

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

LUCAS DORIGHELLO CAVALHEIRO

**Estudo do Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's) em área de manguezal:  
estudo de caso no estuário do rio Itapanhaú em Bertioga - SP**

**Study of the Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in a mangrove area: a  
case study in the estuary of the Itapanhaú river in Bertioga - SP**

São Paulo

2022

LUCAS DORIGHELLO CAVALHEIRO

**Estudo do Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's) em área de manguezal:  
estudo de caso no estuário do rio Itapanhaú em Bertioga - SP**

Trabalho de Graduação Integrado (TGI) apresentado ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Yuri  
Tavares Rocha

São Paulo

2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação  
Serviço de Biblioteca e Documentação  
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

\* Cutt CAVALHEIRO, Lucas Dorighello  
Estudo do Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's) em área de manguezal: estudo de caso no estuário do rio Itapanhaú em Bertioga - SP/ Lucas Dorighello Cavalheiro ; orientador Yuri Tavares Rocha. São Paulo, 2022.  
41f.

TGI (Trabalho de Graduação Integrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia.

1. VANT. 2. Manguezal. 3. SIG. 4. Geomorfologia. I. Rocha, Yuri Tavares, orient. II. Título.

CAVALHEIRO, Lucas Dorighello. **Estudo do Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's) em área de manguezal:** estudo de caso no estuário do rio Itapanhaú em Bertioga - SP. Trabalho de Graduação Integrado (TGI) apresentado à Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. Yuri Tavares Rocha

Instituição FFLCH - USP



Julgamento: Aprovado. Assinatura \_\_\_\_\_

Dr. Adenilson Franciso Bezerra

Instituição FFLCH - USP



Julgamento: Aprovado. Assinatura \_\_\_\_\_

Dra. Patricia do Prado Oliveira

Instituição FFLCH - USP

Julgamento: Aprovado. Assinatura



\_\_\_\_\_

Dedico este trabalho aos meus pais e às figuras inspiradoras que cruzaram e se mantiveram nesse trajeto, com amor, admiração e gratidão por seu apoio, carinho e presença ao longo do período de elaboração deste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Diversos nomes e situações surgem à memória, diante das dificuldades e alegrias dos últimos anos (de estudo), e infelizmente nem todos são listados nesse diminuto agradecimento.

Relembro, com muito esmero, que a realização desse trabalho só pôde ser concluída pela dedicação e empatia do Prof. Dr. Yuri Tavares Rocha, que nesses dois anos de convivência, muito me ensinou, contribuindo para meu crescimento científico e intelectual. Além da orientação, foram diversos os momentos de apaziguamento dos conflitos e angústias internos. Gratulo com sinceridade pelo cuidado em proporcionar-me a oportunidade de conclusão do curso com interesse genuíno.

Agradeço imensamente meus pais, Luciana Aparecida e Antonio Carlos, e familiares, que sempre fizeram tudo aquilo que estava a seu alcance para impulsionar minha formação acadêmica.

Além da lembrança, redijo aqui meu carinho eterno pela Jaque, companheira dos momentos mais difíceis constituintes dessa dissertação e dos últimos quatro anos.

Ao Serrinha, meu duo, que incondicionalmente me apoiou nas decisões mais íntimas e pedregosas do caminho. Não obstante, também me mostrou como a vida pode ser mais leve em situações insalubres.

Aos meus queridos amigos e amigas, Vitor, Adriano, Kenji, Luís, Giovanna, Débora, Maurício, Bruno e Mateus, que sobretudo deixaram os meus dias mais coloridos.

Obrigado do fundo do coração, Naia. Sem você e seu exímio conhecimento acadêmico, essa monografia não sairia do mundo das ideias. Agradeço também ao George, por ceder e corroborar com dados fundamentais para a pesquisa.

À Mixa, pela atenção e fomento durante meu processo de amadurecimento como pesquisador.

E por fim, a Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, pela oportunidade de realização do curso.

