

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

JENIFFER GUTTERRES DA SILVA

**ANÁLISE DA OCUPAÇÃO URBANA EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A
INUNDAÇÕES RECORRENTES POR MEIO DE TÉCNICAS DE
GEOPROCESSAMENTO**

FLORIANÓPOLIS, 2023.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

JENIFFER GUTTERRES DA SILVA

**ANÁLISE DA OCUPAÇÃO URBANA EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A
INUNDAÇÕES RECORRENTES POR MEIO DE TÉCNICAS DE
GEOPROCESSAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Maurília de Almeida Bastos, Dra.
Coorientador: Elódio Sebem, Dr.

FLORIANÓPOLIS, 2023.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Silva, Jeniffer G.

Análise da ocupação urbana em áreas suscetíveis a inundações recorrentes por meio de técnicas de geoprocessamento / Jeniffer G. Silva; orientação de Maurília de Almeida Bastos; coorientação de Elódio Sebem. - Florianópolis, SC, 2023.

117 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico de Construção Civil.

Inclui Referências.

1. Sistemas de Informações Geográficas. 2. Inundações e Alagamentos. 3. Maré. 4. Rio Tavares. 5. Ocupação Urbana. I. Almeida Bastos, Maurília de. II. Sebem, Elódio. III. Instituto Federal de Santa Catarina. IV. **Análise da ocupação urbana em áreas suscetíveis a inundações recorrentes por meio de técnicas de geoprocessamento.**

ANÁLISE DA OCUPAÇÃO URBANA EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES RECORRENTES POR MEIO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

JENIFFER GUTTERRES DA SILVA

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 26 de junho, 2023.

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente

MAURILIA DE ALMEIDA BASTOS

Data: 05/08/2023 10:29:32-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Maurília de Almeida Bastos, Doutora
Orientadora**



Documento assinado digitalmente

ELODIO SEBEM

Data: 04/08/2023 10:36:14-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Elódio Sebem, Doutor
Coorientador
Instituto Federal de Santa Catarina**



Documento assinado digitalmente

FERNANDA SIMONI SCHUCH

Data: 04/08/2023 17:59:22-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Fernanda Simoni Schuch, Doutora
Instituto Federal de Santa Catarina**



Documento assinado digitalmente

Michele Monguilhott

Data: 04/08/2023 12:04:45-0300

CPF: ***.299.280-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

**Michele Monguilhott, Doutora
Universidade Federal de Santa Catarina**

A todos os meus queridos familiares, pelas palavras de incentivo e constante paciência. Aos mestres, professores que se dedicaram a compartilhar seus conhecimentos e a entusiasmar a busca por estes.

RESUMO

Desastres naturais são eventos frequentes em todo o país e afetam a sociedade causando danos financeiros tanto para os setores públicos, como para a população. O extravasamento de águas no leito normal de um rio quando somado à ocupação das planícies naturalmente inundáveis, traz o agravamento das situações dos desastres naturais. O leito variável dos rios são áreas disponíveis às inundações, recebendo periodicamente o extravasamento de águas dos cursos d'água. Estas são áreas que, com a impermeabilização do solo, possuem suas características de escoamento natural alteradas, reduzindo o tempo de concentração nas bacias de drenagem e sofrendo com aumento das vazões. Eventos de inundações são recorrentes na região da Bacia Hidrográfica do Rio Tavares, situada na área central de Florianópolis, Santa Catarina, gerando impactos periódicos aos comércios e população que habita áreas próximas ao leito do rio. O presente trabalho avaliou o avanço temporal da ocupação urbana em áreas que são suscetíveis a inundações recorrentes na bacia do Rio Tavares, Florianópolis/SC, conhecer a sub-bacia que contribui para o rio principal, quantificar a ocupação urbana em anos específicos no período entre 1977 e 2016, e produzir um modelo de elevação impresso para mostrar o comportamento do nível máximo de água. Para tanto, foi adotado o QGIS, software livre de Sistema de Informações Geográficas (SIG) para análise dos diversos fatores de influência para inundações, utilizando-o na manipulação dos dados, sendo realizada a comparação por sobreposição do mapa de áreas inundáveis na bacia hidrográfica em questão com o mapeamento de uso e ocupação da região do entorno da Bacia Hidrográfica do Rio Tavares. Adotando o equipamento de impressão em três dimensões, foi realizado a impressão da superfície topográfica da região de estudo para demonstrar o comportamento do aumento do nível d'água no terreno. A partir da análise realizada limitou-se a área de estudo a sub-bacia hidrográfica conformada dentro da bacia do Rio Tavares, caracterizando-se por ser uma bacia de boa drenagem e não sujeita a enchentes. Apesar da sub-bacia possuir bons aspectos físicos de capacidade de infiltração de solo e de escoamento superficial, a ocupação urbana da região se define em estabelecer-se em cotas baixas e suscetíveis a inundações. Os modelos de elevação digital e físico permitiram visualizar espacialmente a área de estudo quanto aos aspectos físicos e antrópicos. Os resultados obtidos neste trabalho corroboram com as medidas mitigadoras dos eventos de inundações e alagamentos adotados pela Prefeitura de Florianópolis, que determinam a realocação das residências que se encontram nessas zonas, considerando que intervenções na infraestrutura possuem alto custo e não são soluções convenientes devido ao valor ecológico do ecossistema local. A solução emergencial adotada pela Prefeitura para reduzir os danos de aumento dos níveis de água nos canais foi iniciada no ano de 2023, realizando a limpeza do principal canal de drenagem do Rio Tavares, onde foram retirados em torno de 6.000 m³ de sedimentos das margens e leito do canal.

Palavras-chave: Sistemas de Informações Geográficas. Inundações e Alagamentos. Maré. Rio Tavares. Ocupação Urbana.

ABSTRACT

Natural disasters are frequent events across the country and affect society causing financial damage to both public sectors and the population. The overflow of water in a normal bed of a river, when added to the occupation of naturally flooded plains, worsens the situation of natural disasters. The variable bed of the rivers are areas available to flooding, periodically receiving the overflow of water from the watercourses. These are areas that, with soil sealing, have their natural flow characteristics altered, reducing the concentration time in the drainage basins and suffering from increased flows. Flood events are recurrent in the region of the Tavares River Water Basin (Bacia Hidrográfica do Rio Tavares), located in the central area of Florianópolis, Santa Catarina, Brazil, generating periodic impacts to businesses and the population that inhabit areas close to the riverbed. The present work evaluate the temporal advance of urban occupation in areas that are susceptible to recurrent floods in the region of Rio Tavares, Florianópolis/SC, to know the sub-basin that contributes to the main river, to quantify the urban occupation in specific years in the period between 1977 and 2016, and to produce a printed elevation model to show the behavior of the maximum water level. For this purpose, a free Geographic Information System (GIS) software, "QGIS", was adopted to analyze the various factors influencing flooding, using it to manipulate the data, comparing the map of áreas subject to flooding in the hydrographic basin in question with the mapping of use and occupation of the region around the Tavares River Water Basin. Adopting a three-dimensional printing equipment, the topographic surface of the study region was printed to demonstrate the behavior of the increase in the water level on the ground. Based on the analysis carried out, the study area was limited to the water sub-basin formed within the Tavares River Water Basin, characterized by being a basin with good drainage and not subject to flooding. Despite the sub-basin having good physical aspects of soil infiltration capacity and surface runoff, the urban occupation of the region is established in low levels susceptible to flooding. The digital and physical elevation models allowed spatial visualization of the study area in terms of physical and anthropic aspects. The results obtained in this paper corroborate with the mitigating measures of flooding events adopted by the Florianópolis City Hall, which determine the relocation of residences located in these areas, considering that infrastructure interventions have a high cost and are not convenient solutions, due to the value of the local ecosystem. The emergency solution adopted by the City Hall to reduce the damage caused by increased water levels in the channels began in 2023, cleaning the main drainage channel of the Tavares River, where around 6.000 m³ of sediments were removed from the banks and channel bed.

Keywords: Geographic Information Systems. Inundations and Floods. Tide. Rio Tavares. Urban Occupation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de relação das Unidades Territoriais de Análise e Planejamento (UTP's) para o município de Florianópolis	18
Figura 2 - Região inundada na bacia do Rio Tavares.....	19
Figura 3 - Unidades Territoriais do Rio Tavares suas bacias hidrográficas.....	20
Figura 4 - Imagem aérea da região dos bairros Carianos, Rio Tavares e Costeira do Pirajubaé, inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Tavares	21
Figura 5 – Ocupação urbana às margens do Rio Tavares	21
Figura 6 – Residências locais atingidas por eventos de inundação periódica no Rio Tavares	22
Figura 7 – Região de estudo no mapa hipsométrico de Florianópolis.....	23
Figura 8 - Esquema do processo de enchente e inundação	27
Figura 9 - Técnicas e métodos utilizados no geoprocessamento	28
Figura 10 - Tendência de Expansão da Mancha Urbana em Florianópolis	32
Figura 11 - Esquema de proporção do ciclo hidrológico pré urbanização e pós urbanização	36
Figura 12 - Fluxograma de aplicação metodológica da pesquisa.....	45
Figura 13 – Dados base para caracterização da sub bacia	47
Figura 14 – Sub bacia, direção de fluxo, canais de drenagem e definição do rio principal.....	48
Figura 15 – Dados base para caracterização da sub bacia	49
Figura 16 – Sinuosidade dos rios	52
Figura 17 – Direção de fluxo no Software Civil 3D	54
Figura 18 – Dados utilizados para delimitação da área de estudo	55
Figura 19 – Imagem de Satélite Rapid Eye do ano de 2018	56
Figura 20 – Resultado do georreferenciamento da Fotografia aérea do ano de 1994	58
Figura 21 – Polígono para quantificação da área antropizada no ano de 1977	59
Figura 22 – Polígonos que identificam a intervenção antrópica por cota no ano de 1977	60
Figura 23 – Polígonos que identificam a intervenção antrópica por cota no ano de 2016	61
Figura 24 – Delimitação da área de impressão do modelo físico tridimensional.....	62

Figura 25 – Superfície Topográfica gerada pelo software Revit	63
Figura 26 – Modelo G-code gerado para configuração da impressão 3D	63
Figura 27 – Processo de impressão 3D	64
Figura 28 – Mapa das Unidades de Conservação no município de Florianópolis	66
Figura 29 – Ocupação urbana às margens do canal artificial de drenagem do Rio Tavares.....	67
Figura 30 - Residências construídas nas margens do canal de drenagem do Rio Tavares	67
Figura 31 - Residências construídas nas margens do Rio Tavares	68
Figura 32 – Zoneamento na região de estudo da área urbanizada	69
Figura 33 – Alagamento na SC-405	70
Figura 34 - Manguezal do Rio Tavares	72
Figura 35 - Inundação do Bairro Costeira do Pirajubaé	73
Figura 36 - Trapiche localizado no bairro Costeira do Pirajubaé afetado pelo nível da maré	74
Figura 37 - Mancha de áreas inundáveis na região do Rio Tavares, Carianos e Costeira de Pirajubaé.....	76
Figura 38 – Área antropizada dentro da sub-bacia de estudo.....	77
Figura 39 – Sub-bacia do Rio Tavares	78
Figura 40 – Sub-bacia da região de análise.....	79
Figura 41 – Declividade da Sub-bacia.....	81
Figura 42 – Área antropizada ao longo dos anos analisados	82
Figura 43 – Mancha de área inundável na região até 5m de cota	83
Figura 44 – Área antropizada por cota ao longo dos anos analisados	85
Figura 45 – Redução da área com intervenção antrópica nos anos de 2009 e 2016	86
Figura 46 – Mancha de área inundável na região antropizada no ano de 2016.....	88
Figura 47 – Vista lateral e superior da impressão 3D da região de estudo	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – População de Florianópolis	31
Tabela 2 – Dados utilizados para o desenvolvimento da análise	43
Tabela 3 – Classificação do índice de Sinuosidade.....	52
Tabela 4 – Diferença de deslocamento entre pontos de controle do processo de georreferenciamento das Fotografias aéreas, ortofoto e imagem de satélite	57
Tabela 5 – Altura média Mensal de Maré em Florianópolis/ SC (Período: 2012 a 2020)	71
Tabela 6 – Superfície Inundável de acordo com o grau de suscetibilidade na Bacia do Rio Tavares.....	75
Tabela 7 – Classificação do relevo conforme EMBRAPA.....	80
Tabela 8 – Dados de caracterização da sub-bacia	80
Tabela 9 – Análise do crescimento da área antropizada nos anos estudados	82
Tabela 10 – Área antropizada por cota nos anos estudados	84
Tabela 11 – Análise percentual do crescimento da área antropizada em cotas nos anos estudados	84
Tabela 12 – Análise do crescimento da área antropizada por cota nos anos estudados	87
Tabela 13 – Análise da área antropizada sobre áreas inundáveis no ano de 2016	88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento
CAD	Computer Aided Design
CEPED	Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil
CIRAM	Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina
CRED	Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres
DHN	Diretoria Hidrografia e Navegação da Marinha
EM - DAT	Emergency Disaster Data Base
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
FFF	Fused Filament Fabrication
GNSS	Global Navigation Satellite System
IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina
IPUF	Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis
MDE	Modelo Digital de Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PLA	Poliácido Láctico
PMF	Prefeitura Municipal de Florianópolis
RESEX	Reserva Extrativista
SEDEC	Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil
SIG	Sistemas de Informações Geográficas

STL	Standard Tessellation Language
S2ID	Sistema Integrado de Informações sobre Desastres
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UTP	Unidade Territorial de Planejamento
3D	Três dimensões

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	16
1.2	Definição do Problema	18
1.3	Objetivo Geral.....	25
1.4	Objetivos Específicos.....	25
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	26
2.1	Desastres Naturais.....	26
2.2	Geoprocessamento.....	28
2.2.1	Sensoriamento remoto	29
2.2.2	Sistemas de Informações Geográficas	30
2.3	Ocupação Urbana	31
2.4	Maré.....	33
2.5	Mangues.....	33
2.6	Áreas inundáveis e planícies de inundação	34
2.7	Conceitos de Hidrologia	35
2.7.1	Ciclo Hidrológico	36
2.7.2	Caracterização Fisiográfica de uma bacia	37
2.8	Software para manipulação de dados	39
2.9	Impressão de modelos físicos tridimensionais – Impressão 3D	40
3.	METODOLOGIA	42
3.1	Caracterização da Sub-bacia hidrográfica.....	46
3.2	Quantificação e Análise da Ocupação urbana	54
3.3	Modelo de Elevação Topográfica	61
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
4.1	Área de Análise – Rio Tavares	65
4.1.1	Ocupação urbana na área de estudo	66
4.1.2	Incidência de marés na área de estudo	69
4.1.3	Influência da Manguezal do Rio Tavares sobre a área de estudo	71
4.1.4	Áreas inundáveis na área de estudo	74
4.2.	Caracterização Fisiográfica da Sub bacia hidrográfica	76
4.3.	Análise da Ocupação Urbana.....	82
4.4.	Modelo de Elevação Topográfica	89
4.5.	Conclusões.....	90
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
6.	REFERÊNCIAS	93
	APÊNDICE A – DIREÇÃO DE FLUXO NA SUB-BACIA	102
	APÊNDICE B – MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO DA SUB-BACIA	103

APÊNDICE C – MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO DA REGIÃO DO RIO TAVARES	104
APÊNDICE D – MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO.....	105
APÊNDICE E – MAPA DA REGIÃO DE ANÁLISE DA ÁREA DE INTERFERÊNCIA ANTRÓPICA.....	106
APÊNDICE F – ÁREA DE INTERVENÇÃO ANTRÓPICA NO ANO DE 1977	107
APÊNDICE G – ÁREA DE INTERVENÇÃO ANTRÓPICA NO ANO DE 1994.....	108
APÊNDICE H – ÁREA DE INTERVENÇÃO ANTRÓPICA NO ANO DE 2002.....	109
APÊNDICE I – ÁREA DE INTERVENÇÃO ANTRÓPICA NO ANO DE 2009	110
APÊNDICE J – ÁREA DE INTERVENÇÃO ANTRÓPICA NO ANO DE 2016	111
ANEXO A – FOTOGRAFIA AÉREA FAIXA 05 – TAPERA DA BASE, CAMPECHE DO ANO DE 1977 (SEM ESCALA)	112
ANEXO B – FOTOGRAFIA AÉREA FAIXA 03 – COSTEIRA, CARIANOS, RIO TAVARES DO ANO DE 1994 (SEM ESCALA)	113
ANEXO C – FOTOGRAFIA AÉREA FAIXA 04 – COSTEIRA DO ANO DE 2002 (SEM ESCALA)	114
ANEXO D – FOTOGRAFIA AÉREA FAIXA 03 – COSTEIRA DO ANO DE 2009 (SEM ESCALA)	115
ANEXO E – ORTOFOTO – COSTEIRA DO ANO DE 2016 (SEM ESCALA).....	116

1 INTRODUÇÃO

Desastres naturais são eventos frequentes no Brasil e afetam a população causando danos financeiros e sociais, impactando grande número de pessoas, gerando registros significativos de mortes e deixando famílias desabrigadas (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015).

Em relação a danos financeiros, o Relatório de Danos Materiais e Prejuízos Decorrentes de Desastres Naturais no Brasil, realizado pelo Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil (CEPED¹), relata que ao longo de 24 anos foram cadastrados um total de 32.832 registros de desastres com danos e prejuízos totais no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), considerando dados catalogados entre os anos de 1995 e 2019, os quais causaram um montante de R\$ 333,36 bilhões em danos e prejuízos, sendo que deste montante, 49,14% correspondem a prejuízos financeiros causados pelos estados do Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Bahia, Pernambuco e Santa Catarina. Os dados remetem aos levantamentos do banco de dados dos estados e municípios repassados para a plataforma S2ID, desenvolvida pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) e CEPED, contendo informações sobre danos materiais e prejuízos públicos e privados, o os prejuízos totais correspondem à média dos valores de prejuízos mensais públicos e privados apresentados mensalmente. A análise do Relatório também verifica que as perdas estão atreladas principalmente à estiagem e seca, responsável por 59,94% das perdas, seguida por enxurradas, 16,49%, inundações, 9,65%, e chuvas intensas, 4,89% (UFSC, 2020). Ainda, de acordo com Guha-Sapir, Below e Hoyois (2017 *apud* CAMPIOLI; VIEIRA, 2019, p.125), as inundações foram os desastres que provocaram maiores perdas humanas em desastres do período de 1948 a 2004 no Brasil, afetando 20,2 milhões de pessoas entre os anos de 1964 a 2017.

Já no estado de Santa Catarina os registros de desastres naturais denotam 10.540.910 pessoas afetadas, com cerca de 3.903 registros pela Defesa Civil de Santa

¹ CEPED: Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil é vinculado à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Catarina no intervalo entre 1991 e 2010, contribuindo com 40% desses registros relativos a inundações e alagamentos (FLORIANÓPOLIS, 2015a). No relatório de Ocorrências e Atendimento, a Defesa Civil de Santa Catarina relata dois eventos consideráveis somente nos anos de 2020 e 2021, o mais conhecido dos eventos, o de Presidente Getúlio, registrou ocorrências de chuvas intensas com precipitação máxima acumulada de 125mm em 12h, enxurradas, alagamentos, inundações e deslizamentos, que afetaram 25 municípios de Santa Catarina e com registros de óbitos em dezembro de 2020. Outra ocorrência de menor vulto é relatada em junho de 2021, afetando 24 municípios com chuvas intensas ou torrenciais, enxurradas, alagamentos e deslizamentos, sendo também a maior precipitação acumulada registrada 125mm em 12h (SANTA CATARINA, 2020). Ainda no ano de 2022, em maio, foram registradas ocorrências devido à forte chuva, causando alagamentos e deslizamentos, atingindo mais de 10.000 pessoas em 26 municípios, com registro de óbitos (SANTA CATARINA, 2022).

Vestena (2008) atribui os desastres naturais às características físicas do meio ambiente e intervenções humanas como a ocupação e uso do solo. Já Tominaga, Santoro e Amaral (2015) citam a variabilidade climática, eventos de temporais, chuvas intensas e outros fatores como preponderantes para a ocorrência de desastres. Borges e Ferreira (2019) referem-se à preservação das planícies de inundação e áreas inundáveis como uma forma de prevenção ao acontecimento de desastres naturais e conforme Gupta e Ahmad (2009 *apud* MUÑOZ; VALERIANO, 2015) a incidência de desastres está associada à ocupação de planícies inundáveis. Segundo Murara (2015) os processos de enchentes e inundações decorrem da deposição das águas em épocas de cheia sobre as margens mais baixas e planas, com sucessiva elevação do nível de água dos rios e assim, comprometem as áreas ocupadas. Ainda, Cameron e Pritchard, (1963 *apud* SCHETTINI; PEREIRA; SPILLERE, 2000), afirma que as marés também atuam no aumento do nível dos estuários de rios, que são ambientes onde ocorrem o encontro entre água doce do rio e água marinha, contribuindo as marés oceânicas para esse aumento ao longo dos estuários em regiões do rio em baixo nível, principalmente em zonas costeiras (KOSUTH *et al.*, 2009 *apud* MONTE *et al.*, 2017).

Sendo assim, é evidente a necessidade de estudos planejados que pautem a previsão de desastres, buscando mapear áreas propensas a tais eventos (YALCIN; AKYUREK, 2004 *apud* GOERL; KOBİYAMA; PELLERIN, 2012). Os estudos são instrumentos que contribuem para a identificação de riscos, para a fiscalização e adoção de medidas de controle de ocupação das áreas de risco, assim como, de adoção de políticas públicas que visam a prevenção e refreamento dos impactos gerados pelos eventos de inundação (BRASIL, 2012; CAMPIOLI; VIEIRA, 2019).

O geoprocessamento é um dos instrumentos que adotam técnicas matemáticas e computacionais para coletar e processar dados de informações geográficas através do Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG) possibilitando a geração de mapas e relatórios que produzem informações que permitem a análise, o entendimento de padrões, relação, tendência ou comparações entre elementos (BARBOSA; BURITI, 2022), de forma a contribuir para a identificação de riscos das ocupações urbanas. Aliados, as ferramentas de geoprocessamento e sistema de informações geográficas possibilitam o monitoramento da cobertura do solo, auxiliando estudos ambientais, acompanhamentos da ocupação e intervenções antrópicas que culminam nos desastres naturais (OLIVEIRA, 2017), se mostrando instrumentos essenciais para o mapeamento e geolocalização da área de estudo (BARBOSA; BURITI, 2022). Este contexto de estudo auxiliará na tomada de decisões de medidas de prevenção de impactos decorrentes dos desastres de inundações (CAMPIOLI; VIEIRA, 2019).

A impressão em três dimensões (3D) é um recurso que pode ser utilizado aliado às ferramentas de geoprocessamento, representando formas complexas, a partir de modelos tridimensionais de desenhos de computador ou levantamentos tridimensionais de dados geoespaciais, em maquetes topográficas (GONÇALVES; SOUZA; LIMA, 2019). A impressão (3D) permite demonstrar a topografia e cobertura do solo como de fato se apresenta na natureza, gerando a percepção que não é suscitada pelo método de representação por mapas (QUOSS; FIGUEIRÓ, 2021). A produção de peças topográficas em 3D proporcionam melhor compreensão e perspectiva no contexto topográfico, auxiliando, através de um modelo tridimensional físico (MOUNTINHO; FERREIRA, 2022), na análise do relevo e da macroforma da sua

superfície (FLORENZANO, 2008 *apud* GONÇALVES; SOUZA; LIMA, 2019). A Tecnologia de impressão 3D FFF (Fused Filament Fabrication) é associada à modelação digital gerada a partir dos dados SIG, que replica maquetes com rigor da geometria modelada (GONÇALVES; SOUZA; LIMA, 2019).

1.1 Justificativa

Inundações e enchentes são fenômenos naturais periódicos, porém, quando combinados a ações antrópicas desencadeiam desastres naturais (MONTEIRO, 1991) que impactam maior número de pessoas, causam perdas na infraestrutura urbana, prejuízos em plantações, destruição de moradias, gerando danos materiais, propagação de doenças, devido à contaminação da água, e perda de vidas (MARTINS; RIBAS, 2021). Além desses fatores, inundações, enchentes e alagamentos causam, direta e indiretamente, grande impacto econômico (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015), ocasionando perdas com a interrupção do funcionamento e abastecimento de sistemas vitais, prejuízo nas atividades econômicas, sociais e também ambientais (ECLAC, 2003 *apud* GOERL; KOBIYAMA; PELLERIN, 2012, p. 84).

Os fenômenos de inundações são resultado do extravasamento do canal fluvial sobre as margens mais baixas do rio, devido ao aumento do volume das águas em decorrência de chuvas intensas, uso e ocupação do solo indevido ou topografias planas (BORGES; FERREIRA, 2019). O leito variável dos rios são áreas naturalmente disponíveis às inundações, recebendo periodicamente esse extravasamento de águas. Estas são áreas, que com a impermeabilização do solo possuem suas características de escoamento natural alteradas, reduzindo tempo de concentração nas bacias de contribuição e sofrendo com aumento das vazões (CAMPOS *et al.*, 2015). Segundo Kron (2002 *apud* GOERL; KOBIYAMA; PELLERIN, 2012), os fenômenos de inundações se tornaram cada vez mais severos e recorrentes, com aumento da intensidade e frequência, e conforme Campioli e Vieira (2019), esse aumento se deve ao crescimento populacional e expansão urbana sobre áreas suscetíveis às inundações; Martins e Ribas (2021) atribui ao planejamento urbano, à compactação do solo, ao “asfaltamento”, à retirada da cobertura vegetal e a ocorrência

de inundações. Borges e Ferreira (2019) concede como fatores preponderantes para as inundações a topografia local em regiões costeiras, pelo nível do mar, sendo intensificado por ações antrópicas como a canalização dos corpos hídricos, descarte de lixo em locais inapropriados e impermeabilização das áreas de contribuição da bacia.

Segundo Tominaga; Santoro e Amaral (2015) a EM - DAT (Emergency Disaster Data Base), banco de dados criado em 1988 pelo Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres - CRED (localizado na Universidade Católica Louvain, em Bruxelas), o Brasil entra na classificação como um dos mais afetados por inundações e enchentes no mundo, evidenciando que as medidas de controle, prevenção de inundações e redução de seus efeitos devem se tornar mais eficazes, buscando ações de integração de risco ao planejamento ambiental (GOERL; KOBAYAMA; PELLERIN, 2012).

Outro ponto a ser levantado é o crescimento urbano acelerado associado a um planejamento ineficaz sucede na ocupação territorial de assentes informais, sem serviços básicos e acessos precários, que desconsidera os riscos de desastres, expondo a população que os ocupa ao aumento da vulnerabilidade e desastres (UFSC, 2020). Deliberações de prevenção e mitigação dos danos gerados englobam obras e projetos de engenharia, políticas públicas de controle de ocupação, estudos e análises técnicas em áreas de risco, além do mapeamento das áreas de suscetibilidade às inundações (GOERL; KOBAYAMA; PELLERIN, 2012; TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015).

Vale ressaltar que a região da baía sul do município de Florianópolis, na foz do Rio Tavares, caracteriza-se por ser uma região de manguezal (ELLER; SANTOS; NASCIMENTO, 2013) e área costeira propensa a alagamentos em situações de preamar (VANZ; GARBOSSA; FERNANDES, 2014). Todos esses fatores foram preponderantes para a escolha da região de estudo.

