

ARIADNE STRADIOTTO FRENZEL

**INUNDAÇÕES NO MEIO URBANO E VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL:  
ESTUDO DE CASO EM CURITIBA, BRASIL.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Gestão Urbana.

Linha de Pesquisa: Gestão e Tecnologias Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Edilberto Nunes de Moura

CURITIBA  
2019

Dados da Catalogação na Publicação  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR  
Biblioteca Central  
Luci Eduarda Wielganczuk – CRB 9/1118

F879i  
2019 Frenzel, Ariadne Stradiotto  
Inundações no meio urbano e vulnerabilidade socioambiental : estudo de caso em Curitiba, Brasil / Ariadne Stradiotto Frenzel ; orientador: Edilberto Nunes de Moura. – 2019.  
75 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2019  
Bibliografia: f. 67-75

1. Inundações – Aspectos sociais. 2. Inundações – Aspectos ambientais.  
3. escoamento urbano. 4. Águas pluviais. I. Moura, Edilberto Nunes de.  
II. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana. III. Título.

CDD 22. ed. – 333.3493

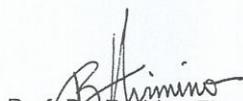
TERMO DE APROVAÇÃO

“INUNDAÇÕES NO MEIO URBANO E VULNERABILIDADE SOCIAL: ESTUDO DE CASO EM CURITIBA/BRASIL”

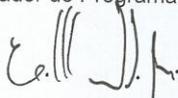
Por

**ARIADNE STRADIOTTO FRENZEL**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana, área de concentração em Gestão Urbana, da Escola de Arquitetura e Design, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.



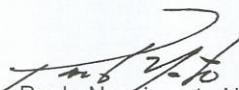
Prof. Dr. Rodrigo Firmino  
Coordenador do Programa – PPGTU/PUCPR



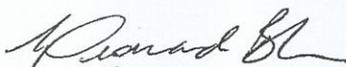
Prof. Dr. Edilberto Nunes de Moura  
Membro Interno – Orientador – PPGTU/PUCPR



Profª. Dra. Leticia Peret Antunes Hardt  
Membro Interno – PPGTU/PUCPR



Prof. Dr. Paulo Nascimento Neto  
Membro Interno – PPGTU/PUCPR



Prof. Dr. Leonardo Augusto Lobato Bello  
Membro Externo – UNAMA

Curitiba, 26 de fevereiro de 2019.

À Aroldo Frenzel e Ida Mary Stradiotto.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof. Dr. Edilberto Nunes de Moura, pela paciência, auxílio e por oferecer a oportunidade de desenvolver uma pesquisa edificante, tanto em nível de conhecimento científico quanto em conhecimento pessoal.

À Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR, que me acolheu e me formou nos últimos oito anos, entre graduação, mestrado e pesquisas científicas.

Ao Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres – CEPED/PR, pelo fomento para a presente pesquisa.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana – PPGTU, pelos conselhos e conhecimentos compartilhados; à Pollyana Schlenker por todo auxílio.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sylvia Ramos Leitão, amiga querida, pela presença em tantos momentos, pela inspiração infindável e pelo incentivo constante.

Aos amigos e amigas, recentes e antigos, pela existência.

À este ciclo que se encerra, um agradecimento.

## RESUMO

A eventualidade de inundações em áreas urbanas representa alguns obstáculos para o bem-estar das cidades, visto que pode afligir áreas densamente ocupadas e proporcionar prejuízos, não apenas em níveis materiais, mas também psicológicos e de saúde física para a população atingida, bem como perdas e danos para os aglomerados construídos. O tema desta dissertação é o estudo das vulnerabilidades social e ambiental à inundações urbanas na porção central da Bacia Hidrográfica do Rio Belém, em Curitiba/Brasil, e tem por objetivo identificar regiões de sobreposição da vulnerabilidade ambiental à inundações – obtidas a partir de cenários de inundação simulados em ambiente SIG –, no panorama de vulnerabilidade social identificado pelo Atlas de Vulnerabilidade Social dos Municípios Brasileiros (IPEA, 2015). Em um primeiro momento analisaram-se os indicadores de vulnerabilidade social no recorte geográfico. Em seguida, utilizou-se a técnica de modelagem computacional do *software* Hazus no desenvolvimento dos cenários de inundação e, com isso, identificaram-se as possíveis áreas e populações afetadas a partir das profundidades atingidas pela massa hídrica simulada, compondo assim um índice de vulnerabilidade ambiental (IVA). Após este levantamento, seguiu-se a sobreposição de informações a fim de mensurar e caracterizar o agregado de vulnerabilidade ambiental à área de estudo, combinando os índices de vulnerabilidade em um índice de vulnerabilidade socioambiental (IVSA). Dentre os resultados obtidos foi possível estimar as populações afetadas, que foram classificadas com base nas profundidades das manchas de inundação, incrementando os aspectos de vulnerabilidade social a simulação de vulnerabilidade ambiental.

**Palavras-chave:** Inundações urbanas; Vulnerabilidade social; Vulnerabilidade ambiental; Hazus; SIG.

## ABSTRACT

The possibility of flooding in urban areas poses obstacles to the well-being of cities as it can afflict densely occupied areas and provide damage not only to material but psychological and physical health levels for the affected population, as well as loss and damage for the built agglomerates. The theme of this dissertation is the study of social and environmental vulnerabilities to urban floods in the central portion of the Belem River Basin in Curitiba/Brazil, and aims to identify regions of environmental vulnerability to flooding – obtained from scenarios of floods simulated in a GIS environment – in the panorama of social vulnerability identified by the Atlas of Social Vulnerability of Brazilian Municipalities (IPEA, 2015). At first, the indicators of social vulnerability in the geographic cut were analyzed. Then, the Hazus software computational modeling technique was used in the development of the flood scenarios, and the possible affected population was identified from the depths reached by the simulated water mass, composing an environmental vulnerability index. After this survey, information was superimposed to measure and characterize the aggregate of environmental vulnerability to the study area, combining the vulnerability indexes into a socio-environmental vulnerability index. Among the obtained results, it was possible to estimate the affected population, classified considering the depths of the flood spots, increasing in the aspects of social vulnerability the simulation of environmental vulnerability.

**Key words:** Urban Floods; Social vulnerability; Environmental vulnerability; Hazus; GIS;

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Figura esquemática de representação do ciclo hidrológico em ambientes urbanos.....	15
Figura 2 – Ilustração que representa as diferenças entre alagamentos, enchentes e inundações .....	21
Figura 3 – Fluxograma de relação entre os ambientes natural e antrópico e a exposição dos mesmos à desastres naturais.....	26
Figura 4 – Classes e intervalos do IVS .....	41
Figura 5 – Diagrama de distribuição dos municípios nas faixas de vulnerabilidade social (2000-2010).....	42
Figura 6 – Mapa de delimitação do recorte geográfico .....	45
Figura 7 – Mapa de UDHS do recorte geográfico com classes de IVS e hidrografia .....	47
Figura 8 – Etapas do processo de funcionamento do <i>software</i> Hazus.....	49
Figura 9 – Mapa de manchas de inundação simuladas com o <i>software</i> Hazus .	52
Figura 10 – Mapa de UDHS com respectivas classes de IVA e hidrografia .....	57
Figura 11 – Mapa de UDHS com classes de IVSA e hidrografia .....	60

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1 – Evolução da população brasileira nos Censos Demográficos e situação do domicílio.....	14
Quadro 2 – Distribuição dos recursos da União para ações de Defesa Civil entre os anos de 2005 e 2014 (valores em reais) .....	17
Quadro 3 – Tipos de impactos decorrentes de inundações em ambientes urbanos considerando diversos usos do solo urbano .....	23
Quadro 4 – Tipos de modelos hidrológicos, suas características e usos. ....	35
Quadro 5 – Dimensões e Indicadores do Atlas de Vulnerabilidade social nos municípios brasileiros.....	39
Quadro 6 – Regressão dos indicadores do IVS para o município de Curitiba (2000-2010).....	43
Quadro 7 – UDHs da bacia hidrográfica do Rio Belém afetadas por manchas de inundação.....	46
Quadro 8 – Dados de vazão e tempo de retorno dos rios inseridos no recorte geográfico.....	51
Tabela 9 – Proporção das profundidades das manchas de inundação com relação às UDHs .....	53
Tabela 10 – Composição do índice IVA a partir da proporção de pessoas domiciliadas afetadas por UDH, considerando as profundidades atingidas pelas manchas de inundação .....	55
Quadro 11 – Índices e classes de IVA das UDHs .....	56
Tabela 12 – Somatório dos índices IVS e IVA para cada UDH.....	58
Quadro 13 – Índice IVSA para as UDHs .....	59

## LISTA DE SIGLAS

ADH – Atlas de Desenvolvimento Humano  
BNH – Banco Nacional de Habitação  
CNM – Confederação Nacional dos Municípios  
COHAB-CT – Companhia de Habitação Popular de Curitiba  
COPEL – Companhia Paranaense de Energia  
CMC – Câmara Municipal de Curitiba  
DEM – *Digital Elevation Model*  
FEMA – *Federal Emergency Management Agency*  
GIS – *Geographic Information System*  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano  
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
IVA – Índice de Vulnerabilidade Ambiental  
IVS – Índice de Vulnerabilidade Social  
IVSA – Índice de Vulnerabilidade Socioambiental  
LIDAR – *Laser Scanning Data*  
PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra por Domicílios  
SIG – Sistema de Informação Geográfica  
SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental  
UDH – Unidade de Desenvolvimento Humano  
UNSD – *United Nations Statistics Division*

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1	PROBLEMATIZAÇÃO .....	13
1.2	OBJETIVOS .....	16
1.3	JUSTIFICATIVAS DA PESQUISA .....	16
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>19</b>
2.1	DESASTRES NATURAIS: INUNDAÇÕES NOS AMBIENTES URBANOS BRASILEIROS.....	19
2.1.1	<b>Impactos relativos à inundações nos ambientes urbanos</b> .....	<b>22</b>
2.2	VULNERABILIDADE .....	25
2.2.1	<b>Vulnerabilidade Social</b> .....	<b>27</b>
2.2.2	<b>Vulnerabilidade ambiental</b> .....	<b>27</b>
2.2.3	<b>Vulnerabilidade socioambiental</b> .....	<b>28</b>
2.2.4	<b>Mapeamento de vulnerabilidades ambientais e sociais e construção de indicadores</b> .....	<b>29</b>
2.3	MODELAGEM COMPUTACIONAL E MAPEAMENTO DE CENÁRIOS DE INUNDAÇÕES NO MEIO URBANO .....	32
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA DA PESQUISA</b> .....	<b>36</b>
3.1	ESTUDO DE CASO.....	37
3.1.1	<b>Identificação de vulnerabilidade social: Atlas da Vulnerabilidade Social nos Municípios Brasileiros, IPEA (2015)</b> .....	<b>37</b>
3.1.1.1	Identificação do IVS para o recorte geográfico.....	44
3.1.2	<b>Desenvolvimento de cenários de inundação nos ambientes urbanos com enfoque no método Hazus</b> .....	<b>48</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>52</b>
4.1	CENÁRIOS SIMULADOS DE MANCHAS DE INUNDAÇÃO.....	52
4.2	CATEGORIZAÇÃO DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL – ÍNDICE IVA53	
4.3	ARTICULAÇÃO ENTRE AS VULNERABILIDADES SOCIAL E AMBIENTAL NA ÁREA DE ESTUDO – ÍNDICE IVSA.....	58
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O fenômeno de inundações pode ocorrer devido ao processo hidrológico natural a partir da inundação de várzeas e planícies de inundação, ou pode ocorrer devido às alterações antrópicas vinculadas ao processo de urbanização com impermeabilização de grandes porções do território, bem como alterações e canalizações de cursos d'água, que impedem a absorção do volume da massa de água proveniente de chuvas, impactando o processo de escoamento e gerando sobrecarga na drenagem natural e na drenagem antrópica (OLIVEIRA, 2010; TINGSANCHALI, 2012; TUCCI, 2008).

As inundações em áreas urbanas representam uma contrariedade para as cidades, visto que atingem áreas densamente ocupadas e ocasionam prejuízos consideráveis, e em alguns casos irreparáveis, para a população – não apenas em níveis materiais, mas psicológicos e de saúde física – bem como impacta os aglomerados construídos, que são afetados com a possível danificação de infraestruturas e edificações (CUTTER *et al.*, 2003; ZANELLA, 2006). Um dos fatores que pode ser relacionado à ocorrência de inundações se encontra na má ocupação e má gestão das bacias hidrográficas devido à ocupação de áreas sensíveis ao processo de inundação (BERTOLINO, 2013; GARCIAS *et al.*, 2010; OLIVEIRA, 2010; TUCCI, 2008).

A adversidade das inundações no ambiente urbano é complexa, uma vez que envolve diversos fatores sociais e ações multidisciplinares abrangentes sobre as bacias hidrográficas devido à característica de sistema dinâmico e integrado das mesmas, em que ações voltadas para a resolução pontual de instabilidades podem ocasionar a transferência dos problemas hídricos, não sua mitigação (BERTOLINO, 2013; LEITE, 1993; TUCCI, 2008).

Tingsanchali (2012) verifica que diversas cidades e grandes áreas urbanas se localizam em planícies de inundação devido às condições favoráveis para agricultura e desenvolvimento da urbanidade, pois os corpos d'água provém de meios convenientes para o desenvolvimento econômico, como transportes, navegação, comunicação, irrigação e indústrias, bem como para usos domésticos e cotidianos. Com a concentração e o aumento da população em locais sensíveis no que diz respeito ao sistema natural – como mananciais de abastecimento – descortina-se

um embate entre a subsistência do homem e a sustentabilidade no meio em que habita (GARCIAS *et al.*, 2010).

O processo de ocupação das cidades brasileiras desencadeou um movimento de fixação populacional em locais impróprios para a ocupação, como planícies de inundação, morros ou locais com solo frágil, nos quais diversas situações de risco e vulnerabilidade social e ambiental podem ser observadas. Um exemplo disto é como demonstram os estudos no âmbito jurídico – enfocando o direito de acesso à terra urbana, no âmbito da saúde – em análise das condições de saneamento e acesso ao sistema de saúde – e no âmbito urbano, destacando conjunturas de vulnerabilidade em um horizonte com múltiplas possibilidades de análise e desenvolvimento considerando a pluralidade do ambiente urbano (BORZACCHIELLO, 2001; HUMMEL *et al.*, 2016; MARICATO, 2011; ROLNIK; NISIDA, 2011; ZANELLA, 2006).

Por existir conflitos entre os meios antrópico e natural, as precariedades proporcionadas ao meio natural refletem-se nas fragilidades do meio antrópico, ou seja, a urbanização pode agravar as vulnerabilidades naturais das malhas hidrográficas e seus entornos, bem como intensificar a degradação antrópica evidenciada pela precarização das cidades e suas crescentes demandas por espaço e infraestrutura, resultando em possíveis perdas monetárias e humanas.

## 1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Com a inversão da dinâmica populacional no Brasil, que na metade do século XX ainda permanecia um país essencialmente agrário, aproximadamente metade da população brasileira habitava centros urbanos e a outra metade áreas rurais. A concentração da sociedade brasileira nas cidades cresceu de forma vertiginosa na segunda metade do século XX, respondendo à concentração de capital e emprego nos centros urbanos, conforme demonstrado no Quadro 1.

Já na década de 1970, observa-se um aumento na população brasileira como um todo, mas especialmente no incremento da população urbana, com um acréscimo de aproximadamente 21 milhões de pessoas a mais habitando centralidades urbanas em um período de 10 anos se comparado ao Censo Demográfico anterior.

Quadro 1 – Evolução da população brasileira nos Censos Demográficos e situação do domicílio

<b>População brasileira</b>	<b>1960</b>	<b>1970</b>	<b>1980</b>	<b>1991</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>
<b>Urbana</b>	32.004.817	52.904.744	82.013.375	110.875.826	137.755.550	160.925.792
<b>Rural</b>	38.987.526	41.603.839	39.137.198	36.041.633	31.835.143	29.830.007
<b>Total</b>	<b>70.992.343</b>	<b>94.508.583</b>	<b>121.150.573</b>	<b>146.917.459</b>	<b>169.590.693</b>	<b>190.755.799</b>

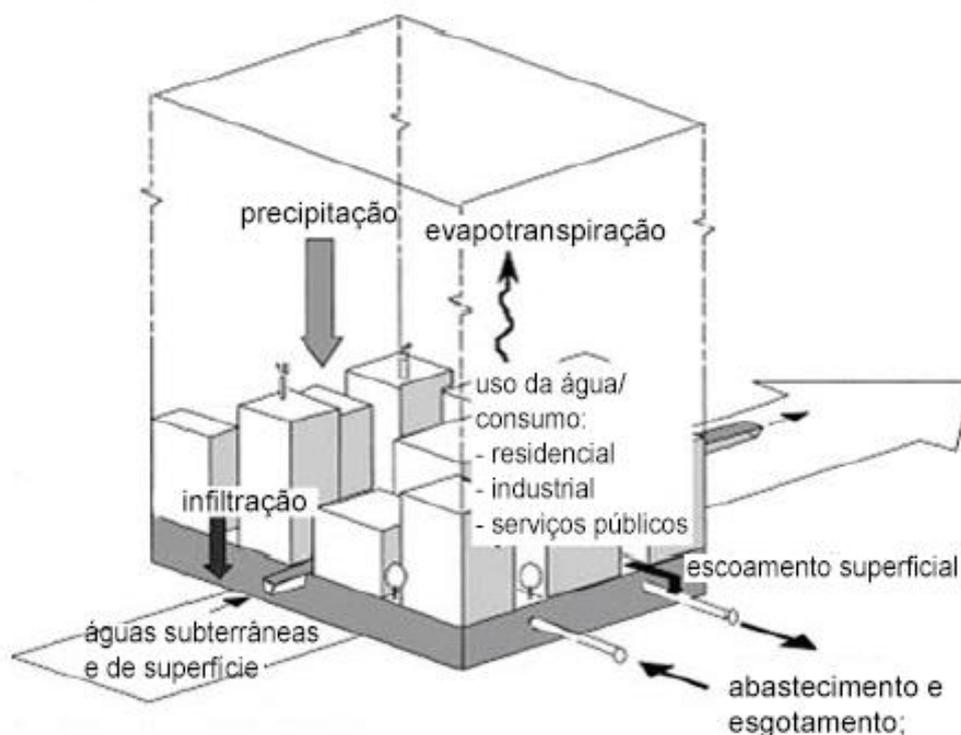
Fonte: IBGE (1960; 1970; 1980; 1991; 2000; 2010).

A partir dos anos 1980 as extensões das periferias urbanas brasileiras cresceram mais do que os núcleos ou municípios centrais das metrópoles, caracterizando maior densidade de ocupação do solo nas regiões urbanas centrais, bem como expansão horizontal das cidades para as periferias, pobreza e exclusão social (MARICATO, 2011; ROLNIK; KLINK, 2011; TUCCI, 2008).

No caso da expansão horizontal das cidades para as periferias há a ocupação de áreas impróprias, como planícies de inundação, mananciais de abastecimento, que tem como agravante a extinção de grandes maciços vegetais (GARCIAS *et al.*, 2010; OLIVEIRA, 2010). Enquanto a verticalização e o adensamento nas áreas centrais pode ocasionar, se não devidamente planejados, sobrecarga nas infraestruturas urbanas existentes, especialmente no que diz respeito ao saneamento urbano, considerando abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos, drenagem e controle de vetores (OLIVEIRA, 2010; TINGSANCHALI, 2012; TUCCI, 2008).

As significativas alterações do sistema natural fazem com que o ciclo hidrológico natural da água seja massivamente alterado. As grandes áreas impermeabilizadas do solo nos centros urbanos dificultam o processo de evaporação e escoamento superficial das águas e, em caso de precipitações extremas, os sistemas de drenagem e as medidas estruturais para controle de cheias urbanas não suportam o volume concentrado de água e resíduos sólidos, entrando em colapso e, conseqüentemente, ocasionando inundações, enchentes e alagamentos (KOBAYAMA *et al.*, 2006; OLIVEIRA, 2010; TINGSANCHALI, 2012; TUCCI, 2008). De forma didática, a Figura 1 representa o processo de manejo das águas em ambientes construídos, enfatizando o sistema de drenagem – que concerne abastecimento, esgotamento e gestão das águas superficiais provenientes das chuvas.

Figura 1 – Figura esquemática de representação do ciclo hidrológico em ambientes urbanos.



Fonte: baseado em Tingsanchali (2012).