*“When a butterfly flutters its wings in one part of the world, it can eventually cause a hurricane in another.”*

Edward Norton Lorenz

## RESUMO

CAVALHEIRO, Lucas Dorighello. **Estudo do Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's) em área de manguezal**: estudo de caso no estuário do rio Itapanhaú em Bertioga - SP. 2022. 41 f. Trabalho de Graduação Individual (TGI) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

A utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's) em estudos geográficos tem se apresentado como prática e ferramenta completas e de alta acurácia, além do crescente aprimoramento técnico e científico. Dentre as principais vantagens estão a alta resolução espacial, flexibilidade de implementação e menor custo comparado ao uso de imagens orbitais de alta resolução, e tem destaque nas análises ambientais pela capacidade de monitoramento de áreas sem acesso ou remotas, como manguezais e áreas de alto grau de fragilidade ecológica.

Desta forma, este trabalho teve como objetivos apresentar informações metodológicas sobre o uso de VANT's em análises ambientais e seus principais produtos a partir do estudo de caso da área de manguezal do rio Itapanhaú no município de Bertioga-SP.

O trabalho está estruturado em duas partes: descrição e detalhamento de VANT's como ferramenta e o fluxo de trabalho para captação e processamento das imagens e análise dos produtos gerados para a área de estudo.

Palavras-chave: Área de manguezal. Veículos Aéreos não Tripulados. VANT.

## ABSTRACT

CAVALHEIRO, Lucas Dorighello. Study of the Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in a mangrove area: a case study in the estuary of the Itapanhaú river in Bertioga - SP. 2022. 41 f. Trabalho de Graduação Individual (TGI) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

The use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in geographic studies has been presented as a highly accurate practice and tool, alongside the growing technical and scientific improvement. Among the main advantages are the high spatial resolution, flexibility of implementation and lower cost compared to the use of high-resolution orbital images, but it gains prominence in environmental analysis for the ability to monitor inaccessible or remote areas, such as mangroves and areas with a high degree of ecological fragility.

Therefore, this paper aims to present methodological information about the use of UAVs in environmental analysis and the main products from the case study of the mangrove area of the Itapanhaú River in the municipality of Bertioga-SP.

The work is structured in two parts: description and detailing of UAVs as a tool and the workflow for capturing and processing of images and; analysis of the products generated for the study area

Keywords: Mangrove area. Unmanned Aerial Vehicle. UAV.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Fotografia da área de manguezal em Bertioga – SP.....	14
<b>Figura 2</b> - Fotografia da área de manguezal em Bertioga – SP.....	15
<b>Figura 3</b> - VANT asa fixa eBee .....	17
<b>Figura 4</b> - VANT multirotor DJI Mini 2.....	17
<b>Figura 5</b> - Mapa de Localização da área de estudo.....	18
<b>Figura 6</b> - Rede de Drenagem da Bacia do rio Itapanhaú .....	19
<b>Figura 7</b> - Mapa Geológico do estuário do rio Itapanhaú.....	20
<b>Figura 8</b> - Mapa Geomorfológico do estuário do rio Itapanhaú.....	21
<b>Figura 9</b> - Mapa Pedológico do estuário do rio Itapanhaú .....	22
<b>Figura 10</b> - Mapa da Bacia do rio Itapanhaú sobreposta ao Modelo Digital do Terreno.....	24
<b>Figura 11</b> - Phantom 4 Advanced, transmissor e tablet.....	26
<b>Figura 12</b> - Número de imagens sobrepostas calculadas para cada pixel do ortomosaico.....	28
<b>Figura 13</b> - Alinhamento das fotografias no Metashape Profissional.....	28
<b>Figura 14</b> - Nuvem de Pontos com sobreposição das fotografias obtidas gerada no Metashape Profissional .....	29
<b>Figura 15</b> - Fotografias oblíquas do estuário do rio Itapanhaú.....	30
<b>Figura 16</b> - Fluxograma de trabalho .....	31
<b>Figura 17</b> - Fotografias verticais do estuário do rio Itapanhaú.....	31
<b>Figura 18</b> - Ortomosaico RGB do estuário do rio Itapanhaú.....	33
<b>Figura 19</b> - Ortomosaico em detalhe .....	34
<b>Figura 20</b> - Ortomosaico em detalhe .....	34
<b>Figura 21</b> - Ortomosaico em detalhe - lançamento de esgoto no canal de Bertioga	35
<b>Figura 22</b> - Modelo Digital de Superfície do estuário do rio Itapanhaú .....	36

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações

CBH-BS - Comitê da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista

DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo

GSD - *Ground Sample Distance*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia

KM - Quilometro

KM<sup>2</sup> - Quilometro quadrado.