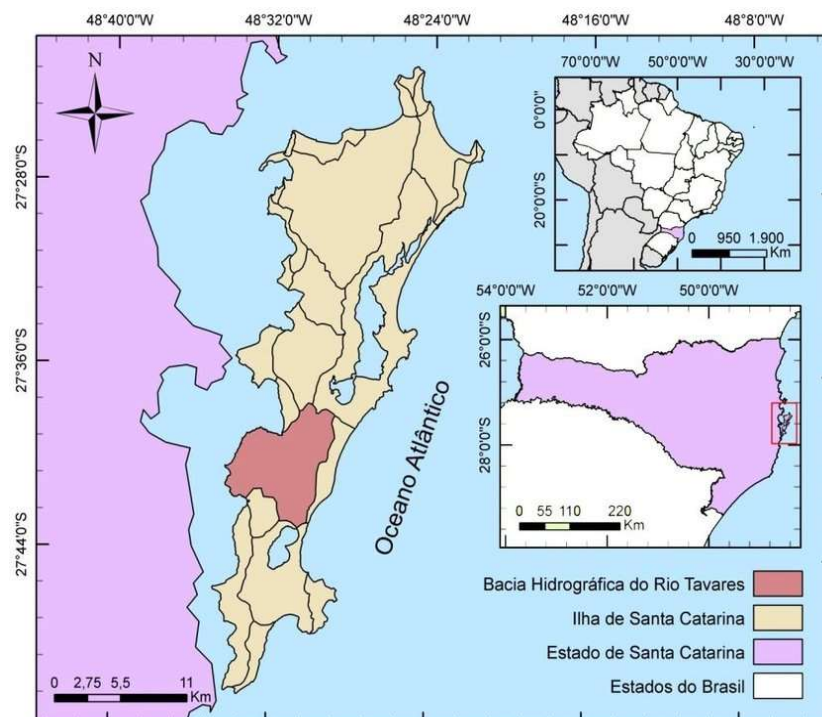
O geoprocessamento será utilizado como uma ferramenta de identificação de áreas urbanizadas, áreas inundáveis, áreas de bacias, topografia, delimitação geográfica da bacia e área de estudo, possibilitando a comparação temporal do desenvolvimento da ocupação ao longo dos anos, identificando a ocupação no leito do rio, dentro das áreas naturalmente inundáveis e destacando residências que se

encontram suscetíveis à inundação. Dos dados de topografia locais e curvas de nível também foi possível obter a maquete para simulação da ocorrência das inundações locais, proporcionando a visualização real da dinâmica de atuação das inundações no terreno local.

1.2 Definição do Problema

Eventos de inundações são recorrentes na região da Bacia Hidrográfica do Rio Tavares, situada na área central de Florianópolis, no Estado de Santa Catarina, gerando impactos periódicos à população que habita as áreas próximas ao leito do rio. A Figura 1 delimita no mapa da Ilha de Florianópolis a Bacia Hidrográfica do Rio Tavares.

Figura 1 – Mapa de relação das Unidades Territoriais de Análise e Planejamento (UTP's) para o município de Florianópolis



Fonte: Dupas, Reboita e Rodrigues (2017).

As Figuras 2 e 6 mostram pontos afetados pela inundação. Por ser uma região litorânea, a área se caracteriza por possuir cotas próximas ao nível do mar, e,

portanto, os eventos se tipificam por apresentarem efeitos de inundações somados a processos fluviais e marinhos (MARTINS; RIBAS, 2021).

Figura 2 - Região inundada na bacia do Rio Tavares



Fonte: Enchente Rio Tavares Florianópolis (2018).

O Plano Integrado de Saneamento Básico de Florianópolis divide a Bacia Hidrográfica do Rio Tavares em Unidades Territoriais de Planejamento (UTP) (FLORIANÓPOLIS, 2011), estando a região supracitada identificada na Figura 3 como Bacia 1. Na Bacia 1 ou Bacia do Campeche Rio Tavares, localizada dentro da UTP Rio Tavares, abrangendo 33,9 km² (SOUZA, 2012) encontra-se, conforme Martins e Ribas (2021), uma das áreas mais suscetíveis à inundação na região da Grande Florianópolis, sendo afetada de forma rigorosa nos principais registros de inundação realizados. Souza (2012) aponta que a região apresenta solos arenosos com alta capacidade de infiltração, porém sofre com a influência da presença de cursos d'água e marés. A Figura 3 mostra a imagem aérea da região da UTP 21 designada pelo Plano Integrado de Saneamento Básico de Florianópolis como Rio Tavares, se localizando a extensão analisada, dentro da Bacia 1, Campeche Rio Tavares.

Figura 3 - Unidades Territoriais do Rio Tavares suas bacias hidrográficas



Fonte: Souza (2012).

Os eventos de enchentes, alagamentos e inundações fluviais em Florianópolis ocorrem principalmente em regiões de manguezais, lagoas e restingas (FLORIANÓPOLIS, 2015c), e, precisamente (justamente), a região de estudo também compõe o Manguezal do Rio Tavares, que mesmo com as perdas por ocupações urbanas (Base Aérea de Florianópolis, Aeroporto Internacional de Florianópolis e ocupação habitacional) ainda é considerado um dos maiores manguezais de Florianópolis. A Figura 4 mostra a ocupação urbana no bairro Rio Tavares em torno no Rio Tavares e manguezal.

Figura 4 - Imagem aérea da região dos bairros Carianos, Rio Tavares e Costeira do Pirajubaé, inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Tavares



Fonte: Adaptado de Google Earth (2022a).

Apesar de possuir canal de drenagem, este encontra-se assoreado e não pode sofrer intervenções por se estabelecer em área protegida ambientalmente (SOUZA, 2012). A Figura 5 mostra a ocupação urbana nas margens do Rio.

Figura 5 – Ocupação urbana às margens do Rio Tavares



Fonte: Luz (2020).

A contínua urbanização desordenada sobre bacias hidrográficas em Florianópolis é um dos fatores contribuintes para a dificuldade de infiltração de água de chuva no solo, assim como o avanço de áreas impermeáveis, que somados ao

comprometimento dos canais de drenagem, colocam em risco de ameaças de inundação 150 mil pessoas (FLORIANÓPOLIS, 2015c). Conforme Tavares e Silva (2008 *apud* SILVA, 2013) um modelo de urbanização que se desenvolve na ocupação de planícies de inundação, ocorrendo ao longo do canal a impermeabilização do terreno, mesmo em topografias planas com infiltração favorecida, perfazem um cenário de catástrofe. A Figura 6 mostra o cenário de alagamento em uma das ruas do Rio Tavares devido à chuvas no ano de 2022.

Figura 6 – Residências locais atingidas por eventos de inundação periódica no Rio Tavares



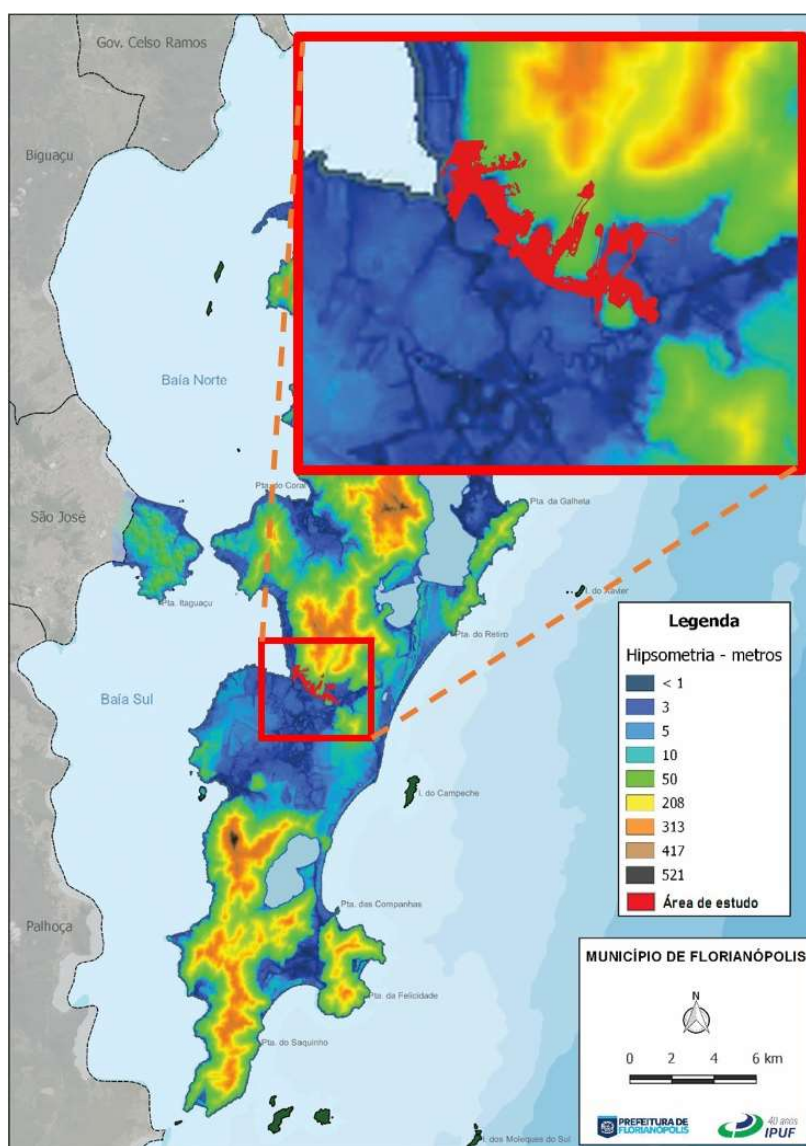
Fonte: Horácio (2022).

A análise integrada dos diversos fatores contribuintes para as inundações serve de guia para ações governamentais que visam a implementação ordenada de intervenções com o objetivo de reduzir a frequência de inundações e controlar a exposição da população aos riscos, oferecendo economia ao Governo Federal (FLORIANÓPOLIS, 2015b; CAMPIOLI; VIEIRA, 2019).

O mapa hipsométrico de Florianópolis ilustrado na Figura 7 representa a elevação na Ilha de Florianópolis através de cores. A Avenida Deputado Diomício de Freitas transpassa a região próxima à foz do Rio Tavares que no mapa apresenta altitudes menores que 1 até 3 m (em cores azuis mais forte) (IPUF, 2022). Por ser

uma área próxima ao nível do mar, as residências e comércios do entorno do Rio e da avenida sofrem frequentemente com eventos de inundações e alagamentos. Segundo Silva (2016), o Rio Tavares Central e Norte, além da Costeira do Pirajubaé, estão entre as localidades que mais sofreram pela frequência acima de 5 inundações bruscas, sendo regiões caracterizadas pela ocorrência de tal evento, entre os anos de 1991 a 2011. Por ser uma região adensada, com impermeabilização de solo e retirada da vegetação, caracteriza-se por ser uma exceção entre as áreas planas que sofreriam com menor frequência de inundações bruscas.

Figura 7 – Região de estudo no mapa hipsométrico de Florianópolis



Fonte: Adaptado de IPUF (2022).

Além desses fatores, a morfologia da bacia favorece a dificuldade de escoamento da água, que flui de um canal estreito de rio para uma baía larga (VANZ; GARBOSSA; FERNANDES, 2014). Monte *et al.* (2017) afirma que há necessidade de considerar a influência da maré sobre as inundações em municípios próximos à costa, por contribuir com marés astronômicas e meteorológicas no aumento do nível dos rios em trechos de níveis baixos ao longo do estuário (KOSUTH *et al.*, 2019 e GARCIA e LOÁICIGA, 2013, *apud* MONTE *et al.*, 2017). Segundo Vanz; Garbossa e Fernandes (2014), há evidências de que faltaram estudos e informações para elaboração do projeto e obras de construção do aterro existente na Rodovia Deputado Diomício de Freitas (VANZ; GARBOSSA; FERNANDES, 2014), alterando drasticamente a morfologia da região leste da baía (SCHETTINI; PEREIRA e SPILLERE, 2000).

Segundo Schettini, Pereira e Spillere (2000), a região da foz do Rio Tavares se caracteriza por enfrentar impactos com o crescimento urbano, sofrendo com canalizações e retirada da vegetação marginal para a construção de residências, gerando assim, uma ocupação não planejada, com alteração de fluxo de escoamento do rio (MONTE *et al.*, 2017). Vanz; Garbossa e Fernandes (2014) atrela os alagamentos aos efeitos de preamar de Sizígia - maior altura das águas de maré produzida pela soma da atração da lua e do sol (MIGUENS, 2016 *apud* UEMA, 2020), ventos do quadrante sul e aumento da vazão de água devido a precipitações.

Sendo assim, o problema a ser estudado é a recorrente inundação ao longo da Rodovia SC-405 e Avenida Deputado Diomício Freitas, que afeta a infraestrutura urbana, que se localizam nas margens do Rio Tavares e Manguezal do Rio Tavares.

1.3 Objetivo Geral

Analisar temporalmente o avanço da ocupação urbana em áreas suscetíveis a inundações recorrentes, por meio de técnicas de geoprocessamento e modelagem tridimensional impressa, na região do Rio Tavares - Florianópolis/ SC.

1.4 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos focam na análise do terreno e abrangência da área afetada em relação às residências existentes no local.

- a) Elaborar a caracterização fisiográfica da área de estudo localizada na sub-bacia hidrográfica;
- b) Quantificar a ocupação urbana na região de estudo dos anos 1977, 1994, 2002, 2009 e 2016;
- c) Analisar o avanço da ocupação urbana sobre as áreas suscetíveis a inundações;
- d) Produzir um modelo de elevação digital e impresso em três dimensões da região de estudo para mostrar o comportamento do aumento do nível da água.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Alguns conceitos são essenciais para o bom entendimento e compreensão da abordagem de uma problemática. A conceituação correta é essencial e evita conflitos de terminologias específicas (BORGES; FERREIRA, 2019). Portanto, é apresentada a revisão de conceitos relacionados ao estudo desenvolvido e que possibilitam o enfoque da análise da ocupação sobre a região de suscetibilidade à inundação na Bacia hidrográfica do Rio Tavares.

2.1 Desastres Naturais

Desastres naturais são eventos causados por fenômenos naturais que causam danos à regiões habitadas pelos seres humanos (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015). Estes podem ser provenientes da interação conflituosa humana com perigos naturais do meio ambiente. Um desastre natural se caracteriza por não ser um evento frequente de perigo e que afeta a população e áreas vulneráveis, causando danos consideráveis. Como resultado dessa interação é possível prever o risco das consequências de prejuízos e perdas sociais, ambientais e econômicas (GOERL; KOBIYAMA; PELLERIN, 2012). Vestena (2008) associa os desastres às características físicas do meio ambiente e modo com que ocorrem os usos e ocupações do solo.

Segundo OPAS (2014), na base de dados internacionais são cadastrados como desastres naturais eventos geológicos, geofísicos, meteorológicos, hidrológicos e climatológicos. Dentre os eventos hidrológicos encontram-se listados alagamentos, enchentes, inundações e deslizamentos. Na conceituação dos termos pertinentes ao estudo, enchentes ou cheias são tratadas como elevação temporária do nível de água em um rio, decorrente do aumento da vazão característica do curso d'água sem o transbordamento do canal; Inundações são tratadas como transbordamento de água acima do limite da calha normal de rios, ocupando as planícies inundáveis; já, alagamentos, ocorrem quando há acúmulo temporário de águas que não escoam devido à insuficiência do sistema de drenagem do local (OPAS, 2014; LICCO, 2015), conforme mostra a Figura 8.

Figura 8 - Esquema do processo de enchente e inundação



Fonte: Licco (2015).

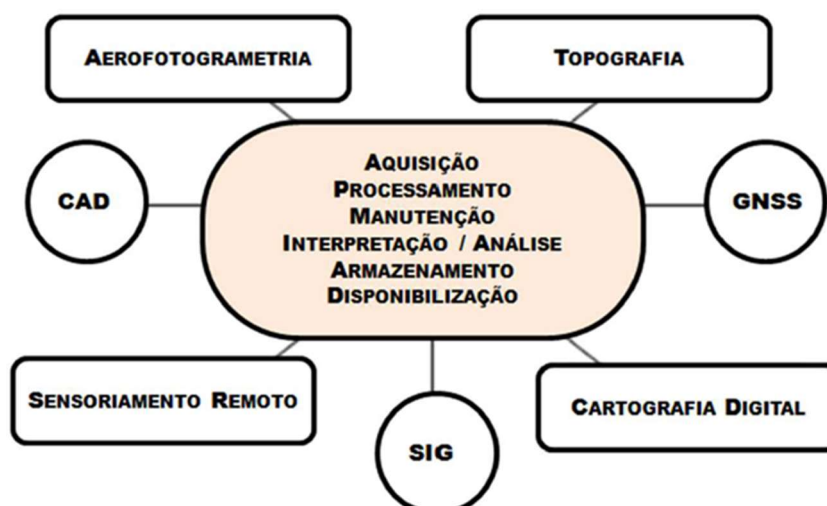
As inundações e enchentes são atreladas a fenômenos naturais de caráter hidrometeorológico, hidrológico e oceanográficos (UN-ISDR, 2002 *apud* TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015), considerando a quantidade e intensidade das precipitações (SOUZA, 1998). A magnitude e frequência de um evento de inundação está relacionada à intensidade, distribuição, taxa de infiltração de água no solo, do grau de saturação do solo, além das características morfométricas e morfológicas da bacia (OPAS, 2014).

Esses perigos naturais atrelados aos desastres se caracterizam por colocarem em risco os sistemas humanos vulneráveis. Segundo Goerl, Kobiyama e Pellerin (2012), perigo é um evento natural que possui potencial para causar danos, e por danos, entende-se como perdas econômicas, sociais e ambientais. À riscos causados por danos, refere-se à probabilidade de consequências dessas perdas, que ocorrem em função do perigo e da vulnerabilidade. O termo vulnerabilidade se refere ao risco a que se expõe a população e a incapacidade desta comunidade de atenuar os danos (PELLING, 2003 *apud* GOERL; KOBİYAMA; PELLERIN, 2012). A vulnerabilidade pode ser determinada através de indicadores como idade, renda, gênero, tipo e condição da residência, serviços de seguradora e portabilidade de necessidades especiais da população (ISDR, 2004 *apud* TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015).

2.2 Geoprocessamento

Denomina-se Geoprocessamento a adoção de técnicas matemáticas e computacionais utilizadas para coletar, processar, armazenar, interpretar, analisar e representar informações espaciais (DOMINGUES, 2007 *apud* SANTOS, 2018; BARBOSA e BURITI, 2022). As tecnologias e métodos que são utilizadas para o geoprocessamento são a topografia, a cartografia digital, o Sistema de Informação Geográfica (SIG), o CAD (Computer Aided Design), o GNSS (Global Navigation Satellite System), o sensoriamento remoto de imagens orbitais e não orbitais, por satélite ou por fotogrametria (SANTOS, 2018). A Figura 9 evidencia as técnicas do geoprocessamento e seus métodos.

Figura 9 - Técnicas e métodos utilizados no geoprocessamento



Fonte: Domingues (2007 *apud* SANTOS, 2018).

Segundo Santos (2018), através do geoprocessamento é possível trabalhar com dados de referência e cadastrais que são armazenados em forma de coordenadas, dados temáticos de estatísticas, de vegetação, uso do solo ou aspectos de geologia, imagens de sensoriamento remoto e modelos numéricos de terrenos, sendo parte dos dados armazenadas de forma vetorial, matricial ou em banco de dados.

O geoprocessamento se mostra crucial nas etapas de levantamento de dados, diagnósticos de problemas, tomada de decisões, planejamento, projeto e execução de ações, assim como na medição de resultados, tornando possível a análise espacial combinada ao mapeamento de problemas urbanos, informações físicas, demográficas, geográficas, topográficas e de infraestrutura (CORDOVEZ, 2002). Segundo Ibrahim (2014), o geoprocessamento é um instrumento relevante para o planejamento ambiental, permitindo coleta de dados do meio físico para estudos de distribuição de população, identificação de áreas e delimitações de regiões específicas, propiciando o estudo da relação da ocupação humana e espaço ambiental.

O levantamento dessas informações, referentes à dados do meio físico e ambientais, era antigamente realizado por documentos e mapas de papéis, através de medições técnicas e observações superficiais, o que inviabilizava a análise por combinação dos dados e mapas. Atualmente, o geoprocessamento realizado por técnicas informatizadas e tecnológicas tornaram as informações mais precisas, com alta qualidade das informações levantadas (IBRAHIN, 2014).

2.2.1 Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto permite através de um conjunto de técnicas e procedimentos obter informações (BARBOSA e BURITI, 2022), dados e imagens da superfície terrestre, objetos, áreas ou fenômenos (IBRAHIN, 2014), utilizando-se da radiação eletromagnética (BARBOSA e BURITI, 2022) emitida ou refletida (MORAES, 2018). O sensoriamento é propiciado por sensores instalados em plataformas orbitais ou aerotransportadas (IBRAHIN, 2014), drones, aeronaves e satélites (BARBOSA e BURITI, 2022), captando os dados de forma remota, sem que ocorra interação direta com o objeto da investigação (MORAES, 2018).

A energia eletromagnética pode ser emitida pelo sol, com parte refletida, ou emitida pela terra, sendo os sensores os responsáveis pela captação e sucessiva transformação em sinais elétricos e assim, transmissão para as estações no planeta Terra (SEBEM, 2022). Cada objeto, meio ou superfície reflete de forma diferente a

radiação eletromagnética, conformando uma assinatura espectral. Essa interação é definida pelas características físico-químicas e biológicas de cada objeto ou superfície, sendo essa resposta de energia eletromagnética refletida, o dado que possibilita quantificar e avaliar sua energia e características (MORAES, 2018).

Segundo Moraes (2018), essa interação eletromagnética só é possível pois a energia eletromagnética não necessita de um meio material para propagar as ondas. O fluxo energético é caracterizado pelo comprimento de onda e pela frequência, que organizados geram o espectro eletromagnético. A organização se perfaz em bandas onde o comprimento de onda ou frequência possuem comportamento semelhante. Quanto maior o comprimento de onda, menor a quantidade de energia, sendo mais difícil detectar maiores comprimentos de onda (SEBEM, 2022).

2.2.2 Sistemas de Informações Geográficas

O Sistema de Informações Geográficas é formado pelas ferramentas tecnológicas do geoprocessamento que propiciam a assimilação e integração de várias fontes de dados, conformando em bancos de dados georreferenciados, proporcionando análises espaciais e investigações complexas (CÂMARA *et al.*, 2005 *apud* IBRAHIN, 2014).

Segundo Barbosa e Buriti (2022), os SIG viabilizam o processamento de dados georreferenciados desde sua coleta até o processamento em forma de relatórios, mapas e arquivos digitais. Estes podem manipular os dados, gerenciar, analisar e apresentá-los de forma visual, permitindo o cruzamento de informações que são provenientes de satélites, informações de GPS, dados de topografia (BARBORA e BURITI, 2022), dados cartográficos, dados de censos, cadastros urbanos e rurais ou dados de modelos numéricos de terreno (CÂMARA, 1993 *apud* IBRAHIN, 2014).

Conforme Ibrahim (2014), o sistema de informações geográficas é composto por dados geográficos de informações, Hardware, Software e recursos humanos. Sendo o componente de Dados, camadas que guardam informações de localização e que armazenam em sua Tabela de Atributos seus elementos (BARBOSA e BURITI, 2022). Os dados manipulados pelos Softwares são vetoriais, matriciais e

ainda podem ser dados tabulares, sendo o primeiro representado por pontos, linhas e áreas; o segundo em células de tamanhos iguais, em forma de malha, que podem corresponder um valor representativo de uma classe, elemento ou variação de uma camada; e os dados tabulares, que associados ou não à dados gráficos ou espaciais de uma estrutura vetorial descrevem e complementam entidades espaciais (SANTOS, 2018). Ainda, os dados matriciais ou Raster são armazenados em linhas e colunas podendo ser representados por imagens de cobertura da terra ou de nuvens e os dados vetoriais podem representar qualquer elemento através dos formatos geométricos, podendo reproduzir rios, árvores, estradas etc (BARBOSA e BURITI, 2022). Tratando do componente Software, são programas de computadores que permitem processar e manipular os dados; ainda, considerando os recursos humanos, trata-se dos profissionais preparados para gerenciamento, análise, manipulação e produção de resultados dos dados de entrada (IBRAHIN, 2014).

2.3 Ocupação Urbana

Atualmente a população estimada de Florianópolis é de 516.524 pessoas (IBGE, 2022), apresentando crescimento populacional considerável nas últimas décadas, como é apresentado na Tabela 1.

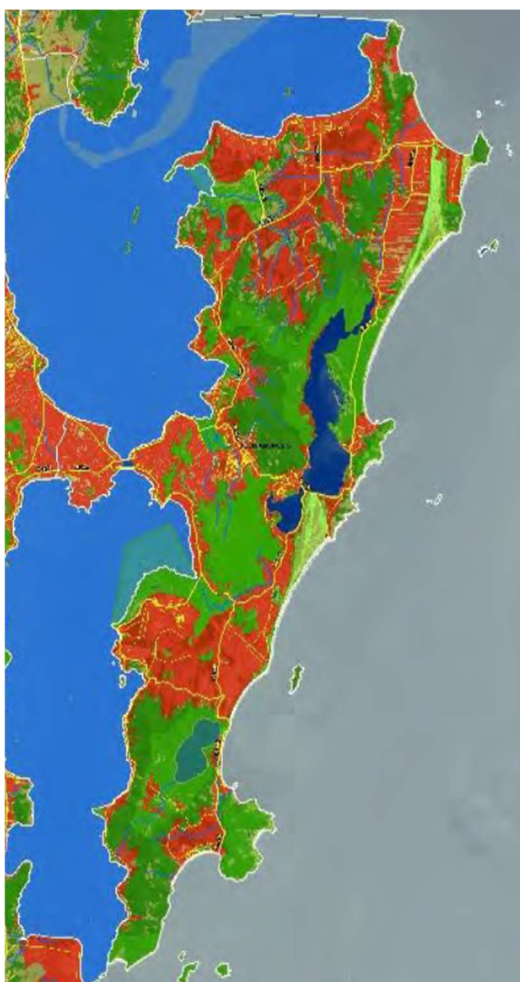
Tabela 1 - População de Florianópolis

Ano	População
1960	98.520
1970	143.414
1980	196.055
1991	254.941
2000	341.781
2010	421.240

Fonte: Eller, Santos e Nascimento (2013).

De acordo com Florianópolis (2015b), o “Relatório de Estudo 3: Crescimento Urbano” elaborado pela Prefeitura de Florianópolis determinou a tendência de crescimento urbano e definiu que os padrões de crescimento seguiriam avançando para áreas não urbanas, como já ocorre atualmente, devido à vulnerabilidade da regulamentação e fiscalização do avanço da ocupação, impactando principalmente a qualidade do meio ambiente e afetando indiretamente a economia local. A Figura 10 mostra a tendência de crescimento nos próximos 25 anos, evidenciando em vermelho a mancha de ocupação urbana.

Figura 10 - Tendência de Expansão da Mancha Urbana em Florianópolis



Fonte: Florianópolis (2015b).

O estudo estima um crescimento de 203% da população de forma dispersa, dificultando a implantação de infraestrutura, e estimando-se uma população de

734.805 mil habitantes até 2050. O cenário tendencial considera ainda que esse avanço da ocupação urbana seguirá características de aumento sobre áreas verdes, inclusive manguezais, reduzindo o grau de conservação destas zonas (FLORIANÓPOLIS, 2015b). Uma das consequências do crescimento urbano é apontada por Alves (2011):

“No estado de Santa Catarina, a supressão da mata ciliar é uma das maiores ameaças à qualidade dos recursos hídricos, uma vez que favorece o assoreamento dos rios, as enchentes e a contaminação por esgoto e efluentes industriais” (ALVES, 2011, pg. 12).

2.4 Maré

A definição de maré é dada como uma oscilação vertical da superfície do oceano (SIMONETTI, 2016). O fenômeno de maré é causado pela atração gravitacional do sol e da lua sobre a terra (DHN, 2002 apud SIMONETTI, 2016), perfazendo-se a maré astronômica ou ainda pode ser influenciado por variáveis meteorológicas (VANZ; GARBOSSA; FERNANDES, 2014).

A maré é sujeita à forças que variam conforme alteração da declinação e excentricidade das órbitas da lua e terra em relação ao sol (SIMONETTI, 2016) e conforme NOAA (2015 apud SIMONETTI, 2016), possui maior influência sobre as marés a força geradora da Lua, essa encontra-se à uma distância reduzida da terra quando comparada ao sol (SIMONETTI, 2016). Ainda, as marés meteorológicas são causadas pelo vento e pressão (VANZ; GARBOSSA; FERNANDES, 2014).

Quando próximo à costa, as marés formam correntes que se propagam horizontalmente, causando ressonância na bacia quando atua na entrada do exultório. Possui influência sobre as marés os aspectos físicos da baía e estuário (SIMONETTI, 2016), região onde ocorre o encontro e diluição entre a água de mar e rios (SCHETTINI; PEREIRA; SPILLERE, 2000).

