e novembro - SON – o que é consistente com nossos resultados. No entanto, apesar da heterogeneidade espacial e temporal, parece haver um aumento geral na precipitação (TADROSS, 2009; INGC, 2009). Embora isso seja inconsistente com nossa percepção relatada, nossos resultados são consistentes com as percepções de mudança climática relatadas na literatura (RAMAN e KHAN, 2011).

Curiosamente, as mudanças relatadas são multifacetadas, envolvendo mudanças na temperatura percebida e no volume de chuvas, bem como mudanças no início, fim e duração das estações, o que é indiscutivelmente uma manifestação da mudança climática. Isso se apresenta como uma indicação de que os residentes urbanos precisam melhorar sua capacidade adaptativa para reduzir as vulnerabilidades (KUSAKARI *et al.*, 2014). Foi assim que um participante colocou quando lhe perguntaram se o atual problema das inundações poderia ter sido causado pelo fenômeno da mudança climática:

Sim. Não podemos descartar o fator mudança climática. A chuva vem muito forte e dura horas. Além disso, o ambiente é mais quente do que costumava ser. (Participante do sexo feminino, bairro de Ndunda).

Em alguns casos, moradores dizem que há alguns anos, antes do aumento e adensamento da construção, as pessoas conseguiam lidar melhor com as altas temperaturas, como se vê na fala de um deles:

[...] se quiséssemos um ar mais fresco, iríamos para a costa, que fica bem perto. Mas agora a costa está muito fechada e o ar não circula. Imensos condomínios tomaram lugar do que eram planícies de inundação. Aterram cursos de água naturais e áreas em que naturalmente as chuvas fluíam e formavam lagos e riachos foram substituídos por construções” (entrevistada de 53 anos, do Bairro Chipangara, Beira).

Um entrevistado sênior foi explícito: “eu vi o verão mais quente, o inverno também quente e as piores chuvas que tivemos em 40 anos”. (entrevistado do bairro Chipangara).

Outro comentou: “agora temos praticamente estação seca e quente durante o inverno e então temos que nos preparar para a chuva concentrada e desastrosa no verão de 2022”. (entrevistado do bairro Vaz).

E outro disse que “o período chuvoso está sendo mais concentrado, com chuvas fortes”. (entrevistado do bairro de Chipangara).

As transcrições das entrevistas revelam sentimentos de preocupação e apreensão nos bairros, mesmo com níveis mínimos de chuva, obrigando-os a verificar continuamente as previsões meteorológicas, visto que os impactos climáticos afetam os meios de subsistência das comunidades urbanas em termos de deslocamento temporário de casas, destruição de propriedades, aumento dos custos de energia, agravamento da pobreza devido à perda de renda/negócios e efeitos na saúde humana.

Contudo, os achados deste estudo revelam que as famílias pesquisadas podem ser informantes-chave altamente valiosos nos estudos relacionados às mudanças climáticas. Essa descoberta sugere que existe potencialmente um padrão extremo de mudança de temperatura na Beira, ou seja, as estações quentes tornaram-se mais quentes, enquanto as estações frias ficaram quentes.

#### 5.2.5. Causas das inundações na cidade da Beira

É importante notar que as inundações na Beira não são apenas o resultado da dinâmica da expansão urbana e das mudanças climáticas, mas uma série de fatores está em jogo. Esses fatores estão inter-relacionados e são de natureza hidrológica, meteorológica e antropogênica. Entrevistas de campo mostram que 53,04% dos inqueridos acreditam na falha o sistema de gestão (Tabela 12). Essa causa está relacionada com o desrespeito às regulamentações de planejamento urbano, tanto pela população quanto pelo governo, e por ocupação de zonas de risco devido ao crescimento populacional e à falta de fiscalização. Por exemplo, Maidjelele *et al.*, (2017) documentou a ocupação humana de terras ao longo das bordas do canal de Chiveve. Funcionários públicos observaram que algumas infraestruturas chaves já se encontram em zonas de risco; por exemplo, Hospital Central da Beira, localizado frente à costa, com a fúria de maré alta, as águas transbordam até o muro do hospital.

Tabela 122 - Percepção das causas das inundações

Qual você acha que é a principal causa de inundações?	Quantidade	Percentual (%)
Falha no sistema de gestão	122	53.04
Drenagem/Saneamento urbana	27	11.73
Resíduos sólidos	54	23.48
Fenômeno natural	16	6.96
Total	230	100.00

Fonte: o autor (2022)

Um líder do bairro de Matacuane, em uma entrevista aprofundada, resumiu a situação sob seu ponto de vista da seguinte maneira:

Não podemos colocar a culpa somente aos planejadores. O público em geral também não tem sido favorável. Os problemas das inundações na cidade da Beira têm a ver com a atitude dos beirenses. Se você colocar um prédio em cursos d'água e descartar resíduos indiscriminadamente, o que você esperaria? Se as instituições também não conseguirem garantir que a coisa certa seja feita, haverá ilegalidade. Vou também culpar alguns dos meus colegas chefes. (Participante do sexo masculino, bairro de Matacuane).

Muitas vítimas de inundações afirmaram que muitas pessoas constroem casas em áreas ecologicamente sensíveis, pântanos. Muitas casas, independentemente da localização, mas especialmente em áreas periurbanas, são construídas de tijolos de barro ou caniço. Como resultado, 99% das casas destruídas na inundação de 2019 foram construídas em tijolos de barro (JACOBS e ALMEIDA, 2020). Esse fenômeno é agudizado por falta de sistemas de gerenciamento de águas pluviais e a manutenção inadequada das barragens. Maidjelele *et al.* (2017) pesquisaram um grande canal de drenagem na Beira e documentaram a falta de manutenção da estrutura do canal e pilhas de lixo dentro do canal (a última limpeza documentada do canal ocorreu entre 2012 e 2013). De acordo com os participantes da pesquisa, o sistema de gestão de águas pluviais na Beira é inadequado, esses canais e bacias de retenção que existem são muitas vezes preenchidos com lixo, e as barragens não são mantidas. À medida que sua capacidade de armazenar e transportar água se torna limitada devido aos depósitos de resíduos, eles tendem a se espalhar para fora de seus limites naturais, resultando em inundações.

Outra causa antropogênica é resíduos sólidos com 23,48% dos inqueridos. A maioria das comunidades dos bairros pesquisados tem acesso limitado à coleta de resíduos sólidos e saneamento adequado, serviços de drenagem e saúde. No entanto, tais provisões de infraestrutura ou serviços são um componente necessário para

reduzir as vulnerabilidades induzidas por inundações urbanas e aumentar a capacidade de adaptação. Nas áreas residenciais, por exemplo, o recolhimento de resíduos é direcionado para os bairros de alta e média renda, enquanto a maioria dos moradores de assentamentos de baixa renda não tem tido esse privilégio, mesmo pagando a taxa de coleta de lixo, sendo inacessíveis aos caminhões de coleta. Achados semelhantes também foram relatados fora de Moçambique (YENGOH *et al.*, 2017; OWUSU-ANSAH, 2016).

Na opinião de Amoako e Boamah (2015), os fatores específicos, como o mau controle do desenvolvimento físico, o desenvolvimento habitacional informal, a construção em áreas propensas a inundações e a má gestão de resíduos são, eles próprios, indicadores de urbanização rápida e não planejada.

Outro fator de fracasso relatado pelos gestores é referente aos líderes tradicionais que atribuem os terrenos em áreas de riscos sem procedimentos legais. Além disso, houve consenso de que as regulamentações de uso e aproveitamento da terra, saneamento urbano e despejo correto de resíduos não são estritamente aplicadas. Como a maioria dos cidadãos sabe que as leis não mordem, muitas vezes agem impunemente. Essa impunidade encontra expressão na forma como as pessoas colocam edifícios indiscriminadamente em vias navegáveis e áreas passíveis de inundações, enquanto as autoridades da cidade olham impunes. O desrespeito às normas de planejamento, a corrupção e a falta de fiscalização das obras existentes fazem com que os drenos sejam inadequados, mal alinhados, subdimensionados, com má manutenção em muitos casos.

Esses achados são consistentes com estudos de caso de algumas cidades africanas (ADELEYE *et al.*, 2019; AMOATENG *et al.*, 2018; OWUSU-ANSAH, 2016; YENGOH, FOGWE e ARMAH, 2017). Em seu estudo das causas da severidade das inundações em Douala, Camarões, por exemplo, Yengoh *et al.* (2017) descobriram que o aumento maciço da população em associação com o mau planejamento e investimento na infraestrutura da cidade são as causas da incidência de inundações.

Outra causa das inundações é fenômeno natural com (6,96%) dos inqueridos a apontarem como causa, fato que os participantes trataram como óbvio. Por exemplo, além de simplesmente afirmarem que a chuva causou inundações, as vítimas das inundações às vezes descreviam a duração das inundações relatando a duração das chuvas. Na língua local predominante de Ndau e Sena, o conceito de inundação não tinha uma palavra específica, mas era tradicionalmente descrito como uma "grande

chuva". Em particular, as chuvas de março de 2019 (acima de 200mm/dia) associadas ao ciclone tropical que devastou a cidade da Beira. No entanto, dois funcionários públicos observaram que chuvas menos extremas também causam inundações.

Os participantes também discutiram dois fatores que acentuam os impactos das enchentes. O primeiro fator é a falta de um sistema de alerta precoce de inundações. Embora a Direção Nacional da Meteorologia deva fornecer informações de alerta precoce, a inundação de 2019 revelou que, primeiro, há uma falta de equipamentos e tecnologia necessárias para fazer previsões sofisticadas e, em segundo lugar, as linhas de comunicação e os papéis institucionais não tem seus papéis claramente definidos.

O segundo fator, discutido por funcionários públicos, é a falta de planos de resposta a desastres, o que causa falta de coordenação e planejamento entre os socorristas. Além disso, os planos que existem são mais teóricos do que práticos e muitas vezes não são testados em exercícios de simulação. Curiosamente, o Ministério de Saúde (2019) chegou a uma conclusão diferente, afirmando que, para a inundação de 2019, "uma preparação relativamente boas se traduziu em resposta precoce" e que houve "boa coordenação entre os departamentos de saúde e da Direção Nacional de Água". Essa discrepância pode ser devida a diferenças de escopo e perspectiva (por exemplo, resposta geral em toda a cidade versus resposta institucional específica) ou talvez o que ocorreu no terreno seja diferente do que foi filtrado para níveis administrativos mais altos.

Na seção anterior, argumentou-se que a expansão urbana e as mudanças climáticas associadas à densidade populacional e ao uso da terra criam condições para que as inundações ocorram. Mas a ligação entre os processos de crescimento urbano e as inundações é mais complexa do que isso. O rápido crescimento urbano e a disseminação espacial muitas vezes vêm com desafios de gerenciamento de resíduos. Várias narrativas dos participantes deste estudo mostram que a atual situação das inundações na Beira foi agravada por resíduos sólidos mal gerenciados. A maioria desses resíduos encontra seus caminhos para os córregos, sufocando os drenos pluviais.

Um informante-chave disse isso em uma entrevista em profundidade:

O problema das inundações não terminará se as pessoas continuarem a construir nos cursos de água e se enormes volumes de lixo permanecerem

por recolher e encontrarem o seu caminho para os drenos que já são estreitos. (Participante do sexo feminino, bairro Vaz).

Outro fator relatado foi ao cesso aos mapas de inundações. Argumenta-se que, quando os mapas são posicionados de forma mais aberta, eles podem ser usados como instrumentos potenciais de engajamento da comunidade na formulação de políticas mais criativas (HAUGHTON E WHITE, 2018). No entanto, para Beira, os mapas de inundação permanecem a par de muitas poucas pessoas, o que levanta questões conceituais sobre o seu papel (mapas) na gestão geral das inundações. Um dos funcionários do CMB narrou que os mapas de inundação em Moçambique, em particular, Beira, são um luxo, pois não resolvem nenhum problema, ao contrário dos países europeus, onde os preços dos imóveis dependem de avaliações de risco de inundação, conforme capturado na citação abaixo:

No final, não precisamos de mapas de risco de inundação. Você só pode resolver um problema que você tem. Os mapas de risco de inundação são um luxo e não resolvem nenhum problema. [Funcionário de Conselho Municipal da Beira].

#### 5.2.6. Comunicação de risco de inundação

Quanto a alerta das autoridades sobre os possíveis desastres de inundação, 67,50% dos entrevistados o recebem via televisão (Tabela 13). A televisão é considerada um meio de massa para entretenimento regular, esportes e notícias. Hoje em dia, a maioria das pessoas tem acesso à televisão, tornando-se ela uma ferramenta muito importante para a partilha de conhecimento, seguida por alto-falantes, com 16,67%, e rádio, com 12,08% das respostas. Embora as rádios não sejam comuns para fins de entretenimento, eles ainda são usados nas áreas rurais e urbanas para se obter notícias, devido à sua ampla cobertura e intensidade do sinal.

Tabela 13 - Modos de comunicação de risco de inundação

Tipo de alerta	Quantidade	Percentual (%)
Televisão	162	67.50
Alto-falante	40	16.67
Radio	29	12.08
Jornal	6	2.50
Internet	3	1.25
Total	240	100.00

Fonte: o autor (2022)

Os anúncios por meio de alto-falantes por membros de comitê de gestão do risco tornaram-se uma forma convencional de comunicação com o público. Em assentamentos informais, os anúncios estavam sendo realizados por alto-falantes nos Postos Administrativos dos bairros, alto-falantes móveis montados em veículos etc. Os dados indicavam que os anúncios de televisão, alto-falantes móveis e rádios eram os modos mais usados para comunicação de risco de inundação na área de estudo. Em contraste, o jornal e a internet eram menos eficazes porque menos pessoas tinham acesso a eles.

Nas inundações ocorridas em março de 2019, por exemplo, as transcrições de entrevistas revelam que a maioria dos inqueridos não estava preparada para enfrentá-las por não terem antecipado a inundação ou por não pensarem que eles seriam afetados. Contudo, a maioria dos informantes da comunidade alegou não ter recebido aviso de inundações iminentes. No entanto, alguns confirmaram que receberam aviso indiretamente, por meio de previsões meteorológicas via rádio, televisão e membros dos Comitês de Desastres. Os entrevistados também deixaram claro que o rápido início das inundações repentinas deixou muito pouco tempo para proteger suas propriedades do perigo.

De acordo com os regulamentos formais, o processo de comunicação durante grandes inundações em Moçambique é o seguinte: primeiro, o Instituto Nacional de Gestão e Redução de Risco (INGD) recebe um aviso da direção geral do CENOE sobre a situação hidrológica e meteorológica, que por sua vez, recebeu do INAM e DNA. Essa informação é discutida pelo Conselho Coordenador de Gestão e Calamidade (CCGC), em seguida pelo Conselho Técnico Provincial de Gestão de Desastres. Na sequência, o aviso é transmitido para os distritos, para tomarem as medidas preventivas por meio de um comunicado escrito. Assim, o COE<sup>9</sup> distrital reúne os seus membros e outros parceiros/empresários locais para atualização sobre a situação e as medidas que se devem tomar: ativação dos comitês locais de gestão de riscos (CLGR); pré-posicionamento dos meios materiais e humanos; apelo às comunidades; retirada de maquinário e outros meios agrícolas das zonas baixas;

---

<sup>9</sup> COE é uma estrutura multissetorial que converge representantes de várias organizações, partindo de instituições públicas, ONGs, setor privado e outros atores que participam na resposta a inundações no nível do distrito, constituindo, assim, o Conselho Técnico de Gestão de Riscos Local (CTGRL). Esses representantes servem de fonte de informação e ligação entre o governo e outras instituições com a sua instituição.

persuasão das pessoas para deixarem de circular nas zonas baixas e estarem em estado de vigilância.

Para tal, são formadas brigadas para fazer réplica dos encontros realizados no centro de operações de emergência para os Postos Administrativos de afetação, isto é, reúnem-se com os comitês locais para atualização da real situação, de modo a se evitar especulações. Cabe ressaltar que os comitês locais de gestão de riscos são constituídos por líderes comunitários e outros voluntários, formando no todo de 15 a 18 membros de uma mesma comunidade. Eles são criados para evitar a ocorrência de mortes de pessoas e animais e a destruição de casas, escolas, hospitais, em caso de desastres.

Assim, a informação chega à comunidade por meio de apitos e levantamentos de bandeiras, como forma de chamar a atenção das pessoas e, dependendo do estado de alerta, levantam-se bandeiras de diferentes cores (verde, amarelo, laranja, vermelho). Salienta-se que, antes do período de prontidão, atividades de educação civil são levadas a cabo pelos comitês locais, de forma a garantir que a comunidade esteja familiarizada com as cores da bandeira e o seu significado.

Beira conta com 23 comitês de gestão do risco de calamidades em 26 bairros, com 468 membros. No caso da iminência de uma aproximação de desastres, o INGC envia a informação a todos os comitês por meio de um aplicativo chamado *Datawinner*. Com este dispositivo, os técnicos do INGD conseguem enviar a informação para mais de 1.000 contatos.

Apesar do progresso verificado no sistema de comunicação nos últimos anos, a pesquisa não encontrou evidências concretas sobre o que está sendo feito para se ensinar a próxima geração sobre a redução do risco de desastres por meio de programas de conscientização escolar. Os desafios do país em termos de governança de risco de desastres são a necessidade de se melhorar a base de informação, a gestão de informação em tempo real, os sistemas de comunicação e a capacidade descentralizada para recolher informação apropriada, analisar e operacionalizar as ações necessárias.

No entanto, apesar de alguns avanços, ainda falta compartilhamento de informações e comunicação em tempo útil entre setores e atores. Isso, por sua vez, leva muitas vezes a uma mobilização comunitária limitada. As comunidades locais podem contribuir para todos os componentes da cadeia de sistema de comunicação. O conhecimento local pode complementar o conhecimento científico e as medições

quando os dados formais são insuficientes, por exemplo, para calibrar ou validar os modelos de previsão. No Egito, por exemplo, a comunidade local forneceu observações de campo sobre a duração e a altura máxima da água de inundações históricas. No Mali, o conhecimento local foi usado para categorizar a intensidade das inundações. Na Bélgica, o conhecimento local foi utilizado para ajustar os limiares de alerta.