Devido à impermeabilização do solo compreende-se a necessidade de um sistema com dimensionamento e eficiência nas funções de recolhimento e estanque das águas, a fim de mitigar as fragilidades do ambiente construído à força de vazões intensas; uma vez que o processo de precipitação- evaporação ocorre de forma natural, mas se torna difícil devido à densidade construída e à impermeabilização dos centros urbanos.

Nas cidades brasileiras a ocupação urbana demonstra exercer grande pressão no sistema natural, com grandes parcelas da população habitando localizações precárias, com pouca ou inexistente infraestrutura, acentuando desvantagens sociais, elevando a vulnerabilidade destes locais e das pessoas que os habitam (HUMMEL *et al.*, 2016; MARICATO, 2011; ROLNIK; NISIDA, 2011).

Compreende-se que uma grande parcela populacional brasileira se encontra em posição de vulnerabilidade, não apenas por se localizarem em locais com potencial vulnerabilidade ambiental, mas também pela estruturação excludente das cidades brasileiras e as políticas públicas adotadas pelos órgãos gestores, uma vez que os impactos sobre a população são causados, principalmente, pela ocupação

inadequada do espaço urbano (CUTTER *et al.*, 2003; HUMMEL *et al.*, 2016; MARICATO, 2011; TUCCI, 2008; ZANELLA, 2006).

Neste contexto, o foco da presente pesquisa volta-se para a integração das características de vulnerabilidade socioambiental da população residente na região central da Bacia Hidrográfica do Rio Belém (Curitiba/Brasil), a partir simulação de massa hídrica oriunda de inundação urbana, criada a partir de cenários simulados em modelagem computacional.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral da presente pesquisa é **articular** relações entre a vulnerabilidade social e a vulnerabilidade ambiental vinculadas à previsão de cenários de inundações, na Bacia Hidrográfica do Rio Belém, localizada no município de Curitiba, Brasil, a partir de indicadores.

Os objetivos específicos da presente pesquisa são:

- a) **Descrever** aspectos de vulnerabilidade social identificados na área de estudo e baseados em índice de vulnerabilidade social pré-determinado;
- b) **Elaborar** cenários de inundações na Bacia Hidrográfica do Rio Belém com base na metodologia de modelagem computacional, com a posterior concepção de indicador de vulnerabilidade ambiental;
- c) **Associar** o indicador de vulnerabilidade ambiental desenvolvido com o indicador de vulnerabilidade social reconhecido na área de estudo a partir da criação de um índice de vulnerabilidade socioambiental.

## 1.3 JUSTIFICATIVAS DA PESQUISA

As inundações urbanas podem ser eventos de grande escala, passíveis de impactar diversos setores das cidades e da sociedade urbana. Kobiyama *et al.* (2006) citam que a cada R\$1 investido na prevenção de desastres, são gastos de R\$25 a R\$30 em obras e ações de reconstrução pós-evento.

Corroborando com essa afirmação, a Confederação Nacional dos Municípios (CNM), em artigo publicado em seu periódico em 2016, constatou que a alocação de

recursos da União, entre 2005 e 2014, aportou R\$6 bilhões em ações de proteção e defesa civil; destes, R\$147,7 milhões foram destinados a ações de prevenção, enquanto R\$5,9 bilhões (98% do total) se destinaram a ações emergenciais de resposta e reconstrução, como pode ser observado no Quadro 2.

A avaliação prévia dos impactos de inundações urbanas permite estimar os prejuízos não apenas no âmbito econômico, mas também no âmbito social. Além da possível perda de bens imóveis e pertences há a disseminação de doenças veiculadas por meio hídrico, bem como a insegurança e a ansiedade da população frente à possibilidade novos eventos de desastres naturais (CUTTER *et al.*, 2003; ZANELLA, 2006; HUMMEL *et al.*, 2016).

Quadro 2 – Distribuição dos recursos da União para ações de Defesa Civil entre os anos de 2005 e 2014 (valores em reais)

<b>Exercício</b>	<b>Prevenção e Preparação para Desastres</b>	<b>Resposta aos Desastres e Reconstrução</b>	<b>Gestão de Riscos e Resposta à Desastres</b>	<b>Total de Repasses</b>
<b>2005</b>	0,00	5.325.901,78	0,00	5.325.901,78
<b>2006</b>	4.464.983,25	19.502.525,84	0,00	23.967.509,09
<b>2007</b>	18.157.098,70	115.465.313,36	0,00	133.622.412,06
<b>2008</b>	51.578.920,79	137.427.476,57	0,00	189.006.397,36
<b>2009</b>	41.089.528,69	837.103.416,87	0,00	878.192.945,56
<b>2010</b>	5.721.827,17	1.689.588.077,19	0,00	1.695.309.904,36
<b>2011</b>	26.716.999,11	457.568.540,43	0,00	484.285.539,54
<b>2012</b>	0,00	152.317.980,80	616.425.881,54	768.743.862,34
<b>2013</b>	0,00	0,00	1.232.277.779,68	1.232.277.779,68
<b>2014</b>	0,00	0,00	688.590.529,89	688.590.529,89
<b>Total</b>	<b>147.729.357,71</b>	<b>3.414.299.232,84</b>	<b>2.537.294.191,11</b>	<b>6.099.322.781,66</b>

Fonte: CNM (2016).

O processo de ocupação e distribuição da população no ambiente urbano está intimamente relacionado às dinâmicas econômicas. Rolnik e Klink (2011), em análise do solo urbano, argumentam que o mercado de terras determina a forma de estruturação da cidade em conjunto com a política de investimentos urbanos, de infraestrutura e com a relação que ele estabelece com as estratégias de regulação urbana. Desta forma, a produção do espaço é uma produção de localizações, pois diferentes locais possuem diferentes valores, que se associam ao valor dos elementos urbanos ali presentes e a maior acessibilidade aos bens e serviços existentes na cidade (VILLAÇA, 2001).

Compreende-se que a maior oferta de infraestrutura e acessos atrai determinada parcela da população, que possui recursos para investir e se manter em locais com maior oferta de serviços, enquanto a parcela restante tende a se

localizar em regiões menos desenvolvidas, periféricas e desvalorizadas perante o mercado imobiliário e, em muitos casos, em locais com potencial de risco ambiental (MARICATO, 2011; ROLNIK; NISIDA, 2011; VILLAÇA, 2001; ZANELLA, 2006). Corroborando com este panorama, Coelho (2001, p. 28) afirma que:

Os problemas socioambientais (ecológicos e sociais) não atingem igualmente todo o espaço urbano. Atingem muito mais os espaços físicos de ocupação das classes sociais menos favorecidas do que os das classes mais elevadas. A distribuição espacial das primeiras está associada à desvalorização de espaço, quer pela proximidade dos leitos de inundação dos rios, das indústrias, de usinas termonucleares, quer pela insalubridade, tanto pelos riscos ambientais (susceptibilidade das áreas e das populações aos fenômenos ambientais) como desmoronamento e erosão, quanto pelos riscos das prováveis ocorrências de catástrofes naturais.

Por conseguinte, o presente trabalho se baseia na justificativa de estabelecer relações entre o sistema natural e a população possivelmente afetada por eventos de inundação no ambiente urbano (sistema antrópico) na região central da Bacia Hidrográfica do Rio Belém devido aos possíveis impactos ao patrimônio físico e social, bem como na percepção de que eventos de inundações podem gerar danos a longo prazo e de difícil recuperação por parte da sociedade, especialmente para as parcelas mais vulneráveis da população. Com isso, entendemos que a população afetada pode não possuir os meios necessários para transpassar as perturbações nos meios ambiental e antrópico, enfatizando e incrementando a vulnerabilidade social da população e do ambiente urbano em que a mesma se insere.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 DESASTRES NATURAIS: INUNDAÇÕES NOS AMBIENTES URBANOS BRASILEIROS

A UNSD – *United Nations Statistics Division* (Comissão Estatística das Nações Unidas) define desastre como “uma situação ou evento, que prevalece sobre as capacidades de um local, necessitando de auxílio e assistência nacional ou internacional. Um evento não-previsto ou repentino, que causa elevados danos, destruição e sofrimento humano” (UNSD, 2008).

Hoeppe (2016, p.70) considera que um desastre pode ser definido como:

um desastre ou catástrofe pode ser definido geralmente como um evento que causa danos significativos e perdas de posses humanas, e de seres humanos. Dessa forma, um evento extremo como um terremoto ou uma tempestade que ocorra em uma região que não possua assentamentos humanos não pode ser contada como desastre. (Tradução da autora)

Kobiyama *et al.* (2006) definem desastres como fenômenos naturais severos, fortemente influenciados pelas características regionais, tais como rocha, solo, topografia, vegetação e condições meteorológicas. Quando fenômenos intensos como terremotos, furacões, secas, inundações, escorregamentos, dentre outros, ocorrem em locais com ocupação humana e resultam em danos (materiais e humanos) e prejuízos (socioeconômicos), os mesmos são considerados pelos autores como “desastres naturais”.

O Instituto Geológico do Estado de São Paulo (2009) interpreta desastres naturais associados à terremotos, tsunamis, erupções vulcânicas, ciclones e furacões, bem como fenômenos de escala local como deslizamentos, inundações, subsidências e erosão, que podem ocorrer naturalmente ou induzidas pelo homem e são responsáveis por danos e perdas de caráter social, econômico e ambiental, que tem recorrência e impactos intensos.

De acordo com o Cambridge Dictionary (2018), desastres naturais podem ser definidos como “um evento natural, tal como inundações, terremotos, ou tsunamis que mataram ou inflingiram dano à um grande número de pessoas”.

Dentre as definições, empreende-se a distinção entre “desastre” e “desastre natural”, sendo o primeiro a ocorrência de determinado fenômeno natural, enquanto o segundo é a mesma ocorrência de fenômeno natural em local com ocupação

humana, que desencadeia danos e prejuízos a um elevado número de pessoas. Para a presente pesquisa adotou-se a denominação “desastre natural” para os eventos naturais em que houve dano às ocupações humanas.

Os desastres naturais categorizados como inundações urbanas, enfoque da presente pesquisa, possuem diversas significações, variando entre autores e/ou instituições. Para a Defesa Civil Nacional (1998), há a diferenciação entre alagamentos, inundações e enchentes, de forma que **alagamentos** são “águas acumuladas no leito das ruas e no perímetro urbano por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes”; **enchentes** ocorrem a partir da “elevação do nível de água de um rio, acima de sua vazão normal, termo normalmente utilizado como sinônimo de inundação”; e **inundações** ocorrem a partir do

transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas. (...) As inundações podem ter outras causas como: assoreamento do leito dos rios; compactação e impermeabilização do solo; (...) drenagem deficiente de áreas a montante de aterros; estrangulamento de rios provocado por desmoronamento. (DEFESA CIVIL NACIONAL, 1998, p.92)

Tucci (2002; 2003; 2008) caracteriza as **inundações** como ribeirinhas e devido à urbanização, sendo:

- a) **Inundações em áreas ribeirinhas** – inundação no leito maior do rio, que ocorre em média a cada dois anos; ocasiona prejuízos populacionais devido à ocupação irregular do leito maior (vale de inundação); é um processo natural; o vale de inundação é classificado como área de risco.
- b) **Inundações devido à urbanização** – aumento da frequência e magnitude dos eventos de inundação devido à impermeabilização massiva do solo e da rede condutora de escoamentos; não é um processo natural, é antrópico; há um aumento da vazão máxima em várias vezes a sua frequência devido ao aumento forçado da capacidade de escoamento.

Oliveira (2010, p.12), em sua definição de **inundações**, afirma que:

As inundações são fenômenos que fazem parte da dinâmica fluvial, atingindo periodicamente as várzeas, também denominadas planícies de inundação. Correspondem ao extravasamento das águas de um curso d'água para as áreas marginais (...). A planície de inundação funciona como um regulador hidrológico, absorvendo o excesso de água nos períodos de intensas chuvas e cheias. Todo e qualquer rio tem sua área natural de inundação. As inundações passam a ser um problema para o homem quando ele deixa de respeitar esses limites naturais dos rios e passa a ocupar essas áreas de maneira inadequada.

A partir das definições analisadas, compreende-se que os conceitos supracitados tendem a ser similares, especialmente no que concerne o desastre vinculado à ação antrópica. A Figura 2 demonstra a diferenciação entre alagamentos, enchentes e inundações, enfatizando a problemática da impermeabilização do solo como variável determinante no incremento da magnitude dos eventos.

Figura 2 – Ilustração que representa as diferenças entre alagamentos, enchentes e inundações



Fonte: Defesa Civil de São Bernardo do Campo (2011).

Kobiyama *et al.* (2006) afirmam que as inundações têm se intensificado devido ao mau gerenciamento das bacias hidrográficas, especialmente pela urbanização desordenada e pelo fenômeno das mudanças climáticas, que aumentam a frequência ou a intensidade dos eventos climáticos em determinadas regiões.

Diversos eventos hidrológicos naturais, quando aliados à ocupação pouco criteriosa do território, podem acentuar problemas de urbanização, como problemas nas redes de drenagem, instigando a convicção de que soluções pontuais – canalizações e retificações – são a melhor alternativa para dissolver o embaraço ocasionado por forças inerentes ao processo hídrico natural. Desta forma, os

produtos “canalização” e “solução temporária do problema” são priorizados ao invés de tratar o processo de inundações e enchentes como objetos de gestão e políticas públicas a longo prazo, visando a compreensão do processo de cheias, bem como o mapeamento de locais vulneráveis e de risco. Assim, entende-se que o processo hídrico não deve ser considerado o principal problema, mas sim a percepção dos acertos e erros do modelo de urbanização adotado e perpetuado.

### **2.1.1 Impactos relativos às inundações nos ambientes urbanos**

As perdas e danos em eventos de inundações em ambientes urbanos podem ser classificadas como tangíveis ou intangíveis em um primeiro nível, e diretos e indiretos em um segundo nível. Machado *et al.* (2005) apresentam tipologias de impactos decorrentes de inundações (Quadro 3), classificando-os como danos intangíveis e com impactos diretamente ligados à pessoa no aspecto físico, destacando a perda de vidas e também considerando o aspecto psicológico, visto que eventos de desastres tendem a desencadear transtornos psicológicos em maior ou menor grau, bem como danos à saúde física devido à exposição da população a doenças de veiculação hídrica, provenientes da sobrecarga no sistema de drenagem.

Conforme Nadalin (2011), devido ao aumento da pobreza urbana e sua conexão direta com o mercado imobiliário, grande parcela da população é segregada espacialmente, indicando maior suscetibilidade de absorção pela população de grande parte dos impactos intangíveis derivados do pós-evento de inundação, bem como maior dificuldade de recuperação pela menor resiliência frente à eventos adversos, considerando não somente a situação socioeconômica, mas a localização dos mesmos em áreas de risco. Quanto à esta ocupação, Tucci (1997, p.621) destaca que:

A população de maior poder aquisitivo tende a habitar os locais seguros, ao contrário da população carente que ocupa áreas de alto risco de inundação, provocando problemas sociais que se repetem por ocasião de cada cheia na região. Quando a frequência de inundações é baixa, a população ganha confiança e despreza o risco, aumentando significativamente o investimento e densificação de áreas inundáveis. [...] A ocupação de áreas urbanas impróprias pode ser evitada através de planejamento do uso dos solos das várzeas, o qual deve ser regulado pelo Plano Diretor Urbano das cidades.

Quadro 3 – Tipos de impactos decorrentes de inundações em ambientes urbanos considerando diversos usos do solo urbano

Usos	Danos Tangíveis		Danos Intangíveis	
	Diretos	Indiretos	Diretos	Indiretos
Habitacional	Danos físicos à construção, estrutura e seu conteúdo.	Custos de limpeza, alojamento, medicamentos.	Perda de vidas humanas.	Estados psicológicos de estresse e ansiedade, danos a longo prazo à saúde.
Comércio e serviços	Danos físicos à construção, estrutura e seu conteúdo. Perdas ou danos em estoques.	Custos de limpeza. Lucros cessantes. Desemprego. Perda de base de dados.	Perda de vidas humanas.	Estados psicológicos de estresse e ansiedade, danos a longo prazo à saúde.
Industrial	Danos físicos à construção, estrutura e seu conteúdo. Perdas ou danos a estoques de matéria-prima e produtos acabados.	Custos de limpeza. Lucros cessantes. Desemprego. Perda de base de dados.	Perda de vidas humanas.	Estados psicológicos de estresse e ansiedade, danos a longo prazo à saúde.
Equipamentos públicos e serviços	Danos físicos à construção, estrutura e seu conteúdo.	Custos de limpeza e de interrupção de serviços. Custo dos serviços de emergência.	Perda de vidas humanas.	Estados psicológicos de estresse e ansiedade, danos a longo prazo à saúde.
Infraestrutura	Danos físicos ao patrimônio.	Custos de limpeza e interrupção dos serviços.	Perda de vidas humanas.	Inconvenientes de interrupção de serviços.
Patrimônio histórico e cultural	Danos físicos ao patrimônio.	Custos de limpeza e interrupção dos serviços.	Perda de vidas humanas.	Inconvenientes de interrupção de serviços.

Fonte: Machado *et al.* (2005).

A mensuração de danos tangíveis, tanto diretos quanto indiretos, podem ser tratados a partir de análises técnicas, a fim de identificar o valor dos mesmos, seus custos, prejuízos devido a interrupção de funcionamento, enquanto os danos intangíveis se tornam de difícil mensuração, devido a multiplicidade de afetados por eventos de inundações e o não-acompanhamento da população atingida nas ações pós-evento (TACHINI *et al.*, 2009).

Considerando patrimônio físico, estimam-se perdas e danos de edificações de diversas formas; isso porque os materiais utilizados nas construções comportam-se de maneiras distintas quando em contato direto com a massa hídrica, que permite fácil desenvolvimento de mofo, fungos, bem como a deterioração dos materiais, podendo exalar odores desagradáveis. Os danos físicos nas construções são frequentemente estimados por meio de orçamentos de reforma, sendo os prejuízos avaliados por meio dos preços de mercado atualizados (JONOV *et al.*, 2013; MACHADO *et al.*, 2005; VAZ, 2015).

No setor de serviços públicos, Machado *et al.* (2005) elencam os possíveis setores urbanos sujeitos à danos, que compreendem:

- a) Saúde: hospitais, clínicas, postos de saúde, asilos.
- b) Ensino: escolas, creches, colégios, faculdades, universidades.
- c) Esporte: estádios, ginásios, piscinas.
- d) Lazer: praças, parques, jardins públicos.
- e) Sócio culturais: teatros, cinemas, salas de concerto, museus, centros culturais.
- f) Redes: viária, elétrica, gás, esgoto, telefone, equipamentos (estações de tratamento de abastecimento de água e tratamento de esgoto, subestações de energia elétrica etc.).
- g) Outros: correios, prefeitura, tribunais etc.

A ruptura ou perturbação de algum dos serviços essenciais no meio urbano pode resultar em alteração ou danificação de outros serviços e setores de atividade nas cidades, implicando em danos indiretos e, em alguns casos, em danos diretos. Do mesmo modo, deve-se estimar a redução de atividade econômica nos locais atingidos por inundações, o que pode desestabilizar ou incrementar o sistema econômico de determinadas localidades, alterando dinâmicas urbanas (MACHADO *et al.*, 2005; VAZ, 2015).

## 2.2 VULNERABILIDADE

Buscando um refinamento no sentido do termo “vulnerabilidade”, Blaikie *et al.* (2003) ampliam o significado e se referem às características de uma pessoa ou grupo, bem como sua situação que influencia na capacidade de se antecipar, lidar, resistir e se recuperar do impacto de um perigo natural, seja ele um evento concentrado ou um processo extremo. Os autores compreendem que a vulnerabilidade é definida por uma gama de fatores que determinam o grau em que uma pessoa, propriedade, ativos ou meios de subsistência são mais ou menos vulneráveis, pré-definindo parâmetros a partir do que se entende por mais ou menos vulnerável.