2.5 Mangues

Os mangues são formações naturais de vegetação que se desenvolvem no encontro entre rios e mares, com ocorrência da mistura de água doce e salgada,

formando um ecossistema biodiverso. Estes ocorrem em regiões tropicais e subtropicais sendo caracterizado por formações vegetação em regiões alagadiças. Atuam na função de evitar processos de erosão e assoreamento de praias (WWF, 2022). Em Florianópolis os manguezais se encontram principalmente na região oeste da Ilha, ao sul, banhada pela Baía Sul (ELLER; SANTOS; NASCIMENTO, 2013), região do presente estudo.

Segundo Florianópolis (2015c), em Florianópolis os manguezais são as regiões que mais sofrem com enchentes e alagamentos e são ambientes sujeitos à influência de marés (ELLER; SANTOS; NASCIMENTO, 2013), contribuindo assim para os eventos de inundação, conformando num processo associado fluvial e marinho (MARTINS; RIBAS, 2021).

2.6 Áreas inundáveis e planícies de inundação

Áreas inundáveis são regiões vulneráveis à ocorrência de enchentes em decorrência da baixa declividade da topografia do terreno e que sofrem inundações devido à contribuição de eventos externos, não havendo a deposição de sedimentos em todas as ocorrências. Esses eventos externos podem ser eventos de precipitação, ações humanas (BORGES; FERREIRA, 2019), ou ainda, ocorrência de processos marinhos ou marés (MARTINS; RIBAS, 2021). Estas regiões inundáveis não se caracterizam por serem unidades geomorfológicas, não ocorrendo a sedimentação. O processo de sedimentação trata da demanda de remoção, transporte e deposição do material solto proveniente das partículas de elementos intemperizados nos cursos d'água (BORGES; FERREIRA, 2019).

Segundo Borges e Ferreira (2019), áreas suscetíveis à inundação ocorrem em canais encaixados, canais pedregosos ou extensões em que a topografia possibilite o extravasamento de água além do limite do leito principal do canal fluvial em eventos críticos específicos. A linha média de inundação pode ser superior ao limite de planícies de inundação, podendo ser emergidas em eventos de precipitação extrema, porém distinguindo-se das planícies de inundação por não possuírem as mesmas características fisiográficas.

Em contrapartida, Borges e Ferreira (2019) afirma que as planícies de inundação são áreas que margeiam os cursos d'água e formam deposições sedimentares, podendo inundar em períodos de cheia. Caracteriza-se por ser uma unidade geomorfológica em que ocorre o acúmulo de sedimentos ocorre em função da ação da água.

Da mesma forma que em áreas inundáveis, planícies de inundação ocorrem em áreas de gradiente topográfico baixo, ou o declive favorece a deposição de sedimentos e retenção desses materiais transportados pela água. Essas regiões são associadas aos regimes climáticos e hidrológicos, formando a deposição de sedimento e, portanto, se caracterizando por serem fenômenos para condição de equilíbrio. A geometria do canal gera interferência direta na dinâmica do fluxo do transporte e retenção dos sedimentos. Cursos d'água retilíneos e os com meandros geram pequena carga de fundo e alto volume de carga suspensa, enquanto canais largos proporcionam transporte rápido de sedimentos e transporte contínuo das deposições laterais (BORGES; FERREIRA, 2019).

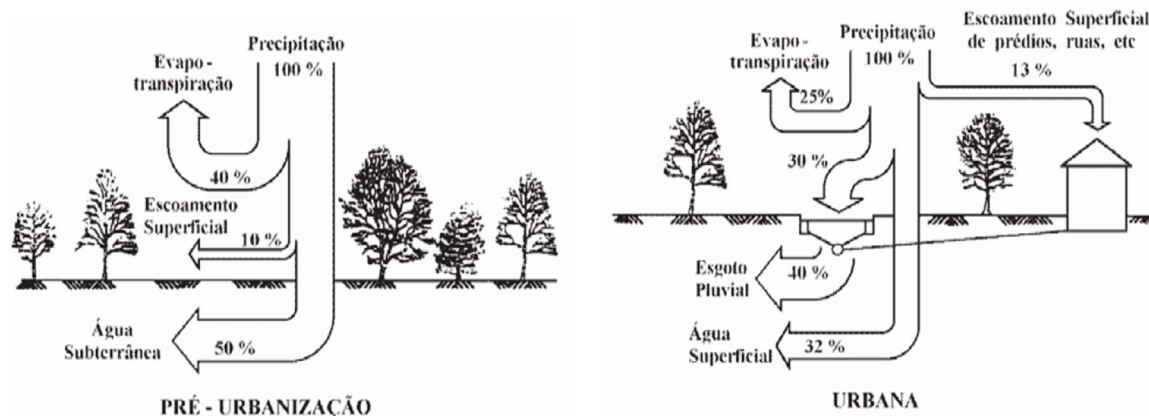
2.7 Conceitos de Hidrologia

Tucci e Silveira (2014) afirmam que as bacias hidrográficas apresentam relevância significativa, pois formam uma área onde se conforma a captação natural de água precipitada, ocorrendo a drenagem através de um canal fluvial que descarrega a vazão num único ponto de saída, o exutório da bacia. Se torna fundamental também pela simplificação no acompanhamento e quantificação em estudos hidrográficos (FINKLER, 2012), pois se caracteriza por um ponto de entrada e saída no sistema, sendo um conjunto de superfícies e de rede de drenagem que confluem num leito único (TUCCI; SILVEIRA, 2014).

CAMPOS *et al.* (2015) afirmam que enchentes naturais são fenômenos periódicos que proporcionam o extravasamento da calha menor, fazendo com que o leito maior dos rios seja ocupado. Segundo Finkler, (2012), as ocupações urbanas nas bacias hidrográficas desencadeiam prejuízos de contaminação dos recursos hídricos, assim como prejuízos para as características naturais da bacia, alterando os padrões

de fluxo da água. O aumento desordenado das áreas urbanas gera a impermeabilização das superfícies originalmente infiltrantes, provocam aumento da velocidade de escoamento e concentração do volume dos rios principais. O processo de ciclo hidrológico é prejudicado devido à diminuição da cobertura vegetal, reduzindo a fase de evapotranspiração, assim como limitando o processo de infiltração de água no solo devido a impermeabilização deste, e por fim, reduz o escoamento subterrâneo (FINKLER, 2012). A Figura 11 representa como o ciclo hidrológico é afetado com a influência da urbanização.

Figura 11 - Esquema de proporção do ciclo hidrológico pré urbanização e pós urbanização



Fonte: Adaptado de Finkler (2012 *apud* TUCCI *et al.*, 1995).

2.7.1 Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico é definido como o processo natural de transferência da água disponível no planeta através das diferentes camadas e superfícies do meio ambiente. O ciclo hidrológico é composto pelas fases de: precipitação, escoamento superficial, infiltração, evaporação de rios e oceanos e evapotranspiração na área de cobertura vegetal (LISBOA, 2005). A precipitação caracteriza-se pela chegada de água na superfície do planeta, seguindo para o escoamento superficial dessa água por gravidade, sendo que parte infiltrada no solo e parte escoando sobre o solo ou ainda passa pela evapotranspiração e/ou evaporação da água, diferenciando-se estas últimas fases pela forma de transformação da água para o estado vaporizado (na evapotranspiração ocorre a evaporação da água através da transpiração das plantas

e a fase da evaporação ocorre pela radiação solar nos espelhos d'água) (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2022).

A fase de precipitação decorre do resfriamento do vapor até o ponto de orvalho desencadeando a precipitação em forma de chuva (ou gelo e neve). A formação da chuva parte de uma partícula inicial no estado líquido, desenvolvendo-se a difusão molecular de partículas do vapor de água em torno desta, assim, formando a gota de chuva. As impurezas contidas na atmosfera atuam como núcleos de condensação e proporcionam a formação das gotas de chuva, necessariamente desenvolvendo-se para gotas maiores, que ultrapassam a resistência do ar, dependendo dessa formação da umidade disponível e do processo de condensação para formação de gotas. Dados de precipitação são adotados em quase todos os estudos hidrológicos, sendo determinadas medidas como Altura pluviométrica, intensidade, duração e frequência (LISBOA, 2005).

O escoamento superficial ocorre da água que se movimenta livremente na superfície do solo até o encontro com um rio (VILELA; MATTOS, 1975 *apud* LISBOA, 2005). A diferença entre o volume precipitado e o volume infiltrado no solo se refere à chuva efetiva, ou seja, o volume que efetivamente escoou superficialmente (LISBOA, 2005).

Segundo Tucci (2014 *apud* TUCCI; SILVEIRA, 2014), uma precipitação intensa pode resultar numa vazão superior à capacidade de drenagem de um canal fluvial, ocorrendo a ocupação da calha normal do rio e inundando as áreas ribeirinhas. Estudos hidrológicos aplicados à engenharia consideram estimativas de vazão de cheia em regiões específicas dos rios e são analisados dados de taxas de ocorrência de precipitação, infiltração e escoamento superficial em intervalos de tempo (LISBOA, 2005).

2.7.2 Caracterização Fisiográfica de uma bacia

A caracterização fisiográfica de uma bacia é essencial para que seja possível conhecer os fenômenos que ocorrem na bacia e determinar uma previsão da descarga dos rios, possibilitando melhor entendimento do comportamento hidrológico

no sistema da bacia (PALARETTI, 2013; GUIMARÃES, 2017). Tucci e Silveira (2014), apontam que os dados fisiográficos são todos os dados que são possíveis de serem obtidos através de mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite, como área da bacia, comprimento, declividade e cobertura do solo. Guimarães (2017) afirma ser necessário para o estudo hidrológico conhecer as características geométricas, o sistema de drenagem, o relevo, a geologia, o uso e ocupação do solo e a cobertura vegetal, podendo ser obtidos através de análise qualitativa ou quantitativa.

Assim, trata-se de características fisiográficas da bacia parâmetros como a área de contribuição da bacia, o índice de drenagem, o índice de declividade (TUCCI; SILVEIRA, 2014), o fator de forma, coeficiente de compacidade e o índice de conformação, a classificação do regime de escoamento e ordem dos cursos d'água, frequência de rios, a sinuosidade, a altitude média (PALARETTI, 2013) e tempo de concentração (GUIMARÃES, 2017).

A determinação dos parâmetros de caracterização da bacia tem relevância, pois segundo Villela e Mattos (1975 *apud* DAL'ANNIO, 2019) a forma da bacia influi no tempo que leva para a chuva escoar sobre a superfície, assim como a declividade influi na velocidade que essa água escoar sobre a superfície e a cobertura vegetal interfere no índice de infiltração da água no solo (PALARETTI, 2013), uma vez que retirando-se a vegetação e impermeabilizando o solo, reduz-se a quantidade de infiltração de água neste (SCHUCH *et al.*, 2022), assim, relacionando-se essas características à possibilidade de picos de enchentes (PALARETTI, 2013). Ainda, conforme Guimarães (2017), a partir da forma da bacia e densidade de drenagem é possível prever a tendência para cheias.

Associado ao escoamento superficial da água está o parâmetro de tempo de concentração da bacia que se refere ao tempo que leva para toda a área da bacia contribuir para o escoamento superficial em um ponto de controle (ARAÚJO *et al.*, 2011) ou o tempo necessário para que uma gota que cai no ponto mais afastado da bacia chegue ao exutório da bacia hidrográfica (GUIMARÃES, 2017), sendo esse fator diretamente influenciado pelas características fisiográficas da bacia (ARAÚJO *et al.*, 2011 *apud* DAL'ANNIO, 2019), podendo ser determinado por equações matemáticas por métodos empíricos ou semiempíricos levando em consideração o índice de

escoamento, o comprimento do plano de escoamento e inclinação do terreno ou ainda a altura do terreno e coeficiente de uso e ocupação do solo (método semiempírico) (SCHUCH *et al.*, 2022). A forma de cálculo adotada depende da aplicação e forma como foi criada a fórmula (DAL'ANNIO, 2019).

O modelo digital de elevação é uma representação matemática da distribuição espacial do terreno e representa a propriedade de elevação da topografia. O modelo digital vincula a elevação à superfície real do terreno e permite gerar perspectivas tridimensionais (CUNHA, 2001). A partir do Modelo digital de Elevação (MDE) é possível obter as direções de fluxo de água de uma superfície de terreno, simulando o caminho da água e o caminho percorrido por sedimentos ao longo da topografia (NARDI *et al.*, 2008 apud JARDIM, 2017). Segundo Paz; Collischonn (2017 apud JARDIM, 2017) a direção de fluxo em uma bacia é um dado essencial para a modelagem hidrológica e desta também é possível obter demais parâmetros da bacia como sua delimitação, áreas de contribuição, rede de drenagem, comprimento, declividade dos trechos de drenagem, dentre outros parâmetros.

2.8 Software para manipulação de dados

O programa adotado para trabalhar com os dados obtidos é o QGIS, software livre e de código aberto, que possibilita visualizar, gerenciar, editar, analisar dados e gerar mapas, utilizando de apoio diversos plugins. O QGIS suporta dados vetoriais, matriciais e bancos de dados (QGIS, 2022).

Conforme Barbosa e Buriti (2022), o Software suporta diversos tipos de dados e pode gravar mais de 70 (Setenta) formatos vetoriais. Além de mais de 900 ferramentas de processamento, também é possível contar com mais de 1.500 (mil e quinhentos) plugins que adicionam diversas funcionalidades na execução do aplicativo.

O programa possibilita o gerenciamento e uso de dados geográficos digitais, proporcionando análises espaciais e temporais contando com a conexão a diversos bancos de dados e servidores externos. Pode ser adotado na Engenharia, Arquitetura, Agronomia, Agropecuária (GEOEDUC, 2022) e demais áreas com a

aplicação de análise de dados, criação de mapas e análise de imagens de satélites (BARBOSA; BURITI, 2022). Na Construção Civil o software tem aplicação na análise estrutural, na análise de impacto ambiental, no setor de Transportes, na modelagem hidráulica e hidrológica e em levantamentos topográficos (BIBLUS, 2022).

2.9 Impressão de modelos físicos tridimensionais – Impressão 3D

A impressão de modelos físicos tridimensionais possibilita a compreensão das informações inerentes à topografia de uma paisagem, estendendo a visualização obtida através do mapeamento digital e imagens, servindo como ferramenta para ampliação da percepção espacial de uma superfície, colaborando para a ilustração da superfície do terreno semelhante ao que se apresenta na natureza (QUOOS; FIGUEIRÓ, 2021). A tecnologia de impressão 3D é utilizada na área da geotecnia por proporcionar a compreensão de soluções em projetos de âmbito topográfico, servindo de auxílio para planejamento, projeto e obra (MOUTINHO, 2022), assim como pode ser utilizado na produção de mapas 3D na arquitetura, no planejamento urbano, em projetos de infraestrutura e ainda como material de ensino na educação escolar (GRAÇA *et al.*, 2021).

Com o objetivo de demonstrar a topografia e cobertura do solo como de fato se apresenta na natureza e como estímulo à percepção que não é suscitada através do mapeamento (QUOSS; FIGUEIRÓ, 2021), à partir dos dados de geoprocessamento, que geram estes mapeamentos, será produzido maquete ou protótipo da topografia da área de estudo, proporcionando melhor compreensão da perspectiva no contexto topográfico, auxiliando através de um modelo físico (MOUNTINHO; FERREIRA, 2022) e possibilitando a análise da representação do relevo e da macro-forma da sua superfície (FLORENZANO, 2008 *apud* GONÇALVES; SOUZA; LIMA, 2019). A Tecnologia de impressão 3D FFF (Fused Filament Fabrication) é associada à modelação digital gerada a partir dos dados SIG, que replica maquetes com rigor da geometria modelada (GONÇALVES; SOUZA; LIMA, 2019). O processo utiliza-se de modelos digitais de representação do relevo para a obtenção de um modelo físico manuseável em tempo consideravelmente reduzido, podendo usufruir os dados geoespaciais obtidos por técnicas de levantamento

tridimensional da Cartografia, de sistemas de captura Scanners 3D e dados de equipamentos de levantamentos topográficos. A produção de protótipos da superfície terrestre possibilita a interpretação e visualização da topografia por indivíduos que possuem pouco conhecimento da geografia ou ainda pouco acesso à tecnologias de desenho assistido por computador, sendo uma forma de agregar à ferramenta de mapas a concretização de informações geográficas para conscientização da população, a inclusão do protótipo como ferramenta didática (QUOSS; FIGUEIRÓ, 2021), podendo contribuir para tomada de decisões (GRAÇA *et al.*, 2021).

3. METODOLOGIA

O presente Trabalho de Conclusão de Curso analisou o avanço temporal da ocupação urbana em áreas sujeitas a inundações recorrentes na região do Rio Tavares, localizada na cidade de Florianópolis/ SC.

O desenvolvimento do estudo aplicou métodos qualitativos e quantitativos para a elaboração da pesquisa, por meio da utilização de uma base de dados geoespacial e informações obtidas de revisão da literatura. A apresentação metodológica abordou a temática central tendo como área de estudo parte da SC-405 e Avenida Deputado Diomício de Freitas, localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Tavares.

Para a análise da área de estudo utilizou-se dados geoespaciais de 5 anos para que se possa obter a avaliação da ocupação urbana sobre as áreas vulneráveis à inundação. A Tabela 2 expõe os materiais utilizados para o estudo em questão e sua fonte.

Tabela 2 – Dados utilizados para o desenvolvimento da análise

Dado	Classe, tipo ou formato	Fonte
Fotografia Aérea de 1977	Fotografia aérea	IPIUF
Fotografia Aérea de 1994	Fotografia aérea	IPIUF
Fotografia Aérea de 2002	Fotografia aérea	IPIUF
Fotografia Aérea de 2009	Fotografia aérea	IPIUF
Ortofoto de 2016	Ortofoto	IPIUF
Imagem Rapid Eye de 2018	Imagem de Satélite	MMA
Curvas de Níveis de metro a metro de Florianópolis	SHP	Geoportal PMF
Unidades Hidrográficas de Santa Catarina	SHP	MAPOTECA EPAGRI
Limite de Florianópolis	SHP	Geoportal PMF
MDE de Florianópolis	TIFF	Geoprocessamento PMF
Áreas inundáveis de Florianópolis	SHP	Geoportal PMF
Nascentes de Florianópolis	SHP	Geoportal PMF

Fonte: Elaboração própria (2023).

Os procedimentos realizados abrangeram a limitação da área de estudo, permitindo assim a obtenção dos dados fisiográficos, que complementaram as informações para caracterização da bacia. Para embasamento da análise foram utilizados os arquivos vetoriais de limites das Unidades de Bacias Hidrográficas municipais, os limites vetoriais de Florianópolis, curvas de níveis de metro a metro do município, os cursos d'água do Geoportal de Florianópolis e Cursos d'água da ANA, as nascentes dos rios, as áreas inundáveis e Hidrografia da Bacia do Rio Tavares, possibilitando a edição dos dados a partir das ferramentas de geoprocessamento do Software QGIS e para a concepção do mapa de direção de fluxo é utilizado o Software

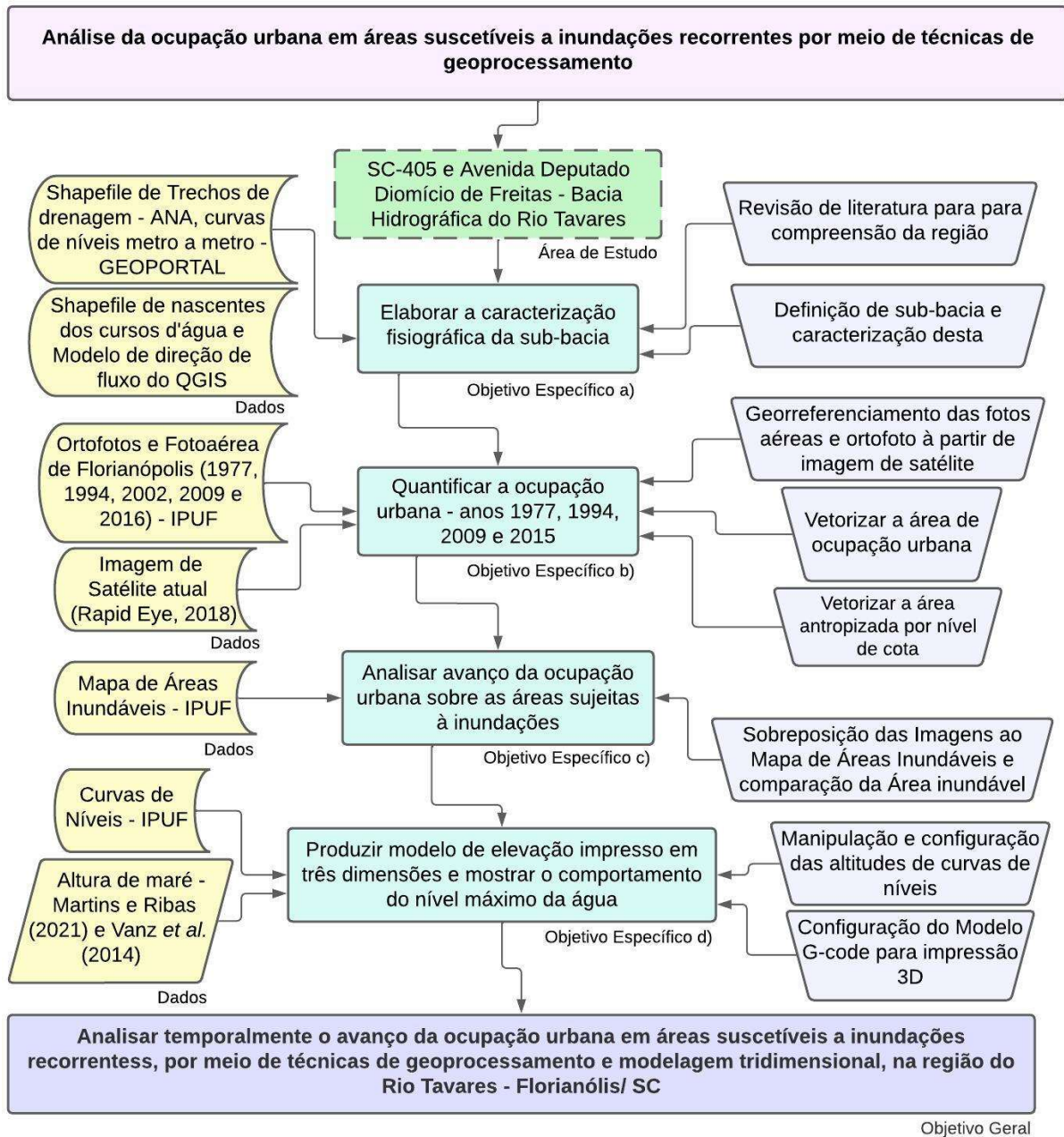
Civil 3D, extraindo setas de direção do fluxo das águas pluviais na superfície topográfica através da ferramenta Slope Arrows.

A análise foi realizada com o auxílio do Software QGIS 3.26.2 – Buenos Aires. Foram considerados os parâmetros de mapa de inundação de Florianópolis disponibilizados pelo GEOPORTAL de Florianópolis, além dos dados históricos de inundação apresentados por Martins e Ribas (2021) e dados de maré apresentados por Vanz; Garbossa e Fernandes (2014).

Para a concepção do modelo físico foi utilizado o arquivo de curvas de níveis de metro a metro da região analisada, realizando a manipulação dos dados e correção a partir do Software AutoCAD 2023, além da concepção da superfície topográfica a partir do Revit 2023. Para configuração para impressão 3D foi adotado o Software Ultimaker Cura e com produção do modelo físico tridimensional pela impressora Creality Ender 3 3D, disponibilizada pelo Laboratório IF-Maker do Instituto Federal de Santa Catarina.

A Figura 12 apresenta o fluxograma das etapas metodológicas para o desenvolvimento deste TCC.

Figura 12 - Fluxograma de aplicação metodológica da pesquisa

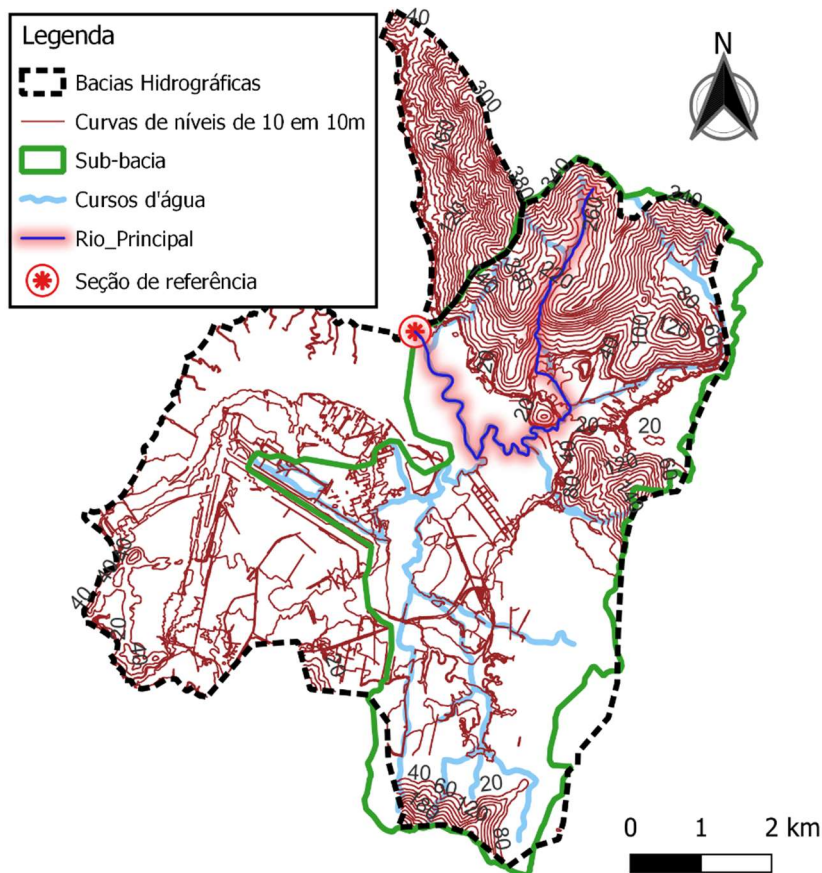


Fonte: Elaboração própria (2023).

3.1 Caracterização da Sub-bacia hidrográfica

Para caracterização da sub bacia de contribuição para o exutório da região analisada utilizou-se o arquivo shapefile de unidade hidrográficas disponibilizado pela EPAGRI/CIRAM, porém havendo necessidade de complementar o vetor dos cursos d'águas usando a ferramenta de vetorização do QGIS. A delimitação da área da sub-bacia se perfaz pelo contorno que se define da linha de cota mais alta onde a precipitação que cai sobre a bacia se encaminha para um ponto só, podendo ser observado como o divisor topográfico do fluxo dos cursos d'águas e canais artificiais (BARBOSA, 2007). A Figura 13 mostra os dados utilizados para se delimitar a sub-bacia estudada, sendo possível estabelecer a área de estudo a partir dos dados vetoriais de curvas de níveis do Geoportal da prefeitura de Florianópolis (GEOPORTAL, 2023), Bacias hidrográficas da Mapoteca da EPAGRI (EPAGRI/CIRAM, 2023), Cursos d'água da ANA (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS E SANEAMENTO, 2023).