#### 5.2.7. Percepção dos gestores na gestão de risco de inundação

O estudo investigou o papel das instituições em relação às enchentes e a participação dos moradores em programas emergenciais. Dos entrevistados, um participante afirmou que “culpo as instituições pelas enchentes. Todo ano, isso acontece. Pessoas constroem onde não deveriam. As pessoas colocaram moradias e empreendimento ao longo das drenagens”. A questão é: onde estavam as autoridades municipais, cuja responsabilidade é garantir que as pessoas não se instalem nesses lugares? Outro informante-chave do Instituto Nacional de Gestão e Redução de Desastres (INGD) concordou que a maioria dos problemas de inundação que a cidade enfrenta está de alguma forma ligada à maneira pobre como se administra o uso da terra. Esse problema está fortemente relacionado a uma falha sistêmica:

Se formos capazes de lidar com a questão de uso da terra, então devemos estar a meio caminho de reduzir o problema das inundações. Muitas dessas inundações são evitáveis, especialmente aquelas ligadas a canais de drenagem sufocados. Isso só pode acontecer se aqueles que descartam indiscriminadamente seus resíduos mudarem seu hábito negativo. Mas a educação pública contínua é necessária para que essa mudança ocorra.

Outro participante afirmou ao contrário:

As inundações para mim são os resultados da ilegalidade por parte dos cidadãos, que encontram sua raiz na falha das autoridades municipais em garantir o cumprimento das normas de uso da terra. Se você constrói em cursos d'água ou áreas propensas a inundações e despeja resíduos sólidos em valas de drenagem o que você espera? Mas se as instituições estão de acordo com suas responsabilidades, isso não acontecerá. Além disso, outro aspecto é o despejo ilegal dos resíduos sólidos nas valas de drenagens, córregos, ruas e outros espaços abertos. Em muitos desses casos, você descobre que há saltos de lixo e lixeiras não muito longe desses lugares. Essas pessoas fazem isso ao amanhecer ou em um momento em que ninguém podia vê-los. Você limpa a bagunça que eles criaram hoje e você vai encontrar isso repetido amanhã.

Um informante-chave do Instituto Nacional de Gestão e Redução de Risco de Desastres (INGD) diz que:

somos capazes de gerenciar as inundações provavelmente porque essas instituições não recebem a cooperação necessária do público. Não importa o quão bem essas instituições funcionem, elas não terão sucesso se o público em geral não fizer a sua parte. Por que alguém deveria despejar lixo, por exemplo, em córregos quando é óbvio que pode levar a problemas ecológicos e ambientais. Por que alguém escolheria construir em vias navegáveis e em terra úmida quando é óbvio que pode levar a inundações? Há muitas infrações preocupantes de regulamentos e estatutos por indivíduos indiferentes que podem ser difíceis de culpar as instituições existentes.

Ao contrário do participante do Conselho Municipal da Beira (CMB), que diz:

Aumento das enchentes em Beira é o resultado do nosso fracasso em planejar com antecedência para o desenvolvimento. Não que não tenhamos urbanistas, mas muitas interferências externas e restrições de recursos os tornam ineficazes. Com isso, uma atitude pública positiva e cooperação são fundamentais para que as autoridades municipais tenham sucesso na gestão eficaz das inundações perenes e das vulnerabilidades associadas.

Os achados indicam que os moradores entrevistados expressaram seu descontentamento perante o trabalho desenvolvido pelo governo antes, durante e após desastres. Além de serem limitados e insuficientes, há relatos de desvio de produtos por parte dos responsáveis na distribuição e pela falta de coordenação entre as várias partes interessadas na governança de desastres de inundações. Frequentemente, com atrasos, vêm as medidas de resposta a desastres das Organizações não Governamentais (ONGs) internacionais e do governo local.

Muitos entrevistados responsabilizaram o Governo de Moçambique, as agências de ajuda humanitária e as ONGs por três falhas na governança de desastres de enchentes/inundação. Em primeiro lugar, as medidas de resposta a desastres de enchentes são normalmente implementadas com atraso e apresentam desempenho insatisfatório (equipes de resgate não treinadas e falta de equipamento de resgate). Em segundo lugar, as medidas de preparação para riscos são insuficientes. Por exemplo, há uma ausência de programas de conscientização de risco, bem como falta de armazenamento de suprimentos de emergência (alimentos básicos e medicamentos, entre outros) e procedimentos de comunicação de emergência. Por fim, os gastos com medidas de resposta a desastres e recuperação foram

considerados desproporcionalmente altos em comparação com os gastos com medidas de preparação para perigos, como medidas estruturais.

Contudo, a participação em programas emergenciais no FRM é importante para uma boa governança de risco com potencial para tomada de decisão e implementação eficaz. Essa participação pode abrir oportunidades de coprodução de conhecimento para redução do risco de inundação. A boa governança do risco de inundação é responsável pelas partes interessadas na tomada de decisões e na implementação de políticas e programas de gestão de risco.

Os achados deste estudo indicam que muitos moradores acreditam que o governo local não tem utilizado seus índices efetivamente para atender à comunidade na redução dos riscos de enchentes. Eles se sentem frustrados que o dinheiro que pagam, que parece ser desperdiçado em soluções de curto prazo. Embora tenham reconhecido de que o município tem um orçamento muito limitado, sentiram que a falta de planejamento adequado é mais cara a longo prazo e não resolve os problemas que vivenciaram. Membros da comunidade ficaram frustrados com a falta de prestação de serviços do município e a má comunicação.

#### 5.2.8. Estratégica de adaptação dos residentes a inundações na Beira

Esta seção discute a adoção de medidas de adaptação de famílias nas áreas afetadas pelas inundações na cidade da Beira. A partir das observações de campo, fica claro que as inundações são um efeito combinado de causa antropogênica e mudanças climáticas. As respostas comuns aos alagamentos das casas consistem em colocar os pertences em lugares mais altos (mesas, camas etc.), em tijolos e outros materiais ou em cima de guarda-roupas, para tentar protegê-los de danos.

Além disso, há aqueles que podem mover seus pertences temporariamente para outros locais até que os níveis de água baixem. Afastar-se temporariamente também é uma estratégia comum, principalmente em relação às crianças, e as pessoas podem ficar com familiares e amigos ou ser alojadas temporariamente em edifícios públicos ou igrejas. Essas são respostas quotidianas às inundações; no entanto, mostram uma falsa sensação de segurança e encorajar as pessoas a se estabelecerem em planícies de inundação, pesquisas e observações diárias mostra-se uma estratégia totalmente ineficaz para mitigar a ocorrência de inundações na

cidade (ADELEKAN, 2010). Portanto, os esforços dos munícipes para a mitigação de enchentes por si só não podem levar a resultados efetivos sem se considerar o planejamento urbano.

Os moradores também recorrem a uma série de arranjos em casas e ruas para amenizar os impactos. Ao tentar minimizar os danos causados pelas inundações, as respostas são, em alguns casos, quando possível e eficazes, baseadas na abertura de canais de drenagem, na construção de barreiras contra a entrada de água nas portas ou na criação de saídas nas traseiras das casas. Tirar água das casas com baldes (ou, quando possível, bombas d'água), construir pontes temporárias de tábuas, cavar valas ao redor das casas ou usar sacos de areia na entrada das casas são outras estratégias de enfrentamento, geralmente conduzidas por famílias individuais e raramente dentro de uma comunidade tipo de ação. Porém, a confiança mútua e a compreensão da reciprocidade sempre têm ajudado aos residentes a lidarem com os desastres.

Como isso, os entrevistados sugeriram o seguinte: dragagem regular do rio Chiveve, manutenção/reforço regular da muralha (muro de proteção contra a maré), construção de mais diques, sensibilização da comunidade e responsabilidade pela gestão de risco. Essas medidas podem melhorar a preparação e responder a grandes eventos de inundação, fornecendo bombas de água, seguro a inundações e sistema aprimorado de alerta precoce de inundações, além de priorizar as estratégias de FRM para as comunidades periurbanas/locais, assegurar mais envolvimento da comunidade/nível local na FRM e mais proatividade na redução do risco de inundação do que na resposta e recuperação.

As preocupações locais sobre a proteção dos ativos econômicos vitais na área que são vulneráveis aos riscos de inundação são bem fundamentadas. Embora as antigas estruturas de defesa contra inundações tenham periodicamente combatido as subidas do mar e dos rios, isso não é visto como sustentável. Encontrar formas inovadoras de gerir o risco futuro de inundações é vital para as operações contemporâneas de FRM. As preocupações conexas com a infraestrutura frágil e envelhecida na região dão espaço claro para reforçar a resiliência com a melhoria das medidas de atenuação estrutural através de uma abordagem baseada no risco. Isso poderá implicar a existência de um risco aceitável pré-definido e a garantia de que os sistemas de defesa contra inundações são designados de acordo com os valores protegidos, com uma melhor priorização das despesas.

No entanto, tais medidas de comando e controle que estabelecem um padrão uniforme para todos podem não ser apropriadas, uma vez que as pessoas são heterogêneas em sua percepção de risco, preferências locacionais e habilidades financeiras. De fato, essa abordagem negligencia externalidades, como os impactos socioeconômicos mais amplos dos riscos de inundação para comunidades vulneráveis (SAYERS *et al.*, 2018). Os instrumentos baseados no mercado podem ser preferíveis para os agentes econômicos, uma vez que facilitam a comunicação de riscos, estimulam a inovação e promovem soluções econômicas para as empresas (TATIANA, 2014).

Portanto, o governo deve estar ciente das externalidades espaciais e dependências de caminho que podem promover riscos de inundação e fornecer estímulos para a adaptação autônoma em áreas propensas a inundações, levando em consideração as percepções de risco. Defendemos fortemente a necessidade de se incorporar a percepção de risco da comunidade propensa a inundações nas políticas/planos/estratégias de FRM para incentivar medidas de adaptação autônomas em que as pessoas possam fazer escolhas de uso da terra que mitiguem os riscos de inundação. No entanto, isso pode exigir que essas comunidades/pessoas recebam os recursos, conhecimentos, informações e incentivos apropriados.

### **5.3. Conclusão**

Uma boa compreensão do risco de inundação influenciaria a disposição da comunidade de adotar medidas de precaução. Portanto, é fundamental que o público entenda o risco de inundação para aceitar e apoiar as políticas de redução de risco de desastre - DRR e mudança climática. Devido aos impactos multidimensionais do risco de inundação, deve ser utilizada uma abordagem multidisciplinar para integrar todas as componentes dos riscos, da vulnerabilidade e das avaliações comportamentais. Compreender a dinâmica da percepção do risco de inundação também pode ajudar na prioridade um do Quadro de Sendai para DRR, ou seja, compreender o risco de desastres. Com isso, as agências de gestão de desastres e os governos locais devem tomar medidas adequadas para aumentar a conscientização e lembrar regularmente as pessoas sobre os horrores das inundações. A comunicação dos riscos requer um intercâmbio bidirecional de

informações. No entanto, essa troca foi considerada praticamente inexistente no campo.

O estudo revela que a maioria dos residentes percebe o aumento das temperaturas, a variabilidade das chuvas, as inundações e a subida do nível do mar como os principais choques climáticos e estressores aos quais estão expostos, enquanto as percepções sobre o aumento da temperatura foram corroboradas com a análise de tendência histórica. As percepções relacionadas às enchentes foram associadas à segurança da posse da moradia, níveis de escolaridade e renda. A vulnerabilidade às inundações foi percebida como exacerbada pela vida em áreas propensas a inundações e degradação do ecossistema pantanoso, más condições socioeconômicas (baixa renda e moradia precária) e cobertura de infraestrutura fraca ou inadequada (transporte, energia, água, saneamento e coleta de resíduos).

## **6. GOVERNANÇA DE RISCO DE INUNDAÇÃO EM MOÇAMBIQUE**

Neste capítulo procura-se entender as tentativas do Estado na gestão de riscos de inundações em Moçambique. Especificamente, o capítulo responde às seguintes perguntas: (i) quais são os desafios dentro dos atuais arranjos institucionais para a gestão de riscos de inundações em Moçambique? e (ii) que fatores moldaram as respostas do governo provincial e municipal aos eventos de inundação? Ao responder a essas perguntas, a tese examina a posição e o papel das instituições moçambicanas que são críticas no desenvolvimento de gestão inteligente para abordar os riscos de inundações em Beira.

### **6.1. Metodologia**

Para entender a governança do risco de inundação em Moçambique, uma pesquisa empírica foi realizada na Beira. Uma série de dados foram consultados, incluindo o Plano de Redução de Risco de Desastres de 2017–2030; o Plano de Prevenção e Redução de Desastres Naturais de 2006–2016; a Estratégia e Plano de Ação de Gênero, Ambiente e Mudanças Climáticas de 2010; e a Política de Gestão de Desastres de 1999. Isso foi acompanhado por entrevistas semiestruturadas com os residentes e a equipe técnica do Instituto Nacional Gestão e Redução de Desastres e do Conselho Municipal da Beira, para capturar uma variedade de perspectivas, desde a política até a prática, situada em escalas nacional e local. Os entrevistados foram convidados a refletir sobre sua área específica de especialização e considerar os atuais pontos fortes, fracos e fatores restritivos que limitam o sucesso do FRM em termos de resiliência social, eficiência e legitimidade.

Na seção sobre legislação, por exemplo, atenção especial foi dada à Lei de Gestão de Calamidades Naturais e de Redução do Risco de Desastres. Esses resultados foram combinados teoricamente com as descobertas da análise documental para construir uma avaliação holística da governança de risco de inundação em Moçambique.

## 6.2. Resultados e discussão

Nesta seção são apresentados o papel das instituições moçambicanas na gestão de risco de inundação e a proposta do autor deste trabalho para a gestão efetiva dos riscos de inundação urbana.

### 6.2.1. Estrutura institucional para gestão das inundações em Moçambique: o que o Estado faz?

Moçambique criou uma série de instituições para combater os riscos de inundação e garantir práticas de adaptação eficazes. Entre essas instituições está o Conselho Coordenador para a Prevenção e Combate de Calamidades Naturais<sup>10</sup> (CCPCCN), criado por meio do Decreto nº 44/1980, e seu órgão executivo, o Departamento de Prevenção e Combate as Calamidades Naturais (DPCCN). Esse órgão tinha como objetivo principal “dar uma resposta rápida e eficiente a situações de calamidade natural, orientando e coordenando os esforços das várias estruturas do Estado no combate às calamidades naturais”. No entanto, as ações mais efetivas somente começaram no início dos anos 2000, depois de grandes cheias do rio Limpopo, no sul do país, e rio Púnguè, rio Zambeze e rio Licungo no centro. Em 1999, o governo criou o Instituto Nacional de Gestão e Calamidades - INGC, em substituição do DPCCN, órgão responsável pelas atividades de gestão de catástrofes.

Em 2020, o governo criou, por meio da Lei Decreto 10/2020, de 24 de agosto, o Instituto Nacional de Gestão e Redução do Risco de Desastres (INGD), em substituição ao INGC. Essa nova legislação pretendia alterar formalmente o papel do governo, estabelecendo um estilo de gestão descentralizado, determinando que as ações referentes à gestão e à redução do risco de desastres sejam executadas de forma descentralizada, observando-se as competências dos órgãos de administração pública e das circunscrições territoriais abrangidas, sem prejuízo da intervenção dos órgãos centrais do Estado. Prescreve deveres, autoridades e responsabilidades dos diferentes níveis de governo e da comunidade, e abrange aspectos de planejamento,

---

<sup>10</sup> Criado para fornecer assistência humanitária às vítimas das cheias de 1978 (Decreto nº 44/80, de 3 de setembro de 1980). Estas cheias provocaram inundações nas províncias da Zambézia, Tete e Sofala, causando 45 mortes e deixando 220 mil desalojados e mais de 3 milhões de pessoas em prejuízo (REVISTA *TEMPO*, abril de 1978, p. 35).

utilização e emergência de recursos hídricos e controle de enchentes. Esperava-se que a descentralização facilitasse aos governos locais responderem adequadamente às enchentes, sem terem que esperar por ordens superiores.

Para execução das atividades, foram criadas forças-tarefa de desastres intersetoriais, em coordenação com o Conselho Coordenador de Gestão e Calamidade (CCGC), presidido por Presidente ou Primeiro Ministro, e o Ministério de Administração Estatal (MAE), ao qual o INGD se subordina, contando com apoio de técnicos dos Ministérios das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos (MOPHRH), da Agricultura e Desenvolvimento Rural (MADER), de Saúde (MISAU), da Indústria e Comércio (MIC), incluindo a Direção-Geral dos Recursos Hídricos (DNA), Instituto Nacional de Meteorologia (INAM), Administração de Estradas (ANE) e Centro Nacional Operativo de Emergência (CENOE).

No âmbito distrital, a coordenação dessas instituições é garantida pelo governo local, por intermédio do Centro de Operações de Emergência (COE), coadjuvado pelo Serviço Distrital de Planeamento e Infraestrutura (SDPI) e pelos Comitês Locais de Gestão de Risco (CLGR). Essa coordenação é suportada pelo INGD, em coordenação com INAM, DNA, entre outras instituições de nível provincial ou central, sendo DNA e INAM as instituições que se responsabilizam pela produção e pelo processamento da informação hidrológica e meteorológica. A criação de Comitês Locais de Gestão de Risco é um passo em direção a uma estratégia de gestão das inundações mais inclusiva, mas continua a ser insuficiente. Essas estruturas locais continuam a ser "conchas vazias" que carecem de financiamento adequado e reconhecimento formal.