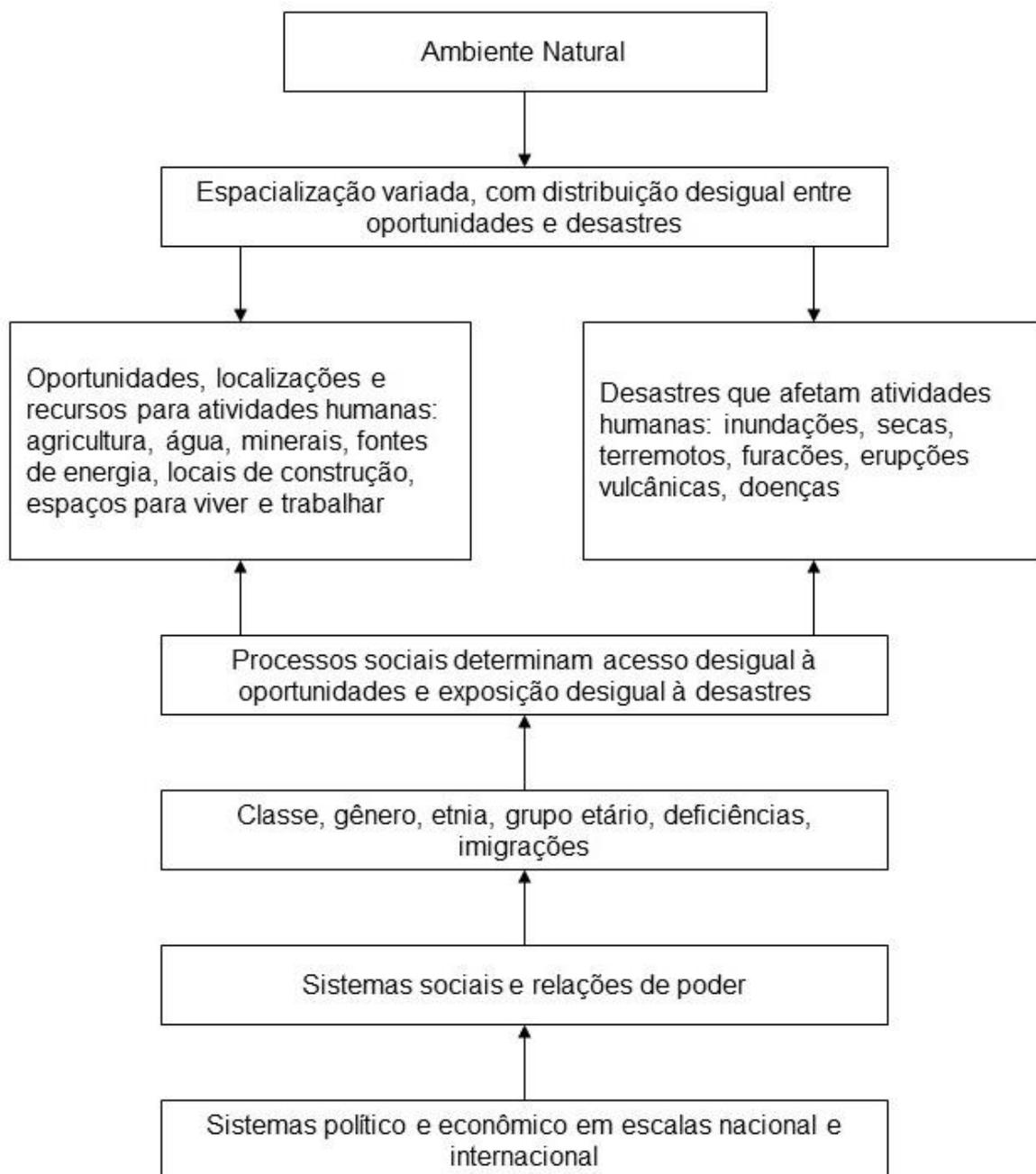
Deschamps (2004; 2008), em concordância com a definição de Blaikie *et al.* (2003) define vulnerabilidade como “qualidade de vulnerável”, sendo o lado fraco de um assunto ou questão, bem como o ponto pelo qual uma pessoa ou grupo pode ser atacado, ferido ou lesionado, física ou moralmente, por agentes externos (exógenos) ou mesmo internos (endógenos) ao sistema. A autora salienta que entre a classificação de pessoa ou grupo vulnerável ou invulnerável há um gradiente determinado de recursos ou alternativas para enfrentamento da perturbação, sendo que quanto maior a disponibilidade de recursos e opções, menor é a vulnerabilidade.

A ideia de vulnerabilidade está intrinsecamente ligada à ideia de resiliência. Pode-se entender resiliência como “[...] capacidade de um sistema experienciar choques mantendo, essencialmente, a mesma função, estrutura, reações e portanto, preservando a identidade [...]” (WALKER; SALT, 2006). De modo geral, a resiliência – independente da escala de análise – varia entre a competência que um sistema demonstra para se recuperar de um choque, a possibilidade de não sofrer abalos extremos durante crises e a capacidade de recuperação após a ocorrência de evento extremo, se recompondo para o nível de desenvolvimento anterior ao choque, ou mesmo se posicionando em patamar superior (CIMELLARO, 2014; GONÇALVES, 2017). Desta forma a vulnerabilidade é um somatório de diversos fatores, a resiliência – sendo a capacidade de adaptação e resposta – conforma com a vulnerabilidade uma função inversa, sendo que quanto maior a resiliência, menor a vulnerabilidade.

De forma sintética, Blaikie *et al.* (2003) apresentam um fluxograma esquemático para compreensão do panorama de vulnerabilidade (Figura 3),

envolvendo a dinâmica do sistema natural e do sistema antrópico, enfatizando a distribuição desigual de oportunidades no âmbito social e dos desastres.

Figura 3 – Fluxograma de relação entre os ambientes natural e antrópico e a exposição dos mesmos à desastres naturais



Fonte: adaptado de Blaikie *et al.* (2003).

### **2.2.1 Vulnerabilidade Social**

No enfoque da vulnerabilidade social a mesma não possui um significado único e consolidado na literatura, mas segue os princípios já explicitados de maior oferta de oportunidades, localizações e recursos, sendo que, quanto maior a vulnerabilidade social, menores são as condições de acesso de determinada parcela da população à ativos e ensejos. As variáveis que implicam efeitos internos de incapacitação ou maior índice de vulnerabilidade são a localização da habitação, disponibilidade de infraestrutura urbana, gênero, raça e renda, como vulnerabilidade socioeconômica, consolidação de políticas públicas, atuação do poder público e organização institucional. Dentre esses fatores estão: vulnerabilidade política/legal/organizacional; faixa etária da população como forma de vulnerabilidade física; e “alfabetização” – aqui compreendida como acesso à educação e conhecimento de mundo – como vulnerabilidade cultural e psicológica (ALCÂNTARA *et al.*, 2013; BLAIKIE *et al.*, 2003; DESCHAMPS, 2004; 2008).

Assim, apreende-se que os conflitos de desigualdades econômicas, combinados com a segregação dos espaços e mau uso dos recursos naturais disponíveis, tornam dificultosa a superação de adversidades e, para Maricato (2000, p.32) há “uma lista de grandes males, inaceitáveis em pleno século XXI: enchentes, desmoronamentos, poluição hídrica, epidemias [...]”. A partir das análises apresentadas, compreende-se que a sociedade e o território brasileiro encontram-se em situação de vulnerabilidade devido aos fatores sociais e ambientais acima mencionados, conformando um panorama de baixa resiliência frente aos abalos e as escassas políticas de enfrentamento de questões primárias no que tange o fortalecimento da sociedade, e das questões secundárias, que dizem respeito a resposta e adaptação do sistema após eventos extremos.

### **2.2.2 Vulnerabilidade ambiental**

De forma que as construções humanas sobrepõem espaços outrora constituídos apenas de elementos naturais, as mesmas interferem de maneira imperativa nas relações e nas dinâmicas do sistema natural, podendo acarretar, em diversos casos, no comprometimento das funções ecológicas do ambiente e na sua

degradação (ALCÂNTARA *et al.*, 2013; GARCIAS *et al.*, 2010; MAFFRA; MAZZOLA, 2007; TINGSANCHALI, 2012; TUCCI, 2008).

A degradação ambiental eleva a possibilidade de desastres naturais e pode intensificar os impactos dos mesmos devido ao condicionamento dos processos pelo clima, relevo, vegetação, águas superficiais e subterrâneas e pelo uso e ocupação do solo (ALCÂNTARA *et al.*, 2013; CUTTER *et al.*, 2003; HUMMEL *et al.*, 2016; MARICATO, 2011; TUCCI, 2008).

Figueiredo (2010) e Kasperson *et al.* (2005) conceituam vulnerabilidade ambiental a partir de três componentes: exposição, sensibilidade e resiliência, considerando a **exposição** como sendo composta pelas características que definem as ações humanas às quais a vulnerabilidade ambiental responde devido à perturbações e impactos; a **sensibilidade** como as condições ambientais do território que podem ser alteradas a partir de forças exógenas; e a **resiliência** como sendo o conjunto de respostas naturais e humanas aos danos, no sentido de reestabelecimento do padrão anterior ou próximo do equilíbrio dinâmico do ambiente.

Assim, entende-se que a vulnerabilidade ambiental não existe de forma isolada dos fatores econômicos e sociais, isso se dá pela inter-relação de apropriação dos recursos naturais de forma a estabelecer a urbanidade e fortalecer ciclos econômicos (NASCIMENTO, 2011; TINGSANCHALI, 2012). Tudo isso ocorre por meio de possíveis suscetibilidades no sistema natural que impactam não apenas o ecossistema natural em si, mas também representam uma cadeia de resposta cumulativa a determinado evento adverso, no que diz respeito à capacidade de resiliência do sistema urbano de se recompor em um nível de desenvolvimento similar ou superior ao nível encontrado no pré-evento (BLAIKIE *et al.*, 2003; CIMELLARO, 2014; DESCHAMPS, 2008; GARCIAS *et al.*, 2010; GONÇALVES, 2017).

### 2.2.3 Vulnerabilidade socioambiental

O conceito de vulnerabilidade permite incorporar dimensões geo-físicas (sistema natural) com os processos sociais que interferem na capacidade de enfrentamento de questões oriundas do sistema antrópico na busca de compreender

interações entre o ambiente e cidades (OJIMA, 2012). Isso não deve ser entendido como uma medida única, mas dependente das interações ou combinações de características sociais existentes em determinado contexto, sendo, assim, interdisciplinar e relacional, de forma a associar diversos aspectos de uma realidade complexa (MARANDOLA JR., 2009; MARANDOLA JR.; HOGAN, 2006; OJIMA; MARANDOLA JR.; 2011; OJIMA, 2012).

Ojima (2012) fundamenta que grandes avanços nos estudos de vulnerabilidade socioambiental no Brasil foram possíveis devido à incorporação de ferramentas SIG, com a sobreposição de variáveis espaciais, geográficas, sociais e demográficas, salientando a divulgação dos setores censitários por parte do IBGE como peça substancial na amplitude de análises e resultados.

Ainda que estudos vinculados à desastres naturais já tivessem uma longa sequência, é na sistematização de dados no estudo de Torres (2000) que a escala de grupos sociais e demográficos passa a ser utilizada (OJIMA, 2012), sendo uma das questões práticas da interdisciplinaridade a busca de indicadores “síntese” de vulnerabilidades (MARANDOLA JR.; HOGAN, 2006). Logo, pode-se afirmar que muitos estudos avançaram, seja no refinamento de variáveis geográficas e biofísicas, ou na incorporação de indicadores demográficos a fim de melhor compreender a complexidade dos processos que configuram a vulnerabilidade socioambiental (OJIMA, 2012).

#### **2.2.4 Mapeamento de vulnerabilidades ambientais e sociais e construção de indicadores**

Diversas são as metodologias e os instrumentos utilizados no mapeamento de riscos e vulnerabilidades. Gomes *et al.* (2009) enfoca que o uso da cartografia na identificação e no diagnóstico de áreas e populações vulneráveis e de risco tem sido amplamente utilizada em diversas cidades brasileiras e tem em comum, de modo geral, uma combinação de dados referentes a aspectos geológicos, geomorfológicos e de uso do solo, bem como sociodemográficos. Desta forma, o mapeamento assume papel relevante no estudo de riscos e vulnerabilidades; Veyret (2007) segue a mesma linha de afirmação, enfatizando que o zoneamento e a cartografia de risco constituem uma base de políticas de prevenção de desastres naturais nas cidades.

Tucci (2003) caracteriza o mapeamento de riscos e vulnerabilidades como medida não-estrutural para controle de inundações e demais desastres, enfatizando a regulamentação do uso da terra urbana em áreas inundáveis, definindo a ocupação destas áreas a partir das diferentes cotas de inundação, por exemplo, propondo uso habitacional em cotas com menos riscos, mas com precauções especiais; enquanto para cotas com mais riscos o uso pode ser direcionado para recreação e lazer, com baixo custo de investimento.

Para Papathoma-Köhle *et al.* (2016) a avaliação de riscos e vulnerabilidades deve fazer parte das estratégias e da otimização do capital público nas etapas de redução de riscos e planos de desenvolvimento.

Negri *et al.* (2005), afirmam que:

Analisando dados do censo com ferramentas SIG, é possível identificar áreas específicas onde pessoas se encontram em situações de risco de inundações e deslizamentos de terra. Alguns fatores podem incrementar a vulnerabilidade social, tais como acesso limitado ao poder político e representação, falta de acesso à recursos (incluindo informação e tecnologia), falta de capital social (como redes sociais) e saúde precária. Crenças e costumes, idade, tipo e densidade da infraestrutura, edifícios e medidas de proteção à vida também são fatores que afetam riscos e potenciais perdas.

Além do mapeamento das características físicas e de ocupação de população vulnerável em eventual local de risco, o diagnóstico e mapeamento social de determinadas áreas é necessário, a fim de mensurar os impactos de um desastre natural – tanto no âmbito de perdas e prejuízos físicos quanto na causalidade de danos psicológicos e sociais na população afetada.

Como apontou Zanella (2006), ainda que os eventos específicos de inundação em ambientes urbanos possam não ter constância e regularidade, a breve lembrança do mesmo remete à insegurança e preocupação. Blaikie *et al.* (2003), Cutter (2003), Tierney *et al.* (2001) e Putnam (2000) congregam visões similares no que concernem os aspectos para considerações sobre identificação e mapeamento de vulnerabilidade social, dentre eles destacam-se: a falta de acesso à recursos; acesso limitado ao poder político e representação; capital social – incluindo conexões sociais; crenças e costumes; idade; pessoas com algum tipo de deficiência; bem como tipo e densidade da estrutura do local.

A partir do mapeamento de vulnerabilidades desenvolve-se um conjunto amplo de metodologias e abordagens distintas no tratamento dos aspectos de

vulnerabilidade socioambiental, em alguns casos com maior ênfase nos aspectos sociais. Já em outros salientam-se as variáveis biofísicas (OJIMA, 2012), com a construção de um índice que se sustenta na produção de indicadores, que podem ser definidos como uma medida, na maioria das vezes quantitativa, utilizada para substituir, quantificar ou operacionalizar um conceito abstrato (JANUZZI, 2012).

Em geral, a construção de indicadores de vulnerabilidade social encontra-se voltada para as características construtivas das habitações, acesso a saneamento, escolaridade e principalmente renda domiciliar ou *per capita*, mas deve ser entendida como algo além dos fatores determinados pelas condições materiais, enquanto na estruturação de indicadores de vulnerabilidade ambiental salientam-se os aspectos de clima, relevo, vegetação, águas superficiais e subterrâneas e uso e ocupação do solo (ALCÂNTARA *et al.*, 2013; BLAIKIE *et al.*, 2003; DESCHAMPS, 2004; 2008; MARANDOLA JR.; HOGAN, 2006; OJIMA, 2012).

Dentre outros aspectos, é o recorte analítico de cada pesquisa que passa a determinar grande parte das tendências e indicadores evidenciados em cada estudo, nos quais se focam os esforços para a compreensão e mensuração das vulnerabilidades sociais que variam entre comunidades e grupos sociais, inserindo certo grau de subjetividade na construção e análise de indicadores de vulnerabilidade (OJIMA, 2012; OJIMA; MARANDOLA JR.; 2011).

## 2.3 MODELAGEM COMPUTACIONAL E MAPEAMENTO DE CENÁRIOS DE INUNDAÇÕES NO MEIO URBANO

Para apreender a realidade são necessárias idealizações e simplificações que permitem construir *objetos-modelo* ou *modelos conceituais* do fenômeno de interesse da situação em pauta, como descreve Bunge (2013). Os modelos conceituais podem dar ao seu construtor uma imagem simbólica do real, com atribuição de certas propriedades ao mesmo, buscando sua inserção em uma teoria capaz de descrevê-lo teórica e matematicamente. Esta é a etapa do modelo teórico, cuja aceitação é provisória, a refutação pode ser definitiva e a revisão (ou modificação) depende da experimentação.

Segundo Veit e Araújo (2010, p.145) a modelagem computacional é um dos pilares fundamentais do desenvolvimento científico contemporâneo. Para os autores, o termo, em geral, está associado à computação voltada para a elaboração de representações de problemas complexos e oriundos das mais diversas áreas do conhecimento.

Os modelos hidrológicos procuram representar a parte terrestre do ciclo hidrológico, transformando a precipitação que cai sobre uma bacia hidrográfica em vazão numa determinada seção de um rio, que pode ser representado matematicamente através do fluxo da água e de seus constituintes (ALMEIDA; SERRA, 2017).

A bacia hidrográfica é o objeto de estudo de grande parte dos modelos hidrológicos, e pode constituir uma unidade espacial para modelos agregados que consideram as propriedades médias para toda bacia. Diversas subdivisões também podem ser consideradas nas análises a fim de ponderar suas características espacialmente distribuídas (RENNÓ; SOARES, 2000).

A modelagem hidrológica é utilizada como ferramenta para obtenção de conhecimento acerca dos fenômenos físicos envolvidos no processo e na previsão de cenários em bacias hidrográficas (MORAES, 2003); e também abarca um sistema e equações de procedimentos compostos por variáveis e parâmetros utilizados em estudos ambientais, que visam auxiliar o estudo dos impactos das mudanças no uso e ocupação do solo, bem como prever alterações futuras nos ecossistemas (SILVA, 2007).

O processo de modelagem em recursos hídricos fornece cenários em resposta de um sistema a um conjunto de informações de entrada, que incluem regras de decisão, permitindo ao decisor examinar as consequências de diversos cenários de um sistema existente ou de um sistema em projeto (LANNA *et al.*, 1997).

A modelagem hidrológica surgiu a partir do equacionamento de alguns processos hidrológicos, como o Método Racional proposto por Mulvany Circa (1850), destinado à prever vazão máxima decorrente de um evento de precipitação, sendo registrado na literatura a aplicação de redes de esgoto no fim do século XIX (LIMA, 2011; TODINI, 2007). Os grandes avanços se apresentaram a partir da década de 1930, quando agências governamentais de países desenvolvidos progrediram em seus próprios programas de pesquisas hidrológicas, como o Hidrograma Unitário de Sherman (1932) e a Teoria da Infiltração de Horton (1933), (FAYAL, 2008).

Com o advento da tecnologia computacional a partir do fim da década de 1950 e da maior disponibilidade de dados hidrometeorológicos, a abordagem espacial distribuída começou a ser aplicada na modelagem hidrológica, originando modelos diversos que variam de acordo com os objetivos e escalas de aplicação, que vão desde dimensionamento de reservatórios até modelos com o propósito de prever alterações de vazão a partir de mudanças climáticas (ALMEIDA; SERRA, 2017).

Os modelos hidrológicos podem ser classificados com o tipo de variáveis utilizadas na modelagem (modelos estocásticos ou determinísticos), o tipo de relação entre estas variáveis (modelos empíricos ou conceituais), qual a forma de representação dos dados (modelos discretos ou contínuos), a existência ou não de relações espaciais (modelos concentrados ou distribuídos) e a existência de dependência temporal (modelos estacionários ou dinâmicos) (ALMEIDA; SERRA, 2017; MOREIRA, 2005).

Dentre as principais aplicações da modelagem hidrológica, Lou (2010) elenca as preponderantes como:

- a) Análise de consistência e preenchimento de falhas: Através deste modelo é possível estender a série de vazão tendo como base a série histórica de precipitação, visto que por motivos de operação e custo é comum a existência de séries mais longas de precipitação do que de vazão. O modelo também pode ser utilizado na análise da consistência da curva-chave e dos níveis de precipitação, além de permitir a verificação de alterações na malha hidrológica e na bacia hidrográfica.

- b) Previsão de vazão: o controle de cheias, a operação de obras hidráulicas, a navegação, e diversos outros, dependem do conhecimento prévio de dados de vazão. Estimativas nos dados de vazão podem ser obtidos com base nos dados de precipitação conhecidos na vazão de um posto de montante ou na combinação das variáveis. As características de simulação com este objetivo são diferentes das demais, sendo que o modelo de previsão de vazão em tempo atual deve buscar utilizar ao máximo as informações disponíveis no momento da previsão, com atualização de parâmetros e variáveis.
- c) Dimensionamento e previsão de cenários de planejamento: Com precipitação conhecida e com dados do risco de ocorrência é possível estimar a vazão resultante para cenários de uso e modificação da bacia hidrográfica, visando o dimensionamento ou planejamento de alternativas de desenvolvimento do sistema. Neste caso, os modelos hidrológicos podem ter limitações quanto à simulação de cenários de desenvolvimento, como a modificação do uso do solo.
- d) Efeitos resultantes da modificação do uso do solo: A análise do escoamento resultante da modificação do uso do solo é uma questão complexa, que requer metodologias sofisticadas superiores às supracitadas. Os modelos existentes são, em sua maioria, conceituais, e possuem muitas formulações empíricas para representação dos processos com o relacionamento dos parâmetros tendo características mais qualitativas do que quantitativas. Mesmo nestas condições, os parâmetros englobam diversas características da bacia hidrográfica, o que dificulta as análises quanto ao resultado de qualquer modificação em qualquer característica da bacia. Isso ocorre, por exemplo, com o desmatamento de grandes áreas, com a urbanização acentuada da bacia, entre outras situações. Modelos que representam o processo físico em maior detalhe e com menor empirismo apresentam limitações devido à heterogeneidade da bacia hidrográfica.