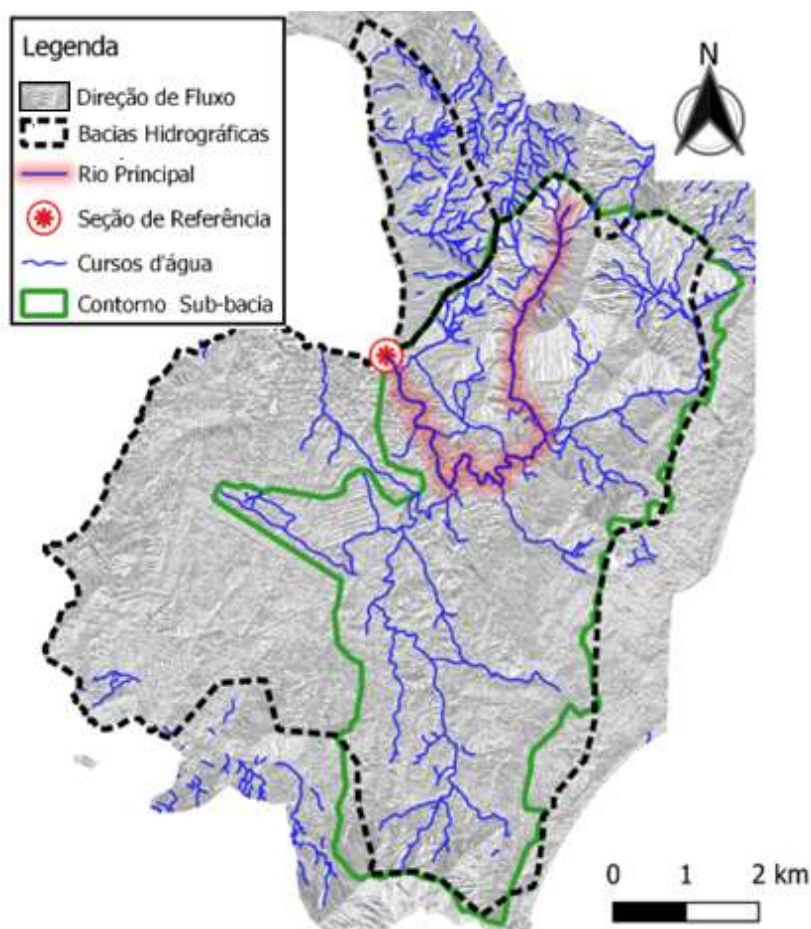
Figura 13 – Dados base para caracterização da sub bacia



Fonte: Adaptado de Geoportal (2023), EPAGRI/CIRAM (2023), Agência Nacional das Águas e Saneamento (2023).

Para o traçado dos rios e canais foram usados como referência as curvas de níveis, imagem de satélite do google Earth do recurso do HCMGIS do software QGIS, as fotografias aéreas e ortofoto históricas, arquivo vetorial de áreas inundáveis disponibilizado pelo Geoportal da prefeitura, arquivos raster de sub-bacias (Half Basins), direção de fluxo (Drainage Direction) e Rios (Stream segments) gerados com a ferramenta watershed a partir do arquivo raster de Modelo digital de Elevação de 5m também cedido pelo Geoportal da Prefeitura de Florianópolis, possibilitando o traçado dos rios que contribuem para o rio principal, podendo-se à partir desse dado determinar da ordem dos rios e assim o Rio principal, como mostra a Figura 14. Os dados vetoriais usados para elaboração da Figura 14 advém das Bacias hidrográficas da Mapoteca da EPAGRI (EPAGRI/CIRAM, 2023) e Cursos d'água da ANA (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS E SANEAMENTO, 2023), os demais dados foram gerados pelo autor.

Figura 14 – Sub bacia, direção de fluxo, canais de drenagem e definição do rio principal

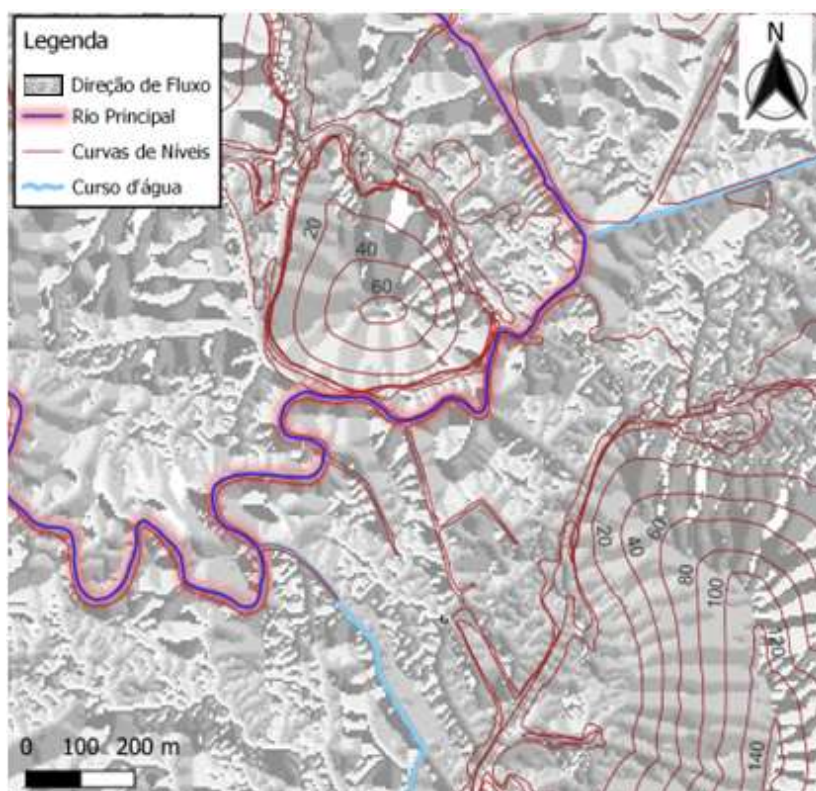


Fonte: Adaptado de EPAGRI/CIRAM (2023) e Agência Nacional das Águas e Saneamento (2023).

Ainda, para definição da sub-bacia, com as áreas que contribuem para o exutório do rio principal foi necessário a criação do vetor Sub-bacia, adotando a ferramenta de vetorização, usando como referência além do traçado dos cursos d'água disponibilizado pela prefeitura de Florianópolis, os Trechos de Drenagem e Cursos d'água disponibilizados pela ANA, curvas de níveis de metro a metro, os arquivos raster gerados a partir do MDE como citados anteriormente, possibilitando-se assim obter o perímetro da microbacia e área, permitindo definir o coeficiente de compacidade, fator de forma, densidade de drenagem, declividade e outros parâmetros pertinentes à caracterização da bacia. O Rio principal e a direção de fluxo gerados através do Qgis é mostrado na Figura 15, juntamente com as curvas de níveis

de 20 em 20 metros e vetor de cursos d'água. Os dados contidos na Figura 15 são curvas de níveis modificadas do Geoportal da prefeitura de Florianópolis (GEOPORTAL, 2023) e Cursos d'água da ANA (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS E SANEAMENTO, 2023). Os demais dados da figura foram gerados pelo autor.

Figura 15 – Dados base para caracterização da sub bacia



Fonte: Adaptado de Geoportal (2023) e Agência Nacional das Águas e Saneamento (2023).

Conforme Lisboa (2005), a ordem dos rios se refere ao grau de ramificação dos cursos d'água, sendo o canal de terceira ordem, aquele que pode receber um ou mais tributários de segunda ordem ou ainda receber afluentes de primeira ordem.

O coeficiente de compacidade, k_c , se refere a uma unidade adimensional que varia conforme a forma da bacia, atribuindo, a unidade um, ao formato de uma bacia circular. Quanto mais irregular a bacia, maior será o coeficiente de compacidade (VILLERLA E MATTOS, 1975 apud LISBOA, 2005). Segundo Carvalho e Silva (2006 apud SCHUCH *et al.*, 2022) quanto menor o índice de compacidade em uma bacia,

ou seja, quanto mais próximo de 1, maior é a tendência de picos de enchentes. É calculado conforme a Equação 1:

$$k_c = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Onde:

K_c = Coeficiente de Compacidade

P = Perímetro (m)

A = Área da bacia (m²)

Conforme Lisboa (2005), o fator de forma relaciona a largura média da bacia ao seu comprimento axial e quanto mais baixo o fator, a bacia é menos sujeita à enchente. Ainda, aponta que bacias estreitas e longas, com fator de forma de baixo valor, possuem menor possibilidade de serem atingidas por chuvas intensas em toda a extensão da bacia ao mesmo tempo. A Equação 2 foi adotada para determinar o fator:

$$k_f = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

Onde:

K_f = Fator de Forma

A = Área da bacia (m²)

L = Comprimento da bacia (m)

A densidade de drenagem é a relação entre o comprimento total do rio e área da bacia. O parâmetro varia de forma inversa à extensão do escoamento superficial, indicando a eficiência da drenagem. Bacias com até 0,5km/km² possuem drenagem pobre, bacias com densidade de drenagem maior que 3,5km/km² indicam

uma ótima capacidade de drenagem (VILLELA E MATTOS, 1975 apud LISBOA, 2005).

$$Dd = \frac{\sum L}{A} \quad (3)$$

Onde:

Dd = Densidade de drenagem (km/km²)

$\sum L$ = Comprimento total dos cursos d'água (km)

A = Área da bacia (km²)

Os canais possuem padrões de distribuição dos rios que conforme Bolotari (2019 apud LOPES et al., 2018) podem ser retilíneos, sinuosos, meandantes, entrelaçados ou ainda anastomosados. A Equação 4 apresentada foi adotada para obtenção do parâmetro.

$$Is = \frac{L}{Dv} \quad (4)$$

Onde:

Is = Índice de Sinuosidade

L = Comprimento do canal principal (m)

Dv = Distância vetorial entre os extremos do canal principal (m)

A Tabela 3 indica a classificação numérica:

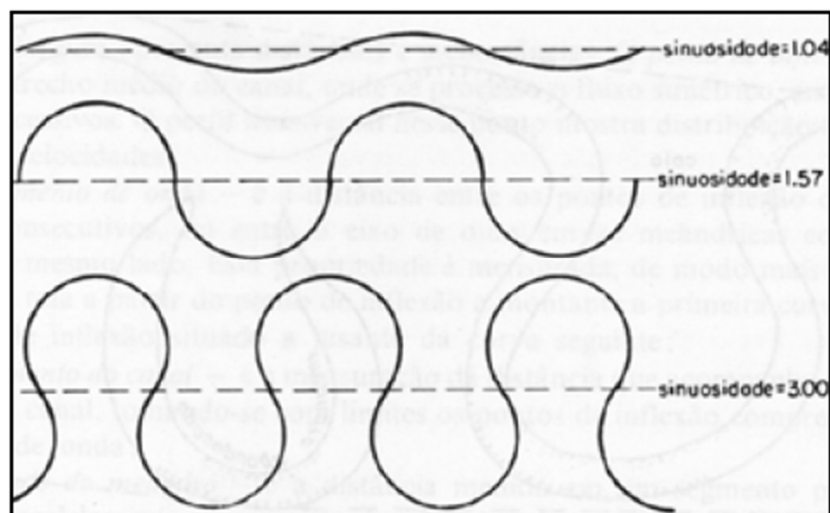
Tabela 3 – Classificação do índice de Sinuosidade

Característica	Índice de Sinuosidade
Retilíneo	<1,05
Sinuso	1,05 < S < 1,5
Meandrante	>1,5
Entrelaçado	>1,8
Anastomosado	>2,0

Fonte: Bolotari (2019 apud LOPES et al., 2018).

O índice de sinuosidade indica o padrão desse arranjo do canal, sendo a relação entre o comprimento do canal e a distância do eixo do vale (MÜLLER e SOUZA, 2010). A Figura 16 indica a sinuosidade dos rios conforme Christofolletti (1980 apud MÜLLER e SOUZA, 2010).

Figura 16 – Sinuosidade dos rios



Fonte: Christofolletti (1980 apud MÜLLER e SOUZA, 2010).

Segundo Lisboa (2005) a declividade da bacia influencia na velocidade de escoamento superficial do terreno. A possibilidade de ocorrência de picos de enchentes ou a probabilidade de infiltração está atrelada à rapidez de escoamento de água dentro da bacia. Para obtenção dos valores de declividade da bacia foi adotado o Modelo Digital de Terreno de Florianópolis de 5 em 5 metros, utilizando-se o QGIS para a obtenção de um raster de declividade. A ferramenta adotada permite a obtenção dos parâmetros percentuais de declividade e possibilita gerar um mapa de declividade. Também, conforme Schum (1956 apud BOLOTARI, 2019) a Equação 5 traz a relação entre a cota máxima e mínima do rio Principal e do seu comprimento total, chamando de razão de Relevo (Rr). Lisboa (2005) nomeia o parâmetro como Declividade Total.

$$Rr = \frac{H}{L} \quad (5)$$

Onde:

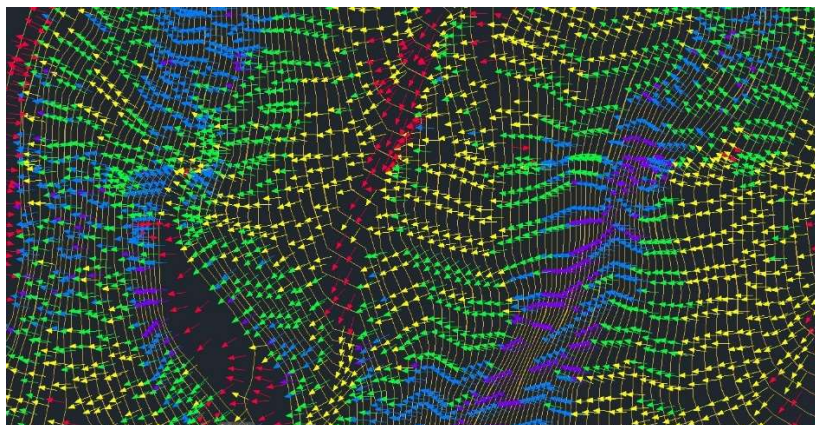
Rr = Razão de relevo

H = Amplitude altimétrica entre foz e nascente (m)

L = Comprimento do Rio principal (m)

Assim, obtendo os parâmetros da sub-bacia analisada, determinou-se a partir das Curvas de níveis de metro a metro, a direção do fluxo dentro da bacia. A obtenção do mapa foi realizada através do Software Civil 3D, utilizando-se a ferramenta Slope Arrows. A Figura 17 mostra os dados utilizados para a geração do mapa de direção de fluxo.

Figura 17 – Direção de fluxo no Software Civil 3D



Fonte: Elaboração própria (2023).

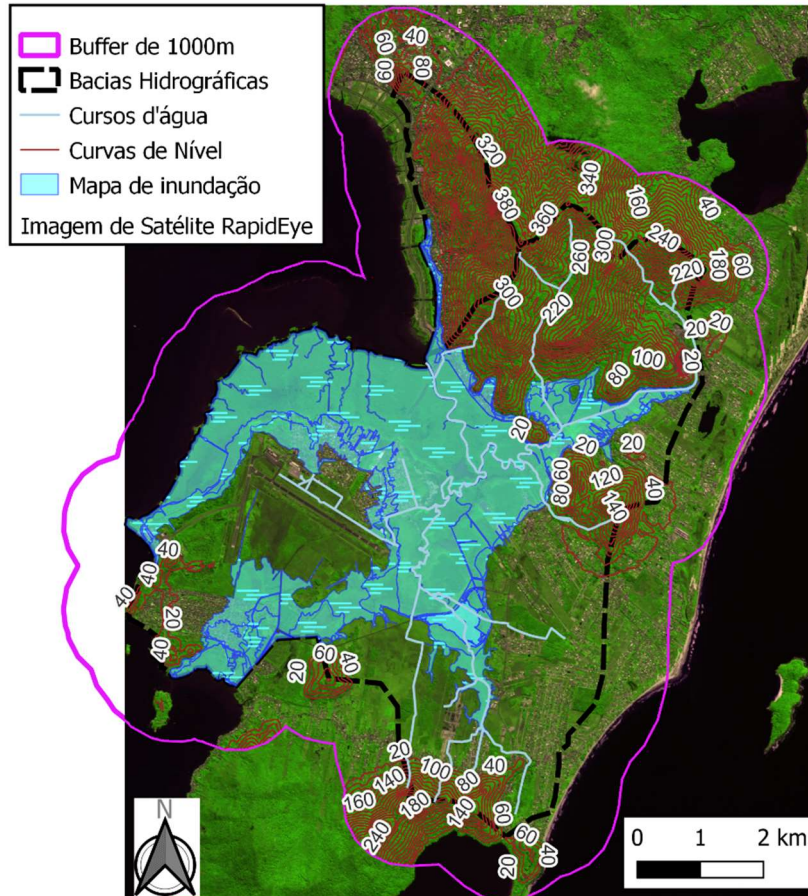
Para a Modelagem digital de Elevação foi adotado o software QGIS, utilizando a ferramenta de visualização de mapa em 3D propiciada pelo complemento Qgis2threejs. O MDE foi realizado a partir do arquivo raster de 5m disponibilizado pelo Geoprocessamento da PMF e da Imagem de Satélite do Google disponível no software QGIS, à partir do complemento HCMGIS.

3.2 Quantificação e Análise da Ocupação urbana

Para limitar a área do estudo foi utilizado o arquivo shapefile da bacia hidrográfica do Rio Tavares e bacia hidrográfica da Costeira. Para evitar possíveis recortes incorretos dos dados, foi realizado um buffer de 1km dos limites das bacias. O Buffer é uma ferramenta que perfaz uma polilinha da área de influência em torno de um polígono existente com uma distância determinada, no caso 1km (CLICKGEO, 2023). Assim, a partir do buffer criado foi possível recortar os arquivos shape de curvas de níveis de metro a metro do município de Florianópolis, assim como das áreas inundáveis, cursos d'água e nascentes, restringindo a quantidade de dados a serem processados durante o uso dos softwares. A linha na cor rosa da Figura 18 perfaz o buffer de 1km em torno das bacias hidrográficas. Os dados constantes nesta figura são dados raster da imagem de satélite RapidEye (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018), dados vetoriais de bacias hidrográficas (EPAGRI/CIRAM, 2023),

Cursos d'água (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS E SANEAMENTO, 2023), curvas de níveis e mapa de inundação (GEOPORTAL, 2023).

Figura 18 – Dados utilizados para delimitação da área de estudo



Fonte: Adaptado de Ministério do meio Ambiente (2018), EPAGRI/CIRAM (2023), Agência Nacional das Águas e Saneamento (2023) e Geoportal.

Para a etapa de análise do desenvolvimento da área urbanizada ao longo dos anos foi realizado o georreferenciamento de fotografias aéreas no formato Geo tiff disponibilizadas pelo IPUF dos anos de 1977, 1994, 2002, 2009 e 2016 (Anexos A, B, C, D e E). O complemento Georreferenciador GDAL permite dar coordenadas a um raster a partir de uma imagem que já possui referência geográfica. Também foi usado como critério a disponibilidade de fotografias aéreas e ortofoto históricas da região e a abrangência destas imagens, assim como da experiência empírica. Assim, chegou-

se à delimitação da análise da ocupação urbana na extensão de 2,6km da via SC-405 e uma extensão de 730m ao longo da Avenida Deputado Diomício de Freitas.

Para a análise das fotografias aéreas e ortofoto foi realizado o georreferenciamento destas. Para esse processo foi adotado como imagem de referência a imagem de satélite RapidEye do ano de 2018, mostrada na Figura 19. A transformação consiste em escolher pontos de controle na fotografia aérea que podem ser identificados com precisão também na imagem de referência. Esses pontos relacionam as coordenadas da imagem com coordenadas geográficas, ocorrendo o ajuste para a nova coordenada, gerando um novo arquivo GeoTiff. A transformação adotada foi do tipo Polinomial 1, com método de reamostragem “vizinho mais próximo” do arquivo de saída.

Figura 19 – Imagem de Satélite Rapid Eye do ano de 2018



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2018).

Ao escolher os pontos de Controle, o complemento do QGIS Georreferenciador gera informações de identificação dos pontos, as coordenadas dos pontos, além da diferença de deslocamento entre as coordenadas dos pontos selecionados e os pontos a serem ajustados. Segundo Pamboukian (2022), o desvio ideal deve ser menor que 1 pixel. A Tabela 4 mostra o Residual, que demonstra a distância relativa entre os pontos escolhidos.

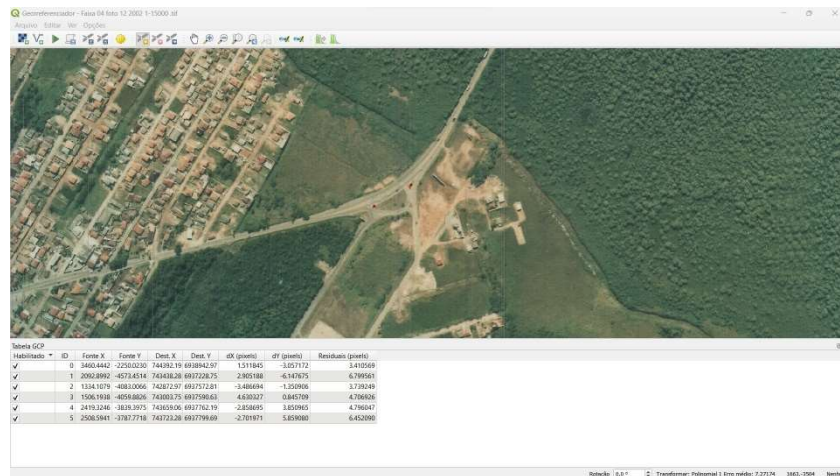
Tabela 4 – Diferença de deslocamento entre pontos de controle do processo de georreferenciamento das Fotografias aéreas, ortofoto e Imagem de Satélite

Ano	Nº de pontos	Residual mínimo	Residual médio	Residual máximo	Erro médio
1977	8	2,30	6,65	14,58	9,60
1994	8	1,22	5,54	7,93	7,44
2002	6	3,41	4,98	6,80	7,27
2009_20	6	1,92	4,61	8,84	7,34
2009_23	7	0,80	3,92	8,57	6,41
2016_78	5	4,46	39,22	89,21	77,30
2016_84	5	9,40	16,30	21,97	26,54

Fonte: Elaboração própria (2023)

Para o georreferenciamento da fotografia aérea de 1994 por exemplo foram selecionados 8 pontos de controle em comum nas imagens, com residuais de pixels máximos de 7,930794, possibilitando um erro médio de 7,27174 pixels. O programa gera o resultado em formato de tabela, como é mostrado na Figura 20. Em todas as fotografias foi realizado o mesmo procedimento, sendo apresentado pelo software o residual de cada ponto e o erro médio. As fotografias aéreas dos anos de 2009 e 2016 abrangiam a região de estudo com a união de duas fotografias, portanto para ambos os anos foi realizado o georreferenciamento das duas imagens.

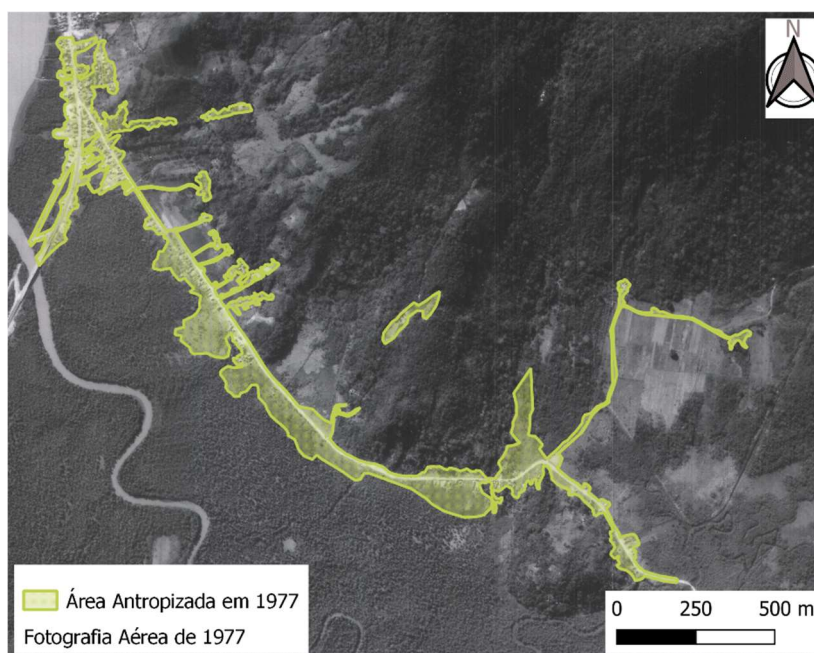
Figura 20 – Resultado do georreferenciamento da Fotografia aérea do ano de 1994



Fonte: Elaboração própria (2023).

Após o georreferenciamento das fotografias aéreas de 1977, 1994, 2002 e 2009 e ortofoto de 2016, foi identificada em hectares a área de ocupação urbana com intervenção antrópica através de polígonos na região de estudo, utilizando a ferramenta de vetorização, como é mostrado na Figura 21. A fotografia aérea da Figura 21 é pertencente ao IPUF (IPUF, 2021) e o dado vetorial da área antropizada foi elaborado pelo autor.

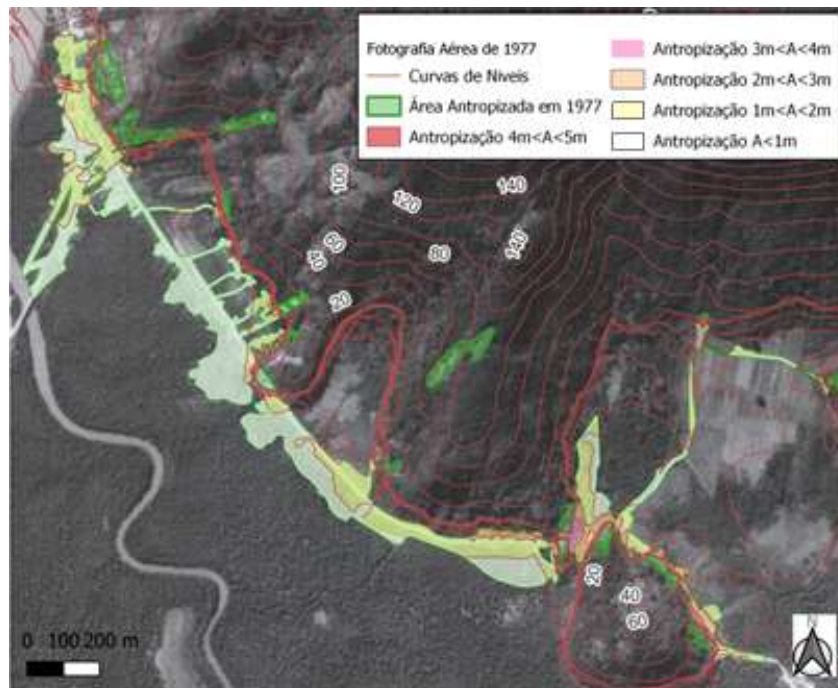
Figura 21 – Polígono para quantificação da área antropizada no ano de 1977



Fonte: Adaptado de IPUF (2021).

Assim, definindo-se a região de abrangência da antropização humana ao longo dos anos específicos escolhidos, foi realizada a quantificação das áreas nas cotas mais baixas do terreno. Foi quantificado metro a metro a área que sofreu ocupação abaixo da cota de 5m, usando-se como embasamento o vetor de áreas inundáveis disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Florianópolis no Geoportal. A Figura 22 demonstra a delimitação das áreas nas cotas 1, 2, 3, 4 e 5 no ano de 1977. A fotografia aérea de fundo da Figura 22 é pertencente ao Instituto de Planejamento Urbano (IPUF, 2021), as curvas de níveis foram adaptadas do Geoportal da prefeitura (GEOPORTAL, 2023) e o dado vetorial da área antropizado foi elaborado pelo autor.

Figura 22 – Polígonos que identificam a intervenção antrópica por cota no ano de 1977



Fonte: Adaptado de IPUF (2021) e Geoportal (2023).

A Figura 23 mostra com mais proximidade a vetorização por polígonos nas cotas até 5m da ocupação no ano de 2016. O mesmo processo foi repetido para os demais anos. Os dados de fundo são pertencentes ao IPUF (2021), as curvas de níveis à Prefeitura de Florianópolis (GEOPORTAL, 2023) e os demais dados foram gerados pelo autor.