Anualmente, os governos distritais em coordenação com setores de nível provincial e parceiros (maioritariamente ONGs), entre outros, fazem o mapeamento dos recursos existentes nos distritos. Após a coleta e harmonização dos dados no distrito, a proposta é enviada para a província. Por sua vez, o Conselho Técnico provincial de Gestão de Desastres abre uma sessão e discute o plano após a globalização dos planos distritais num único documento, denominado 'plano de contingência,' e, posteriormente, envia-o à Direção Geral do Instituto Nacional de Gestão de Redução de Risco de Desastres (INGD). Os planos de contingência são a espinha dorsal da gestão das inundações, mas parece que a sua implementação falhou devido a uma defasagem das escalas ecológicas, políticas e temporais dadas como resultado das perspectivas de curto prazo e das configurações institucionais dos programas de adaptação às inundações.

O quadro legal acima mencionado é ainda complementado por um número considerável de planos nacionais e instrumentos de governação, tais como o Plano de Redução de Risco de Desastres de 2017–2030; o Plano de Prevenção e Redução de Desastres Naturais de 2006–2016; a Estratégia e Plano de Ação de Género, Ambiente e Mudanças Climáticas de 2010; e a Política de Gestão de Desastres de 1999. Embora exista uma série de políticas e planos estratégicos, as diretrizes políticas não são inseridas em planos e projetos municipais. As alterações climáticas, por exemplo, não estão integradas nos processos de ordenamento do território urbano. Ao longo dos anos, o INGC, atualmente INGD, responsável pelas atividades de gestão de catástrofes, adotou respostas fragmentadas de cima para baixo, falhando em promulgar uma abordagem abrangente, mas específica do contexto, para o gerenciamento de inundações que incorpore respostas de baixo para cima nas comunidades locais. Zevenbergen *et al.* (2008) argumentam que, para fornecer respostas eficazes de gerenciamento de inundações, as cidades devem adotar uma abordagem baseada em sistemas que capturem interações em várias escalas espaciais e temporais e, em particular, considere todas as fases, incluindo a fase pré-desastre (ou seja, mitigação e preparação), a fase de desastre (resposta, alívio e recuperação), bem como a adaptação a longo prazo às condições em mudança.

Essa análise demonstra que a questão das inundações caracterizou o desenvolvimento urbano na Beira e em outros centros urbanos em Moçambique por um longo tempo, especialmente em comunidades informais costeiras vulneráveis. Sublinha a complexidade dos fatores que contribuem para as inundações incessantes na cidade, revelando que, embora as chuvas intensas e variáveis localizadas sejam um importante gatilho para as inundações, a má gestão dos cursos de água naturais, os resíduos sólidos, o desenvolvimento indiscriminado e as descargas agravam os riscos de inundação na cidade. Tal compreensão dos *drivers* locais evidencia a necessidade de se promover a preparação de baixo para cima e refinar o conhecimento e as respostas locais para simplificar o urbanismo nos moldes "faça você mesmo", para um futuro mais resiliente (MUSUSA e MARR, 2022).

No entanto, a gestão de inundações na Beira não tem sido necessariamente orientada para o futuro e para o contexto. Ao contrário, ela se mostra reacionária e impositiva em sua reação aos eventos, sem qualquer esforço significativo dos gestores para entender os impulsionadores locais das inundações e desenvolver respostas centradas na comunidade. O processo usual nas vítimas na distribuição de

itens de socorro é apenas pontual, não resolvendo as causas subjacentes nem melhorando a capacidade do governo e da população para lidar com os impactos das inundações. Uma resposta igualmente ineficaz, mas comum, que as autoridades municipais usam para resolver o problema das inundações urbana está relacionada a limpeza de cursos de água e ao desassoreamento de drenos entupidos para melhorar o fluxo livre de águas pluviais. Como afirmado, tais soluções são meramente paliativas, com foco no curtíssimo prazo.

Na Beira, essa resposta envolveu despejos regulares de pessoas afetadas por inundações e demolição de estruturas percebidas em cursos d'água, obstruindo o livre fluxo de águas de inundação, especialmente em assentamentos informais (SASB, 2013). Onde o financiamento está disponível – principalmente de patrocinadores estrangeiros com interesse próprio, uma nova infraestrutura de drenagem é construída em áreas propensas a inundações para minimizar os impactos de sua ocorrência em vidas, propriedades e meios de subsistência. Recentemente, as intervenções contra inundações concentraram-se na construção de barreiras contra inundações, os chamados muros ou diques de defesa do mar, para evitar inundações costeiras, e no alargamento das valas de drenagens existentes, a fim de conter as inundações repentinas. Lamentavelmente, as tendências recentes das ocorrências de inundações expõem essencialmente as insuficiências das atuais respostas da gestão.

No entanto, a apreciação limitada dos fatores determinantes locais e o uso dessas abordagens de respostas impositivas e arraigadas tornaram a gestão de inundações cada vez mais incapaz de lidar com riscos futuros. A complicar ainda mais as coisas estão as responsabilidades institucionais pouco claras. A legislação vigente não estabelece uma responsabilidade precisa no enfrentamento de desafios em larga escala da cidade, como as inundações. Como resultado, recentes medidas de gestão de inundações foram impostas por ministérios do governo central com o apoio de organizações internacionais. Além disso, a capacidade institucional limitada (ou seja, a escassez de recursos logísticos, técnicos e financeiros), o envolvimento inadequado da comunidade, a coordenação ineficaz entre as agências, bem como a falta de apoio político nacional sustentado, restringem a gestão eficaz do uso da terra e do planejamento ambiental. Beira, como outras cidades africanas, está evidentemente sobrecarregada pelo ritmo acelerado da urbanização não planejada, com recursos institucionais inadequados para o fortalecimento da infraestrutura e o gerenciamento eficaz de águas pluviais.

No entanto, a situação atual revela uma séria desconexão entre as políticas e as causas das inundações, criando uma lacuna de implementação para uma adaptação bem-sucedida ao risco de inundação nas cidades. Por exemplo, vários marcos internacionais e documentos nacionais identificam a disseminação e coordenação do conhecimento como estratégias-chave de adaptação, mas não há evidências que vinculem explicitamente sua falta às causas das inundações no contexto da cidade.

A compreensão limitada das forças motrizes e a abordagem de resposta impositiva talvez expliquem por que não têm sido bem-sucedido o recente esforço da Beira, com o apoio de organizações internacionais, para construção de valas de drenagem (incluindo o desenvolvimento de uma estratégia de resiliência em 2019 e um plano de ação climática em 2020), com o objetivo de enfrentar as inundações persistentes e outros impactos climáticos por meio de uma gestão eficaz de resíduos e proteção de infraestrutura verde.

Reforça-se que as respostas da gestão das inundações na Beira centram-se principalmente nas medidas de controle nos bairros e na ampliação do apoio limitado de ajuda pós-catástrofe às vítimas das inundações. Enquanto isso, a rápida taxa de urbanização e os impactos climáticos provavelmente agravarão a frequência, a intensidade e a variabilidade das inundações. Nesse contexto, serão necessárias novas formas de abordagem, baseadas no sistema e na resiliência, para o planeamento da gestão das inundações. A abordagem de resiliência baseada em sistemas de Zevenbergen *et al.* (2008) envolve a redução das exposições a inundações e o uso das capacidades para lidar e responder a inundações em múltiplas escalas espaciais, incluindo os níveis de cidade, bairros e construções.

Compreender as complexidades das pressões das inundações na Beira, e seus arredores ajudará a melhorar a resiliência da cidade às ameaças existentes e previstas e informará as estratégias de resposta. Infelizmente, esses entendimentos ainda não se refletiram nas respostas de gestão de inundações em Beira.

### 6.2.2. Desafios das respostas do governo local às inundações na Beira: por que o Estado falha?

A questão das inundações é uma preocupação crescente para os formuladores de políticas em Moçambique. Ao longo das últimas décadas, foram dados diferentes passos em direção a uma solução. Em primeiro lugar, a governança dos desastres naturais, em particular das inundações, foi descentralizada. Esperava-se que a descentralização tornasse mais fácil para os governos locais responderem adequadamente às inundações, sem ter que se esperar por ordens superiores, e que levaria a um uso mais transparente dos fundos públicos; que o financiamento seria utilizado de forma mais eficiente na promoção do desenvolvimento local e na melhoria da qualidade das prestações de serviços públicos; e que os governos locais, as comunidades e os conselhos legislativos seriam capacitados, aproximando o governo da cidadania. Assim, seu sucesso a longo prazo não é garantido, pois a reforma falhou em reconhecer e dar incentivos para que as autoridades locais fossem responsáveis pelo público.

As reformas de descentralização são percebidas como estratégias de subversão. Elas são vistas como a tentativa do governo central de enfraquecer o poder local, fragmentando seus recursos financeiros com a redistribuição municipal e ambiguidade administrativa. Na prática, porém, a implementação da reforma está sujeita a múltiplas manobras políticas e tensões entre os municípios governados pela oposição, com é o caso da Beira e do governo de Moçambique. O governo central continua a manter o poder financeiro, em detrimento dos municípios, embora as diversas atribuições e responsabilidades já tenham sido formalmente transferidas para os governos locais. Consequentemente, a maioria dos governos municipais tem "fraca capacidade em gestão financeira, planejamento e prestação de serviços, e geralmente não tem recursos adequados para prestar serviços efetivamente" (RODRIGUES, 2019). O governo local, em 2019, após o dilúvio, foi forçado a descentralizar sua estratégia de gestão de desastres, devido à sua incapacidade de fornecer recursos, serviços e informações em tempo hábil para o povo beirense.

A extensão de inundação em 2019 foi, no entanto, sem precedentes. Uma combinação de quantidade excepcionalmente alta de chuva, ciclone tropical e má gestão de barragens a montante resultou em uma inundação de dois meses, de 1m a 2m de altura, na maioria das partes da cidade. Em vez disso, a resposta do desastre

foi liderada em grande parte pelo governo central e organizações filantrópicas. No entanto, essas tentativas foram, na melhor das hipóteses, sem vontade política. Isso é ainda mais evidente da natureza reacionária da governança das inundações na Beira: inundações são rapidamente esquecidas no âmbito municipal à medida que as águas das inundações diminuem. O povo, no entanto, não esquece.

A má gestão do governo central sobre o início do dilúvio foi ainda piorada pela distribuição ineficaz e caótica de recursos como alimentos, água e abastecimento médico. A distribuição de suprimentos foi parcialmente delegada aos líderes comunitários locais ou aos comitês de gestão de desastres. Essa iniciativa engajou os atores locais que estavam indiscutivelmente mais familiarizados com a linha de frente do processo de gestão de enchentes. Além disso, em teoria, o aumento da participação pública veio com melhorias na prestação de contas institucionais locais (MANUTA e LEBEL, 2005).

Por outro lado, no caso da Beira esse processo de descentralização abriu mais caminhos para o abuso de poder. Nos 16 bairros urbanos onde o trabalho de campo foi realizado muitos entrevistados observaram que o processo de distribuição de recursos era altamente politizado e ligado ao partido e ao patrocínio político. Se alguém fosse afiliado de alguma forma a alguém do comitê da aldeia, poder-se-ia alocar mais recursos.

Os entrevistados revelam que, na Beira, as coisas começaram a se mover rapidamente quando Devid Mbepo Simango se tornou prefeito do município, em 2003. Ele fez um esforço para melhorar a eficácia do sistema de drenagem da cidade. Depois que Devid Simango perdeu a vida nos princípios de 2021, seu sucessor Albano Carige continuou com essa política. Sob seus auspícios, as margens do Chiveve estão sendo aprofundadas e alargadas, exigindo a remoção das casas ribeirinhas. Em algumas partes da Beira isso já havia acontecido.

Os entrevistados afirmam também que a limpeza das valas de drenagem melhorará o meio ambiente da cidade e resolverá o problema das inundações. Embora o governo central proponha essa medida desde a década de 1998, por muito tempo ela não se concretizou por falta de recursos financeiros e de vontade política. Carige, no entanto, parece determinado a finalizar com o plano. Para ele, não seria a primeira vez: ele já implementou políticas semelhantes durante o tempo em que foi vereador da área de construção e urbanização. Como vereador, Carige ficou famoso

por seu estilo humanitário de negociar com os assentados ribeirinhos que tiveram que ser reassentados em decorrência das medidas de mitigação das enchentes.

Além disso, os resultados deste estudo mostram desafios fundamentais das respostas do governo local e central aos eventos de inundação: papéis institucionais conflitantes, ausência de registros da população afetada e vulneráveis, imprevisibilidade das condições geoclimáticas, condições precárias de moradia e de vida, processo de evacuação, política de reassentamento, entre outros. Esses desafios, que em grande parte determinam os regimes de resposta às inundações do governo local, são discutidos nesta seção. Sobre a questão dos papéis institucionais conflitantes e sua implicação na gestão de inundações, observam-se dificuldades no fluxo de informações inter e interinstitucionais e na coordenação no planejamento e resposta às inundações na cidade, principalmente nas cidades onde o partido do governo do dia é oposição, caso da Beira.

Outro desafio para a resposta eficiente a eventos de inundação pelo Estado diz respeito à má manutenção de registros. Entrevistas com os participantes institucionais sugerem um banco de dados sobre populações pobres e características demográficas das comunidades afetadas. Existe falta geral de um plano ou quadro abrangente de gestão de riscos de inundações/catástrofes. A população de comunidades propensas a inundações é geralmente desconhecida devido à falta de manutenção de registros adequados nos níveis institucional e comunitário. Da mesma forma, a falta de dados consistentemente atualizados sobre as vítimas das inundações, suas localizações, gama de danos, impactos nos meios de subsistência, vidas e propriedades perdidas é uma grande restrição. O INGD, DNA e INAM e outras instituições relevantes são incapazes de planejar as respostas às inundações com a precisão necessária.

Os resultados do estudo mostram que as condições geoclimáticas altamente imprevisíveis, resultando em inundações, continuam a ser um grande obstáculo. Os funcionários da INAM entrevistados admitem que "os eventos de precipitação que resultam em riscos de inundação tornaram-se menos previsíveis ultimamente e aumentaram em intensidade". Essa situação, de acordo com as autoridades, está ocorrendo porque a agência meteorológica é limitada por tecnologia de ponta para prever com precisão os riscos de chuvas e inundações. A falta de um sistema confiável de alerta precoce e de resposta é um dos principais desafios para a gestão das inundações na Beira. Em tal situação, é compreensível que os papéis de todas as instituições relacionadas com as inundações tenham sido reduzidos a abordagens

reativas das respostas às inundações e à reabilitação das vítimas. Um funcionário da Direção Provincial de Recursos Hídricos lamentou: "estamos todos esperando que o desastre aconteça, então vamos e damos às vítimas das inundações itens de socorro, ou os políticos vão e dão promessas... elas nunca se cumprirão".

As más condições de moradia e de vida em comunidades informais propensas a inundações continuam sendo outro desafio pelo qual o estado falha em seus esforços para gerenciar eventos de inundação. As famílias frequentemente se tornam menos resilientes a eventos ou perigos de inundação devido às suas más condições de moradia e de vida. Como afirmado anteriormente, as comunidades de estudo de caso continuam sendo as comunidades mais vulneráveis e afetadas por inundações na Beira, por estarem localizadas em moradias precárias (estruturas de madeira e improvisadas) e por suas condições de vida. A principal preocupação levantada tem sido o fracasso das autoridades em fornecer alternativas habitacionais adequadas para aqueles que estão sendo despejados e a falta de consulta e sensibilização adequadas dos moradores de comunidades informais.

Para complicar ainda mais as coisas, a evacuação tem sido um grande problema. Em uma das inundações que ocorreram durante a estada deste autor na Beira, observou-se uma equipe multissetorial de funcionários públicos, ONGs e voluntários a orientar as comunidades a se dirigirem a locais seguros já identificados em cada bairro. Normalmente, os locais seguros têm sido escolas que contêm um telhado sólido, que protege as pessoas do sol e da chuva, e instalações e suprimentos gratuitos, como banheiros públicos, água, comida e medicamentos. Os funcionários públicos, membros de comitês de desastres e ONGs fornecem apoio e outros registram todos os nomes das vítimas das enchentes que chegam, para identificar quem está seguro e quem não está. Se suspeitarem que uma pessoa está presa em sua casa, enviam equipe de resgate para ajudá-la a sair.

A evacuação tem sido uma estratégia de último recurso para a população local. Trata-se de um processo arriscado, principalmente nas comunidades rurais, devido aos animais, que não podem ser levados junto, e à ação de saqueadores. Ademais, no processo de evacuação as pessoas exibem uma hierarquia de respostas de acordo com a gravidade das inundações. Elas primeiro movem seus pertences para a casa principal, localizada em um terreno mais alto. Quando o nível da água sobe, elas se preparam para viver em seus celeiros, que são construídos em postes, principalmente para proteger os grãos dos animais. Quando o nível da água ameaça o celeiro, elas

se mudam de suas propriedades para encontrar acomodação nas colinas locais. Somente quando isso não for suficiente, as pessoas estarão dispostas a se mudar totalmente.

Outro desafio é política de reassentamento, cuja implementação tem sido cercada de muitas complicações. Para um indivíduo ou uma família, uma decisão pós-desastre, como reassentar ou reconstruir no local, geralmente não é um reflexo puro da cognição do risco de desastre, mas sim uma decisão tomada com base em múltiplas considerações de diferentes tipos de risco. Eles têm que considerar muitas consequências culturais, racionais ou pessoais do reassentamento. Além de seu distanciamento do território tradicional, onde suas lendas, ritos e atividades culturais ocorreram, eles têm que lidar com custos mais elevados de vida no novo local. Em vez de viver da terra, cultivando sua própria comida, obtendo água das nascentes da montanha, iluminando e aquecendo suas casas com fogões de madeira, eles agora devem viver de forma semelhante aos moradores da cidade. Eles tendem a expressar má aceitação durante o reassentamento, o que resulta em migração frequente entre lugares antigos e novos para manter atividades de agricultura no território tribal tradicional.

