



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

**Centro de Tecnologia e Ciências**

**Instituto de Geografia**

André Luiz da Silva Filho

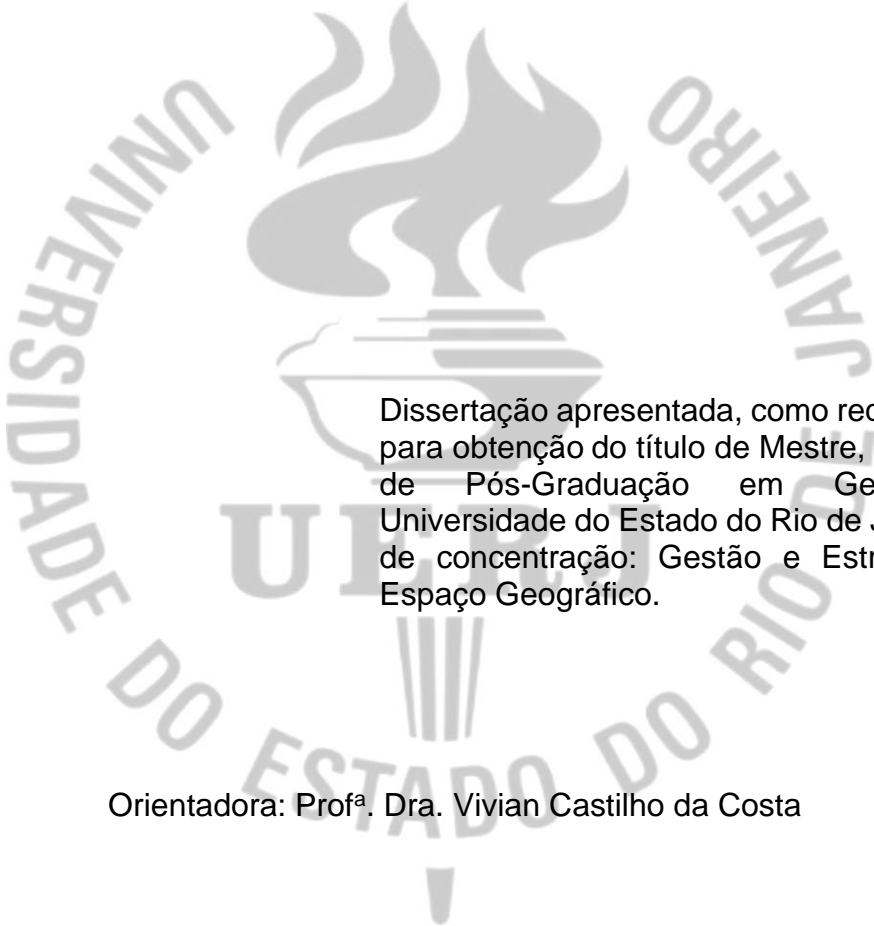
**Análise comparativa dos mapeamentos de suscetibilidade à  
inundação, nas sub-bacias Rio da Prata do Mendanha e Campinho,  
município do Rio de Janeiro**

Rio de Janeiro

2022

André Luiz da Silva Filho

**Análise comparativa dos mapeamentos de suscetibilidade à inundação, nas  
sub-bacias Rio da Prata do Mendanha e Campinho,  
município do Rio de Janeiro**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Gestão e Estruturação do Espaço Geográfico.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Vivian Castilho da Costa

Rio de Janeiro

2022

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

S586 Silva Filho, André Luiz da.  
Análise comparativa dos mapeamentos de suscetibilidade à inundação, nas sub-bacias Rio da Prata do Mendanha e Campinho, município do Rio de Janeiro. – 2022.  
123 f. : il.

Orientadora: Vivian Castilho da Costa.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Geografia.

1. Solos – Inundação – Rio de Janeiro (RJ) – Teses. 2. Bacias hidrográficas – Zona Oeste (Rio de Janeiro, RJ) – Teses. 3. Bacias hidrográficas – Rio de Janeiro (RJ) – Teses. 4. Bacias hidrográficas – Aspectos ambientais – Teses. 5. Geografia humana – Teses.  
I. Costa, Vivian Castilho da. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Geografia. III. Título.

CDU 504.61(815.3)

Bibliotecária responsável: Ingrid Pinheiro/ CRB-7: 7048

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

André Luiz da Silva Filho

**Análise comparativa dos mapeamentos de suscetibilidade à inundação, nas sub-bacias Rio da Prata do Mendanha e Campinho, município do Rio de Janeiro**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Aprovada em 10 de fevereiro de 2022.

Banca Examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Vivian Castilho da Costa (Orientadora)

Instituto de Geografia - UERJ

---

Prof. Dr. Alexander Josef Sá Tobias da Costa

Instituto de Geografia - UERJ

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Marina Aires

Consórcio CEDERJ

Rio de Janeiro

2022

## **AGRADECIMENTOS**

Meus agradecimentos em primeiro lugar vão para minha família que sempre colocou a educação em primeiro lugar. A frase sempre dita em minha casa é de que podem nos tirar tudo, menos o conhecimento.

Agradeço a todos professores, funcionários, mediadores desde o período da graduação em Geografia, tanto no polo Campo Grande do CEDERJ, quanto do Programa de Pós-graduação em Geografia da UERJ.

Deixo um agradecimento especial a minha orientadora Vivian Castilho que me acolheu desde o primeiro dia que estive no antigo LAGEPRO atual LabModel, e por todas as oportunidades que tive em participar de suas aulas, projetos, pesquisas e pelos vários aprendizados e conselhos nesses últimos anos.

Ao técnico do LabModel Dr. Newton de Magalhães por todo apoio durante minha iniciação científica e durante a elaboração do projeto de Mestrado que resultou nesta dissertação.

Obrigado Wilson Messias e Marina Aires por terem sempre sido solícitos, desde o período da graduação, sempre acreditando em meu potencial e me convidando a participar em diversos artigos, projetos e aulas. Todo o aprendizado foi fundamental para esta pesquisa.

Agradeço ao professor Alexander Costa que sempre trouxe discussões fundamentais em suas aulas. Professor muito consciente dos problemas para produção de uma pesquisa científica em tempos pandêmicos e, sempre apoiando os alunos a resistirem e persistirem, ao criarem um trabalho de qualidade que nossa Universidade e que nossa sociedade merece.

À professora Nadja Costa pela participação em minha banca de qualificação trazendo apontamentos muito importantes e críticas construtivas, todos os conselhos foram traduzidos em melhorias para esta pesquisa.

À Jorge Marques por todo conhecimento compartilhado desde a iniciação científica, pude acompanhar sua jornada em seu Mestrado e sempre pude contar com muito apoio durante o meu. Muito obrigado e vamos seguir em frente com muitos projetos.

À Antonio Donato Nobre e Diogo Amore por terem auxiliado em minhas dúvidas referentes ao *HAND*, sendo solícitos em todos os momentos que necessitei de apoio.

Obrigado a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ pelo apoio durante a reta final de minha pesquisa. Participar do programa Mestrado Nota 10 foi fundamental para que a dissertação aumentasse sua qualidade como mais um instrumento para gestão pública atuar em sociedade.

## **RESUMO**

SILVA FILHO, André Luiz da. **Análise comparativa dos mapeamentos de suscetibilidade à inundação, nas sub-bacias Rio da Prata do Mendanha e Campinho, município do Rio de Janeiro**. 2022. 123 f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022).

O estudo acerca dos eventos de inundação está sempre em voga nas pesquisas científicas, tornando-se cada vez mais uma temática multidisciplinar. A ciência é capaz de analisar os diversos e complexos fatores para ocorrência das inundações e trazer diversas respostas para sua resolução ou tentativas de mitigação. A presente pesquisa possui como objetivo identificar as áreas suscetíveis à inundação nas sub-bacias Rio da Prata do Mendanha e Campinho, nos municípios do Rio de Janeiro e Nova Iguaçu. O município do Rio de Janeiro convive historicamente com inundações com inúmeros prejuízos sociais e econômicos datados desde o século XVII. A área estudo encontra-se na Área de Planejamento V (AP5), popularmente conhecida como Zona Oeste, local que possui diversas problemáticas em sua infraestrutura urbana e, pouco explorada em estudos acadêmicos na temática de inundação. Para que atinja os objetivos a presente pesquisa utilizará dados do Projeto RJ-25, desenvolvido pelo IBGE, entre os quais estão hidrografia, pontos cotados, curvas de nível. Limites de sub-bacias foram gerados de forma semiautomática.

Informações sobre AP5 e dados de uso e cobertura da terra de 2017 foram disponibilizados por Data Rio e INEA. Dados dos Censos 2000 e 2010 para compreensão das mudanças socioeconômicas na área de estudo. Dados de eventos extremos de precipitação ocorridos em 1998, 2000, 2010, 2018 e 2019. Além disso, foram analisados os processos erosivos que influenciam a suscetibilidade. Para identificação das áreas suscetíveis a inundação foi utilizado o modelo *HAND*, capaz de demonstrar tais áreas de acordo com a altimetria do terreno. O modelo utiliza como base um Modelo Digital de Terreno Hidrologicamente Consistido. Para validação dos resultados da modelagem foram utilizados dados do CPRM e a realização de trabalhos de campo. Os resultados obtidos foram satisfatórios, identificando detalhadamente e demonstrando que ao todo são 7,33 km<sup>2</sup> de áreas suscetíveis à inundação, tendo o bairro de Campo Grande (RJ) com 4,54 km<sup>2</sup>, o maior quantitativo de suscetibilidade.

Palavras-chave: inundação; *HAND*; bacias hidrográficas.

## ABSTRACT

SILVA FILHO, André Luiz da. **Comparative analysis of flood susceptibility mapping in the Rio da Prata do Mendanha and Campinho sub-basins, municipality of Rio de Janeiro**. 2022. 123f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022).

The study of flood events is always in vogue in scientific research, becoming more and more a multidisciplinary theme. The theme is widely explored, as science is able to analyze the diverse and complex factors and bring different answers to its resolution or mitigation attempts. This research aims to identify the areas susceptible to flooding in the Rio da Prata do Mendanha and Campinho sub-basins, in the municipalities of Rio de Janeiro and Nova Iguaçu. The city of Rio de Janeiro has historically lived with floods with countless social and economic damages dating back to the 17th century. The study area is in Planning Area V (AP5), popularly known as the West Zone, a place that has several problems in its urban infrastructure and little explored in academic studies on the theme of flooding. To achieve the objectives, this research will use data from the RJ-25 Project, developed by the IBGE, among which are hydrography, quoted points, and contour lines. Sub-basin boundaries were generated semi-automatically. Information on AP5 and land use and land cover data for 2017 were made available by Data Rio and INEA. Data from the 2000 and 2010 Censuses for understanding the socioeconomic changes in the study area. Data from extreme precipitation events that occurred in 1998, 2000, 2010, 2018 and 2019. In addition, erosion processes that influence susceptibility were analyzed. To identify areas susceptible to flooding, the *HAND* model was used, capable of demonstrating such areas according to the altimetry of the terrain. The model uses as a basis a Hydrologically Consisted Digital Terrain Model. To validate the modeling results, CPRM data and fieldwork were used. The results obtained were satisfactory, identifying in detail and demonstrating that, in total, there are 7.33 km<sup>2</sup> of areas susceptible to flooding, with the Campo Grande (RJ) neighborhood having 4.54 km<sup>2</sup> as the largest quantity of susceptibility.

Keywords: flood; *HAND*; watersheds.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Os 20 maiores desastres no mundo entre 1996 a 2015.....	17
Figura 2 –	Representação de inundação.....	19
Figura 3 –	Simbologia utilizada pela COBRADE.....	20
Figura 4 –	Diferenças entre inundação gradual e brusca.....	21
Figura 5 –	Comparação do escoamento da água antes e depois da urbanização.....	22
Figura 6 –	Área residencial inundada na cidade de Linhares, Espírito Santo.....	24
Figura 7 –	Residência ilhada pela inundação em Itajaí, Santa Catarina.....	25
Figura 8 –	Linhas do tempo com desastres ocorridos na cidade do Rio de Janeiro entre os séculos XVIII e XXI.....	28
Figura 9 –	Ônibus atravessando Rua Jardim Botânico em meio a inundação, após fortes chuvas em janeiro de 1966 no município do Rio de Janeiro.....	31
Figura 10 –	Ônibus atravessando Rua Jardim Botânico em meio a inundação, após fortes chuvas em abril de 2019 no município do Rio de Janeiro.....	32
Figura 11 –	Macrorregiões de drenagem da cidade do Rio de Janeiro.....	35
Figura 12 –	Localização da área de estudo.....	43
Figura 13 –	Renda média mensal no ano de 2000.....	46
Figura 14 –	Renda média mensal no ano de 2010.....	47
Figura 15 –	Domicílios com abastecimento de água no ano de 2000.....	49
Figura 16 –	Domicílios com abastecimento de água no ano de 2010.....	50
Figura 17 –	Domicílios com coleta de lixo, banheiro, e esgotamento sanitário no ano de 2000.....	52
Figura 18 –	Domicílios com coleta de lixo, banheiro, e esgotamento sanitário no ano de 2010.....	53
Figura 19 –	Unidades Geomorfológicas.....	57
Figura 20 –	Uso e cobertura da terra no ano de 2017.....	60

Figura 21 –	Classificação climática de Köppen para a cidade do Rio de Janeiro, com detalhe, em amarelo, para as áreas das duas sub-bacias.....	63
Figura 22 –	Evento extremo de precipitação no recorte espacial (sub-bacias).....	66
Figura 23 –	Ruas completamente alagadas horas após extravasamento de um rio no bairro de Campo Grande.....	68
Figura 24 –	Etapas metodológicas.....	69
Figura 25 –	Procedimentos metodológicos para geração da modelagem no <i>HAND</i> .....	79
Figura 26 –	Classificação para áreas de inundação.....	80
Figura 27 –	Mapa de localização do trabalho de campo.....	82
Figura 28 –	Plantações de banana e maracujá na sub-bacia do Mendanha.	83
Figura 29 –	Local reconhecido como passagem do curso d'água.....	83
Figura 30 –	Mapa de localização do trabalho de campo.....	85
Figura 31 –	Trecho do Canal do Melo ao lado do empreendimento <i>West Shopping</i> .....	86
Figura 32 –	Canal do Melo canalizado.....	86
Figura 33 –	Mapa de localização do trabalho de campo.....	88
Figura 34 –	Tubulação destruída no rio Campinho.....	89
Figura 35 –	Local utilizado para despejo de entulho nas margens, além de muitos objetos dentro do rio como pneus e canos.....	89
Figura 36 –	Trecho de margem destruída do rio canalizado.....	90
Figura 37 –	Trecho com lixo e assoreamento.....	90
Figura 38 –	Áreas suscetíveis à inundação pelo <i>HAND</i> da sub-bacia do Campinho, comparando-se com dados do CPRM.....	93
Figura 39 –	Áreas suscetíveis à inundação pelo <i>HAND</i> da sub-bacia do Mendanha, comparando-se com dados do CPRM.....	94
Figura 40 –	Mapa de localização do trabalho de campo com sobreposição da modelagem.....	98
Figura 41 –	Mapa de localização do trabalho de campo com sobreposição da modelagem.....	100
Figura 42 –	Mapa de localização do trabalho de campo no Rio de Campinho com sobreposição da modelagem.....	101

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 –	Projeção da população do Brasil por sexo e idade para.....	44
Tabela 2 –	Porcentagem representativa de uso e cobertura da terra.....	59
Tabela 3 –	Volume de precipitação nos eventos extremos.....	65
Tabela 4 –	Total de áreas suscetíveis a inundação nas sub-bacias.....	95
Tabela 5 –	Total de áreas suscetíveis a inundação nos bairros.....	96

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	11
1	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	14
1.1	<b>Desastres .....</b>	14
1.2	<b>Inundações.....</b>	19
1.3	<b>Inundações no Brasil.....</b>	23
1.4	<b>Gestão de bacias hidrográficas no município do Rio de Janeiro.....</b>	32
1.5	<b>Modelos digitais de terreno aplicado à análise hidrológica.....</b>	37
1.6	<b>Modelo <i>HAND</i> e sua aplicação para áreas suscetíveis à inundação..</b>	38
2	<b>CARACTERIZAÇÃO DAS SUB-BACIAS DO MENDANHA E CAMPINHO.....</b>	40
2.1	<b>Aspectos socioeconômicos .....</b>	44
2.2	<b>Caracterização físico-ambiental.....</b>	55
2.2.1	<b>Eventos extremos de precipitação.....</b>	61
3	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	69
3.1	<b>Geração semiautomática das sub-bacias.....</b>	69
3.2	<b>Caracterização socioeconômica: espacialização de dados censitários.....</b>	73
3.3	<b>Caracterização físico-ambiental: uso e cobertura da terra.....</b>	74

3.4	<b>Caracterização físico-ambiental: classificação climática.....</b>	75
3.5	<b>Caracterização físico-ambiental: espacialização de precipitação.....</b>	75
3.6	<b>Modelagem com <i>HAND</i>.....</b>	77
3.7	<b>Criação do mapeamento <i>HAND</i>.....</b>	80
4	<b>TRABALHOS DE CAMPO.....</b>	81
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	91
6.	<b>CONCLUSÃO.....</b>	103
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	105

## INTRODUÇÃO

As inundações apresentam-se como uma problemática antiga para várias cidades no Brasil e no mundo, ocorrendo de forma natural ou agravadas por ações humanas. Infelizmente, a atividade antrópica, por meio do acelerado processo de urbanização, levou ao crescimento das cidades e à degradação dos cursos d'água e suas áreas adjacentes, enxergando-os como um obstáculo para ocupação do espaço. As consequências para a população são efeitos diretos e indiretos como mortes por afogamentos, destruição de moradias, doenças e danos imateriais. Desse modo, a humanidade necessita encontrar maneiras de solucionar um problema complexo para a sociedade (AMARAL, RIBEIRO; TOMINAGA, 2015).

A presente dissertação aborda a conceituação de desastres e a importância da classificação nacional de diferentes tipos levando em conta critérios específicos. A combinação dos fatores degradação ambiental e eventos extremos de precipitação são gatilhos para potenciais desastres, além da própria omissão humana em atuar preventivamente em alguns casos. Desde o contexto mundial, nacional e regional o histórico de desastres é bastante longo, tendo causas e consequências quase sempre parecidas.

Em todo mundo, nos últimos 20 anos, os desastres afetaram mais de 4 bilhões de pessoas e levando a morte 1,2 milhão de vidas. No campo econômico os prejuízos chegaram a US\$ 2,9 trilhões em todo globo (UNDRR, 2020). Não se pode deixar de considerar que os países são atingidos de formas diferentes pelos desastres: Os países de maior poderio econômico tendem a ter menos pessoas afetadas e mortas por eventos de desastre, mas sofrem perdas econômicas significativamente grandes, enquanto países com economias menores demonstram número relativamente alto de mortes por desastres, assim como perdas econômicas altíssimas (UNDRR, 2020).

No Brasil, especificamente na região Sudeste, os registros de inundações no período entre 1991 e 2012 afetaram mais de meio milhão de pessoas. O conjunto de alta densidade demográfica e ocupação desordenada torna a região uma das que mais sofrem com os prejuízos sociais, econômicos e ambientais (CEPED UFSC, 2013).

Nesse sentido, faz-se importante o advento de estudos referentes a suscetibilidade a inundação, mesmo, pesquisas científicas tendo pouco apoio e investimento no país. As pesquisas ambientais podem gerar instrumentos que permitem entender as potencialidades e limitações em nosso país. Desse modo, as pesquisas no Brasil precisam apoiar decisões quanto aos nossos prementes problemas ambientais (XAVIER-DA-SILVA, 2016).

A utilização da modelagem nesta pesquisa torna possível a criação de instrumentos de apoio nas tomadas de decisões do poder público para uso e ocupação do solo, minimizando impactos negativos trazidos pela falta de infraestrutura, renda e aspectos sociais associados aos danos (materiais, humanos e ambientais) nas áreas inundadas, além de poder ser utilizada como base metodológica para outras regiões de bacias hidrográficas no Estado do Rio de Janeiro.

Além disso, são utilizados recursos como Sistema de Informação Geográfica capaz de propiciar análises integradas com outros fatores importantes como dados socioeconômicos, uso e cobertura da terra e climáticos.

O estudo tem como foco as sub-bacias Rio da Prata do Mendanha e Campinho, presentes na Baía de Sepetiba, ocupando oficialmente a Área de Planejamento V (AP5), popularmente conhecida como Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, área que carece tanto de infraestrutura quanto de estudos acadêmicos aprofundados acerca da temática, desse modo, o estudo na presente área justificasse pela carência de estudos acadêmicos e mapeamento das áreas suscetíveis à inundação que integrem modelagem com outras técnicas para o encontro das razões que favorecem tais ocorrências.

Para realização da pesquisa foram enfrentadas diversas dificuldades, principalmente pela Pandemia de Covid-19 estendida por mais de 2 anos, ocasionando o fechamento das Universidades e impedindo o acesso a laboratórios de pesquisa, arquivos e livros em bibliotecas e acesso a dados de órgãos públicos. Além disso, problemas de saúde e a adaptação forçada ao trabalho em casa levaram a necessidade de encontrar novos meios de se realizar a pesquisa com o mais alto grau de qualidade demandada.

Faz-se importante compreender acerca da gestão pública no âmbito municipal sobre a temática, realizada através do Plano Diretor que se encontra em fase de revisão (2021) e elaboração de propostas para os próximos 10 anos. Infelizmente,

analisa-se que as medidas tomadas pela gestão pública são predominantemente reativas e não preventivas. Felizmente, órgãos como Instituto Estadual do Ambiente (INEA) possuem atribuições em desenvolver projetos para mitigação de inundações como o Sistema de Alerta de Cheias e mapeamento de terrenos sujeitos a inundação.

O Serviço Geológico Brasileiro (CPRM) também possui estudos importantes acerca da temática e colabora com a geração de cartas de áreas suscetíveis a eventos de inundação. No entanto, é necessário que haja integração entre as instituições responsáveis pelos dados e a gestão pública municipal, além do apoio da esfera estadual e federal.

Dessa forma, o objetivo geral deste estudo é identificar, por meio do modelo *HAND*, as áreas suscetíveis à inundação nas sub-bacias Rio da Prata do Mendanha e Campinho, município do Rio de Janeiro.

Os objetivos específicos da pesquisa são:

- a) Analisar, comparativamente, o mapeamento realizado pela CPRM para as áreas sujeitas à inundação com os resultados encontrados no presente estudo;
- b) Elaborar um panorama socioeconômico e ambiental da área de estudo e em suas áreas adjacentes.



## 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A bibliografia apresentada neste trabalho faz parte de um processo de estudo reunindo diversas fontes como artigos científicos, livros, relatórios de entidades governamentais e não governamentais. Seu objetivo é tornar compreensível, por meio da base conceitual, a importância do entendimento a respeito dos desastres e suas consequências.

### 1.1 Desastres

A *UN Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR, 2020)*, considera desastre como uma grave perturbação do funcionamento de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande magnitude, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade afetada de arcar com seus próprios recursos. Os critérios adotados no Relatório Estatístico Anual do *Emergency Disasters Data Base - EM-DAT (UNDRR, 2020)*, consideram a ocorrência de pelo menos um dos seguintes critérios:

- a) 10 ou mais óbitos;
- b) 100 ou mais pessoas afetadas;
- c) Declaração de estado de emergência;
- d) Pedido de auxílio internacional.

É de suma importância a classificação acerca das origens de um desastre, primeiramente por estar de acordo com a Instrução Normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012, estabelecida por meio da Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, denominada Política Nacional de Defesa Civil (BRASIL, 2012b). Na Instrução Normativa vigora que a emergência ou o estado de calamidade pública municipais, estaduais ou federais se dará quando caracterizado o desastre e haja necessidade de atendimento emergencial a população para sua reabilitação e reconstrução de áreas atingidas.

A classificação também se faz relevante pela possibilidade de registro de inúmeros eventos no território brasileiro, permitindo, desse modo, a formação de um

banco de dados em benefício de análises e estudos sobre a temática, como também para o planejamento de medidas preventivas.

A referida Instrução Normativa nº 01 (Brasil, 2012c) adotou a classificação dos desastres de acordo com o Banco de Dados Internacional de Desastres (EM-DAT), do Centro para Pesquisa sobre Epidemiologia de Desastres (CRED) da Organização Mundial de Saúde (OMS/ONU). Desse modo, estabeleceu a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE, anteriormente a classificação realizava-se de acordo com Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos (CODAR) (Brasil, 2007) em que distinguia os desastres em Naturais, Antropogênicos e Mistos. A COBRADE distingue os tipos em naturais e antropogênicos. Além disso são classificados de acordo a intensidade, periodicidade e evolução.

Os desastres naturais têm como causas fenômenos e desequilíbrios da natureza de grande intensidade e ocorrem independente da ação humana. São provocados por diversos fenômenos como eventos extremos de precipitação, inundações, escorregamentos, terremotos, furacões, estiagem, entre outros. As perdas econômicas, infraestruturais, impactos sociais e ecológicos decorrentes de catástrofes climáticas em áreas urbanas ao longo das últimas décadas mostram uma tendência de aumento dos prejuízos associados aos mesmos (BRASIL, 2012a; TOMINAGA *et al.*, 2015; ROSMAN *et al.*, 2012).

Os desastres humanos são aqueles provocados por ações ou omissões humanas, produzindo danos à natureza e à humanidade. Entre os exemplos estão os relacionados a rompimentos de barragens, derramamento substâncias perigosas em corpos hídricos, uso abusivo e descontrolado de agrotóxicos e incêndios em instalações e indústrias químicas e radioativas (BRASIL, 2012a).

No contexto mundial, o Escritório das Nações Unidas para redução de riscos em desastres (UNISDR) apresentou em 2016 o relatório *Poverty & Death: Disaster Mortality: 1996-2015* (CRED, UNISDR, 2016) em que demonstra um panorama sobre os desastres mundiais entre os anos de 1996 e 2015. O documento aponta que o Haiti, localizado na América Central, perdeu mais vidas para os desastres do que qualquer outro país do mundo, durante o período citado anteriormente. Os terremotos de grandes magnitudes em 2010 marca um dos fatores ao enorme número de mortos,

como também devido as diversas inundações e à mortalidade por tempestades em outros anos.

Ainda segundo o relatório *Poverty & Death: Disaster Mortality: 1996-2015*, o elevado número de mortes reflete a exposição de uma sociedade desprovida de qualquer administração do Estado para prevenção dos riscos de desastres e ações resilientes. A extrema pobreza, a corrupção, a democracia frágil, a falta de experiência em terremotos e construções construídas inadequadamente são fatores de vulnerabilidade que desempenharam seu papel nessa tragédia (CRED e UNISDR, 2016).

Apresenta-se na Figura 1 o panorama mundial dos 20 maiores desastres entre 1996 e 2015. São mostrados os tipos de fenômenos ocorridos e a quantidade de óbitos. Em suma, os países mais atingidos fazem parte da Ásia e Oceania, contudo em números absolutos o Haiti os supera com cerca de 222 mil óbitos. Para os terremotos de 2010 no Haiti, fatores como desigualdade extrema, aparelhagem estatal com graves casos de corrupção e a já mencionada problemática na prevenção de riscos são fatores importantes que desempenharam seu papel nessa tragédia (CRED e UNISDR, 2016).

Figura 1- Os 20 maiores desastres no mundo entre 1996 a 2015.



Fonte: CRED e UNISDR, 2016

Em 2020 um novo relatório foi apresentado denominado *Human Cost of Disasters: An overview of the last 20 years* (UNDRR, 2020), o período de estudo abrange os anos de 2000 a 2019. O relatório confirma a continuidade dos países dos continentes da Ásia e Oceania como os mais atingidos, tendo a China o maior número de eventos: 577 desastres. O documento citado traz que fatores preponderantes para os desastres na Ásia se devem em grande parte ao tamanho do continente que apresenta diversas áreas com alto risco, como de inundação e falhas sísmicas, ocupadas por uma grande densidade populacional.

Ainda segundo UNDRR (2020) as inundações são os eventos mais frequentes entre os diversos tipos de desastres no mundo. Entre 2000 e 2019 representaram 44% do total de desastres, afetando cerca de 1.65 bilhões de pessoas no planeta. O impacto econômico das inundações é bilionário, trazendo o prejuízo de aproximadamente 657 bilhões de dólares no mundo, ficando atrás apenas dos prejuízos advindos de eventos atmosféricos que representaram 1.39 trilhões de dólares. Os gigantescos prejuízos econômicos e de vidas humanas deixam claro a importância do investimento dos países em modos de prevenção dos riscos de

desastres, assim como cumprimento das metas do Marco de Sendai (2015-2030) (UNIDRR, 2015), o Brasil é signatário deste marco.

No ano de 2020 o mundo foi acometido por um desastre de grande magnitude. A Pandemia de Covid-19 atingiu todos os países do planeta e até a primeira quinzena de novembro de 2021, de acordo com *Johns Hopkins Coronavirus Resource Center* (CRC, 2021), totalizou 251 milhões de casos e mais de 5 milhões de mortes. A facilidade de transmissão da doença viral e a dificuldade de estabelecer um tratamento, somado a variantes do vírus levou ao caos hospitalar em diversos países. No Brasil, o número de casos chegou a 21 milhões, causando mais de 610 mil mortes até a primeira quinzena de novembro de 2021 (Brasil, 2021). Tendo diversas Unidades Federativas chegando ao limite da capacidade de internação dos pacientes e, casos como da cidade de Manaus (AM) que sofreu com a falta de oxigênio nos hospitais. Divergências políticas entre governo federal, principalmente pelo poder executivo, que negavam com veemência a gravidade da situação, apenas causaram piora no cenário, tendo sobrado o desencontro de políticas públicas e faltado cooperação no combate da pandemia.

Esse tipo de desastre é denominado humano de natureza biológica. Sendo consequência da dificuldade no controle dos órgãos de saúde pública de surtos, epidemias e pandemias. Os riscos de desastres biológicos são mais intensos países em desenvolvimento com infraestrutura de saneamento e serviços de saúde pública deficientes (BRASIL, 2012a). No Brasil, a Covid-19 chegou primeiramente por meio de classes sociais com poder aquisitivo elevado e se espalhou para o restante da população. A pandemia afetou principalmente as classes sociais mais pobres com elevação da extrema pobreza e desemprego, que segundo o IBGE (2021), mais de 13,5 milhões de brasileiros estavam desempregados no terceiro trimestre de 2021.

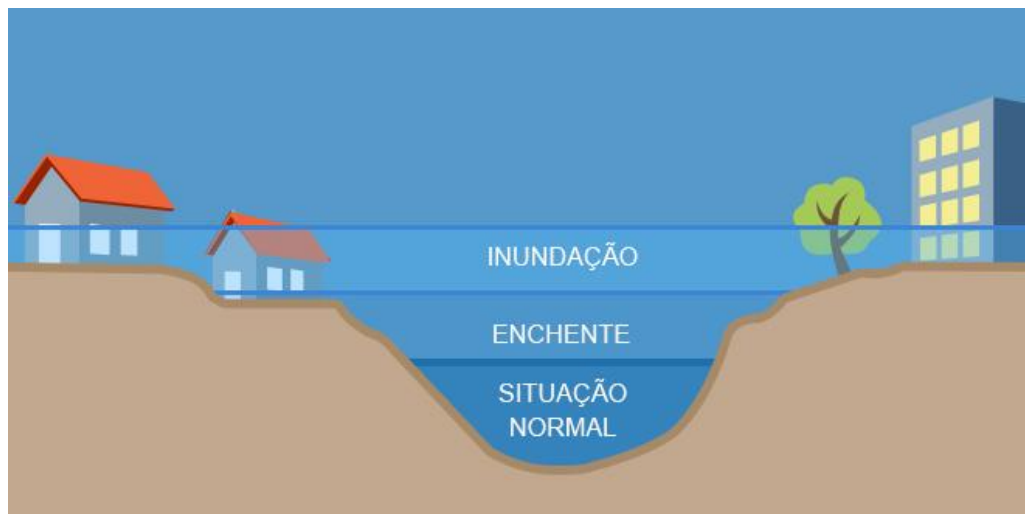
Além disso, a CPI da Pandemia trouxe à tona denúncias de uma série de negligências e esquemas de corrupções, sendo o Presidente da República, Ministros e Parlamentares indiciados por vários crimes. O relatório final da CPI deixa claro que a vacinação para a população poderia ter iniciado em 2020, salvando a vida de centenas de pessoas (BRASIL, 2021).