Figura 23 – Polígonos que identificam a intervenção antrópica por cota no ano de 2016

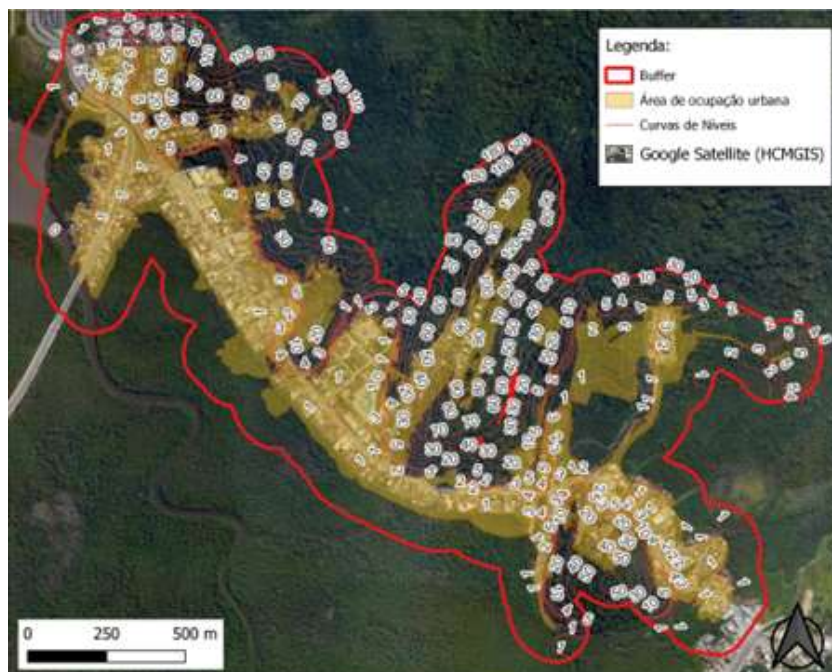


Fonte: Adaptado de IPUF (2021) e Geoportal (2023).

3.3 Modelo de Elevação Topográfica

Utilizando o software QGIS, a partir do shape de curvas de níveis de metro a metro disponibilizados pelo Geoportal da prefeitura de Florianópolis e áreas antropizadas obtidas na análise de ocupação urbana nos anos de 1977, 1992, 2002, 2009 e 2016, foi possível delimitar o modelo a ser impresso. A impressão abrange a sobreposição das áreas que sofreram a antropização e que foram analisadas no item anterior, considerando um buffer de 100m em torno dessa região. Assim, obteve-se a região mostrada na Figura 24. Os dados da figura são dados raster do Qgis disponibilizado pela ferramenta HCMGIS (GOOGLE EARTH, 2023), as curvas de níveis foram adaptadas da prefeitura (GEOPORTAL, 2023) e os demais dados foram gerados pelo autor.

Figura 24 – Delimitação da área de impressão do modelo físico tridimensional



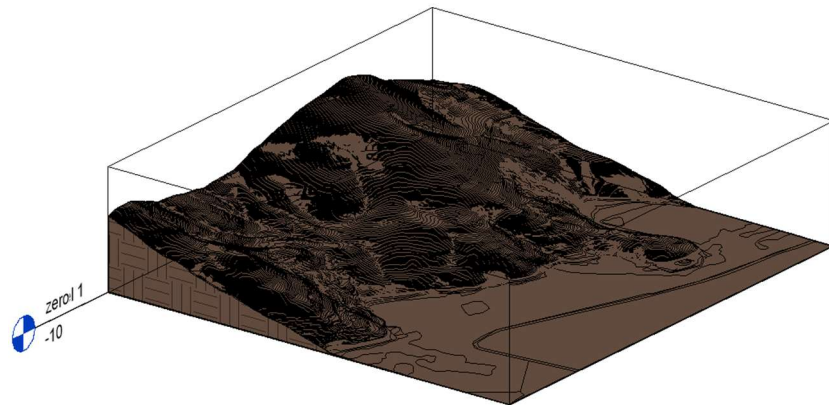
Fonte: Adaptado de Google Earth (2023) e Geoportal (2023).

Como o modelo físico gerado no software Revit é uma superfície, houve necessidade do uso de Suportes para a impressão, para que houvesse estrutura para a superfície impressa. A impressora utilizada foi uma Creality Ender 3 disponibilizada pelo laboratório IFMaker do IFSC Florianópolis. O processo de impressão consiste na fusão a 200°C do filamento PLA que é empurrado para o bico extrusor sobre uma mesa de impressão aquecida a 50°C, onde é aderido o material, formando camada a camada o modelo físico tridimensional. Os dados lidos pela impressora advêm do modelo G-code configurado pelo software de fatiamento Ultimaker Cura.

Limitando-se a área de impressão, foi realizada a exportação do arquivo do formato .qmz para o formato .dxf, permitindo a manipulação das curvas topográficas para configuração das elevações das linhas e união dos segmentos de polilinhas utilizando o software AutoCAD 2023. Optou-se por dividir a impressão em duas peças, de forma que o modelo final impresso fique o maior possível, facilitando a visualização do objeto final. Para a criação de um modelo de superfície topográfica foi adotado o Software Revit 2023, exportando as curvas de níveis do AutoCAD para o Revit e usando a ferramenta de Modelar Terreno a partir da superfície topográfica importada.

Assim, foi possível converter o terreno modelado para o formato .STL, permitindo a configuração para impressão em 3D no Software Ultimaker Cura 5.1.0. A Figura 25 mostra a superfície topográfica gerada no Revit.

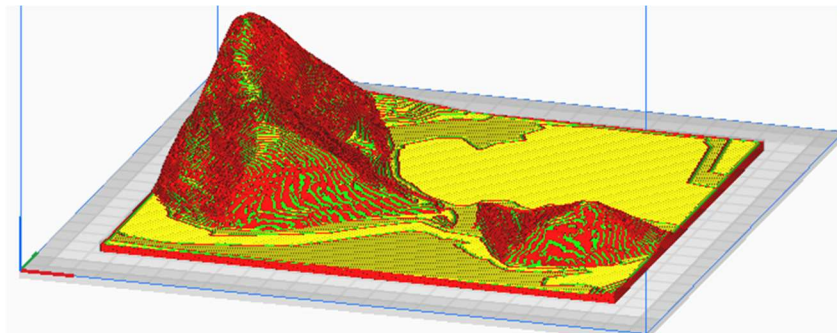
Figura 25 – Superfície Topográfica gerada pelo software Revit



Fonte: Elaboração própria (2023).

A Figura 26 mostra a superfície G-code sendo configurada no Software Ultimaker Cura

Figura 26 – Modelo G-code gerado para configuração da impressão 3D



Fonte: Elaboração própria (2023).

As configurações adotadas para a impressão levam em consideração o bico de impressão de onde sai o filamento, sendo adotado o bico 0,8mm por proporcionar maior rapidez ao processo de impressão, além da qualidade, sendo adotada a qualidade 0,32mm. Os demais parâmetros tratam das configurações adotadas durante o processo de impressão. O filamento adotado é o PLA (Biopolímero

ácido polilático), termoplástico que é produzido a partir de matéria prima oriundas de fontes naturais, como milho, cana de açúcar e café (3DFILA, 2023). O processo de impressão é mostrado na Figura 27.

Figura 27 – Processo de impressão 3D



Fonte: Elaboração própria (2023).

A mesa de impressão utilizada foi do tipo vidro. Foi adotado uma porcentagem de preenchimento de 10% de material no interior da peça com padrão concêntrico, dando maior resistência ao modelo físico, a temperatura adotada foi 200°C para o bico de impressão, 60°C para a mesa, com velocidade de 50mm/s. Foi adicionada uma camada base do tipo Brim para a impressão das peças. Para definir a dimensão de cada peça foi usado o redimensionamento uniforme de 17% para os eixos x, y e z e após definida essa escala foi imposto um exagero no eixo z de 25%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Área de Análise – Rio Tavares

A região de estudo, onde ocorrem as inundações, encontra-se às margens do Rio Tavares e no entorno do manguezal da Costeira do Rio Tavares, sofrendo grande influência das inundações, destes dois ecossistemas (MARTINS; RIBAS, 2021). Segundo Souza (2012), a Unidade Territorial de Planejamento do Rio Tavares caracteriza-se por ser predominantemente planície, possuindo poucos maciços baixos. A área de análise da ocupação urbana localiza-se entre as coordenadas 27°38'41" S, 48°31'18" W e 27°39'37" S, 48°30'07" W.

O corpo hídrico do Rio Tavares possui nascente no Morro do Badejo, localizado dentro dos limites da Unidade de Conservação do Parque Natural Municipal do Maciço da Costeira, no bairro Rio Tavares (identificado na Figura 28 e possui 11,7 km de extensão. O exutório fica localizado na Baía sul da Ilha de Santa Catarina, no bairro Carianos (LUZ, 2020). Essa Unidade de Conservação visa a proteção dos mananciais existentes no perímetro, assim como das nascentes que abastecem as Bacias do Rio Tavares, Bacia do Rio Itacorubi e Bacia da Lagoa da Conceição. (CÂMARA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS, 2018; UFSC, 2022b)

O Rio Tavares é o segundo maior rio da Ilha, possuindo o primeiro, 12,4 km de extensão e ainda, uma área de Bacia Hidrográfica de 48,64km², sendo considerado a segunda maior bacia hidrográfica de Florianópolis, da mesma forma, atrás da primeira maior bacia (Rio Ratonés), que possui 61km². Possui como principais afluentes o Rio Pirajubaé, o Rio Ribeirão da Fazenda e o Córrego do Sertão da Fazenda. E possui passagem através do Manguezal do Rio Tavares, que possui 7 km², maior manguezal da Ilha de Santa Catarina (LUZ, 2020).

Figura 28 – Mapa das Unidades de Conservação no município de Florianópolis



Fonte: Adaptado de UFSC (2022b).

4.1.1 Ocupação urbana na área de estudo

O Rio Tavares já possuiu 30m de largura, porém sofreu retificação em 1970 e possui grande parte de sua extensão canalizada ou coberta por vegetação. Apesar da região de entorno de mangue e foz do rio serem protegidas como uma Unidade de Conservação, Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (Resex), a região sofre com a ocupação urbana desordenada, tendo seu limite de preservação das margens invadido por construções (LUZ, 2020). A região do rio canalizada e ocupação urbana das margens do Rio Tavares que sofrem pela ocorrência de inundações é mostrada na Figura 29.

Figura 29 – Ocupação urbana às margens do canal artificial de drenagem do Rio Tavares



Fonte: PMF (2023).

Na região do entorno do Rio Tavares a ocupação populacional decorreu sem precauções e sem a fiscalização pelo poder público para controle de habitação (ELLER; SANTOS; NASCIMENTO, 2013). A Figura 30 mostra as residências na extensão de análise da ocupação urbana.

Figura 30 - Residências construídas nas margens do canal de drenagem do Rio Tavares



Fonte: Google Earth (2023).

Portanto, a região tornou-se densamente ocupada como mostram as Figuras 30 e 31, tomando as margens de limite de preservação do Rio (LUZ, 2020) que hoje foi retilinizado e canalizado. As principais consequências dessa ocupação desordenada são os impactos ambientais e o frequente extravasamento do Rio Tavares, somado à elevação da maré (ELLER; SANTOS; NASCIMENTO, 2013).

Figura 31 - Residências construídas nas margens do Rio Tavares



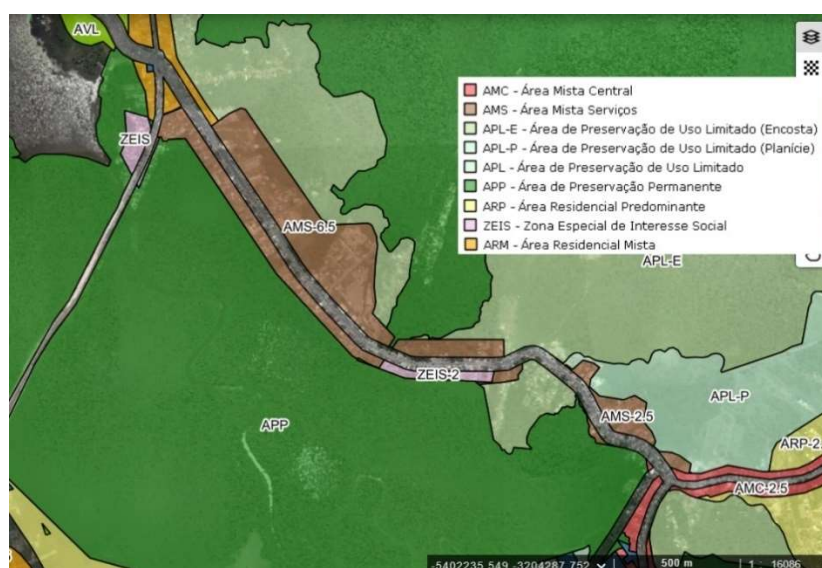
Fonte: Luz (2020).

O Mapa do Plano Diretor de Florianópolis que define políticas de desenvolvimento urbano, planos de uso e ocupação da cidade, mostra as classificações do zoneamento dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Tavares (FLORIANÓPOLIS, 2022), que apesar de se encontrar dentro da Unidade de Conservação do Parque Natural Municipal do Maciço da Costeira, que visa proteger os mananciais da Bacia; da Unidade de Conservação Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (Resex) (UFSC, 2022b); e estarem classificados como Área de Preservação Permanente (APP), ocorre a invasão da área de manguezal (ELLER; SANTOS; NASCIMENTO, 2013), assim como das margens de limite de preservação do Rio (LUZ, 2020).

O novo Plano Diretor vigente a partir de junho de 2023 (Decreto municipal nº 25.301) mostra que já na região próxima aos canais de drenagem fluvial, a região é classificada como Área Mista de Serviços, Zonas Especiais de Interesse Social, Área

Residencial Mista, Área de preservação de Uso Limitado em encosta e planície e Área de Preservação Permanente (GEOPORTAL, 2023a), como mostra a Figura 32, sendo as regiões mais afetadas com os eventos de inundação. As Zonas Especiais de Interesse Social são decorrência da reclassificação e inadequação do uso das edificações, reduzindo o potencial construtivo, limitando o uso pelo proprietário à conservação e manutenção da edificação já existente (BRASIL, 2014).

Figura 32 – Zoneamento na região de estudo da área urbanizada



Fonte: Geoportal (2023a).

4.1.2 Incidência de marés na área de estudo

Segundo Truccolo e Schettini (1999 apud SIMONETTI, 2016) as marés incidentes na baía de Florianópolis têm amplitudes inferiores a 2m, sendo predominante marés semidiurnas mista. Conforme Vanz; Garbossa e Fernandes (2014), as marés que atuam sobre a região da bacia do Rio Tavares sofrem influência da diferença de temperatura e pressão entre massas de ar, associados a ciclones extratropicais, que possuem sistemas de baixa pressão no centro da região de atuação da massa de ar, e sistemas de alta pressão no centro da região onde atuam as massas de ar, perfazendo um cenário de influência de sistemas frontais (diferença de temperatura e pressão entre massas de ar) associado aos ciclones sobre o oceano

e um sistema de alta pressão na retaguarda do sistema. O fenômeno ocasiona ventos Sul, Sudeste e Sudoeste. Ademais, Vanz; Garbossa e Fernandes (2014) também citam a morfologia da bacia e estreitamento do canal que se abre para uma bacia larga.

No intervalo dos anos de 2009 e 2013 (precisamente 26/04/2009 e 30/03/2013) Vanz; Garbossa e Fernandes (2014) obtiveram os valores de maré entre 1,27m e 1,42m, com média de 1,37m, considerando como maré meteorológica a média de 13cm (a maré meteorológica é caracterizada pela diferença entre a maré medida e a maré astronômica), apresentando Prudêncio (2013 apud VANZ; GARBOSA; FERNANDES, 2014) o valor médio de 40cm. Ainda, no mesmo intervalo de estudo, o autor aponta a ocorrência de 16 eventos de alagamentos na Grande Florianópolis, sendo 7 anual o maior valor verificado. Ainda no ano de 2021 a ocorrência de maré no Rio Tavares superou o nível de 1,50m, causando transtornos à população que reside nos níveis topográficos mais baixos (G1 – SC, 2021). A Figura 33 mostra a região em dia de ocorrência de maré. No mês da figura em questão (agosto de 2018) o valor médio mensal de altura de maré foi de 56,41cm, com valor máximo de 1,59m, sendo estes dados registrados pela EPAGRI/CIRAM.

Figura 33 – Alagamento na SC-405



Fonte: G1 – SC (2018).

A Tabela 5 apresenta os valores médio mensais de altura de maré nos anos de 2012 a 2020, disponibilizados pela EPAGRI/CIRAM.

Tabela 5 - Altura Média Mensal de Maré em Florianópolis/ SC (Período: 2012 a 2020)

Mês	Altura de Maré (cm)	Mês	Altura de Maré (cm)
Janeiro	52,7	Julho	58,2
Fevereiro	54,2	Agosto	50,0
Março	57,8	Setembro	51,8
Abril	59,8	Outubro	48,0
Maio	60,1	Novembro	49,7
Junho	62,9	Dezembro	53,2

Fonte: EPAGRI/CIRAM (2022).

4.1.3 Influência da Manguezal do Rio Tavares sobre a área de estudo

O manguezal do Rio Tavares possui aproximadamente uma área de 7 km² (FLORIANÓPOLIS, 2015c), estando localizado em planícies de maré, banhado pelo mar da Baía Sul e ocorrendo na foz do Rio Tavares (ELLER; SANTOS; NASCIMENTO, 2013). É considerado um dos mangues mais bem conservados da Ilha (FLORIANÓPOLIS, 2015c). A Figura 34 mostra os limites do manguezal.

Conforme Eller; Santos e Nascimento, (2013), a ocupação desordenada tem sido motivo da redução das áreas de manguezais, tendo se agravado gradativamente com o desenvolvimento urbano sobre o Manguezal do Rio Tavares.

Figura 34 - Manguezal do Rio Tavares



Fonte: Florianópolis (2015a).

As marés incidentes na região advêm de fenômenos astronômicos e meteorológicos, desenvolvendo as correntes de maré e deriva (ALVES, 2011). A região costeira onde encontra-se o manguezal do Rio Tavares possui cotas correspondentes aos níveis de cotas de maré alta, tornando a região suscetível a alagamentos, conforme mostra a Figura 35 e Figura 36.

Figura 35 - Inundação do Bairro Costeira do Pirajubaé



Fonte: Eller, Santos e Nascimento (2013).

A combinação dos alagamentos causados pelos fenômenos marinhos com as chuvas intensas, reforçados pela deficiente de infiltração de água no solo devido ao estado encharcado deste durante os eventos de maré (SOUZA, 2012), causam os eventos de inundação associados, estes podendo se somar ou se anular (MARTINS; RIBAS, 2021), ocorrendo o conflito entre o fluxo do curso d'água da Bacia Hidrográfica e o fluxo da maré (que vai da ilha para o mar e do mar para a ilha) (SOUZA 2012).

Figura 36 - Trapiche localizado no bairro Costeira do Pirajubaé afetado pelo nível da maré



Fonte: SCC10 (2022).

4.1.4 Áreas inundáveis na área de estudo

O Plano de ações elaborado pela prefeitura municipal de Florianópolis, prevê possíveis ameaças de eventos que ocorram com intensidade em locais específicos em uma frequência específica e verifica que a inundação fluvial é um dos fatores que devem ser previstos no plano de ações da cidade (FLORIANÓPOLIS, 2015c). O estudo realizado para a previsão dos riscos se estabeleceu a partir de estudos hidrológicos e hidráulicos e levando em consideração as áreas inundáveis na cidade de Florianópolis. A definição da mancha de áreas suscetíveis à inundação considerando 25 anos de período de retorno foi essencial para a proposição de medidas estratégicas que estabelecem no plano de ação sustentável da cidade para lidar com riscos atuais e futuros nas regiões especificamente passíveis de serem afetadas (FLORIANÓPOLIS, 2015c).

Martins e Ribas (2021) define as áreas suscetíveis à inundação na região da Bacia Hidrográfica do Rio Tavares, identificando que terrenos abaixo da cota 0,85m tem alta suscetibilidade à inundação, entre 0,85m e 1,65m média inundação e acima de 1,65m baixa suscetibilidade. Assim, Martins e Ribas (2021), apresenta que existe a alta suscetibilidade de ocorrência de inundação em 6,2% das áreas residenciais, 7,7% das áreas residenciais estão suscetíveis à média suscetibilidade de inundação e 22,1% estão expostos à baixa suscetibilidade. A Tabela 6 mostra os valores compilados.

Tabela 6 - Superfície inundável de acordo com o grau de suscetibilidade na Bacia do Rio Tavares

Suscetibilidade	Em SRT (km ²)	Em AR (km ²)	% SRT	% AR
Alta (< 0,85m)	4,36	0,57	7,6	6,2
Média (0,85 - 1,65m)	4,79	0,71	8,2	7,7
Baixa (1,65 - 2,45m)	5,54	2,03	9,6	22,1

SRT: Sistema Rio Tavares (53,73km²); AR: Área Residencial (9,19km²)

Fonte: Adaptado de Martins e Ribas (2021).

Ainda, a prefeitura de Florianópolis disponibiliza no banco de dados do IPUF (Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Florianópolis) o mapa de suscetibilidade à inundação da região da Ilha de Santa Catarina, demonstrando o mapeamento da região da bacia do Rio Tavares a mancha de suscetibilidade à inundação como mostra a Figura 37 (FLORIANÓPOLIS, 2022).

Figura 37 - Mancha de áreas inundáveis na região do Rio Tavares, Carianos e Costeira de Pirajubaé

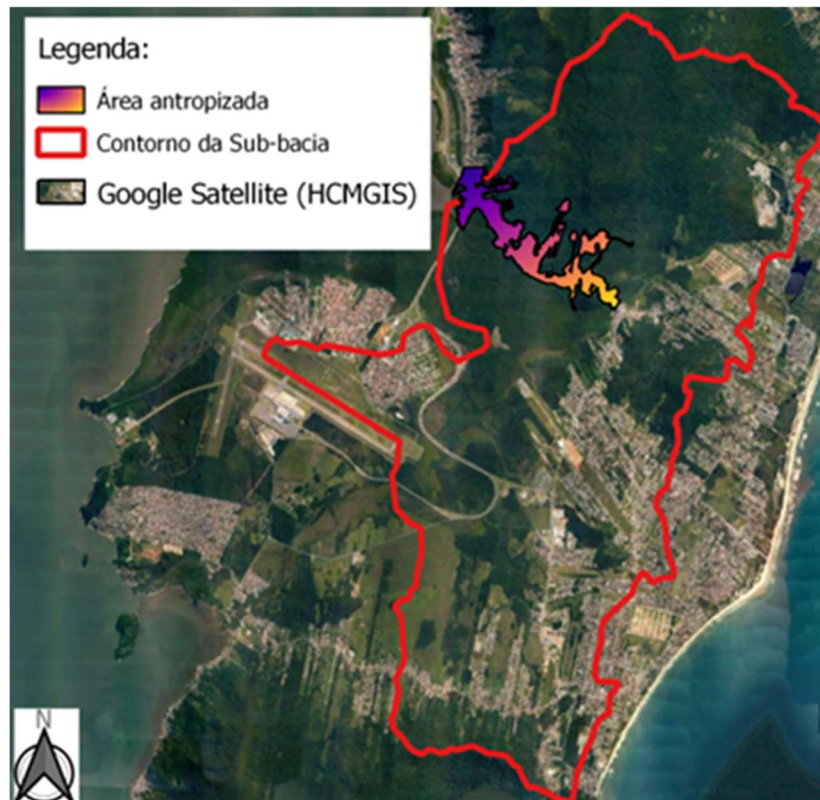


Fonte: Florianópolis (2022).

4.2. Caracterização Fisiográfica da Sub bacia hidrográfica

A área escolhida para análise da ocupação urbana e caracterização é apresentada na Figura 38. A análise de ocupação ocorre dentro do polígono furta cor e a caracterização ocorre na sub-bacia do Rio Tavares, definida pelo polígono vermelho.

Figura 38 – Área antropizada dentro da sub-bacia de estudo



Fonte: Adaptado de Google Satélite (2023).

A sub-bacia do Rio Tavares se conforma numa área de 3.299,60 ha, possui um perímetro de 34,25 km. A Figura 39 mostra a extensão de abrangência da sub-bacia e seus cursos d'água.

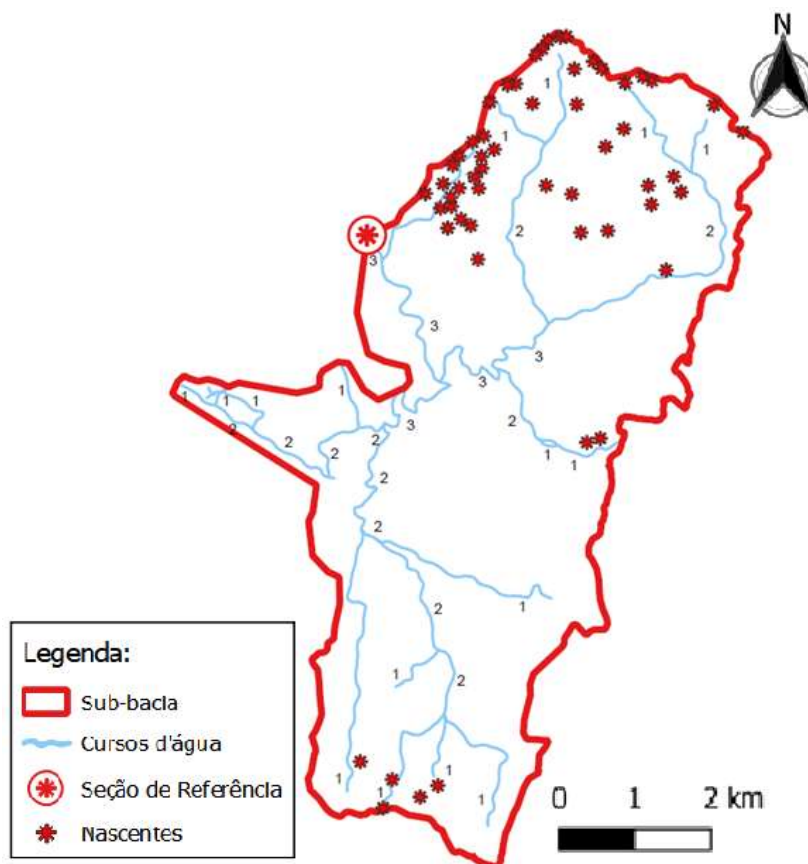
Figura 39 – Sub-bacia do Rio Tavares



Fonte: Adaptado de Google Satélite (2023).

O rio principal possui 9,14 km, chegando na foz com ordem 3, como é mostrado na Figura 40. Os demais cursos d'água sofreram canalização forçada para chegar até a foz da bacia e, portanto, foram desconsiderados por se tratarem de canais artificiais. A nascente em questão encontra-se há mais de 300 m de altura e encontra-se no Morro do Badejo.

Figura 40 – Sub-bacia da região de análise



Fonte: Elaboração própria (2023).

O coeficiente de compacidade k_c obtido é de 1,67 se caracterizando por ser um índice alto, com bacia radial ou ramificada, não sujeita a grandes enchentes (BARGOS, 2019).

O fator de forma obtido foi de $k_f=0,40$, sugerindo uma bacia hidrográfica não sujeita a enchentes.

A densidade de drenagem da sub bacia demonstrou um valor de $2,34\text{km}/\text{km}^2$, caracterizando-se por ser uma bacia de drenagem boa (CRISTOFOLETTI, 1980 apud SCHUCH *et al.*, 2022).

O canal analisado possui um arranjo espacial de canais sinuosos, já que possui curvas sinuosas, largas e semelhantes na maior extensão do rio principal e apresenta um valor de índice de sinuosidade de 1,24.

A declividade da bacia é determinada a partir da classificação da EMBRAPA, conforme Tabela 7:

Tabela 7 – Classificação do relevo conforme EMBRAPA

Intervalo (%)	Declividade
0 < I < 3	Plano
3 > I > 8	Suavemente Ondulado
8 < I < 20	Ondulado
20 < I < 45	Forte Ondulado
45 < I < 75	Montanhoso
I > 75	Escarpado

Fonte: Bolotari (2019 apud EMBRAPA, 1999).

A sub-bacia em questão possui grande parte da bacia em relevo plano, assim como o seu rio principal. A Tabela 8 apresenta os valores calculados para caracterizar a sub-bacia hidrográfica.