Esse processo tem sido caracterizado por captura de elites, caso concreto da comunidade de Ndunda, em Beira. Observou-se que os líderes têm sido muito mais bem posicionados do que as famílias pobres nessa competição. Contudo, a diferenciação tornou-se visível desde o início, com famílias reivindicando lotes maiores ou ficando com lotes menores. Isso é apenas parcialmente explicável por referência às necessidades (tamanho da família) e muito mais um reflexo dos diferenciais de poder. Consequentemente, as políticas públicas para enfrentamento de desastre levam ao reforço da diferenciação social e à formação de elites na área.

No reassentamento de Mutua, por exemplo, segundo Jacobs e Almeida (2020), constataram-se sentimentos contraditórios entre as pessoas reassentadas. Em parte, tais sentimentos parecem estar em linha com o lugar onde as pessoas costumavam viver. As pessoas da Praia Nova estavam habituadas a um estilo de vida urbano, que inclui a disponibilidade próxima de bens e serviços e o acesso aos pequenos empregos disponíveis numa cidade. Além disso, os reassentados reclamavam da qualidade de vida longe do centro urbano e sem mínimas condições de sobrevivência. Para eles, a transição foi dura, pois tiveram que se acostumar a uma vida rural. Alguns deles pareciam ter mais dificuldade com essa transição. Outros enfatizaram as

dificuldades das novas vidas; reclamaram da falta de oportunidades de emprego, da água que começava a entrar nas suas tendas e da insegurança que viviam à noite por causa da falta de eletricidade. Em contrapartida, muitos dos reassentados que vinham de áreas mais rurais tinham sido agricultores antes de serem reassentados, e alguns deles ainda cultivavam as mesmas machambas. Para eles, o reassentamento não implicou uma mudança completa na sua subsistência.

Os resultados de estudo revelam que, no caso de benefícios, os líderes locais e secretários de bairros aumentam o agregado familiar, registram-se em diferentes centros, dividem os membros da família entre centros diferentes, ou solicitam assentamento, mesmo sem terem sido afetados pela enchente.

O reassentamento de pessoas como resposta aos eventos extremos pode ser uma estratégia eficaz em determinadas circunstâncias, mas dificilmente pode ser visto como uma solução duradoura para as pessoas afetadas. Se um programa de reassentamento implicar apenas o deslocamento físico de pessoas de uma área de alto risco para uma área menos exposta a perigos, isso pode evitar que elas sejam afetadas por desastres no futuro, mas as pessoas deslocadas precisam mais do que apenas abrigo. Elas podem precisar ser indenizadas pelos investimentos que fizeram nas suas antigas residências antes de estarem dispostas a se mudar, e precisam desenvolver estratégias seguras de subsistência nos novos locais de reassentamento. Para a maioria das pessoas, isto significa acesso à terra nas áreas ao redor dos locais de reassentamento.

A segurança dos direitos à terra é importante aqui, não só para as pessoas reassentadas, mas também para as comunidades que as acolhem. Atualmente, a estratégia preferida do INGD para prevenir futuros desastres é remover pessoas de áreas de alto risco para outras áreas. Essa é uma solução relativamente barata, sem grande complexidade tecnológica e que pode ser implementada num prazo relativamente curto, desde que os locais de reassentamento estejam disponíveis. A comunidade de doadores internacionais e atores como a IOM têm apoiado o Estado moçambicano no sentido de alcançar o seu objetivo de reassentamento.

Todas as instituições consultadas queixaram-se da inadequada capacidade de pessoal, em termos de número e de qualificação profissional, e de recursos e tecnologia. A incapacidade da INGD para assumir a liderança na mobilização de recursos financeiros e logísticos e capacidades institucionais para a prevenção,

mitigação ou reconstrução/reabilitação pós-inundações é um desafio fundamental revelado durante as consultas institucionais.

Outra limitação à resposta do governo municipal aos eventos de inundação é a percepção de interferência política desnecessária e da corrupção no funcionamento da INGD, INAM e DNA, quando realizada por funcionários das outras instituições descentralizadas. Relata-se que essa percepção tem sido a principal causa da incapacidade dos atores institucionais de colaborar efetivamente nas respostas às inundações. As três instituições (INGD, INAM e DNA) são vistas pelas outras instituições como desprovidas de vontade profissional e política para fazer cumprir os regulamentos de desenvolvimento e responder adequadamente aos riscos de inundação em Beira.

Talvez o desafio abrangente para a prevenção, mitigação ou respostas eficazes de inundações subjacentes a todos os outros desafios para as respostas e gestão eficiente de inundações na Beira seja, de acordo com um funcionário metropolitano do CMB, um "sistema complexo e não transparente e gestão de terras urbanas". Esse desafio combina ou exacerba todos os outros desafios antes mencionados para impedir qualquer tentativa de prevenir, mitigar ou responder adequadamente aos riscos de inundação na Beira. O domínio do sistema tradicional de propriedade e administração da terra na Beira continua a ser um dos principais contribuintes para o fracasso nos esforços de resposta às inundações.

A análise aqui apresentada mostra que as respostas oficiais às inundações em assentamentos informais não são sustentáveis. São *ad hoc* e caracterizam-se por hostilidade (despejos forçados e demolição), apatia (não fornecimento de infraestruturas e habitação adequadas e a preços acessíveis) e piedade (distribuição ocasional de bens de primeira necessidade). A comunidade da Praia Nova, particularmente, tem sido alvo de constantes ameaças de despejos das autoridades municipais, alimentadas por uma parte dos meios de comunicação locais. Curiosamente, as respostas das autoridades municipais às inundações em comunidades informais geralmente não fazem uso dos chamados arranjos institucionais para o gerenciamento de inundações, mas são baseadas nos caprichos dos funcionários do Estado e na disponibilidade de apoio logístico das agências internacionais de desastres. Isso explica a ausência de uma resposta institucional estruturada e bem coordenada para inundações em áreas urbanas pobres. Na ausência de uma estrutura institucional eficiente para lidar com os riscos anuais de

inundação, a abordagem dos governos provinciais e municipais tem sido reacionária, na melhor das hipóteses.

### 6.2.3. Em busca de uma abordagem inteligente da gestão dos riscos de inundações urbana – pontos de entrada

Ao responder aos eventos anuais de inundação na Beira e outras cidades moçambicanas, as lições podem ser tiradas da literatura existente sobre o conceito das Cidades Inteligentes e as melhores práticas de gestão "inteligente" do risco de inundação e da vulnerabilidade em outras cidades do sul global, onde o crescimento urbano tem sido em grande parte informal, complexo do mercado de terras e marginalização exacerbada pela pobreza urbana e pela governança urbana antidemocrática. Uma definição de uma Cidade Inteligente que pode estar relacionada à gestão de riscos de desastres é dada por Barrionuevo *et al.* (2012) como "usando toda a tecnologia e recursos disponíveis de maneira inteligente e coordenada para desenvolver centros urbanos que sejam ao mesmo tempo integrados, habitáveis e sustentáveis". A gestão inteligente dos riscos de inundação exige: dados confiáveis sobre a natureza, as tendências e a distribuição espacial dos riscos de inundação, tecnologia para prever a ocorrência de inundações, sistemas estruturados de alerta precoce e de evacuação. A esse respeito, Lombardi *et al.* (2012) discute a esperteza para incluir a aplicação da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) com capital humano, social e relacional, e práticas ambientais para melhorar o funcionamento e a sustentabilidade de uma cidade.

Ao operacionalizar o conceito de *Smart City* definido acima na gestão de riscos de desastres, Naphade *et al.* (2011) apontam para três pontos de entrada, a saber: Planejamento, Gerenciamento e Operações. O planejamento, neste caso, conota o uso de tecnologia e ferramentas na alocação de recursos - terra, água, transporte e assim por diante - à medida que a cidade evolui. Por exemplo, a modelagem holística do ecossistema da cidade e o mapeamento de perigos usando SIG fornecem as bases para sistemas de alerta precoce e preparação para inundações. A gestão em uma Cidade Inteligente inclui a coordenação das atividades de gerenciamento de infraestrutura - a criação e manutenção de bueiros, estradas, refúgios seguros e outros ativos - fornecendo visibilidade entre agências das intervenções planejadas. As operações integram várias fontes de dados para representar a interdependência dos

domínios urbanos em tempo real. Por exemplo, em operações de gestão de riscos de inundação podem conotar a integração da intensidade das chuvas, ocorrência de inundações e sistemas de evacuação em uma complexa rede de gerenciamento de dados para fornecer informações em tempo real aos moradores de comunidades urbanas afetadas por inundações.

Tais pontos de entrada fornecem potenciais para gerenciar a vulnerabilidade a inundações em comunidades informais na Beira como uma cidade africana emergente. Como proposta, as opções inteligentes de gestão dos riscos de inundação poderiam ser implementadas em dois níveis: (i) recolhimento e armazenamento digital e gestão de dados relativos de risco de inundação e vulnerabilidade; e (ii) operacionalização do quadro Planejamento-Gestão-Operações com base nos dados exatos. As abordagens propostas para a implementação das duas grandes intervenções foram apresentadas a seguir.

#### 6.2.4. Recolhimento, armazenamento e gestão de dados de riscos de inundação

Uma realidade fundamental das comunidades de estudo na Beira é a existência de apenas uma estação meteorológica. Portanto, os modelos de previsão de inundações e os sistemas de alerta precoce e de evacuação são totalmente inexistentes. Como resultado, não estão disponíveis dados sobre as frequências, intensidades e impactos reais dos eventos de inundação. Devido ao seu *status* informal (e às vezes ilegal), também não há dados precisos sobre população, habitação, infraestrutura e serviços sociais nas comunidades de estudo e em todas as outras comunidades informais. Na ausência desses dados cruciais, não pode haver uma opção de Gerenciamento Inteligente de Riscos e Vulnerabilidades de Inundações.

Como resposta a essa lacuna de dados, um ponto de entrada importante para projetar uma estrutura inteligente de gerenciamento de riscos de inundação para comunidades informais em Beira será a identificação, coleta e digitalização de dados geofísicos, espaço-temporais, demográficos e habitacionais, de infraestrutura e socioeconômicos. Estes incluirão padrões detalhados de precipitação e ocorrência de inundações; alteração dos padrões de utilização dos solos nas zonas de inundação; estrutura e distribuição do tamanho da população; densidades habitacionais; e infraestrutura em área propensa a inundações. Além disso, informações sobre

rendimentos, dimensões e características das famílias, taxas de ocupação e qualidade da habitação serão necessários na criação de uma base de dados abrangente para a gestão dos riscos de inundação.

Com os dados coletado de forma abrangente para toda a cidade, modelos apropriados baseados em SIG e previsão de inundações podem ser adotados para se analisar as relações entre usos da terra, habitação e densidades populacionais, tamanho das famílias, características locacionais, riscos de inundação e situação de vulnerabilidade nas comunidades informais afetadas.

Em formato de armazenamento adequado e com atualizações regulares, esse banco de dados pode iniciar uma abordagem mais inteligente para o gerenciamento de riscos de inundação do que a existente atualmente. Um resultado importante do processo anterior será um Mapa de Sustentabilidade de Inundações abrangente que identifique adequadamente os bairros de 'muito alto', 'alto', 'médio' e 'baixo' risco de inundação, que possa ajudar no planejamento e evacuação proativa.

#### 6.2.5. Gestão e operações inteligentes para os riscos de inundação

Como foi discutido na subseção anterior, com um banco de dados abrangente de gerenciamento de riscos de inundações para Beira (incluindo as comunidades mais afetadas, como as comunidades de estudo), pode haver planejamento, gerenciamento e estrutura operacional adequados para o enfrentamento adequado, eficiente e eficaz dos riscos de inundação. Assim, essa alternativa tem um maior potencial para implementar um quadro de gestão inteligente e integrado dos riscos de inundação que planeie as suas zonas propensas a inundações, faça gestão das utilizações dos solos e das inundações e operacionalize sistemas de alerta precoce e de evacuação baseados em tecnologia. A aplicação dessa solução poderia ter componentes não estruturais e estruturais (JHA *et al.*, 2012). Ao se adotar o Planejamento-Gestão-Operações para a gestão de inundações em Beira, poderiam ser implementadas três estratégias principais.

Para o planejamento e gerenciamento de emergências, as autoridades municipais poderiam adotar tecnologias modernas, aumentar a preparação por meio de campanhas de conscientização e evitar inundações por meio do planejamento do uso da terra. A gestão deve se concentrar em drenos pluviais e infraestrutura de mitigação de inundações, garantir uma recuperação rápida e usar essa recuperação

para aumentar a resiliência, refinando projetos e construções de edifícios. Este processo de reconstrução das comunidades afetadas pelas inundações tem sido referido por Satterthwaite (2011) como "*building-back-better*". Para as operações, uma política inteligente de gestão dos riscos de inundação deve integrar e gerir múltiplos dados, tais como caracterização, frequências e intensidades das inundações, com o fornecimento de infraestruturas de gestão de tempestades, alerta precoce, evacuação e sistemas de reabilitação pós-perigo.

### **6.3. Conclusão**

Este capítulo procurou estabelecer a importância do papel do Estado na compreensão da informalidade urbana e da vulnerabilidade às inundações em Moçambique.

Os principais intervenientes institucionais na gestão de inundações, tanto a nível nacional como local, foram identificados e os seus mandatos, papéis, desafios e perspectivas, explorados. Os principais desafios para as respostas institucionais às inundações incluem papéis pouco claros, falta de colaboração efetiva, conflitos funcionais, rápido crescimento populacional, crescimento de comunidades de favelas dentro das valas de drenagem, sistema de alerta precoce deficientes e ameaças de despejos forçados.

A ausência ou presença do Estado e de suas instituições na resposta às inundações é construída em torno da legalidade das comunidades envolvidas. Essa situação aumentou a percepção de que falhas ou ineficiências na governança urbana na Beira são causas e consequências da vulnerabilidade a inundações.

No entanto, não está claro como as agências envolvidas mantêm e compartilham os dados e informações que possuem. Também não está claro como as agências envolvidas colaboram em suas tomadas de decisão e ações. Igualmente, não está claro como as lições aprendidas de um incidente são documentadas, compartilhadas e usadas para melhorar o processo existente pelas agências.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo se propôs em analisar os fatores da incidência de riscos de inundação e suas consequências socioambientais na Beira, no período de 1980 a 2020, bem como compreender as percepções locais dos riscos de inundações. O Processo de Hierarquia Analítica (AHP) e Regressão Logística (LR) foram implementados e mapas de suscetibilidade a inundações foram desenvolvidos para a cidade da Beira, Moçambique. A análise levou em conta sete fatores: altitude, declividade, densidade de drenagem, solo, uso de solo, geologia e precipitação. Os resultados identificaram quatro classes principais de suscetibilidade a inundações: a classe baixa cobrindo 14,28%, a classe média (39,16%), a classe alta (35,98%) e a classe muito alta (10,58%). Os principais fatores de amplificação da suscetibilidade a inundações são altitude (32,1%), declividade (27,2%), precipitação (15,6%) e uso do solo (11,1%). O mapa de suscetibilidade a inundações desenvolvido será benéfico para planejadores e governo na escolha de locais adequados para desenvolvimento de infraestruturas no futuro, o que reduz os danos a um determinado nível.

A política tradicional de planejamento espacial, como Plano Diretor 2012–2035, não considera o risco de inundação extensivamente. Em primeiro lugar, a compreensão das causas das inundações é limitada, concentrando-se no risco natural descontrolado e restringindo-se aos impactos negativos da expansão urbana e mudança climática. Além disso, um enquadramento negativo de inundação é dominante, reduzido a uma preocupação de segurança. A resiliência das inundações, neste contexto, está assentada nas principais opções estruturais, ignorando sobretudo as medidas não estruturais. Sob esse guarda-chuva, a especificação do papel dos planejadores na governança das inundações é vaga. Nesse sentido, é importante delinear a necessidade de estratégias de ordenamento do território, de desenho urbano adequado às condições específicas da região e de políticas de acompanhamento e instrumentos legais, de forma a minimizar os impactos negativos do desenvolvimento urbano. Em suma, o ordenamento do território tradicional não conseguiu abordar no discurso oficial o crescente risco de inundação.

Os residentes expostos a inundações estão cientes do risco, o que enseja preocupação. No entanto, isso nem sempre leva a medidas de preparação, pois alguns percebem que não têm controle sobre a situação. Outros colocam a responsabilidade apenas nas autoridades, pois se consideram muito pobres ou muito

velhos e, portanto, sobrecarregados com o potencial de eventos de inundação. O INGD deve encontrar formas de criar uma cultura de risco para todos os habitantes, que devem se conscientizar de serem atores responsáveis na gestão de riscos. Isso deve ser feito de forma participativa entre a comunidade, com compartilhamento de experiências, mas também considerando a estrutura de vulnerabilidade institucional como um guarda-chuva para se avançar na seleção e implementação de decisões de proteção contra inundações em nível de propriedade. O processo participativo poderia ser incentivado pela criação de um comitê cidadão encarregado de fazer a ponte entre moradores, tomadores de decisão, especialistas e outros atores do território. Isso aumentaria a ajuda mútua entre os cidadãos e, portanto, a resiliência da comunidade.

Além disso, o estudo fornece evidências empíricas sobre como a expansão urbana não planejada levou à substituição de extensas superfícies permeáveis por superfícies de concreto e telhados. Esse desenvolvimento aumentou o escoamento superficial, principais antecedentes da incidência de inundações. Porém, a expansão urbana deve ser controlada por meio de políticas de crescimento inteligentes, as quais, quando adotadas e aplicadas, são fundamentais não apenas para se criar uma cidade mais compacta, mas também para ajudar a proteger a vegetação urbana. Nesse sentido, áreas já construídas devem ser revitalizadas enquanto se promove o desenvolvimento urbano compacto. Adotar o estilo de construção vertical em oposição ao padrão lateral é o caminho a percorrer, mas exigirá compromisso institucional, e não individual, para se alcançá-lo. Desenvolver novos espaços verdes, enquanto se monta esforços conscientes para proteger e preservar os existentes, deve ser uma tarefa importante para as principais partes interessadas. Uma maneira eficaz de se conseguir isso é ter um plano ou estratégia verde para orientar sua criação e gestão. Essas áreas verdes serviriam então como esponjas que encharcariam as águas superficiais que, de outra forma, resultariam em inundações.