Isto posto, verificam-se no Quadro 4 alguns tipos de modelos hidrológicos, suas características e usos na modelagem hidrológica.

Quadro 4 – Tipos de modelos hidrológicos, suas características e usos.

Nome	Tipo	Características	Usos
Precipitação-vazão	Determinístico Empírico Conceitual	Calcula a vazão de uma bacia a partir da precipitação.	Extensão de séries de vazão; dimensionamento; previsão em tempo atual; avaliação do uso da terra.
Vazão-vazão	Determinístico Empírico Conceitual	Calcula a vazão de uma seção a partir de um ponto montante.	Extensão de séries de vazão; dimensionamento; previsão de cheia.
Geração estocástica de vazão	Estocástico	Calcula vazão com base nas características da série histórica.	Dimensionamento do volume de um reservatório.
Fluxo saturado	Determinístico	Determina o movimento e a vazão potencial de águas subterrâneas a partir de dados de realimentação, bombeamento etc.	Capacidade de bombeamento; nível do lençol freático; interação rio-aquífero etc.
Hidrodinâmico	Determinístico	Sintetiza vazão em rios e rede de canais.	Simulação de alterações no sistema; efeitos de escoamento de jusante.
Qualidade da água (rios e reservatórios)	Determinístico	Simula a concentração de parâmetros de qualidade da água.	Impacto de efluentes; eutrofização de reservatórios; condições ambientais.
Rede de canais e condutos	Determinístico	Otimiza o diâmetro dos condutos e verifica as condições de projeto.	Rede de abastecimento de água; rede de irrigação.
Operação de reservatórios	Estocástico determinístico	Determina a operação de sistemas de reservatórios.	Usos múltiplos.
Planejamento e gestão de sistemas múltiplos	Estocástico determinístico	Simula condições de projeto e operação de sistemas (usa vários modelos).	Reservatórios, canais, estações de tratamento, irrigação, navegação fluvial etc.

Fonte: adaptado de Fayal (2008).

Dentre inúmeros trabalhos publicados, Jonkman *et al.* (2008), Landström *et al.* (2011), Santos *et al.* (2012), Dalfi *et al.* (2013), Alfieri *et al.* (2015), Merkuryeva *et al.*, (2015), Albano *et al.* (2017) e diversos pesquisadores em diferentes países e realidades, realizaram a discussão e aplicação de modelos simulados de inundações, visando análises dos cenários de inundações, bem como predição e mapeamento de possíveis vulnerabilidades ambientais e sociais nos aglomerados urbanos.

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Para Lakatos e Marconi (2003), a pesquisa é um procedimento formal desenvolvido por meio de um método que implica em um tratamento científico, tendo como objetivo conhecer uma realidade ou descobrir verdades parciais sobre determinado tema.

A delimitação de um tema, um problema e a construção de hipóteses se tornam primordiais no que diz respeito à seleção de métodos e técnicas, que devem incluir a organização instrumental da pesquisa e sua execução, do mesmo modo que os testes dos procedimentos e análise dos dados (LAKATOS; MARCONI, 2003).

Esta etapa engloba o método de pesquisa documental, refletido na coleta de informações/variáveis acerca da área de estudo, na ocupação da região central da bacia hidrográfica, bem como as características e condições da população residente, tendo como base o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) desenvolvido pelo IPEA (2015).

Ademais, utilizou-se a técnica de modelagem computacional do *software* Hazus, com o processamento e espacialização dos dados realizado em ambiente SIG, para simular cenários de inundações urbanas na bacia hidrográfica supracitada, a fim de delinear manchas de inundação com suas respectivas profundidades para o dimensionamento dos possíveis impactos do evento de inundação simulado. Isto resultou em uma investigação quantitativa acerca dos dados obtidos com o desenvolvimento de um índice de vulnerabilidade ambiental (IVA) para categorizar as unidades de análise.

Em seguida, realizou-se a articulação dos indicadores de vulnerabilidade social (IVS) com os indicadores de vulnerabilidade social (IVA) obtidos, processados também em ambiente SIG, resultando na identificação de áreas de vulnerabilidade socioambiental a partir da localização da população possivelmente atingida, inserida nas áreas das manchas de inundação simuladas, quantificando os possíveis impactos em uma escala de vulnerabilidade denominada IVSA – Índice de Vulnerabilidade Socioambiental.

### 3.1 ESTUDO DE CASO

#### **3.1.1 Identificação de vulnerabilidade social: Atlas da Vulnerabilidade Social nos Municípios Brasileiros, IPEA (2015)**

De forma a ampliar o debate sobre vulnerabilidade social no Brasil, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, desenvolveu o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), construído a partir de indicadores do Atlas de Desenvolvimento Humano (ADH), dando destaque a diferentes situações indicativas de exclusão e vulnerabilidade social, compreendendo que a pobreza não necessariamente é entendida apenas como insuficiência de recursos monetários.

A criação do IVS se deu a partir do escopo do projeto de Mapeamento da Vulnerabilidade Social nas Regiões Metropolitanas do Brasil, proposto inicialmente pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), sendo complementar ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).

O IVS é um índice sintético que reúne dezesseis indicadores estruturados em três dimensões: *Infraestrutura Urbana*, *Capital Humano* e *Renda e Trabalho*, considerando a escala de municípios brasileiros com base na malha municipal do Censo Demográfico 2010, e para as Unidades de Desenvolvimento Humano (UDHs)<sup>1</sup> das principais Regiões Metropolitanas do país.

Estas três dimensões correspondem a conjuntos de ativos, recursos ou estruturas cujo acesso, ausência ou insuficiência indicam que o padrão de vida das famílias encontra-se baixo, sugerindo o não-acesso e a não-observância dos direitos sociais, visando sinalizar as condições de bem-estar das populações, os quais deveriam, a princípio, estar disponíveis para todo cidadão por força da ação do Estado.

No desenvolvimento do IVS foram utilizadas as bases de dados de registros administrativos ou dados secundários das pesquisas realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os censos demográficos (2000 e 2010)

---

<sup>1</sup> As UDHs foram delineadas buscando áreas mais homogêneas das condições socioeconômicas do que as áreas de ponderação do IBGE. As UDHs são construídas com o objetivo de melhor captar a diversidade de situações relacionadas com o desenvolvimento humano que ocorre no interior dos espaços intrametropolitanos. As UDHs estão voltadas para a análise espacial das Regiões Metropolitanas (RM) por meio de recortes espaciais com o objetivo de retratar as desigualdades de forma mais contundente (ATLAS BRASIL, 2013).

e a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) dos períodos analisados (2000 e 2010). Apesar de registros administrativos das municipalidades oferecerem dados mais recentes, os dados do IBGE, apesar de limitados em termos temporais, ofereceram a vantagem de procederem de fonte única, coletados por metodologia uniforme, aplicada com a mesma validade estatística e rigor em todo o território nacional, independente da escala territorial (IPEA, 2015).

Na descrição da atribuição dos pesos dos indicadores e na dimensão do IVS *Infraestrutura Urbana* os indicadores não possuem o mesmo peso, de forma que igualam-se os indicadores relativos a saneamento básico, com peso de 0,300 cada; enquanto a incorporação de maior peso no indicador de mobilidade (0,400) coloca em perspectiva a dissociação entre local de moradia da população e respectivos locais de trabalho, não sobrevalorizando uma dimensão sobre a outra.

No subíndice IVS *Capital Humano*, os oito indicadores componentes contribuem com o mesmo peso (0,125), considerando que cada indicador trata uma situação ou condição equivalente de vulnerabilidade social, independente de sua variância ou da correlação entre eles. De forma similar, os cinco indicadores do IVS *Renda e Trabalho* contribuem igualmente (0,200) para a conformação do indicador. O Quadro 5 apresenta as três dimensões do IVS e os seus respectivos indicadores com a descrição dos mesmos e os pesos de cada item.

Quadro 5 – Dimensões e Indicadores do Atlas de Vulnerabilidade social nos municípios brasileiros

	<b>Indicador</b>	<b>Descrição</b>	<b>Peso</b>
<b>IVS Infraestrutura Urbana</b>	Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados.	Razão entre o número de pessoas que vivem em domicílios cujo abastecimento de água não provém de rede geral e cujo esgotamento sanitário não é realizado por rede coletora de esgoto ou fossa séptica, e a população total residente em domicílios particulares permanentes, multiplicada por 100. São considerados apenas os domicílios particulares permanentes.	0,300
	Percentual da população que vive em domicílios urbanos sem serviço de coleta de lixo.	Razão entre a população que vive em domicílios sem coleta de lixo e a população total residente em domicílios particulares permanentes, multiplicada por 100. Estão incluídas as situações em que a coleta de lixo é realizada diretamente por empresa pública ou privada, ou em que o lixo é depositado em caçamba, tanque ou depósito fora do domicílio para posterior coleta pela prestadora do serviço. São considerados apenas os domicílios particulares permanentes, localizados em área urbana.	0,300
	Percentual de pessoas que vivem em domicílios com renda <i>per capita</i> inferior a meio salário mínimo e que gastam mais de uma hora até o trabalho no total de pessoas ocupadas, vulneráveis e que retornam diariamente do trabalho.	Razão entre o número de pessoas ocupadas, de 10 anos ou mais de idade, que vivem em domicílios com renda <i>per capita</i> inferior a meio salário mínimo, de agosto de 2010, e que gastam mais de uma hora em deslocamento até o local de trabalho, e o total de pessoas ocupadas nessa faixa etária que vivem em domicílios com renda <i>per capita</i> inferior a meio salário mínimo, de agosto de 2010, e que retornam diariamente do trabalho, multiplicado por 100.	0,400
<b>IVS Capital Humano</b>	Mortalidade até um ano de idade.	Número de crianças que não deverão sobreviver ao primeiro ano de vida em cada mil crianças nascidas vivas.	0,125
	Percentual de crianças de 0 a 5 anos que não frequentam a escola.	Razão entre o número de crianças de 0 a 5 anos de idade que não frequentam creche ou escola, e o total de crianças nesta faixa etária (multiplicada por 100).	0,125
	Percentual de pessoas de 6 a 14 anos que não frequentam a escola.	Razão entre o número de pessoas de 6 a 14 anos que não frequentam a escola, e o total de pessoas nesta faixa etária (multiplicada por 100).	0,125
	Percentual de mulheres de 10 a 17 anos de idade que tiveram filhos.	Razão entre o número de mulheres de 10 a 17 anos de idade que tiveram filhos, e o total de mulheres nesta faixa etária (multiplicada por 100).	0,125
	Percentual de mães chefes de família sem fundamental completo e pelo menos um filho menor de 15 anos de idade, no total de mães chefes de família.	Razão entre o número de mulheres que são responsáveis pelo domicílio, que não tem o ensino fundamental completo e tem pelo menos um filho de idade inferior a 15 anos morando no domicílio, e o número total de mulheres chefes de família (multiplicada por 100). São considerados apenas domicílios particulares permanentes.	0,125

Fonte: IPEA (2015).

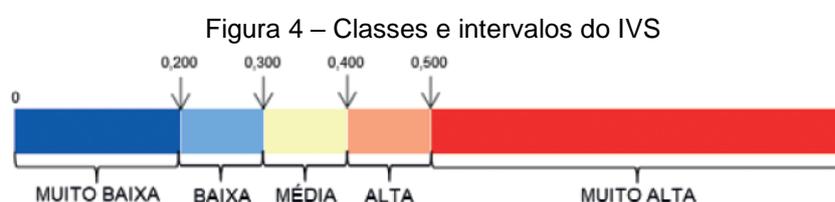
Quadro 5 – Dimensões e Indicadores do Atlas de Vulnerabilidade social nos municípios brasileiros (Continuação)

	<b>Indicador</b>	<b>Descrição</b>	<b>Peso</b>
<b>IVS Capital Humano</b>	Taxa de analfabetismo da população de 15 anos de idade ou mais.	Razão entre a população de 15 anos de idade ou mais que não sabe ler nem escrever um bilhete simples, e o total de pessoas nesta faixa etária (multiplicada por 100).	0,125
	Percentual de crianças que vivem em domicílios em que nenhum dos moradores tem ensino fundamental completo.	Razão entre o número de crianças de até 14 anos que vivem em domicílios em que nenhum dos moradores tem ensino fundamental completo, e a população total nesta faixa etária residente em domicílios particulares permanentes (multiplicada por 100).	0,125
	Percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e possuem renda domiciliar <i>per capita</i> igual ou inferior a meio salário mínimo (2010), na população total dessa faixa etária.	Razão entre as pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e têm renda <i>per capita</i> inferior a meio salário mínimo, de agosto de 2010, e a população total nesta faixa etária (multiplicada por 100). São considerados apenas domicílios particulares permanentes.	0,125
<b>IVS Renda e Trabalho</b>	Proporção de pessoas com renda domiciliar <i>per capita</i> igual ou inferior a meio salário mínimo (2010).	Proporção dos indivíduos com renda domiciliar <i>per capita</i> igual ou inferior a R\$ 255,00 mensais (em reais de agosto de 2010), equivalente a meio salário mínimo nesta data. O universo de indivíduos é limitado àqueles que vivem em domicílios particulares permanentes.	0,200
	Taxa de desocupação da população de 18 anos ou mais de idade.	Percentual de população economicamente ativa (PEA) nessa faixa etária que estava desocupada, ou seja, que não estava ocupada na semana anterior à data do censo, mas havia procurado trabalho ao longo do mês anterior à data da pesquisa.	0,200
	Percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem fundamental completo e em ocupação informal.	Razão entre as pessoas de 18 anos ou mais sem fundamental completo, em ocupação informal, e a população total nesta faixa etária, multiplicada por 100. Ocupação informal implica que trabalham, mas não são: empregados com carteira assinada, militares do exército, da marinha, da aeronáutica, da polícia militar ou do corpo de bombeiros, empregados pelo regime jurídico dos funcionários públicos ou empregadores e trabalhadores por conta própria com contribuição a instituto de previdência oficial.	0,200
	Percentual de pessoas em domicílios com renda <i>per capita</i> inferior a meio salário mínimo (2010) e dependentes de idosos.	Razão entre as pessoas que vivem em domicílios com renda <i>per capita</i> inferior a meio salário mínimo, de agosto de 2010, e nos quais a renda de moradores com 65 anos ou mais de idade (idosos) corresponde a mais da metade do total da renda domiciliar, e a população total residente em domicílios particulares permanentes (multiplicada por 100).	0,200
	Taxa de atividade das pessoas de 10 a 14 anos de idade.	Razão das pessoas de 10 a 14 anos de idade que eram economicamente ativas, ou seja, que estavam ocupadas ou desocupadas na semana de referência do censo entre o total de pessoas nesta faixa etária (multiplicada por 100). Considera-se desocupada a pessoa que, não estando na semana de referência, havia procurado trabalho no mês anterior a essa pesquisa.	0,200

Fonte: IPEA (2015).

O IVS é um índice que varia entre 0 e 1 (Figura 4) e quanto mais próximo do valor 1, maior é a vulnerabilidade social do município ou UDH. Os municípios e UDHs que apresentam vulnerabilidade entre 0 e 0,200 são classificados com vulnerabilidade social  *muito baixa*; com valores entre 0,201 e 0,300 indicam  *baixa* vulnerabilidade social; entre 0,301 e 0,400 são de  *média* vulnerabilidade social; entre 0,401 e 0,500 são considerados de  *alta* vulnerabilidade; e valores entre 0,501 e 1 indicam que o município possui vulnerabilidade social  *muito alta*.

Para atingir os valores de IVS para os municípios e UDHs é feita uma média aritmética dos três subíndices –  *Infraestrutura Urbana, Capital Humano e Renda e Trabalho* –, que se inserem no cálculo do IVS final com o mesmo peso.



Fonte: IPEA (2015).

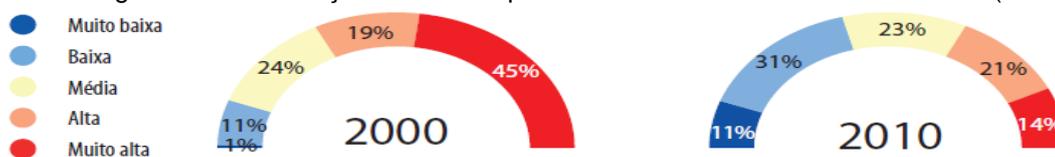
Para o cálculo dos indicadores considerou-se a situação de máxima vulnerabilidade. Para isso foi estabelecido o valor máximo de cada indicador a partir da média encontrada para os dados municipais de cada um, considerando valores relativos aos anos de 2000 e 2010, acrescidos de dois desvios-padrão, limitados em 1, mesmo para os municípios que extrapolaram este valor. Foi considerada como situação ideal (ausência de vulnerabilidade) a não ocorrência de casos em cada uma das dimensões e o valor máximo correspondeu, sempre, à pior situação encontrada a partir da padronização referida.

Assim, todos os indicadores listados apresentam relação direta com situações de vulnerabilidade social: quanto maior o indicador, maior a vulnerabilidade social. Após a normalização dos dados para os indicadores, foram aplicados os pesos relativos a cada um dos mesmos. Na análise dos resultados, em 2000, o Brasil apresentava IVS igual a 0,446, indicando que o país se encontrava na faixa da  *alta* vulnerabilidade social. Em 2010, obteve resultado de 0,326, se enquadrando na faixa de  *média* vulnerabilidade.

No âmbito dos municípios, a Figura 5 demonstra a distribuição dos mesmos por faixas de vulnerabilidade social, comparando os anos de 2000 e 2010. De modo

geral, percebe-se uma evolução representativa nos municípios enquadrados nas faixas *muito baixa* e *baixa*, bem como uma redução substancial nos municípios que estavam enquadrados na faixa de *alta* vulnerabilidade. A dimensão que apresentou maior evolução no período é o IVS *Renda e Trabalho*, visto que em 2000 o valor do conjunto de indicadores era de 0,485 e em 2010 apresentou valor de 0,320, uma evolução de 34%. O IVS *Capital Humano* apresentou a segunda maior evolução, indo de 0,503 para 0,362, evoluindo 28% no período 2000-2010.

Figura 5 – Diagrama de distribuição dos municípios nas faixas de vulnerabilidade social (2000-2010)



Fonte: IPEA (2015).

Com enfoque no IVS para o município de Curitiba, em 2000 o município atingiu valor de 0,337, sendo enquadrado na porção de *média* vulnerabilidade social. Em 2010 Curitiba atingiu o valor de 0,253, marcando regressão<sup>2</sup> de 25% no IVS total (Quadro 6), subindo para a porção de municípios brasoleiros com *baixa* vulnerabilidade social. Pode-se constatar que a dimensão IVS *Renda e Trabalho* foi a que obteve maior regressão no período, seguido do IVS *Capital Humano* e por fim o IVS *Infraestrutura Urbana*.

Observa-se que os indicadores que mais obtiveram regressão foram os relativos ao saneamento básico, inseridos na dimensão IVS *Infraestrutura Urbana*. Apesar deste fato, a regressão dos indicadores inseridos na dimensão IVS *Renda e Trabalho* demonstram que este aspecto obteve significativos incentivos na conjuntura do mercado interno e da economia no período 2000-2010, corroborando com as estatísticas de aquecimento do mercado e crescimento econômico sólido, apontadas por Rolnik e Klink (2011).

<sup>2</sup> Considerar regressão dos índices como função inversa: quanto maior a regressão, menor a vulnerabilidade relativa ao índice.