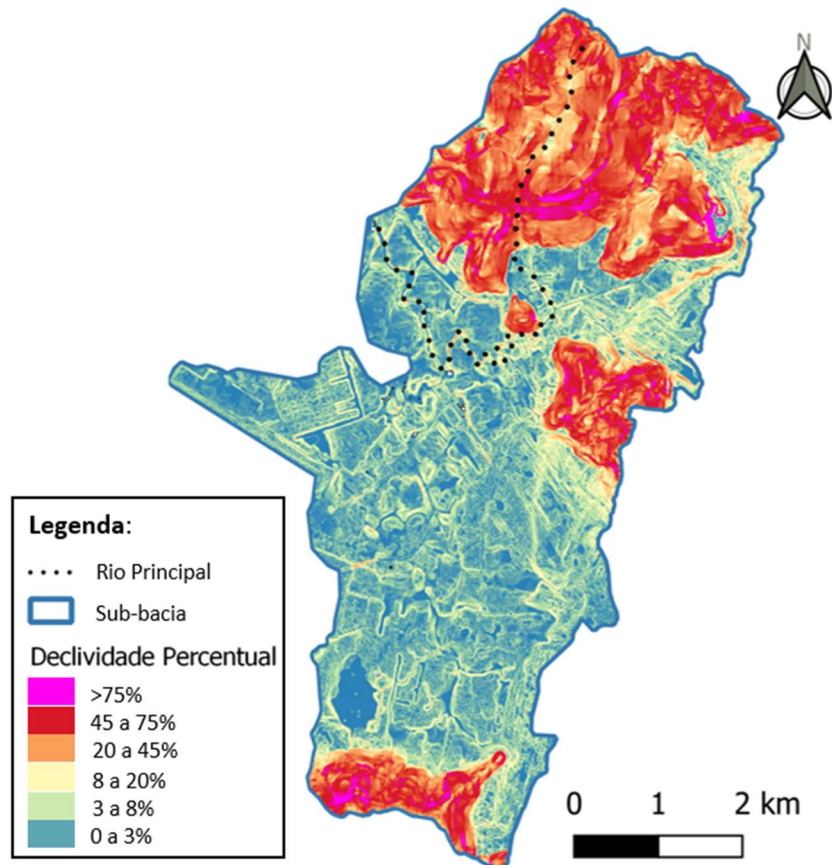
Tabela 8 – Dados de Caracterização da Sub-bacia do Rio Tavares

Variável	Parâmetro	Característica
Área da Sub-bacia (ha)	3.299,60	-
Perímetro (km)	34,25	-
Rio Principal (km)	9,14	-
kc	1,67	Bacia Alongada
Kf	0,40	Não sujeita a enchentes
Dd (km/km ²)	2,34	Boa drenagem
Is	1,24	Sinuoso
Declividade	8-75%	Ondulado a Montanhoso
Rr	0,03	-

Fonte: Elaboração própria (2023).

Em parte do trajeto, o relevo passa a se classificar como Ondulado e em trechos pontuais classifica-se como montanhoso. A razão de relevo ou Declividade total é de 0,03. A Figura 41 apresenta a declividade na sub-bacia.

Figura 41 – Declividade da Sub-bacia



Fonte: Elaboração própria (2023).

Assim, obtendo os parâmetros da sub-bacia analisada, determinou-se a partir das Curvas de níveis de metro a metro, a direção do fluxo dentro da bacia. As setas do mapa do Apêndice A representam a direção do fluxo d'água em direção a foz da sub-bacia. E os apêndices B, C e D apresentam o Modelo Digital de Elevação gerado pelo Qgis.

4.3. Análise da Ocupação Urbana

A relação do crescimento de área antropizada foram obtidas e puderam ser demonstradas através dos mapas dos Apêndices F, G, H, I e J estas áreas são dispostas em valores na Tabela 9, onde é denotado o valor da área em hectares nos respectivos anos analisados, assim como a relação desse crescimento de intervenção antrópica na região do Rio Tavares e Carianos. A taxa média de crescimento anual da ocupação da área de estudo é de 4% ao ano entre os anos de 1977 a 2016. A área analisada é limitada no mapa no Apêndice E.

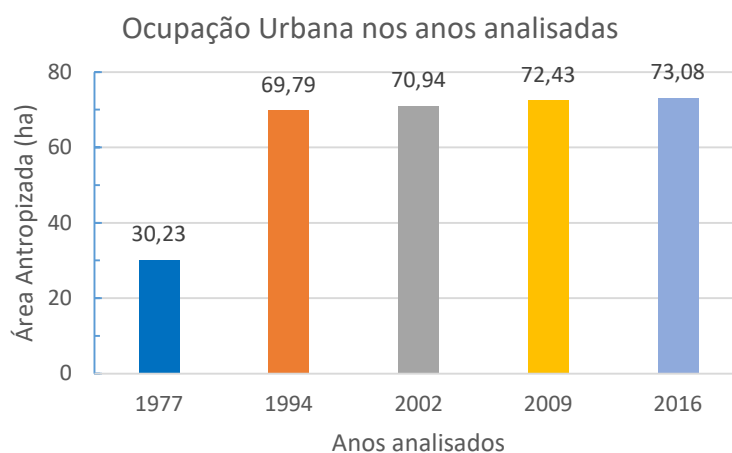
Tabela 9 – Análise do crescimento da área antropizada nos anos estudados

Ano	Área Antropizada (ha)	Crescimento (%)	Crescimento acumulado (%)	Crescimento Médio Anual (ha/ano)	Crescimento Acumulado Médio Anual (%)	Intervalo de Anos acumulados (anos)
1977	30,23	-	-	-	-	-
1994	69,79	131%	131%	2,33	8%	17
2002	70,94	2%	135%	0,14	5%	25
2009	72,43	2%	140%	0,21	4%	32
2016	73,08	1%	142%	0,09	4%	39

Fonte: Elaboração própria (2023).

A Figura 42 mostra visualmente a relação entre as áreas antropizadas ao longo dos anos analisados.

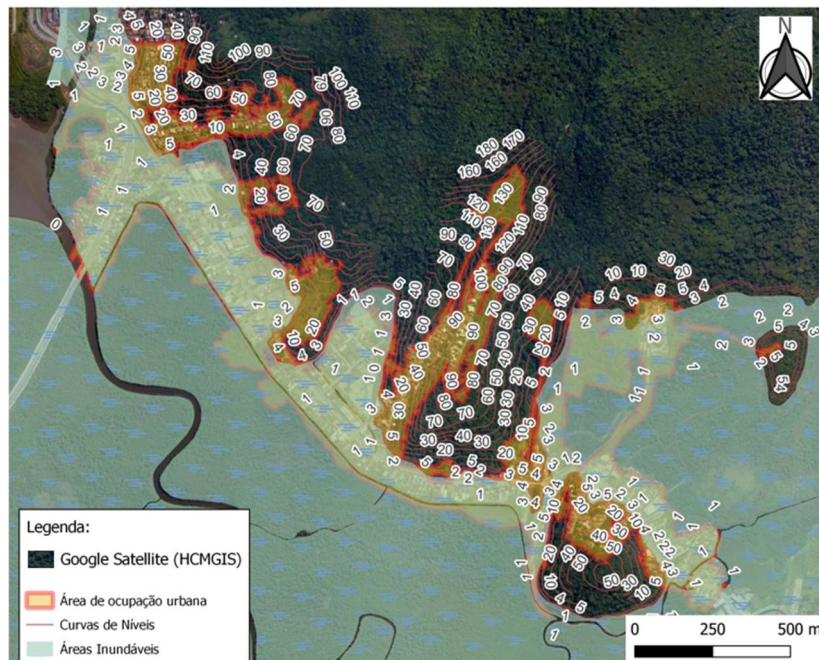
Figura 42 – Área antropizada ao longo dos anos analisados



Fonte: Elaboração própria (2023).

Nos anos de estudo também é analisada a taxa de ocupação nas cotas mais baixas, que se caracterizam por serem naturalmente inundáveis. O Geoportal da Prefeitura Municipal de Florianópolis dispõe os dados de áreas inundáveis no ano de 2014. Tal dado demonstra a área de abrangência das inundações, que atingem até a cota de 5m de altura, como é demonstrado na Figura 43. Portanto, optou-se por obter o valor de área de intervenção antrópica nos anos de 1977, 1994, 2002, 2009 e 2016, a cada metro, até a cota de 5m, tratando os demais valores de altitude como um único grupo de área.

Figura 43 – Mancha de área inundável na região até 5m de cota



Fonte: Adaptado de Google Satélite HCMGIS (2023).

A Tabela 10 traz os valores da ocupação urbana por cota metro a metro até 5m e acima de 5m em cada ano analisado.

Tabela 10 – Área antropizada por cota nos anos estudados

		Área Antropizada por cota (ha)					
COTA		Cota<1 m	1<Cota<2 m	2<Cota<3 m	3<Cota<4 m	4<Cota<5 m	Cota>5 m
ANO							
1977		12,57	9,88	2,16	0,98	0,45	4,19
1994		19,86	23,21	5,58	2,03	0,88	18,23
2002		19,79	24,65	5,39	1,74	0,84	18,54
2009		22,78	25,28	5,04	1,77	0,80	16,77
2016		23,12	23,47	4,86	2,18	1,00	18,44

Fonte: Elaboração própria (2023).

Os dados apresentados configuram que no de 1977 a porcentagem de área antropizada abaixo da cota de 5 m era de 86,14% e acima de 5 m, 13,86%. Para o ano de 1994, consecutivamente, 73,88% e 26,12%; para o ano de 2002, 73,87% e 26,13%; para 2009, 76,85% e 23,15% e para o ano de 2016, 74,76% e 25,24% acima de 5m. Os dados são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Análise percentual da área antropizada por cota nos anos estudados

		Percentual de área Antropizada em relação a área antropizada total (%)					
COTA		<1m	1<Cota<2m	2<Cota<3m	3<Cota<4m	4<Cota<5m	>5m
ANO							
1977		41,58%	32,66%	7,15%	3,24%	1,50%	13,86%
1994		28,46%	33,26%	8,00%	2,91%	1,26%	26,12%
2002		27,90%	34,74%	7,59%	2,46%	1,18%	26,13%
2009		31,44%	34,90%	6,95%	2,44%	1,11%	23,15%
2016		31,64%	32,12%	6,65%	2,98%	1,37%	25,24%

Fonte: Elaboração própria (2023).

Os dados da Tabela 11 demonstram que no ano de 1977 o percentual de ocupação em cotas abaixo de 1 m era 41,58%, apresentando uma redução considerável para 31,64% no ano de 2016, evidenciando um afastamento da população local de locais abaixo da cota 1.

Ainda, na região analisada, a maior área ocupada em todos os anos analisados concentra-se na cota entre 1 e 2m, apresentando uma média percentual

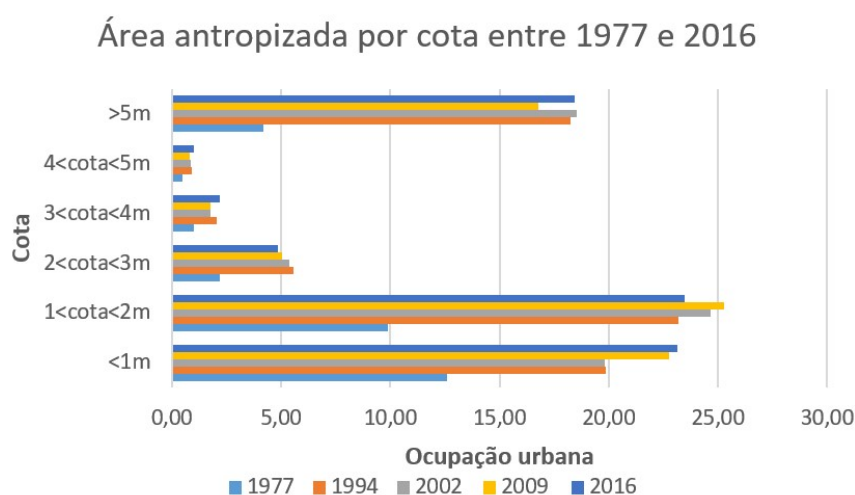
em relação à área total antropizada, de 33,54% em relação a área antropizada total e é possível observar a tendência de aumento da área de antropizada em cotas menores que 2m.

A Figura 44 demonstra os dados apresentados na Tabela 10, evidenciando o aumento ao longo dos anos da ocupação em cotas entre 1 e 2 m e uma leve redução no ano de 2016, atribuindo a este dado um possível erro na análise da ocupação urbana na ortofoto do mesmo ano.

Da mesma forma, nota-se a redução em cotas entre 2 a 5m, acreditando-se tratar de um erro de análise visual na concepção do contorno da área antropizada em 2016.

Nota-se, ainda, a tendência de crescimento ao longo dos anos da ocupação em cotas até 2 m e, pela Tabela 10, um crescimento reduzido, em relação às demais, em cotas entre 2m e 5m.

Figura 44 – Área antropizada por cota ao longo dos anos analisados



Fonte: Elaboração própria (2023).

Os dados apontam um crescimento relevante na ocupação acima da cota de 5m, passando do ano de 1977, com 4,19ha de ocupação urbana, para 18,44ha em 2016. Acredita-se que a tendência do aumento de área antropizada na cota acima de 5m seja ainda maior do que apontam os dados, devido à característica de urbanização da região analisada, atribuindo como causa de um possível erro a análise falha da

ortofoto de 2016. Ainda, podem ser atribuídos esses erros ao abandono de passagens e áreas utilizadas pela população local. A Figura 45 mostra a mancha de intervenção antrópica dos anos de 2009 e 2016, evidenciando, a figura, essa redução de uma área antigamente utilizada e que foi tomada pela vegetação.

Figura 45 – Redução da área com intervenção antrópica nos anos de 2009 e 2016



Fonte: Adaptado de Google Satélite HCMGIS (2023).

A Tabela 12 ressalta que para cotas maiores que 5m, há uma estagnação no crescimento acumulado e uma redução no crescimento no ano de 2009, novamente, os dados apontam para um erro na definição das áreas antropizadas. Observa-se para cotas entre 2 a 3 m, há uma tendência à redução da área antropizada.

O crescimento da ocupação ao longo dos anos por cota é apresentado na Tabela 12:

Tabela 12 – Análise do crescimento da área antropizada por cota nos anos estudados

Cota	Variável	1977	1994	2002	2009	2016
<1m	Área Antropizada (ha)	12,57	19,86	19,79	22,78	23,12
	Área Antropizada (%)	42%	28%	28%	31%	32%
	Crescimento (%)	-	58%	0%	15%	2%
	Crescimento acum. (%)	-	58%	57%	81%	84%
1 a 2m	Área Antropizada (ha)	9,88	23,21	24,65	25,28	23,47
	Área Antropizada (%)	33%	33%	35%	35%	32%
	Crescimento (%)	-	135%	6%	3%	-7%
	Crescimento acum. (%)	-	135%	150%	156%	138%
2 a 3m	Área Antropizada (ha)	2,16	5,58	5,39	5,04	4,86
	Área Antropizada (%)	7%	8%	8%	7%	7%
	Crescimento (%)	-	158%	-3%	-7%	-3%
	Crescimento acum. (%)	-	158%	149%	133%	125%
3 a 4m	Área Antropizada (ha)	0,98	2,03	1,74	1,77	2,18
	Área Antropizada (%)	3%	3%	2%	2%	3%
	Crescimento (%)	-	107%	-14%	1%	23%
	Crescimento acum. (%)	-	107%	78%	80%	122%
4 a 5m	Área Antropizada (ha)	0,45	0,88	0,84	0,80	1,00
	Área Antropizada (%)	2%	1%	1%	1%	1%
	Crescimento (%)	-	94%	-5%	-4%	25%
	Crescimento acum. (%)	-	94%	85%	77%	121%
>5m	Área Antropizada (ha)	4,19	18,23	18,54	16,77	18,44
	Área Antropizada (%)	14%	26%	26%	23%	25%
	Crescimento (%)	-	335%	2%	-10%	10%
	Crescimento acum. (%)	-	335%	342%	300%	340%

Fonte: Elaboração própria (2023).

Considerando a mancha de áreas inundáveis disponibilizada pelo Geoportal da Prefeitura de Florianópolis do ano de 2014 apresentada na Figura 45, a área antropizada ainda no ano de 2016 que se encontrava em áreas inundáveis era de 50,16 ha, equivalente a 68,64% da área antropizada neste ano. A Tabela 13 trás a relação da área antropizada no ano de 2016 que se encontra em áreas inundáveis:

Tabela 13 – Análise da Área Antropizada sobre áreas inundáveis no ano de 2016

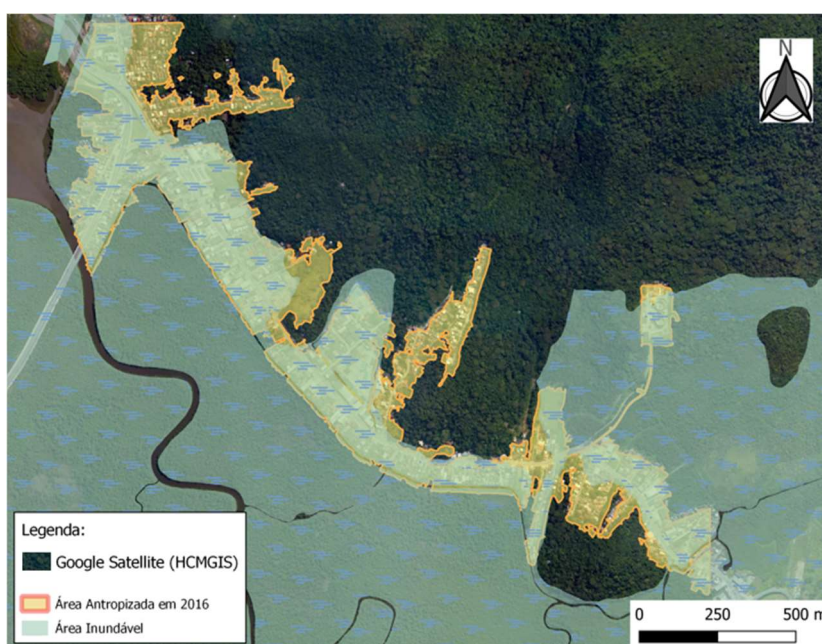
2016	
Área Antropizada (ha)	70,08
Áreas inundáveis (ha)	50,16
<1m	43,32%
1 a 2m	46,61%
2 a 3m	9,53%
3 a 4m	0,41%

Fonte: Elaboração própria (2023).

Para cotas menores que 1 metro, a área antropizada em regiões inundáveis equivale à 43,32%, para cotas menores que 2 metros, 46,61%, para cotas menores que 3 metros, 9,53%, menores que 4 metros, 0,41% e menores que 5m, 0,002%.

A Figura 46 mostra a mancha de área inundável para o ano de 2016.

Figura 46 – Mancha de área inundável na região antropizada no ano de 2016



Fonte: Elaboração própria (2023).

Conforme dados de maré apresentados por Vanz; Garbossa e Fernandes (2014), o valor médio de maré é de 1,37m, para o período compreendido entre abril

de 2009 e março de 2013 em Florianópolis, valores estes obtidos da tábua de marés da DHN (Diretoria Hidrografia e Navegação da Marinha). O valor máximo encontrado foi de 1,42m. Assim, aproximadamente 29,28% da área antropizada, no ano de 2016, ficam abaixo da cota máxima de altura de maré verificada por Vanz; Garbossa e Fernandes (2014). Da mesma forma, para o ano de 2009, aproximadamente 29,82% da área antropizada encontra-se abaixo do valor máximo de cota de maré para o intervalo estudado por Vanz; Garbossa e Fernandes (2014).

4.4. Modelo de Elevação Topográfica

A peça 1 utilizou 150g de PLA, 50,42m de filamento, imprimindo 115 camadas em 7h e 5min. A peça 2 utilizou 198g de material, 66,46m de filamento, imprimindo 178 camadas em 9h 19 min. Ao todo a impressão do modelo de impressão utilizou 348g de material, 116,88m do filamento, imprimindo em 16h 24min.

O modelo físico de elevação impresso é mostrado nas Figuras 47. A área impressa remete à região aproximada que atualmente é ocupada na região de estudo.

Figura 47 – Vista lateral e superior da impressão 3D da região de estudo



Fonte: Elaboração própria (2023).

A partir do protótipo é possível ampliar a percepção em relação às cotas baixas de ocupação urbana e a área de abrangência da inundação sobre a superfície topográfica. É possível avaliar visualmente a abrangência dessa antropização sobre a superfície do terreno, possibilitando associar a ocupação a áreas suscetíveis a inundações e condição topográfica na região de estudo.

4.5. Conclusões

A região analisada é ocupada atualmente nas áreas mais baixas do terreno, concentrando aproximadamente 75% da ocupação urbana em cotas abaixo de 5m. Esta porção do terreno é naturalmente suscetível a inundações, que se assomam aos fenômenos de maré. Cerca de 68,64% da área antropizada, ainda no ano de 2016, encontrava-se em áreas inundáveis e conforme os dados apresentados por Vanz; Garbossa e Fernandes (2014) de níveis máximos de maré (1,42m), cerca de 29,28% dessa área encontra-se em cotas suscetíveis a fenômenos de maré. Conforme dados de maré obtidos na EPAGRI/CIRAM no período entre 2012 a 2020, a média de variação dos níveis de maré ainda ultrapassam 1,59m, possivelmente superando nos últimos anos, os percentuais obtidos no presente estudo realizado até o ano de 2016.

A sub-bacia em questão caracteriza-se por possuir boa drenagem, se conformando em aspecto alongado, em região ondulada a montanhosa e não sujeita a enchentes. Segundo Souza (2012) a região da bacia do Campeche Rio Tavares, que compreende grande parte da sub-bacia analisada, possui capacidade de infiltração do solo de moderada a alta, sendo 29% da área do solo com capacidade alta de infiltração e 38% com capacidade moderada. Os aspectos físicos da sub-bacia colaboram para um cenário de drenagem bom, porém contrapõe-se ao aspecto de ocupação urbana que se caracteriza em estabelecer-se em cotas baixas e inundáveis impermeabilizando o solo.

Conforme Florianópolis (2015a) a solução viável para a região analisada está pautada na realocação de moradias que se encontram nas zonas suscetíveis a inundações, estabelecendo-se uma medida de mitigação das consequências dos eventos de inundação, não indicando soluções de canalização na região, devido ao alto valor ecológico do ecossistema local. Ainda, segundo o Estudo de Vulnerabilidade e Riscos intervenções de infraestrutura no local possui um custo ainda maior que o de realocação desta população. Souza (2012) sugere a necessidade de estudos locais aprofundados para implementação de sistemas de drenagens alternativos para os canais da região. Uma medida de mitigação das inundações, realizada em regime emergencial pela Prefeitura Municipal de Florianópolis, foi iniciada em março de 2023,

implementando a primeira intervenção de limpeza do canal de drenagem principal do Rio Tavares, onde foram retirados em torno de 6.000 m³ de sedimentos das margens e leito do canal (PMF, 2023).

A análise com o uso de modelo impresso em três dimensões possibilita a interpretação visual do relevo no entorno da região de estudo, permitindo compreender espacialmente a abrangência da ocupação urbana e o alcance das inundações e enchentes na topografia da área afetada. A impressão do modelo de topografia aproxima as características volumétricas da percepção espacial do analisador permitindo maior compreensão do espaço e dos fatos estudados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada permitiu ampliar a percepção de eventos cotidianos relacionados aos fenômenos naturais que, com a intervenção humana, corroboram para a ocorrência de desastres naturais. A partir dos dados analisados e resultados alcançados foi possível determinar os fatores que realmente estão associados aos eventos de inundações recorrentes na região do Rio Tavares. Assim, foi possível compreender a importância de uma análise global de um problema relacionado ao meio ambiente, abrangendo os diversos fatores envolvidos à problemática proposta.

Com a análise realizada também foi possível constatar a importância de uma ferramenta de geoprocessamento, além de conhecer algumas das muitas possibilidades de abordagem e processamento de dados.

A concepção de um modelo tridimensional impresso permitiu-se a experiência de uma das muitas possibilidades de uso desse tipo de ferramenta, estimulando o uso da prototipagem de superfícies topográficas em análises correlacionadas a geologia, ocupação do solo, topografia e análises superficiais topográficas.

Como sugestão para trabalhos futuros elenca-se a necessidade de um estudo pontual da região, considerando dados apurados da sub-bacia em questão, corrigindo eventuais erros de dados utilizados na análise, como topografia, ocupação

urbana, dados de maré e caracterização da sub-bacia hidrográfica. Sugere-se elencar também os eventos históricos de alagamento e inundações na região considerando a frequência destes dentro da área analisada. Também se sugere complementar a análise considerando os impactos causados financeiramente à população residente no local, assim como de empresas alocadas nas áreas que são impactadas recorrentemente.

Ademais, ressalta-se a necessidade de análise de determinados dados de forma mais ampla, pois alguns dados gerados em relação à abrangência da sub-bacia perdem sua importância, relevância ou capacidade de compreensão quando adotados dados pontuais e numerosos, assim como na geração do modelo digital topográfico e Mapa de direção de fluxo.

Como complementação à ferramenta de impressão 3D sugere-se o uso de filamento de material termo sensível que muda de cor quando exposto a temperaturas maiores que 33°C, possibilitando a análise da abrangência da inundação utilizando-se líquidos em temperaturas que possibilitem a mudança de cor na superfície.

6. REFERÊNCIAS

3DFILA. PLA: Tudo o que você precisa saber sobre esse Filamento. Disponível em: <https://3dfila.com.br/blog/pla-tudo-sobre-o-filamento-pla/#:~:text=PLA%20%C3%A9%20o%20acr%C3%B4nimo%20para,de%20elevada%20dureza%20e%20brilho>. Acesso em: Jun. 2023.

ALVES, Lourival A. J. **Caracterização Hidrográfica da Baía de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil**. 2011. 68 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO (ANA), (Brasília, DF). Cursos d'água. Brasília, 2023. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/5dd8982f-afe3-4bf0-88d1-73fd53bc196c>. Acesso em: Abr. 2023.

BARGOS, Danúbia C. **Caracterização de Bacias Hidrográficas**. Transparência do curso de Engenharia, Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de Lorena, 2019. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4641496/mod_resource/content/1/aula%204_LOB1233.pdf. Acesso em: Mai. 2023.

BARBOSA, Humberto A.; BURITI, Catarina O. **Como dominar o QGIS: O guia definitivo para mapeamento**. Maceió: Letras Ambientais, 2022.

BARBOSA, Antenor R. J. **Elementos de Hidrologia Aplicada**. Apostila da disciplina de hidrologia ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, 2007.

BIBLUS. O que são softwares GIS e como são empregados na engenharia civil?. Disponível em: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/o-que-sao-softwares-gis-e-como-sao-empregados-na-engenharia-civil/>. Acesso em: Nov. 2022.

BOLOTARI, N. J. Análise Morfométrica e Hidrológica da Bacia do Ribeirão Estiva, afluente do Rio Paraibuna, Juiz de Fora -MG. 2019. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm. Acesso em: Ago. 2021.

BORGES, Fernanda O.; FERREIRA, Vanderlei O. **Planícies de Inundação e Áreas Inundáveis**: Análise comparativa dos conceitos mediante aplicação nas bacias hidrográficas do ribeirão Bom Jardim e rio das Pedras, Triângulo Mineiro. **.Net**, Revista

Cerrados. Monte Carlos, jun. 2019. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados/article/view/1027>. Acesso em: Fev. 2022.

CAMPIOLI, Pâmela F.; VIEIRA, Celso V. Avaliação do Risco a inundação na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte, Joinville/ SC. **.Net**, Joinville, jan. 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge/article/view/238091>. Acesso em: Out. 2021.

CAMPOS, Sofia J. A. M.; STEFANI, Fausto L.; FACCINI, Luiz G.; BITAR, Omar Y. Mapeamento de áreas sujeitas à inundação para planejamento e gestão territorial: cartas de suscetibilidade, perigo e risco. **RBGEA - Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v.5, n.1, p.67-81, 2015.

CLICKGEO. Classificação Supervisionada de Imagens de Satélite com SCP no QGIS. Disponível em: <https://clickgeo.com.br/qgis-classificacao-supervisionada-imagens-de-satelite-com-semi-automatic-classification-plugin/>. Acesso em: Nov. 2022.

CLICKGEO. Como gerar um buffer no Software QGIS. Disponível em: <https://clickgeo.com.br/tutorial-gerar-buffer-qgis/>. Acesso em: Mar. 2023.