Olhando para o futuro, nossa análise mostra que há uma necessidade urgente de os governos locais fornecerem informações, orientação eficaz e, especialmente, de apoiar mecanismos e incentivos para financiar novos investimentos em adaptação. Para identificar as soluções certas, a ciência precisa avançar no conhecimento relevante, por exemplo, fornecendo tipologias para adaptar as empresas a diferentes contextos, examinando a eficácia das ferramentas de suporte e analisando as necessidades específicas das pequenas (PMEs) e microempresas, que normalmente não recebem a mesma atenção que as grandes corporações internacionais. Um foco

particular deve ser a questão de como as empresas agem – ou deveriam agir – como agentes dentro de parcerias de adaptação mais amplas entre agências estatais, sociedade civil e pares do setor privado. Dada a fraca capacidade pública de adaptação em muitas partes do mundo, as PMEs terão de suportar a maior parte dos seus custos de adaptação. Mas elas farão cada vez mais sua voz ser ouvida, pressionando por soluções integradas de adaptação e compartilhamento de custos com outras partes da sociedade.

Diante dessas constatações, o estudo recomenda o seguinte: (i) o fortalecimento institucional, incluindo os diversos órgãos existentes (INGD, DNA e INAM etc.), deve ser adequadamente aproveitado pelo governo e autorizado a trabalhar sem interferência indevida; (ii) a expansão urbana futura e os planos para instalações de infraestrutura devem considerar cuidadosamente a proteção contra eventos extremos de inundação induzidos pela mudança climática e enfatizar a necessidade de se estabelecer uma rede de drenagem de águas pluviais; (iii) os formuladores de políticas devem levar em consideração não apenas o risco de inundação, mas também a exposição, a sensibilidade e a capacidade de adaptação, para se avaliar o risco de inundação de forma abrangente; (iv) ao planejar futuros projetos de infraestrutura, como redes de esgoto, rodovias, linhas de energia e água, é importante integrar os esforços de diferentes autoridades para melhorar a confiabilidade do projeto; (v) a educação pública contínua sobre os custos humanos, sociais, econômicos e ambientais das enchentes é necessária para gerar atitude positiva e mudanças comportamentais. Isso poderia ser alcançado com o uso de diversos meios de comunicação, impressos e eletrônicos, nos níveis comunitário, distrital, regional e nacional.

Com isso, o governo central deve encorajar uma abordagem *de baixo para cima* para a gestão do risco de inundações, colocando os locais no centro de todo o sistema de governança de inundações. As partes interessadas locais devem pensar além de seus próprios limites administrativos, que comprovadamente não são convenientes para o gerenciamento local de inundações.

No entanto, a abordagem multinível das questões de inundação deve ser clara em cada esfera de gestão e as partes interessadas locais devem estar cientes dos impactos de suas decisões em todos os níveis do sistema de planejamento. Isso significa que as autoridades locais devem ter sua própria capacidade técnica.

No entanto, as autoridades locais raramente gerem o risco de inundação por iniciativa própria, uma vez que têm outras prioridades mais gratificantes. Assim, o governo central deve fornecer incentivos financeiros para que elas busquem oportunidades para reduzir o nível geral de risco de inundação em sua área, incluindo, por exemplo, o teste de sistemas de drenagem urbana sustentáveis. Novas ideias são necessárias e devem ser apreciadas continuamente.

A próxima legislação sobre inundações deve promover a cooperação entre os planejadores do território e os de emergência. Não é possível ter a devida consideração da resiliência dos locais se os planejadores de emergência não estiverem efetivamente envolvidos no processo de planejamento: o estudo de diferentes cenários de crise pode ser muito útil na avaliação da vulnerabilidade.

Além disso, o planejamento de emergência se concentra nas redes e isso pode ser muito útil no que diz respeito à gestão das águas superficiais. Os planejadores espaciais devem desempenhar um papel importante nas discussões dos fóruns locais de resiliência, uma vez que as questões de planejamento de longo prazo são importantes e devem ser consideradas para o gerenciamento eficiente de emergências. Resiliência implica considerar tanto as perturbações repentinas de perigos quanto a organização espacial de longo prazo, ao mesmo tempo.

Tais discussões irão construir a compreensão de suas respectivas áreas e permitir que as partes interessadas implementem políticas de inundação sustentáveis. O trabalho conjunto entre planejadores espaciais e de emergência pode fortalecer a premissa de que a defesa contra inundações não é mais a única maneira de gerenciar esse tipo de desastre natural e que a consideração de medidas não estruturais é mais importante.

O governo local deve experimentar mudança gradual nas abordagens de defesa contra inundações para gestão do risco de ocorrência desses eventos. A nova abordagem deve ter como finalidade compartilhar responsabilidades de gestão de inundações com novos interessados, incluindo comunidades locais, e acomodar os conhecimentos mais sensíveis ao contexto na tomada de decisão e prática de gestão de cheias.

As novas responsabilidades exigem que as comunidades locais se tornem mais resilientes aos riscos de enchentes com o apoio de programas governamentais. A nova abordagem implica o estabelecimento de uma comunicação consultiva bidirecional entre as comunidades locais e os profissionais de gestão de risco de

enchentes, para permitir um melhor direcionamento e planejamento, bem como para garantir que as intervenções de gestão de cheias correspondam às peculiaridades e necessidades dos contextos locais onde são executadas. Ao permitir a contribuição do público, ajustes podem ser feitos nos estágios iniciais da tomada de decisão, promovendo um compromisso e aceitação final da redistribuição de riscos.

Por fim, os atores locais devem definir novas formas de conviver com o risco, capacitando a população a lidar com os perigos. A longo prazo, é a única forma de se atingir os princípios de sustentabilidade nas áreas em riscos de inundação. Além do mais, o governo deve encorajar a concepção de políticas de gestão de inundações a um nível intermediário entre os níveis local e regional. As bacias hidrográficas do Zambeze, Púnguè, Save, Búzi, Limpopo, Licungo, Incomáti, Lúrio, Imbelúzi são demasiadamente grandes para que as questões específicas das áreas locais possam ser abordadas por um único órgão, mas a gestão dos riscos de inundação no âmbito de apenas uma autoridade local não é sensata, uma vez que apenas o conhecimento mútuo e a ação através das fronteiras administrativas - em diferentes lugares e territórios - podem remover barreiras à implementação de políticas de inundação.

Algumas limitações permanecem neste estudo. O risco de inundação é uma questão complexa e abstrata devido aos efeitos combinados de ambientes naturais e sociais. Portanto, os sete índices adotados neste estudo não podem refletir totalmente as características determinantes do risco de inundação. No entanto, os índices que envolvem capacidades de enfrentamento ou resiliência das dimensões social e econômica não foram considerados neste estudo por ser desafiador obter dados de alta resolução desses tipos de índices. Assim, um sistema de avaliação científico e abrangente precisa ser explorado no futuro. Em segundo lugar, as opiniões dos 230 domicílios e 12 líderes comunitários envolvidos neste estudo podem não ser generalizadas além do contexto deste trabalho. No entanto, as análises envolvendo um clima de longo prazo e os pontos de vista das partes interessadas podem apresentar uma contribuição útil para o discurso sobre enchentes e os fatores propulsores no contexto mundial em desenvolvimento.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, H. Why populations persist: mobility, place attachment and climate change, *Popul. Environ.* 37 (4). 2016. 429–448. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11111-015-0246-3>.
- ADELEKAN, I.O. ASIYANBI, A.P. Flood risk perception in flood-affected communities in Lagos, Nigeria, *Nat. Hazards* 80 (1). 2016. 445–469.
- ADELEKAN, I.O. Flood risk management in the coastal city of Lagos, Nigeria, *J. Flood Risk Manag.* 9 (3) (2016) 255–264.
- ADELEYE, B., POPOOLA, A., SANNI, L., ZITTA, N., AYANGBILE, O. Poor development control as flood vulnerability factor in Suleja, Nigeria, *Town Reg. Plan.* 74 (2019) 23–35.
- AJIBADE, I., SULLIVAN, M., HAEFFNER, M. Why climate migration is not managed retreat: six justifications, *Global Environ. Change* 65 (2020), 102187, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102187>.
- AJIBOLA, M.O., ADEWALE, B.A., IJASAN, K.C. Effects of urbanization on Lagos wetlands. *Int. J. Bus. Soc. Sci.* 2012, 3, 310–319.
- ALDERMAN, K. TURNER, L.R. TONG, S. Floods and human health: a systematic review, *Environ. Int.* 47 (2012) 37–47 <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.06.003>.
- ALEXANDER, M., PRIEST, S., MEES, H. A framework for evaluating flood risk governance. *Environ. Sci. Policy*, 2016, 64, 38–47.
- ALFIERI, L., BISSELINK, B., DOTTORI, F., NAUMANN, G., WYSER, K., FEYEN, L., ROO, A. DE, DE ROO, A., SALAMON, P., WYSER, K., FEYEN, L. Earth's Future Global projections of river flood risk in a warmer world. *Earth's Future*. 2017, 5, 171–182. <https://doi.org/10.1002/2016EF000485>.
- AMARAL, I. Beira, cidade e Porto do Índico. *Finisterra Revista Portuguesa de Geografia*. 1969. 4(7), 76-93.
- AMOAKO, C., COBBINAH, P.B., DARKWAH, R.M. Complex twist of fate: The geopolitics of flood management regimes in Accra, Ghana. *Cities*, 2019, 89, 209–217.
- AMOAKO, C., FRIMPONG BOAMAH, E. Becoming vulnerable to flooding: an urban assemblage view of flooding in an African City. *Plan. Theory Pract.* 2020, 21 (3), 371–391.
- AMOATENG, P., FINLAYSON, C.M., HOWARD, J., WILSON, B. A multi-faceted analysis of annual flood incidences in Kumasi, Ghana, *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 27. 2018. 105–117.
- AMPONSAH, O., VIGRE, H., SCHOU, T.W., BOATENG, E.S., BRAIMAH, I., ABAIDOO, R.C. Assessing low quality water use policy framework: Case study from

Ghana. *Resour. Conserv. Recycl.* 2015, 97, 1–15.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.01.009>

ANDERSON, P. M. L., OKEREKE, C., RUDD, A., PARNELL, S. Regional assessment of Africa. In T. Elmqvist, M. Fragkias, J. Goodness, B. Güneralp, & P. J. Marcotullio, et al. (Eds.), *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities. A global assessment.* Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer, 2013, 755 p.

ANIEKWE, S., IGU, N.I. A geographical analysis of urban sprawl in Abuja, Nigeria. *J. Geogr. Res.* 2019, 2, 13–19. <https://doi.org/10.30564/jgr.v2i1.344>.

ARAÚJO, M. Os espaços urbanos em Moçambique. *Geosp – Espaço e Tempo*, São Paulo, n. 14, p. 165-182, 2003.

ARMAS, I., AVRAM, E. Perception of flood risk in Danube Delta, Romania. *Nat. Hazards*, 2009, 50, 269–287. <https://doi.org/10.1007/s11069-008-9337-0>.

ARNS, A., WAHL, T., DANGENDORF, S., JENSEN, J. The impact of sea level rise on storm surge water levels in the northern part of the German Bight. *Coast. Eng.* 2015, 96, 118–131.

ASIO, J.M.R. Disaster knowledge and household preparations of selected communities in central Luzon, Philippines: basis for enhanced community disaster education program, *Int. J. Human. Manag. Soc. Sci.* 3:2. 2020. 44–51, <https://doi.org/10.36079/lamintang.ij-hum>.

AYAMBIRE, R.A., AMPONSAH, O., PEPRAH, C., TAKYI, S.A. A review of practices for sustaining urban and peri-urban agriculture: Implications for land use planning in rapidly urbanizing Ghanaian cities. *Land Use Policy*, 2019, 84, 260–277. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.03.004>

AYEB-KARLSSON, S., SMITH, C.D., KNIVETON, D. A discursive review of the textual use of ‘trapped’ in environmental migration studies: the conceptual birth and troubled teenage years of trapped populations, *Ambio* 47 (2018) 557–573. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13280-017-1007-6>.

AYICHEW, F.K., KASSA, F. Conurbation and urban sprawl in Africa: the case of the City of Addis Ababa. *Ghana J. Geog.* 2013, 5, 73–89.

BANKS, N., LOMBARD, M., MITLIN, D. Urban informality as a site of critical analysis. *J. Dev. Stud.* 2020, 56 (2), 223–238.

BARRINGTON-LEIGH, C., MILLARD-BALL, A. A century of sprawl in the United States. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2015, 112, 8244–8249. <https://doi.org/10.1073/pnas.1504033112>.

BARRIONUEVO, J.M., BERRONE, P., RICART, J.E. Smart cities, sustainable progress. *IESE insight*, 14.; 2012. p. 50–7.

BAYTIYEH, H. Can disaster risk education reduce the impacts of recurring disasters on developing societies? *Educ. Urban Soc.* 50:3 (2017) 230–245, <https://doi.org/10.1177/0013124517713111>.

BELGIU, M., DRĂGUȚ, L. Random Forest in remote sensing: a review of applications and future directions. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 2016, 114, 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.01.011>.

BELL, S., HINDMOOR, A. *Rethinking Governance: The Centrality of the State in Modern Society*. Cambridge University Press, Melbourne, Australia. 2009.

BERGHUIJS, W., AALBERS, E., LARSEN, J., TRANCOSO, R., WOODS, R. Recent changes in extreme floods across multiple continents. *Environ. Res. Lett.* 2017, 12, 114035.

BESEL, R.D., BURKE, K., CHRISTOS, V. A life history approach to perceptions of global climate change risk: Young adults' experiences about impacts, causes, and solutions. *J. Risk Res.* 2017, 20 (1), 61–75.

BEZDEK, J.C. *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, USA, 1981.

BHATIA, K.T., VECCHI, G.A., KNUTSON, T.R. et al. Recent increases in tropical cyclone intensification rates. *Nat. Commun.* 2019, 10, 635.

BIRKHOLZ, S., MURO, M., JEFFREY, P., SMITH, H.M.M. Rethinking the relationship between flood risk perception and flood management. *Sci. Total Environ.* 2014, 478, 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.01.061>.

BLACK, R. ARNELL, N.W. ADGER, W.N THOMAS, D. GEDDES, A. Migration, immobility and displacement outcomes following extreme events, *Environ. Sci. Pol.* 27 (2013) S32–S43, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.09.001>.

BOTZEN, W.J.W., AERTS, J.C.J.H., VAN DEN BERGH, J.C.J.M. Dependence of flood risk perceptions on socioeconomic and objective risk factors. *Water Resour. Res.* 2009, 45, 1–15. <https://doi.org/10.1029/2009WR007743>

BRADFORD, R.A., O'SULLIVAN, J.J., VAN DER CRAATS, I.M., KRYWKOW, J., ROTKO, P., AALTONEN, J., BONAIUTO, M., DOMINICIS, S. DE, WAYLEN, K., SCHELFAUT, K. Risk perception–issues for flood management in Europe. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 2012, 12, 2299–2309.

BREIMAN, L. Random forests. *Mach. Learn.* 2001, 45 (1), 5–32. <https://doi.org/10.1023/a:1010933404324>.

BREN D'AMOUR C, REITSMA F, BAIOCCHI G, BARTHEL S, GÜNERALP B, ERB KH, HABERL H, CREUTZIG F, SETO KC. Future urban land expansion and implications for global croplands. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2017 Aug 22;114(34):8939-8944. doi: 10.1073/pnas.1606036114. Epub 2016 Dec 27. PMID: 28028219; PMCID: PMC5576776.

D'AMOUR, C.B., REITSMA, F., BAIOCCHI, G., BARTHEL, S., GUNERALP, B., ERB, K.H., HABER, H., CREUTZIG, F., SETO, K.C. Future urban land expansion and implications for global croplands. *PNAS*, 2017, 114 (34), 8939–8944. <https://doi.org/10.1073/pnas.1606036114/-/DCSupplemental>.

- BRUECKNER, J.K. Urban sprawl: diagnosis and remedies. *Int. Reg. Sci. Rev.* 2000, 23, 160–171. <https://doi.org/10.1177/016001700761012710>.
- BRUWIER, M., MUSTAFA, A., ALIAGA, D.G., ARCHAMBEAU, P., ERPICUM, S., NISHIDA, G., ZHANG, X., PIROTON, M., TELLER, J., DEWALS, B. Influence of urban pattern on inundation flow in floodplains of lowland rivers. *Sci. Total Environ.* 2018, 622–623, 446–458. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.325>.
- BUBECK, P., BOTZEN, W.J.W., AERTS, J.C.J.H. A review of risk perceptions and other factors that influence flood mitigation behavior. *Risk Anal.* 2012, 32, 1481–1495. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2011.01783.x>.
- BUHAUG, H., & URDAL, H. (2013). An urbanization bomb? Population growth and social disorder in cities. *Global Environmental Change*, 23, 1–10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.10.016>
- BUNCE, M., BROWN, K., ROSENDO, S. Policy misfits, climate change and cross-scale vulnerability in coastal Africa: how development projects undermine resilience. *Environ. Sci. Policy*, 2010, 13, 485–497
- CABINET OFFICE AND DEPARTMENT OF ENVIRONMENT FOOD AND RURAL AFFAIRS (DEFRA). National Flood Resilience Review. London. 2016. [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/551137/national-flood-resilience-review.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/551137/national-flood-resilience-review.pdf). Accessed on July 22nd, 2019.
- CARTER, J.G., CAVAN, G., CONNELLY, A., GUY, S., HANDLEY, J., KAZMIERCZAK, A. Climate change and the city: Building capacity for urban adaptation. *Prog. Plann.*, 2015, 95, 1–66.
- CENACARTA - Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção. A Teledetecção em Moçambique: situação atual, perspectivas e constrangimentos. Maputo, 2007
- CEOLA, S., LAIO, F., MONTANARI, A. Satellite nighttime lights reveal increasing human exposure to floods worldwide. *Geophys. Res. Lett.*, 2014, 41, 7184–7190.
- CHAFFIN, B.C., GOSNELL, H., COSENS, B.A. A decade of adaptive governance scholarship: synthesis and future directions. *Ecol. Soc.*, 2014, 19 (3), 56.
- CHAKRABORTTY, R., PAL, S.C., CHOWDHURI, I., MALIK, S., DAS, B. Assessing the importance of static and dynamic causative factors on erosion potentiality using SWAT, EBF with uncertainty and plausibility, logistic regression and novel ensemble model in a sub-tropical environment. *J. Indian Soc.* 2020, *Remote Sens.* 20 <https://doi.org/10.1007/s12524-020-01110-x>.
- CHEN, K., LONG, H., LIAO, L., TU, S., & LI, T. Land use transitions and urban-rural integrated development: Theoretical framework and China's evidence. *Land Use Policy*, 2020, 92, Article 104465. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104465>
- CHEN, Y., ZHOU, H., ZHANG, H., DU, G., ZHOU, J. Urban flood risk warning under rapid urbanization. *Environ. Res.*, 2015, 139, 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.02.028>.