## 1.2 Inundações

Os conceitos de inundação, enchentes e alagamentos perpassam por muitos estudos, sendo por vezes utilizados como sinônimos. Neste trabalho o termo utilizado será inundação, tendo em conta que seu objetivo trata da análise de suscetibilidade transbordamento de águas fora dos limites normais de um curso de água, considerada por Brasil (2017), Brasil (2013), IPT (2007), Tucci e Bertoni (2003), como inundação, podendo ocorrer de modo gradual, ocasionadas por precipitações pluviométricas intensas e concentradas.

O aumento na vazão por certo período de um curso d'água, causado, principalmente, por precipitações intensas é denominado como enchente ou cheia. Desse modo, a enchente ocorre antes da inundação, pois ainda não há o extravasamento para áreas marginais, tais áreas periodicamente recebem o excesso de água sendo denominadas como planícies de inundação (Figura 2) (IPT, 2007).

Figura 2: Representação de inundação



Fonte: CEMADEN, 2020.

Diferentemente, o alagamento pode ser considerado como um processo essencialmente antrópico. Ocorre devido ao acúmulo de água no meio urbano, causado pela perda da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana (IPT, 2007; BRASIL, 2013).

A própria Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) (BRASIL, 2012) não utiliza o termo enchente, apenas inundações ou alagamentos, ambos distintos e com simbologia própria (Figura 3).

Figura 3: Simbologia utilizada pela COBRADE

Tipo	Simbologia
<b>Inundações</b>	
<b>Alagamentos</b>	

Fonte: Brasil, 2012 (a).

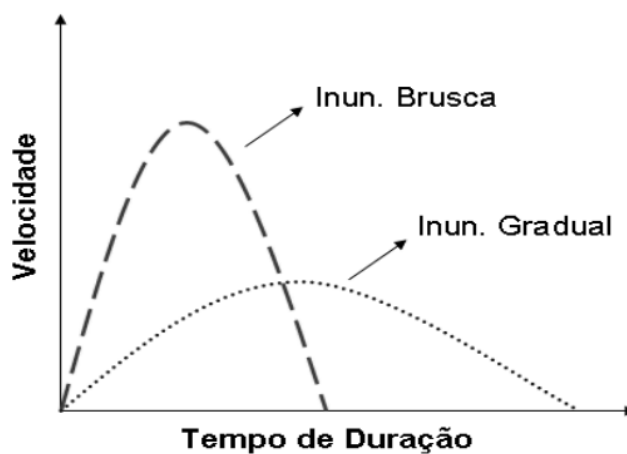
As áreas suscetíveis a inundações possuem diferentes processos condicionantes. A suscetibilidade pode ser conceituada como a expectativa de uma área ser afetada por determinado fenômeno como inundações e escorregamentos. A avaliação de uma área suscetível está baseada em análise crítica levando em consideração eventos históricos, fatores naturais e artificiais. Além disso, a suscetibilidade pode ser definida em termos qualitativos, alta, média e baixa, e quantitativa por meio de probabilidade de ocorrência dos processos (BRESSANI E COSTA, 2015; JULIÃO *et al.*, 2009; CPRM, 2017).

São considerados fatores naturais aqueles em que ocorrem pela bacia em seu estado natural, sendo eles aspectos geomorfológicos, intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas, cobertura vegetal, características do solo, características da rede de drenagem da bacia hidrográfica. As áreas mais propícias à inundação crescem nos cursos médio e baixo de um rio, nesses locais a declividade é reduzida e há o aumento de áreas planas. É possível realizar a previsão da

velocidade do processo de inundação de acordo com as características do vale (AMARAL, RIBEIRO, 2015; TUCCI, BERTONI, 2003).

Sendo elas inundações bruscas e graduais, tanto os fatores naturais e artificiais podem influenciar. Em áreas com altas declividades e vales encaixados, em forma de V, o fluxo da água do leito do rio atinge grandes velocidades em curto tempo, tornando a inundação bastante brusca, contudo a inundação pode durar um período curto (Figura 4). Uma inundação brusca também pode ocorrer por fatores antrópicos, como por exemplo, com a retificação e a diminuição do tamanho do leito do curso d'água. As inundações graduais ocorrem em áreas com planícies de inundação com menor declividade, como vales abertos, tornando a velocidade de escoamento da água menor. A inundação gradual também pode ocorrer nas cidades, o solo impermeabilizado e os rios com sua capacidade de escoamento no limite geram como consequência lentidão no escoamento da água (AMARAL E RIBEIRO, 2015; TUCCI E BERTONI, 2003).

Figura 4: Diferenças entre inundação gradual e brusca



Fonte: Adaptado de Kobiyama *et al.*, 2006.

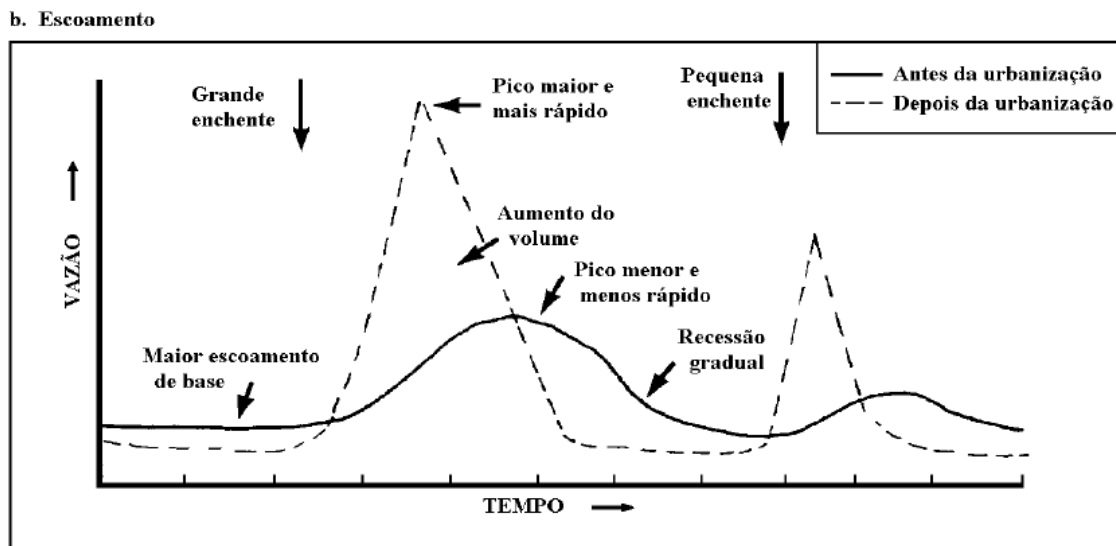
Guerra (2008), Cambra e Coelho Netto (1997), Marçal e Souza Lima (2016) corroboram que outro fator importante para as condições é a cobertura vegetal que realiza a interceptação de parte da precipitação, pois ao atingir diretamente o solo, o volume d'água pode gerar aumento do escoamento superficial e das taxas de erosão. Toda ação humana provoca as condições artificiais para inundações. A Figura 5 demonstra quais impactos as urbanizações acarretam a vazão do curso d'água, sendo possível compreender que após realizadas atividades antrópicas a enchente



possui um volume maior e um pico mais rápido, pois como já mencionado sem a cobertura vegetal o escoamento superficial aumenta. Anteriormente a urbanização, as cheias eram menos bruscas e ocorrem de forma graduais ao longo do tempo (Figura 5).

São exemplos obras hidráulicas com a retificação e canalização de cursos d'água, uso e ocupação irregular nas margens de cursos d'água, disposição irregular de lixo nas proximidades dos cursos d'água, impermeabilização do solo com a urbanização (AMARAL E RIBEIRO, 2015; TUCCI E BERTONI, 2003).

Figura 5: Comparação do escoamento da água antes e depois da urbanização



Fonte: Adaptado de Kobiyama *et al.*, 2006.

Faz-se importante compreender a importância dos processos erosivos para a suscetibilidade à inundação. A carga sedimentar de um curso d'água possui sedimentos erodidos pelo seu fluxo e de outras fontes como as vertentes, sendo fornecidos pela erosão ou movimentos de massa. Os fatores condicionantes de processos erosivos e movimentos de massa são pluviosidade, tipo de cobertura vegetal, geomorfologia, tipo de solo, uso e cobertura da terra (MAGALHÃES JUNIOR *et al.*, 2020).

Os processos erosivos ocorrem quando o escoamento superficial remove e transporta produtos do intemperismo para locais como fundo de vales, ou seja, áreas com menor energia potencial gravitacional nas bacias. Tal fator favorece a deposição de sedimentos, além disso, concentrações não naturais, como despejo de esgoto

doméstico, poluem os cursos d'água e aumentam desproporcionalmente a sedimentação. A alteração no aporte sedimentar impacta a dinâmica erosiva forçando aos cursos d'água a buscarem novas formas de estabilidade energética, podendo ocorrer abertura de ramificações através da aceleração de erosão das margens e do leito, abandono de meandros e impactar a disponibilidade em quantidade e qualidade dos recursos hídricos. O acúmulo de sedimentos em desequilíbrio aumenta a suscetibilidade a inundações devido a redução da seção fluvial, tal processo de desequilíbrio sedimentar também é denominado de assoreamento (MAGALHÃES JUNIOR *et al.*, 2020).

Os fatores e processos erosivos da área de estudo serão detalhados no capítulo de caracterização das sub-bacias do Mendanha e Campinho.

### **1.3 Inundações no Brasil**

As cidades brasileiras apresentam um longo histórico de problemas com inundações e alagamentos. As regiões metropolitanas apresentam as situações mais graves de risco, principalmente, pelo maior número de habitações de baixa renda que ocupam os terrenos próximos às margens de inundação (IPT, 2007). Tucci e Bertoni (2003) abordam que tanto no Brasil, como em outros países da América do Sul ocorre um cenário comum nos eventos de inundação em decorrência da ocupação da várzea de inundação pela população durante um período com níveis baixos de ocorrência. A retomada de eventos com grandes inundações traz prejuízos materiais e perdas de vidas (TUCCI E BERTONI, 2003).

Desse modo, realizou-se pesquisa para trazer um histórico de inundações no Brasil ao longo dos últimos 100 anos. A pesquisa encontrou um número considerável de inundações ocorridas em todo território nacional, dessa maneira escolheu-se apenas alguns eventos para serem abordados.

Na cidade Caraguatatuba, estado de São Paulo, mais de 13 horas seguidas de precipitação tornaram a cidade um caos devido diversos deslizamentos e inundações que assolaram o município. Em números oficiais mais de 435 pessoas perderam a vida em março de 1967. Por três dias a cidade ficou sem energia elétrica e sem acesso terrestre a cidade (G1, GLOBO, 2017).

No início de 1979 mais de 35 dias de chuvas ininterruptas tornaram irreconhecíveis várias cidades do estado do Espírito Santo. Com mais de 48 mil pessoas desabrigadas as inundações trouxeram enormes prejuízos econômicos e sociais para o estado. O acesso por via férrea foi interrompido, impedindo a exportação de minério vindo de Minas Gerais, a Rodovia BR 101 que liga as regiões Sul e Sudeste ao Nordeste ficou interditada. Segundo o Jornal Gazeta (2020) as cidades mais atingidas foram Linhares e Colatina (Figura 6). O estado de Minas Gerais também foi atingido no mesmo período com mais de 37 municípios ilhados e 246 mortes (FOLHA DE SÃO PAULO, 2003; CBN VITÓRIA, 2019; JORNAL A GAZETA, 2020).

Figura 6: Área residencial inundada na cidade de Linhares, Espírito Santo



Fonte: CBN Vitória, 2019; Jornal a Gazeta, 2020.

Em novembro de 2008, eventos extremos de precipitação atingiram várias cidades do estado de Santa Catarina, além das inundações ocorreram diversos deslizamentos que soterraram casas. Os moradores ficaram ilhados e sem abastecimento de água e energia elétrica. Entre os municípios que decretaram Estado de calamidade pública: Itajaí, Blumenau, Gaspar, Rio dos Cedros, Nova Trento, Camboriú (Figura 7) (GAZETA DO POVO, 2008; FOLHA DE SÃO PAULO, 2008).

Figura 7: Residência ilhada pela inundação em Itajaí, Santa Catarina



Fonte: Jornal Gazeta do Povo, 2008.

A cidade do Rio de Janeiro historicamente convive com precipita es intensas e inunda es. Abreu (1997) aponta que o registro mais antigo de inunda es na cidade data de 1756. Ainda segundo o autor, a maior inunda o no passado da cidade ficou conhecida como “as águas do monte”, em fevereiro de 1811. As precipita es ocorreram durante 7 dias ininterruptos, causando grandes prejuízos materiais e de vidas humanas. Na época o príncipe regente, D. João VI, ordenou a elabora o de um relatório que concluiu que a topografia da cidade com mudanças abruptas de gradiente e o sistema de drenagem ao nível do mar não gerava a vazão necessária para as águas pluviais, além disso a polui o dos cursos d’água, tornando-se verdadeiros esgotos a céu aberto, já era apontada como uma das causas para ineficiência do sistema de drenagem. O autor afirma que as atividades agrícolas também contribuíram com impactos importantes, pois uma série de rios foram desviados e represados, alterando-se assim a seu curso original. As áreas que mais passaram por essas modifica es foram em Santa Cruz e nas proximidades da atual Praça da Bandeira.

O Instituto Pereira Passos (2004, p. 12) destaca que:

Os rios cariocas possuem modestos volumes de água e se caracterizam pela sinuosidade de seus cursos, pela ausência de dire o dominante e pelas dificuldades de escoamento nos percursos com extensas áreas planas e baixas quotas. Com as intensas chuvas de verão,   grande a susceptibilidade a transbordamentos, a enchentes periódicas e aos alagamentos permanentes em certas áreas (IPP, 2004, p. 12).

Costa (2010, p. 84) traz em seu texto como a ocupação da cidade do Rio de Janeiro historicamente não respeitou as condições fisiográficas, gerando crescimento de cheias em áreas já suscetíveis a tais eventos:

Trazendo a situação para o Rio de Janeiro, parece que a situação do sítio original da cidade não foi considerada quando da sua fundação. É verdade que a função inicial da cidade foi primordialmente militar, mas o seu crescimento, passada a necessidade de defesa do território colonial português, ignorou claramente a inadequação das condições fisiográficas para o estabelecimento de uma cidade de grande porte. As cheias já eram descritas por historiadores desde a fundação da cidade, e a própria existência de inúmeros alagadiços e brejos já mostrava a dificuldade da circulação da água no ambiente onde cresceria a metrópole carioca (Costa, 2010, p. 84).

Brandão (1997) afirma que na cidade os problemas ambientais ligados à poluição e inundações passaram a ocorrer com mais frequência a partir dos anos 1960. O crescimento urbano, com a expansão da periferia, ocupada desordenadamente pelos mais pobres exerceu forte pressão sobre o ecossistema natural refletindo na redução da área verde. Brandão (1997, p. 34) pontua que:

A redução de cerca de 4 metros quadrados de área verde por dia contribui para o aumento dos processos erosivos (4 milhões de toneladas de material depositado na calha dos rios a cada ano), provocando assoreamento e contribuindo para intensificar as periódicas inundações, sobretudo nas áreas de baixada. (BRANDÃO, 1997, p. 34).

Os principais impactos sobre a população ligados a maior frequência de inundações são interrupções da atividade econômica, perdas de vidas humanas, contaminação por doenças de veiculação hídrica como leptospirose e cólera, contaminação da água pela inundação de depósitos de material tóxico (TUCCI, 2008).

O panorama das inundações na cidade do Rio de Janeiro também foi lembrado por um importante escritor literário brasileiro. A situação vivida continuamente pela cidade foi retratada e criticada pelo escritor Lima Barreto em uma crônica intitulada “As enchentes” no Jornal Correio da Noite, em 19 de janeiro de 1915 após a cidade sofrer severamente com um temporal. Como denuncia Barreto (CORREIO DA NOITE, 1915, P. 1).

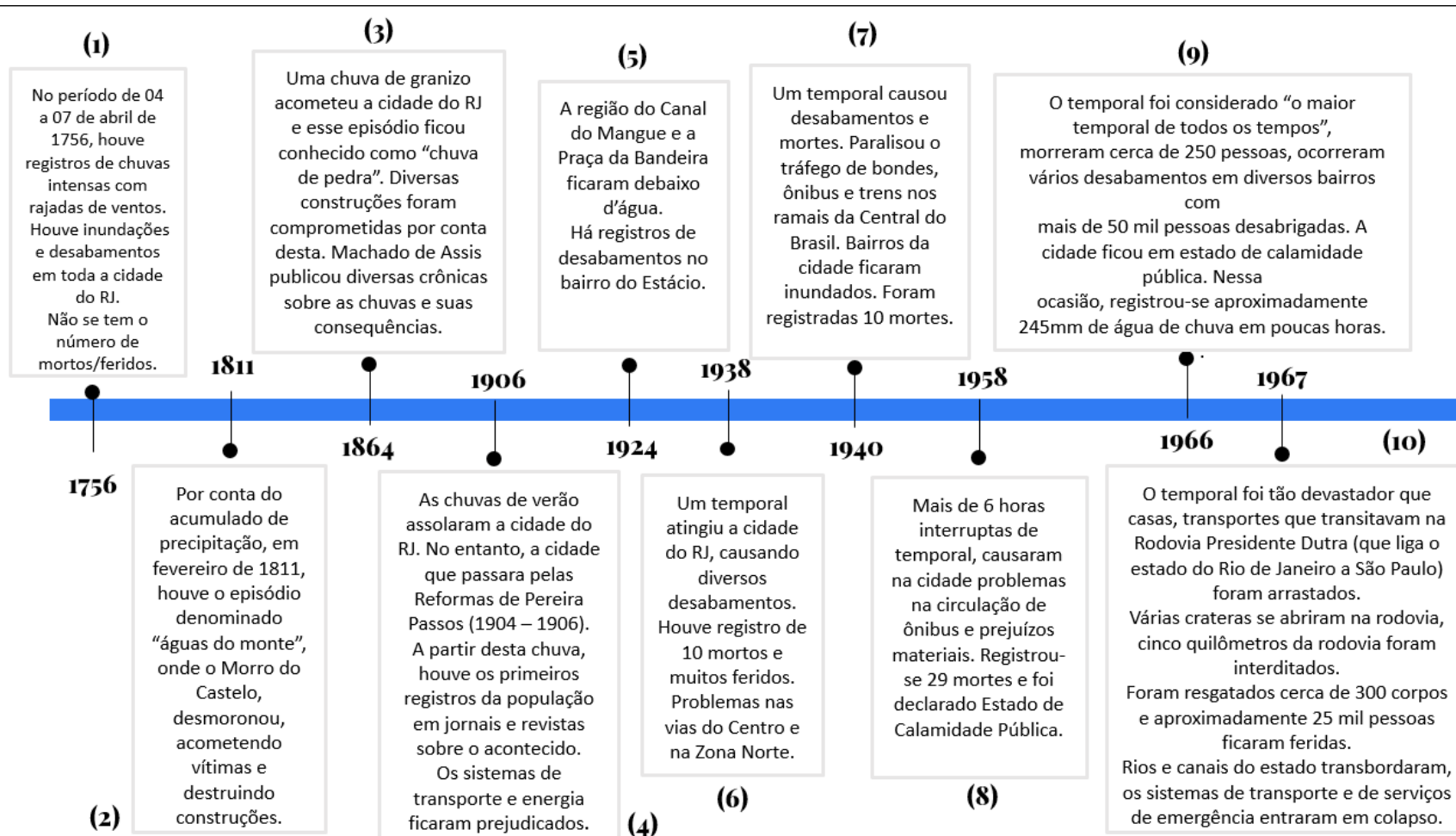
As chuvaradas de verão, quase todos os anos, causam no nosso Rio de Janeiro, inundações desastrosas. Além da suspensão total do tráfego, com uma prejudicial interrupção das comunicações entre os vários pontos da cidade, essas inundações causam desastres pessoais lamentáveis, muitas perdas de haveres e destruição de imóveis (CORREIO DA NOITE, 1915, P. 1).

A crônica traz a problemática crescente de uma cidade em crescimento da pressão urbana contraste com dificuldade de conter os problemas advindo da gestão de drenagem. O autor ainda pontua uma crítica diretamente a gestão municipal da época que segundo Lima Barreto (Correio da Noite, 1915, p. 1) importava-se mais com o embelezamento da cidade do que com os verdadeiros problemas urbanos enfrentados:

De há muito que a nossa engenharia municipal se devia ter compenetrado do dever de evitar tais acidentes urbanos. Uma arte tão ousada e quase tão perfeita, como é a engenharia, não deve julgar irresolvível tão simples problema. O Rio de Janeiro, da avenida, dos *squares*, dos freios elétricos, não pode estar à mercê de chuvaradas, mais ou menos violentas, para viver a sua vida integral [...] O Prefeito Passos, que tanto se interessou pelo embelezamento da cidade, descurou completamente de solucionar esse defeito do nosso Rio. [...] Infelizmente, porém, nos preocupamos muito com os aspectos externos, com as fachadas, e não com o que há de essencial nos problemas da nossa vida urbana, econômica, financeira e social. (CORREIO DA NOITE, 1915, P. 1).

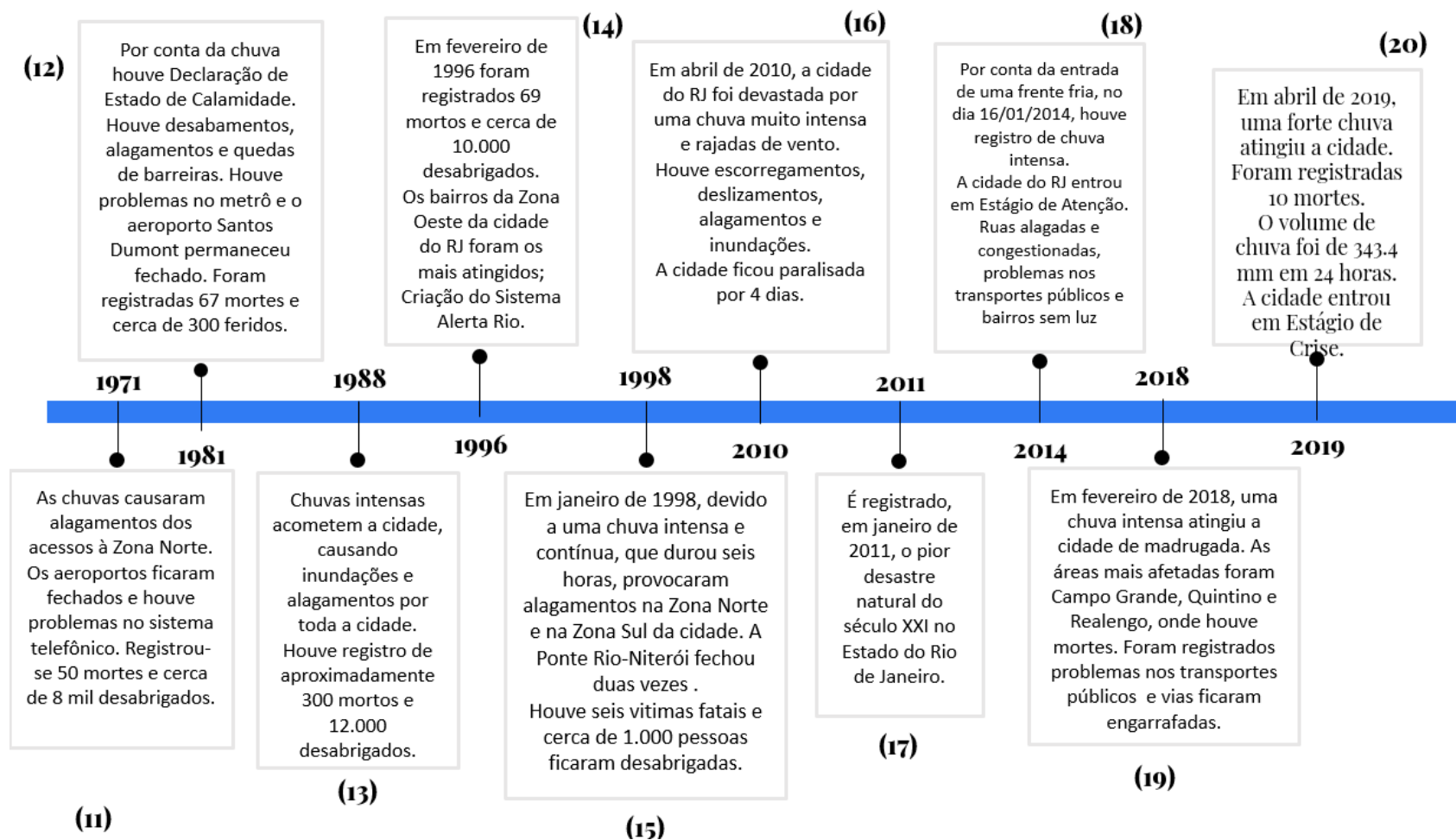
Tendo quase duzentos anos desde o primeiro grande registro de inundações na cidade do Rio de Janeiro, decidiu-se adaptar uma linha do tempo (Figura 8) para demonstrar alguns dos principais eventos ocorridos e seus principais locais afetados.

Figura 8: Linhas do tempo com desastres ocorridos na cidade do Rio de Janeiro entre os séculos XVIII e XXI



Fonte: Adaptado de Freitas *et al.*, 2020.

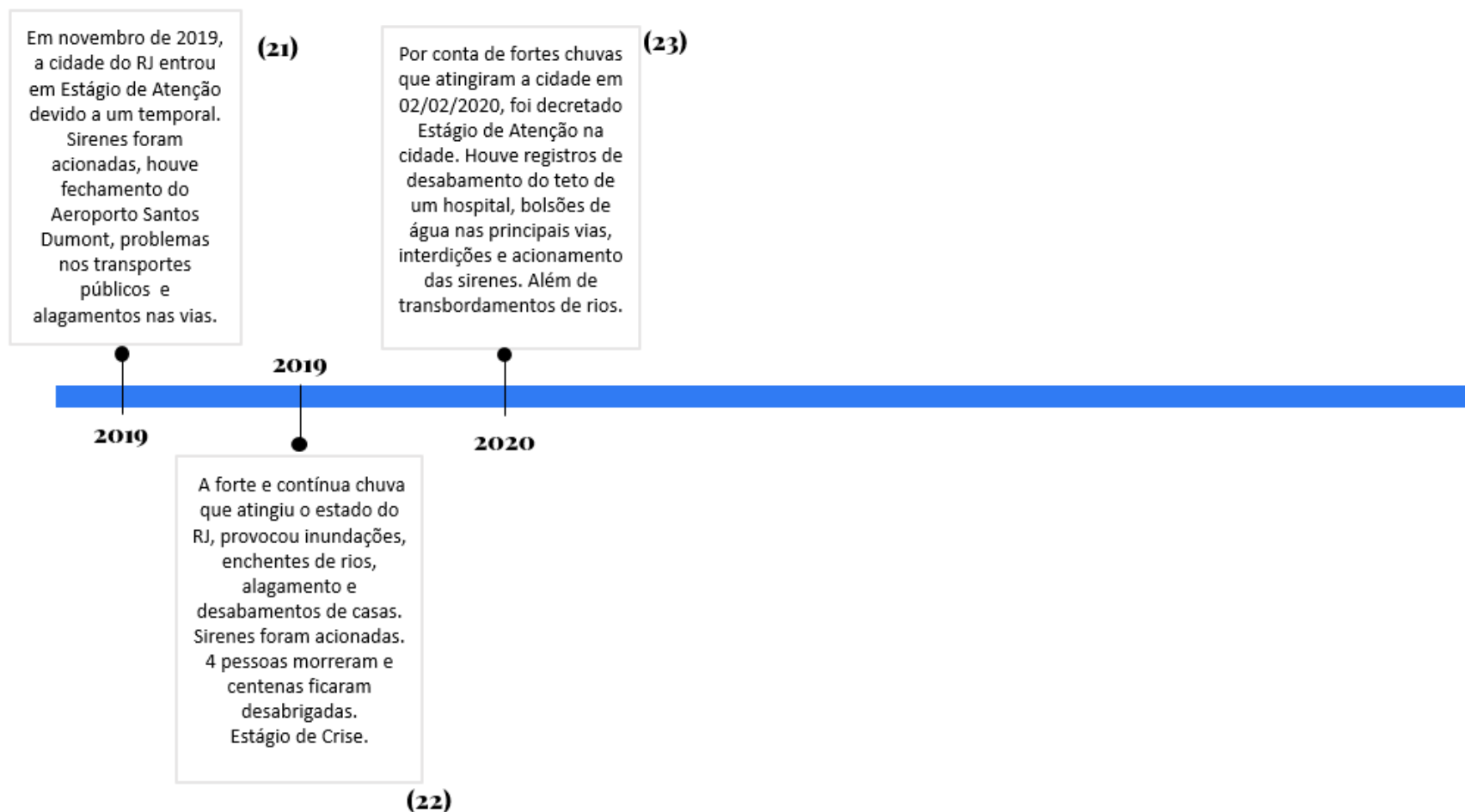
Figura 8 (Continuação): Linhas do tempo com desastres ocorridos na cidade do Rio de Janeiro entre os séculos XVIII e XXI



Fonte: Adaptado de Freitas *et al.*, 2020.



Figura 8 (Continuação): Linhas do tempo demonstrando os registros de desastres ocorridos na cidade do Rio de Janeiro entre os séculos XVIII e XXI



Fonte: Adaptado de Freitas *et al.*, 2020.

É possível observar na figura 8 a recorrência dos eventos e similaridade de situações como interrupção do tráfego, desabamento de casas, pessoas desalojadas e desabrigadas, deslizamentos de encostas e, infelizmente, mortes. A constatação é de que as décadas passam e pouquíssimo parece ser feito para mudança do panorama. Para complementar Costa (2010, p. 4) reitera:

A cidade do Rio de Janeiro possui uma forte ligação com a água, uma vez que a história de seu crescimento urbano envolveu, desde o período colonial, muitos aterros de lagoas, brejos e mangues. Além disso, seu sítio urbano situa-se em uma porção territorial onde as precipitações se concentram no verão, com elevada magnitude (COSTA, 2010, p. 4).

As figuras a seguir ilustram dois eventos extremos de precipitação que tiveram como consequência inundações na cidade do Rio de Janeiro. Destaca-se as fortes chuvas de 10 de janeiro de 1966 (Figura 9) que causaram em 250 mortos e mais de 50 mil desabrigados (EBC, 2016). A figura 10 mostra a mesma rua no ano de 2019 após o temporal em abril, ou seja, mesmo após 53 anos a situação é idêntica: ruas intransitáveis e população arriscando suas vidas ao tentar fugir das águas. As cenas levam ao questionamento sobre como ocorre a gestão de águas urbanas pelos órgãos públicos responsáveis e por que pouco parece ter sido feito até o momento. Esta temática será tratada no próximo subitem referente a gestão de bacias hidrográficas.

Figura 9: Ônibus atravessando Rua Jardim Botânico em meio a inundação, após fortes chuvas em janeiro de 1966 no município do Rio de Janeiro



Fonte: EBC, 2016.

Figura 10: Ônibus atravessando Rua Jardim Botânico em meio a inundação, após fortes chuvas em abril de 2019 no município do Rio de Janeiro.



Fonte: Jornal O Globo, 2016.