CORDOVEZ, Juan C. G. Geoprocessamento como ferramenta de gestão urbana. **In: I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**. Aracaju. Anais [...]. Aracaju, 2002. Disponível em: http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr1/pdfs/pa_pu_01.PDF. Acesso em: Set. 2022.

CUNHA, Juliano C. **O Uso do Modelo Digital de Elevação como alternativa para correção dos efeitos da iluminação diferenciada em Imagens de Satélite**. 2001. 45 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

DAL'ANNIO, Larissa B. **Análise da variação do tempo de concentração de sub-bacia hidrográfica em função do uso e ocupação do solo**. 2019. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

DUPAS, Francisco A.; REBOITA, Michelle S., RODRIGUES, Marcelo. Temperatura Aparente de Superfície na Bacia Hidrográfica do Rio Tavares, Florianópolis. **.Net**, Florianópolis, Jul. 2017. *Revista Brasileira de Climatologia*. Ano 13. Vol. 1. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-A-Ilha-de-Santa-Catarina-e-a-Bacia-Hidrografica-do-Rio-Tavares_fig1_326054188. Acesso em: Fev. 2022.

ELLER, João R.G., SANTOS, Lucas, NASCIMENTO, Rosemy S. Análise Ambiental do Manguezal do Rio Tavares – Florianópolis/SC – BRASIL. Florianópolis, 2013. Disponível em: > ANÁLISE AMBIENTAL DO MANGUEZAL DO RIO TAVARES – FLORIANÓPOLIS/SC – BRASIL. João Ricardo Goulart Eller¹ Lucas dos Santos² <. Acesso em: Jan. 2022.

Enchente Rio Tavares Florianópolis. Produção: Ivan Veríssimo, 12 segundos. Florianópolis: [s.n.], [jan. 2018]. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=q5AW-GQZoUg>. Acesso em: Jun. 2022.

EPAGRI/ CIRAM. Dados pluviométricos e altura de maré, Janeiro de 2012 à Dezembro de 2020. Florianópolis, 2022.

EPAGRI/ CIRAM (Florianópolis, SC). Unidades hidrográficas de Santa Catarina. Florianópolis, 2023. Disponível em: <https://ciram.epagri.sc.gov.br/mapoteca/>. Acesso em: Jan. 2023.

FINKLER, Raquel. Unidade 1: A bacia Hidrográfica. Planejamento, Manejo e Gestão de Bacias - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Ministério Público do Paraná. Paraná, 2012. Disponível em: > https://planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias_hidrograficas/planejamento_manejo_e_gestao_unidade_1.pdf <. Acesso em: Jan. 2022.

FLORIANÓPOLIS, Prefeitura Municipal de, Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico (PMISB), Versão Consolidada Final, Florianópolis, SC, 2011.

FLORIANÓPOLIS, Prefeitura Municipal de, Estudo 2 Vulnerabilidade e riscos Ambientais – Florianópolis, Estudo base, Florianópolis, SC, 2015a.

FLORIANÓPOLIS, Prefeitura Municipal de, Estudo 3 Crescimento Urbano – Florianópolis, Estudo base, Florianópolis, SC, 2015b.

FLORIANÓPOLIS. Plano de Ação – Florianópolis Sustentável. Florianópolis, 2015. Prefeitura Municipal de Florianópolis, 135 f. 2015c. Disponível em: https://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/plano_de_acao_florianopolis_sustentavel_bid_caixa.pdf. Acesso em: Set. 2021.

GEOPORTAL (Florianópolis, SC). Downloads. Disponível em: <https://geo.pmf.sc.gov.br/downloads/camadas-em-sig-do-mapa>. Acesso em fev. 2023.

GEOPORTAL (Florianópolis, SC). Mapa Interativo. Disponível em: <https://geoportal.pmf.sc.gov.br/map>. Acesso em: Jul. 2023a.

G1 SC. Maré alta causa alagamentos em ruas e casas no Sul da Ilha, em Florianópolis. G1 SC, Florianópolis, 26 ago. 2018. Seção Santa Catarina. Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2018/08/26/mare-alta-causa-alagamentos-em-ruas-e-casas-no-sul-da-ilha-em-florianopolis.ghtml>. Acesso em: Nov. 2022.

G1 SC. Vídeos: Maré alta causa alagamentos em cidades de Santa Catarina. G1 SC, Florianópolis, 29 jul. 2021. Seção Santa Catarina. Disponível em:

<https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2021/07/29/videos-mare-alta-causa-alagamentos-em-cidades-de-sc.ghtml>. Acesso em: Mai. 2023.

GEOEDUC. Por que o QGIS é um dos Softwares de geoprocessamento mais utilizado?. Disponível em: <http://geoeduc.com/2020/07/14/por-que-o-qgis-e-um-dos-softwares-de-geoprocessamento-mais-utilizado/#:~:text=Atualmente%2C%20as%20%C3%A1reas%20das%20Engenharias,realizar%20estudos%2C%20projetos%20e%20servi%C3%A7os>. Acesso em: Nov. 2022.

GOERL, Roberto F.; KOBAYAMA, Masato; PELLERIN, Joel R.G.M. Proposta Metodológica para Mapeamento de Áreas de Risco a Inundação: Estudo de Caso do Município de Rio Negrinho -SC, Maringá, 2012. Bol. Geogr, Maringá, v.30, n 1, p. 81-100. Disponível em: https://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/Goerl_Risco_de_inundacao.pdf. Acesso em: Ago. 2021.

GONÇALVES, Hanna A. F.; SOUZA, Gustavo M.; FILHO, Delson L. Construção de Maquetes Topográficas para o Ensino de Cartografia e Geomorfologia Através da Impressão 3D. Rio de Janeiro, Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, vol. 42-3, p. 202-206, jun. 2019. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/31196>. Acesso em: Set. 2022.

GOOGLE EARTH. 2022a. Imagem de satélite dos bairros de Florianópolis. [s.l.]: Google Earth website. Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-27.65527225,-48.50848238,31.42090258a,3435.36894344d,35y,0h,0t,0r>. Acesso em: Jan. 2022.

GOOGLE EARTH. 2023. Imagem de satélite. [s.l.]: Google Earth website. Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-29.11424966,-47.10484241,-213.81223143a,1457937.61474594d,35y,-0h,0t,0r>. Acesso em: Fev. 2023.

GRAÇA, Alan, J. S.; FOSSE, Juliana M.; VEIGA, Luís A. K.; BOTELHO, Mosar F. A impressão 3D no âmbito das Representações Cartográficas. Rio de Janeiro, 2021. Revista Brasileira de Cartografia. Vol. 73, n. 3. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/56659>. Acesso em: Nov. 2022.

GUIMARÃES, Rita C. Bacia Hidrográfica. In: Repositório da Universidade de Évora. **Hidrologia Agrícola**. Lisboa: Editora Líberis, 2017. p. 7-22. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/22476>. Acesso em: Nov. 2022.

HORÁCIO, Nícolas. Mãe na casa alagada, pedreiro e motoboys relatam como é enfrentar muita chuva em Florianópolis. ND MAIS, Florianópolis, 11 ago. 2022. Seção cidadania. Disponível em: <https://ndmais.com.br/cidadania/mae-na-casa-alagada-pedreiro-e-motoboys-relatam-como-e-enfrentar-muita-chuva-em-florianopolis/>. Acesso em: Mai. 2023.

IBGE. **Florianópolis**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc/florianopolis.html>. Acesso em: Fev. 2022.

IBRAHIN, Francini I. D. **Introdução ao geoprocessamento ambiental**. 1º ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2014.

IPUF, Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Florianópolis. Mapa Hipsométrico de Florianópolis. Florianópolis, 2022.

IPUF, Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Florianópolis. Fotosaéreas e ortofoto dos anos de 1977, 1994, 2002, 2009 e 2016. Florianópolis, 2021.

JARDIM, Alexandre C. Direções de fluxo em modelos digitais de elevação: um método com foco na qualidade da estimativa e processamento de grande volume de dados. 2017. 135 f. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2017.

LISBOA, Henrique M. **Princípios de hidrologia**. Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos em Áreas Urbanas, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

LUZ, Andréa. Do antigo porto à poluição: conheça o Rio Tavares, segundo maior rio da Ilha de SC. ND MAIS, Florianópolis, 06 ago. 2020. Seção Meio Ambiente. Disponível em: <https://ndmais.com.br/meio-ambiente/do-antigo-porto-a-poluicao-conheca-o-rio-tavares-segundo-maior-rio-da-ilha-de-sc/>. Acesso em: Fev. 2022.

LICCO, Eduardo A.; DOWELL, Mac; FERREIRA, Silvia. Alagamentos, Enchentes, Enxurradas e Inundações: Digressões sobre seus impactos sócio econômicos e governança. .Net. São Paulo, 2015. Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística Edição Temática em Sustentabilidade Vol. 5 nº. 3. Disponível em: https://www.sp.senac.br/blogs/revistainiciacao/wp-content/uploads/2015/12/110_IC_artigo-.pdf. Acesso em: Dez 2021.

MARTINS, Marlon O.; RIBAS, Rodrigo P. Identificação de Áreas de Suscetibilidade à Inundação no Sistema Hidrográfico do Rio Tavares em Florianópolis-SC, Florianópolis/ SC, ago. 2021. Geosul, Florianópolis, v. 36, n. 79, p. 473-494, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/74144>. Acesso em: Abr. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. MMA. Programa de Regularização Ambiental – Cadastro Ambiental RURAL. GeoCatálogo de Imagens RapidEye. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018. Disponível em: <http://geocatalogo.mma.gov.br/index.jsp>. Acesso em: Nov. 2022.

MONTE, B. E. O. *et al.* Índice de perigo aplicado à inundações com influência de maré. In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Florianópolis. Anais Ciência e Tecnologia da água: Inovação e oportunidades para o desenvolvimento sustentável.

Florianópolis: 2017. Disponível em: <https://eventos.abrh.org.br/xxiisbrh/chamada-trabalhos.php>. Acesso em: Set. 2022.

MONTEIRO, Carlos A. F. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: UFSC, 1991. p. 241. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001343649>. Acesso em: Set. 2022.

MORAES, Elisabete C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. São Paulo, 2018. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/DSR/educacao/uso-escolar-sensoriamento-remoto/material-didatico-anos-anteriores/arquivos>. Acesso em: Ago 2022.

MOUTINHO, Daniel; FERREIRA, Pedro. A tecnologia de impressão 3D aplicada em processos de projeto de Arquitetura e Engenharia. In: Congresso Português de Building Information Modelling, IV. 2022. Braga - PT.

MUÑOZ, Viviana A.; VALERIANO, Márcio M. Mapeamento de planícies inundáveis à partir de MDE e avaliação da exposição à inundação da bacia do rio Itajaí. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. João Pessoa. Anais. João Pessoa, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329370667_Mapeamento_de_planicies_inundaveis_a_partir_de_MDE_e_avaliacao_da_exposicao_a_inundacao_na_bacia_do_rio_Itajai. Acesso em: Set. 2021.

MURARA, Pedro G. Inundações: Desastre Natural? **.Net**, Florianópolis, Dez. 2015. Expressões geográficas. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/288490289_INUNDACOES_DESASTRE_NATURAL_FLOODS_NATURAL_DISASTER. Acesso em: Out. 2022.

OLIVEIRA, Kaique de. **Mapeamento das Áreas de Risco à Inundação no Município de Rio Grande da Serra – SP**. 2017. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) – Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Geografia, Monte Carmelo, 2017.

OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde. Ministério da Saúde. Desastres Naturais e Saúde no Brasil. Brasília, DF: OPAS, Ministério da Saúde, 2014.

PALARETTI, Luiz F. Bacia Hidrográfica: Curso de Agronomia, Manejo de Bacias Hidrográficas – UNESP. São Paulo, 2013. 18 f. Notas de Aula. Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/engenhariarural/luizfabianopalaretti/bacia-hidrografica.pdf>. Acesso em: Nov. 2022.

PAMBOUKIAN, Sergio V. D. Georreferenciamento (registro) de imagens no QGIS. Apostila do Curso de Quantum Gis, Instituto Presbeteriano Mackenzie. S.L, 2015. Disponível em: https://www.mackenzie.br/fileadmin/OLD/62/ARQUIVOS/PUBLIC/user_upload/_imported/fileadmin/LABGEO/Curso/02._Aula_02/0205._Georreferenciamento_de_imagens_no_QGIS.pdf. Acesso em: Nov. 2022.

PMF. Pacto: Sedimentos retirados de canal de drenagem do Rio Tavares supera carga de 2 mil caminhões. Floripamã, Florianópolis, 17 mar. 2023. Seção: Clipping. Disponível em: <https://floripamã.org/2023/03/pacto-sedimentos-retirados-de-canal-de-drenagem-do-rio-tavares-supera-carga-de-2-mil-caminhoes/>. Acesso em: Mai. 2023.

QUOOS, João H.; FIGUEIRÓ Adriano S. **A prototipagem da paisagem: A criação de geoprodutos como mapas físicos de relevo 3D nas unidades de conservação para uso na gestão e educação.** .Net.Fortaleza, Ago. 2021. Revista Eletrônica do PRODEMA. Disponível em: https://scholar.google.com.br/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=S0jG0gUAAAAJ&citation_for_view=S0jG0gUAAAAJ:_FxGoFyzp5QC. Acesso em: Set. 2022.

SANTA CATARINA. Relatório Operacional 0032/21 **Relatório das chuvas: Relatório de ocorrências na região do Alto Vale do Rio Itajaí – 23/12/2020 – 11:00 hs.** 2020. Disponível em: <http://www.defesacivil.sc.gov.br/?s=relatorio>. Acesso em: Maio\ 2022.

SANTA CATARINA. Em Santa Catarina 26 municípios registram ocorrências causadas pelas fortes chuvas. Defesa Civil e bombeiros - 04/05/2022. Disponível em: <https://www.sc.gov.br/noticias/temas/defesa-civil-e-bombeiros/em-santa-catarina-26-municipios-registram-ocorrencias-causadas-pelas-fortes-chuvas>. Acesso em: Maio/ 2022.

SANTOS, Alex S. **Introdução ao ambiente SIG QGIS.** Manual de treinamento. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Rio de Janeiro, 2018.

SCHETTINI, Carlos A. F.; PEREIRA, Jurandir F.; SPILLERE, Luciana C. Caracterização oceanográfica e biogeoquímica dos estuários dos rios Tavares e Defuntos, reserva extrativista de Pirajubaé, Florianópolis, SC. Itajaí, UNIVALI, p. 11-28, 2000. Disponível em: <https://www.univali.br/pos/doutorado/doutorado-em-ciencia-e-tecnologia-ambiental/producao-cientifica/Documents/producao-cientifica/caracterizacao-oceanografica-e-biogeoquimica.pdf>. Acesso em: Set. 2022.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. Ciclo Hidrológico. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/CPRM-Divulga/Canal-Escola/Ciclo-Hidrologico-1376.html>. Acesso em: Jan. 2022.

SILVA, Caroline R. **Análise espaço-temporal das inundações bruscas no período de 1991 a novembro de 2011 em Florianópolis - Santa Catarina.** 2016. 111 f. Dissertação (Bacharel em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

SILVA, Rodolfo D. **Análise da Dinâmica do uso de terra e sua interferência em enchentes na área urbana do município de Americana (SP).** 2013. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia) - Universidade Estadual Paulista - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2013.

SIMONETTI, Bruna L. S. **Modelagem Numérica da Maré Astronômica nas Baías de Florianópolis**. 2016. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Oceanografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

SOUZA, Célia R. G. 1998. Flooding in the São Sebastião region, northern coast of São Paulo state, Brazil. *Anais Academia Brasileira Ciências*, 70 (2): pág. 353-366, 1998.

SOUZA, Elís G. Avaliação da Capacidade de Infiltração do Solo da UTP Rio Tavares, Florianópolis/ SC, para Aplicação em Sistemas de Águas Pluviais Urbanas. 2012. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Engenharia Sanitária e Ambiental) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/125092/EI%c3%ads%20Gomes%20de%20Souza%20%20TCC_II.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: Dez. 2021.

MÜLLER, Rosimar B.; SOUZA, Arildo J. Geomorfologia. Indaial: Centro Universitário Leonardo da Vinci, 2010.

SCHUCH, Fernanda S.; SILVEIRA, Samuel J.; BASTOS, Maurília A.; SANTOS, Thaís M. Determinando o Impacto da urbanização no ciclo hidrológico local de bacias hidrográficas costeiras. **Paisagem e Território no Geoprocessamento**. Ponta Grossa: Editora Atena, 2022. p. 52-70.

TOMINAGA, Lídia K.; SANTORO, Jair.; AMARAL, Rosângela. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2015.

TUCCI, Carlos. E. M.; SILVEIRA, André L.L. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. São Paulo: ABRH, 2014.

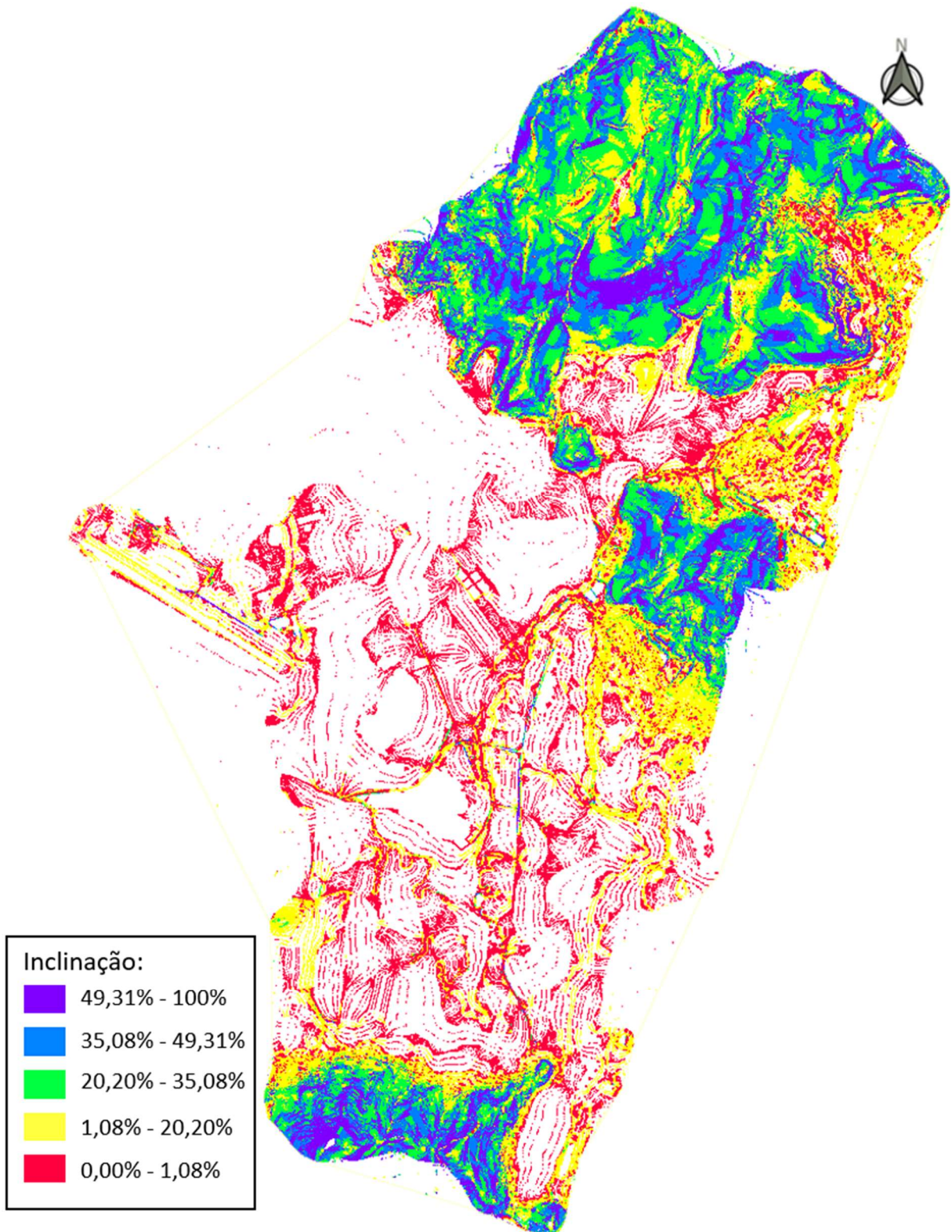
UEMA. **Conceitos básicos de maré**. Arquitetura UEMA - Universidade Estadual do Maranhão, 2020. 5 pág. Disponível em: <<http://www.arquitetura.uema.br/wp-content/uploads/2020/01/N%C3%ADvel-do-Mar.pdf>>. Acesso em: 25 de Setembro de 2022.

UFSC. **Relatório de Danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil: 1995 – 2019**. Banco Mundial, Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária. Florianópolis, 2. Ed., 2020.

VANZ, Argeu; GARBOSSA, Luis H. P.; FERNANDES, Laís G. Alagamento devido a maré positiva em Florianópolis, SC, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Oceanografia - CBO. Itajaí. Associação Brasileira de Oceanografia (AOCEANO). 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luis-Pospissil-Garbossa-2/publication/271513379_ALAGAMENTOS_DEVIDO_A_MARE_POSITIVA_EM_FLORIANOPOLIS_SC_BRASIL/links/54ca34390cf2c70ce5219523/ALAGAMENTOS-DEVIDO-A-MARE-POSITIVA-EM-FLORIANOPOLIS-SC-BRASIL.pdf. Acesso em: Ago. 2022.

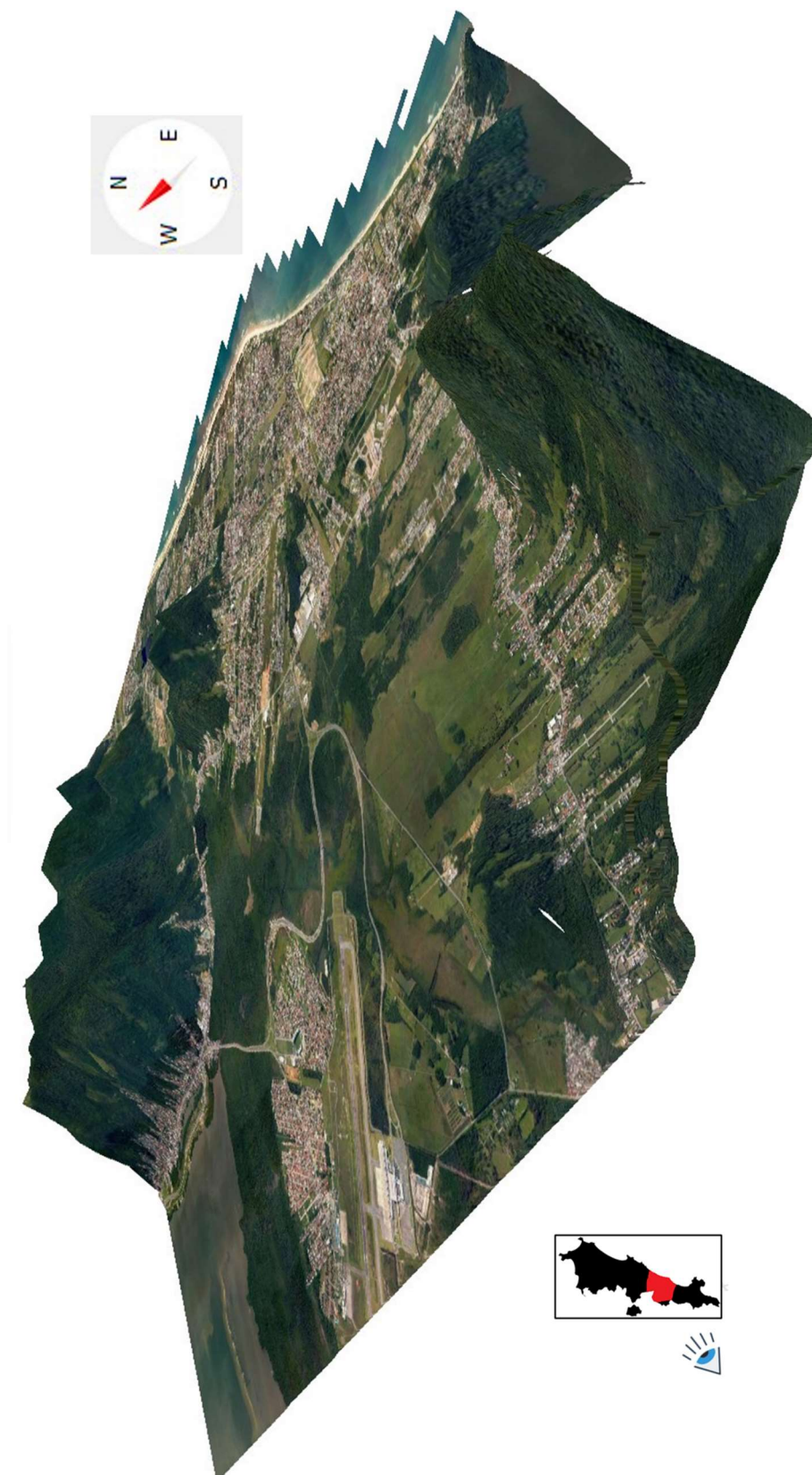
VESTENA, Leandro R. A importância da Hidrologia na prevenção e mitigação de desastres naturais. **.Net**. Guarapuava, Abr. 2008. Setor de Ciências Agrárias e Ambientais. pág. 151-162. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/viewFile/295/1893>. Acesso em: Set. 2021.

WWF. Mangue. **Natureza brasileira**. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/programa_marinho/mangues/#:~:text=Mangue%20ou%20mangal%20%C3%A9%20uma,o%20rio%20e%20o%20mar.&text=Usamos%20o%20termo%20manguezal%20ou,ambiente%20terrestre%20e%20o%20marinho . Acesso em: Fev. 2022.

APÊNDICES**APÊNDICE A – DIREÇÃO DE FLUXO NA SUB-BACIA**

Fonte: Elaboração própria (2023).

APÊNDICE B – MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO DA SUB-BACIA



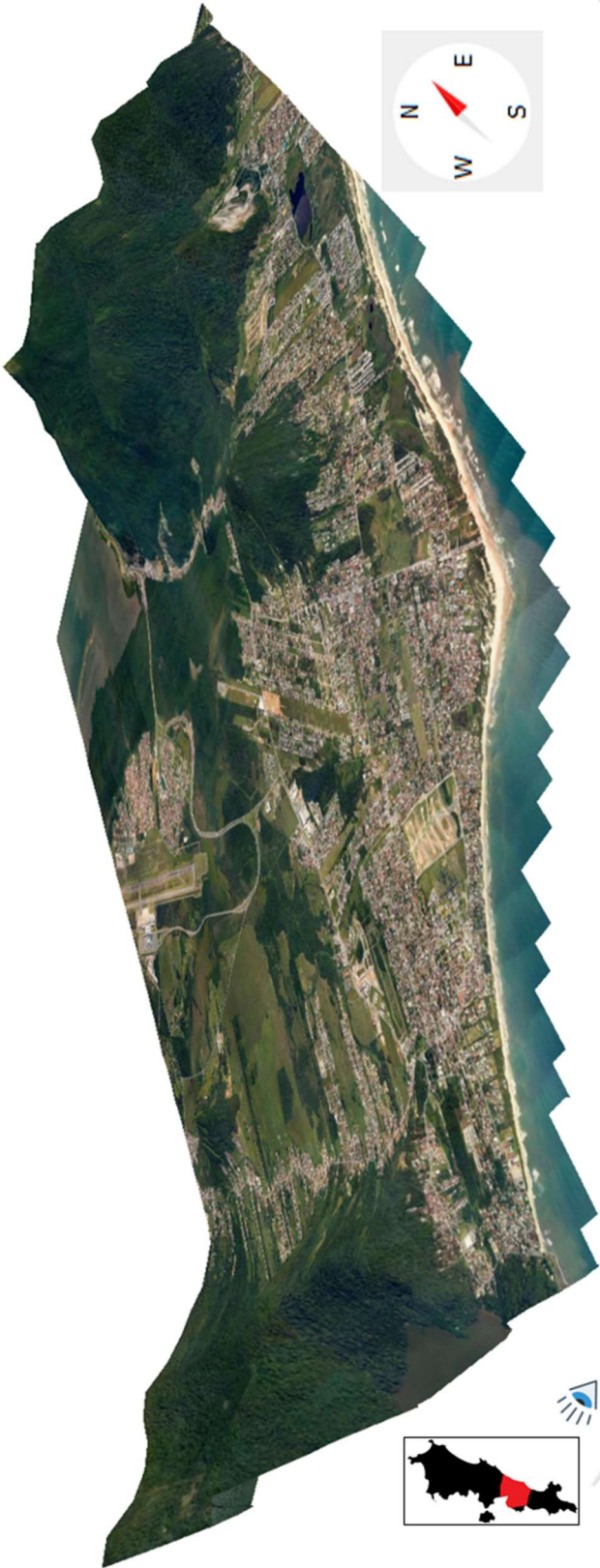
Fonte: Elaboração própria (2023).