- CHEVAL, S., POPA, A.-M., ŞANDRIC, I., & IOJA, Ş. I.-C. Exploratory analysis of cooling effect of urban lakes on land surface temperature in Bucharest (Romania) using Landsat imagery. *Urban Climate*, 2020, 34, Article 100696. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100696>.
- CHIANG, Y.-C., 2018. Exploring community risk perceptions of climate change - a case study of a flood-prone urban area of Taiwan. *Cities* 74, 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.11.001>.
- COBBINAH, P.B., ABOAGYE, H.N. A Ghanaian twist to urban sprawl. *Land Use Policy*, 2017, 61, 231–241. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.10.047>.
- COBBINAH, P.B., AMOAKO, C. Urban sprawl and the loss of peri-urban land in Kumasi, Ghana. *Int. J. Soc. Hum. Sci.*, 2012, 6, 388–397. <https://doi.org/10.1999/1307-6892/9997496>
- COBBINAH, P.B., ERDIAW-KWASIE, M.O., AMOATENG, P. Africa's urbanisation: Implications for sustainable development. *Cities* 2015, 47, 62–72.
- COBBINAH, P.B., POKU-BOANSI, M., ADARKWA, K.K. Develop first, make amends later: accessibility within residential neighbourhoods in Ghana. *J. Hous. Built Environ.* 2018, 33, 69–89. <https://doi.org/10.1007/s10901-017-9544-7>.
- COELHO, J. Protected villages and communal villages in the Mozambican, 1993
- COHEN, S., DEMERITT, D., ROBINSON, J., & ROTHMAN, D. Climate change and sustainable development: towards a dialogue. *Global Environmental Change*, 1998, 8(4), 341e371.
- COLLINS, H. Interactional expertise as a third kind of knowledge. *Phenomenol. Cognitive Sci.*, 2004, 3, 125–143. <https://doi.org/10.1023/>
- CROZIER, D., JOUANNIC, G., TRAN DUC MINH, C., KOLLI, Z., MATAGNE, E., ARBIZZI, S. Reconstruire un territoire moins vulnérable après une inondation: une fenêtre d'opportunité encore difficilement mobilisable. *Espace Popul. Sociétés Space Popul. Soc.*, 2017.
- CUSTÓDIO, V., MALOA, J. M. A urbanização moçambicana: uma proposta de interpretação. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, v. 22, n. 1, p. 008-024, mês. 2018. ISSN 2179-0892.
- CUTTER, S. L., BARNES, L., BERRY, M., BURTON, C., EVANS, E., TATE, E. et al. A placebased model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, 2008, 18, 598e606.
- DADASHPOOR, H., AHANI, S., 2021. Explaining objective forces, driving forces, and causal mechanisms affecting the formation and expansion of the peri-urban areas: A critical realism approach. *Land Use Policy* 102, 105232
- DAHRI, N., HABIB, A. Monte Carlo simulation-aided analytical hierarchy process (AHP) for flood susceptibility mapping in Gabs Basin (southeastern Tunisia). *Environ. Earth Sci.*, 2017, 76.7, 302.

DAS, S. Flood susceptibility mapping of the Western Ghat coastal belt using multi-source geospatial data and analytical hierarchy process (AHP), *Remote Sensing Application: Society and Environment* 20 (2020) 100379.

DAS, S. Geospatial mapping of flood susceptibility and hydro-geomorphic response to the floods in Ulhas basin, India. *Remote Sensing Application: Society and Environment* 14 (2019) 60–74.

DASH, N., GLADWIN, H. Evacuation decision making and behavioral responses: individual and household. *Nat. Hazards Rev.*, 2007, 3, 69–77.

DASH, N., MORROW, B.H. Return delays and evacuation order compliance: the case of Hurricane Georges and the Florida Keys. *Environ. Hazards*, 2000, 2, 119–128.

DAYTON, C.M. Logistic regression analysis. *Stat*, 1992, 474–574.

de MAN, A., SIMPSON-HOUSLEY P. Correlates of responses to two potential hazards. *J Soc Psychol.* 1988;128(3):385–91.

DER SARKISSIAN, R. DABAJ, A. DIAB, Y. M. VUILLET. Examining the Operational Aspect of the “Build-Back-Better” concept for Critical Infrastructure Systems; a Case Study of Saint-Martin’s Island following IRMA Hurricane, *Sustainability*, 2021, 13 (6) (2021) 3133, <https://doi.org/10.3390/su13063133>.

DIDHAM, R.J., MANU, P.O. Adaptive capacity as an educational goal to advance policy for integrating DRR into quality education for sustainable development, *Int. J. Disaster Risk Reduc.* 47 (2020), <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101631>.

DODMAN, D. Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories. *Environ. Urbanization*, 2009, 21, 185–201

DOUGLAS, I. Flooding in African cities, scales of causes, teleconnections, risks, vulnerability and impacts, *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 26 (2017) 34–42.

DOUGLAS, I., ALAM, K., MAGHENDA, M., MCDONNELL, Y., MCLEAN, L., & CAMPBELL, J. Unjust waters: Climate change, flooding and the urban poor in Africa. *Environment and Urbanization*, 2008, 20(1), 187–205.

DRIESSEN, P., DIEPERINK, C., VAN LAERHOVEN, F., RUNHAAR, H.A.C., VERMEULEN, W.J.V. Towards a conceptual framework for the study of shifts in modes of environmental governance – experiences from The Netherlands. *Environ. Policy Governance*, 2012, 22, 143–160

ECHENDU, A.J. Relationship between urban planning and flooding in Port Harcourt city, Nigeria; insights from planning professionals. *J. Flood Risk Manag.*, 2021, 14 (2), e12693.

EEA-FOEN. *Urban Sprawl in Europe - Report No 11/2016*. Luxembourg, 2016.

ELKHRACHY, I. Flash flood hazard mapping using satellite images and GIS tools: a case study of Najran City, Kingdom of Saudi Arabia (KSA), National Authority for

Remote Sensing and Space Sciences the Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences 18 (2) (2015) 261–278.

ELMER, F., HOYMANN, J., DUTHMANN, D., VOROGUSHYN, S., KREIBICH, H. Drivers of flood risk change in residential areas. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 2012, 12, 1641–1657

FANG, L., HUANG, J., JUNTAO, C., NITIVATTANANON, V. Hybrid approach for flood susceptibility assessment in a flood-prone mountainous catchment in China, *Journal of Hydrology*, Volume 612, Part A, 2022, ISSN 0022-1694, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128091>.

FERNANDES, C. M., MEALHA, P. R., MENDES, P.R. Beira, uma paisagem modernista na África Tropical. *Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management)*, 2016 jan./abr., 8(1), 155-166

FERNANDEZ, D.S., LUTZ, M.A. Urban flood hazard zoning in Tucuman Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. *Eng. Geol.* 2010. 111, 90e98.

FETTERMAN, D.M. Perception. *SAGE Encycl*<https://doi.org/10.5860/CHOICE.46-4214>. *Qual. Res. Methods.* 2008.

FEYISSA, G., ZELEKE, G., GEBREMARIAM, E., BEWKET, W. GIS based quantification and mapping of climate change vulnerability hotspots in Addis Ababa, *Geoenvironmental Disasters* (2018) 5, <https://doi.org/10.1186/s40677-018-0106-4>.

FISCHHOFF, B., SLOVIC, P., LICHTENSTEIN, S., READ, S., COMBS, B. How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes toward technological risks and benefits. *Policy Sci.* 1978;9 (2):127–52.

FORJAZ, J. Urbanização e desenvolvimento municipal em Moçambique: planeamento urbano e habitação. Maputo: Development Workshop, 2008.

FRANZ, G., MAIER, G., & SCHRÖCK, P. Urban sprawl: How useful is this concept. In *Proceedings of ERSA conference papers from European Regional Science Association.* 2006.

FRASER, A., LECK, H., PARNELL, S., PELLING, M. Africa's urban risk and resilience. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2017, 26, 1–6.

FRICK-TRZEBITZKY, F., BAGHEL, R., BRUNS, A. Institutional bricolage and the production of vulnerability to floods in an urbanizing delta in Accra. *Int J. Disaster Risk Reduct.*, 2017, 26, 57–68.

FRUMKIN, H. Urban sprawl and public health. *Public Health Rep.*, 2002, 117, 201–217. [https://doi.org/10.1016/S0033-3549\(04\)50155-3](https://doi.org/10.1016/S0033-3549(04)50155-3)

FÜSSEL, H.-M. Adaptation planning for climate change: concepts, assessment approaches, and key lessons, *Sustain. Sci.* 2 (2007) 265–275, <https://doi.org/10.1007/s11625-007-0032-y>.

FÜSSEL, H.M., KLEIN R.J.T. Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking, *Clim. Change* 75 (2006) 301–329, <https://doi.org/10.1007/s10584-006-0329-3>.

GAISIE, E., POKU-BOANSI, M., ADARKWA, K.K. An analysis of the costs and quality of infrastructure facilities in informal settlements in Kumasi, Ghana. *Int. Plan. Stud.*, 2018, 23, 391–407. <https://doi.org/10.1080/13563475.2018.1513359>.

GALLAGHER, P. The environmental, social, and cultural impacts of sprawl. *Nat. Resour. Environ.*, 2001, 15, 219.

GALLINA, V., TORRESAN, S., ZABEO, A., CRITTO, A., GLADE, T., MARCOMINI, A. A multi-risk methodology for the assessment of climate change impacts in coastal zones, *Sustain. Times* 12 (2020), <https://doi.org/10.3390/su12093697>.

GASPAR, M. Contribuições para o estudo da dinâmica demográfica de Moçambique. Dissertação (Mestrado em Demografia) –Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1989.

GASPAR, M.; MENDONÇA, G. Diferenças socioeconômicas de mortalidade infato-juvenil em Moçambique e na cidade de Maputo. In: *Dinâmica demográfica e processos econômicos, sociais e culturais*. Maputo: Comissão Nacional do Plano & Direção Nacional de Estatística, 1990. p. 27-61

GE, Y., PEACOCK, W.G., LINDELL, M.K. Florida households' expected responses to hurricane hazard mitigation incentives. *Risk Anal.*, 2011, 31, 1676–1691.

GEORGESCU, M., MOREFIELD, P.E., BIERWAGEN, B.G., WEAVER, C.P. Urban adaptation can roll back warming of emerging megapolitan regions. *Proc. Natl. Acad. Sci. Unit. States Am.*, 2014, 111 (8), 2909–2914.

GOTHAM, K.F., CAMPANELLA, R., LAUVE-MOON, K., POWERS, B. Hazard experience, geophysical vulnerability, and flood risk perceptions in a postdisaster city, the case of new orleans, *Risk Anal.* 38 (2018) 345–356, <https://doi.org/10.1111/risa.12830>.

GRANDJEAN, G., THOMAS, L., BERNARDIE, S., PUISSANT, A., MALET, J.P., HOUET, T., BOURRIER, F., FORT, M. A Novel multi-risk assessment web-tool for evaluating future impacts of global change in Mountainous Areas, *Climate* 6 (2018), <https://doi.org/10.3390/cli6040092>.

GUHATHAKURTA, P., SREEJITH, O.P., MENON, P.A. Impact of climate change on extreme rainfall events and flood risk in India. *J. Earth Syst. Sci.*, 2011, 120 (3), 359.

GÜNERALP, B., GÜNERALP, İ., LIU, Y. Changing global patterns of urban exposure to flood and drought hazards. *Glob. Environ. Chang.*, 2015, 31, 217–225. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.002>

HABIBI, S., ASADI, N. Causes, results and methods of controlling urban sprawl. *Procedia Eng.* 21, 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.1996>.

- HALLEGATTE, S., GREEN, C., NICHOLLS, R.J., CORFEE-MORLOT, J. Future flood losses in major coastal cities. *Nat. Clim. Chang.*, 2013, 3 (9), 802. <https://doi:10.1038/nclimate1979>.
- HALLEGATTE, S., RENTSCHLER, J., WALSH, B. (Eds.), *Building Back Better*, World Bank, Washington, DC, 2018.
- HAN, T., JIANG, D., ZHAO, Q., WANG, L., YIN, K. Comparison of random forest, artificial neural networks and support vector machine for intelligent diagnosis of rotating machinery. *Trans. Inst. Meas. Control.* 2017. 40 (8), 2681–2693. <https://doi.org/10.1177/0142331217708242>
- HANSSON, R.O., NOULLES, D., BELLOVICH, S.J. Knowledge, warning, and stress: a study of comparative roles in an urban floodplain. *Environ Behav.* 1982;14(2):171–85.
- HARVATT, J., PETTS, J., CHILVERS, J. Understanding householder responses to natural hazards: flooding and sea level rise comparisons. *J Risk Res.* 2011;14(1):63–83.
- HAUGHTON, G., WHITE, I. Risky Spaces: creating, contesting and communicating lines on environmental hazard maps. *Trans. Inst. Br. Geogr.* 2018, 43 (3), 435–448.
- HERNANDEZ-GUERRERO, J., VIEYRA-MEDRANO, A., MENDOZA, M. Adaptation strategies in communities under precarious housing: Flooding risks in the peri-urban sector of the city of Morelia, Michoacan, México. *Appl. Geogr.* 2012. 34, 669–679.
- HIDEKI, K. *Urban Disaster Prevention*, 2011.
- HIRABAYASHI, Y.; TANOUE, M.; SASAKI, O.; ZHOU, X.; YAMAZAKI, D. Global exposure to flooding from the new CMIP6 climate model projections. *Scientific Reports*, v. 11, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83279-w>
- HOEGH-GULDBERG, O., JACOB, D., TAYLOR, M. et al., 2019. The human imperative of stabilizing global climate change at 1.5 C. *science* 365, eaaw6974.
- HOFFMANN, R., MUTTARAK, R., 2017. Learn from the past, prepare for the future: impacts of education and experience on disaster preparedness in the Philippines and Thailand. *World Dev.* 96, 32–51.
- HUANG, S.K., LINDELL, M.K., PRATER, C.S., WU, H.C., SIEBENECK, L.K. Household evacuation decision making in response to Hurricane Ike. *Nat. Hazards Rev.*, 2012, 13, 283–296.
- HUONG, H. T. L., & PATHIRANA, A. Urbanisation and climate change impacts on future urban flooding in Can Tho city, Vietnam. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2013, 17(1), 379.
- IBRAHIM, N.F. ZARDARI, N.H. SHIRAZI, S.M. et al., Identification of vulnerable areas to floods in kelantan river sub-basins by using flood vulnerability index,

IBRAIMO, M. Crescimento da população urbana e problema da urbanização da cidade de Maputo. Série População e Desenvolvimento – Documento 11, Unidade da População. Maputo: Direção Nacional de Estatística, 1994.

INAM. Instituto Nacional de Meteorologia. Dados Meteorológico da cidade da Beira, em Moçambique, 2020

INE. Instituto Nacional de Estatística de Moçambique. IV Recenseamento Geral da População e Habitação. Maputo; 2017.

INFORM. INFORM Global Risk Index Results 2018. Available at: <https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/inform-index>, Accessed date: 30 Apr 2020.

INGC. Balanço da época chuvosa e ciclônica – OND-2018 e JFM-2019. Maputo: INGC, 2019.

INGC. Estudo sobre o impacto das alterações climáticas no risco de calamidades em Moçambique: relatório síntese – segunda versão. Maputo: INGC, 2009.

IPCC. Climate change 2007: synthesis report. Summary for policy makers, BMJ 335 (2007) 1318, <https://doi.org/10.1136/bmj.39420.654583.25>.

IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Cambridge University Press, 2022, In Press.

IPCC. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, University Press, Cambridge, and New York, 2012.

IPCC. Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5 °C above Preindustrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways [...], 2018, pp. 175–311.

IPCC. Summary for Policymakers, Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

JACOBS, C.; ALMEIDA, B. Propriedade e alterações climáticas: direitos e deslocados ambientais em Moçambique. Leiden: Van Vollenhoven Institute for Law, Governance and Society (VVI), 2020.

JHA, A., LAMOND, J., PROVERBS, D., BHATTACHARYA-MIS, N., LOPEZ, A., PAPACHRISTODOULOU, N., BIRD, A., BLOCH, R., DAVIES, J., BARKER, R. Cities and Flooding: A guide to integrated urban flood risk management for the 21st Century; 2012. © World Bank <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2241>

JICA. Projeto para fortalecimento da resiliência nas áreas afetadas pelo ciclone Idai - Apresentação de apuramentos preliminares. CMCB. Beira. 2020.