#### 1.4 Gestão de bacias hidrográficas no município do Rio de Janeiro

Faz-se importante compreender qual a atuação do poder público na gestão das bacias hidrográficas na cidade do Rio de Janeiro. De acordo com Tucci (2008) a ação governamental passa por ações estruturais e não-estruturais, sendo as estruturais destinadas a obras que buscam solucionar problemas infraestruturais de um rio ou de uma bacia, podendo atuar no aumento da velocidade do escoamento e na capacidade de descarga dos rios, na construção de reservatórios e no desvio do escoamento dos canais. A problemática na adesão de apenas esse tipo de solução está na visão setorializada do problema, como apontam Tucci e Bertoni (2003, p.15):

Visão setorializada do planejamento urbano: o planejamento e o desenvolvimento das áreas urbanas são realizados sem incorporar aspectos relacionados com os diferentes componentes da infraestrutura de água [...] A maioria destes problemas é consequência de uma visão distorcida do controle por parte da comunidade de profissionais que ainda prioriza projetos localizados sem uma visão da bacia e dos aspectos sociais e institucionais das cidades (TUCCI e BERTONI, 2003, p.15).

As medidas não-estruturais devem ser aliadas as estruturais, pois tem como principal objetivo minimizar os impactos causados pelas inundações, estando diretamente ligada a soluções que envolvem a população, como o zoneamento de áreas suscetíveis, impedindo sua ocupação ou incentivos para a desocupação. Tucci

(2008, p.105) aborda corretamente sobre a complexidade de atuação desse tipo de medida:

Como a maioria das soluções sustentáveis passa por medidas não-estruturais, que envolvem restrições à população, dificilmente um prefeito buscará esse tipo de solução, porque geralmente a população espera por uma obra. Ao passo que, para implementar as medidas não-estruturais, ele teria que interferir em interesses de proprietários de áreas de risco, que politicamente é complexo em nível local. Para buscar modificar esse cenário, é necessário um programa em nível estadual ou federal para apoiar tecnicamente as soluções dos municípios, e a educação da população, além de atuação junto aos bancos que financiam obras em áreas de risco (TUCCI, 2008, p. 105).

A política de atuação em gestão de bacias hidrográficas é realizada por meio do Plano diretor no município do Rio de Janeiro, estando inseridas quais medidas estruturais e não-estruturais o governo municipal deve realizar em um período de 10 anos. É importante ressaltar que o Plano Diretor está instituído no Art. 182 da Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988), devendo obrigatoriamente ser aprovado pela Câmara Municipal em cidades com população acima de 20 mil habitantes, integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, integrantes de áreas de especial interesse turístico, inseridas na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional (BRASIL, 2001).

As diretrizes para o Plano Diretor são definidas pelo Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001), que “estabelece normas e regula o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental” (BRASIL, 2001, Art. 1, Parágrafo único).

A Política Nacional de Defesa Civil (Brasil, 2012b, Art. 25), mencionada no primeiro capítulo (introdução) do presente trabalho, estabeleceu que o Plano Diretor também deve ser obrigatório em cidades “incluídas no cadastro nacional de Municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos”

A Política Nacional de Defesa Civil (Brasil, 2012b, Art. 22) trouxe artigos importantes para as diretrizes do Plano Diretor que não estavam presentes anteriormente. Infelizmente, como já foi citado, tais mudanças somente ocorreram

após inúmeras tragédias nos anos de 2010 e 2011. Dentre as diretrizes importantes estabelecidas estão:

I - Parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo, de modo a promover a diversidade de usos e a contribuir para a geração de emprego e renda;

II - Mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos;

III - Planejamento de ações de intervenção preventiva e realocação de população de áreas de risco de desastre;

IV - Medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres;

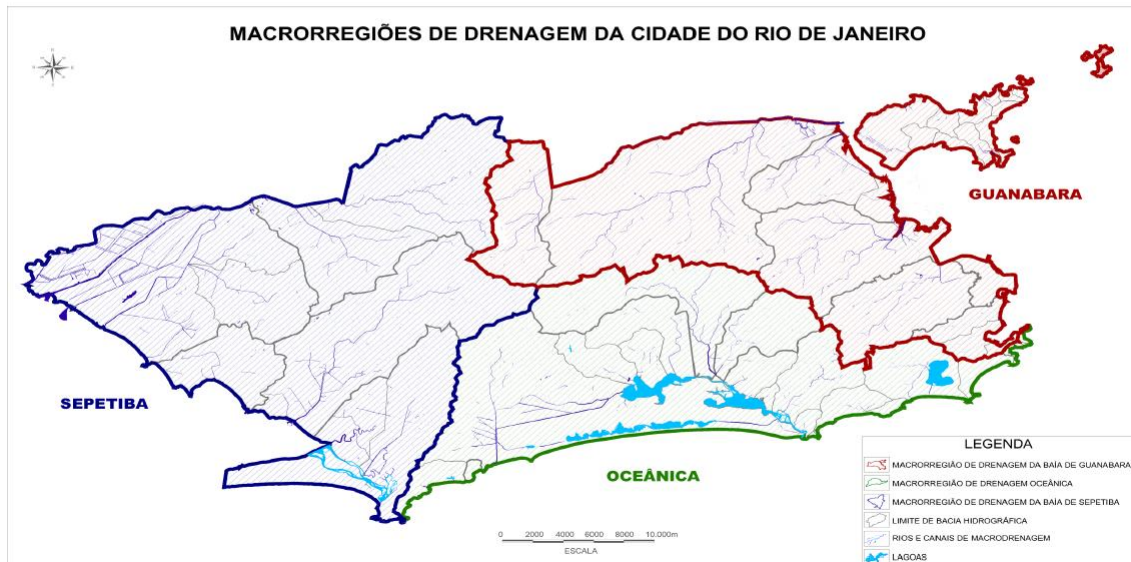
V - Diretrizes para a regularização fundiária de assentamentos urbanos irregulares;

VI - Identificação e diretrizes para a preservação e ocupação das áreas verdes municipais, quando for o caso, com vistas à redução da impermeabilização das cidades (BRASIL, 2012, Art. 22).

Por meio das diretrizes citadas decidiu-se analisar o último Plano Diretor (Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro, 2011), estabelecido pelo município do Rio de Janeiro no ano de 2011, e as propostas para o novo Plano Diretor em 2021. O município é dividido em três macrorregiões de drenagem. A Baía de Guanabara abrange as bacias hidrográficas das Zonas Norte e Central da cidade. A Baía Oceânica compreende as bacias da Zona Sul, Barra e Jacarepaguá, que deságuam no oceano Atlântico e Baía de Sepetiba corresponde a toda a porção oeste do município (Figura 11) (Prefeitura do Rio Janeiro, 2015).



PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO  
SECRETARIA MUNICIPAL DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS  
FUNDAÇÃO INSTITUTO DAS ÁGUAS



Fonte: Prefeitura do Rio Janeiro, 2015.

O Plano de 2011 trazia restrições à ocupação urbana em áreas, considerada pelo documento, com “condições físicas adversas”, entre elas encostas sujeitas a deslizamentos, baixada, sujeitas a alagamento, inundação ou rebaixamento. Além disso, o documento destaca que não serão permitidas construções em áreas de risco, como encostas sujeitas a deslizamento e processos geológicos, e em áreas de faixas marginais de proteção de águas superficiais sujeitas a inundações e rebaixamentos. Percebeu-se que não estava previsto um mapeamento para identificação de áreas suscetíveis a deslizamentos e inundações, importante instrumento para o planejamento urbano. No documento não é possível encontrar menções aos desastres, sejam naturais ou tecnológicos, dessa forma, não existem tratativas que abordem diretamente a problemática. Compreende-se que se todas as diretrizes dessa importante política urbana fossem cumpridas, os riscos de desastres seriam bastante reduzidos, mesmo não sendo citado diretamente no documento.

A revisão do Plano Diretor, realizada pelo Diagnóstico Intersectorial Integrado (Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro, 2018) indica que em 2011 foram realizados estudos para 467 mil metros de rede de drenagem visando sua renovação e ampliação, os estudos para Baía de Sepetiba representaram 49%. No entanto,

ocorreram obras executadas em 257 mil metros, tendo a Baía de Sepetiba recebido 35% de intervenção. O documento traz que estudos para implantação de um parque linear, as margens do Rio Campinho, sub-bacia do Campinho, estavam em fase de elaboração.

Desde abril de 2021 estão ocorrendo audiências públicas e enquetes com a população sobre as principais problemáticas da cidade e sugestões para o encaminhamento das propostas. As audiências são divididas em temáticas regionais, além disso existem seis grupos de estudos, sendo dois dedicados exclusivamente a Lei de Parcelamento, uso e ocupação. Atualmente, o documento encontra-se em processo de aprovação pela Câmara Municipal do Rio de Janeiro.

Especificamente sobre a Área de Planejamento V, elencou-se algumas propostas que possuem estreita relação com a atual pesquisa (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2021):

- a) Ampliar os programas de urbanização de favelas, loteamentos e ocupações Irregulares de baixa renda;

Proposta importante para evitar o crescimento irregular de áreas construídas próximas a drenagem.

- b) Implementar “corredores verdes” conectando os remanescentes vegetais e as áreas protegidas, e “corredores azuis” em regiões limítrofes a faixas marginais de rios e lagoas, dotando-os de equipamentos comunitários;

Tal medida pode impactar de forma positiva a ocorrência inundações e minimizar, principalmente inundações mais bruscas, além de cumprir a legislação para faixas marginais do Código florestal (Lei nº 12.727) (Brasil, 2012d).

- c) Implantar e manter reflorestamentos visando a restauração da Mata Atlântica e seus ecossistemas associados, incluindo áreas alagáveis, brejosas e de recarga de aquíferos;

Tal manutenção é importante ao tentar evitar a massiva urbanização e a perda de vegetação natural, além da importantíssima preservação de fragmentos de Mata Atlântica.

- d) Vedação de loteamento ou arruamento de iniciativa particular acima da curva de nível 60m (sessenta metros) para resguardar os maciços rochosos e florestas, elementos naturais da paisagem da cidade;

Proposta importante para vedar o crescimento urbano nas áreas dos maciços, possibilitando sua preservação.

- e) Faixa de serviço de 1.5 m nas calçadas, permeável, admitindo-se gramados, e livres de redes de dutos subterrâneos e de fiação aérea;

As calçadas permeáveis podem auxiliar na diminuição do escoamento superficial durante as precipitações, infiltrando-se no solo e evitando que a água se encaminhe diretamente ao curso d'água e ocorra uma inundação brusca.

- f) Definição de que cursos d'água naturais e suas Áreas de Preservação Permanente (APP) são consideradas Áreas de Proteção Integral, devendo ser criado um plano integrado de monitoramento.

O documento traz em anexo um mapeamento importante relativo as Áreas de Proteção Integral e Áreas de restrição a ocupação, estando locais suscetíveis a inundações inseridos nesse aspecto. Contudo, poderia haver detalhamento maior de tais áreas.

- g) Todas as Áreas de Planejamento são prioritárias para receber projetos de redução de riscos de desastres, inundações e alagamentos.

Seria interessante definir e classificar os riscos de cada Área de Planejamento para definição e aplicação de projetos.

### 1.5 Modelos Digitais de Terreno aplicado à análise hidrológica

A definição de modelo, segundo Christofolletti (1999), perpassa por uma representação simplificada da realidade capaz de prever um comportamento, transformação ou evolução, reconstruindo a realidade de acordo com o interesse do pesquisador. O autor destaca a importância dos modelos, pois em diversos projetos os pesquisadores possuem dificuldades em seu desenvolvimento devido a carência de dados, tornando a modelagem um importante instrumento para geração de dados



artificiais afim de auxiliar nas análises de pesquisa e no planejamento das tomadas de decisão.

Um Modelo Digital de Terreno (MDT) é uma representação computacional de um fenômeno espacial em uma região da superfície terrestre, permitindo a realização de cálculos, descrição e análise. Fenômenos geomorfológicos e geológicos, levantamentos de profundidades marítimas e fluviais, meteorológicos, geofísicos e geoquímicos são exemplos típicos representados por um MDT (CÂMARA; FELGUEIRAS, 2005; MOORE *et al.*, 1991).

A geração de dados por esses modelos proporciona uma maior facilidade de importação e análise por meio de Sistema de Informação Geográfica (SIG). A evolução tecnológica do SIG proporcionou a melhoria na qualidade dos modelos digitais de terreno expandindo seu potencial para estudos hidrológicos, hidráulicas e ambientais (MOORE *et al.*, 1991). Para análises hidrológicas o Modelo Digital Hidrológicamente Consistido (MDT-HC) é a melhor aplicação, pois possui informações referentes a curvas de nível, os pontos cotados, a hidrografia e o limite da área de estudo, construindo-se de um modelo com suavização por meio dos corpos hídricos. A utilização do MDT-HC foi aplicada por autores em diversos trabalhos como nas teses de Chaves (2002) para a bacia amazônica e Scárdua (2013) na bacia hidrográfica do rio Itapemirim no Espírito Santo. O Instituto Estadual do Ambiente (INEA) também utilizou o método para geração automática de bacias hidrográficas, fazendo parte de um estudo para classificar Áreas de Interesse para Proteção e Recuperação de Mananciais (AIPMs) no Estado do Rio de Janeiro (INEA, 2018).

A ferramenta *Topo to Raster* do ArcGIS, foi desenvolvida para interpolar o MDT-HC, tendo como criador Hutchinson (1989) e, anteriormente, chamava-se ANUDEM. De acordo com o Hutchinson (1989) os dados de altimetria são interpolados para o formato de pixel e com o uso do posicionamento da drenagem, esse pixel recebe uma suavização nas áreas percorridas pela drenagem.

#### 1.6 Modelo *HAND* e sua aplicação para áreas suscetíveis à inundação

O modelo *Height Above the Nearest Drainage (HAND)* desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) tem como aplicações a modelagem de áreas suscetíveis à inundação, zoneamento de terrenos, desastres naturais,

biogeoquímica, pedologia, ecofilosofia da paisagem, entre outras (NOBRE *et al.*, 2011a).

Para a aplicação em modelagem de áreas suscetíveis à inundação o *HAND* converte o MDT–HC com o objetivo de descobrir a diferença de altitude do terreno e a altitude da rede de drenagem mais próxima de cada pixel.

De acordo com o INPE (2012) o diferencial do modelo está em calcular os desníveis do terreno em escalas geográficas maiores, pois outros modelos hidrodinâmicos são capazes de prever áreas de inundação, contudo sua complexidade de parametrização e utilização os restringe a serem aplicados em escalas geográficas menores e localizadas, além disso os valores calculados pelo *HAND* também estão relacionados com a profundidade do lençol freático. Dessa forma, partindo do princípio de Arquimedes de que a água percorre a trajetória mais curta em busca dos níveis mais baixos, o algoritmo computa os desníveis ao longo da trajetória de um curso d'água sendo capaz de prever quais áreas estão propensas a inundação.

A modelagem com o *HAND* possui importantes trabalhos publicados. Milanesi *et al.* (2017) utilizaram o modelo para reconhecer áreas suscetíveis a inundação no município de Porto Alegre/RS. Em um outro trabalho Mengue *et al.* (2017) realizaram uma avaliação com o *HAND* em áreas de expansão urbana da Região Metropolitana de Porto Alegre para identificar se o crescimento urbano da região está ocorrendo em áreas de inundação. Goerl *et al.* (2017) realizou testes com o modelo em diferentes resoluções espaciais obtendo resultados positivos.

Ainda na região Sul, Speckhann (2018) propôs em sua dissertação um mapeamento de áreas de risco à inundação para a bacia do Rio Itajaí-Açu utilizando diferentes modelos e em sua avaliação o *HAND* apresentou os melhores resultados. No projeto Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas, Nobre *et al.* (2010) realizou o mapeamento de risco da Região Metropolitana de São Paulo. No estado do Rio de Janeiro, Prates e Amorim (2018) aplicaram o modelo para mapeamento na área de baixo curso do Rio Muriaé.

## 2 CARACTERIZAÇÃO DAS SUB-BACIAS DO MENDANHA E CAMPINHO

De acordo com Data Rio (2020) a área de estudo está presente na Área de Planejamento V (AP5), situada no município do Rio de Janeiro, no entanto a delimitação das sub-bacias realizada na presente pesquisa e detalhada no capítulo 3 Materiais e Métodos, demonstra que os limites das sub-bacias estão também inseridos no município de Nova Iguaçu.

A necessidade da administração municipal do Rio de Janeiro em estruturar seu planejamento da cidade levou a instituição em 1981 das Áreas de Planejamento, conhecidas por “AP”, das Regiões Administrativas, conhecidas por “RA”, e dos Bairros, tendo sido, pela primeira vez, oficializados os limites dos bairros. Atualmente, o município conta com 5 Áreas de Planejamento, 33 Regiões Administrativas e 162 Bairros. (IPP, 2007; DATA RIO, 2019).

As sub-bacias Rio da Prata do Mendanha e Campinho (Figura 12) estão inseridas na Baía de Sepetiba, especificamente nos bairros de Campo Grande, Santíssimo, Bangu, Senador Camará, Inhoaíba, Cosmos, Paciência e KM 32 (Nova Iguaçu). Entre as sub-bacias passam duas importantes vias de ligação da cidade do Rio de Janeiro: A Avenida Brasil e a Linha de trem Central do Brasil - Ramal Santa Cruz.

O Instituto Pereira Passos (2000) destaca que AP5, a partir da década de 1970, apresentou crescimento de domicílios com o aumento da construção civil, especulação imobiliária e de loteamentos irregulares em áreas de preservação ou inadequadas para moradia, estando esse crescimento associado a oferta de bens e serviços públicos e privados. O crescimento urbano da área acarreta a redução da cobertura vegetal e do uso agrícola, dessa forma, gerando maior diversidade nos padrões de uso do solo. De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (2016) a AP5 apresenta as piores condições de infraestrutura da cidade e uma alta concentração de população de baixa renda, em sua ocupação e crescimento populacional abriga a maioria dos loteamentos irregulares e clandestino.

Antes de ser uma área intensamente urbanizada, a área que hoje é AP5, era denominada Campo Grande que recebeu esse nome devido a sua extensão

geográfica. A região estava inserida nos chamados “sertões” representando os locais considerados de difícil acesso devido às condições físicas e problemas de aproximação com indígenas que não desejavam contato com os europeus. Formada por grandes fazendas e engenhos desenvolvendo a agricultura durante o período colonial, entre elas a cana-de-açúcar, o café e a laranja (FRÓES e GELABERT, 2005).

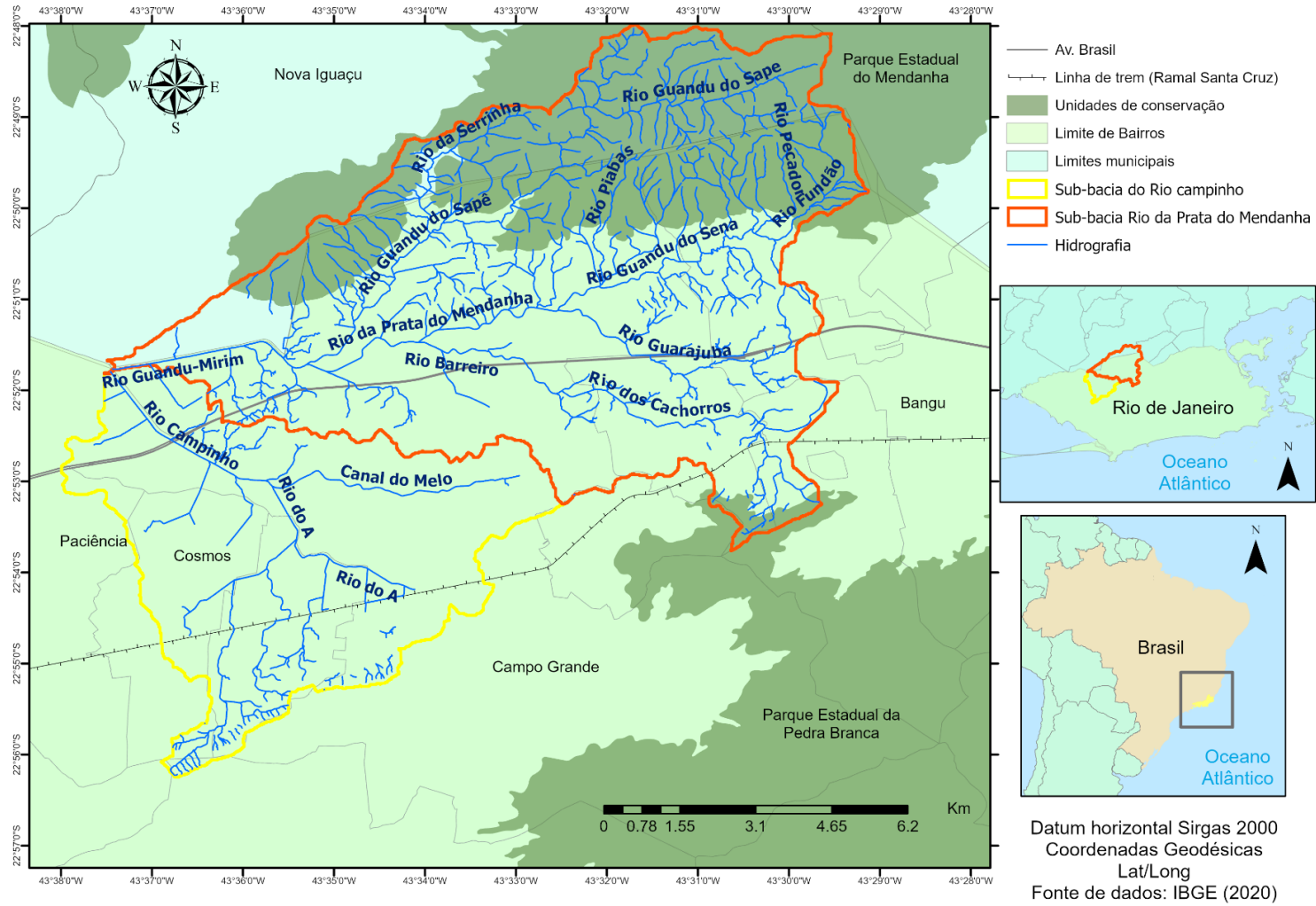
Os nomes dos bairros e distritos presentes na área de estudo remetem as antigas fazendas como Santíssimo, Rio da Prata do Mendanha, Gericinó, Guandu do Sapê, Pedregoso, Caroba, Campinho, entre outros. Um dos fatores mais importantes para o início da urbanização na região foi a Companhia Progresso Industrial do Brasil, conhecida como Fábrica de Tecidos Bangu, inaugurada oficialmente em 8 de março de 1893. Ao entorno da fábrica iniciou-se uma intensa vida social com a Sociedade Musical do Progresso, Bangu *Athletic Club*, Casino Bangu. A fábrica ocupava uma área de 40 km<sup>2</sup> e instalou-se em um local estratégico devido a fornecimento regular de água advindo de mananciais do maciço da Pedra Branca e do Mendanha (MANSUR, 2008).

A Companhia também foi responsável por um processo de urbanização planejado. Contratou engenheiros para realizarem o arruamento do bairro ao torno da Fábrica. Foi realizado a construção de creches, escolas e um posto de saúde. A luz elétrica chegou em 1900 e foi construída uma pequena hidrelétrica a partir da água trazida dos mananciais. A Fábrica preocupava-se muito com a gestão da água, já que era fundamental para a produção têxtil. Ela responsabilizou-se pela canalização e o fornecimento para a população (Mansur, 2008). A área urbanizada cresceu juntamente com o progresso da Fábrica que a partir da década de 1930 exportava seus produtos para outros países da América do Sul e para fora do continente. Após 100 anos de história a Fábrica de Tecidos Bangu fechou suas portas e, atualmente, suas instalações reformadas abrigam um *shopping center*.

Por sua vez, o município de Nova Iguaçu iniciou seu crescimento a partir da segunda metade do século XIX, após a inauguração ferrovia Dom Pedro II. Sua expansão ocorreu de forma bastante horizontal, com loteamentos carentes de infraestrutura, principalmente de saneamento básico. Ainda sim nas últimas décadas o município tornou-se um subcentro regional de comércio e serviços por meio do fortalecimento de uma classe média alta que atraiu investimentos imobiliários e de infraestrutura, principalmente para as áreas centrais do município.

Contudo, distantes das áreas centrais predominam classes sociais com menor poder aquisitivo, em bairros com infraestrutura precária e que recebem pouca ou nenhuma atenção do poder público, como é o caso do bairro Km 32, presente na área de estudo (FRADE, 2016; SANTOS JUNIOR, 2019).

Figura 12: Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Atualmente, além de fazer parte da Área de Planejamento V, as sub-bacias do Mendanha e Campinho estão inseridas nas Regiões administrativas de Bangu e Campo Grande. As duas Regiões Administrativas, possuem projeções populacionais em um período de 30 anos (2020-2051) e, de acordo com IBGE (2013), a partir de 2021 a população diminuirá de tamanho a cada ano (Tabela 1). Os dados mostram que em 2020 a área possui o total de 947.077 pessoas enquanto em 2051 a estimativa cairá para 838.876 pessoas, uma diminuição de aproximadamente 110 mil pessoas. Deve-se considerar que tal projeção foi realizada anteriormente a pandemia de Covid-19, estando os números sujeitos a revisão com novos parâmetros.

Tabela 1: Projeção da população do Brasil por sexo e idade para o período 2000-2060

Regiões administrativas			
Ano	Bangu	Campo Grande	Total
2020	422.886	524.191	947.077
2021	422.463	523.480	945.943
2022	422.043	522.771	944.814
2051	375.476	463.400	838.876

Fonte: IBGE, 2013.

## 2.1 Aspectos socioeconômicos

Utilizando-se de dados dos Censos demográficos do IBGE dos anos de 2000 e 2010 procurou-se compreender melhor sobre a população que ocupa a área de estudo. Foram utilizados dados de renda mensal e saneamento básico (coleta de lixo, abastecimento de água e esgoto). Como base foram utilizados os limites dos setores censitários, sendo importante ressaltar que o IBGE realizou atualizações nos limites dos setores censitários entre os dois Censos. Os detalhes referentes a elaboração dos mapeamentos estão descritos no capítulo Materiais e Métodos.

O mapa da figura 13 demonstra que no ano de 2000 havia uma concentração de população que ganhava acima de 5 salários-mínimos. Essa população estava localizada na região central do Bairro de Campo Grande e próxima de duas principais vias de comunicação com outros bairros: A Avenida Brasil e a Linha de Trem (Ramal Santa Cruz). O Censo de 2000 mostra que a maior parte da população na área de estudo mantinha-se com até 3 salários-mínimos.

A figura 14, com os dados do Censo de 2010, destaca que a maior parte da população saiu do patamar de 3 a 5 salários para até 3 salários. A concentração da renda acima de 5 salários-mínimos manteve na região central do Bairro de Campo Grande.

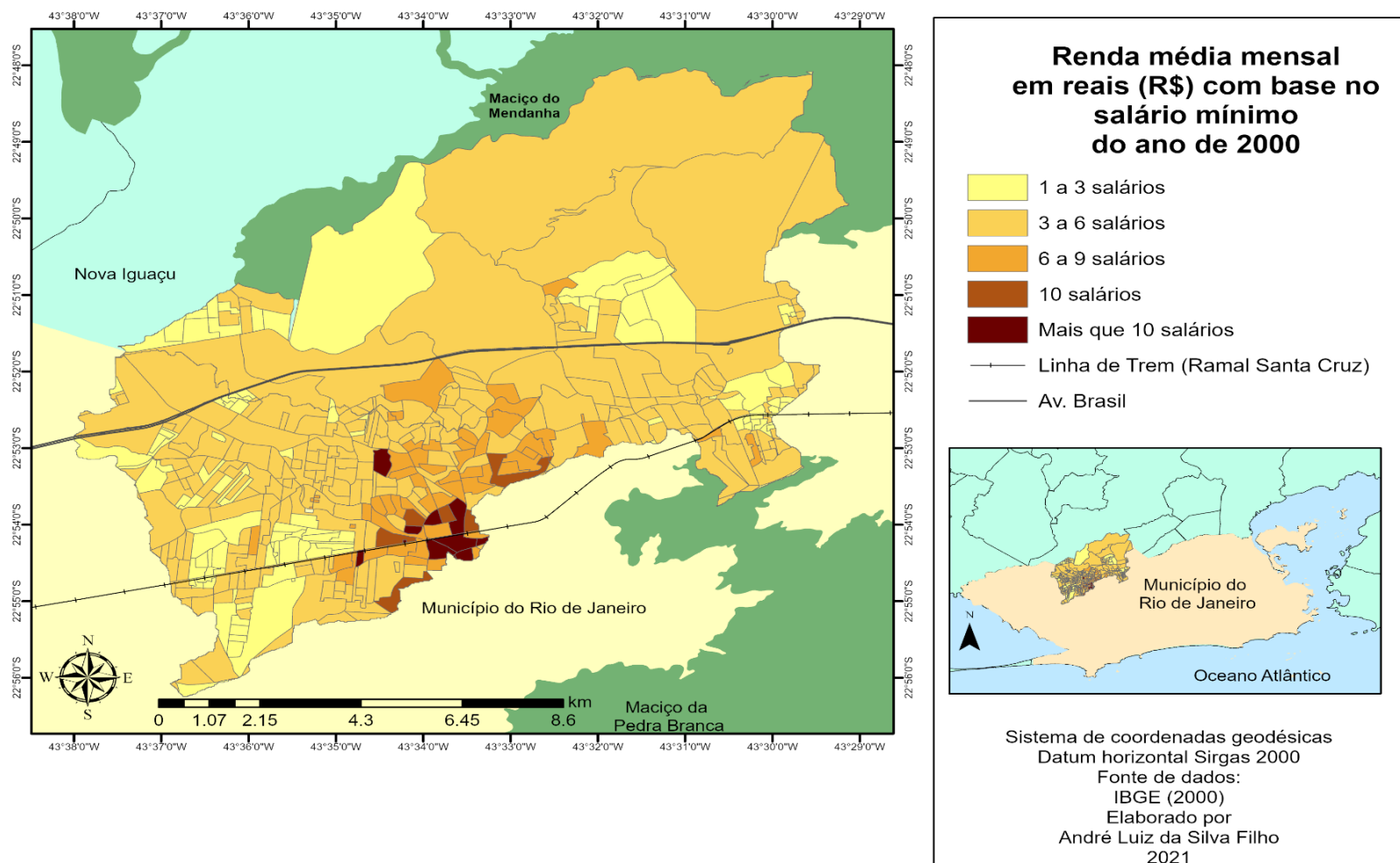
Essa área apresenta as principais atividades comerciais tanto do bairro quanto da Área de Planejamento V, em que estimula diversas atividades financeiras, concentração de serviços e atração de investimentos. A explicação para esse fato foi o forte crescimento do capital imobiliário no bairro a partir do final da década de 1990. Um dos empreendimentos importantes para atração populacional para área foi a inauguração do *West Shopping*, Fonseca e França (2011, p.29) destacam as mudanças que ocorreram com a construção do ponto comercial:

Por sua vez, a circunvizinhança rapidamente recebeu os impactos positivos, como a duplicação da Estrada da Posse e da Estrada do Mendanha – vias de acesso ao shopping, centro comercial do bairro e Avenida Brasil – juntamente às novas linhas de ônibus. Quanto à questão da infraestrutura, ficaram visíveis melhorias na iluminação pública, no saneamento e melhor qualidade e quantidade de serviços, como agências bancárias, lojas diversificadas, estacionamento, clínicas e restaurantes no entorno da construção (FONSECA E FRANÇA 2011, p. 29).

A descentralização industrial também foi responsável por mudanças. Os baixos valores de terrenos atraíram indústrias como a fabricante mundial de pneus Michelin, entre outras nas áreas de plásticos, produtos químicos, cimentos.