APÊNDICE C – MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO DA REGIÃO DO RIO TAVARES



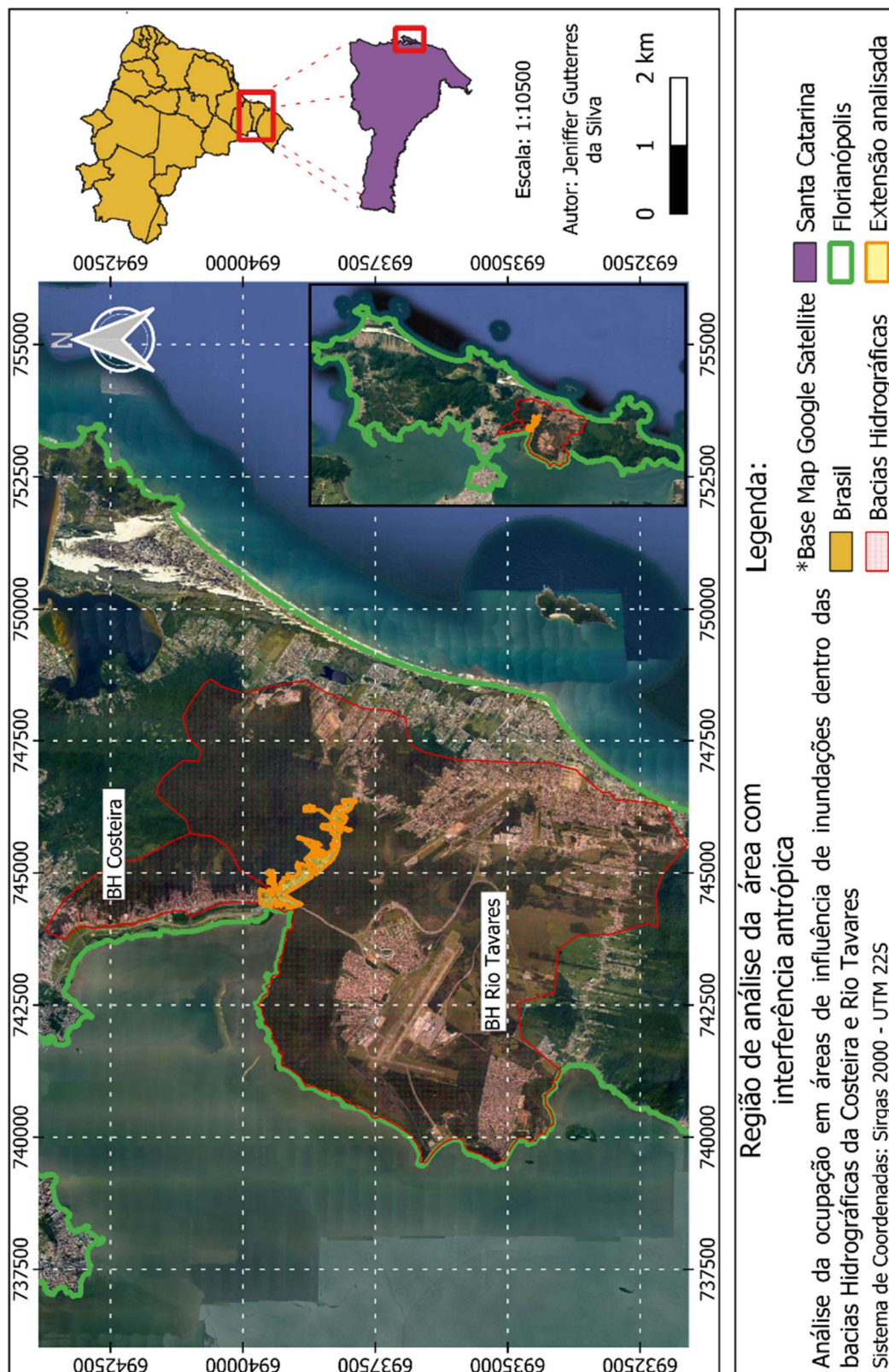
Fonte: Elaboração própria (2023).

APÊNDICE D – MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO



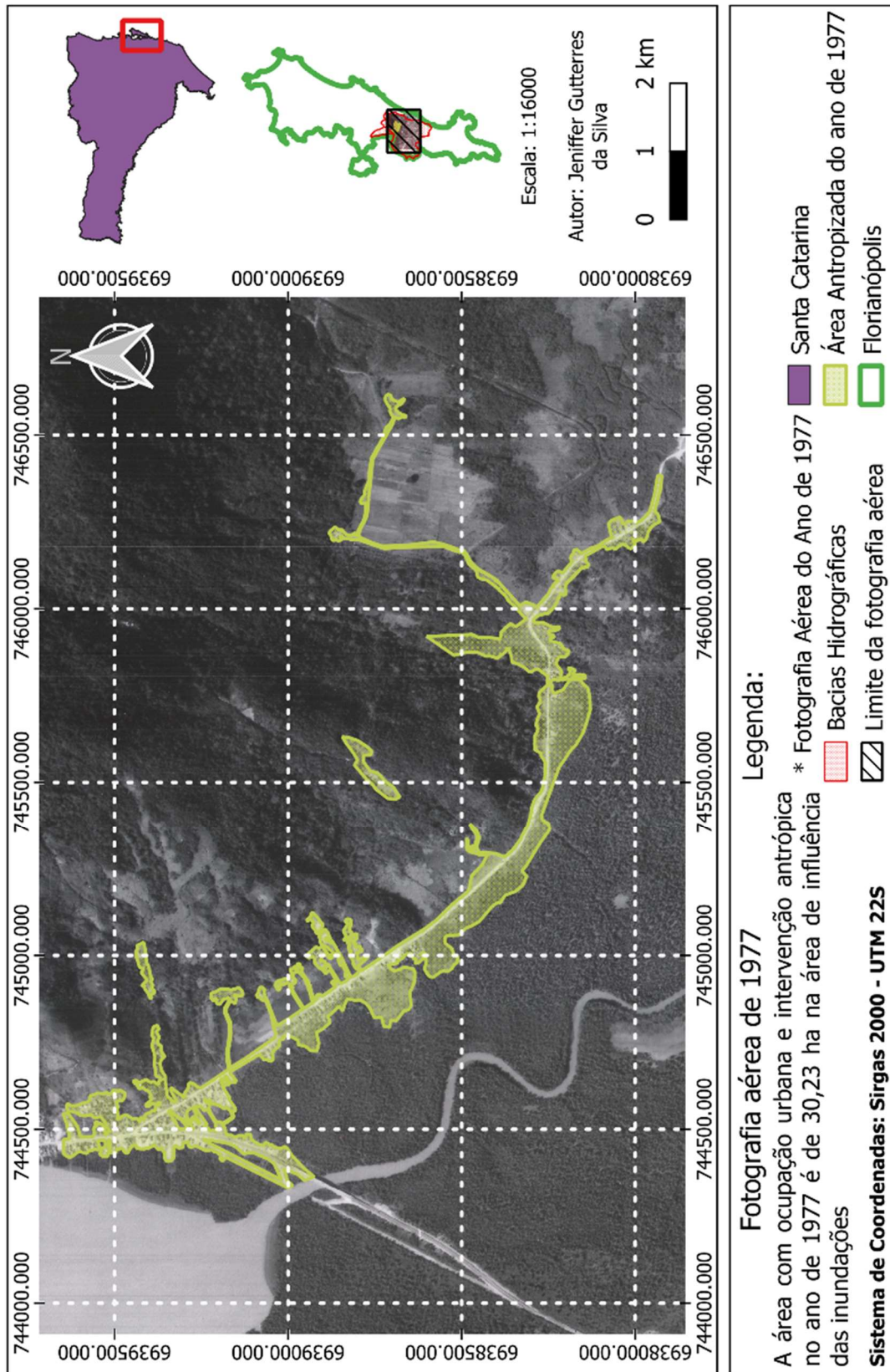
Fonte: Elaboração própria (2023).

APÊNDICE E – MAPA DA REGIÃO DE ANÁLISE DA ÁREA DE INTERFERÊNCIA ANTRÓPICA



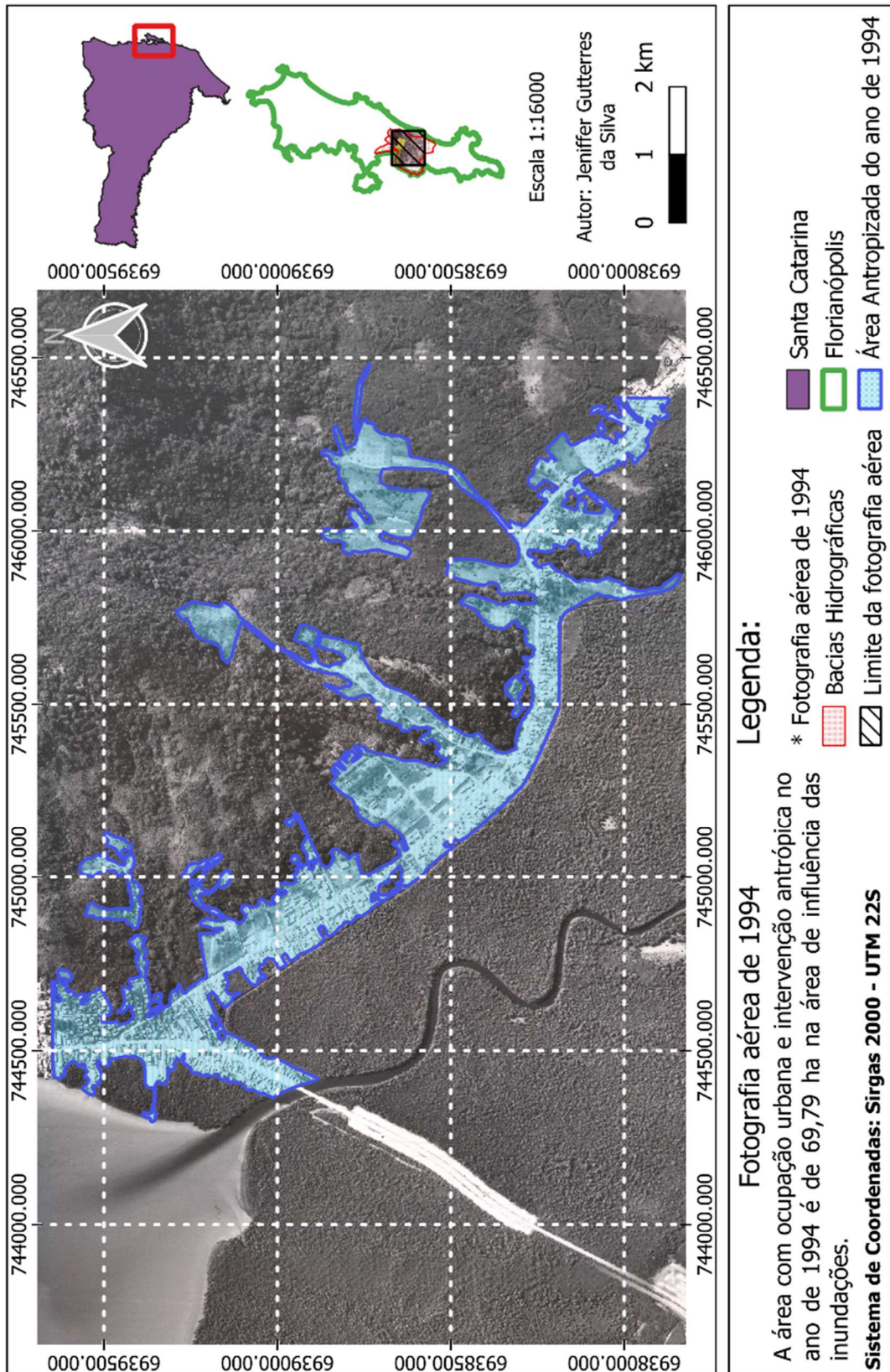
Fonte: Elaboração própria (2023).

APÊNDICE F – ÁREA DE INTERVENÇÃO ANTRÓPICA NO ANO DE 1977



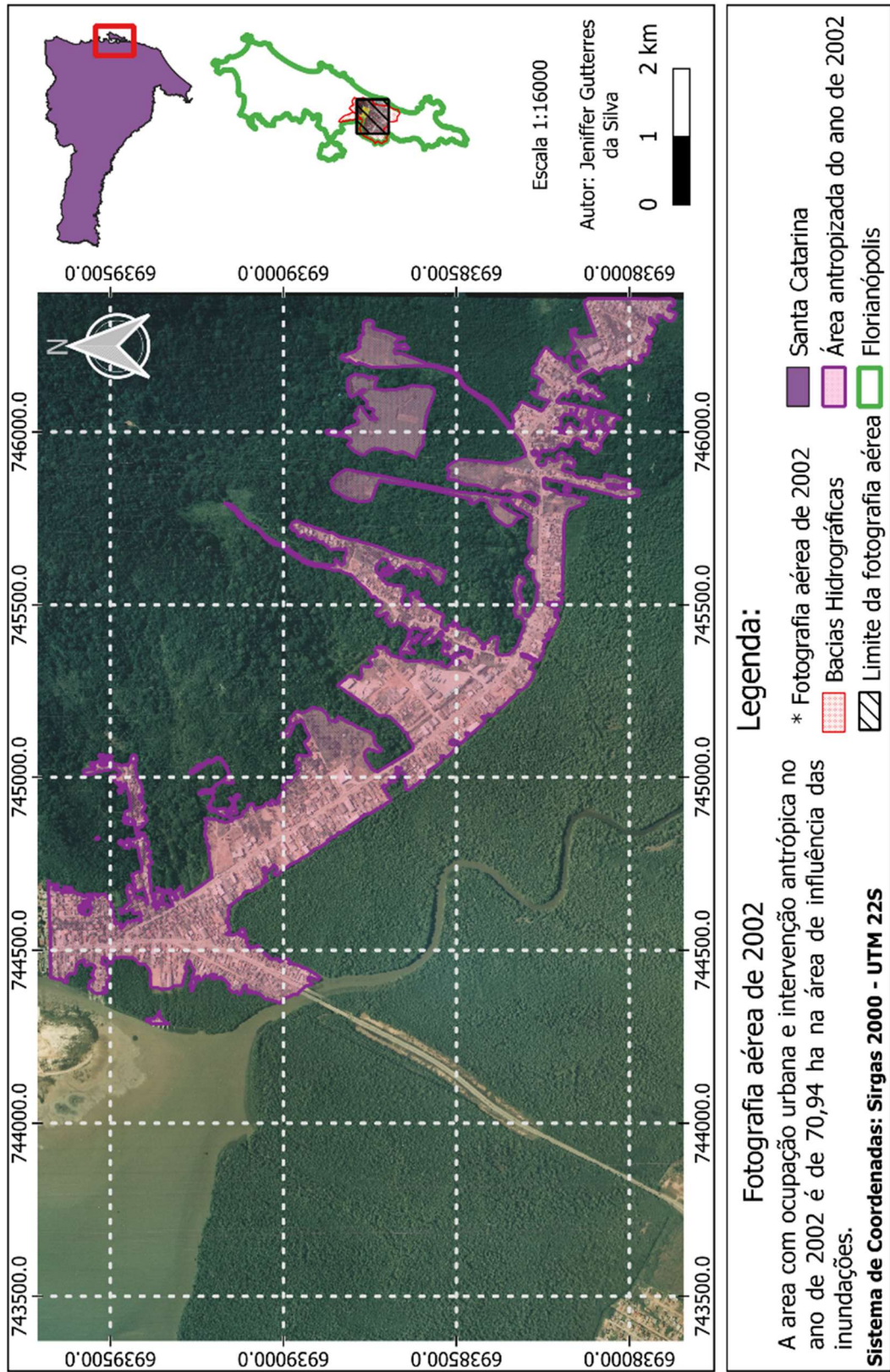
Fonte: Elaboração própria (2023)

APÊNDICE G – ÁREA DE INTERVENÇÃO ANTRÓPICA NO ANO DE 1994



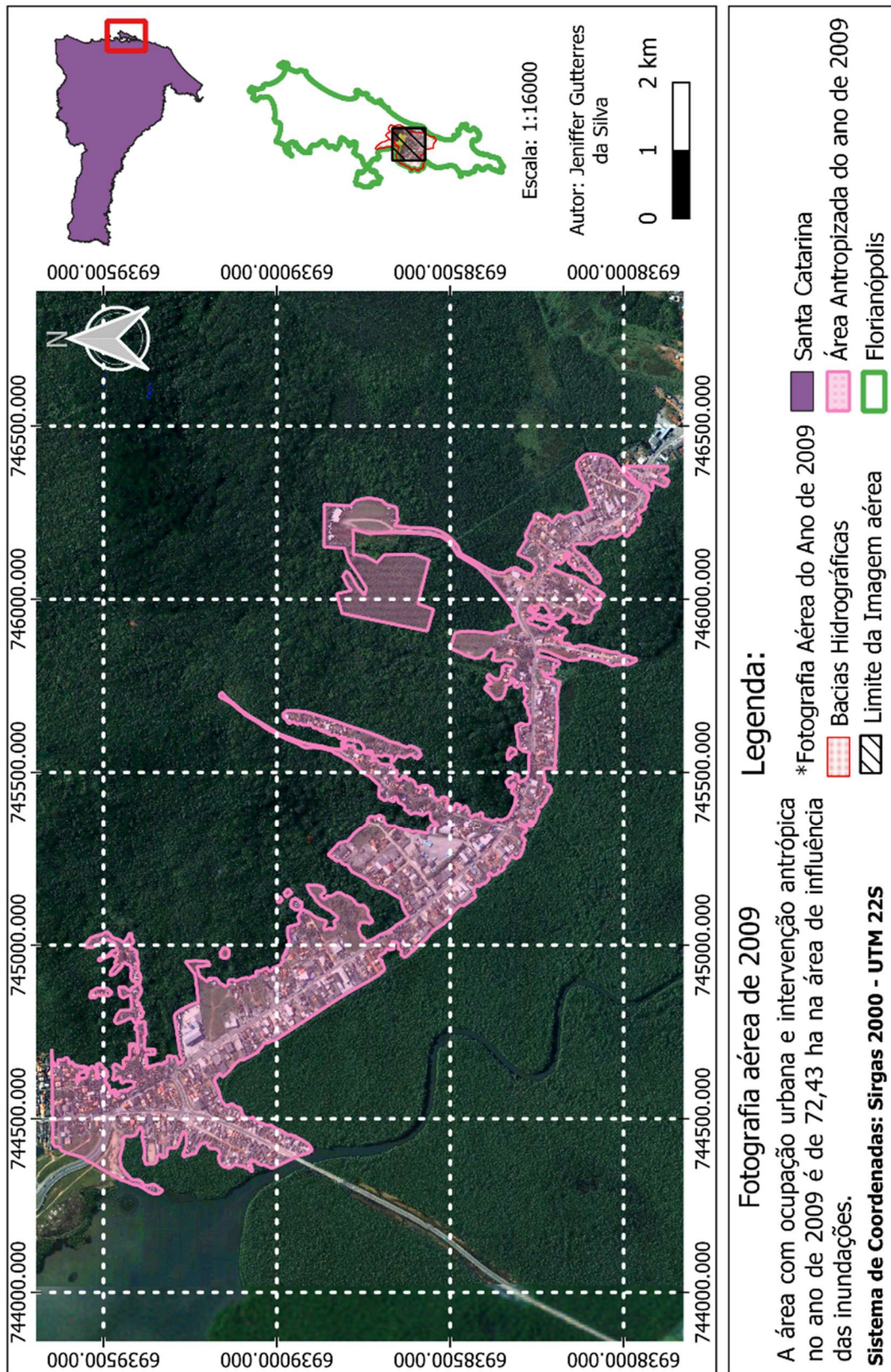
Fonte: Elaboração própria (2023)

APÊNDICE H – ÁREA DE INTERVENÇÃO ANTRÓPICA NO ANO DE 2002



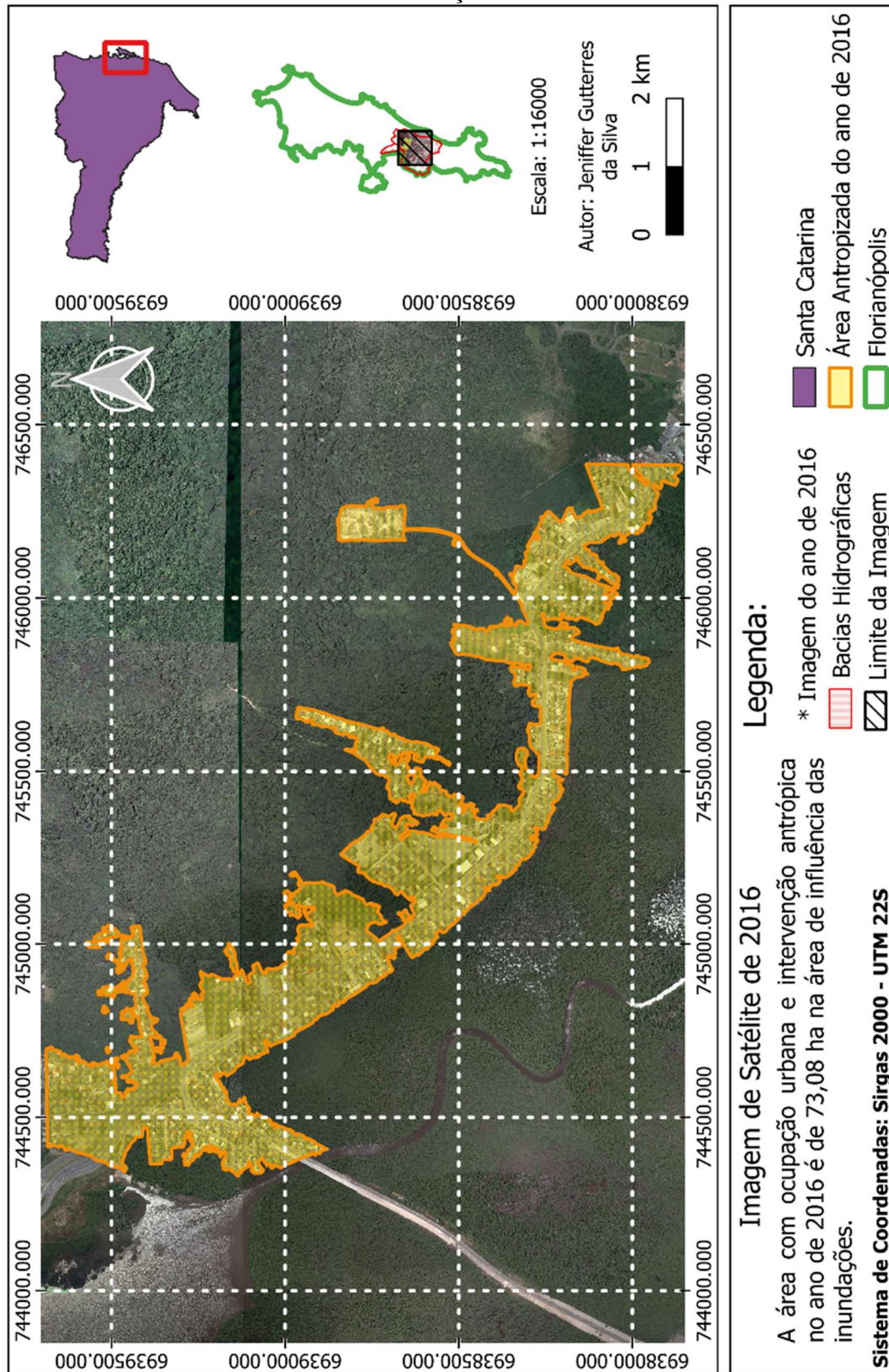
Fonte: Elaboração própria (2023)

APÊNDICE I – ÁREA DE INTERVENÇÃO ANTRÓPICA NO ANO DE 2009



Fonte: Elaboração própria (2023).

APÊNDICE J – ÁREA DE INTERVENÇÃO ANTRÓPICA NO ANO DE 2016



Fonte: Elaboração própria (2023).

ANEXOS**ANEXO A – FOTOGRAFIA AÉREA FAIXA 05 – TAPERA DA BASE, CAMPECHE
DO ANO DE 1977 (SEM ESCALA)**

Fonte: IPUF (2021).

ANEXO B – FOTOGRAFIA AÉREA FAIXA 03 – COSTEIRA, CARIANOS, RIO
TAVARES DO ANO DE 1994 (SEM ESCALA)



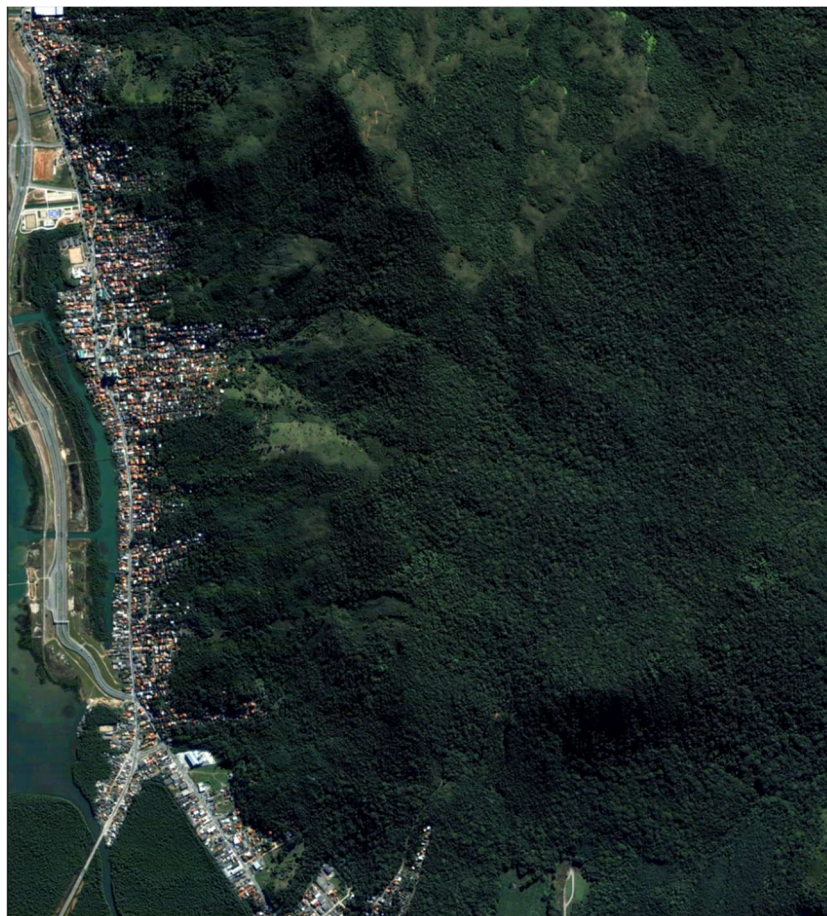
Fonte: IPUF (2021).

ANEXO C – FOTOGRAFIA AÉREA FAIXA 04 – COSTEIRA DO ANO DE 2002 (SEM ESCALA)



Fonte: IPUF (2021).

ANEXO D – FOTOGRAFIA AÉREA FAIXA 03 – COSTEIRA DO ANO DE 2009 (SEM ESCALA)



Fonte: IPUF (2021).

ANEXO E – ORTOFOTO – COSTEIRA DO ANO DE 2016 (SEM ESCALA)



Fonte: IPUF (2021).