L/s – Litros por segundo

LIDAR- *Light Detection and Ranging*

MDS – Modelo Digital de Superfície

RGB – *Red, Green e Blue*

SGB/CPRM - Serviço Geológico do Brasil

SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*

UAV - *Unmanned Aerial Vehicle*

UGRHI 07 - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 07

USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos

VANT's - Veículos Aéreos Não Tripulados

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Revisão bibliográfica</b>	<b>14</b>
<b>2.1.1. Manguezal</b>	<b>14</b>
<b>2.1.2. Veículos Aéreos não Tripulados – VANT</b>	<b>16</b>
<b>2.2. Área de estudo</b>	<b>17</b>
<b>2.2.1. Caracterização Socioeconômica</b>	<b>18</b>
<b>2.2.2. Rede de Drenagem</b>	<b>19</b>
<b>2.2.3. Geologia</b>	<b>20</b>
<b>2.2.4. Geomorfologia</b>	<b>21</b>
<b>2.2.5. Pedologia</b>	<b>21</b>
<b>2.2.6. Clima</b>	<b>22</b>
<b>2.3. Metodologia</b>	<b>23</b>
<b>2.3.1. Imagem SRTM</b>	<b>23</b>
<b>2.3.2. Imagens VANT</b>	<b>25</b>
<b>2.3.2.1. Equipamento</b>	<b>25</b>
<b>2.3.2.2. Planejamento de Voo</b>	<b>26</b>
<b>2.3.2.3. Captura</b>	<b>27</b>
<b>2.3.2.4. Processamento</b>	<b>27</b>
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>30</b>
<b>3.1. Fotografias Oblíquas</b>	<b>30</b>
<b>3.2. Imagens Verticais</b>	<b>31</b>
<b>3.2.1. Produtos Gerados</b>	<b>32</b>
<b>3.2.1.1. Ortomosaico</b>	<b>32</b>
<b>4. CONCLUSÕES</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>39</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O rio Itapanhaú é o rio mais extenso da baixada paulista, nasce na Serra do Mar, no território municipal de Biritiba-Mirim, e percorre cerca de 40 km. Após a descida da serra, o rio conflui com o rio Itatinga e deságua no Oceano Atlântico no município de Bertioga. O estuário do rio Itapanhaú está circunscrito entre a frente escarpada da Serra do Mar e a Planície de Bertioga, formada por terraços marinhos e planície costeira. Ao longo do baixo curso do rio, desde o Canal de Bertioga até a foz, a influência das marés, as variações do nível do mar e a descarga de sedimentos dos sistemas fluviais propiciam a formação de planícies intertidais e desenvolvimento de um ecossistema característico - manguezal (CBH – BS, 2016)

Os manguezais são ecossistemas complexos e apresentam grande importância socioeconômica e ambiental, principalmente, para proteção e reprodução de diversas espécies de animais (PEREIRA, 1998). O manguezal é um ecossistema costeiro localizado na transição entre os ambientes terrestre e marinho e sujeito ao regime das marés. Estas características ambientais instáveis acrescentam a natureza de vulnerabilidade à intervenção antrópica e acabam por determinar uma área de alta fragilidade ambiental (PINHEIRO et al., 2018)

Pela importância socioeconômica e ecológica dos manguezais diversos estudos sobre esse ecossistema têm sido desenvolvidos em todas as áreas das ciências (VANNUCCI, 2003). Mas, em face ao crescente avanço das geotecnologias, a geografia ganha destaque pela capacidade de análise espacial em conjunto com as análises socioambientais. Porém uma grande dificuldade a esses estudos é o acesso a área, pois é caracterizante destas áreas o solo alagado e vegetação densa. Uma alternativa é a utilização de sensores remotos, como imagens orbitais ou imagens de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's), todavia, as imagens de VANT's apresentam-se, atualmente, como uma ferramenta mais completa e acessível.