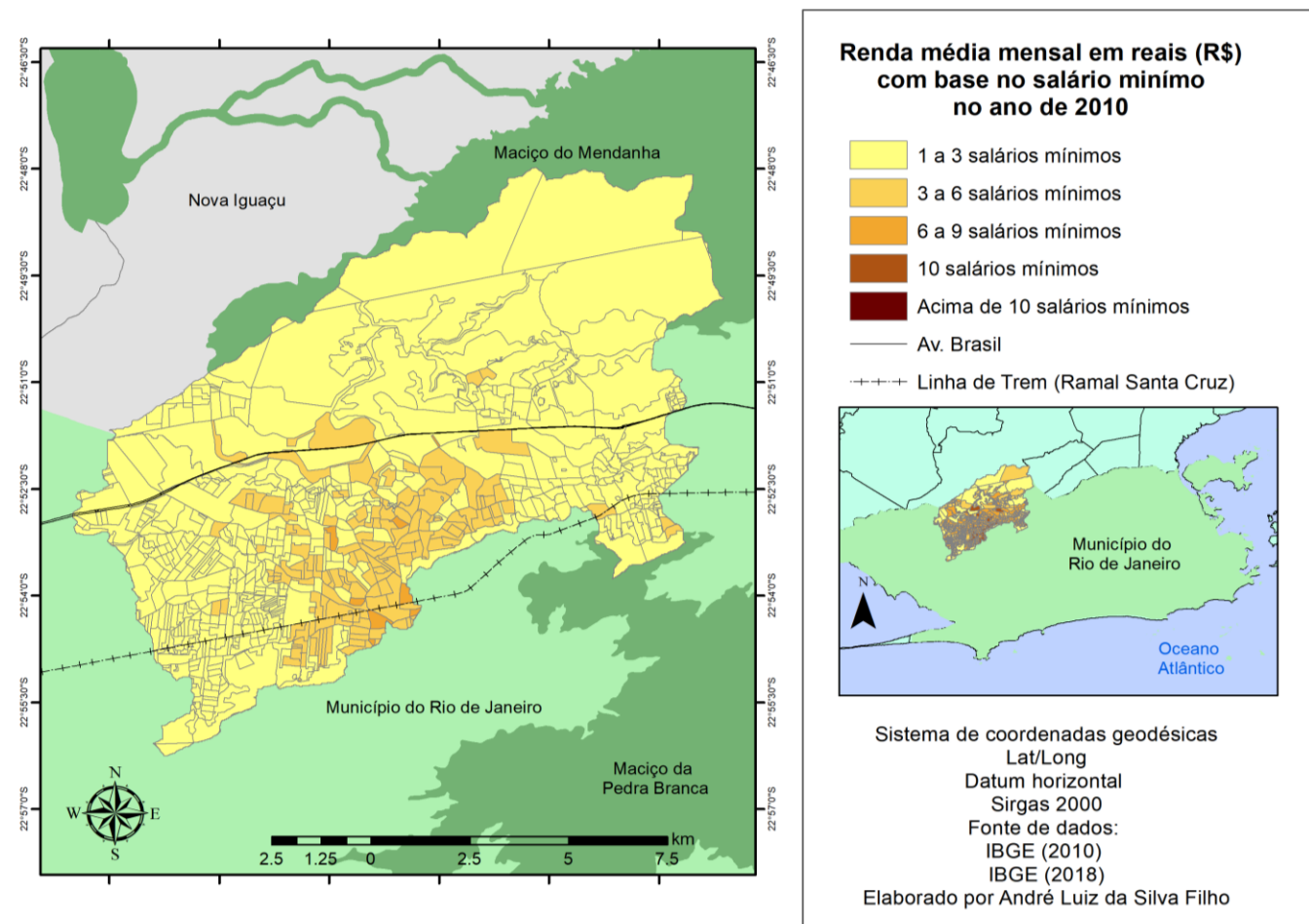


Figura 13: Renda média mensal no ano de 2000



Fonte: Adaptado de IBGE (2000).

Figura 14: Renda média mensal no ano de 2010

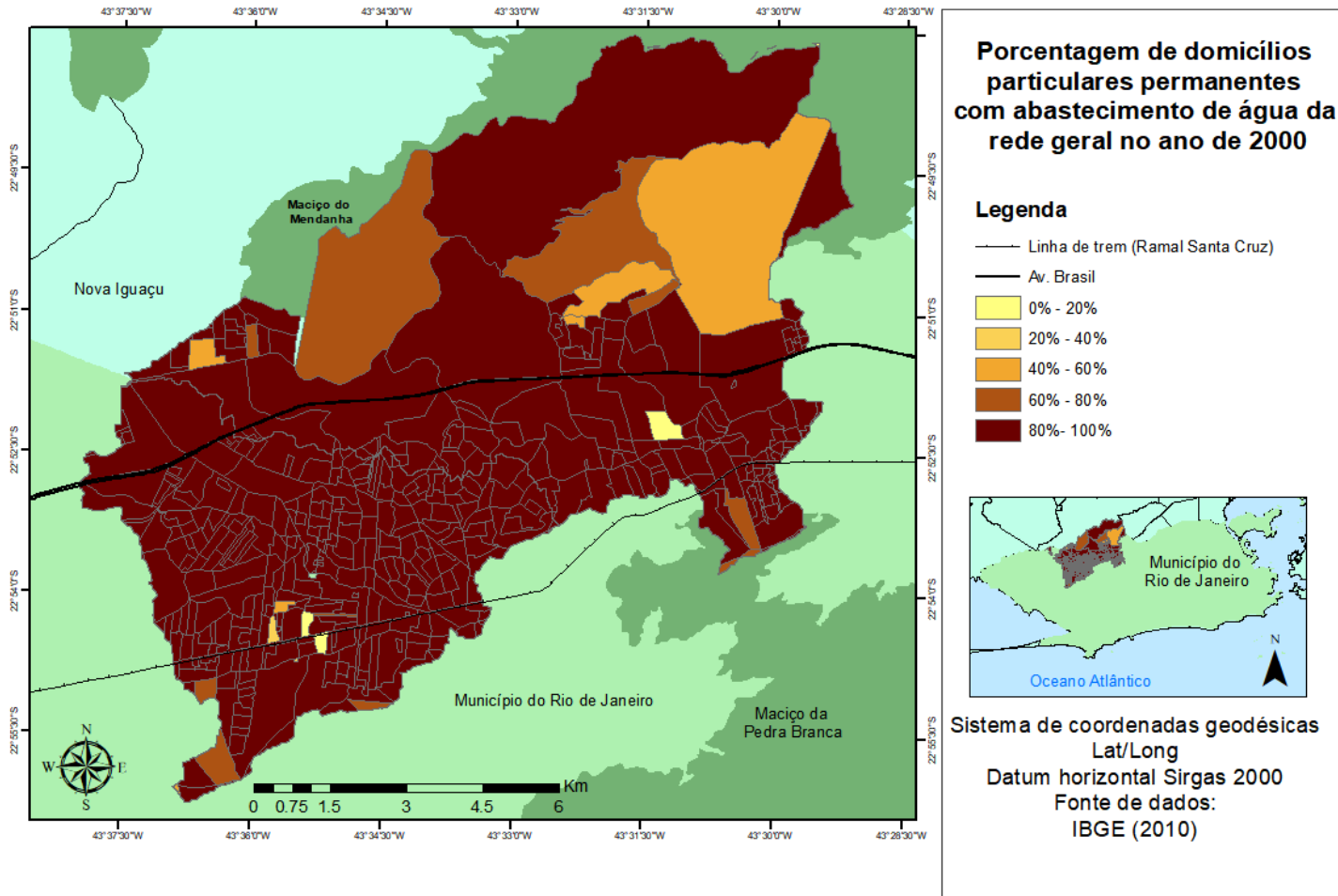


Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

Esses elementos trouxeram o aumento da mancha urbana e a atração da classe média para o bairro e com sua chegada aumentou-se a procura por mais serviços, edifícios comerciais, escolas, cursos de formação técnica, cursos universitários. Além disso, novos empreendimentos imobiliários de alto padrão foram construídos atendendo a exigência de uma classe média que desejava se isolar e desfrutar de melhores condições de vida. Desse modo, o bairro de Campo Grande, transformou-se em um subcentro importante para área periférica da cidade do Rio de Janeiro.

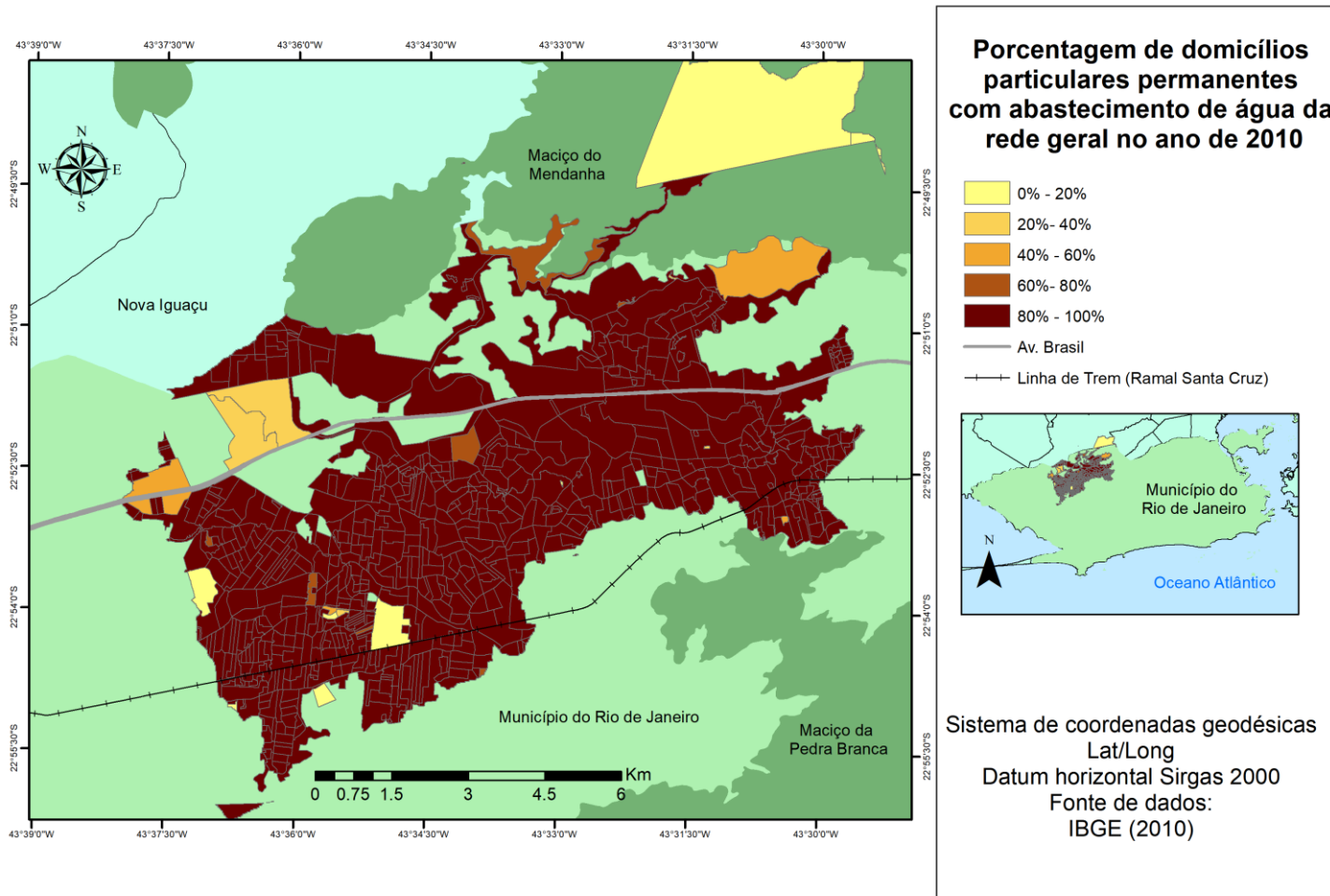
Além da renda média da população é necessário analisar se houve mudanças em outros setores como de saneamento básico. Para isso utilizou-se também de dados censitários entre os anos de 2000 e 2010 (Figura 15 e 16).

Figura 15: Domicílios com abastecimento de água no ano de 2000



Fonte: Adaptado de IBGE (2000).

Figura 16: Domicílios com abastecimento de água no ano de 2010

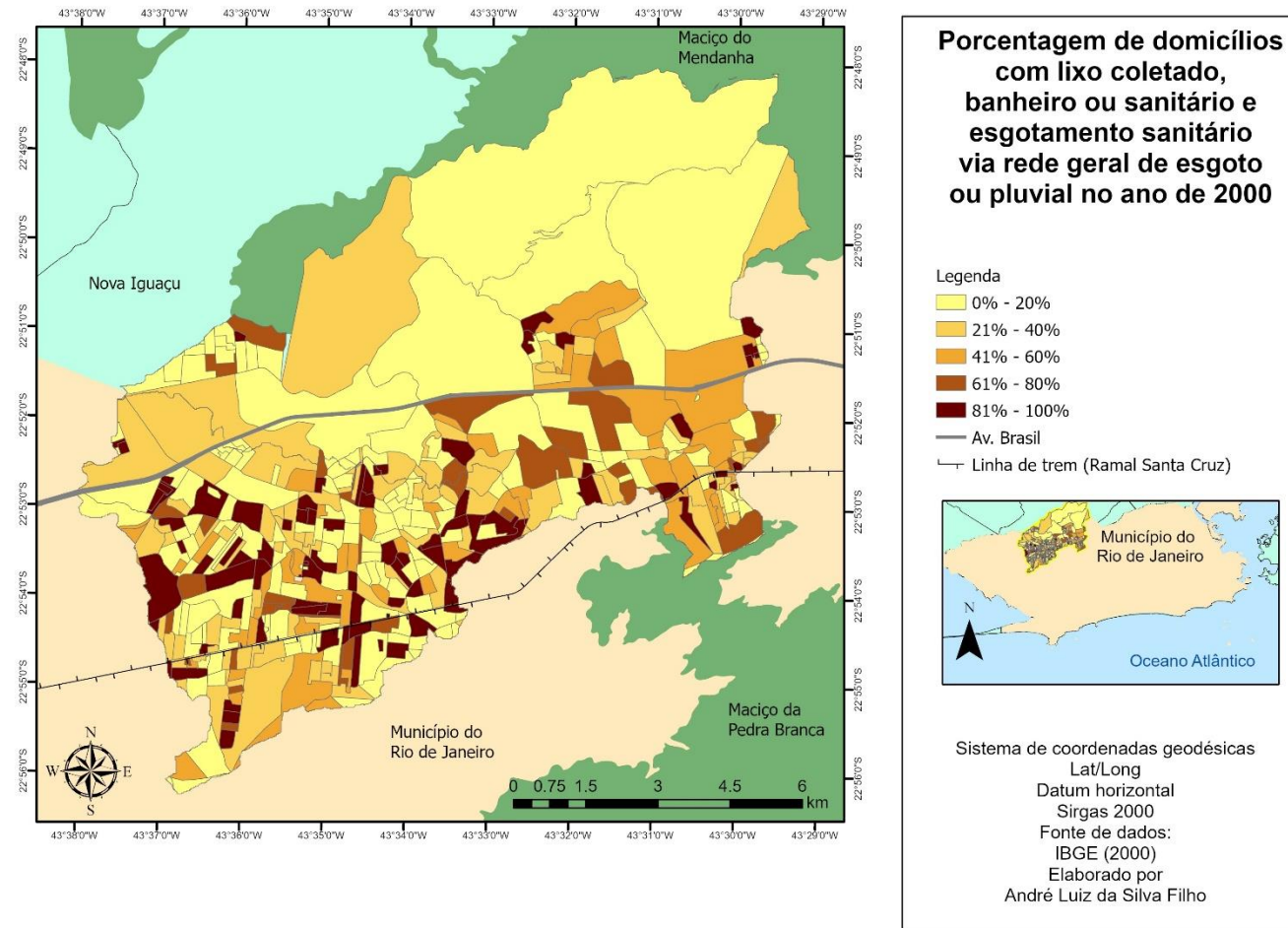


Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

Primeiramente, é necessário notar as mudanças nos setores censitários entre os anos de 2000 e 2010. O IBGE atualizou seus limites, áreas dentro dos limites dos maciços do Mendanha e da Pedra Branca foram retiradas, assim como áreas majoritariamente de lavouras. Na figura 15, podemos observar que a porcentagem de domicílios abastecidos por água da via geral estava acima de 80% na maior parte da área de estudo. O mesmo índice manteve-se acima dos 80%, de acordo com o Censo 2010 (IBGE, 2010), contudo é possível observar áreas com somente 40% da população atendida e outras com apenas 20% da população abastecida por água da rede geral, além disso é apresentado um grande setor censitário no maciço do Mendanha, causando estranheza pois outros setores foram corrigidos e eliminados, em comparação ao Censo de 2000 (Figura 16).

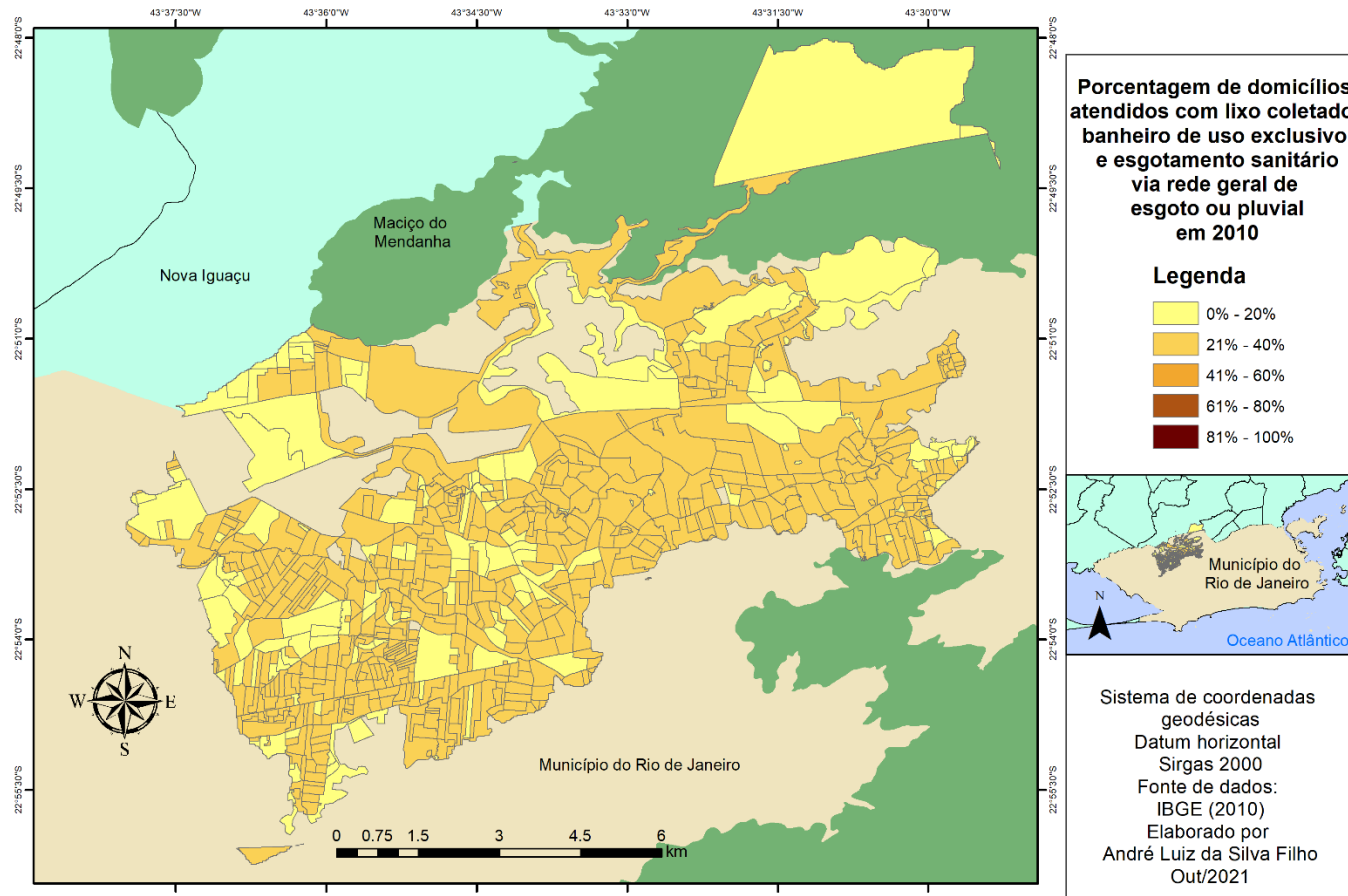
Outro fator importante diz respeito a coleta de lixo e esgotamento sanitário na área de estudo. As figuras 17 e 18 apresentam um panorama de acordo com os Censo de 2000 (IBGE, 2000) e Censo 2010 (IBGE, 2010).

Figura 17: Domicílios com coleta de lixo, banheiro, e esgotamento sanitário no ano de 2000



Fonte: Adaptado de IBGE (2000).

Figura 18: Domicílios com coleta de lixo, banheiro, e esgotamento sanitário no ano de 2010



Fonte: Adaptado de IBGE (2010).



É possível observar que nos anos 2000 (Figura 17) a coleta de lixo e esgotamento sanitário era bastante precário. Em grande parte da área a porcentagem de domicílios atendidos chegava apenas a 40%, sendo pouquíssimos setores censitários que mais de 80% dos domicílios possuíam serviços tão básicos. O Censo de 2010 (IBGE, 2010) apresenta significativa melhora. Ocorreu crescimento no número de domicílios atendidos, e muitos dos setores censitários saltaram de 20% para mais de 40% de domicílios com coleta de lixo e esgotamento, no entanto é possível analisar que mesmo em 2000 havia setores que eram atendidos com mais de 80% de coleta de lixo e esgotamento sanitário, mas em 2010 tais serviços foram reduzidos para até 60%. Fonseca e França (2011) já ressaltaram que a partir dos anos 2000 a área teve um grande crescimento imobiliário e com melhorias significativas na infraestrutura. Apesar disso, é possível observar áreas carentes e com pouquíssimas mudanças e que são ocupadas por loteamentos irregulares e favelas. Mesmo havendo crescimento no número de domicílios com esgoto via rede geral, o tratamento dos resíduos era bastante ínfimo em toda Área de Planejamento V, como relata a Fundação Rio-Águas (2010, p. 25):

A área em estudo sofre com uma forte deficiência no tratamento de esgotos, apresentando índices de tratamento desprezíveis, menos de 2% dos efluentes gerados são tratados. Tal situação precária de saneamento básico é responsável pelas altas taxas de poluição em todos os corpos hídricos da região, aumentando os riscos e os custos com a saúde da população ao redor deles (FUNDAÇÃO RIO, ÁGUAS, 2010, P.25).

Conforme já ilustrado por Tucci e Bertoni (2003); Amaral e Ribeiro, (2015) uma das condicionantes antrópicas para as inundações é justamente a disposição irregular de resíduos nos cursos d'águas, provocando assoreamento e obstruindo o escoamento na drenagem urbana.

## 2.2 Caracterização físico-ambiental

A área de estudo apresenta características climáticas sendo quente e úmido, com temperatura média entre 20° C e 27° C. As regiões das baixadas costumam apresentar as temperaturas mais elevadas do município, devido à pouca circulação de vento. Os meses mais quentes são entre novembro e abril e os mais frios entre maio e outubro. As precipitações ocorrem com mais frequência entre dezembro e março. Os Maciços do Gericinó-Mendanha e da Pedra Branca influenciam no microclima como barreira à passagem de ventos e de massas úmidas, principalmente devido à presença das matas, que contribuem para a absorção de calor e para o aumento do nível de umidade do ar. Há presença de feições morfológicas típicas de planície costeira, com morros arredondados. Entre os dois maciços já citados, apresentam-se áreas planas com domínio de sedimentos arenosos (IPP, 2004, SANTOS JUNIOR, 2019).

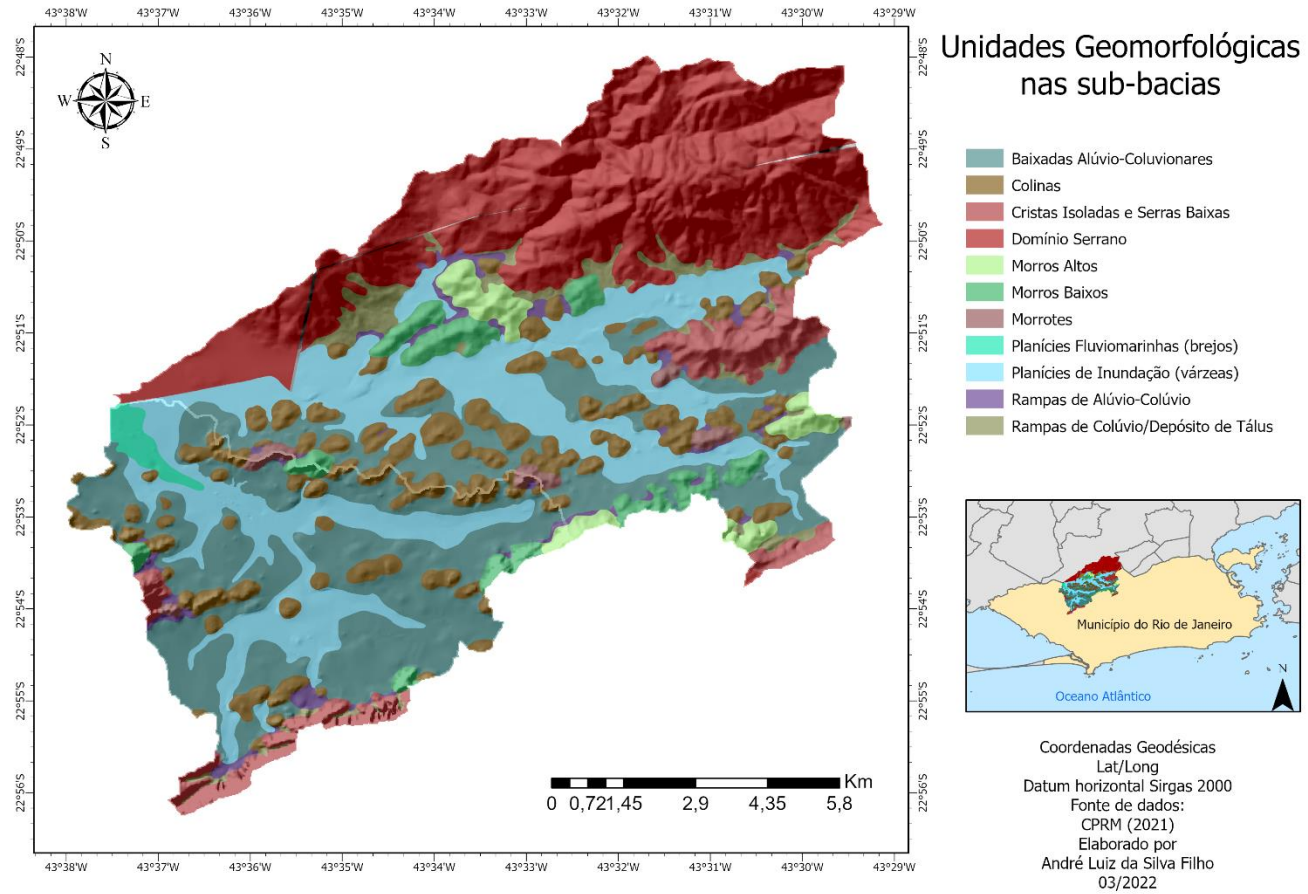
Na área estudo estão presentes processos erosivos que influenciam a suscetibilidade a inundação nos cursos d'água, dentre eles estão:

- a) Pluviosidade, de acordo com a distribuição do tempo e volume no espaço. Em ambientes tropicais úmidos, como é o caso da área de estudo da presente pesquisa, a água é o agente erosivo mais comum;
- b) Presença ou tipo de cobertura vegetal, possibilitando a infiltração e reduzindo o escoamento superficial em vertentes. Sem a presença de cobertura vegetal a água pluvial atinge diretamente solo acarretando erosão por salpicamento (efeito *splash*). No entanto, plantações nas vertentes como bananeiras, podem impactar e aumentar o processo erosivo, ao concentrar em sua copa um grande volume de água que ao se desprender atingirão diretamente o solo. Santos Junior (2019) e Costa (2006) apontam tal problemática para as encostas do maciço do Mendanha e do Pedra Branca;
- c) O relevo declivoso e mais extenso pode gerar maior energia para o escoamento superficial e conseqüentemente aumentar o potencial erosivo. Santos Junior (2019) aponta que no maciço do Mendanha predomina um relevo abrupto, forte ondulado, escarpado bastante

recortado e com vales bem encaixados. O autor afirma que nas áreas de menor altitude encontram-se sedimentos de natureza areno-argilosa, originados pelos processos erosivos representados pelas mudanças climáticas e influência tectônica regional (Figura 19). A área também apresenta planícies de inundação.

- d) Os tipos de solo e uso da terra são importantes, pois a composição granulométrica, presença de matéria orgânica e tipos de horizontes influenciam na suscetibilidade a erosão, além disso o seu uso pode expor e fragilizar a superfície acelerando os processos erosivos. Santos Junior (2019) e Embrapa (2018) afirmam que na área de estudo apresentam-se Planossolos Hidromórficos Distróficos, sendo bastante suscetíveis à erosão e com baixa fertilidade.

Figura 19: Unidades Geomorfológicas



Fonte: Adaptado de CPRM (2021)

Como forma de compreender a dinâmica do uso e cobertura da terra na área de estudo utilizou-se dados do Projeto Olho no Verde do Instituto Estadual do Ambiente (INEA). O projeto monitora todo estado do Rio de Janeiro por meio de imagens de satélite e emite alertas de desmatamento para equipes de fiscalização. Os dados utilizados na presente pesquisa são do ano de 2017 e confeccionados na escala 1:25.000 (INEA, 2021).

A figura 20 apresenta o uso e cobertura da terra com seis classes: Áreas Naturais Florestadas, Áreas Naturais Não Florestadas, Áreas Antrópicas Agropastoris, Áreas Antrópicas Não Agropastoris, Corpos d'água, Áreas Antrópicas Agropastoris Não Consolidado. A área total representada é de 320 km<sup>2</sup>, desse modo levando em conta a grande abrangência da área de estudo, presente em dois municípios do estado do Rio de Janeiro, a escala utilizada é de 1:25.000. A metodologia adotada encontra-se detalhada no item 3.3 (p. 53).

No ano de 2017 as áreas urbanas (Áreas Antrópicas Não Agropastoris) representavam cerca de 60% da área total (Tabela 2), explicitando como a pressão urbana sobre as sub-bacias estava em larga escala, cabe salientar que o crescimento urbano não respeitou a Lei nº 12.727 que estabeleceu Código florestal (Brasil, 2012(d)) que limita a construção em margens de corpos d'água tanto em zonas rurais como urbanas, definindo as faixas margens como Área de Preservação Permanente.