- JONGMAN, B., WARD, P.J., AERTS, J.C.J.H. Global exposure to river and coastal flooding - long term trends and changes. *Glob. Environ. Chang.* 2012, 22, 823–835.
- JONKMAN, S.N., MAASKANT, B., BOYD, E. et al., Loss of life caused by the flooding of New Orleans after Hurricane Katrina: analysis of the relationship between flood characteristics and mortality, *Risk Anal.: Int. J.* 29 (5) (2009) 676–698 <https://doi.org/10.1111/1468-5973.12050>. [50]
- KADAM, P., SEN, D., 2012. Flood inundation simulation in Ajoy River using MIKE-FLOOD. *ISH J. Hydraul. Eng.* 18 (2), 129–141. <https://doi.org/10.1080/09715010.2012.695449>
- KARAKAYACI, Z. The concept of urban sprawl and its causes. *J. Int. Soc. Res.* 2016. 9, 815. <https://doi.org/10.17719/jisr.20164520658>.
- KATES, R.W., WHITE, G.F. *The environment as hazard*. New York: Oxford University Press; 1978
- KEIM, M.E. *Floods*, Koenig and Schultz's *Disaster Medicine: Comprehensive Principles and Practices*, second ed., Cambridge University Press, 2009, pp. pp529–542 <https://doi.org/10.1017/CBO9781139629317>.
- KELLENS, W., ZAALBERG, R., NEUTENS, T. et al., An analysis of the public perception of flood risk on the Belgian coast, *Risk Anal.: Int. J.* 31 (7) (2011) 1055–1068 <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2010.01571.x>.
- KELMAN, I. Philosophy of flood fatalities, *Flood Risk Net Newslett.* 1 (2004) 3–4.
- KHAMCHIANGTA, D., & DHAKAL, S. Physical and non-physical factors driving urban heat island: Case of Bangkok metropolitan administration, Thailand. *Journal of Environmental Management*, 248(March), 2019. Article 109285. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109285>.
- KHAN, A.A., RANA, I.A., NAWAZ, A. Gender-based approach for assessing risk perception in a multi-hazard environment: a study of high schools of Gilgit, Pakistan. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 44 (November 2019), 101427 <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101427>
- KHAN, S., KRISCHBAUM, D.B., STANLEY, T. Investigating the potential of a global precipitation forecast to inform landslide prediction. *Wea Clim. Extrem.*, 2021, 33, 100364 <https://doi.org/10.1016/j.wace.2021.100364>.
- KHUNWISHIT, S., CHOOSUK, C., GARY WEBB, G. Flood Resilience Building in Thailand: Assessing Progress and the Effect of Leadership. *Int J Disaster Risk Sci* (2018) 9:44–54. <https://doi.org/10.1007/s13753-018-0162-0>
- KIUNSI, R. The constraints on climate change adaptation in a city with a large development deficit: the case of Dar es Salaam, *Environ. Urbanization* 25 (2013) 321–337, <https://doi.org/10.1177/0956247813489617>.
- KIYONG PARK, JEONG-HUN WON. Analysis on distribution characteristics of building use with risk zone classification based on urban flood risk assessment,

International Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 38, 2019, 101192, ISSN 2212-4209, <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101192>

KLEEMANN, F., LEDERER, J., RECHBERGER, H., FELLNER, J. GIS-based analysis of Vienna's material stock in buildings. *J. Ind. Ecol.* 21 (2), 2017, 368–380.

KOMETA, S.S., AKOH, N.R. The Hydro-geomorphological implications of urbanization in Bamenda, Cameroon, *J. Sustain. Dev.* 5 (6) (2012) 64–73.

KONRAD, C.P. Effects of Urban Development on Floods. United States Geological Survey Fact Sheet 076–03, Tacoma, Washington, 2003.

KUNDZEWICZ, Z. W., KANAE, S., SENEVIRATNE, S. I., HANDMER, J., NICHOLLS, N., PEDUZZI, P., MECHLER, R., BOUWER, L. M., ARNELL, N., MACH, K., & MUIR-WOOD, R. Flood risk and climate change: Global and regional perspectives. *Hydrological Sciences Journal*, 2014, 59(1), 1–28.

KUNREUTHER, H., SLOVIC, P. Economics, psychology, and protective behavior. *Am. Econ. Rev.*, 1978, 68 (2), 64–69.

KUSAKARI, Y., ASUBONTENG, K.O., JASAW., S.G et al. Farmer-Perceived Effects of Climate Change on Livelihoods in Wa West District, Upper West Region of Ghana. *Journal of Disaster Research* Vol.9 No.4, 2014

LANGE, P., DRIESSEN, P.P.J., SAUER, A., BORNEMANN, B., BURGER, P. Governing towards sustainability—conceptualising modes of governance. *J. Environ. Policy Plan.* 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/1523908x.2013.769414>.

LASKA, S.B. Homeowner adaptation to flooding: an application of the general hazards coping theory. *Environ Behav.* 1990;22(3):320–57.

LAWRENCE, J., QUADE, D., BECKER, J. Integrating the effects of flood experience on risk perception with responses to changing climate risk. *Nat Hazards.* 2014;74(3):1773–94.

LEE, S., VINK, K. Assessing the vulnerability of different age groups regarding flood fatalities: case study in the Philippines. *Water Policy* wp2015089, (2015) <https://doi.org/10.2166/wp.2015.089>.

LINDSAY, B.R. Federal Emergency Management: A Brief Introduction, *Introd.* 32 (2012).

LO, A.Y. The role of social norms in climate adaptation: mediating risk perception and flood insurance purchase. *Global Environ. Change*, 2013; 23, 1249–1257. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.07.019>.

LOEWENSTEIN, G.F., WEBER, E.U., HSEE, C.K., WELCH, N. Risk as feelings. *Psychol. Bull.* 2001. 127 (2), 267

LOMBARDI P, GIORDANO S, FAROUH H, YOUSEF W. Modelling the smart city performance. *Innovation: The European Journal of Social Science Research.* 2012;25(2):137–49.

- LOPEZ, R.A., ADELAJA, A.O., ANDREWS, M.S. The effects of suburbanization on agriculture. *Am. J. Agric. Econ.* 1988; 70, 346–358. <https://doi.org/10.2307/1242075>
- MADSEN, H., LAWRENCE, D., LANG, M., MARTINKOVA, M., KJELDSEN, T.R., Review of trend analysis and climate change projections of extreme precipitation and floods in Europe. *J. Hydrol.* 2014, 519, 3634–3650.
- MAHATO, S., PAL, P., TALUKDAR, S., SAHA, T.K., MANDAL, P., 2021. Field based index of flood vulnerability (IFV) A new validation technique for flood susceptible models. *Geosci. Front.* 12(5), 101175. 588 <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2021.101175>
- MAHEU, A. Urbanization and flood vulnerability in a peri-urban neighbourhood of Dakar, Senegal: how can participatory GIS contribute to flood management? *Climate Change and the Sustainable Use of Water Resources*. Springer, 2012; pp. 185–207.
- MAIDJELELE, G.B.A; PACHECO, J.A.A; MIRANDA, L.C; SILVA, E.V. Zoneamento ambiental e funcional do baixo curso do rio Púnguè, Município da Beira, Moçambique. *Rede – Revista Eletrônica do PRODEMA*, Fortaleza, Brasil, v. 11, n. 1, p. 79-91, jan./jun. 2017. ISSN: 1982-5528.
- MANNAKARA, S. WILKINSON, S. FRANCIS, T.R. “Build Back Better” Principles for Reconstruction, *Encycl. Earthq, Eng*, 2014, p. 13.
- MANUTA, J., & LEBEL, L. Climate change and the risks of flood disasters in Asia: crafting adaptive and just institutions. In *Human security and climate change e an international workshop*, Asker; Norway 21e23 June 2005. Retrieve via <https://faculty.unlv.edu/wjsmith/smithtest/CIChgAndHumanSecurityJesseM.pdf>.
- MAVUME A, RYDBERG L, ROUAULT M, LUTJEHARMS. Climatology and landfall of tropical cyclones in the south-West Indian Ocean. 2009 *West Indian Ocean J Mar Sci* 8(1):19–39. <https://doi.org/10.4314/wiojms.v8i1.56672>
- McFARLANE, C. Rethinking informality: politics, crisis, and the city. *Plan. Theory Pract.* 2012; 13 (1), 89–108.
- MGUNI, P., HERSLUND, L., JENSEN, M.B. Sustainable urban drainage systems: examining the potential for green infrastructure-based stormwater management for Sub-Saharan cities. *Nat. Hazards*, 2016; 82 (2), 241–257.
- MICELI, R., SOTGIU, I., SETTANNI, M. Disaster preparedness and perception of flood risk: a study in an alpine valley in Italy. *J. Environ. Psychol.* 2008; 28 (2), 164–173. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2007.10.006>
- MOATTY, A. VINET, F. LANG, M. KLIJN, F. SAMUELS, P. Post-disaster recovery: the challenge of anticipation, *E3S Web Conf.* 7 (2016) 17003
- MONDAL S.H., MURAYAMA, T., NISHIKIZAWA, S. Determinants of Household-Level Coping Strategies and Recoveries from Riverine Flood Disasters: Empirical Evidence from the Right Bank of Teesta River, Bangladesh. *Climate* 2020, 9, 4. <https://doi.org/10.3390/cli9010004>
- MORTREUX, J BARNETT, C. Climate change, migration and adaptation in Funafuti, Tuvalu, *Global Environ. Change* 19 (1) (2009) 105–112, <https://doi.org/>

10.1016/j.gloenvcha.2008.09.006. [46] T. Quinn, F. Bousquet, C. Guerbois, E. Sougrati, M. Tabutaud, The dynamic relationship between sense of place and risk perception in landscapes of mobility, *Ecol. Soc.* 23 (2) (2018). Disponível em: <https://doi.org/10.5751/ES-10004-230239>

MOTOYOSHI, T. Public Perception of Flood Risk and Community-Based Disaster Preparedness. A Better Integrated Management of Disaster Risks: toward Resilient Society to Emerging Disaster Risks in Megacities, Terrapub, Tokyo, Japan, 2006, pp. 121–134.

MUCHANGOS, A. Moçambique, Paisagens e Regiões Naturais. Maputo: Tipografia Globo Lda, 1999.

MUNICH RE. Natural disaster risks: Losses are trending upwards | Munich Re [WWW Document]. 2020, URL <https://www.munichre.com/en/risks/natural-disasters-losses-are-trending-upwards.html> (accessed 2.28.20).

MURUNGWENI, F. Effect of land use change on quality of urban wetlands: A case of Monavale Wetland in Harare. *Geoinform. Geostat. Overv.* 2013; s1, s1. <https://doi.org/10.4172/2327-4581.s1-015>.

MUSTAFA, A., BRUWIER, M., ARCHAMBEAU, P., ERPICUM, S., PIROTTON, M., DEWALS, B., TELLER, J. Effects of spatial planning on future flood risks in urban environments. *J. Environ. Manag.* 2018a; 225, 193–204. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.090>.

MUSUSA, P., MARR, S. Comparing Climate Politics and Adaptation Strategies in African Cities: Challenges and Opportunities in the State-Community Divide, 33, 2022. In *Urban Forum*, pp. 1–12.

MUTISYA, E., YARIME, M. Understanding the grassroots dynamics of slums in Nairobi: the dilemma of Kibera informal settlements. *Int Trans. J. Eng. Manag Appl. Sci. Technol.* 2011; 2 (2), 197–213.

NACHAPPA, T.G., PIRALILOU, S.T., GHOLAMNIA, K., GHORBANZADEH, O., RAHMATI, O., BLASCHKE, T. Flood susceptibility mapping with machine learning, multicriteria decision analysis and ensemble using Dempster Shafer Theory. *J. Hydrol.* 125275. 2020.

NAPHADE M, BANAVAR G, HARRISON C, PARASZCZAK J, MORRIS R. Smarter cities and their innovation challenges. *Cover Feature.* 2011:32–9.

NGANHANE, H., SANTOS, P.P., MUIAMBO, S., TAVARES, A. Risco de cheias e impacto da legislação para redução de desastres em Moçambique. 6º Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis, Volume, 3. Edição Gestão e Planeamento de R. Hídricos, 2021, p. 327-344

NGUYEN, T.T., NGO, H.H., GUO, W., WANG, X.C., REN, N., LI, G., DING, J., LIANG, H. Implementation of a specific urban water management - sponge City, *Sci. Total Environ.* 652 (2019) 147–162, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.168>.

NGO C.C.P. POORTVLIET, M E FEINDT. H.P. Drivers of flood and climate change risk perceptions and intention to adapt: an explorative survey in coastal and delta Vietnam. *Journal of Risk Research*. 2020, vol. 23, n<sup>o</sup>. 4, 424–446  
<https://doi.org/10.1080/13669877.2019.1591484>.

NJOH, A.J. Colonial philosophies, urban space, and racial segregation in British and French colonial Africa. *J. Black Stud.* 2008; 38 (4), 579–599.

NORMAN, J., MACLEAN, H.L., KENNEDY, C.A. Comparing high and low residential density: life-cycle analysis of energy use and greenhouse gas emissions. *J. Urban Plan. Dev.* 2006, 132, 10–21

O'BRIEN, K., SELBOE, ELIN,. Social transformation. In: O'Brien, K., Selboe, Elin (Eds.), *The Adaptive Challenge of Climate Change*. Cambridge University Press, pp. 311–324. 2015, <https://doi.org/10.1017/CBO9781139149389.018>.

OECD. *OECD Principles of Water Governance*. Directorate for Public Governance and Territorial Development, 2015.

OECD. *Rethinking Urban Sprawl, Rethinking Urban Sprawl*. OECD, Paris, 2018.  
<https://doi.org/10.1787/9789264189881-en>.

OGUR, E.O., KARIUKI, S.M. Effect of car emissions on human health and the environment. *Int. J. Appl. Eng. Res.* 9, 11121–11128. 2014.

OSTROM, V., TIEBOUT, C., WARREN, R. The organization of government in metropolitan areas: a theoretical inquiry. *Am. Polit. Sci. Rev.* 831–842, 1961.

OWUSU-ANSAH, J., DERY, K., AMOAKO, J. Flood vulnerability and coping mechanisms around the Weija Dam near Accra, Ghana. *GeoJournal* 2019; 84 (6), 1597–1615.

OWUSU-ANSAH, J.K. The influences of land use and sanitation infrastructure on flooding in Kumasi, Ghana, *Geojournal* 81 (4) (2016) 555–570.

PAAVOLA, J., ADGER, W.N. Fair adaptation to climate change. 2006. *Ecol. Econ.* 56, 594–609. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.03.015>.

PAHL-WOSTL, C., BECKER, G., KNIEPER, C., SENDZIMIR, J. How multilevel societal learning processes facilitate transformative change: a comparative case study analysis on flood management. *Ecol. Soc.* 2013; 18 (4), 58.

PAHL-WOSTL, C., KRANZ, N. Water governance in times of change. *Environ. Sci. Policy* 13 (7), 567–570. Painter, M., 2003. Public administration reform of Vietnam: problems and prospects. *Public Adm. Dev.* 2012; 23 (3), 259–271.

PAL, M. Random Forest classifier for remote sensing classification. *Int. J. Remote Sens.* 2005; 26 (1), 217–222. <https://doi.org/10.1080/01431160412331269698>.

PALH-WOSTL, C. The role of governance modes and meta-governance in the transformation towards sustainable water governance. *Environ. Sci. Policy*, 2019; 91, 6–16.

- PANYAKO, O.O., WAKHUNGU, J.W., KIOLI, F.N. Urban flooding in Kenya from a psychosocial perspective. *International research journal of management. IT Soc. Sci.* 2018; 5 (5), 17–27.
- PAUL, B.K. MAHMOOD, S. Selected physical parameters as determinants of flood fatalities in Bangladesh, 1972–2013, *Nat. Hazards* 83 (3) (2016) 1703–1715, <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2384-z>.
- PAYNE, R.J., PIGRAM, J.J. Changing evaluations of flood plain hazard: The Hunter River valley, Australia. *Environ Behav.* 1981;13(4):461–80.
- PELLING, M., WISNER, B. *Disaster Risk Reduction: Cases from Urban Africa.* Routledge. Reed, M.S., 2008. Stakeholder participation for environmental management: a literature review. *Biol. Conserv.* 2012; 141 (10), 2417–2431.
- POKU-BOANSI, M., AMOAKO, C., OWUSU-ANSAH, J.K., COBBINAH, P.B. What the state does but fails: Exploring smart options for urban flood risk management in informal Accra, Ghana. *City Environ. Interact.* 2020; 5, 100038 <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2020.100038>.
- PRADHAN, B. Flood susceptible mapping and risk area delineation using logistic regression, *GIS Rem. Sens. J. Spat. Hydrol.* 9 (2) (2010).
- PRIEST, S. Building a Model to Estimate Risk to Life for European Flood Events, (2009) T10-07-10 <http://resolver.tudelft.nl/uuid:29529085-4933-4bf0-a124-7352c455daf>
- QUEFACE, A. *Abordagem Geral sobre Desastres Naturais e Mudanças Climáticas em Moçambique.* Instituto Nacional de Gestão de Calamidades & Universidade Eduardo Mondlane. Maputo, Moçambique, 2009.
- RANA, I.A., JAMSHED, A., YOUNAS, Z.I., BHATTI, S.S. Characterizing flood risk perception in urban communities of Pakistan, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Volume 46, 2020, 101624, ISSN 2212-4209, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101624>.
- RANA, I.A., ROUTRAY, J.K. Actual vis-a-vis perceived risk of flood prone urban communities in Pakistan. *Int. J. Disaster Risk Reduc.* 2016; 19, 366–378. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.08.028>.
- REBA, M., & SETO, K. C. (2020). A systematic review and assessment of algorithms to detect, characterize, and monitor urban land change. *Remote Sensing of Environment*, 242(1), Article 111739. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111739>
- RENN, O. *Risk Governance: Coping with Uncertainty in a Complex World.* Earthscan, London. 2008.
- RENN, O., KLINKE, A., VAN ASSELT, M. Coping with complexity, uncertainty and ambiguity in risk governance: a synthesis. *AMBIO* 2011; 40, 231–246.
- RICHMOND, A., MYERS, I., NAMULI, H. Urban informality and vulnerability: e case study in Kampala, Uganda. *Urban. Science*, 2018; 2 (1), 22