Dentro das ciências geográficas os VANT's têm alto potencial de uso, já que os dados espaciais gerados podem dar subsídios ao desenvolvimento de estudos em diferentes linhas de pesquisa da geografia. Desta forma, este trabalho tem como objetivos estudar o uso e capacidade de VANT's no mapeamento e análise de uma área de manguezal localizada no município de Bertioga, estado de São Paulo e validar esta ferramenta nas pesquisas científicas geográficas, sobretudo na análise da paisagem.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

### 2.1. Revisão bibliográfica

#### 2.1.1. Manguezal

Primeiramente, cabe sublinhar a diferença entre mangue e manguezal:

- Mangue é conjunto das espécies de árvores e arbustos registrados no ecossistema manguezal; é composto por vegetais halófitos adaptados à água marinha, sendo tolerantes à salinidade e a variação de sais dissolvidos nas águas, apresentam raízes aéreas (pneumatóforos) que auxiliam a obtenção de oxigênio e, estruturalmente, são eficientes na redução do potencial dinâmicos das ondas (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2016) (figura 1).

- Manguezal é um ecossistema de transição localizado em terras baixas nas zonas do entre marés em regiões costeiras, comumente abrigado por rios, formando um sistema de estuarino de alta complexidade (MORI et al., 2010). Apresentam maior desenvolvimento nas regiões tropicais e subtropicais do planeta, distribuídos entre as latitudes 30°N e 30°S e abrangendo uma área de 137.760 km<sup>2</sup>, somente no Brasil essa área se estende por 13 mil km<sup>2</sup> (GIRI et al., 2011) (figura 2).

**Figura 1-** Fotografia da área de manguezal em Bertioga – SP



Fonte: Lucas Dorighello Cavalheiro, 2022.

**Figura 2** - Fotografia da área de manguezal em Bertioga – SP



Fonte: Lucas Dorighello Cavalheiro, 2022.

Esse ambiente geralmente é constituído por solo de granulometria fina, com consistência lodosa e inconsolidada, baixo teor de oxigênio, alta salinidade e rico em matéria orgânica, o que atribui a coloração escura e odor forte de putrefação (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995). Em função da variação das marés e das chuvas intensas e/ou constantes, essas regiões estão submetidas a uma alta taxa de sedimentação e acúmulo de materiais, como folhas, sementes, propágulos, larvas e diversas espécies de animais. A variação de salinidade é decorrente da entrada e saída das marés, o aporte de água salgada no estuário e a quantidade de água doce que percorre até o mar. Portanto, a salinidade varia sazonalmente e no espaço, sendo mais alta próximo ao mar e diminui com a intrusão rio adentro (PINHEIRO et al., 2018).

A confluência de propriedades ambientais específicas de ambientes terrestres, marinhos e de água doce, acabam por determinar uma fauna, flora e variedade de microrganismos específicos (PINHEIRO et al., 2018). Por constituírem áreas de alta biodiversidade e propiciar a ciclagem de nutrientes e a alimentação, reprodução e proteção de muitas espécies animais, os manguezais são designados como áreas de preservação permanente (QUINONES, 2000) e de alta fragilidade ambiental. Vulnerabilidade que é intensificada pela expansão urbana e crescimento populacional nas zonas costeiras (ANILKUMAR, 2010).

### **2.1.2. Veículos Aéreos não Tripulados – VANT**

A utilização de VANT's, em inglês *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), se tornou uma alternativa interessante para o fornecimento de fotografias aéreas, em função das vantagens técnicas e econômicas se comparados com os métodos tradicionais de aerolevanteamento (LONGHITANO, 2010)

O uso de imagens geradas por VANT's nas análises ambientais mostrou-se eficaz na obtenção de dados em escalas espacialmente pequenas – na grandeza centimétrica -, com alta flexibilidade na escala temporal e radiométrica e facilidade de manipulação, além da versatilidade na obtenção das imagens – o piloto podendo escolher o melhor dia e horário para a captação das imagens.