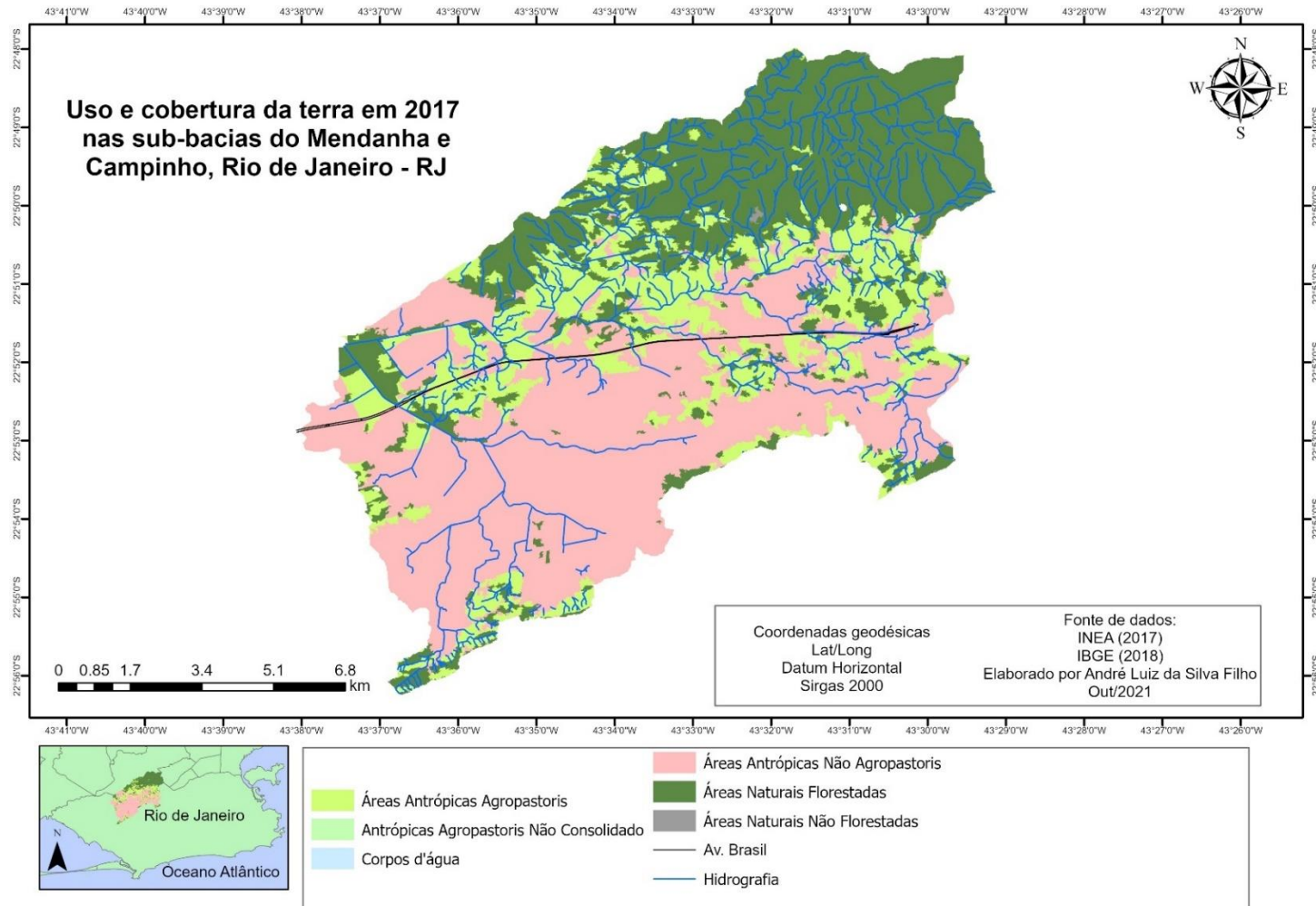
É possível analisar que em áreas que não havia grande pressão urbana sobre a drenagem, estão representadas pelas Áreas Naturais Florestadas, com cerca de 20% do total, nestas áreas estão presentes os fragmentos florestais preservados, tanto no maciço do Mendanha quanto no maciço da Pedra Branca, sendo essa preservação importantíssima para as nascentes dos cursos d'água das sub-bacias e para a dinâmica dos processos erosivos. Ainda representa um significativo uso da terra as Áreas Antrópicas Agropastoris com 19% de ocupação. Tais áreas dizem respeito ao cultivo de frutas e leguminosas que são responsáveis por abastecer o comércio da área de estudo.

Tabela 2: Porcentagem representativa de uso e cobertura da terra

Classes de uso e cobertura em 2017	Percentual
Áreas Naturais Florestadas	20,4%
Áreas Naturais Não Florestadas	0,04%
Áreas Antrópicas Agropastoris	19,4%
Áreas Antrópicas Não Agropastoris	60,04%
Áreas Antrópicas Agropastoris Não Consolidado	0,01%
Corpos d'água	0,05%

Fonte: Adaptado de INEA (2017).

Figura 20: Uso e cobertura da terra no ano de 2017



Fonte: Adaptado de INEA (2017).

Um estudo importante de Pereira *et al.* (2021) realizou a projeção de uso e cobertura da terra no bairro de Campo Grande para o ano de 2026 e, foi capaz de concluir que pode haver um crescimento de zonas residências sobre as áreas protegidas, Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB) e Parque Estadual do Mendanha, além disso, há uma clara segregação espacial na ocupação do bairro como ressalta Pereira *et al.* (2021, p. 12):

[..] A segregação socioespacial torna-se visível ao identificarmos a distribuição espacial das habitações do Programa “Minha Casa Minha Vida” por faixa de renda no bairro de Campo Grande. Observamos que os empreendimentos destinados às Faixas 1 e 2 - renda abaixo de seis salários-mínimos - estão localizados em direção à APA Gericinó/Mendanha, já aqueles direcionados à Faixa 3 de renda -entre seis e dez salários-mínimos -ocuparam as localidades entre o centro do bairro e o PEPB (Pereira *et al.*, 2021, p. 12).

### 2.2.1 Eventos extremos de precipitação

De acordo com o Sistema Alerta Rio (2020) a área das sub-bacias possui atualmente duas estações pluviométricas denominadas Av. Brasil/Mendanha e Campo Grande. Até o ano de 2010 estavam ativas as estações Mendanha e Gericinó. A estação Mendanha localizava-se na Serra do Mendanha – Est. de Furnas, mas uma nova estação denominada Av. Brasil/Mendanha foi instalada em uma escola municipal na Estr. do Mendanha. A estação Gericinó foi desativada e nenhuma outra estação foi instalada, deixando a área em defasagem na coleta de dados pluviométricos.

Em seu trabalho referente a climatologia da precipitação da cidade do Rio de Janeiro, Dereczynski *et al.* (2009) apresentam que a estação Mendanha registra média anual de 1400 mm e Campo Grande de 1044 mm. Segundo os autores, a estação Mendanha registrou cerca de 117 dias chuvosos ao longo do ano, ficando atrás apenas da estação Sumaré, localizada no maciço da Tijuca, com 119 dias chuvosos. O estudo foi realizado com base em dez anos de dados da Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro (Geo-Rio) para o período de 1997 a 2006.



O município possui variações com relação ao comportamento térmico devido a variação altimétrica com o Maciço da Pedra Branca de 1.024 metros, representando o ponto mais alto da cidade.

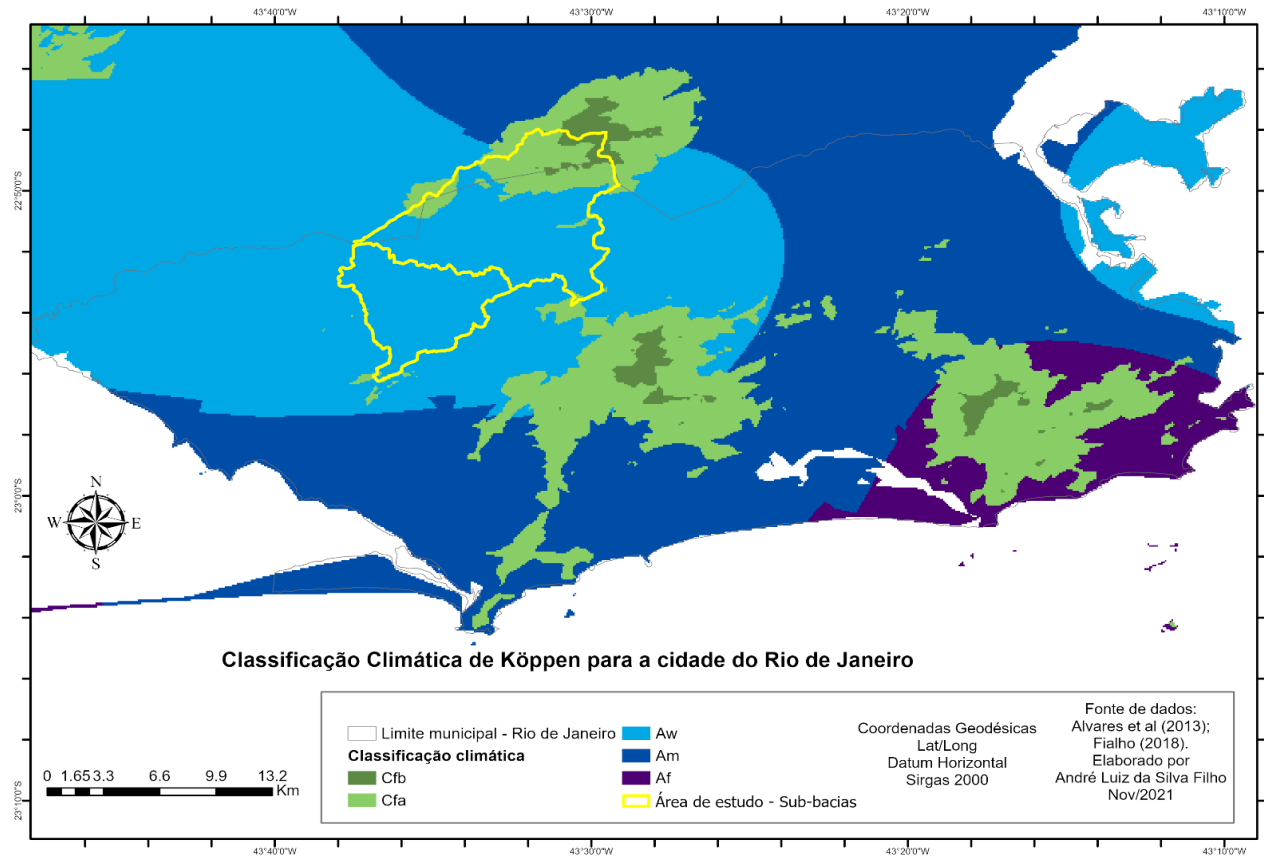
A classificação de Köppen aplicada a cidade (Figura 21) identifica três tipos de clima quente e úmido (Am, Aw e Af) e tropical de altitude (Cfa, Cfb), com média anual de 22°C (ALVARES *et al.*, 2013; FIALHO, 2018). A área de estudo está presente em clima predominantemente quente e úmido, com verões chuvosos e inverno seco (Aw).

Utilizou-se dados das estações ativas (Av. Brasil/Mendanha e Campo Grande) e das estações desativadas (Gericinó e Mendanha) para compreensão do volume de chuva em cinco eventos extremos de precipitação nos anos de 1998, 2000, 2010, 2018 e 2019.

A classificação de precipitações como eventos extremos ocorre em função de um limiar em que um evento chuvoso pode ser considerado como extremo, ou seja, um evento de ocorrência muito infrequente. Contudo, não se observa na literatura uma definição rígida sobre uma exata quantidade de chuva acumulada em certo período. Um volume de chuva considerado extremo em uma localidade, pode ser considerado uma ocorrência comum em outra (Dereczynski *et al.*, 2017). Liebmann *et al.* (2001, p. 201) citam a complexidade para a definição do termo:

Se um evento de 80 mm/dia ocorre várias vezes em um local, a infraestrutura naquela região já foi provavelmente desenvolvida para mitigar os possíveis desastres; por outro lado, se o mesmo evento ocorre apenas uma vez a cada 5 anos, ele pode resultar num desastre e além dessas situações, uma estação com precipitação total anual grande pode ter chuva fraca todos os dias, sem ocorrência de chuvas intensa (LIEBMANN *et al.*, 2001, p. 201

Figura 21: Classificação climática de Köppen para a cidade do Rio de Janeiro, com detalhe, em amarelo, para as áreas das duas sub-bacias



Fonte: Adaptado de Alvares *et al.*, 2013.

O Sistema Alerta Rio possui uma escala para classificar o volume de precipitação em suas estações pluviométricas, compreendendo desde chuva fraca a muito forte (Quadro 1). Desse modo, a presente pesquisa utilizará como base o limiar de 50 mm/h para definição de evento extremo de precipitação.

Quadro 1: Classificação do volume de precipitação em 1 hora.

Chuva fraca	Precipitação cuja intensidade é menor do que 5,0 mm/h.
Chuva moderada	Precipitação cuja intensidade está compreendida entre 5,1 e 25 mm/h
Chuva forte	Precipitação cuja intensidade está compreendida entre 25,1 e 50 mm/h.
Chuva muito forte/extrema	Precipitação cuja intensidade é maior do que 50,0 mm/h.

Fonte: Sistema Alerta Rio, 2021.

A Tabela 3 apresenta dados de cinco eventos de precipitação ocorridos entre 1998 e 2019. Primeiramente, é possível notar uma característica em comum entre os eventos: entre os cinco, exatamente três ocorreram nos meses de janeiro, fevereiro e março, período correspondente a estação de verão, período, como já citado anteriormente, de maior frequência de chuvas intensas (IPP, 2004). Os eventos ocorridos em abril, com diferença de nove anos entre si, possuem uma relação em comum: são ocasionados por conta da passagem de sistemas frontais, trazendo precipitações volumosas, pois uma frente é uma zona de transição entre duas massas de ar com características diferentes de densidade e temperatura. Nessa zona de transição ocorrem variações bruscas de umidade, temperatura, vento e pressão (ALMEIDA, 2016).

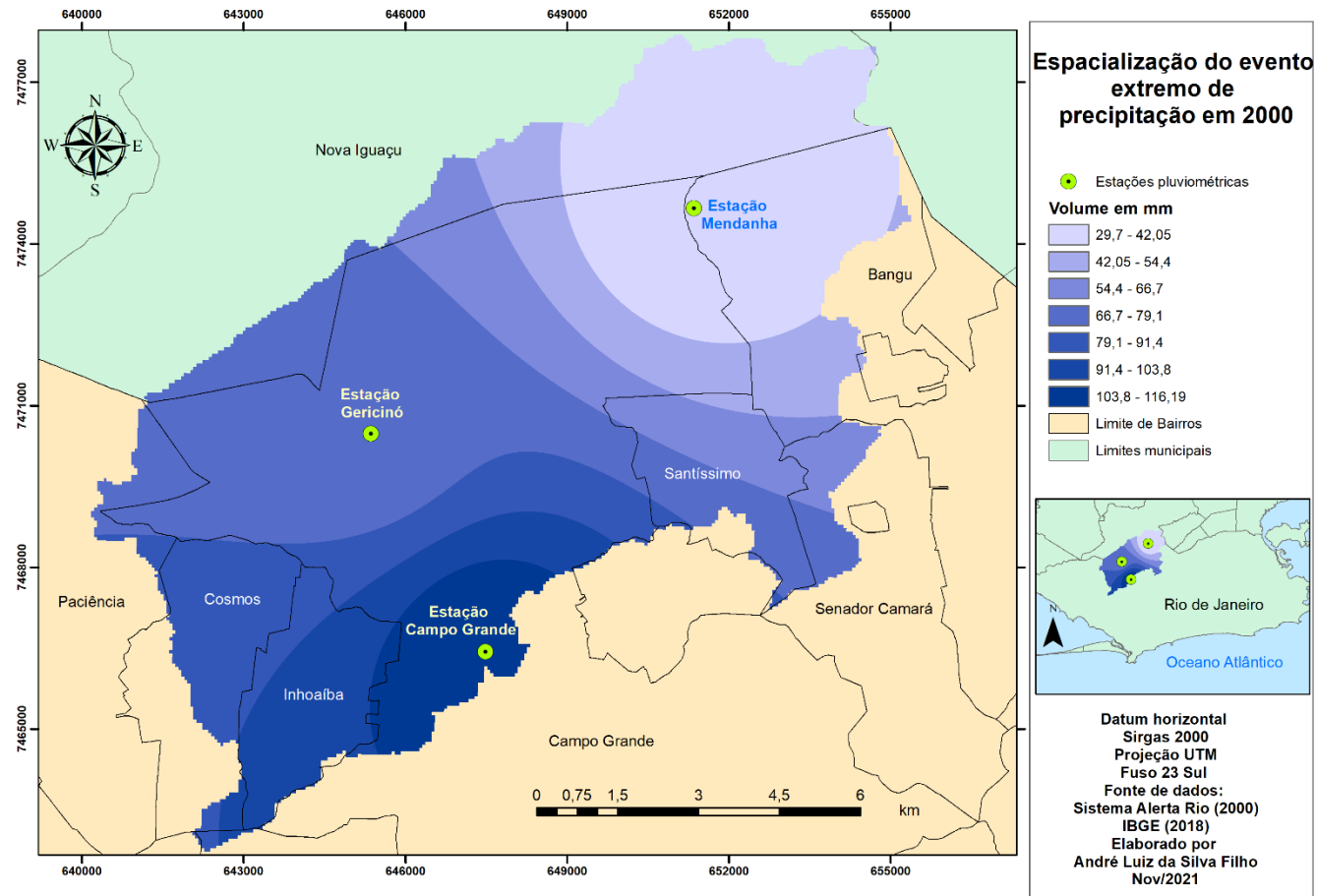
Tabela 3: Volume de precipitação nos eventos extremos.

<b>Data</b>	Maior volume de precipitação em 1 hora – Estação Campo Grande	Maior volume de precipitação em 1 hora – Estação Gericinó	Maior volume de precipitação em 1 hora – Estação Mendanha	Maior volume de precipitação em 1 hora – Estação Av. Brasil/Mendanha
08/01/1998	27,2 mm	20,8 mm	30,9 mm	-
19/03/2000	116,2 mm	69,3 mm	29,7 mm	-
05/04/2010	34,8 mm	37,0 mm	-	25,2 mm
15/02/2018	57,2 mm	-	-	52,6 mm
08/04/2019	70,8 mm	-	-	27,8 mm

Fonte: Adaptado de Sistema Alerta Rio (2021).

O volume de precipitação registrado pelas estações apresenta que três eventos foram extremos e dois foram considerados como chuvas muito fortes. O evento ocorrido em março de 2000, registrado pela estação Campo Grande, ainda figura entre os dez maiores registros de precipitação em 1 hora de acordo o Sistema Alerta Rio (2021). De acordo com o Jornal o Globo (2000) a chuva deixou vários locais sem luz elétrica, inclusive o Hospital Rocha faria por mais de 12 horas, muitas áreas inundadas, com a água chegando a 2 metros de altura, além de desabamentos. Decidiu-se dedicar a este evento uma especialização da chuva para verificar quais foram as áreas mais atingidas (Figura 22).

Figura 22: Evento extremo de precipitação no recorte espacial (sub-bacias)



Fonte: Adaptado de Sistema Alerta Rio (2000).

Os detalhes referentes a construção da espacialização estão presentes no capítulo de materiais e métodos. A interpolação IDW tornou possível analisar a distribuição da precipitação durante o evento (Figura 22). Constatou-se que o maior volume atingiu o centro do bairro de Campo Grande, além de um grande volume sendo distribuído em Cosmos, Paciência, Senador Camará e Senador Vasconcelos. A área com maior volume de precipitação, entre 81 e 116 mm, já apresentava intenso processo urbano sobre as áreas de drenagem, tendo como efeitos inundações bastantes bruscas.

Observa-se a distribuição diminuindo gradualmente entre a estação Campo Grande a Estação Mendanha, indicando que a precipitação não ocorreu de forma homogênea, chegando a 29 mm próximo ao maciço do Mendanha, não sendo tão intensa quanto ao centro do bairro de Campo Grande, contudo considerada chuva forte pelo Sistema Alerta Rio (2021), causando inundações, alagamentos, falta de luz elétrica, entre outros.

Outro evento impactante ocorreu no dia 15 do mês de fevereiro de 2018 em que a cidade do Rio de Janeiro ficou mais de 5 horas em estágio de crise. O transporte público foi afetado com interrupções nos trens, ônibus e metrô. Dezenas de bairros registraram falta de luz elétrica e diversas residências foram interditadas pela Defesa Civil. A ciclovia Tim Maia, que no ano de 2016 desabou, foi novamente atingida e um parte de seu trecho desabou. Especificamente na área de estudo as estações pluviométricas Sistema Alerta Rio (2018) de Campo Grande e Av. Brasil/Mendanha registraram, respectivamente, 57 mm e 52 mm no período de 1 hora, considerado um volume extremo pelo Alerta Rio. Uma das cenas mais marcantes do evento extremo de precipitação ocorreu no bairro de Campo Grande, próximo a Estrada do Magarça, ruas ficaram completamente inundadas e com dezenas de moradores ilhados (Figura 23).

Figura 23: Ruas completamente alagadas horas após extravasamento de um rio no bairro de Campo Grande

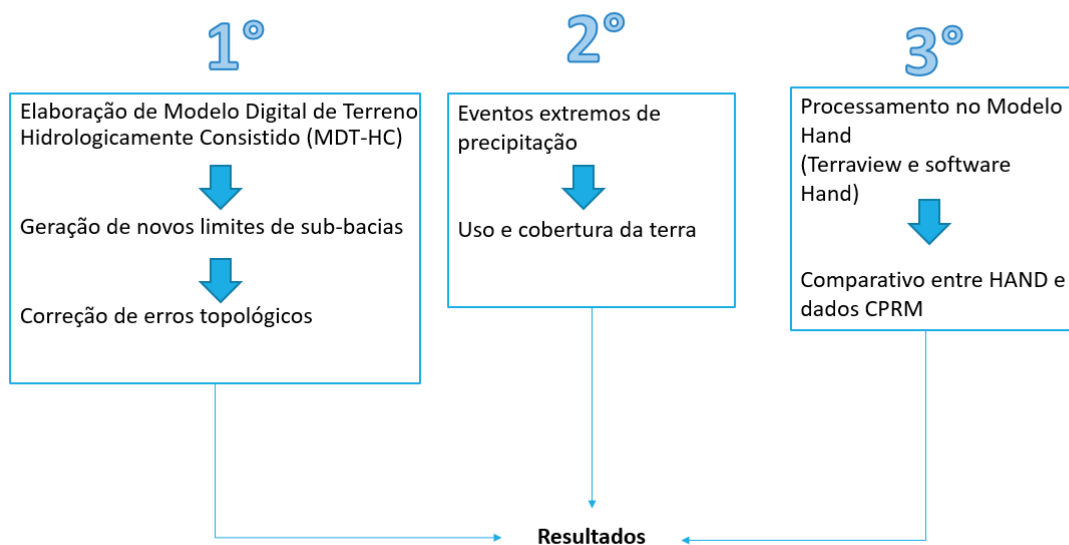


Fonte: G1 (Globo), 2018.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O detalhamento metodológico seguirá o seguinte ordenamento: caracterização socioeconômica, caracterização morfoclimática e modelagem com *HAND*. A figura 24 apresenta um resumo de todas as fases exploradas neste capítulo.

Figura 24: Etapas metodológicas



. Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 3.1 Geração semiautomática das sub-bacias

##### a) Etapa 1: Aquisição de dados

A decisão da geração semiautomática das sub-bacias ocorreu a partir da análise das sub-bacias geradas pela Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro (Data Rio, 2020a), em formato vetorial, utilizando-se do Sistema de Informação Geográfica (SIG) *ESRI ArcGIS 10.8* (ESRI, 2021), a licença do software *ArcGIS* foi adquirida por meio do apoio da Bolsa Mestrado Nota 10 da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ). As sub-bacias



apresentam limites retilíneos e distantes da realidade para os divisores de bacias presentes na área em estudo.

Para a geração semiautomática das sub-bacias é necessário que primeiramente crie-se um MDT. Toda base de dados utilizada no presente trabalho segue a padronização da Resolução do Presidente nº1 (IBGE, 2005) em que os dados geodésicos devem estar associados ao Sistema de Referência Sirgas 2000 (Datum horizontal), especificamente no caso deste trabalho o datum vertical é EGM96 e o sistema de projeção é UTM, fuso 23 – Sul.

Para a elaboração do Modelo Digital de Terreno todas os dados adquiridos estão em formato vetorial. Existem duas bases de dados disponíveis para serem utilizadas para elaboração do MDT. A primeira base de dados adquirida foi por meio do projeto RJ25 (IBGE, 2018), sendo desenvolvida na escala 1:25.000, que apresenta versões do ano 2016 e 2018, escolhendo-se a versão mais recente pela atualização dos dados e correção de erros topológicos realizados. Desta base foram utilizados dados de hidrografia, pontos cotados e curvas de nível.

A segunda base de dados disponível é do Modelo Digital de Elevação (MDE) do Município do Rio de Janeiro (IPP, 2019) desenvolvido na escala 1:10.000. Além disso, também existem dados de hidrografia na escala de 1:10.000 (Data Rio, 2020). Contudo, esta base diz respeito somente a cidade do Rio de Janeiro, não sendo suficiente para o presente trabalho, pois a geração de sub-bacias poderia extrapolar limites municipais, dessa forma a base escolhida foi do projeto RJ25.

Como o projeto RJ25 diz respeito a todo estado do Rio de Janeiro, decidiu-se realizar uma interseção com a ferramenta *Intersect/ArcGIS* com os limites da Área de Planejamento V (Data Rio, 2021) e com o município de Nova Iguaçu (IBGE, 2021).

#### b) Etapa 2: Correção de erros topológicos

A correção de erros topológicos é importante para evitar erros no processamento e equívocos no resultado. Para tal procedimento criou-se, por meio do *ArcGIS*, um *Geodatabase*, denominado assim por ser um gerenciador

de bancos de dados No *Geodatabase* foram adicionados os dados de hidrografia, pontos cotados e curvas de nível. A correção dos erros é feita a partir de regras topológicas para que se evite, por exemplo, falhas na altimetria e sobreposição de curvas de nível, além de inversão de direção de fluxo da hidrografia.

Os dados corrigidos foram as curvas de nível e a hidrografia. Para as curvas de nível utilizaram-se as seguintes regras: *must not have pseudo nodes*, *must not overlap*, *must not self-intersect*, *must not have dangles*, *must not have self-intersect or touch interior* e *must be single part*. Sendo encontrados 102 erros em *must not have pseudo nodes* sendo corrigidos pela ferramenta *Merge/ArcGIS*, em *must be single part* foram encontrados 174 erros corrigidos pela ferramenta *explode* e, por fim, 193 erros em *must not have dangles* corrigidos pela ferramenta *Snap/ArcGIS*.

Para a hidrografia utilizaram-se as seguintes regras: *Must not pseudo nodes* e *must not have dangles*. Não apresentando erros como resultado. Além da correção topológica da hidrografia, realizou-se a verificação da direção de fluxo, pois o erro, ou melhor, a inversão na direção jusante a montante, sendo o correto de montante para jusante, causaria problemas no resultado da modelagem. A simbologia *Arrow Right Middle* permitiu a verificação e, por fim, não sendo encontrada nenhuma inversão de fluxo na área de estudo. Ambos os dados de curvas de nível e hidrografia passaram por validação topológica após a correção.

### c) Etapa 3: Modelo Digital de Terreno Hidrologicamente consistido (MDT-HC)

Após realizar as devidas correções topológicas iniciou-se o processo de elaboração do Modelo Digital de Terreno Hidrologicamente Consistido. A ferramenta utilizada foi *Topo to Raster/ArcGIS*. Nesta ferramenta foram inseridos através do *Geodatabase*, respectivamente, pontos cotados, curvas de nível, hidrografia e limites da Área de Planejamento V e o município de Nova Iguaçu. Para que a ferramenta funcione corretamente é necessário definir resolução da célula, em *Output cell size*, dessa forma, respeitando-se a resolução definida por IBGE (2018), utilizou-se a resolução de 20 metros.

A ferramenta *Topo to Raster* gerou corretamente o MDT-HC em aproximadamente 1 hora, devendo-se levar em conta que o processamento foi realizado em um *desktop* com memória *RAM* de 8 GB, *HD* de 1 TB e processador *Intel Core i-3 3.50GHz*. O arquivo foi gerado em formato *.TIF* definido no parâmetro *Output surface raster*, em que além do formato, define-se o local de salvamento do arquivo.

#### d) Etapa 4: Geração das sub-bacias

O processo semiautomizado é realizado pelo analista com a visão crítica das etapas e outra parte realizada por um software, neste caso um SIG (SEIJMONSBERGEN, 2013).

Como a geração das sub-bacias parte do resultado do MDT-HC é necessário que se realize uma nova verificação de consistência. Oliveira *et al.* (2012) propõem um método de análise visual entre as curvas de nível originais e as curvas extraídas do MDT-HC. Analisando-se 25 pontos diferentes não se encontrou distorções entre as curvas originais e as curvas do MDT-HC.

Existem diferentes ferramentas disponíveis nos Sistemas de Informação Geográfica para delimitação de bacias, entre elas *ArchHydro* e *Taudem*. Escolheu-se utilizar a extensão *ArchHydro* com base nos trabalhos de Silva e Moura (2013), Sousa Morais e Sales (2016) e Leal (2017), que atestam a consistência da ferramenta.

Para iniciar é necessário que se utilize a ferramenta *Fill Sinks* responsável por corrigir possíveis falhas ou depressões geradas durante o processamento do MDT-HC. Posteriormente as etapas são respectivamente: Definição da direção de Fluxo (*Flow Direction*), Acumulação de fluxo (*Flow accumulation*), Definição de rede de drenagem em formato raster (*Stream definition*), Segmentação de drenagem (*Stream Segmentation*), Definição do exutório (*Batch Point Generation*) e, por fim, é realizada a delimitação das sub-bacias (*Batch Subwatershed Delineation*).

### 3.2 Caracterização socioeconômica: espacialização de dados censitários

#### e) Etapa 1: Aquisição de dados

Os dados socioeconômicos foram coletados por meio da pasta “Dados do Universo”, em forma de planilha presente no site do IBGE (IBGE, 2021), assim como os limites dos setores censitários disponibilizados em formato *shapefile* associados ao sistema de referência Sirgas 2000, coordenadas geodésicas.

f) Etapa 2: Elaboração dos mapeamentos

Os setores censitários foram construídos no sistema de referência correto e não necessitaram de ajustes, sendo apenas recortadas dentro dos limites das sub-bacias por meio da ferramenta *Clip/ArcGIS*.

Faz-se necessário unir o *shapefile* dos setores censitários a planilha, tal procedimento é realizado por meio da ferramenta *Join/ArcGIS*. A ferramenta é capaz de unir corretamente os geocódigos estabelecidos no dado *shapefile* com os geocódigos de mesmos valores presentes na planilha, desse modo as informações podem ser correlacionadas. Contudo, na planilha não estão inseridas as descrições das variáveis a serem utilizadas, estando, por exemplo, descritas como V01, V02. Desse modo é preciso utilizar a documentação base do Censo demográfico, disponibilizada pelo IBGE (2003) e IBGE (2011). Neste documento é possível visualizar a descrição da variável correta a ser utilizada. A seguir apresentam-se todas as variáveis e suas descrições utilizadas nos mapeamentos socioeconômicos:

Censo 2000: Planilha Básico RJ

- Var06: Média do rendimento nominal mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes

Planilha Domicílio RJ

- V003: Domicílios particulares permanentes;

- V0018: Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral;

- V0210: Domicílios particulares permanentes com lixo coletado, banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial;

Censo 2010: Planilha Básico RJ

- V007: Valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes (com rendimento);

#### Planilha Domicílio RJ

- V001: Domicílios particulares permanentes
- V012: Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral;
- V222: Domicílios particulares permanentes com lixo coletado, banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial;

A divisão por classes é realizada por meio da ferramenta *Simbology/ArcGIS*. Para espacialização da renda mensal utilizou-se como parâmetro o valor do salário-mínimo no ano do Censo demográfico.

### 3.3 Caracterização físico-ambiental: uso e cobertura da terra

#### g) Etapa 1: Aquisição de dados

Os dados de uso e cobertura, em formato *shapefile*, para o ano de 2001 foi adquirido por meio do Portal Geo Inea (2021) os dados estavam associados ao sistema de referência sirgas 2000, coordenadas geodésicas. Os dados foram elaborados de acordo com a escala de 1:25.000. Como os dados representam todo estado do Rio de Janeiro utilizou-se da ferramenta *Intersect/ArcGIS* para que ficassem de acordo com os limites das sub-bacias.

A representação da Avenida Brasil, em formato *shapefile*, foi adquirida do Projeto RJ25 (IBGE, 2018), associada ao sistema de referência Sirgas 2000.