Quadro 6 – Regressão dos indicadores do IVS para o município de Curitiba (2000-2010)

Dimensão	Indicador	2000	2010	Regra
IVS Infra-estrutura Urbana	Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados.	0,41	0,09	78,05%
	Percentual da população que vive em domicílios urbanos sem serviço de coleta de lixo.	0,53	0,11	79,25%
	Percentual de pessoas que vivem em domicílios com renda <i>per capita</i> inferior a meio salário mínimo e que gastam mais de uma hora até o trabalho no total de pessoas ocupadas, vulneráveis e que retornam diariamente do trabalho.	19,33	19,33	0%
IVS Capital Humano	Mortalidade de até um ano de idade.	21,20	11,91	43,82%
	Percentual de crianças de 0 a 5 anos que não frequentam a escola.	70,05	45,51	35,03%
	Percentual de pessoas de 6 a 14 anos que não frequentam a escola.	4,40	2,43	44,77%
	Percentual de mulheres de 10 a 17 anos de idade que tiveram filhos.	2,65	1,78	32,83%
	Percentual de mães chefes de família sem fundamental completo e pelo menos um filho menor de 15 anos de idade, no total de mães chefes de família.	9,00	8,97	0,33%
	Taxa de analfabetismo da população de 15 anos de idade ou mais.	3,38	2,13	36,98%
	Percentual de crianças que vivem em domicílios em que nenhum dos moradores tem ensino fundamental completo.	23,68	13,35	43,62%
	Percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e possuem renda domiciliar <i>per capita</i> igual ou inferior a meio salário mínimo (2010), na população total dessa faixa etária.	6,59	2,88	56,30%
IVS Renda e Trabalho	Proporção de pessoas com renda domiciliar <i>per capita</i> igual ou inferior a meio salário mínimo (2010).	18,82	7,86	58,24%
	Taxa de desocupação da população de 18 anos ou mais.	12,57	4,46	64,52%
	Percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem fundamental completo e em ocupação informal.	26,71	17,31	35,19%
	Percentual de pessoas em domicílios com renda <i>per capita</i> inferior a meio salário mínimo (2010) e dependentes de idosos.	0,82	0,66	19,51%
	Taxa de atividade das pessoas de 10 a 14 anos de idade.	4,97	5,83	-17,30%
IVS TOTAL	-	0,337	0,253	25%

Fonte: IPEA (2015).

### 3.1.1.1 Identificação do IVS para o recorte geográfico

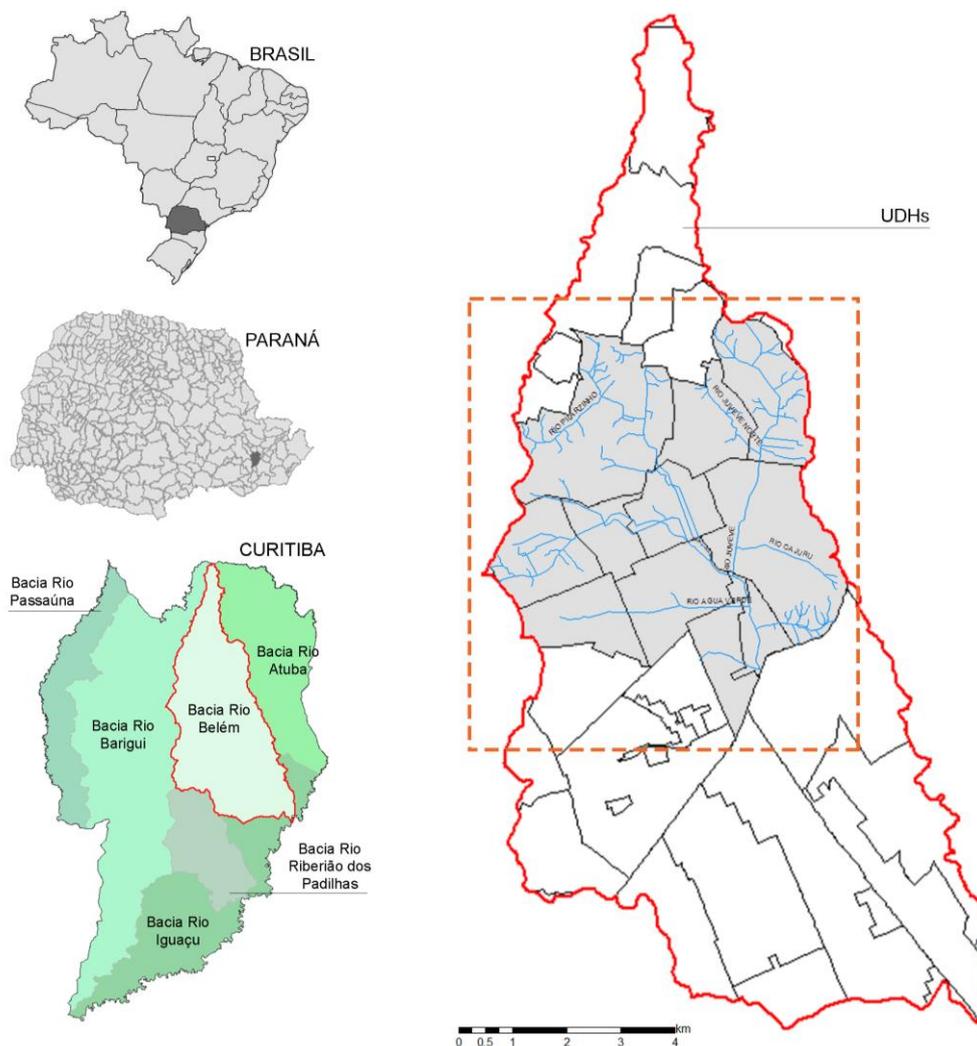
Para o estudo de caso desenvolvido nesta dissertação, utilizou-se o recorte geográfico da região central da Bacia Hidrográfica do Rio Belém (Figura 6), inserida em sua totalidade no município de Curitiba/Brasil.

O Rio Belém conta com sua nascente na porção norte do município de Curitiba e segue seu curso pela área central da cidade, toma sentido sudeste e tem sua foz na porção sul do município, desaguando no Rio Iguaçu, tendo 21 km de extensão e 87 km<sup>2</sup> de área de bacia; com sua área de drenagem representando aproximadamente 20% da área do município, abrigando me média 50% da população desse mesmo município (BOLLMANN; EDWIGES, 2008; HEINRICH, 2015; FENDRICH, 2002; GARCAS, 2016; IPARDES, 2012).

A bacia hidrográfica do Rio Belém comporta ainda outros corpos d'água que deságuam em seu leito, como o Rio Pilarzinho, o Rio Ivo, o Rio Juvevê, o Rio Água Verde e o Rio Vila Guáira, e recebe também pequenos córregos que definem importantes pontos na paisagem. Por perpassar os principais bairros da cidade, atravessa pontos de caráter simbólico e cultural, sendo considerado um rio de extrema importância para a cidade de Curitiba (BOLLMANN; EDWIGES, 2008; HEINRICH, 2015). Historicamente é um manancial superficial com diversos usos, que atravessa parques e áreas densamente povoadas, e que teve seu leito parcialmente retificado e seu corpo hídrico parcialmente canalizado (HEINRICH, 2015).

Segundo Bracht (2008), a bacia hidrográfica do Rio Belém encontra-se completamente urbanizada, tendo o curso principal do rio atravessando alguns dos setores com maior densidade demográfica nas partes superior e média da bacia, e com ocupação menos densa no trecho inferior. O crescente grau de urbanização ocorreu historicamente por três séculos, com a ocupação gradativa do eixo principal do Rio Belém e de seus afluentes (GARCAS, 2016). Esta ocupação teve repercussão em toda extensão da bacia hidrográfica, com a degradação do ecossistema natural, com elevada impermeabilização do solo nas áreas de drenagem da bacia e sub-bacias hidrográficas, alterando a capacidade de absorção da água das chuvas, com queda expressiva da qualidade geral da água a partir das nascentes em direção à foz (BOLLMANN; EDWIGES, 2008; GARCAS, 2016; HEINRICH, 2015).

Figura 6 – Mapa de delimitação do recorte geográfico



Fonte: A autora. Com base em IPEA (2015) e SUDERHSA (2010b).

A escolha por este recorte deu-se pela total inserção da Bacia Hidrográfica no município de Curitiba (BRACHT, 2008). Também verificou-se a disponibilidade de informações acerca das suas características e de sua ocupação, visando maior eficácia no desenvolvimento do estudo de caso, além de relatos e documentações acerca dos casos de inundações, alagamentos e enchentes registrados na Bacia Hidrográfica do Rio Belém desde o início do século XX (DUARTE, 2006; GARCIAS, 2016; GAZETA DO POVO, 2012; 2018).

De forma que o presente estudo pretende mapear vulnerabilidades sociais vinculadas à cenários de inundações urbanas simulados, justifica-se a escolha da bacia hidrográfica do Rio Belém como recorte geográfico devido à grande concentração de urbanização e alta densidade populacional, visto que a mesma

abriga grande parcela da população do município e, das seis bacias hidrográficas que compõem a cidade de Curitiba, é a mais urbanizada, com altas taxas de densidade construída, concentração de comércio, serviços e valores.

O Quadro 7 apresenta os valores do IVS total e de seus indicadores individualmente, para o ano de 2010, das UDHs localizadas na porção média da bacia hidrográfica do Rio Belém, recorte geográfico do presente estudo, sendo a renda média domiciliar e a contagem da população obtidas a partir do Censo 2010.

Quadro 7 – UDHs da bacia hidrográfica do Rio Belém afetadas por manchas de inundação

Nome UDH	Classe IVS	IVS Total	IVS Infra Urbana	IVS Capital Humano	IVS Renda e Trabalho	Pop. UDH	Renda média domiciliar UDH
Batel / Bigorriho	Muito baixa	0,047	0,00	0,08	0,06	29.728	R\$2.837,25
Cabral / Hugo Lange/ Jardim Social	Muito baixa	0,048	0,00	0,07	0,08	27.536	R\$2.694,67
Alto da Glória / Juvevê / Centro Cívico / Ahú	Muito baixa	0,056	0,00	0,09	0,08	28.778	R\$3.061,56
Alto da Rua XV / Cristo Rei / Jardim Botânico	Muito baixa	0,056	0,00	0,10	0,07	39.073	R\$2.465,26
Jardim Botânico / Prado Velho: Vila das Torres	Média	0,381	0,41	0,44	0,30	7.993	R\$1.477,77
Centro / Rebouças	Muito baixa	0,074	0,00	0,14	0,08	28.165	R\$3.025,55
Centro	Muito baixa	0,053	0,00	0,07	0,09	26.858	R\$2.515,16
Prado Velho / Rebouças	Baixa	0,212	0,18	0,30	0,15	9.949	R\$1.534,95
Rebouças	Muito baixa	0,092	0,01	0,16	0,11	18.236	R\$1.880,33
Bom Retiro / Centro Cívico / Mercês / S. Francisco	Baixa	0,213	0,40	0,11	0,13	41.105	R\$2.487,43
Água Verde	Muito baixa	0,059	0,00	0,13	0,05	32.153	R\$2.542,58

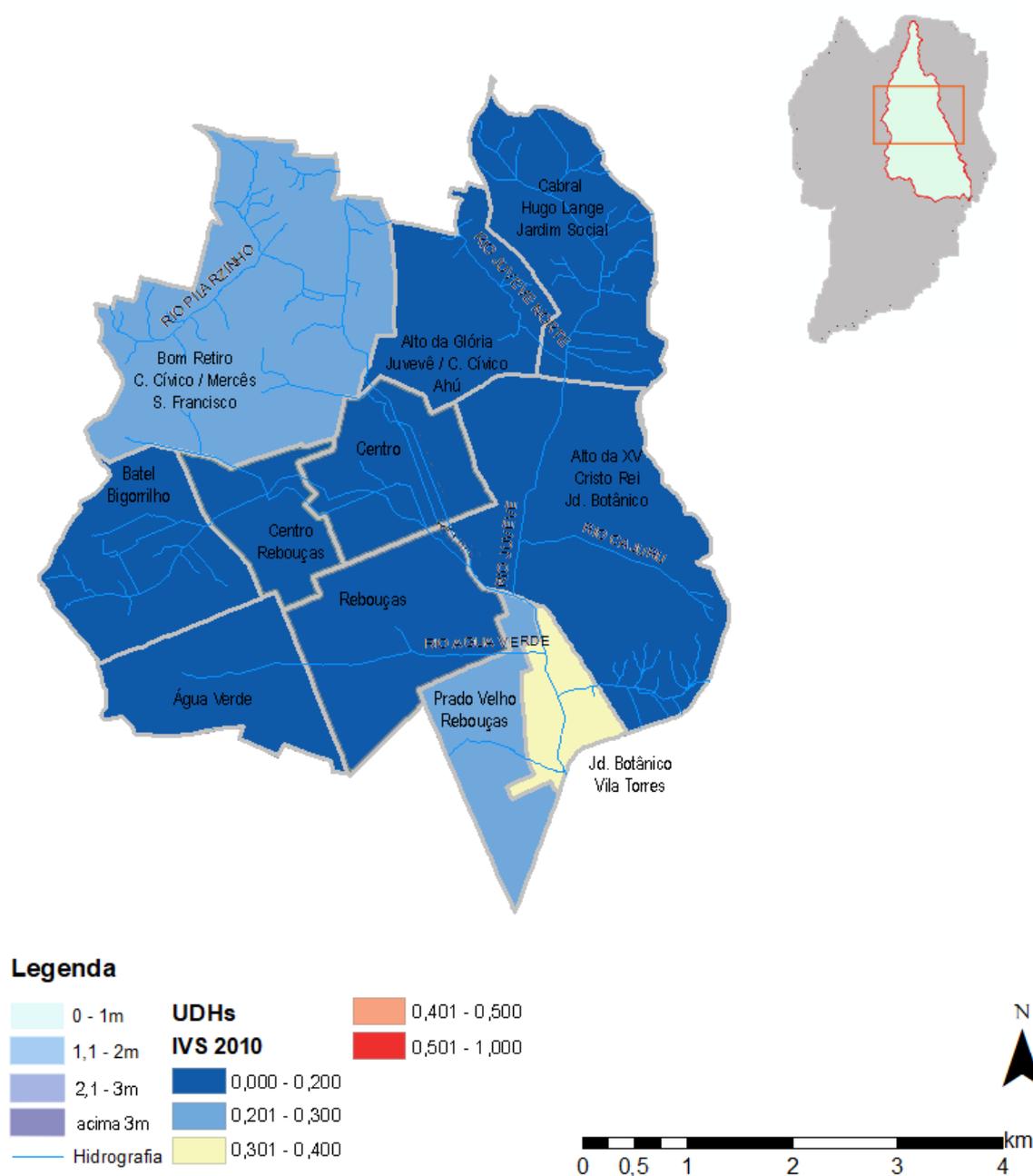
Fonte: baseado em IBGE (2010) e IPEA (2015).

Nota-se que grande parte das UDHs se enquadram na classe de vulnerabilidade social muito baixa, e contam com maior contagem populacional e com as maiores rendas domiciliares médias. Apenas a UDH Jardim Botânico/Prado Velho, Vila das Torres, se enquadra na categoria de *média* vulnerabilidade, sendo que os valores das três dimensões do IVS: *Infraestrutura Urbana*, *Capital Humano* e

*Renda e Trabalho* para esta UDH se destacam contundentemente dos demais, demonstrando grande discrepância entre esta população e esta UDH frente às demais analisadas.

Para possibilitar a visualização da vulnerabilidade social da área de estudo, apresentada na Figura 7, os dados foram processados e espacializados em ambiente SIG, com o *software* ArcGIS, gerando mapas temáticos do IVS de Curitiba com base nos dados do Censo 2010 do IBGE.

Figura 7 – Mapa de UDHs do recorte geográfico com classes de IVS e hidrografia



### 3.1.2 Desenvolvimento de cenários de inundação nos ambientes urbanos com enfoque no método Hazus

O *software* Hazus modela e disponibiliza gráficos e relatórios com relação à ameaças e vulnerabilidades para situações de desastres naturais. Esta ferramenta foi desenvolvida pela *Federal Emergency Management Agency* (FEMA), responsável pela gestão de desastres naturais nos Estados Unidos. Se trata de um sistema computacional gratuito, que utiliza a plataforma tecnológica de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), especificamente o *software* ArcGIS da ESRI (HANSEN, 2014). O programa foi projetado para ser utilizado apenas no âmbito dos Estados Unidos da América, porém é passível de utilização em outras regiões desde que sejam realizadas as devidas adaptações e inserções de dados básicos da região de estudo pretendida (KAVECRIS, 2013).

De maneira geral, o *software* avalia riscos de desastres naturais em uma área delimitada e suas eventuais consequências. O desenvolvimento do programa se deu no âmbito de estudos para a prevenção e posterior análise de danos provenientes de abalos sísmicos, desastre com grande ocorrência no território da América do Norte, mas obteve repercussão positiva e foram desenvolvidas versões que proporcionam análise multi-risco de desastres naturais, como furacões, terremotos e inundações (CROOPE, 2009).

Como explica Schneider (2006), o programa é fruto da integração de diversas ciências, de forma que se abre a possibilidade de identificação e quantificação de riscos de desastres naturais e avaliações de perdas. Para o desenvolvimento das análises, o programa Hazus considera as condições físicas da área de estudo, dados hidrológicos e o patrimônio físico vulnerável em que se enquadram sistemas de transporte, sistemas de atendimento público e patrimônio privado (ESRI, 2006), sendo estes dados denominados “dados de entrada” ou “*inputs*”.

Após a inserção das informações relativas ao local de estudo, o *software* disponibiliza mapas de avaliação de vulnerabilidade e estima a exposição de determinada população e estruturas construídas a possíveis danos, tendo como objetivo simular cenários para contribuir na gestão e nas decisões tomadas em eventual desastre (SCAWTHORN, 2006), sendo estes dados gerados pelo *software* denominado “dados de saída” ou “*outputs*”. A Figura 8 representa, resumidamente, o processo de funcionamento do *software* e o processo de impactos e perdas.

Figura 8 – Etapas do processo de funcionamento do *software* Hazus



Fonte: Adaptado de *Texas Hazard Mitigation Plan* (2013).

Segundo considerações de Schneider (2006), os *outputs* que se referem às medidas de recuperação ou mitigação de desastres naturais promovem sugestões de remoção e elevação de estruturas de um local sujeito à inundação. Os *outputs* que se referem às medidas de restauração promovem sugestões sobre áreas prioritárias de atendimento, pontos para desobstrução e revitalização de serviços essenciais (abastecimento de água, coleta de esgoto, entre outros).

Dentro dos *outputs* também se estima o tempo para execução de tarefas de recuperação, sendo que, quanto maior for o tempo para pleno funcionamento da região afetada pelo desastre, maior o prejuízo envolvido, seja no sentido financeiro – devido à fragilidade econômica dada inatividade ou no sentido social – devido ao número de desalojados e desabrigados (SCAWTHORN, 2006).

Dentre as adaptações realizadas para diferentes países, a metodologia Hazus específica para inundações urbanas foi aplicada em países como Áustria, Canadá, Espanha, além de diversos locais dos Estados Unidos, como nas cidades de São Francisco/Califórnia e Alexander County/Illinois, no estado do Texas, no estado de

Carolina do Norte e diversos outros locais com incidência de desastres naturais (CIMELLARO, 2014; CUMMINGS et al., 2012; ESTADO DO TEXAS/EUA, 2013; HASTINGS; JOURNEAY, 2011; KULMESCH, 2010; SHRESTHA, 2014).

Ainda que os benefícios da implantação do programa sejam de grande impacto, como o planejamento de deslocamentos de populações de áreas de risco e proteção da infraestrutura existente, é necessário que a equipe designada para desenvolvimento, adaptação e operação do *software* esteja qualificada e alinhada com as especificidades requeridas a fim de gerar cenários mais próximos da realidade de um possível evento de inundação (HANSEN, 2014).

Além destas considerações, se torna necessário averiguar a existência, extensão e confiabilidade dos *inputs* a serem inseridos no sistema do programa, de forma que quanto maior a vastidão e credibilidade dos dados incorporados, uma maior gama de *outputs* alinhados com a realidade do local de estudo se mostrará, auxiliando na tomada de decisões pelos gestores e técnicos e oferecendo um panorama realista das possíveis perdas e prejuízos (SCAWTHORN, 2006; DING, 2008; CROOPE, 2009; KAVECRIS, 2013).

De forma que, de montante à jusante, a vazão e o fluxo das águas possuem um decréscimo na velocidade devido à diminuição da declividade, considerou-se neste estudo a região central da Bacia Hidrográfica do Rio Belém para o desenvolvimento dos cenários de inundação, pois é a região que possui vazão e fluxo médio das águas, gerando banco de dados acurados quanto às considerações acerca de inundações. A região da bacia hidrográfica a ser analisada teve sua escolha pautada a partir de uma condição média relativa à topografia (declividade) e fluxo d'água dos rios, evitando locais muito próximos da nascente e da foz.