Como parte das geotecnologias, vem sofrendo um rápido avanço em seu desenvolvimento, sobretudo devido à evolução das aeronaves e dos sensores acoplados. Essas aeronaves têm capacidade de carregar múltiplas câmeras e sensores, como multi e hiper espectrais, termais ou sensores a laser (LIDAR) (ALBURGUERGUE, 2018). Destaca-se também pelas inúmeras aplicações nas diversas áreas do conhecimento: levantamentos e inspeções agrícolas e industriais, serviços de busca e salvamento de pessoas e animais, telecomunicações, entretenimento, publicidade e estudos ambientais (RODRIGUES, 2016).

Popularmente são conhecidos como drones e dispõem de diversos modelos: no Brasil, os mais comuns são os de asas fixas e multirotores. Segundo Kneipp (2018), os drones de asa fixa (figura 3) são apropriados para fazer fotografias aéreas de grandes extensões, pois possuem bateria de longa duração e aerodinâmica que permite uma maior autonomia; os multirotores (figura 4) possuem operação mais simples e versátil, por conta de sua desenvoltura em manobras e operações, são apropriados para trabalhos em pequenas e médias extensões.

Como PEGORARO e PHILIPS (2011, p.8463) reiteram:

O alto grau de liberdade de voo permitido por estes equipamentos pode ser explorado de forma a obter informações que até então não eram possíveis, pois eles incorporam tecnologias que permitem decolagem vertical, voo pairado estabilizado e facilidade de aterrissagem.

**Figura 3 - VANT asa fixa eBee**



Fonte: site da Sensefly<sup>12</sup>

**Figura 4 - VANT multirotor DJI Mini 2**



Fonte: site da DJI<sup>2</sup>

A partir dessas características, é acertado afirmar que o uso de drones tem uma alta adequação e viabilidade para os estudos e análises geográficas, já que fotografias aéreas sempre foram instrumentos importantes nos estudos da paisagem e análises ambientais, principalmente em função da capacidade de proporcionar uma visão sinóptica (visualizar partes de um conjunto de uma só vez) e multitemporal de extensas e inacessíveis áreas da superfície terrestre (FLORENZANO, 2011).

## **2.2. Área de estudo**

A área de estudo é compreendida pelo estuário do rio Itapanhaú confinado na interface continente/oceano no município de Bertioga-SP (figura 5). Bertioga é um dos 15 municípios considerados estâncias balneárias pelo Estado de São Paulo, sendo o turismo a principal base econômica, além de apresentar o maior crescimento