#### h) Etapa 2: Cálculo de área

Para a descoberta das respectivas áreas correspondentes as classes de vegetação os dados foram convertidos por meio da ferramenta *Project/ArcGIS* para o sistema de referência Sirgas 2000, sistema de projeção UTM, fuso 23S. A mesma ferramenta foi utilizada para a conversão do sistema de projeção UTM para o sistema de coordenadas geodésicas.

Posteriormente foram calculadas as áreas de cada classe pela ferramenta *Calculate Geometry* e o percentual equivalente a cada classe de uso e cobertura com as funções *Statistics*, *Sum* e *Field Calculate*. Dessa forma, é possível encontrar qual o percentual de cada classe como será demonstrado no capítulo 4.

### 3.4 Caracterização físico-ambiental: classificação climática

Para a classificação climática de Köppen utilizou-se dados, em formato *raster* com resolução espacial de 100 metros, associados ao sistema de referência WGS 1984, disponibilizados por Alvares *et al.* (2013), os dados utilizados foram utilizados em artigo do mesmo autor com a classificação para todo território brasileiro. A adaptação para a presente pesquisa adquiriu os limites municipais em formato *shapefile*, associados ao sistema de referência Sirgas 2000, (IBGE, 2018), e os limites das sub-bacias.

Não houve necessidade de realização de recortes (*clip*) e outros processamentos, realizando-se apenas aumento da escala de visualização para o município do Rio de Janeiro para comportar corretamente o mapeamento.

A escolha de cores para cada classe climática seguiu estritamente a metodologia de Alvares *et al.* (2013).

### 3.5 Caracterização físico-ambiental: espacialização de precipitação

#### Etapa 1: Aquisição de dados

Utilizou-se os valores de precipitação de 3 estações mencionadas no item 2.2.1. A falta de mais estações distribuídas na área de estudo impede que possa haver uma adequada análise da distribuição de chuva em eventos extremos. Os limites das sub-bacias, assim como limites de bairros e municipais, já haviam sido adquiridos anteriormente e todos estavam associados ao sistema de referência Sirgas 2000, sistema de projeção UTM, fuso 23S.

#### i) Etapa 2: Interpolação

Por meio de uma planilha foram adicionados os nomes das estações, o volume em milímetros e as coordenadas geográficas de acordo com o Sistema Alerta Rio (2021). Desse modo, ocorreu a importação da planilha para a

plataforma ESRI ArcGIS 10.5 para a criação dos dados em formato *shapefile* georreferenciados.

Para realização da espacialização utilizou-se do método de interpolação IDW (*Inverse Distance Weighting*). De maneira geral, a interpolação é uma ferramenta utilizada para estimar valores de atributos através de correlação espacial, ou seja, partindo do raciocínio da Primeira Lei da Geografia de Tobler (2004) em que valores de atributos próximos espacialmente tendem a ser mais similares do que atributos mais distantes. Dessa forma, a interpolação é capaz de converter dados fixos e pontuais em padrões espaciais contínuos (Jakob e Young, 2006; Druck *et al.*).

A interpolação IDW está localizada no *Arctoolbox/ArcGIS*. Para geração do resultado o interpolador utiliza dados em *shapefile* na geometria de ponto, nesse caso foram anexados os pontos correspondentes as estações pluviométricas. Define-se como parâmetro o campo "Volume\_precipitacao" da tabela de atributos. Os valores de célula e força são mantidos como padrão. O arquivo resultante é exportado em formato *raster* e inserido no mapeamento.

Tentou-se utilizar o campo *Barrier polyline features* para que fosse inserido o MDT, a fim de realizar a interpolação de acordo com a modelagem do terreno, ou seja, com o relevo da área de estudo representado. No entanto, a ferramenta apresentou instabilidades e erros de processamento, não tendo o resultado esperado. Desse modo, ainda deve-se encontrar uma ferramenta capaz de abarcar a espacialização de precipitação juntamente com a geomorfologia da área representada.

### 3.6 Modelagem com *HAND*

Existem duas maneiras de áreas de inundação serem geradas por meio do *HAND*. A primeira está disponibilizada gratuitamente, no portal *HAND Model* (INPE, 2020). Para obtenção do modelo, o portal exige que o usuário realize um cadastro e possua identificação e senha. O modelo *HAND* pode ser utilizado nos sistemas operacionais *Windows*, *Linux* e *MacOS*. No portal estão descritas quais

especificações o computador do usuário deve possuir para que o modelo funcione corretamente.

O modelo foi instalado no computador, o arquivo inicial está em formato compactado (zip) e sendo descompactado é possível encontrar o arquivo executável. A instalação ocorre com poucos passos. Sua interface é bastante simples e intuitiva. No portal *HAND Model* (INPE, 2020), há um guia de instalação e informações sobre as ferramentas presentes no modelo.

Inseriu-se no modelo o MDT-HC no *HAND Model*. Para geração das áreas de inundação é necessária a realização de alguns procedimentos. Entre eles, primeiro o modelo realiza correção do MDT-HC, verificando a existência de depressões (*sinks*) que possam ser originadas no processamento do MDT-HC. Em seguida é necessário que se encontrem as direções de fluxo, por meio do *Flow Direction*, em que se definem quais são as direções do fluxo de água. A ferramenta é capaz de revelar a direção de maior declividade de um píxel relacionado seus oito pixels vizinhos (limítrofes). Essa representação ocorre pois o fluxo de água é representado pela diferença de valores altimétricos entre os pixels.

O próximo passo concentrou-se em utilizar a ferramenta *Flow Accumulation* obtendo-se, as áreas de acumulação do fluxo de água, processo realizado por meio de soma dos escoamentos direcionados para cada pixel. Por fim, é necessário realizar a extração de drenagem através da ferramenta *Drainage Extraction*, contudo o resultado do processo demonstrou-se problemático. A ferramenta extraiu a rede de drenagem com formas retilíneas, serrilhadas, superestimadas e em locais que não havia presença de cursos d'água.

Como forma de compreender se havia erros na base de dados ou no software, decidiu-se utilizar o Sistema de Informação Geográfica TerraView 4.2.2, software livre e gratuito, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A escolha ocorreu porque o TerraView possui o *HAND* como uma de suas funções.

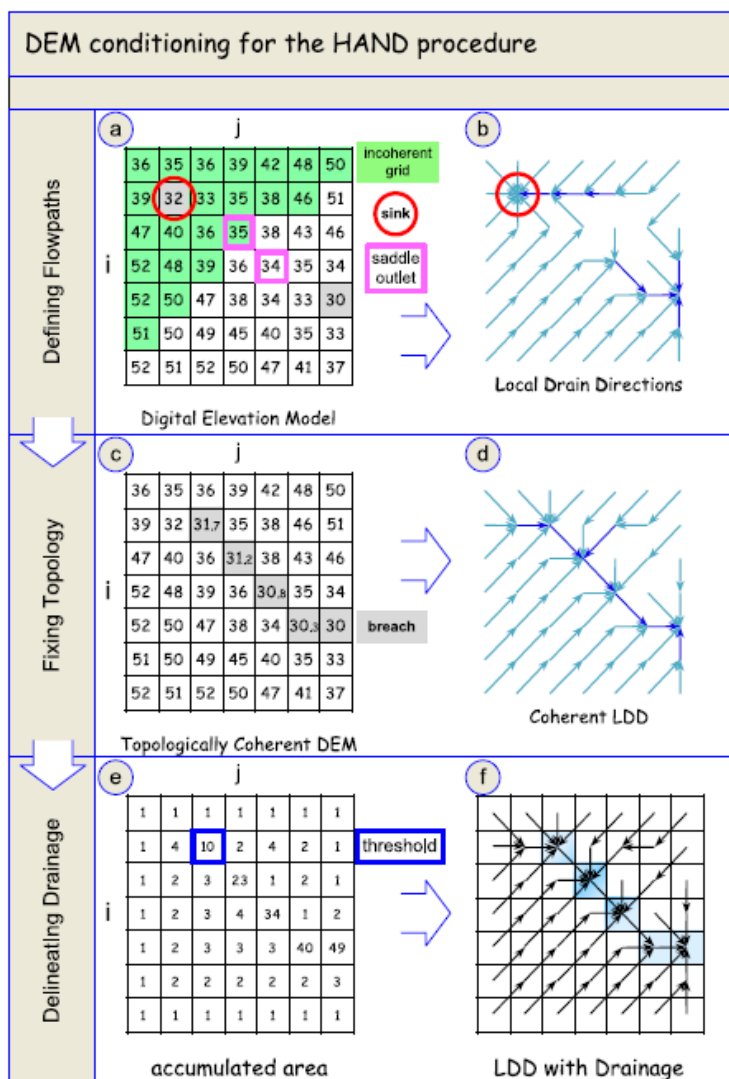


Inserida no TerraView está a ferramenta *Hydrological Tools*. Nela estão presentes ferramentas importantes para estudos hidrológicos, como definição de bacias hidrográficas, declividade, direção de fluxo, área de contribuição, além do próprio *HAND*. Para a geração das áreas de inundação são necessários os mesmos parâmetros anteriormente mencionados para o *software HAND*. Apenas diferenciam-se os nomes das ferramentas, todos os procedimentos estão representados pela figura 25. Primeiro, é necessário definir a direção de fluxo, no TerraView denominada *Extraction Flow*, também é realizada a correção de possíveis sinks (depressões) no MDT-HC, por meio da ferramenta *Fixed DEM*. O próximo passo gerou a área de contribuição, ou seja, área de acumulação dos fluxos, denominada *Contributing Area*, no campo *Unit* foi selecionado a opção *Cells*.

A drenagem é extraída através da ferramenta *Drainage Extraction*. O valor definido para *Threshold* (limiar) foi de 1738, valor padrão da ferramenta, por meio de diversos testes verificou-se que valores abaixo poderiam subestimar a extração e valores acima superestimar. Examinou-se que a drenagem foi extraída corretamente e não apresentou os problemas mencionados anteriormente, como serrilhamento, no *software HAND*. Por esse motivo, constatou-se que pode estar havendo um problema no *software* e, assim, decidiu-se deixar de utilizá-lo. Desse modo, todas as etapas da modelagem foram realizadas por meio do *HAND* presente no *TerraView*.

Prosseguindo, após ter os produtos de MDT-HC corrigido, direção de fluxo, área de acumulação e extração drenagem, pode-se partir para geração de áreas de inundação. A figura 25 demonstra quais parâmetros são necessários para o *HAND*. Sua geração levou cerca de 25 minutos e o resultado foi apresentado na tela inicial do TerraView. Não há necessidade de definir o formato, porque o arquivo é gerado automaticamente em *Raster (.TIF)*.

Figura 25: Procedimentos metodológicos para geração da  
modelagem no *HAND*



Fonte: Adaptado de Nobre *et al.* (2011a).

O resultado, à primeira vista, pode causar estranheza ao usuário, pois é gerada uma tela preta, contudo é necessário realizar edição na legenda e definir quais limiares devem ser demonstrados. Para criação de mapeamentos e utilização em conjunto com outras informações utilizadas na presente pesquisa, exportou-se o arquivo para o ArcGIS.

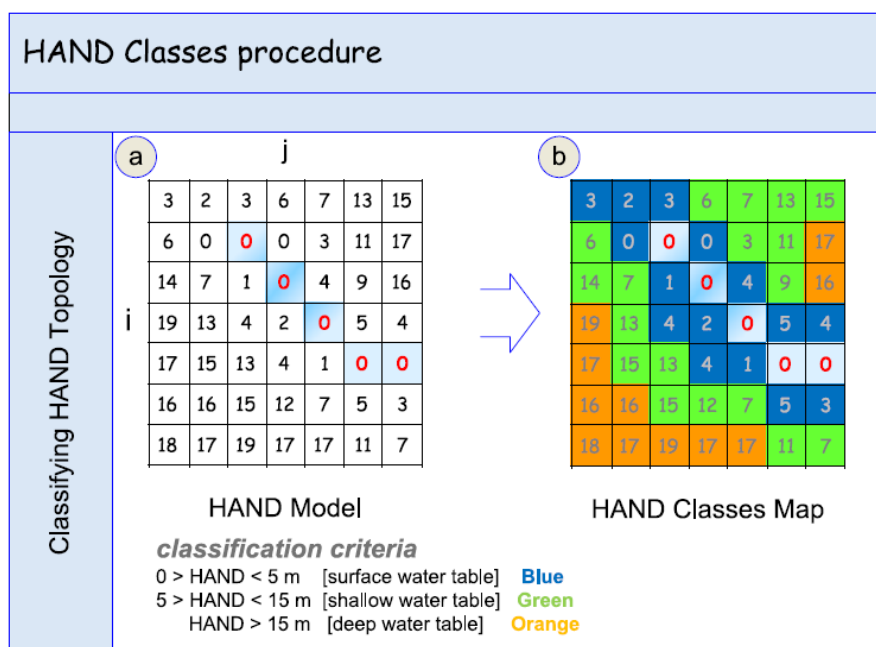
### 3.7: Criação do mapeamento *HAND*

O dado em formato Tif foi importado no ArcGIS. Utilizou-se a ferramenta *Raster to Polygon* para converter do formato *raster* para polígono,

posteriormente, exportou-se a feição por meio da ferramenta *Data* para o formato *shapefile*. Para que a visualização dos resultados não fosse prejudicada foi realizado um recorte com os limites das sub-bacias através da ferramenta *Clip*. Para construção do mapa foram utilizados limites de bairros do município do Rio de Janeiro (Data Rio, 2021c), limites de municípios (IBGE, 2018) e o Modelo Digital de Terreno.

A construção da legenda ocorreu com base nos trabalhos de Rennó *et al.* (2008) e Nobre *et al.* (2011a) em que consideram a altimetria de 15 metros como áreas de alto risco de inundação (Figura 26).

Figura 26: Classificação para áreas de inundação



Fonte: Adaptado de Nobre *et al.* (2011 (a))

A validação dos resultados foi realizada por meio de dados do CPRM (2016) e por meio de sobreposição das camadas foi possível reconhecer quais locais suscetíveis à inundação, gerados pela presente pesquisa, estão de acordo com as informações de órgãos governamentais.

Foram realizados 3 trabalhos de campo em diferentes localidades da área de estudo para validação dos resultados apresentados pela modelagem. Como a área de estudo possui locais com características rurais e urbanas, decidiu-se

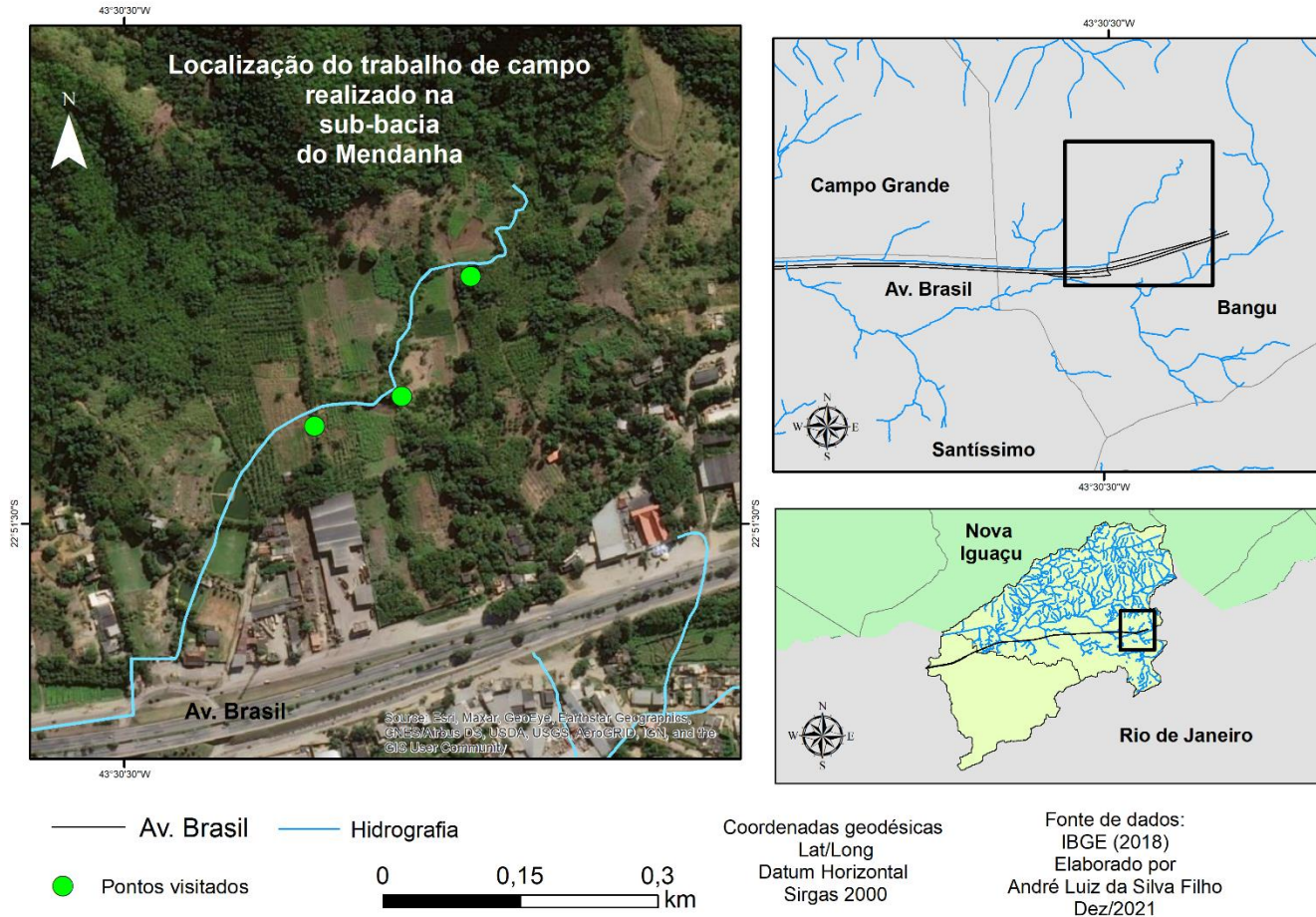
realizar um em uma localidade rural e dois em áreas urbanas. Desse modo, seria possível analisar fatores de inundações em ambos os locais.

#### **4. TRABALHOS DE CAMPO**

Os trabalhos de campo, realizados tiveram como objetivo analisar áreas apontadas pela modelagem como suscetíveis à inundação e validar a informação. Os trabalhos possuem também como objetivo analisar os fatores naturais e antrópicos da suscetibilidade a inundação.

O primeiro trabalho, realizado no dia 02 de maio de 2021, na sub-bacia do Mendanha em uma área próxima ao maciço do Mendanha no bairro de Bangu (Figura 27). A área, como é possível observar nas figuras 28 e 29, é predominantemente agrícola com cultivo de banana, maracujá, aipim (mandioca), alface, entre diversas outras. Buscou-se o rio Guarajuba, que segundo IBGE (2018) e INEA (2017) estaria presente na área entre diversas culturas, além disso os dados informavam tratar-se de um rio temporário.

Figura 27: Mapa de localização do trabalho de campo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 28: Plantações de banana e maracujá na sub-bacia do Mendanha



Fonte: Foto do autor.

Figura 29: Local reconhecido como passagem do curso d'água



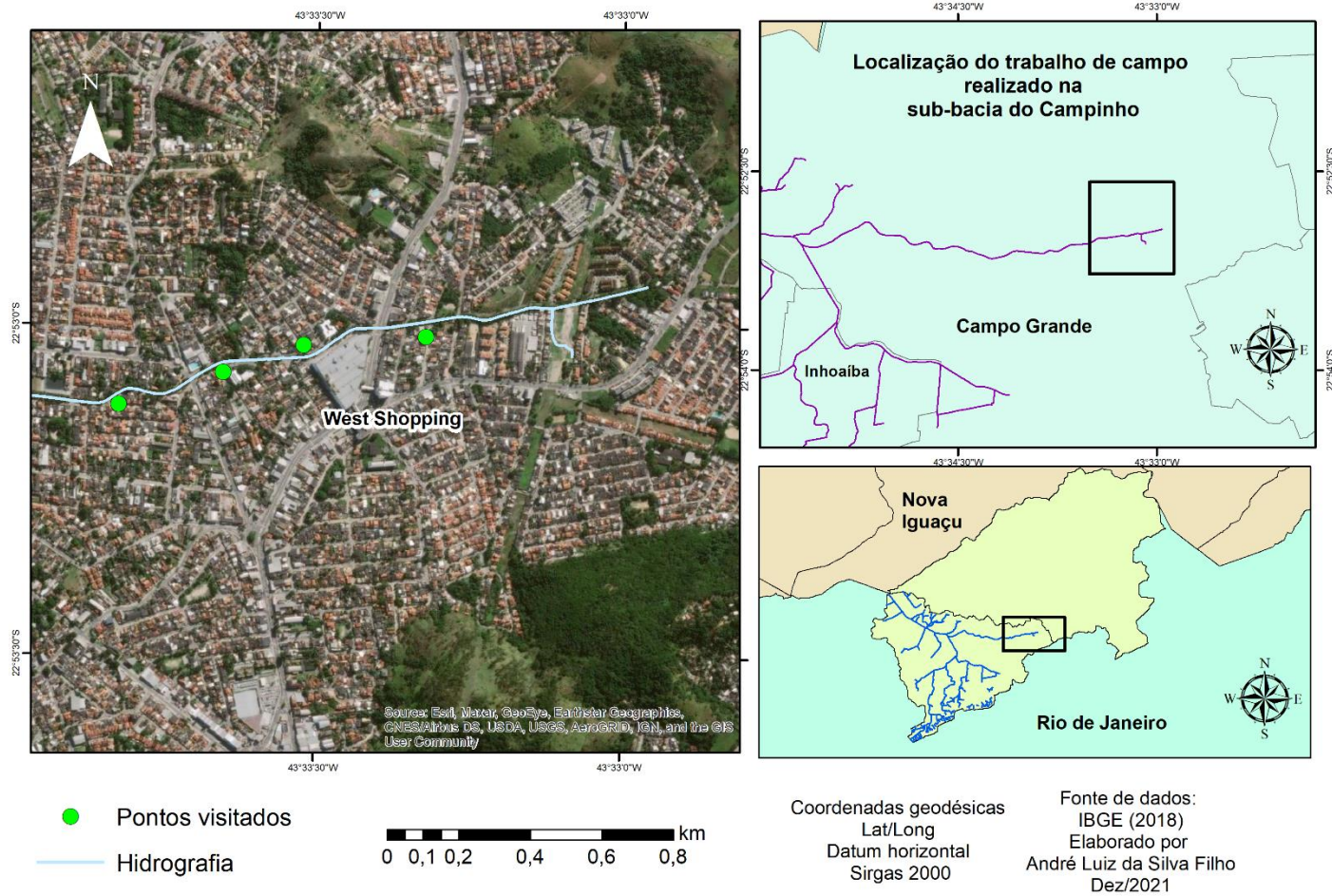
Fonte: Foto do autor.

O trabalho de campo confirmou a informação de que o curso d'água é temporário. Além disso, o curso d'água percorre dentro das propriedades. Uma delas se encontra um pesque-pague com lagos artificiais, campo de futebol e outros equipamentos de lazer. De acordo com os dados do IBGE (2018) essa drenagem atravessa a propriedade e segue em direção à Avenida Brasil. Como não é possível adentrar a propriedade realizou-se a caminhada até o local indicado na Avenida Brasil e aparentemente o rio encontra-se em subsuperfície e depois reaparece nas tubulações de águas pluviais da estrada. Percebe-se as diferentes funções assumidas pelo curso d'água mesmo em áreas tão próximas: a localidade agrícola utiliza o pequeno rio como recurso para suas culturas, irrigando as plantações do local por meio de bombas para puxar água para diferentes pontos, tendendo a preservá-lo, enquanto a zona urbana visualiza o curso d'água como um obstáculo a ser vencido e o inutiliza em tubulações subterrâneas.

O segundo trabalho de campo foi realizado na sub-bacia do Campinho, no dia 23 de outubro de 2021 (Figura 30). O curso d'água analisado foi o Canal do Melo, ao lado ao empreendimento *West Shopping*, o canal apresenta suscetibilidade alta a inundações de acordo com o CPRM (2017), encontrando-se em uma área intensamente urbanizada.

Segundo o Censo 2010 (IBGE, 2010) na área o rendimento mensal era de 6 a 9 salários-mínimos, considerado renda média alta para o bairro de Campo Grande. Pode-se considerar a área como um subcentro do bairro com residências de médio a grande porte, transporte público com várias linhas de ônibus e comércio de vários ramos. Tais fatores parecem justificar o tratamento dado pela prefeitura da cidade ao curso d'água em questão. Podemos analisar, de acordo com as figuras 31 e 32, o Canal do Melo completamente canalizado, com algumas árvores em suas margens, mas com predomínio de concreto e suas várzeas ocupadas pela avenida. Contudo aparentemente, a prefeitura vem cumprindo seu papel na gestão do canal, pois encontra-se sem obstruções em seu leito e assoreamento que impeçam a passagem do fluxo d'água e aumentam as chances de inundação.

Figura 30: Mapa de localização do trabalho de campo



Fonte: Elaborado pelo autor



Figura 31: Trecho do Canal do Melo ao lado do empreendimento *West Shopping*



Fonte: Foto do autor

Figura 32: Canal do Melo canalizado



Fonte: Foto do autor.

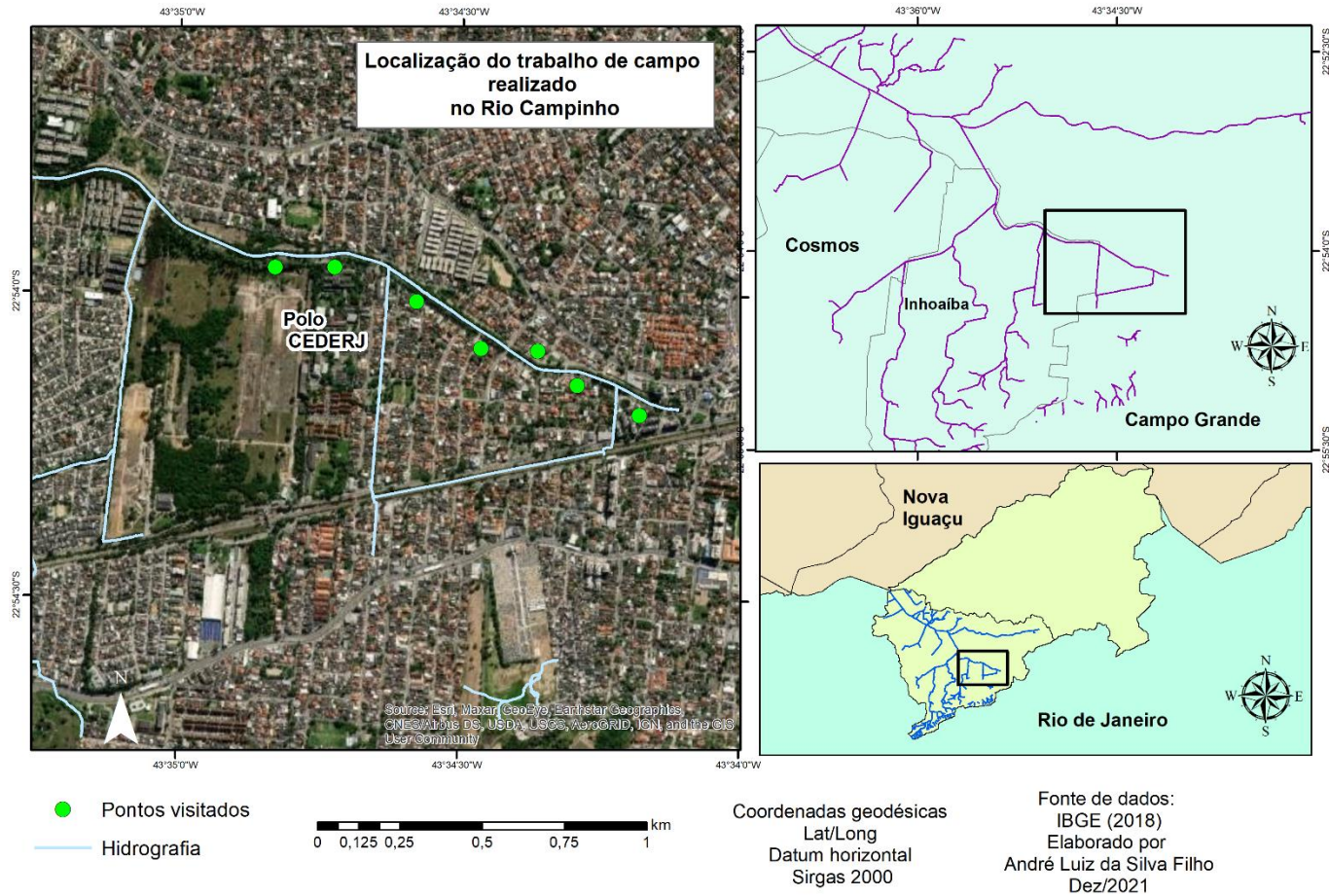
O terceiro trabalho de campo foi realizado na sub-bacia do Campinho, especificamente em um trecho urbanizado do Rio Campinho, no dia 9 de dezembro de 2021 (Figura 33). A área percorrida se deu próximo ao Centro de Educação a Distância do Estado do Rio de Janeiro (CEDERJ) representado pelo polo Campo Grande, além disso no mesmo terreno estão a Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste (UEZO) e o Instituto de Educação Sarah Kubitschek. de. De acordo com o CPRM (2017) todo o Rio Campinho apresenta suscetibilidade alta a inundações.

Diferentemente, do Canal do Melo, apresentado anteriormente, o Rio Campinho carece de muita atenção da gestão pública. As figuras 34, 35, 36, 37 denotam a precariedade que a área se encontra com tubulações literalmente destruídas, áreas assoreadas, troncos de árvores, lixo com materiais de diversos tipos: garrafas pet, sacolas plásticas, pneus, canos. É possível analisar uma área (figura 35) que é utilizada exclusivamente para o depósito de entulho nas margens do rio.

Além disso, o rio completamente canalizado, estando em uma área urbanizada, em que as margens estão ocupadas pela Av. Manuel Caldeira de Alvarenga, os fatores antrópicos citados são preponderantes para que ocorram inundações, como já foi denotado por Amaral e Ribeiro (2015), Tucci e Bertoni (2003).

Apesar da área apresentar renda média mensal de 6 a 9 salários-mínimos, considerado renda média alta para o bairro, segundo o Censo 2010 (IBGE, 2010), este não parece ser um fator, em comparação ao Canal do Melo, que traga atenção da gestão pública para com a drenagem. É importante esclarecer que os gestores públicos têm o dever de ter atenção com todas as áreas da cidade, independentemente de sua condição socioeconômica.

Figura 33: Mapa de localização do trabalho de campo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 34: Tubulação destruída no rio Campinho



Fonte: Foto do autor

Figura 35: Local utilizado para despejo de entulho nas margens, além de muitos objetos dentro do rio como pneus e canos



Fonte: Foto do autor

Figura 36: Trecho de margem destruída do rio canalizado



Fonte: Foto do autor

Figura 37: Trecho com lixo e assoreamento



Fonte: Foto do autor

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a análise de diferentes fatores como sociais, uso e cobertura vegetal, climático, somados aos resultados da modelagem é possível apresentar as discussões e resultados.

Infelizmente, os dados socioeconômicos encontram-se defasados, não sendo possível trazer uma perspectiva mais atualizada da área de estudo. No entanto, durante a análise dos Censos de 2000 e 2010 observou-se crescimento nos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo, porém foi possível observar o crescimento também da concentração de renda, principalmente, na área central do bairro de Campo Grande, bairro que também cresceu muito em importância como subcentro. As áreas mais afastadas de tal centralidade são de menor poder aquisitivo e são afetadas pela redução dos serviços de saneamento básico.