Nesta unidade de análise simularam-se potenciais manchas de inundação utilizando polígonos de extensão de manchas, bem como dados de vazão dos rios e seus tempos de retorno obtidos no Plano de Drenagem da Bacia do Alto Iguaçu (SUDERHSA, 2002). Para isso, o tempo de retorno considerado na pesquisa foi de 25 anos (TR=25 anos), enquanto os dados de vazão foram considerados a partir dos dados do Plano de Drenagem (2002), demonstrados no Quadro 8. Ambos os dados – tempo de retorno e vazão – foram considerados a partir dos dados dos cenários tendenciais simulados no Plano de Drenagem.

Quadro 8 – Dados de vazão e tempo de retorno dos rios inseridos no recorte geográfico

Rio	Tempo de retorno	Vazões (m <sup>3</sup> /s) para TR=25 anos
Belém	25 anos	367,91
Água Verde		74,58
Juvevê		76,01
Ivo		61,00
Pilarzinho		21,74
Juvevê do Norte		24,58

Fonte: SUDERHSA (2002).

Para a configuração da profundidade das manchas de inundação, utilizou-se um modelo digital de elevação (DEM – Digital Elevation Model)<sup>3</sup>, criado a partir de um processamento de dados laser scanning data (LIDAR)<sup>4</sup> em ambiente SIG com o *software* ArcGIS no formato nuvem de pontos (LAS) do território e resolução espacial de 5 metros, sendo os dados fornecidos pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL).

---

<sup>3</sup> O Modelo Digital de Elevação (DEM) é um conjunto de dados cartográficos digitais em três coordenadas (XYZ) e foi derivado de linhas de contorno ou métodos fotogramétricos. As elevações do terreno a partir das posições de solo são amostradas em intervalos horizontais regularmente espaçados (GANDHI; SARKAR, 2016).

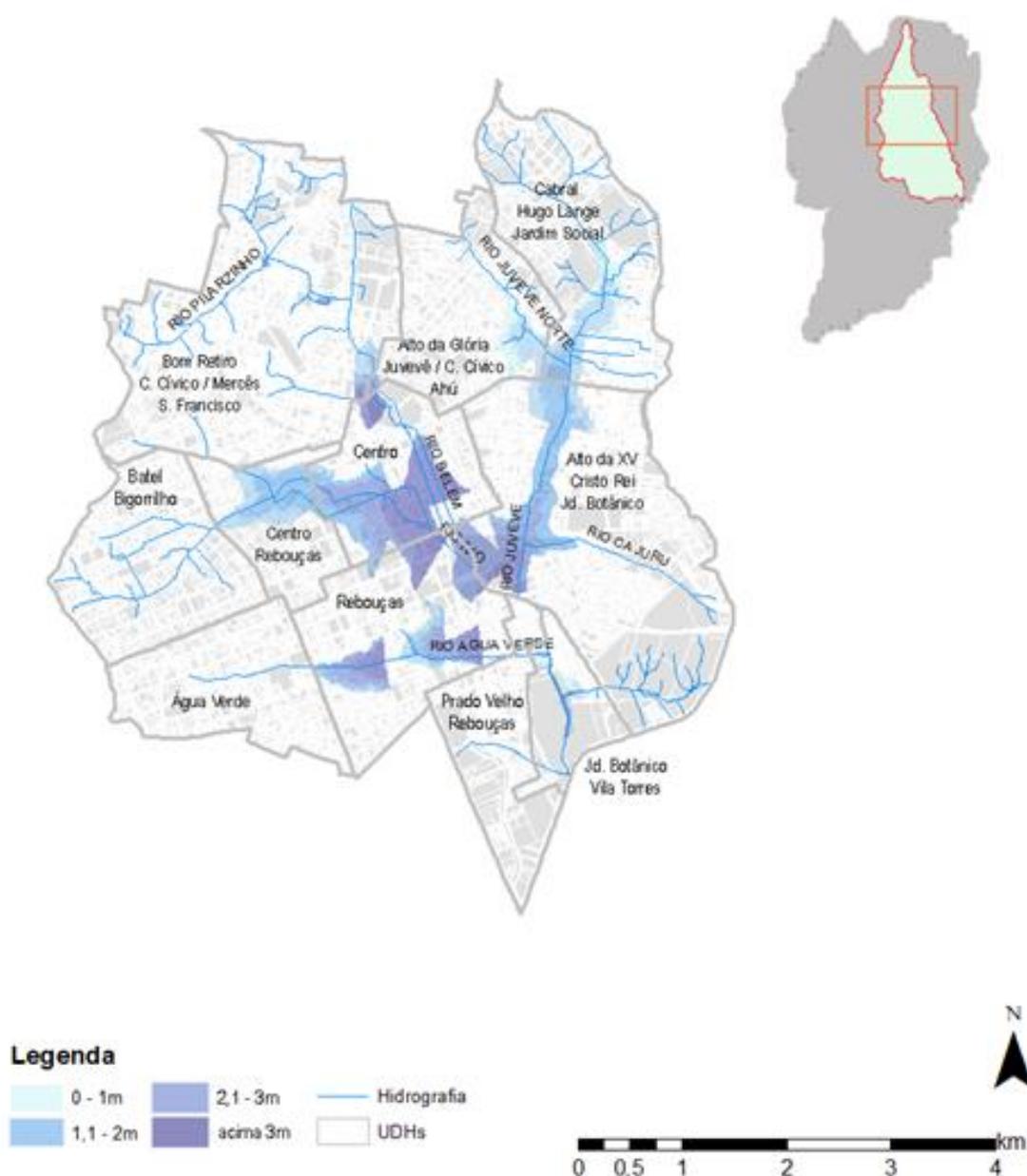
<sup>4</sup> LIDAR mede a distância entre um sensor e um alvo com base na metade do tempo decorrido entre a emissão de um pulso e a detecção de um retorno refletido, com perfilamentos a laser da superfície terrestre para obtenção de coordenadas x, y e z de um terreno (BALTENSWEILER *et al.*, 2017).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CENÁRIOS SIMULADOS DE MANCHAS DE INUNDAÇÃO

A Figura 9 demonstra as manchas de inunda o desenvolvidas e combinadas com o shapefile<sup>5</sup> de UDHS delineadas na caracteriza o do IVS (IPEA, 2015), tendo as manchas de inunda o simuladas em intervalos variados de metro em metro.

Figura 9 – Mapa de manchas de inunda o simuladas com o *software* Hazus



Fonte: A autora. Com base em IPEA (2015); SUDERHSA (2000a); SUDERHSA (2002).

<sup>5</sup> Um *shapefile* armazena um conjunto de dados geométricos não-topológicos e tem atributos relacionados às suas características espaciais (ESRI, 1998).

## 4.2 CATEGORIZAÇÃO DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL – ÍNDICE IVA

Com a finalidade de definir a vulnerabilidade ambiental para cada UDH do recorte geográfico, neste trabalho denominado como IVA – Índice de Vulnerabilidade Ambiental, foram consideradas as profundidades de inundação atingidas, suas respectivas áreas de abrangência territorial e a população domiciliada em cada profundidade simulada. Definiram-se as áreas atingidas considerando-se a área das manchas de inundação e a proporção de suas profundidades, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Proporção das profundidades das manchas de inundação com relação às UDHS

UDH	Profundidades									
	0 m		0,1-1 m		1,1-2 m		2,1-3 m		Acima de 3 m	
	área km <sup>2</sup>	% UDH	área km <sup>2</sup>	% UDH	área km <sup>2</sup>	% UDH	área km <sup>2</sup>	% UDH	área km <sup>2</sup>	% UDH
Batel/Bigorriho	2,556	99,87%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,001	0,04%	0,002	0,09%
Cabral/Hugo Lange/Jd. Social	2,745	86,39%	0,00	0,00%	0,005	0,14%	0,011	0,33%	0,414	13,03%
Alto da Glória/Juvevê/ C. Cívico/Ahú	2,058	89,47%	0,000	0,00%	0,00	0,00%	0,003	0,13%	0,236	10,26%
Alto da Rua XV/Cristo Rei/ Jd. Botânico	4,667	84,21%	0,000	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,868	15,67%
Jd. Botânico/ Prado Velho: Vila Torres	0,831	87,12%	0,015	1,53%	0,043	4,49%	0,027	2,78%	0,037	3,86%
Centro/ Rebouças	0,917	67,12%	0,00	0,01%	0,008	0,60%	0,027	1,96%	0,412	30,15%
Centro	1,078	54,33%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,902	45,44%
Prado Velho/ Rebouças	1,687	99,38%	0,00	0,00%	0,010	0,56%	0,00	0,02%	0,00	0,00%
Rebouças	2,017	72,66%	0,001	0,05%	0,031	1,10%	0,079	2,85%	0,642	23,12%
Bom Retiro/ Centro Cívico/ Mercês/S. Fco.	5,897	97,86%	0,003	0,05%	0,063	1,05%	0,020	0,33%	0,041	0,69%
Água Verde	2,159	99,94%	0,00	0,00%	0,001	0,05%	0,00	0,00%	0,00	0,00%

Fonte: A autora. Com base em IPEA (2015) e dados da pesquisa.

Visto que as UDHS – unidade base de análise desta pesquisa – derivam do tratamento dos dados do Censo 2010, com todo o processamento e espacialização das informações realizado em ambiente SIG com o *software* ArcGIS pode-se considerar as informações dos setores censitários definidos pelo IBGE para a estimativa do possível número de pessoas a serem impactadas pelas manchas de inundação.

Fez-se uso do arquivo em formato *shapefile* dos setores censitários do Censo 2010 do IBGE, disponível em ambiente online, de forma a obter o número de habitantes domiciliados nos setores censitários inseridos no recorte geográfico, e então, a partir do *overlay* das informações censitárias com o *shapefile* de profundidades das manchas de inundação simuladas na mesma área, resultou-se uma projeção da população presente em cada nível de profundidade.

A Tabela 10 demonstra a proporção da população impactada por UDH, considerando a proporção de áreas das profundidades atingidas pelas manchas de inundação com relação à área total da UDH inserida na região de estudo.

Admitiram-se pesos para cada profundidade atingida pelas manchas de inundação na contribuição para o índice de vulnerabilidade que variam entre 0 e 1, considerando que quanto maior a profundidade atingida pela mancha de inundação simulada, maior o possível impacto.

Cada nível de profundidade (peso) contribuiu sendo multiplicado à proporção da população inserida no respectivo nível, resultando na nota obtida em cada profundidade.

Para obter o nível de impacto final em cada UDH fez-se a soma das notas obtidas em cada profundidade atingida, seguida de posterior divisão por 100. De forma a definir o índice IVA, adotou-se para classificação de vulnerabilidade a razão das notas de cada UDH.

Tabela 10 – Composição do índice IVA a partir da proporção de pessoas domiciliadas afetadas por UDH considerando as profundidades atingidas pelas manchas de inundação

UDH	Pop. Total UDH	Profundidades																			∑ notas	IVA	
		0 m				0,1-1 m				1,1-2 m				2,1-3 m				acima 3 m					
		peso	(a)	%	nota	peso	(a)	%	nota	peso	(a)	%	nota	peso	(a)	%	nota	peso	(a)	%			nota
Batel/ Bigorriho	29.728	0	29.712	99,95	<b>0,00</b>	0,25	0,00	0,00	<b>0,00</b>	0,5	0	0,00	<b>0,00</b>	0,75	5	0,02	<b>0,02</b>	1	11	0,04	<b>0,04</b>	<b>0,06</b>	<b>0,001</b>
Cabral H. Lange Jd. Social	27.536	0	26.203	95,16	<b>0,00</b>	0,25	2	0,00	<b>0,00</b>	0,5	20	0,07	<b>0,04</b>	0,75	36	0,13	<b>0,097</b>	1	1.275	4,63	<b>4,63</b>	<b>4,767</b>	<b>0,048</b>
A. da Glória/ Juvevê/ C. Cívico/ Ahú	28.778	0	26.137	90,82	<b>0,00</b>	0,25	0	0,00	<b>0,00</b>	0,5	0	0,00	<b>0,00</b>	0,75	26	0,09	<b>0,067</b>	1	2.615	9,08	<b>9,08</b>	<b>9,147</b>	<b>0,091</b>
A. da XV C. Rei/ Jd. Botânico	39.073	0	33.275	85,16	<b>0,00</b>	0,25	0	0,00	<b>0,00</b>	0,5	0	0,00	<b>0,00</b>	0,75	0	0,00	<b>0,00</b>	1	5.798	14,83	<b>14,83</b>	<b>14,83</b>	<b>0,148</b>
Jd. Botânico/ P. Velho: V. Torres	7.993	0	7.329	91,66	<b>0,00</b>	0,25	23	0,29	<b>0,07</b>	0,5	383	4,84	<b>2,42</b>	0,75	141	1,77	<b>1,327</b>	1	114	1,43	<b>1,43</b>	<b>5,247</b>	<b>0,052</b>
Centro/ Rebouças	28.165	0	21.973	78,02	<b>0,00</b>	0,25	2	0,01	<b>0,00</b>	0,5	75	0,27	<b>0,135</b>	0,75	283	1,00	<b>0,75</b>	1	5.832	20,71	<b>20,71</b>	<b>21,59</b>	<b>0,215</b>
Centro	26.858	0	18.738	69,76	<b>0,00</b>	0,25	0	0,00	<b>0,00</b>	0,5	0	0,00	<b>0,00</b>	0,75	3	0,01	<b>0,007</b>	1	8.117	30,23	<b>30,23</b>	<b>30,23</b>	<b>0,302</b>
P. Velho/ Rebouças	9.949	0	9.900	99,51	<b>0,00</b>	0,25	0	0,00	<b>0,00</b>	0,5	46	0,47	<b>0,235</b>	0,75	3	0,02	<b>0,015</b>	1	0	0,00	<b>0,00</b>	<b>0,25</b>	<b>0,003</b>
Rebouças	18.236	0	15.642	85,78	<b>0,00</b>	0,25	7	0,03	<b>0,00</b>	0,5	115	0,63	<b>0,630</b>	0,75	314	1,72	<b>1,290</b>	1	2.158	11,83	<b>11,83</b>	<b>13,75</b>	<b>0,138</b>
B. Retiro/ C. Cívico/ Mercês/ S. Fco.	41.105	0	40.320	98,09	<b>0,00</b>	0,25	12	0,02	<b>0,00</b>	0,5	461	1,12	<b>0,28</b>	0,75	74	0,18	<b>0,135</b>	1	238	0,58	<b>0,58</b>	<b>0,995</b>	<b>0,010</b>
A. Verde	32.153	0	32.146	99,98	<b>0,00</b>	0,25	0	0,00	<b>0,00</b>	0,5	7	0,02	<b>0,00</b>	0,75	0	0,00	<b>0,00</b>	1	0	0,00	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,000</b>

Fonte: A autora. Com base em IPEA (2015) e dados da pesquisa.

(a) População proporcional à área da profundidade da mancha de inundação simulada na UDH.

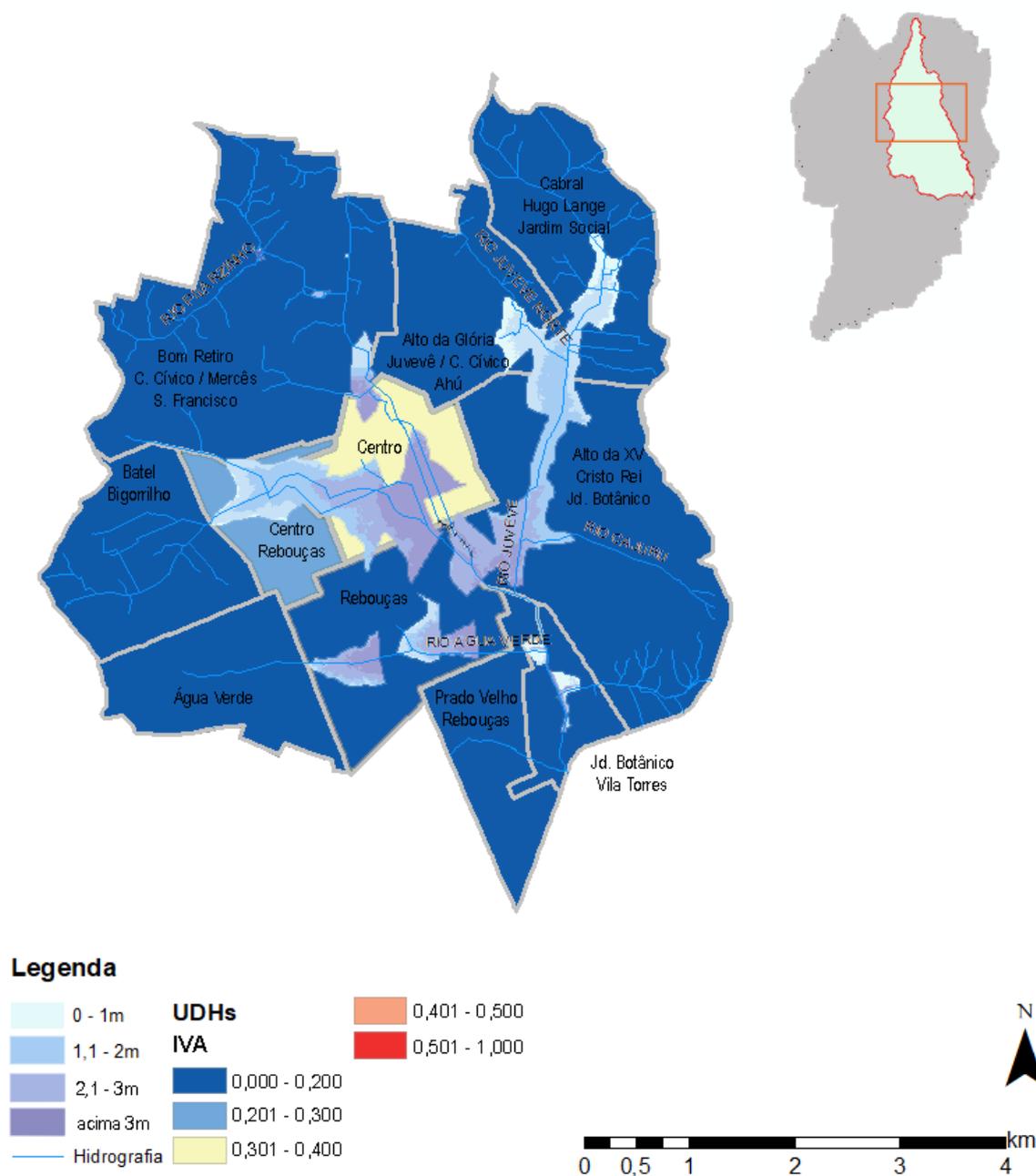
Categorizou-se a vulnerabilidade ambiental de forma similar à metodologia do IVS com cinco classes de enquadramento de vulnerabilidade, adotando a mesma classificação de intervalos (0 – 1). As UDHS atingidas pelas manchas de inundação foram classificadas nas cinco classes:  *muito alta, alta, média, baixa e muito baixa* vulnerabilidade ambiental conforme o índice IVA – Índice de Vulnerabilidade Ambiental, demonstrado no Quadro 11, enquanto a Figura 10 espacializa as informações.

Quadro 11 – Índices e classes de IVA das UDHS

<b>UDH</b>	<b>IVA</b>	<b>Classe de vuln. ambiental</b>
Batel/Bigorriho	<b>0,001</b>	Muito baixa vulnerabilidade
Cabral/Hugo Lange/Jd. Social	<b>0,048</b>	Muito baixa vulnerabilidade
Alto da Glória/Juvevê/ C. Cívico/Ahú	<b>0,091</b>	Muito baixa vulnerabilidade
Alto da Rua XV/Cristo Rei/ Jd. Botânico	<b>0,148</b>	Muito baixa vulnerabilidade
Jd. Botânico/Prado Velho: Vila Torres	<b>0,052</b>	Muito baixa vulnerabilidade
Centro/Rebouças	<b>0,215</b>	Baixa vulnerabilidade
Centro	<b>0,302</b>	Média vulnerabilidade
Prado Velho/Rebouças	<b>0,003</b>	Muito baixa vulnerabilidade
Rebouças	<b>0,138</b>	Muito baixa vulnerabilidade
Bom Retiro/Centro Cívico/ Mercês/S. Fco.	<b>0,010</b>	Muito baixa vulnerabilidade
Água Verde	<b>0,000</b>	Muito baixa vulnerabilidade

Fonte: A autora. Com base em IPEA (2015) e dados da pesquisa.

Figura 10 – Mapa de UDHS com respectivas classes de IVA e hidrografia



Fonte: A autora. Com base em IPEA (2015), SUDERHSA (2000a), SUDERHSA (2002) e dados da pesquisa.