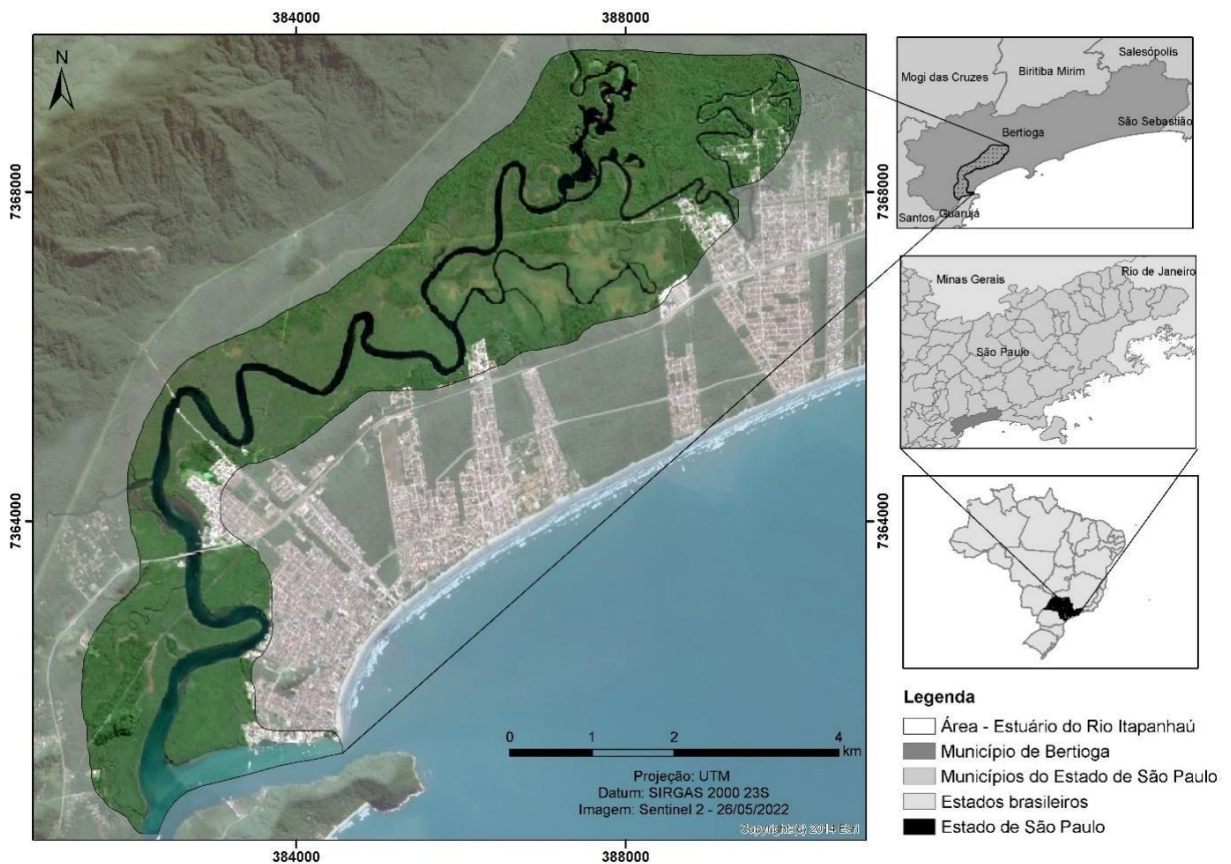
<sup>1</sup> Disponível em: <<https://www.sensefly.com/drone/ebee-x-fixed-wing-drone/>>

<sup>2</sup> Disponível em: <<https://www.dji.com/br/mini-2>>

populacional do Estado de São Paulo nos últimos 10 anos (IBGE, 2021)

Os principais acessos à área são as rodovias SP-150 (Via Anchieta) e SP-160 (Rodovia dos Imigrantes até Cubatão) e posteriormente pela SP-55 (Rodovia Cônego Domênico Rangoni – Piaçaguera a Guarujá) e Rodovia Dr. Manoel Hypólito do Rego (BR-101) ou a Rodovia estadual SP-98 - Rodovia Dom Paulo Rolim Loureiro, também conhecida como Rodovia Mogi-Bertioga.

**Figura 5 - Mapa de Localização da área de estudo**



Fonte: Lucas Dorigello Cavalheiro, 2022.

### 2.2.1. Caracterização Socioeconômica

Segundo dados do SEADE (2022), 88,51% da base econômica do município de Bertioga é representada pelo setor de serviços, consolidado pelo turismo e lazer, em comparação, o setor de serviços no Estado de São Paulo é de 77,17%.

A área de estudo pode ser considerada como sendo a região mais conservada da Baixada Santista, pois a parte urbanizada se restringe apenas à uma estreita faixa litorânea às praias, com usos exclusivamente residenciais, turísticos e de comércio e