- RIJKE, J., BROWN, R., ZEVENBERGEN, C., ASHLEY, R., FARRELLY, M., MORISON, P., VAN HERK, S. Fit-for-purpose governance: A framework to make adaptive governance operational. *Environ. Sci. Policy*, 2012; 22, 73–84.
- RÍOS, D. Present-day capitalist urbanization and unequal disaster risk production: The case of Tigre. In: *Environ Urban*, 27. Buenos Aires, 2015; pp. 679–692.
- RODER, G., RULJIGALJIG, T., LIN, C-W., TAROLLI, P. Natural hazards knowledge and risk perception of Wujie indigenous community in Taiwan. *Nat. Hazards*, 2016, 81, 641–662. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-2100-4>
- RODRIGUES, C.U. Climate change and DIY urbanism in Luanda and Maputo: new urban strategies? *International Journal of Urban Sustainable Development*, 11:3, 319-331, DOI: 10.1080/19463138.2019.1585859
- RODRÍGUEZ, R.A.S. SANTOS, A.E.M. Vulnerability assessment to climate variability and climate change in Tijuana, *Sustain. Times* 10 (2018), <https://doi.org/10.3390/su10072352>. Mexico.
- ROY, A. Urban informality: toward an epistemology of planning. *J. Am. Plan. Assoc.* 2005; 71 (2), 147–158.
- ROY, P., CHAKRABORTTY, R., CHOWDHURI, I., MALIK, S., DAS, B., PAL, S.C. Development of Different Machine Learning Ensemble Classifier for Gully Erosion Susceptibility in Gandheswari Watershed of West Bengal, India. Springer Singapore. 2020. Disponible em: <https://doi.org/10.1007/978-981-15-3689-2>
- SAATY, T.L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *J. Math. Psychol.*, v. 15, 1977, p. 57-68.
- SAATY, T.L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Eur. J. Oper. Res.*, v. 48, 1990, p. 9-26.
- SAATY, T.L. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill, 1980.
- SAINI, R., GHOSH, S.K. Crop classification on single date Sentinel-2 imagery using random forest and support vector machine. *Int. Archiv. Photogramm., Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XLII-5, 2018; 683–688.
- SALVATI, P., PETRUCCI, O ROSSI, M. et al., Gender, age and circumstances analysis of flood and landslide fatalities in Italy, *Sci. Total Environ.* 610 (2018) 867–879, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.064>.
- SANÉ, O.D., GAYE, A.T., DIAKHATÉ, M., AZIADEKEY, M. Critical factors of vulnerability P. Bottazzi et al. *Environmental Science and Policy*, 2016; 93 (2019) 172–180 179.
- SANTAMOURIS, M. Recent progress on urban overheating and heat island research. Integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact. Synergies with the global climate change. *Energy and Buildings*, 207, Article 109482. 2020. Disponible em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109482>

SATTERTHWAITE D. What role for low-income communities in urban areas in disaster risk reduction? Global assessment report on disaster risk reduction. London: ISDR & IIED; 2011

SAULNIER, D.D., RIBACKE, K.B., VON SCHREEB, J. No calm after the storm: a systematic review of human health following flood and storm disasters. *Prehosp Disaster Med.* 32 (2017) 568–579, <https://doi.org/10.1017/S1049023X17006574>.

SAYERS, P., PENNING-ROUSELL, E., HORRITT, M. Flood vulnerability, risk, and social disadvantage: current and future patterns in the UK. *Reg. Environ. Change*, 2018, 18, 339–352. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1252-z>

SCHANZE, J. Flood risk management – a basic framework. *Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures*. Springer, Dordrecht, 2006; pp. 1–20.

SCHOLZ, M. Water quality improvement performance of geotextiles within permeable paving systems: a critical review. 2013, 5(2), 462-479; <https://doi.org/10.3390/w5020462>

SCHOLZ, M. *Wetland Systems – Storm Water Management Control*. Springer Verlag, Berlin, Germany. 2010.

SCIENCE, A.A. Rise of the City. *Science*, 2016; 352(6288): 906-907. DOI:10.1126/science.352.6288.906

SCOLOBIG, A., DE MARCHI, B., BORGA, M. The missing link between flood risk awareness and preparedness. Findings from case studies in an Italian Alpine region. *Nat Hazards*. 2012; 63 (2):499–520. Doi:10.1007/s11069-012-0161-1.

SENEVIRATNE, S., NICHOLLS, N., EASTERLING, D., GOODESS, C., KANAE, S., KOSSIN, J., LUO, Y., MARENGO, J., MCINNES, K., RAHIMI, M., & REICHSTEIN, M. (2012). Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. In book: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX)* (pp.12566-). Chapter: 3. Publisher: Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, April 2012.

SEPTIANA, M.E. WARDOYO, M.A.I. PRAPTIWI, N.Y. et al. Nugrahagung, Disaster education through local knowledge in some area of merapi volcano, IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 271 (2019), 012011, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/271/1/012011>.

SERVIÇO AUTÓNOMO DE SANEAMENTO DA BEIRA - SASB. Plano de continuidade de negócios do Serviço autónomo de Saneamento da Beira (SASB) – Moçambique. Conselho Municipal da Beira. 148.p 2020.

SETO, K.C., GOLDEN, J.S., ALBERTI, M., & TURNER, B.L. Sustainability in an urbanizing planet. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2017; 114(34), 8935–8938. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1606037114>

SETO, K.C., GÜNERALP, B., HUTYRA, L.R. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 2012; 109 (40), 16083–16088. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1211658109>.

SHAH, A.A., AJIANG, C., KHAN, N.A., ALOTAIBI, B.A., TARIQ, M.A.U.R. Flood risk perception and its attributes among rural households under developing country conditions: the case of Pakistan. *Water*, 2022; 14, 992. <https://doi.org/10.3390/w14060992>.

SHAO, W., XIAN, S., LIN, N., KUNREUTHER, H., JACKSON, N., GOIDEL, K. Understanding the effects of past flood events, perceived and estimated flood risks on individuals' voluntary flood insurance purchase behaviors. *Water Res.* 2017b, 108, 391–400.

SHAO, W., XIAN, S., LIN, N., SMALL, M. A sequential model relating risk exposure, perception and public support for coastal flood adaptation measures. *Water Res.*, 2017c, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.05.072>

SHAO, Z., SUMARI, N.S., PORTNOV, A., UJOH, F., MUSAKWA, W., MANDELA, P.J. Urban sprawl and its impact on sustainable urban development: a combination of remote sensing and social media data. *Geo Spat. Inf. Sci.* 2021; 24, 241–255. <https://doi.org/10.1080/10095020.2020.1787800>.

SHARIF, H.O. JACKSON, T.L. HOSSAIN, M.M. et al., Analysis of flood fatalities in Texas, *Nat. Hazards Rev.* 16 (1) (2014) 04014016, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000145](https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000145).

SHAW, R. Chapter 1 Overview of Community-Based Disaster Risk Reduction in Community-Based Disaster Risk Reduction, Emerald Group Publishing Limited, 2012, pp. 3–17.

SHENG, L., TANG, X., YOU, H., GU, Q., HU, H. Comparison of the urban heat island intensity quantified by using air temperature and landsat land surface temperature in Hangzhou, China. *Ecol. Indic.* 2017; 72, 738–746. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.09.009>.

SHIROYAMA, H., YARIME, M., MATSUO, M., SCHROEDER, H., SCHOLZ, R., ULRICH, A.E. Governance for sustainability: knowledge integration and multi-actor dimensions in risk management. *Sustainability Sci.* 2012; 7 (Suppl. 1), 45–55.

SIEDENTOP, S., FINA, S. Who sprawls most? Exploring the patterns of urban growth across 26 European countries. *Environ. Plan. A*, 2012; 44, 2765–2784. <https://doi.org/10.1068/a4580>.

SLOVIC, P. KUNREUTHER, H. WHITE, G. Decision processes, rationality and adjustment to natural hazards, in: P. Slovic (Ed.), *Percept. Risk*, Routledge, London, 2000, pp. 39–69.

SOYDAN, O. Effects of landscape composition and patterns on land surface temperature: Urban heat island case study for Nigde, Turkey. *Urban Climate*, 2020, 34, Article 100688. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100688>

STARR C. Social benefit versus technological risk. In: Chalk R, editor. *Science, technology, and society: emerging relationships*. Washington: American Association for the Advancement of Science; 1969.

STOUGH, L.M. DUCY, E.M. KANG, D. LEE S., Disasters, schools, and children: disability at the intersection, *Int. J. Disaster Risk Reduc.* 45 (2020), <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101447>.

SUN, F., MEJIA, A., CHE, Y. Disentangling the Contributions of Climate and Basin Characteristics to Water Yield Across Spatial and Temporal Scales in the Yangtze River Basin: A Combined Hydrological Model and Boosted Regression Approach. *Water Resour. Manage.* 2019; 33 (10), 3449–3468. <https://doi.org/10.1007/s11269-019-02310-y>

SURIYA, S., MUDGAL, B.V. Impact of urbanization on flooding: the thirusoolam sub watershed – a case study. *J. Hydrol.* 2012; 412, 210–219. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.05.008>.

SWYNGEDOUW, E. Governance innovation and the citizen: the Janus face of governance-beyond-the-state. *Urban Stud.* 2005; 42 (11).

TADROSS, M. Climate change modelling and analyses for Mozambique in Main report: INGC Climate Change Report: Study on the impact of climate change on Disaster risk in Mozambique. [Asante, K., Brito, R., Brundrit, G., Epstein, P., Fernandes, A., Marques, M.R., Mavume, A., Metzger, M., Patt, A., Queface, A., Sanchez del Valle, R., Tadross, M., Brito, R. (eds.)]. INGC, Mozambique. 2009.

TAPIA, C. ABAJO, B. FELIU, E. MENDIZABAL, M. MARTINEZ, J.A. FERN´ANDEZ, J.G LABURU, T. LEJARAZU, A. Profiling urban vulnerabilities to climate change: an indicatorbased vulnerability assessment for European cities, *Ecol. Indic.* 78 (2017) 142–155, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.02.040>.

TATIANA, F. Market-based instruments for flood risk management: a review of theory, practice and perspectives for climate adaptation policy. *Environ. Sci. Policy*, 2014, 37, 227–242. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.09.005>.

TERFA, B.K., CHEN, N., LIU, D., ZHANG, X., NIYOGI, D. Urban expansion in Ethiopia from 1987 to 2017: Characteristics, spatial patterns, and driving forces. *Sustainability*, 2019; 11, 1–21. <https://doi.org/10.3390/su11102973>.

TERMEER, C.J.A.M., DEWULF, A., VAN LIESHOUT, M. Disentangling scale approaches in governance research: comparing monocentric, multilevel and adaptive governance. *Ecol. Soc.* 2010; 15 (4), 29.

TIBSHIRANI, R., HASTIE, T., NARASIMHAN, B., CHU, G. Diagnosis of multiple cancer types by shrunken centroids of gene expression. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 2002; 99. <https://doi.org/10.1073/pnas.082099299>

TRENBERTH, K. E. Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*, 2011; 47, 123–138.

UACANE, S.M., SEVENE, O E., CAMOES, B.F. Variação espacial da temperatura ambiente no bairro da manga-mascarenhas, cidade da Beira/ Moçambique. *Revista educamazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente*, Humaitá. Ano 10, vol xx, número 1, jan-jun, 2018, pág. 231-248

UGE, S. NEOLAKA, A. YASIN, M. Development of social studies learning model based on local wisdom in improving students' knowledge and social attitude, *Int. J. InStruct.* 12:3 (2019) 375–388, <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12323a>.

UJOH, F., KWABE, I., IFATIMEHIN, O.O., D, I. Understanding urban sprawl in the Federal Capital City, Abuja: towards sustainable urbanization in Nigeria. *J. Geogr. Reg. Plan.* 2010; 3, 106–113.

UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction), Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030, 2015. Accessed January 2021), [http://www.wcdrr.org/uploads/Sendai\\_Framework\\_for\\_Disaster\\_Risk\\_Reduction\\_2015-2030.pdf](http://www.wcdrr.org/uploads/Sendai_Framework_for_Disaster_Risk_Reduction_2015-2030.pdf).

UNISDR. Build Back Better in recovery, rehabilitation and reconstruction. United Nations. 2017.

UNITED NATIONS. Revision of the World Urbanization Prospects. New York: United Nations; 2018.

van der LINDEN, S. The social-psychological determinants of climate change risk perceptions: Towards a comprehensive model. *J. Environ. Psychol.* 2015; 41, 112–124. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2014.11.012>.

VERMEIREN, K., VAN ROMPAEY, A., LOOPMANS, M., SERWAJJA, E., MUKWAYA, P. Urban growth of Kampala. In: *Landscape and urban planning*, 106. Pattern analysis and scenario development, Uganda, 2012; pp. 199–206

WACHINGER, G., RENN, O., DOM`ENECH, L., JAKOBSON, I., KUHLICKE, C., LEMKOW, L., PELLIZZONI, L., PIRIZ, A., SAURÍ, D., SCOLOBIG, A., STEINFÜHRER, A., SUPRAMANIAM, M., WHITTLE, R., BIANCHIZZA, C., COATES, T., MARCHI, B. Risk Perception and Natural Hazards (Stuttgart). 2010. [http://caphaz-net.org/outcomes-results/CapHaz-Net\\_WP3\\_Risk-Perception.pdf](http://caphaz-net.org/outcomes-results/CapHaz-Net_WP3_Risk-Perception.pdf)

WALKER, G., TWEED, F., AMD WHITTLE, R. A framework for profiling the characteristics of risk governance in natural hazards contexts. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 2014; 14, 155–164.

WANG, K., WANG, F. Theory and measurement model of administrative region potential from a perspective of administrative division adjustment: taking Chongqing city as a case study. *J. Geogr. Sci.* 2020; 30, 1341–1362. <https://doi.org/10.1007/s11442-020-1785-9>.

WANG, P., QIAO, W., WANG, Y., CAO, S., ZHANG, Y., 2020b. Urban drought vulnerability assessment – A framework to integrate socio-economic, physical, and policy index in a vulnerability contribution analysis. *Sustain. Cities Soc.* 54, 102004. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.102004>.

- WASSMER, R. W. Fiscalisation of land use, urban growth boundaries and non-central retail sprawl in the western United States. *Urban Studies*, 2002; 39(8), 1307–1327.
- WEI, Y.D., EWING, R. Urban expansion, sprawl and inequality. *Landsc. Urban Plan.* 2018;177, 259–265. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.021>.
- WESTRA, S., FOWLER, H.J., EVANS, J.P., ALEXANDER, L.V., BERG, P., JOHNSON, F., KENDON, E.J., LENDERINK, G., ROBERTS, N.M. Future changes to the intensity and frequency of short-duration extreme rainfall. *Rev. Geophys.* 2014; 52, 522–555.
- WHITE, G. Human adjustment to floods: a geographical approach to the flood problem in the United States (Research Paper 29, Department of Geography). Chicago: University of Chicago; 1945.
- WIESNER, C., VLIET, V. V., BUTT, E., PAVENSTA, H., STO, M., LINDER, S., & KREMERSKOTHEN, J. A meta-analysis of global urban land expansion. *PLoS One*, 2012; 7(4), 1–10. <https://doi.org/10.1371/Citation>.
- WORLD BANK GROUP. Promoting Green Urban Development in African Cities: Kampala, Uganda, Urban Environmental Profile. World Bank. © World Bank, 2015.
- YANG, C., & ZHAO, S. Q. Urban vertical profiles of three most urbanized Chinese cities and the spatial coupling with horizontal urban expansion. *Land Use Policy*, 2022, 113, Article 105919. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105919>
- YENGOH, G.T. FOGWE, Z.N. ARMAH, F.A. Floods in the Douala metropolis, Cameroon: attribution to changes in rainfall characteristics or planning failures? *J. Environ. Plann. Manag.* 60 (2) (2017) 204–230
- YIFTACHEL, O. Theoretical notes on gray cities': The coming of urban apartheid? *Plan. Theory*, 2009; 8 (1), 88–100.
- YILMAZ, I. Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: a case study from Kat landslides (Tokat—Turkey). *Comput. Geosci.* 2009; 35, 1125–1138.
- ZEVENBERGEN, C., VEERBEEK, W., GERSONIUS, B., VAN HERK, S. Challenges in urban flood management: Travelling across spatial and temporal scales. *J. Flood Risk Manag.* 2008, 1 (2), 81–88. <https://doi.org/10.1111/j.1753-318X.2008.00010.x>.
- ZHAO, P. Too complex to be managed? New trends in peri-urbanization and its planning in Beijing. *Cities*, 2013; 30, 68–76.

## Apêndice: Materiais suplementares

### Apêndice - a

Questionário aplicado no estudo de caso da cidade da Beira

Questionário – Municípios Beirenses

#### I. DADOS DO QUESTIONÁRIO

1 Data \_\_\_\_\_ Hora \_\_\_\_\_ Bairro \_\_\_\_\_ Entrevistador \_\_\_\_\_

#### II. CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS

1. **Gênero** M ( ) F ( )

##### 2. **Faixa etária:**

De 20 – 30 anos ( ) de 31 – 40 anos ( )

De 41 – 50 anos ( ) De 51 - 60 anos ( ) mais de 60 anos ( )

##### 3. **Escolaridade**

Pré-escolar

Ensino Primário

Ensino Secundário

Ensino Tec. Profissional

Ensino Superior

#### III. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS

##### 1. **Tempo no bairro**

De 01 – 05 anos de 06 – 10 anos de 11 – 15 anos

De 16 – 20 anos de 21 – 25 anos de 26 – 30 anos

##### 2. **Renda familiar (em meticais)**

De 5 000 a 10 000 De 11 000 a 20 000 De 21 000 a 30 000

De 31 000 a 40 000 De 41 000 a 60 000 Mais de 60 000 Outro ( )

##### 3. **Status de residência**

Própria  
teus pais

Alugada

Casa dos

Emprestada temporariamente

outra



**Figura A.1** – Extensão da mudança da cobertura do solo em Beira: (a) 1979, (b) 1989, (c) 1999, (d) 2008, (f) 2019.