#### 4.3 ARTICULAÇÃO ENTRE AS VULNERABILIDADES SOCIAL E AMBIENTAL NA ÁREA DE ESTUDO – ÍNDICE IVSA

Na correlação das vulnerabilidades social e ambiental – IVS e IVA –, respectivamente, observaram-se os princípios geradores de cada índice, em que o IVS apresenta enfoque no “acesso, ausência ou insuficiência de ativos que deveriam estar à disposição da população [...]” (IPEA, 2015, p.12) nas suas três grandes dimensões: *Infraestrutura urbana* – acesso à serviços de saneamento básico e mobilidade urbana; *Capital Humano* – acesso à serviços de saúde e educação; e *Renda e Trabalho* – insuficiência de renda com base no salário mínimo do ano de 2010, ocupação da população, dependência de renda de idosos e trabalho infantil (IPEA, 2015). Isto posto, considera-se que o IVA sinaliza possível propensão de inundações em áreas do território urbano e relaciona as profundidades atingidas pela inundação simulada à possíveis populações residentes na área impactada pelas manchas.

Ambos os índices contam com cinco classes de vulnerabilidade (Tabela 12), que demonstram o enquadramento dos índices nas categorias:  *muito baixa* vulnerabilidade,  *baixa* vulnerabilidade,  *média* vulnerabilidade,  *alta* vulnerabilidade e  *muito alta* vulnerabilidade.

Tabela 12 – Somatório dos índices IVS e IVA para cada UDH

Nome da UDH	Classe de vuln. social	Índice IVS	Classe de vuln. ambiental	Índice IVA	$\Sigma$ IVS + IVA
Batel/Bigorriho	Muito baixa	<b>0,047</b>	Muito baixa	<b>0,001</b>	<b>0,048</b>
Cabral/Hugo Lange/Jd. Social	Muito baixa	<b>0,048</b>	Muito baixa	<b>0,048</b>	<b>0,096</b>
Alto da Glória/Juvevê/Centro Cívico/Ahú	Muito baixa	<b>0,056</b>	Muito baixa	<b>0,091</b>	<b>0,147</b>
Alto da Rua XV/Cristo Rei/Jardim Botânico	Muito baixa	<b>0,056</b>	Muito baixa	<b>0,148</b>	<b>0,204</b>
Jardim Botânico/Prado Velho: Vila das Torres	Média	<b>0,381</b>	Muito baixa	<b>0,052</b>	<b>0,433</b>
Centro/Rebouças	Muito baixa	<b>0,074</b>	Baixa	<b>0,215</b>	<b>0,289</b>
Centro	Muito baixa	<b>0,053</b>	Média	<b>0,302</b>	<b>0,355</b>
Prado Velho/Rebouças	Baixa	<b>0,212</b>	Muito baixa	<b>0,003</b>	<b>0,215</b>
Rebouças	Muito baixa	<b>0,092</b>	Muito baixa	<b>0,138</b>	<b>0,230</b>
Bom Retiro/Centro Cívico/Mercês/São Francisco	Baixa	<b>0,213</b>	Muito baixa	<b>0,010</b>	<b>0,223</b>
Água Verde	Muito baixa	<b>0,059</b>	Muito baixa	<b>0,000</b>	<b>0,059</b>

Fonte: A autora. Com base em IPEA (2015) e dados da pesquisa.

O IVSA é o resultado da soma dos índices IVS e IVA, sendo que cada um deles se insere no cálculo com o mesmo peso. As UDHs atingidas pelas manchas de inundação foram classificadas nas classes:  *muito alta, alta, média, baixa e muito baixa* vulnerabilidade ambiental, conforme o índice IVSA – Índice de Vulnerabilidade Socioambiental demonstrado no Quadro 13, enquanto a Figura 11 espacializa as informações.

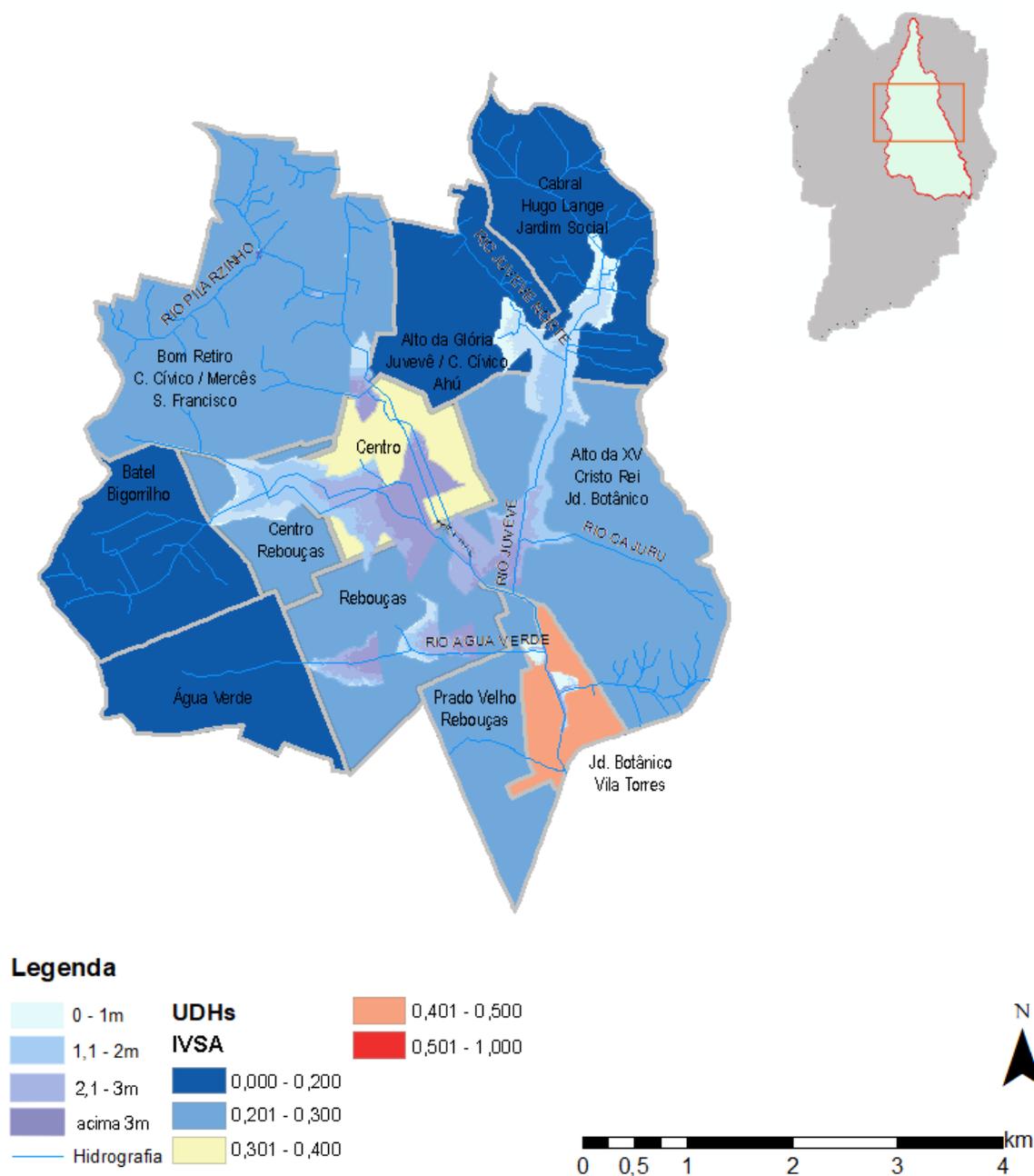
Quadro 13 – Índice IVSA para as UDHs

Nome da UDH	Classe de vulnerabilidade socioambiental	Índice IVSA
Batel/Bigorriho	Muito baixa	0,048
Cabral/Hugo Lange/Jd. Social	Muito baixa	0,096
Alto da Glória/Juvevê/ Centro Cívico/Ahú	Muito baixa	0,147
Alto da Rua XV/Cristo Rei/ Jardim Botânico	Baixa	0,204
Jardim Botânico/Prado Velho: Vila das Torres	Alta	0,433
Centro/Rebouças	Baixa	0,289
Centro	Média	0,355
Prado Velho/Rebouças	Baixa	0,215
Rebouças	Baixa	0,230
Bom Retiro/Centro Cívico/ Mercês/São Francisco	Baixa	0,223
Água Verde	Muito baixa	0,059

Fonte: A autora. Com base nos dados da pesquisa.

Observa-se que a vulnerabilidade ambiental contribuiu em grande parte para a reclassificação das UDHs no índice IVSA, especialmente na região central analisada (UDH: Centro), que concentra grande impacto não apenas na extensão territorial das manchas de inundação, mas também nas possíveis profundidades atingidas pelas mesmas.

Figura 11 – Mapa de UDHS com classes de IVSA e hidrografia



Fonte: A autora. Com base em IPEA (2015), SUDERHSA (2000a), SUDERHSA (2002) e dados da pesquisa.

Dentre as UDHS impactadas pelas manchas de inundação simuladas, destacou-se a UDH denominada Jardim Botânico/Prado Velho: Vila das Torres, que possui maior índice de vulnerabilidade social (IVS 0,381), menor média de renda entre as 11 UDHS da área de estudo (R\$1.477,77), menor população (7.993 pessoas), e classificou-se como *muito baixa* vulnerabilidade ambiental (IVA 0,053) considerando o impacto das manchas de inundação. Devido ao fato de esta porção

populacional ter aspectos característicos, a articulação das vulnerabilidades social e ambiental demonstrou incremento significativo no índice IVSA (0,433) no contexto das UDHS analisadas. Para esse resultado procurou-se contextualizar a UDH Vila das Torres frente às demais UDHS impactadas.

Originalmente, o processo de ocupação da região da Vila das Torres se deu na década de 1960, a partir do êxodo rural brasileiro (descrito no item 2.1 deste documento), e uma população de baixa renda se estabeleceu em lotes particulares na faixa *non aedificandi* na margem direita do Rio Belém (COHAB-CT, 1991 *apud* SOUZA, 2016), categorizando a ocupação como invasão, enquanto as demais estruturas de ocupação analisadas no estudo de caso da presente pesquisa estiveram em concordância com as diretrizes de uso e ocupação do solo orientadas pelo poder público, que datam da segunda metade do século XIX (CMC, 2015).

A primeira intervenção do poder público no local da Vila das Torres data de 1976, com a promoção do desfavelamento da ocupação e com justificativa de implantação dos equipamentos Jardim Botânico e câmpus da Universidade Federal do Paraná nas proximidades (SOUZA, 2016). Esta política pública de erradicação de favelas fez parte da atuação do Governo Federal por meio do Banco Nacional de Habitação (BNH) durante a ditadura militar (BUENO, 2000).

A fixação do assentamento Vila das Torres data do final da década de 1980 com execução de infraestrutura mínima e regularização pelo poder público com recursos provenientes do Governo Federal. Esta intervenção toma partido das políticas públicas de urbanização, em que se mantêm as características do local com implantação de alterações que promovam melhoria da infraestrutura, objetivando maior qualidade de vida aos moradores (BUENO, 2000; DENALDI, 2003).

Com o estabelecimento e regularização da Vila Torres, diversas outras intervenções de complementação urbanística da área foram implementadas ao longo do tempo com fornecimento de serviços básicos de infraestrutura de saneamento, consolidação do sistema viário e alterações e melhorias nas edificações, como o Programa Comunidade em Cores, lançado pela COHAB-CT em 2010 (SOUZA, 2016).

Verifica-se no processo de urbanização do local que apenas a primeira política pública aplicada pela Prefeitura de Curitiba teve intuito de remoção da população, todas as políticas posteriores são caracterizadas como urbanização.

Embora o local seja atualmente considerado regularizado pelo poder público, a questão fundiária é tema sensível, apresentando um quadro de urbanização precário, tendo a área característica de não-integração com a cidade formal (BUENO, 2000; DENALDI, 2003; SOUZA, 2016).

A consolidação da ocupação nas margens do Rio Belém pelo poder público vai de encontro com a legislação vigente, que determina a não ocupação ou desenvolvimento de atividades com impacto ambiental em margens de rios, córregos, nascentes e demais estruturas hidrológicas (BRASIL, 2012). Esta consideração enfatiza a consolidação do risco no ambiente urbano, reduzindo a resiliência da estruturação urbana e incrementando a vulnerabilidade social, além de salientar problemas de ordem jurídica, pois diferentes esferas legislativas têm entendimentos divergentes na aplicação das leis em vigência.

Mesmo localizada na região central da cidade de Curitiba, a UDH onde se encontra a Vila Torres demonstra características muito particulares. De forma que a ocupação da região da Vila das Torres se deu por estabelecimento de população vulnerável em local de risco, diversas são as implicações da anuência de regularização dessa população pelo poder público, ocasionando maximização dos indicadores de vulnerabilidade social, bem como sedimenta a dinâmica de segregação urbana, visto que a inserção do local na “cidade formal” se deu de forma lenta, com ações pontuais de saneamento e infraestrutura feitas pela Prefeitura Municipal de Curitiba e entidades ligadas à mesma. Notou-se também que grande área das manchas de inundação simuladas na porção central da bacia hidrográfica de estudo tomam forma em UDHS com menores índices de vulnerabilidade social dentre as analisadas.

Considerando os indicadores de vulnerabilidade do IPEA, baixa vulnerabilidade compreende acesso e usufruto de serviços de saneamento urbano (abastecimento, esgotamento e coleta de resíduos sólidos, além do controle de vetores), acesso ao sistema de ensino, ocupação da população em atividades remuneradas formais, menor número de núcleos familiares monoparentais, entre outras atribuições para designação de vulnerabilidade social.

Diante destes aspectos, identificou-se na conformação do ambiente urbano da área de estudo proposta que a mesma seguiu o processo de urbanização excludente apontado por Maricato (2011), Rolnik e Nisida (2011) e Rolnik e Klink

(2011), em que populações com maiores faixas de renda tendem a se localizar em regiões das cidades com maior oferta de infraestrutura urbana e social.

Ainda que estas características de inclusão e acesso conformem com a diminuta de vulnerabilidade social, não se pode dizer o mesmo em relação à vulnerabilidade ambiental aos processos de inundações simulados, pois grande parte da porção central da Bacia Hidrográfica do Rio Belém demonstrou propensão a estes eventos, indicando não apenas problemas graves de possíveis inundações urbanas, mas problemas na infraestrutura de drenagem urbana, em grande parte ocasionadas pela massiva impermeabilização do solo, bem como maior pressão no sistema de saneamento pela crescente densidade demográfica.

Considerando a representatividade local e regional da cidade de Curitiba, a predisposição da região para processos de inundações se mostra sensível, uma vez que grande concentração de comércios, serviços, funções burocráticas e marcos urbanos se formaram nesta porção territorial do município. Em análise dos processos de mobilidade urbana e conexões regionais, o desencadeamento de eventos de inundação pode embarçar o movimento populacional, não apenas dos habitantes do município de Curitiba, mas também da Região Metropolitana, pela localização estratégica de terminais de transporte na centralidade do município, extensamente afetada no cenário de inundações simulado na presente pesquisa.

## 5 CONCLUSÃO

Os fenômenos naturais – inundações, terremotos, erupções vulcânicas, entre outros – fazem parte do sistema natural e são acontecimentos não-artificiais, ou seja, ocorrem sem que haja intervenção humana. Observa-se que seguem os princípios da Lei da Natureza (DAVIES, 2005), pois são:

- Universais (Princípio da Universalidade): funcionam da mesma maneira em qualquer local do mundo.
- Absolutos (Princípio do Absolutismo): nada no universo os afeta.
- Estáveis (Princípio da Estabilidade): não se alteram com o tempo.
- Onipotentes (Princípio da Onipotência): tudo no universo está sujeito à eles.
- Objetivos (Princípio da Objetividade): podem ser demonstrados, produzindo os mesmos resultados às mesmas condições.

Dessa forma, os princípios do ciclo hidrológico – evaporação, precipitação, infiltração e escoamento superficial – para se manterem em equilíbrio necessitam de compensações caso haja alterações nas estruturas básicas do sistema. Quando o sistema hidrológico não atinge um nível satisfatório de equilíbrio, desenvolvem-se os desastres naturais, isso se os mesmos ocorrerem em aglomerados urbanos.

O sistema antrópico, com sua forma complexa e interdisciplinar, desenvolveu-se a partir de parâmetros excludentes e seletivos, que podem ser observados, confirmados e vivenciados, apresentando-se de forma contundente nos países das Américas Latina e Central, África e Ásia. No caso específico do Brasil, diversas são as pesquisas e estudos que demonstram o abismo – tanto no âmbito social quanto no âmbito ambiental, das condições da sociedade e do uso do território.

As cidades brasileiras que experimentaram em *boom* populacional e de infraestrutura a partir da década de 1970 incrementaram o desequilíbrio do sistema antrópico – ocupação não-criteriosa do território urbano –, ocasionando uma elevada assimetria em seus sistemas naturais, de forma que a intersecção entre eles pode resultar em desastres naturais, com potencial para afetar direta ou indiretamente um elevado número de pessoas. Com isso, há a possibilidade de comprometimento das infraestruturas básicas de funcionamento dos centros urbanos, considerando os estudos de Maricato (2011), Tucci (2008), Machado *et al.* (2005), Tachini *et al.* (2009), Garcias *et al.* (2010), Tingsanchali (2012), e demais trabalhos consultados para o desenvolvimento da presente pesquisa.

Neste sentido, a congregação de indicadores sociais e ambientais desenvolvidos nesta pesquisa motiva o estreitamento da relação natureza-sociedade, em que os processos sociais, em sua maioria, determinam o acesso à oportunidades e desastres e podem acarretar em distribuição desigual, considerando os sistemas sociais e as relações de poder existentes. Estes fatores podem conformar panoramas de vulnerabilidade, em casos nos quais o não acesso à recursos evidencia-se, mas também pode revelar aspectos de resiliência, com readaptação eficiente da população às novas realidades.

Na análise do IVS demonstrou-se a relação entre o não acesso, ausência ou insuficiência de ativos, recursos ou estruturas na condição do padrão de vida das famílias brasileiras e do bem-estar das populações nas municipalidades.

No caso específico da área de estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Belém selecionada para o presente estudo de caso, a maioria da população analisada obteve valores de indicadores de vulnerabilidade social baixos, que demonstram atuação positiva da estrutura política do Estado na observância dos direitos sociais, visto que o processo de ordenamento do solo urbano de Curitiba – sedimentado no Plano Diretor de 1966 – adotou princípios de desenvolvimento econômico, social e de meio ambiente. Ainda convém salientar que tal realidade é destinada à regiões específicas dos grandes centros urbanos brasileiros (São Paulo, Rio de Janeiro, Recife, Fortaleza, entre outros), que em sua maioria contam com características expressivas de desordenamento do território e da população com índices de vulnerabilidade social elevados.

No estudo do sistema natural da Bacia Hidrográfica do Rio Belém a construção do índice de vulnerabilidade ambiental teve como objeto de análise a população domiciliada na área de estudo, considerando a espacialização simulada de um evento de inundação urbana e quais incrementos na vulnerabilidade social este evento poderia acompanhar.

Na questão da espacialização de cenários de inundação simulados destacou-se a utilização do método Hazus, que inseriu a variável “profundidade” nas análises da vulnerabilidade ambiental e posterior vulnerabilidade socioambiental, caracterizando a população atingida em níveis de profundidade da massa hídrica, cruzando a caracterização ambiental com as características de enquadramento da população residente no IVS. Esta relação entre a localização da população, suas características e o possível cenário de inundação urbana podem fornecer subsídio

para a gestão pública e de sociedade, visando a redução de impactos oriundos de desastres naturais, bem como direcionamentos no que diz respeito à regulamentação da utilização de determinadas áreas das cidades e obras de melhorias e/ou readequações na infraestrutura urbana.

É importante ressaltar que a metodologia Hazus encontra-se em estágio inicial de aplicação no Brasil; por isso, a mesma vem sendo aprimorada no que diz respeito à inserção de dados no sistema, que originalmente segue a convenção dos modelos norte-americanos com diferentes técnicas e materiais de construção e também diferentes unidades de medida. Visto que a aplicação da presente metodologia Hazus demanda substancial trabalho na etapa de aquisição e tratamento de dados, necessita-se de recursos humanos altamente capacitados para que sejam realizadas as alterações necessárias na programação do *software*, bem como para posterior análise dos dados obtidos.

Ainda que haja grande afastamento entre a realidade americana e brasileira no que diz respeito à aplicação da metodologia Hazus, a mesma é possível e segue acompanhada de oportunidades no âmbito da modelagem computacional voltada para a prevenção e recuperação de desastres naturais auxiliando na estruturação de uma sociedade resiliente e preparada para eventos de desastres naturais.