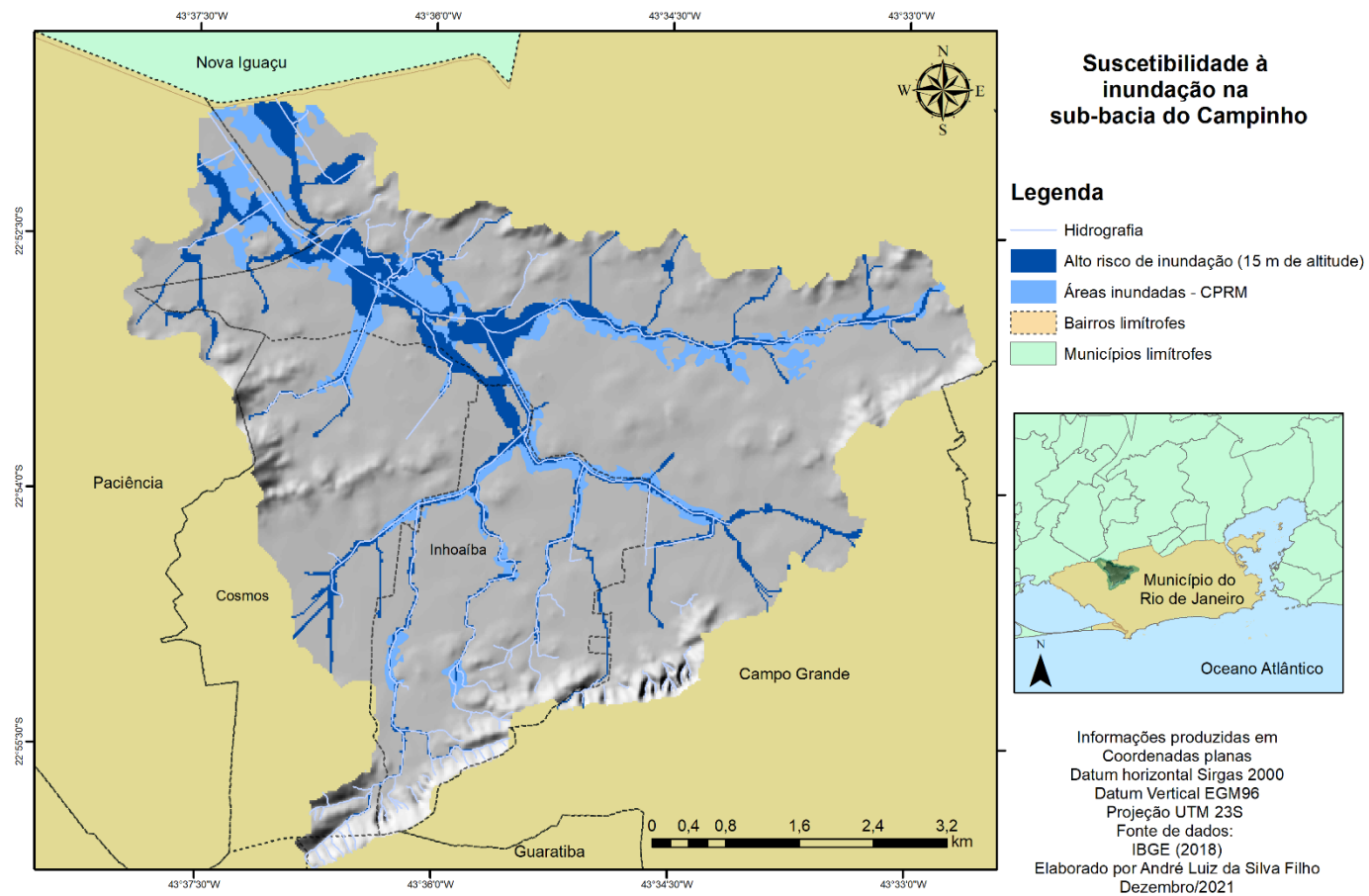
O crescimento urbano sobre as sub-bacias, de forma desordenada, reforçou a suscetibilidade a inundações em uma área em que suas características naturais já acarretavam tais situações. A busca por terrenos mais baratos tornou a área atrativa para diversos loteamentos tanto regularizados como irregulares que impactam diretamente a drenagem local, por construírem impermeabilizando áreas próximas aos cursos d'água, assim como afetadas pela poluição. Para esta correta regularização é fundamental que o Plano Diretor tenha propostas consolidadas, mas que não fiquem somente no papel e sejam efetivadas pelos gestores públicos.

O município do Rio de Janeiro deve estar preparado e ser resiliente em eventos de precipitação, contudo sabe-se que na realidade as classes sociais mais vulneráveis têm menores condições de serem resilientes.

Por fim, nos resultados a utilização do *HAND* apresentou-se como positivo e promissor (Figuras 38 e 39). Compararam-se os resultados do *HAND* com os dados das Cartas de suscetibilidade à inundação do CPRM (2017). Para o recorte da área de estudo o CPRM define apenas a classificação de alta

suscetibilidade para até 15 m. A sobreposição dos dados demonstrou que as áreas suscetíveis as inundações foram mapeadas corretamente.

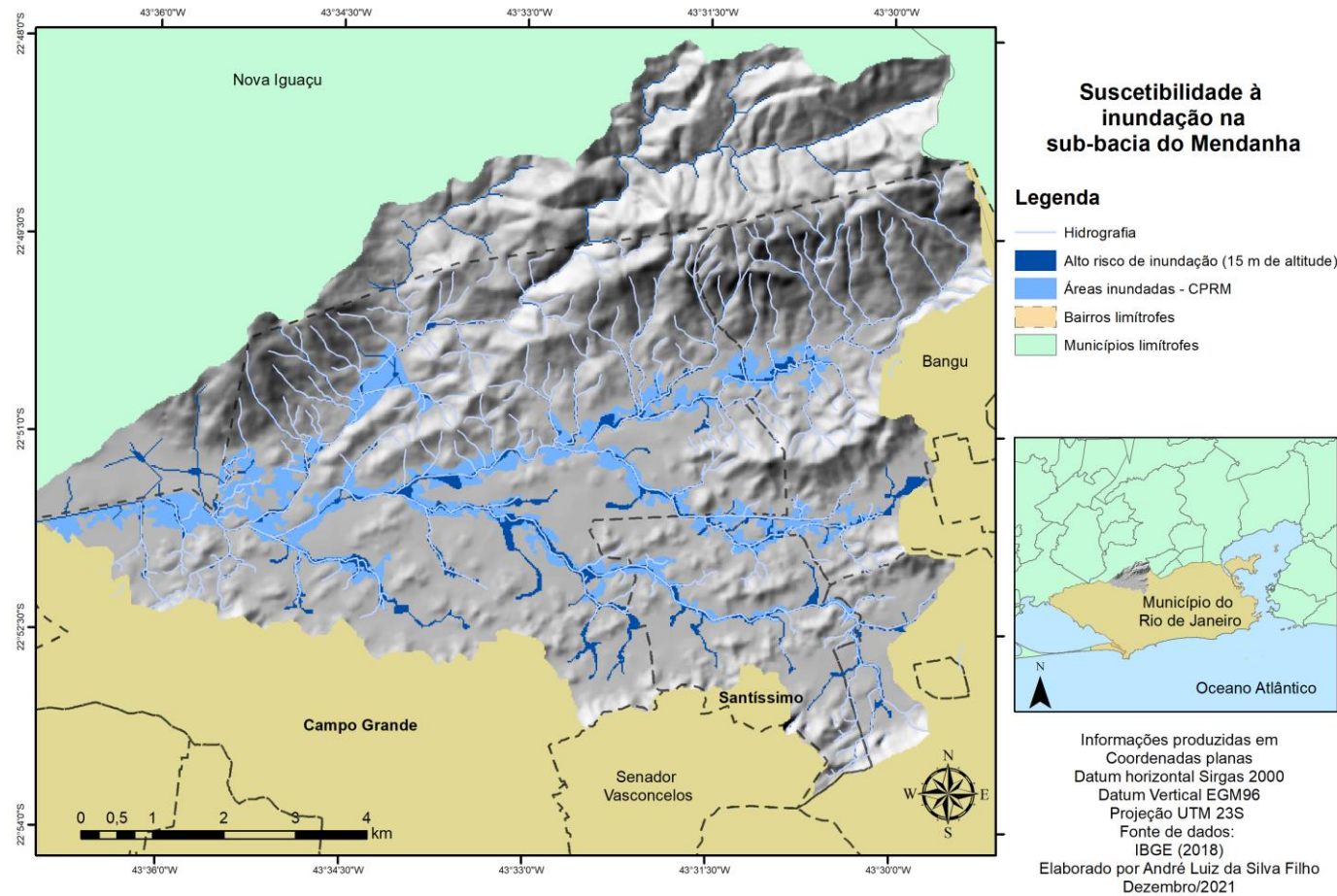
Figura 38: Áreas suscetíveis à inundação pelo *HAND* da sub-bacia do Campinho, comparando-se com dados do CPRM



Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 39: Áreas suscetíveis à inundação pelo *HAND* da sub-bacia do Mendanha, comparando-se com dados do CPRM



Fonte: Elaborado pelo autor.

Decidiu-se, primeiramente, analisar as sub-bacias em que os resultados do *HAND* demonstram que as áreas suscetíveis a inundação nas duas sub-bacias representa 7,33 km<sup>2</sup>, sendo 3,88 km<sup>2</sup> para a sub-bacia do Mendanha e 3,45 km<sup>2</sup> para a sub-bacia do Campinho.

Os dados do CPRM denotam que as áreas suscetíveis a inundação nas duas sub-bacias representa 10,05 km<sup>2</sup>, sendo 6,20 km<sup>2</sup> para a sub-bacia do Mendanha e 3,85 km<sup>2</sup> para a sub-bacia do Campinho.

Para avaliar de fato a proximidade entre os resultados foi realizada uma intersecção entre os dados do *HAND* e os dados CPRM que resultou em áreas correlatas de 2,74 km<sup>2</sup>, sendo 1,33 km<sup>2</sup> para a sub-bacia do Mendanha e 1,41 km<sup>2</sup> para a sub-bacia do Campinho, conforme a tabela 4. A tabela traz que a sub-bacia do Mendanha apresenta os maiores índices de áreas suscetíveis a inundação, tanto por resultados do *HAND* quanto para o CPRM, no entanto sua intersecção é menor, podendo ser explicado como demonstra a figura 34, porque há áreas consideradas suscetíveis pelo *HAND*, mas que não foram consideradas pelo CPRM. A diferença entre *HAND* e CPRM para a sub-bacia do Campinho é relativamente pequena, trazendo um número de intersecção maior para o comparativo.

Tabela 4: Total de áreas suscetíveis a inundação nas sub-bacias.

Sub-bacia	<i>HAND</i>	CPRM	Intersecção
Mendanha	3,88 km <sup>2</sup>	6,20 km <sup>2</sup>	1,33 km <sup>2</sup>
Campinho	3,45 km <sup>2</sup>	3,85 km <sup>2</sup>	1,41 km <sup>2</sup>
Total	7,33 km <sup>2</sup>	10,05 km <sup>2</sup>	2,74 km <sup>2</sup>

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

É importante mencionar que a escala de trabalho dos dados do CPRM é o mesmo da dissertação atual: 1:25.000, contudo fatores como qualidade do Modelo Digital de Terreno, a delimitação de bacias hidrográficas, além da correção de erros topológicos, não mencionados na metodologia por CPRM

(2017), além da falta de verificação em falhas na rede de drenagem ou cruzamento de curvas de nível, prejudicam a modelagem com o *HAND*, pois podem levar a um resultado subestimado ou superestimado. Faria (2021) demonstra em seu trabalho como diferenças computacionais e físicas das bacias, como os biomas, podem alterar os resultados das delimitações, desse modo, os dados do CPRM elaborados para todo estado do Rio de Janeiro, devem ser utilizados com cuidado para uma escala local, tendo o analista conhecimento das características de sua área de estudo a fim de evitar falhas e generalizações. Todas essas etapas foram levadas em consideração na metodologia da presente dissertação.

Além de trazer resultados das sub-bacias foi possível detalhar ainda mais a presente pesquisa e demonstrar quais bairros estão mais suscetíveis a inundações. Sendo a sub-bacia do Mendanha aquela com maior área suscetível, tornou-se claro que os bairros que ocupam tal área apresentariam resultados correspondentes (Tabela 5).

Tabela 5: Total de áreas suscetíveis a inundação nos bairros.

Bairros	<i>HAND</i>	CPRM	Intersecção
Bangu	0,60 km <sup>2</sup>	0,65 km <sup>2</sup>	0,18 km <sup>2</sup>
Campo Grande	4,54 km <sup>2</sup>	7,11 km <sup>2</sup>	2 km <sup>2</sup>
Cosmos	0,27 km <sup>2</sup>	0,20 km <sup>2</sup>	0,05 km <sup>2</sup>
Inhoaíba	0,51 km <sup>2</sup>	0,56 km <sup>2</sup>	0,17 km <sup>2</sup>
Paciência	0,33 km <sup>2</sup>	0,45 km <sup>2</sup>	0,11 km <sup>2</sup>
Santíssimo	0,40 km <sup>2</sup>	0,56 km <sup>2</sup>	0,16 km <sup>2</sup>
Senador Camará	0,18 km <sup>2</sup>	0,09 km <sup>2</sup>	0,03 km <sup>2</sup>
Km 32 (Nova Iguaçu)	0,50 km <sup>2</sup>	0,43 km <sup>2</sup>	0,04 km <sup>2</sup>
Total	7,33 km <sup>2</sup>	10,05 km <sup>2</sup>	2,74 km <sup>2</sup>

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

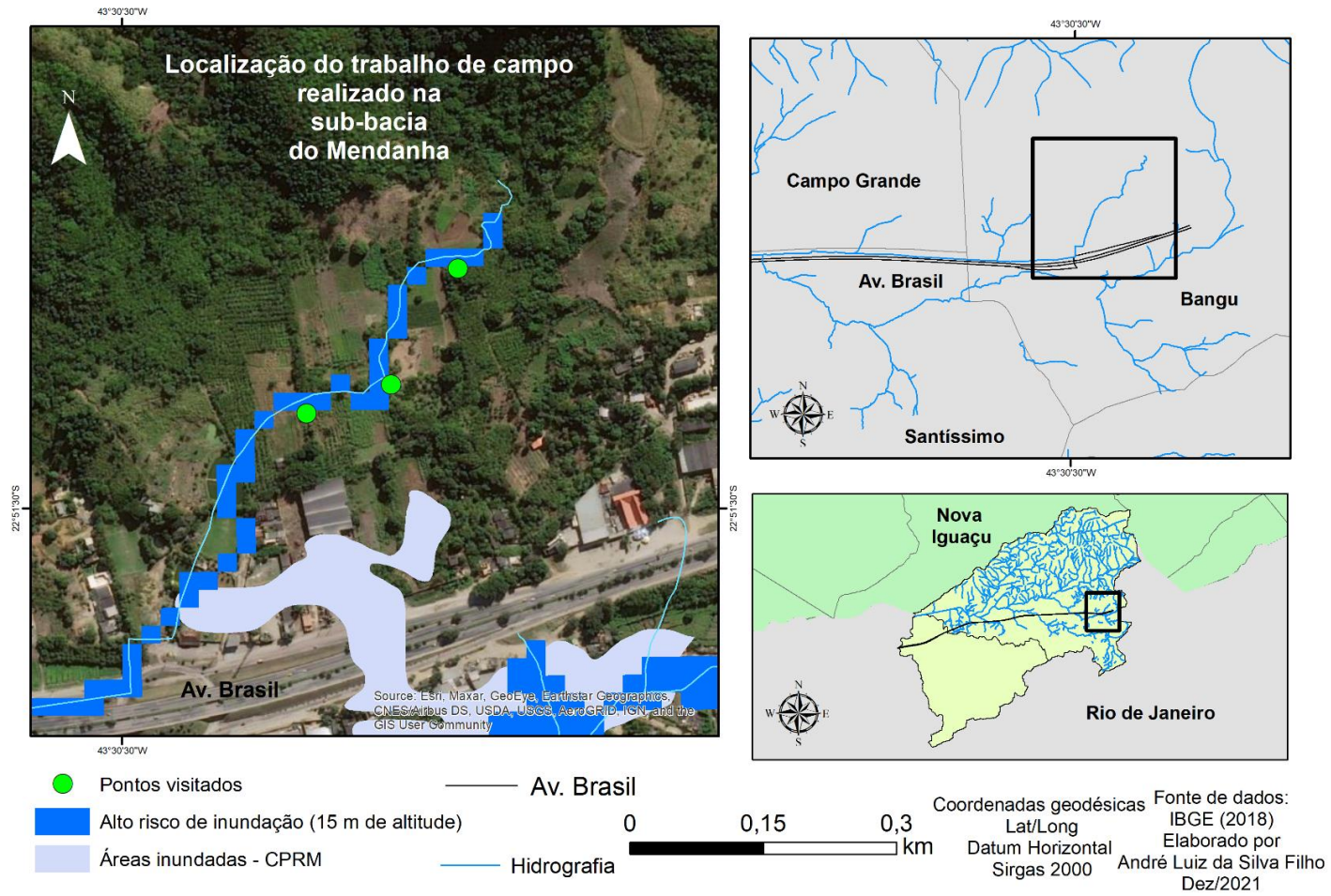
O bairro de Campo Grande apresentou a maior área suscetível a inundação, sendo 4,54 km<sup>2</sup>, correspondendo a 62% da área total do bairro. Os dados do CPRM trazem uma área de suscetibilidade maior com 7,11 km<sup>2</sup>, uma justificativa para o *HAND* apresentar área menor é devido ao modelo trazer um refinamento maior, demonstrando com detalhamento as áreas que são mais suscetíveis. Em relação a intersecção de 2 km<sup>2</sup>, cerca de 62% da área resultante do *HAND* estava na mesma localização dos dados do CPRM.

O segundo bairro que apresenta o maior percentual é o de Bangu com cerca de 9% do total de áreas suscetíveis. Novamente a área de 0,60 km<sup>2</sup> é menor que o resultado do CPRM, sendo sua intersecção de 0,18 km<sup>2</sup>, ou seja, o *HAND* exibiu 0,05 km<sup>2</sup> menores que o apresentado pelo CPRM.

Os bairros que apresentaram maiores áreas suscetíveis de acordo com o *HAND*, após Campo Grande e Bangu, foram: Inhoaíba, Km 32 (Nova Iguaçu), Santíssimo, Paciência e Senador Camará. Os bairros de Cosmos, Senador Camará e Km 32 apresentaram quantitativo maior de áreas suscetíveis em relação ao CPRM. Destacando-se Senador Camará com 0,18 km<sup>2</sup>, segundo o *HAND*, representando o dobro de 0,09 km<sup>2</sup> dos dados do Serviço Geológico.

Em relação as áreas dos trabalhos de campo a modelagem com *HAND* também gerou como resultados suscetibilidade a inundação na área, é possível analisar pela figura 40, na sub-bacia do Mendanha, que o *HAND* em algumas áreas apresenta a suscetibilidade mais próxima a drenagem, enquanto as manchas de inundação do CPRM estão distantes da hidrografia. A áreas do *HAND* também apresentam aspectos serrilhados causando estranheza na representação de áreas suscetíveis.

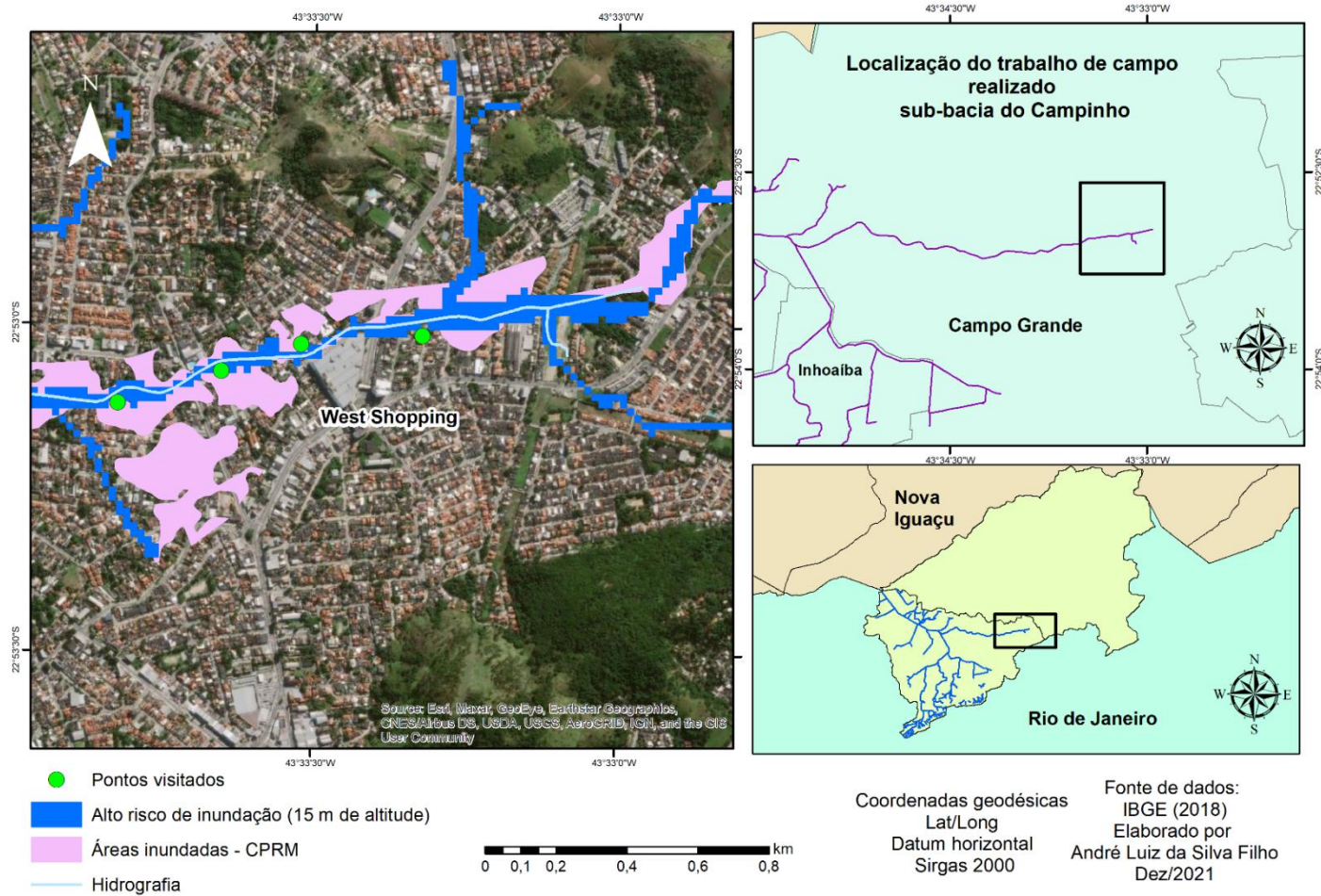
Figura 40: Mapa de localização do trabalho de campo com sobreposição da modelagem



Fonte: Elaborado pelo autor.

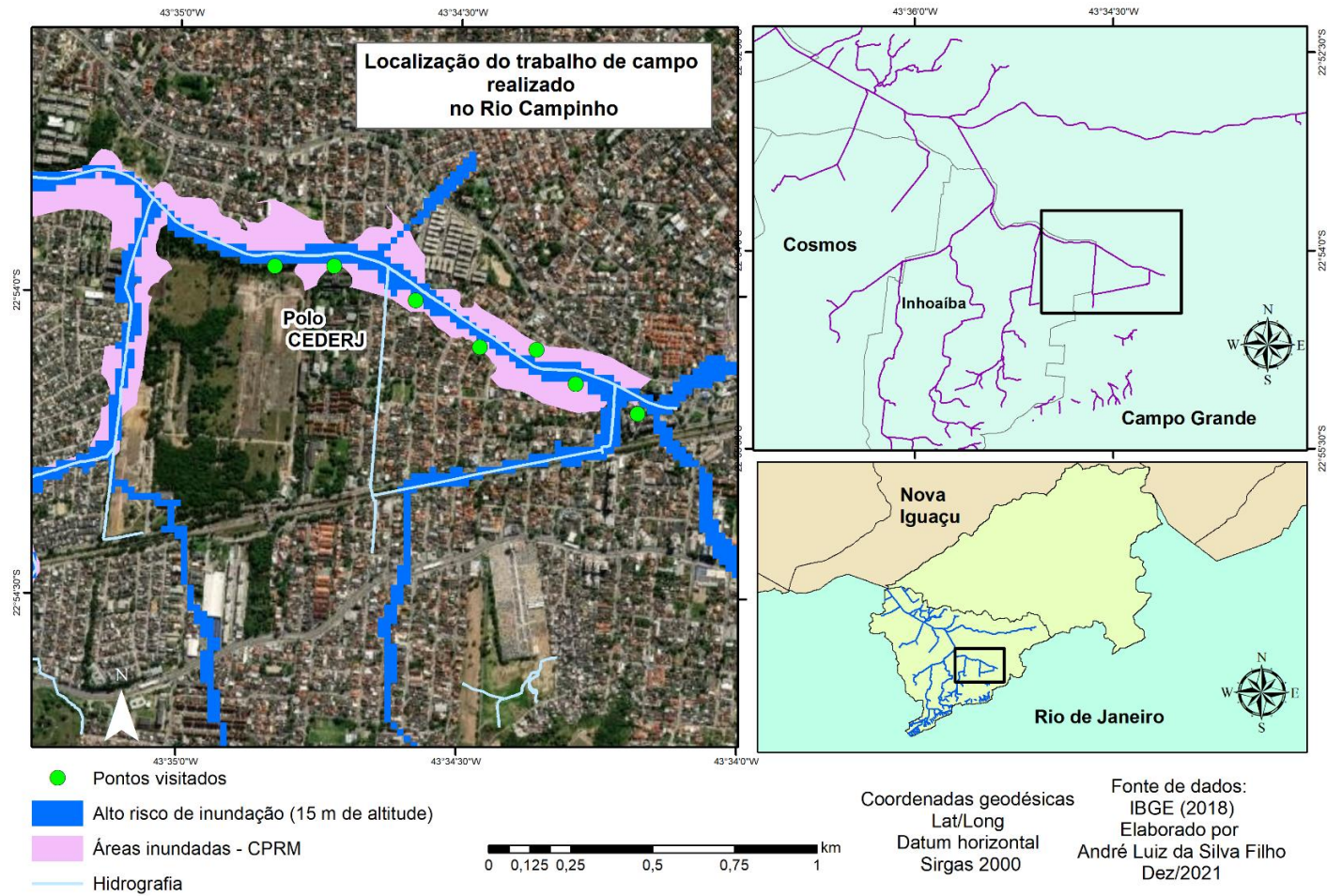
Na área do trabalho de campo do próximo ao *West Shopping* Os resultados da modelagem do *HAND* foram positivos, pois trouxeram as áreas de suscetibilidade de acordo com a drenagem, apresentando uma pequena incoerência em que não segue alguns pontos do curso d'água (figura 41). Os aspectos serrilhados e retangulares ocorrem devido ao dado ser um *raster* sobrepondo o dado vetorial (drenagem). Mas, não é problema, já que os pixels demonstram que as margens do rio podem ser áreas de inundação. É possível analisar que as manchas de inundação do CPRM se aproximam em pequena parte da drenagem, mas em suma a área não é considerada suscetível a inundação pelo Serviço Geológico.

Figura 41: Mapa de localização do trabalho de campo com sobreposição da modelagem



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 42: Mapa de localização do trabalho de campo no Rio de Campinho com sobreposição da modelagem



Fonte: Elaborado pelo autor.



Portanto, os trabalhos de campo corroboraram os resultados esperados em validar e evidenciar as condições da área de estudo. Foi possível avaliar que em todas as áreas existem suscetibilidade a inundações, porém cada uma com suas especificidades.

A área com situação mais crítica encontra-se no Rio Campinho, em sua sub-bacia de mesmo nome, sendo preciso atenção da gestão pública com o estado que se encontra este curso d'água. É evidente ao visitar a área que não há prevenção contra inundações, estando a população que habita a local insegura e desamparada.

## 6. CONCLUSÃO

A presente pesquisa atingiu os objetivos propostos ao analisar de modo qualitativo e quantitativo diferentes os fatores naturais e antrópicos das sub-bacias, processos erosivos, precipitação e por meio de modelagem foi capaz de localizar áreas suscetíveis, demonstrando, por exemplo, quais bairros presentes nos limites das sub-bacias estão mais ou menos sujeitos as inundações.

Ao longo da pesquisa diversas dificuldades foram encontradas, por exemplo, com a modelagem em que foi necessário aprender a melhor forma de utilizar o modelo realizando diversos testes com diferentes parâmetros para que pudéssemos chegar a um resultado.

A pandemia de Covid-19 influenciou em muitas dificuldades, pois a conexão acadêmica entre discentes e docentes das instituições, além do acesso a bibliotecas e laboratórios de pesquisa poderia ter contribuído com uma pesquisa mais robusta com discussões e a partilha de resoluções de problemas.

Os resultados da modelagem não podem ser utilizados em separado do restante das variáveis apresentadas nesta pesquisa. Sua capacidade de apontar áreas suscetíveis a inundação é notória, contudo, ao utilizar somente o parâmetro de altimetria, deixa explícito que análise na área de estudo deve ser acompanhada por outros fatores como uso e cobertura da terra, tipos de solos, declividade, precipitação, estado atual da hidrografia, entre outros.

Em alguns trechos a modelagem apresenta resultados incoerentes, por exemplo em áreas de encosta, como apresentado na sub-bacia do Mendanha. Nessas áreas com a velocidade alta de vazão devido a declividade dificilmente haveria inundação, porém o modelo *HAND* utiliza a altura mais próxima da drenagem, levando em consideração a drenagem como altimetria zero, podendo induzir ao erro em áreas declivosas. A avaliação somente com resultados numéricos não é correta e não devem ser utilizados sem outros parâmetros. Desse modo, é preciso que a análise

seja bastante criteriosa, havendo também o máximo possível de trabalhos de campo para o contato real com as condições da drenagem e o seu entorno, sendo assim o pesquisador não será induzido ao erro.

Os trabalhos de campo nesta pesquisa foram fundamentais para o aprofundamento do conhecimento da área de estudo. Levando em consideração que os dados do Censo demográfico são de 2010 era necessário verificar qual a real situação em algumas localidades, constando-se, por exemplo, trechos das margens do Rio Campinho sendo usadas como depósito de lixo e entulho, além de áreas concretadas da hidrografia sem manutenção e destruídas.

Por fim, ainda sobre o modelo *HAND*, mesmo havendo necessidade de atenção em seus resultados o apresenta-se como uma boa opção para estudos na temática, pois como apresentado neste trabalho já foi utilizado e testado e diferentes pesquisas com resultados satisfatórios. Sua interface gráfica é amigável e usuários de Sistemas de Informações Geográficas podem reconhecer suas ferramentas. Não é necessário conhecimento em linguagem de programação para sua utilização, o que muitas vezes afasta pesquisadores de outros modelos por não ter domínio do assunto.

A partir dessa dissertação espera-se que novas pesquisas surjam para Área de Planejamento V da cidade do Rio de Janeiro, atraindo maior visibilidade a uma área que carece de gestão pública e estudos mais amplos pela comunidade acadêmica.

## REFERÊNCIAS

ABREU, M. A. A cidade e os temporais: uma relação antiga. In: **Tormentas Cariocas**. ROSA, L. P; LACERDA, W. A. (coord.). Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1997. p. 15-20.

ABREU, M. de A. **Um quebra cabeça (quase) resolvido: os engenhos da capitania do Rio de Janeiro, séculos XVI e XVII**. Scripta Nova. Barcelona: Universidad de Barcelona, vol. X, núm. 218, 2006. Disponível em: <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-218-32.htm>. Acesso em: 17 ago. 2020.

A GAZETA. **Colatina: lembranças e fotos históricas da grande enchente de 1979**, 29/01/2020.

Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/es/norte/colatina-lembrancas-e-fotos-historicas-da-grande-enchente-de-1979-0120>  
Acesso em: 04 jul. 2020.

AIRES, M. **Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro: Estudo de Caso da Tragédia do Morro do Bumba, Niterói, 2010, utilizando o Modelo BRAMS**. Dissertação (Mestrado) – UFRJ/PPGM/IGEO/CCMN; Programa de Pós-graduação Meteorologia, 2016.

ALMEIDA, H. A. **Climatologia aplicada à Geografia**. EDUEPB, Campina Grande, 2016.

ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., DE MORAES, G., LEONARDO, J., & SPAROVEK, G., 2013: **Köppen's Climate Classification Map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, 22 (6), 711-728. 2013.

AMARAL, R.; TOMINAGA, L. K; SANTORO, J. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. Instituto Geológico. São Paulo, 2009.

AMARAL, R.; RIBEIRO, R.R. Capítulo 3: Inundações e enchentes. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. TOMINAGA, L. K; SANTORO, J; AMARAL, R.3º ed. - São Paulo, Instituto Geológico, 2015.

BBC BRASIL. **Atingidos por enchentes em PE moram desde junho em hospital**, 25/10/2010. Disponível em:

[https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2010/10/101023\\_pernambuco\\_enchente\\_r\\_p#:~:text=Em%2019%20de%20junho%2C%20o,forte%20e%20inundou%20as%20ruas.&text=As%20enchentes%20de%20junho%20de,3%2C4%20mil%20ficaram%20desabrigados](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2010/10/101023_pernambuco_enchente_r_p#:~:text=Em%2019%20de%20junho%2C%20o,forte%20e%20inundou%20as%20ruas.&text=As%20enchentes%20de%20junho%20de,3%2C4%20mil%20ficaram%20desabrigados). Acesso em: 23 out. 2020.

BRANDÃO, A. M. P. M. As chuvas e a ação humana: uma infeliz coincidência In: **Tormentas Cariocas**. ROSA, L. P; LACERDA, W. A. (coord.). Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1997. p. 21-39.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. **Manual de Proteção e Defesa Civil: Glossário de proteção e defesa civil**. Departamento de Prevenção e Preparação. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017.

BRASIL. Diário Oficial da União. No 249, terça-feira, 24 de dezembro de 2013. ISSN 1677-7042, p. 58.

BRASIL. **COBRADE. Classificação e codificação brasileira de desastres**. 2012. (a) Disponível em: <http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/formularios/COBRADE.pdf> Acesso em: 6 mai. 2021.

BRASIL. **Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. (b) Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm). Acesso em: 6 mai. 2021.

BRASIL. **Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos (CODAR)**. 2007. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/dessociais.pdf>. Acesso em: 5 mai. 2021.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Instrução Normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012**. (c). Disponível em: [https://www.cnm.org.br/cms/images/stories/Links/09062014\\_Instrucao\\_normativa\\_de\\_01\\_de\\_agosto\\_de\\_2012.pdf](https://www.cnm.org.br/cms/images/stories/Links/09062014_Instrucao_normativa_de_01_de_agosto_de_2012.pdf). Acesso em: 6 mai. 2021.

BRASIL. **Lei Nº 12.727, de 17 de outubro de 2012**. (d). Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm). Acesso em: 22 mai. 2021.

BRASIL. **Lei Nº 10.257, DE 10 DE JULHO DE 2001**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm). Acesso em 01 jun. 2021

BRASIL. CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
**CAPÍTULO II DA POLÍTICA URBANA: Art. 182**. 1988. Disponível em: [http://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988\\_12.07.2016/art\\_182\\_.asp](http://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_12.07.2016/art_182_.asp) p. Acesso em: 09 jun. 2021.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Portaria Conjunta nº 148, de 18 de dezembro de 2013**. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/64473775/dou-secao-1-24-12-2013-pg-58> Acesso em: 03 mai. 2020.

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

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS). **Guia de Vigilância Epidemiológica do COVID-19**. 2021. (a) Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>. Acesso em: 12 mai. 2021.

BRASIL. Senado Federal. **Comissão Parlamentar de Inquérito da Pandemia: Relatório Final**. 2021. (b) Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/comissoes/mnas?codcol=2441&tp=4>. Acesso em: 19 dez. 2021.

BRESSANI, L. A.; COSTA, E. A. Cartas Geotécnicas Aplicadas ao Planejamento Territorial – Alguns Ajustes no Instrumento. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (RBGEA) - Volume 5, nº 1, 2015.

CAMBRA, M. F. E. S.; COELHO NETTO, A. L. **A cidade do Rio de Janeiro e as chuvas de março/93:(Des) organização urbana e inundações**. Anuário do Instituto de Geociências, v. 20, p. 55-74, 1997.

CÂMARA, G.; FELGUEIRAS, C. A. Modelagem numérica de terreno. In: **Introdução à ciência da Geoinformação**. CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. V. (Org). Cachoeira Paulista: Instituto Nacional de Pesquisas Nacionais (INPE), 2005. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>. Acesso em: 15 ago. 2020.

CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. Frentes frias sobre o Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; DIAS, M. A. F.; JUSTI, M. G. A. (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. Ed. Oficina de Textos, 1ª Ed., p. 135-47. 2009.

CARMO, R.L. Urbanização e Desastres: Desafios para a segurança humana no Brasil. In: CARMO, R.L.; VALENCIO, N. (orgs). **Segurança humana no contexto dos Desastres**. NEPO/UNICAMP, NEPED/UFSCAR, FMCJS, Campinas, 2014.

CBN VITÓRIA. Gazeta Online. **40 anos de uma das maiores enchentes já registradas no ES**, 07/02/2019. Disponível em: [https://www.cbnvitoria.com.br/cbn\\_vitoria/comentaristas/fernando\\_achiame/2019/02/](https://www.cbnvitoria.com.br/cbn_vitoria/comentaristas/fernando_achiame/2019/02/)

40-anos-de-uma-das-maiores-enchentes-ja-registradas-no-es-1014167086.html.  
Acesso em: 2 jul. 2020.

CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS (CRED).  
UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNISDR). **Poverty  
& Death: Disaster Mortality: 1996-2015**. Brussels, Belgium, 2016.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTA DE DESASTRES  
NATURAIS (CEMADEN). **Ameaças Naturais: Inundação**. Disponível em:  
<http://www.cemaden.gov.br/inundacao/> Acesso em: 02 jun. 2020.

Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED);  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC). **Atlas Brasileiro de  
Desastres Naturais: 1991 a 2012**. 2. ed. rev. ampl. – Florianópolis: 2013

CHAVES, M. A. **Modelos digitais de elevação hidrológicamente consistidos  
para a Bacia Amazônica**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.  
Viçosa, 2002. 115 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. 1º Ed. Editora  
Blücher, São Paulo. 1999.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). Serviço  
Geológico do Brasil. **Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de  
Massa e Inundações** - Rio de Janeiro. 2017. Disponível em:  
<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes---Rio-de-Janeiro-5082.html> Acesso em 15 jun. 2020

CORREIO DA NOITE: JORNAL INDEPENDENTE (RJ), 19 de janeiro de 1915.  
Hemeroteca Digital Brasileira. Biblioteca Nacional Digital. 2020. Disponível em:  
[http://memoria.bn.br/pdf/830135/per830135\\_1915\\_00067.pdf](http://memoria.bn.br/pdf/830135/per830135_1915_00067.pdf)  
Acesso em: 27 ago. 2020.

COSTA, A. J. S. T. **Os caminhos da exclusão hidrológica no Rio de Janeiro (RJ)**.  
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e  
Ciências Humanas. Campinas, SP: [s. n.], 2010.

DATA RIO. Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro. Instituto Pereira Passos. **Áreas  
de Planejamento**. Disponível em: <https://www.data.rio/datasets/limite-%C3%A1reas-de-planejamento-ap/explore>. Acesso em: 16 set. 2020

DATA RIO. Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro. Instituto Pereira Passos. **Sub-bacias Hidrográficas**. Disponível em: [https://www.data.rio/datasets/66c416fb22b74945883e289f35a6590e\\_0?geometry=-43.793%2C-23.024%2C-43.102%2C-22.802](https://www.data.rio/datasets/66c416fb22b74945883e289f35a6590e_0?geometry=-43.793%2C-23.024%2C-43.102%2C-22.802). Acesso em: 16 jul. 2020. (a)

DATA RIO. Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro. Instituto Pereira Passos. **Hidrografia**. Disponível em: [https://www.data.rio/datasets/233c61885a33498ab0e6466f9e67f552\\_0?geometry=-43.793%2C-23.024%2C-43.102%2C-22.802](https://www.data.rio/datasets/233c61885a33498ab0e6466f9e67f552_0?geometry=-43.793%2C-23.024%2C-43.102%2C-22.802). Acesso em: 16 jul. 2020. (b)

DATA RIO. Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro. Instituto Pereira Passos. **Bairros cariocas**. Disponível em: <http://www.data.rio/app/bairros-cariocas>. Acesso em: 10 ago. 2020. (c)

DEFESA CIVIL DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/defesacivil>. Acesso em: 22. jun. 2020.

DERECZYNSKI, C. P.; OLIVEIRA, J. S.; MACHADO, C.O. **Climatologia da precipitação no município do Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.24, n.1, 24-38, 2009.

DERECZYNSKI, C. P.; MARENGO, J.; SILVA, M. G. A. J.; SANTOS, I. A. **Clima e Mudanças Climáticas na cidade do Rio de Janeiro**. Seminário Megacidades, Vulnerabilidades e Mudanças Climáticas: Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2011.

DERECZYNSKI C. P; CALADO, R. N; BARROS, A. B. **Chuvas Extremas no Município do Rio de Janeiro: Histórico a partir do Século XIX**, Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, ISSN 0101-9759, e-ISSN 1982-3908, Vol. 40 - 2 / 2017 p. 17-30.

DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004 (ISBN: 85-7383-260-6). Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/index.html>. Acesso em: 17 mai. 2020.

EBC. Agência Brasil. “Pior enchente” do Rio de Janeiro completa 50 anos. Disponível em: <https://www.ebc.com.br/noticias/meio-ambiente/2015/12/pior-enchente-do-rio-de-janeiro-completa-50-anos>. Acesso em: 5 jul. 2020.

ESTADO DE SÃO PAULO. **Seis municípios de SC decretam estado de calamidade pública**, 26/11/2008. Disponível em: <https://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,seis-municipios-de-sc-decretam-estado-de-calamidade-publica,283917>. Acesso em: 7 jul. 2020.



ESRI. **Sistema de Informação Geográfica ArcGIS Pro**. 2021.

FARIA, V. D. **Análise da delimitação automática de bacias hidrográficas em três biomas brasileiros**. Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE) Especialização em Análise ambiental e gestão de território. Rio de Janeiro, 2021.

FIALHO, E. S. O clima urbano e sua contribuição ao planejamento da cidade por meio da elaboração de mapas climáticos. In: OSCAR JÚNIOR, A. C; ARMOND, N. B. (Orgs.). **A climatologia geográfica do Rio de Janeiro: reflexões, metodologias e técnicas para uma agenda de pesquisa**. 1 ed. Curitiba: Appris, 2018. p. 21-33.

FELL, R. *et al.*. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. *Engineering Geology*, v. 102, p. 83-111, 2008.

FRADE, G. de S. **Análise de evolução da ocupação urbana da área central de Nova Iguaçu e suas implicações sócio espaciais**. In: *XVIII Encontro Nacional de Geógrafos*. São Luís – Maranhão. 2016.

FRÓES, J. N. S.; GELABERT, O. R. E. **Rumo ao Campo Grande por trilhas e caminhos**, 2ª edição, Impressão gráfica Brunner, Rio de Janeiro, 2005.

FREITAS, R. A.; SILVA FILHO, A. L.; AIRES, M.; ARAÚJO; J. S. B. **Geografia das enchentes na crônica de Lima Barreto: O olhar para o subúrbio carioca**. Dossiê: Olhares sobre os subúrbios. *Revista Convergência Crítica*, nº14. DOI: <https://doi.org/10.22409/rcc.v0i14.41205>. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/convergenciacritica/article/view/41205>. Acesso em 17 out. 2020.

FONSECA, P. R. **O crescimento urbano e suas consequências na reconfiguração do bairro de Campo Grande, Rio de Janeiro**. *RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico*, v. 13, n. 24, 2012.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DAS ÁGUAS. Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro. Secretaria municipal de saneamento e recursos hídricos. **Diagnóstico do sistema de esgotamento sanitário existente na Área de Planejamento-5**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4290214/4105684/08.AnexoVIIDiagnosticodoSistemadeEsgotamentoSanitarioExistentenaAreadePlanejamento5.pdf>. Acesso em: 5 set. 2020.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE; DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS – DGC; COORDENAÇÃO DE CARTOGRAFIA –

CCAR. **Projeto RJ-25**. Centro de Documentação e Disseminação de Informação-CDDI/IBGE. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em 25 set. 2020.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE; DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS – DGC; COORDENAÇÃO DE CARTOGRAFIA – CCAR. **Metadados do produto Modelo Digital de Elevação 1:25.000 do Projeto RJ-25**. Centro de Documentação e Disseminação de Informação-CDDI/IBGE. 2018. Disponível em: [http://geoftp.ibge.gov.br/modelos\\_digitais\\_de\\_superficie/modelo\\_digital\\_de\\_elevacao\\_mde/rj25/informacoes\\_tecnicas/Metadados\\_MDE\\_RJ25.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/modelos_digitais_de_superficie/modelo_digital_de_elevacao_mde/rj25/informacoes_tecnicas/Metadados_MDE_RJ25.pdf) . Acesso em 24 set. 2020.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **População em áreas de risco no Brasil**. Diretoria de Geociências. Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro, 2018.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>

Acesso em: 30 out. 2020

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (IBGE). **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua – PNAD Contínua: Desemprego**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>

Acesso em: 19 dez. 2021.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (IBGE). **Projeção da população do Brasil por sexo e idade para o período 2000-2060**.

Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?=&t=downloads>

Acesso em 01 fev. 2021.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (IBGE). **Censo 2000**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/censo/>  
Acesso em 05 fev. 2021

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (IBGE). **Censo 2010**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>  
Acesso em 05 fev. 2021

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (IBGE). **Resolução do Presidente nº1: Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro**. R.PR – 1/2005. Disponível em: [https://geofp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/normas/rpr\\_01\\_25fev2005.pdf](https://geofp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_25fev2005.pdf). Acesso em 05 out. 2020.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (IBGE). **Censos demográficos**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>. Acesso em 05 abr. 2021

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (IBGE). **Censo Demográfico 2000**: Agregado por Setores Censitários dos Resultados do Universo. 2a edição. Rio de Janeiro, 2003.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (IBGE). **Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário**. Rio de Janeiro, 2011.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (IBGE). **Malhas municipal**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em 05 abr. 2021

GAZETA DO POVO. **Santa Catarina vive a pior tragédia em 34 anos**, 30/12/2008. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/especiais/retrospectiva/2008/santa-catarina-vive-a-pior-tragedia-em-34-anos-bco3b0mu9izdce8jcmvqul1zi/>. Acesso em 01 jul. 2020

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

GRUPO GLOBO. TV Globo: Globoplay. **Dezenas de ruas estão alagadas em Campo Grande**, 15/02/2018. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/6505080/>. Acesso em: 16 jul. 2020.

GRUPO GLOBO. Jornal O Globo. **Assoreamento do Jardim de Alah pode ter amplificado alagamento na Zona Sul, afirma especialista**, 10/04/2013. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/assoreamento-do-jardim-de-alah-pode-ter-amplificado-alagamento-na-zona-sul-afirma-especialista-23586918>. Acesso em 10 jul. 2020.

GRUPO GLOBO. G1. **Chuva deixa mais de 12 mil pessoas fora de casa no ES em 27 municípios**, 28/01/2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2020/01/28/chuva-deixa-mais-de-12-mil-pessoas-fora-de-casa-no-es-em-27-municipios.ghtml>. Acesso em: 02 jul. 2020.

GRUPO GLOBO. G1. **Deslizamento de terra que devastou Caraguatatuba completa 50 anos**, 18/03/2017. Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2017/03/deslizamento-de-terra-que-devastou-caraguatatuba-completa-50-anos.html>. Acesso em: 02 jul. 2020.

*HAND MODEL*. INPE-CCST. Instituto Espacial de Pesquisas Espaciais, 2020. Disponível em: <http://www.ccst.inpe.br/projetos/HAND-model/>. Acesso em: 10 jul. 2020.

HUTCHINSON, M. F. **Calculation of hydrologically sound digital elevation models**. Paper presented at Third International Symposium on Spatial Data *HAND*ling at Sydney, Australia, 1988.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Projeto Olho no verde: Mapeamento de Uso do Solo e Cobertura Vegetal da RH II – Guandu**. INEA, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://inea.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=00cc256c620a4393b3d04d2c34acd9ed>. Acesso em: 19 out. 2021.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Áreas de Interesse para Proteção e Recuperação de Mananciais de Abastecimento Público do Estado do Rio de Janeiro**. COGET/INEA, 2018. Disponível em: [https://metadados.inde.gov.br/geonetwork/srv/por/md.format.html?xsl=full\\_view&uuid=bafo4bef-6328-4c67-b5d3-6a78736ff5ad](https://metadados.inde.gov.br/geonetwork/srv/por/md.format.html?xsl=full_view&uuid=bafo4bef-6328-4c67-b5d3-6a78736ff5ad). Acesso em: 19 jul. 2021.

INSTITUTO PEREIRA PASSOS (IPP). PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Anuário Estatístico da Cidade do Rio de Janeiro: 1998**. Rio de Janeiro: IPP, 2000. 864p

INSTITUTO PEREIRA PASSOS (IPP). PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Descrição e mapas da área de planejamento V**. Rio de Janeiro: Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro, 2004.

INSTITUTO PEREIRA PASSOS (IPP). **PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO**. Modelo Digital de Elevação da cidade do Rio de Janeiro. Disponível em:

<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=10ed62bc79e5443db0730273358f7253>  
Acesso em 09 nov. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Caracterização e tipologia de assentamentos precários**: estudos de caso brasileiros. Brasília: Ipea, 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS NACIONAIS (INPE). **Nova tecnologia de modelagem de terreno revela áreas mais sujeitas a inundações**. Disponível em: [http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=2837](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=2837). Acesso em: 13 ago. 2020.

JAKOB, A. A. E., YOUNG, A. F. **O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas**. XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais. Minas Gerais. 2006. Disponível em: <http://www.nepo.unicamp.br/vulnerabilidade/admin/uploads/producoes/M%C3%A9todo%20de%20Interpola%C3%A7%C3%A3o.PDF> Acesso em 18 mai. 2020

JANCZURA, R. **Risco ou vulnerabilidade social?**. Textos & Contextos (Porto Alegre), v. 11, n. 2, p. 301-308, 2012.

JORNAL FOLHA VITÓRIA. Rádio e Televisão Record S.A. **Chuvas no ES: desastres também são provocados por ações humanas, dizem especialistas**, 25/01/2020.

Disponível em: <https://www.folhavitoria.com.br/geral/noticia/01/2020/chuvas-no-es-desastres-tambem-sao-provocados-por-acoes-humanas-dizem-especialistas>  
Acesso em 03 jul. 2020.

JOHNS HOPKINS CORONAVIRUS RESOURCE CENTER (CRC). **Global Confirmed Cases 2021**. Disponível em: <https://coronavirus.jhu.edu/>. Acesso em: 12 mai. 2021.

JORGE, M. C. O. Geomorfologia Urbana: Conceitos, metodologia e teorias. In: GUERRA, A. J. T. (org.). **Geomorfologia Urbana**. 1 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 280p. p. 117-142.

JULIÃO, R. P., NERY, F., RIBEIRO, J. L., CASTELO BRANCO, M., & ZÉZERE, J. **Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base municipal**. Lisboa: Autoridade Nacional de Protecção Civil; Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano; Instituto Geográfico Português, 2009. Disponível em: <http://www.dgotdu.pt/detail.aspx?channelID=85E8AD30-00F8-417E-9F12-EBFAFE6A5B4 &contentId=3B54E44B-603C-4445-8C8A-ECC879127CEE>. Acesso em: 17 set. 2021.

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

Leal, R. E., MEDEIROS, L., QUEIROZ, J., Brito, G. L., & Coiado, L. L. **Utilização das extensões TauDEM e ArchHydro: um estudo comparativo aplicado à delimitação automática de bacias hidrográficas no Estado do Pará**. Revista SEAF, v. 1, p. 204-218, 2017.

LIEBMANN, B. JONES, C; CARVALHO, L.M.V. 2001. **Interannual Variability of Daily Extreme Precipitation Events in the State of São Paulo, Brazil**. Journal of Climate, 2001, v. 14, p. 208-218.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; PAULA BARROS, L. F; COTA; G. E. M. Classificação de sistemas fluviais. In: MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; PAULA BARROS, L. F (Orgs). **Hidrogeomorfologia: Formas, processos e registros sedimentares fluviais**. Editora Bertrand Brasil, 2020.

MANSUR, A. L. **O velho oeste carioca**. Vol. I e II. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Ibis Libris, 2008.

MARANDOLA JR, E.; HOGAN, D. J. **O risco em perspectiva: tendências e abordagens**. Geosul, v. 19, n. 38, p. 25-58, 2004.

MARANDOLA JR, E.; HOGAN, D. J. **As dimensões da vulnerabilidade**. São Paulo em perspectiva, v. 20, n. 1, p. 33-43, 2006.

MARANDOLA JR, E.; MODESTO, F. **Percepção dos perigos ambientais urbanos e os efeitos de lugar na relação população-ambiente**. Revista Brasileira de Estudos de População, v. 29, n. 1, p. 7-35, 2012.

MARÇAL, M. S; SOUZA LIMA, R. N. **Abordagens conceituais contemporâneas na Geomorfologia fluvial**. Espaço Aberto, v. 6, n. 1, p. 17-34, 2016.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos**. Caderno Didático nº 1. INPE/CRS, Santa Maria, 2008.

MARTINS, C. L. F. **Análise de chuva intensa associada ao desastre natural ocorrido em Angra dos Reis, RJ, aplicando o modelo Brams**. Monografia. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.

MENGUE, V.; GUERRA, R.; MONTEIRO, D.; MORAES, M.; VOGT, H. **Análise da expansão urbana em áreas suscetíveis à inundação utilizando o modelo HAND: o caso da Região Metropolitana de Porto Alegre, Brasil**. Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT), n.º 12 (dezembro). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, 2017, p. 231-253.

MILANESI, J.; QUADROS, E. L. L.; LAHM, R. A. **Utilização do modelo *HAND* no reconhecimento dos terrenos sujeitos a inundação – Porto Alegre/RS**. Revista Brasileira de Cartografia, Edição Desastres Naturais e Impactos Ambientais: Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, 2017, Nº 69/4.

MOORE, ID, RB GRAYSON E AR LADSON. **Modelagem Digital de Terreno: Uma Revisão de Aplicações Hidrológicas, Geomorfológicas e Biológicas. Processos hidrológicos**, 1991, p. 3-30.

NOBRE, A. D., CUARTAS, L. A., HODNETT, M. **Height Above the Nearest Drainage – a hydrologically relevant new terrain model**. *Journal of Hydrology* v. 404, 2011, p.13–29. (a)

NOBRE, A. D. **Novas Geotecnologias no Ordenamento do Ordenamento Territorial**. INPA & CST INPE, 63ª Reunião Anual SBPC, Goiânia, 2011. (b)

NOBRE, A. D., CUARTAS, L. A., HODNETT, M., SALESKA, S. **Fine-Scale Relief in the Amazon Drives Large Scale Ecohydrological Processes**. *AGU Fall Meeting*, Session: Global Forest Dynamics and Interactions with a Changing Climate III, San Francisco, 2014.

NOBRE, C.A.; YOUNG, A.E; SALDIVA, P.; MARENGO, J.A.; NOBRE, A.D.; ALVES, R. S.; SILVA, G.C.M.; LOMBARDO, M. **Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas, Região Metropolitana de São Paulo**. Embaixada Reino Unido, Rede Clima e Programa FAPESP em Mudanças Climáticas, 2010.31 p.

OLIVEIRA, A. H., SILVA, M. L. N.; CURI, N., KLINKE NETO, G.; SILVA, M. A. D.; ARAÚJO, E. F. D. **Consistência hidrológica de modelos digitais de elevação (MDE) para definição da rede de drenagem na sub-bacia do horto florestal Terra Dura, Eldorado do Sul, RS**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, p. 1259-1268, 2012.

PEREIRA, E. da S.; DEUS, L. A. B. de; RIBEIRO, M. F.; COSTA, V. C. da. **Dinâmica de valorização do solo urbano próximo de unidades de conservação – estudo de caso do bairro de Campo Grande**, município do Rio de Janeiro. Revista do Departamento de Geografia, [S. l.], v. 41, n. 1, p. e169722, 2021. DOI: 10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.169722. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/169722>. Acesso em: 21 jul. 2021.

PRATES, T.O.B.; AMORIM, R.R. **Aplicação do modelo *HAND* para mapeamento de áreas suscetíveis a inundação no baixo curso da bacia do rio Muriaé – RJ**.

XII SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia, Crato – CE, 2018. Disponível em: <http://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/10/10-395-255.html>. Acesso em: 22 ago. 2020.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. Secretaria municipal de saneamento e recursos hídricos. **Plano municipal de saneamento básico da cidade do Rio de Janeiro: Drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.**

Fundação Instituto das águas. Rio de Janeiro, 2015.

Disponível em:

[https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/5302963/4152314/PMSB\\_DRENAGEMEMAN EJODEAGUASPLUVIAIS.pdf](https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/5302963/4152314/PMSB_DRENAGEMEMAN EJODEAGUASPLUVIAIS.pdf). Acesso em: 05 set. 2020.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Lei complementar n.º 111 de 1º de fevereiro de 2011: Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro.** Disponível em:

<http://www2.rio.rj.gov.br/smu/buscafacil/Arquivos/PDF/LC111M.PDF>. Acesso em: 29 abril 2021.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Diagnóstico intersetorial integrado da cidade do Rio de Janeiro: Relatório CTPD 2018.**

Disponível em:

[http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/10402268/4259609/Relatorio\\_CTPD\\_2018\\_Diagnostico\\_Intersectorial\\_Integrado\\_Completo.pdf](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/10402268/4259609/Relatorio_CTPD_2018_Diagnostico_Intersectorial_Integrado_Completo.pdf)

Acesso em: 29 abril 2021.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Revisão do Plano Diretor 2021 em Audiência Pública Híbrida Área de Planejamento 5: 18/06/2021.**

Disponível em:

<https://drive.google.com/file/d/1LNQYYXUNEZ39Sm39JMeDjrn2F6wHD9Kq/view>

Acesso em: 03 jun. 2021

QUADROS, E. L. L. **Redução do risco de desastres aplicado à educação em ciências: representações de risco de alagamento por alunos de Geografia.**

Programa de Pós-Graduação, Pontifícia Universidade Católica. Porto Alegre, 2017.

RENNÓ, C.D., NOBRE, A.D., CUARTAS. **HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM.** Remote Sensing of Environment, v. 112, 2008, 3469–3481.

ROSMAN, P. C. C.; AZEVEDO, J.P. S.; NOBRE, C.; LUIGI, G.; D'ORSI, R.; SOARES, M. L. G. **Relatório Região Metropolitana do Rio de Janeiro: vulnerabilidades e mudanças climáticas.** Escola Politécnica - UFRJ, 2012.



ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados.** Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>> DOI: 10.7154/RDG.1994.0008.0006.

SANT'ANNA NETO, J. L. **O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis.** Revista Brasileira de Climatologia. Ano 7 – Vol. 8 – jan/jun, 2011.

SANTOS JUNIOR, W. M. **Identificação de áreas prioritárias para a regularização fundiária e contribuição ao plano de manejo do Parque Estadual do Mendanha (PEM) – RJ.** Tese (Doutorado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Geografia. 2019. 220 f.

SANT'ANNA NETO, J. L. **O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis.** Revista Brasileira de Climatologia. Ano 7 – Vol. 8 – jan/jun, 2011.

SCÁRDUA, M. D. **Avaliação de modelos digitais de elevação para análise espacial de bacias hidrográficas.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, ES, 2013. 71 p.

SEIJMONSBERGEN, A. C. **The modern geomorphological map.** University of Amsterdam, The Netherlands. Elsevier Inc. 2013.

SILVA, M. S. **Do “sertão” à Urbanização do bairro Campo Grande- Rio de Janeiro: uma análise dos impactos socioambientais.** Observatório Geográfico da América Latina, 2013. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal14/Geografiasocioeconomica/Geografiaurbana/005.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2020.

SILVA, J. R.; MOURA, A. C. M. **Delimitação automática de sub-bacias hidrográficas no município de Ouro Preto-MG.** XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, Brasil, v. 13, p. 4496-4502, 2013.

SILVEIRA, R. D. **Risco climático, vulnerabilidade socioespacial e eventos climáticos extremos relacionados ao calor e ao frio no estado do Rio Grande**

**do Sul-Brasil**. 2014. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Presidente Prudente, Presidente Prudente, São Paulo.

SILVEIRA, R. D. **Risco climático e vulnerabilidade socioespacial: o exemplo dos eventos extremos relacionados ao calor e ao frio**. Revista Brasileira de Climatologia. Ano 12 – vol. 19 – jul/dez, 2016.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (SEMADS). Governo do Estado do Rio de Janeiro. **Bacias Hidrográficas e Rios Fluminenses Síntese Informativa por Macrorregião Ambiental**. Rio de Janeiro, 2001.

SLOVIC, P. **Perception of risk**. Science, v. 236, n. 4799, p. 280-285, 1987.

SOUZA, L. B.; ZANELLA, M. E. **Percepção de riscos ambientais: teoria e aplicações**. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

Sousa Morais, R. C., Sales, M. C. L. **Extração automática de drenagem: uma análise comparativa a partir de diferentes ferramentas e bases de dados**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 9, n. 06, p. 1849-1860, 2016.

SPECKHANN, G. A. **Uma proposta de mapeamento de risco de inundação na bacia do rio Itajaí-Açu utilizando descritores de terreno**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2018, 90 p.

Silva, J. R.; Moura, A. C. M. **Delimitação automática de sub-bacias hidrográficas no município de Ouro PretoMG**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, Brasil, 13 a 18/04/2013, Anais... INPE, v. 1, p. 4496 – 4502. 2013. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/rep/3ERPFQRTRW34M/3E7GKCR>. Acesso em: 19 out. 2021.

SISTEMA ALERTA RIO. Fundação Instituto de geotécnica (Geo-Rio). Disponível em: <http://alertario.rio.rj.gov.br/maiores-chuvas/>. Acesso em: 10 jun. 2020.

SISTEMA ALERTA RIO. Fundação Instituto de geotécnica (Geo-Rio). Disponível em: <http://alertario.rio.rj.gov.br/info-estacoes/>. Acesso em: 02 fev. 2021

TOBLER, Waldo. On the first law of geography: A reply. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 94, n. 2, p. 304-310, 2004.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3a ed. São Paulo. Instituto Geológico, 2015.

TUCCI, C. E; M. BERTONI, J.C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 1º ed. ISBN: 85-88686-07-4. Porto Alegre, 2003.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>. Acesso em: 19 set. 2020.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR),  
CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS (CRED).  
**The human cost of disasters: an overview of the last 20 years (2000-2019)**.  
Brussels, Belgium, 2020.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNIDRR)  
CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS. **The Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030**. Third UN World Conference on Disaster Risk Reduction in Sendai, Japan, on March 18, 2015. Disponível em: <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>. Acesso em: 19 fev. 2021.

VEYRET, Y. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo; Contexto; 2007. 319 p. 2007.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. Geoprocessamento no Apoio à Decisão., [S.l.], n. 9, p. 105-115, jul. 2016. ISSN 2317-8825. Disponível em: <http://www.revistacontinentes.com.br/index.php/continentes/article/view/106>. Acesso em: 19 dez. 2021.