## REFERÊNCIAS

- ALBANO, R.; MANCUSI, L.; SOLE, A.; ADAMOWSKI, J. Floodrisk: a collaborative, free and open-source software for flood risk analysis. **Geomatics, Natural Hazards and Risk**, Oxfordshire, v.8, n.2, p.1812-1832, out. 2017.
- ALCÂNTARA, V. S; STRAUCH, J. C. M; AJARA, C. Metodologia para análise da vulnerabilidade socioambiental: estudo de caso na macrorregião da Costa Verde. **Revista Brasileira de Cartografia**, Brasília, v.03, n.65, p.555-570, jan. 2013.
- ALFIERI, L.; FEYEN, L.; DOTTORI, F.; BIANCHI, A. Ensemble flood risk assessment in Europe under high and climate scenarios. **Global Environmental Change**, Netherlands, v.35, n.1, p.199-212, nov. 2015.
- ALMEIDA, L.; SERRA, J. C. V. Modelos hidrológicos, tipos e aplicações mais utilizadas. **Revista FAE**, v.20, n.1, p.129-137, jan/jun. 2017.
- ATLAS BRASIL. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013**. PNUD. Brasília, 2013.
- BALTENSWEILER, A.; WALTHERT, L.; GINZLER, C.; SUTTER, F.; PURVES, R. S.; HANEWINKEL, M. Terrestrial laser scanning improves digital elevation models and topsoil pH modelling in regions with complex topography and vegetation. **Environmental Modelling & Software**, v.95, p.13-21, set. 2017.
- BERTOLINO, A. **Medidas de baixo impacto para o controle das inundações e alagamentos em bacias hidrográficas urbanas aplicadas na bacia hidrográfica do rio Belém, Curitiba, Paraná**. 2013. 125f. Dissertação (Mestrado em Gestão Urbana) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2013.
- BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I.; WISNER, B. **At Risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters**. 1. ed. Londres: Routledge, 2003. 134p.
- BOLLMANN, H. A.; EDWIGES, T. Avaliação da qualidade das águas do Rio Belém, Curitiba-PR, com emprego de indicadores quantitativos e perceptivos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, vol.13, n.4, p. 443-452, out/dez. 2008.
- BORZACHIELLO, J. O estatuto da cidade e a reforma urbana no Brasil. **Revista GEOUSP**, São Paulo, n.10, p.9-26, jun. 2001.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO. **Glossário de Defesa Civil, estudos de riscos e medicina de desastres**. 2.ed. Brasília,1998.
- BRASIL, Lei n. 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 mai. 2012.
- BRACHT, C. C. **Os instrumentos jurídicos e programas de gestão dos recursos hídricos e seus reflexos na qualidade das águas na bacia hidrográfica do Rio**

**Belém.** 2008. 234f. Dissertação (Mestrado em Gestão Urbana) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2008.

BUENO, L. M. M. **Projeto e favela:** metodologia para projetos de urbanização. 2000. 362f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

BUNGE, M. **Teoria e realidade.** São Paulo: Perspectiva, 2013, 248p.

CÂMARA MUNICIPAL DE CURITIBA – CMC. **Conheça a história dos planos diretores de Curitiba.** Curitiba, 2015. Disponível em: [http://www.cmc.pr.gov.br/ass\\_det.php?not=25680#&panel1-1](http://www.cmc.pr.gov.br/ass_det.php?not=25680#&panel1-1). Acesso em set. 2018.

CIMELLARO, G. P. et al. Analysis of economic resiliency of communities affected by natural disasters: the bay area case study. **Procedia Economics and Finance**, v.18, p.959-968, 2014.

COELHO, M. C. N. Impactos Ambientais em Áreas Urbanas – Teorias, Conceitos e Método de Pesquisa. *In: Impactos Ambientais Urbanos no Brasil.* Bertrand Brasil, Rio de Janeiro. pg. 19-45, 2001.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICÍPIOS – CNM. Gastos em proteção e defesa civil para prevenção de desastres naturais versus resposta e reconstrução no Brasil. **Revista Técnica**, Brasília, n.4, p.37-52, 2016.

CROOPE, S. V. **Working with Hazus-MH.** Working paper University of Delaware, University Transportation Center (UD-UTC), 2009.

CUMMINGS, C. A.; TODHUNTER, P. E.; RUNDQUIST, B. C. Using the Hazus-MH flood model to evaluate community relocation as a flood mitigation response to terminal lake flooding: the case of Minnewaukan, North Dakota, USA. **Applied Geography**, v.32, n.2, p.889-895, mar. 2012.

CUTTER, S.; L. BORUFF, B. J.; SHIRLEY, W. L. Social vulnerability to environmental hazards. **Social Science Quarterly**, v.84, n.2, p.242-261, 2003.

DALFI, R. L.; SANTOS, A. R.; CAMPOS, R. F.; MOREIRA, T. R.; EUGÊNIO, F. C.; SANTOS, G. S. A. D. A. Cenários distintos no mapeamento de áreas de inundação nos bairros do município de Alegre, ES. **Cadernos de Geociências**, Salvador, v.10, n.2, p.76-86, nov. 2013.

DAVIES, P. **The Mind of God:** the scientific basis for a rational world. 1 ed. Nova York: Simon & Schuster, 2005. 256p.

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

DENALDI, R. **Políticas de urbanização em favelas:** evolução e impasses. 2003. 242f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade social na Região Metropolitana de Curitiba**. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

DESCHAMPS, M. V. Estudo sobre a vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba. **Cadernos Metr pole**, São Paulo, v.01, n.19, p.191-219, 2008. Disponível em: <http://revistas.pucsp.br/index.php/metropole/article/viewFile/8716/6467>. Acesso em: fev. 2018.

DING, A.; WHITE, J. F.; ULLMAN, P. W.; FASHOKUN, A. O. Evaluation of HAZUS-MH flood model with local data and other program. **Natural Hazards Review**, n.1, v.9, p.20-28, fev. 2008.

DUARTE, F. Rastros de um rio urbano – cidade comunicada, cidade percebida. **Ambiente e sociedade**, Campinas, v.9, n.2, p.105-122, jul/dez. 2006.

ENCHENTES de antigamente: veja fotos dos alagamentos que cobriram as ruas de Curitiba. **Gazeta do Povo**, 21 mar. 2018. Caderno Haus.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE – ESRI. **ESRI Shapefile Technical Description**. 1998.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE – ESRI. **Quick Guide to Hazus-MH MR1**. 2006.

ESTADO DO TEXAS, EUA. **State of Texas Mitigation Package**. Hazus presentation THMP, 2013. Disponível em: [thmp.info/user\\_resources/HAZUS%20Presentation.ppt](http://thmp.info/user_resources/HAZUS%20Presentation.ppt). Acesso em: ago. 2018.

FAYAL, M. A. de A. **Previsão de vazão por redes neurais artificial e transformada**. 2008. 158p. Disserta o (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

FIGUEIREDO, M. C. B. (Org.) **Análise da vulnerabilidade ambiental**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, 2010, 46p.

FENDRICH, R. **Diagnóstico dos recursos hídricos da bacia hidrográfica urbana do rio Belém**. Curitiba, Assembléia Legislativa do Paraná, 2002, 65p.

GANDHI, S. M.; SARKAR, B.C. Chapter 3 – Reconnaissance and Prospecting. *In: Essencials of Mineral Exploration and Evaluation*. Netherlands. Elsevier, 2016. 410p.

GARCIAS, C. M.; SOTTORIVA, P. M. S.; SANCHES, A. M.; SOTTORIVA, E. M.; DUMS, R. F. A questão das águas urbanas e a Agenda 21 Local. **Revista Ambiência**, Guarapuava, v.6, n.3, p.531-546, set/dez. 2010.

GARCIAS, C. M. Experiências na revitaliza o do Rio Belém: realidades urbanas do Brasil. **Revista Eletr nica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v.4, n.1, p.50-68, 2016.

GOMES, R. L.; DA HORA, S. Mapeamento e avaliação do Rio Cachoeira em trecho de área urbana no município de Itabuna/BA. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v.21, n.02, p.57-75, ago. 2009.

GONÇALVES, C. Regiões, cidades e comunidades resilientes: novos princípios de desenvolvimento. **urbe, Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, vol.9, n.2, p.371-385, mar. 2017.

HANSEN, R. **A GIS-Based Methodology for Exporting the Hazards U.S. (Hazus) Earthquake Model for Global Applications**. Earthquake Workshop, Malta, 2014.

HASTINGS, N.; JOURNEAY, M. **Adapting Hazus for using in Canada: a risk assessment methodology for natural hazards**. Vancouver, 2011. Disponível em: [https://www.crhnet.ca/sites/default/files/library/Hastings\\_CRHNet2011.pdf](https://www.crhnet.ca/sites/default/files/library/Hastings_CRHNet2011.pdf). Acesso em: ago. 2018.

HEINRICH, A. B; METZGER, J. W.; FISCHER, K. M.; MATHIAS, A. L. Gerenciamento de sedimentos e desassoreamento do Rio Belém na área urbana de Curitiba: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.2, p.626-636, 2015.

HOEPPE, P. Trends in weather related disasters – consequences for insurers and society. **Weather and Climate Extremes**, v.11, p.70-79, mar. 2016.

HUMMEL, B. L.; CUTTER, S. L.; EMRICH, C. T. Social vulnerability to natural hazards in Brazil. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 7, n. 2, p.111-122, jun. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo demográfico 1960**. Rio de Janeiro, IBGE, 1960.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo demográfico 1970**. Rio de Janeiro, IBGE, 1970.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo demográfico 1980**. Rio de Janeiro, IBGE, 1980.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo demográfico 1991**. Rio de Janeiro, IBGE, 1991.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo demográfico 2000**. Rio de Janeiro, IBGE, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro, IBGE, 2010.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do. (Orgs). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 196p. 2009.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros**. Brasília, 2015.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. **Índice de vulnerabilidade das famílias paranaenses**: mensuração a partir do Cadastro Único para Programas Sociais – CadÚnico. Nota técnica IPARDES, Curitiba, dez. 2012.

JANNUZZI, P. M. **Indicadores sociais no Brasil**: conceitos, fonte de dados e aplicações. Campinas: Alínea; 2012.

JONKMAN, S. N.; BOCKARJOVA, M.; KOK, M.; BERNARDINI, P. Integrated hydrodynamic and economic modelling of flood damage in the Netherlands. **Ecological Economics**, Netherlands, v.66, n.1, p.77-90, mai. 2008.

JONOV, C. M. P.; NASCIMENTO, N. de O.; PAULA E SILVA, A. de. Avaliação de danos às edificações causados por inundações e obtenção dos custos de recuperação. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.13, n.3, p.75-94, jan./mar. 2013.

KAVECKIS, G.; PAULUS, G.; MICKEY, K. J. HAZ-I A New Framework for International Applications of the Hazus-MH Flood Risk Assessment. *In: **GI Forum 2012: Geovisualization, society and learning***. Berlim: Herbert Wichmann Verlag, 2012, p.426-435.

KASPERSON, R. E.; DOW, K.; ARCHER, E. R. M.; CÁCERES, D.; DOWNING, T. E.; ELMQVIST, T.; ERIKSEN, S.; FOLKE, C.; HAN, G.; IYENGAR, K. VOGEL, C.; WILSON, K. A.; ZIERVOGEL, G. Vulnerable Peoples and Places. *In: HASSAN, R.; SCHOLE, R.; ASH, N. 9 (ed.). Ecosystems and human well-being: current state and trends. **Millennium Ecosystem Assessment***. Washington, DC: Island Press, 2005.

KULMESCH, S. **Evaluation of the HAZUS-MH loss estimation methodology for a natural risk management case study in Carinthia, Austria**. 2010. 82f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Ciência da Engenharia, Louisiana, EUA, 2010.

KOBIYAMA, M. (Org.) **Prevenção de desastres naturais**: conceitos básicos. 1.ed. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006. 109p.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LANDSTRÖM, C.; WHATMORE, S. J.; LANE, S. N. Virtual engineering: computer simulation modelling for flood risk management in England. **Science Studies**, v.24, n.2, p.3-22, 2011.

LANNA, A. E. L. (Org.) **Técnicas quantitativas para gerenciamento de recursos hídricos**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1997, 420p.

LEITE, M. A. F. P. A natureza e a cidade: discutindo suas relações. *In: SOUZA, M. A; SANTOS, M; SCARLATO, F. C; ARROYO M. (Orgs.). **Natureza e sociedade hoje – uma leitura geográfica***. Ed. O novo mapa do mundo, São Paulo: Hucitex/ANPUR, 1993, p.139-145.

LIMA, L. S. de. **Implementação de um modelo hidrológico distribuído na plataforma de modelagem dinâmica**. 2011. 95f. Dissertação (Mestrado em Análise

e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

LOU, R. F. **Modelagem hidrológica chuva-vazão e hidrodinâmica aplicada na bacia experimental do Rio Piabanha/RJ**. 2010. 174f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

MACHADO, M. L. et al. Curvas de danos de inundações versus profundidade de submersão: desenvolvimento de metodologia. **Revista de Gestão de Água da América Latina – REGA**, Porto Alegre, v.02, n.01, p.35-52, jan/jun. 2005.

MAFFRA, C. Q. T.; MAZZOLA, M. **As razões dos desastres em território brasileiro**. In: SANTOS, R. F. Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2007.

MARANDOLA JR, E.; HOGAN, D. J. As dimensões da vulnerabilidade. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo: Fundação SEADE, v.22, n.1, p.29-53, 2006.

MARANDOLA JR. E; HOGAN, D. J. Vulnerabilidade do lugar vs. vulnerabilidade sociodemográfica: implicações metodológicas de uma velha questão. **Revista Brasileira de Estudos de População**, Rio de Janeiro, v.26, n.2, p.161-181, jul./dez. 2009.

MARICATO, E. Urbanismo na periferia do mundo globalizado: metrópoles brasileiras. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v.14, n.4, p.21-33, 2000.

MARICATO, E. As tragédias urbanas: desconhecimento, ignorância ou cinismo?. **Minha Cidade**, São Paulo, v.11, p.1-4, 2011.

MCINTOSH, C. (Ed.) **Cambridge Dictionary**. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press, 2018. Disponível em: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/natural-disaster>. Acesso em: ago. 2018.

MERKURYEVA, G.; MERKURYEV, Y. SOKOLOV, B. V.; POTRYSAEV, S.; ZELENTSOV, V. A.; LEKTAUERS, A. Advanced river flood monitoring, modelling and forecasting. **Journal of Computational Science**. Netherlands, n.10, v.9, p.77-85, jul. 2015.

NADALIN, V. G. **Economia urbana e mercados de habitação**. In: CRUZ, B. O et al. (Orgs.). Economia geral e urbana: teorias e métodos com ênfase no Brasil. Brasília: IPEA, 2011.

NEGRI et al. The hurricane-flood-landslide continuum. **Bulletin of the American Meteorological Society**, Boston, v.86, n.9, p.1241-1247, set. 2005.

OLIVEIRA, L. M. **Acidentes geológicos urbanos**. Curitiba, 2010, 1ed., 78p.

PAPATHOMA-KÖHLE M.; PROMPER, C.; GLADE, T. A Common Methodology for Risk Assessment and Mapping of Climate Change Related Hazards—Implications for Climate Change Adaptation Policies. **Climate**, Basel, v.4, n.8, p. 1-23, 2016. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2225-1154/4/1/8/htm>. Acesso em: ago. 2018.

PUTNAM, R. D. **Bowling alone**: collapse and revival of the american community. New York: Simon and Schuster, 2000.

RENNÓ, D. C.; SOARES, J. V. **Modelos hidrológicos para gestão ambiental**. Relatório Técnico Parcial “Métodos, modelos e geoinformação para a gestão ambiental”. Brasília: MCTI; INPE, 2000.

ROLNIK, R.; KLINK, J. Crescimento econômico e desenvolvimento urbano: Por que nossas cidades continuam tão precárias?. **Novos Estudos**, São Paulo, v.30, n.01, p.89-109, mar. 2011.

ROLNIK, R.; NISIDA, V. **10 anos do Estatuto da Cidade**: das lutas pela Reforma Urbana às cidades da Copa do Mundo. 2011. Disponível em: <https://raquelrolnik.files.wordpress.com/2013/07/10-anos-do-estatuto-da-cidade.pdf>. Acesso em: abr. 2018.

SANTOS, A. R.; EUGÊNIO, F. C.; MOREIRA, T. R.; DALFI, R. L.; CAMPOS, R. F.; MAGALHÃES, I. A. L.; FERRARI, J. F. Cenários metodológicos distintos para o mapeamento de áreas de inundação nos bairros do município de Muqui, ES. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.9, n.4, p.15-29, out/dez. 2012.

SCAWTHORN, C. et al. Hazus-MH flood loss estimation methodology: overview and flood hazard characterization. **Natural Hazards Review**, n.2, v.7, mai. 2006.

SCHNEIDER, P.J.; SCHAUER, B. A. HAZUS – its development and its future. **Natural Hazards Review**, n.2, v.7, mai. 2006.

SHRESTHA, S. **Sensitivity of HAZUS-MH flood loss estimates to selection of building parameters: two Illinois case studies**. 2014. 86f. Dissertação (Mestrado em Ciência com ênfase em Geografia e Recursos Ambientais) – Southern Illinois University, Carbonale, 2014.

SILVA, L. P. E. **Modelagem e geoprocessamento na identificação de áreas com risco de inundação e erosão na bacia do Rio Cuiá - João Pessoa**. 2007. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.

SOUZA, C. S. **Resistência, justiça ambiental e política pública**: urbanização de áreas de vulnerabilidade socioambiental consolidadas em Curitiba, PR – Vila Torres e Vila Parolin (1980-2014). 2016. 209f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL – SUDERHSA. **Hidrografia bacia do Alto Iguaçu**. Curitiba, 2000a.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL – SUDERHSA. **Sub-bacias do Alto Iguaçu**. Curitiba, 2000b.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL – SUDERHSA. **Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 2002.

TACHINI, M.; KOBAYAMA, M.; LOESCH, C.; SEVERO, D. L.; SANTOS SILVA, H.; CORDEIRO, A. Avaliação de danos de inundações ocorridas em Blumenau/SC nos anos 1983, 1984, 1992 e 2001. *In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2009, Campo Grande. **Anais [...]**. Campo Grande, 2009.

TAVARES, O. Curitiba tem mapa informal de enchentes. **Gazeta do Povo**, Curitiba, 16 fev. 2012. Caderno Vida e Cidadania.

TIERNEY, K. J.; LINDELL, M. K.; PERRY, R. W. **Facing the unexpected: disaster preparedness and response in the United States**. Washington D. C.: Joseph Henry Press, 2001.

TINGSANCHALI, T. Urban flood disaster management. **Procedia Engineering**, Nova Iorque, v.32, p.25-37, nov. 2012.

TODINI, E. Hydrological catchment modelling: past, present and future. **Hydrology and Earth System Sciences**, Oxford, GB, v. 11, n. 1, p. 468-482, 2007.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997 (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4).

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, Porto Alegre, v.07, n.01, p.05-27, jan/mar. 2002.

TUCCI, C. E. M.; BERTON, J. C. (Orgs). **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos avançados**, São Paulo, v.22, n.63, p.97-112, jun. 2008.

UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION – UNSD. **Natural Disasters**, Abuja, 2008. Workshop de estatísticas ambientais realizado em Abuja, Nigéria, entre 19-23 de maio de 2008. Disponível em:

[https://unstats.un.org/unsd/environment/envpdf/UNSD\\_UNEP\\_ECOWAS%20Workshop/Session%2004-1%20Natural%20disasters%20\(UNSD\).pdf](https://unstats.un.org/unsd/environment/envpdf/UNSD_UNEP_ECOWAS%20Workshop/Session%2004-1%20Natural%20disasters%20(UNSD).pdf). Acesso em: ago. 2018.

VAZ, V. B. **Avaliação do custo do risco de inundações urbanas: estudo de caso dos danos de inundação em Porto Alegre-RS**. 2015. 148f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

VEIT, E. A.; ARAÚJO, I. S. Modelagem computacional aplicada ao ensino de ciências. *In: MOREIRA, M. A.; VEIT, E. A. Ensino superior: bases teóricas e metodológicas*. São Paulo: E.P.U, 2010, 224p.

VEYRET, Y. **Os riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente**. 1.ed. São Paulo: Contexto, 2007. 320p.

VILLAÇA, F. **Espaço intra-urbano no Brasil**. 2. ed. São Paulo, 2001.

WALKER, B.; SALT, D. **Resilience thinking, sustaining ecosystems and people in a changing world**. Washington, D.C.: Island Press, 2006.

ZANELLA, M. E. **Inundações urbanas em Curitiba/PR: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no bairro Cajuru**. 2006. 272f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.