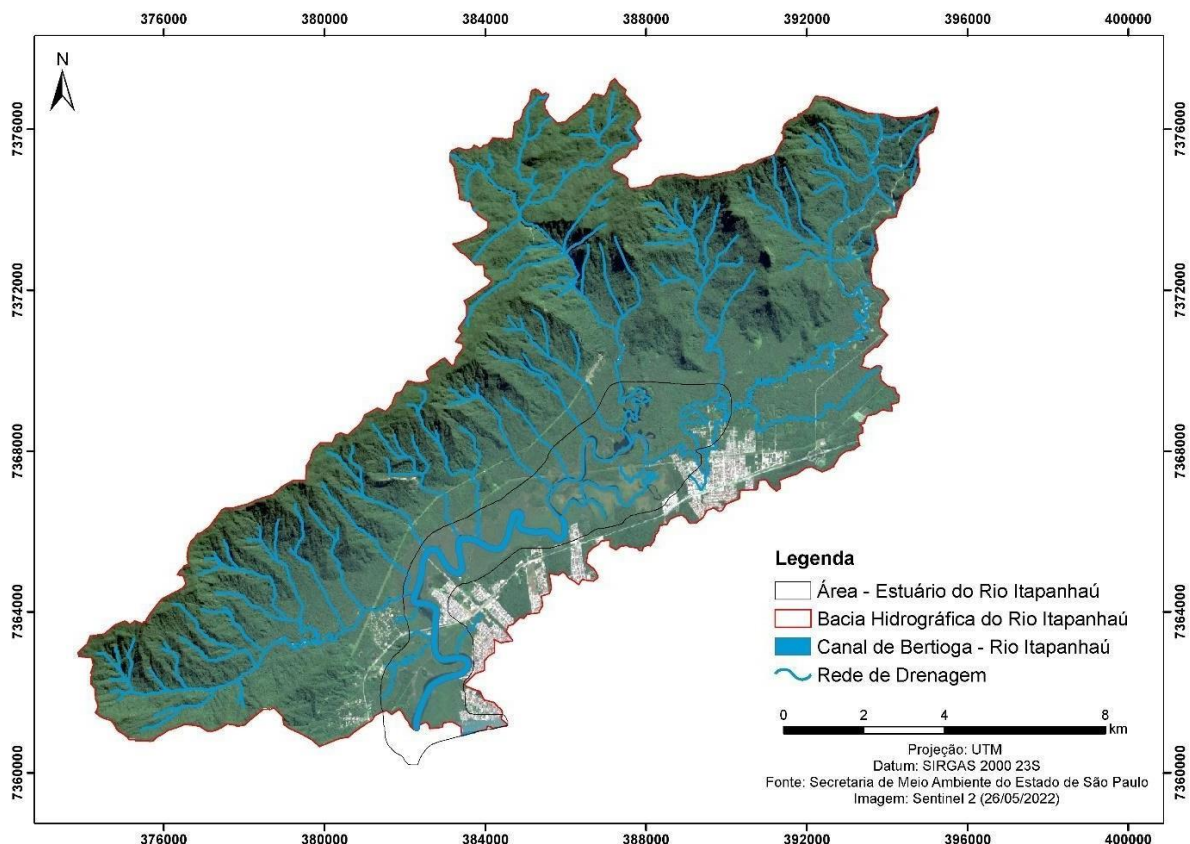
serviços. O IBGE (2022) estima que a população do município seja de 66.154 pessoas em 2021, representando um crescimento populacional de 38,84% em relação ao valor do último censo (2010).

### 2.2.2. Rede de Drenagem

O município de Bertioga situa-se na sub-bacia norte da Bacia da Baixada Santista, cujos recursos hídricos são gerenciados pelo Comitê da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista (CBH-BS) (UGRHI 07). A Baixada Santista dispõe de uma rica rede hidrográfica navegável, cujos os principais cursos d'água são os rios Guaratuba, Itatinga e Itapanhaú, onde se encontram mangues preservados na região de Bertioga.

O rio Itapanhaú e seus afluentes (figura 6) tem uma área de drenagem de 368,8 km<sup>2</sup> e uma disponibilidade hídrica de 5720 (L/s) O canal de Bertioga junto ao rio Itapanhaú forma uma hidrovia natural com mais de 25 km de Bertioga à Riviera de São Lourenço. Esse canal tem grande exploração para a navegação de lazer e transporte de passageiros (CBH-BS, 2016).

**Figura 6 - Rede de Drenagem da Bacia do rio Itapanhaú**



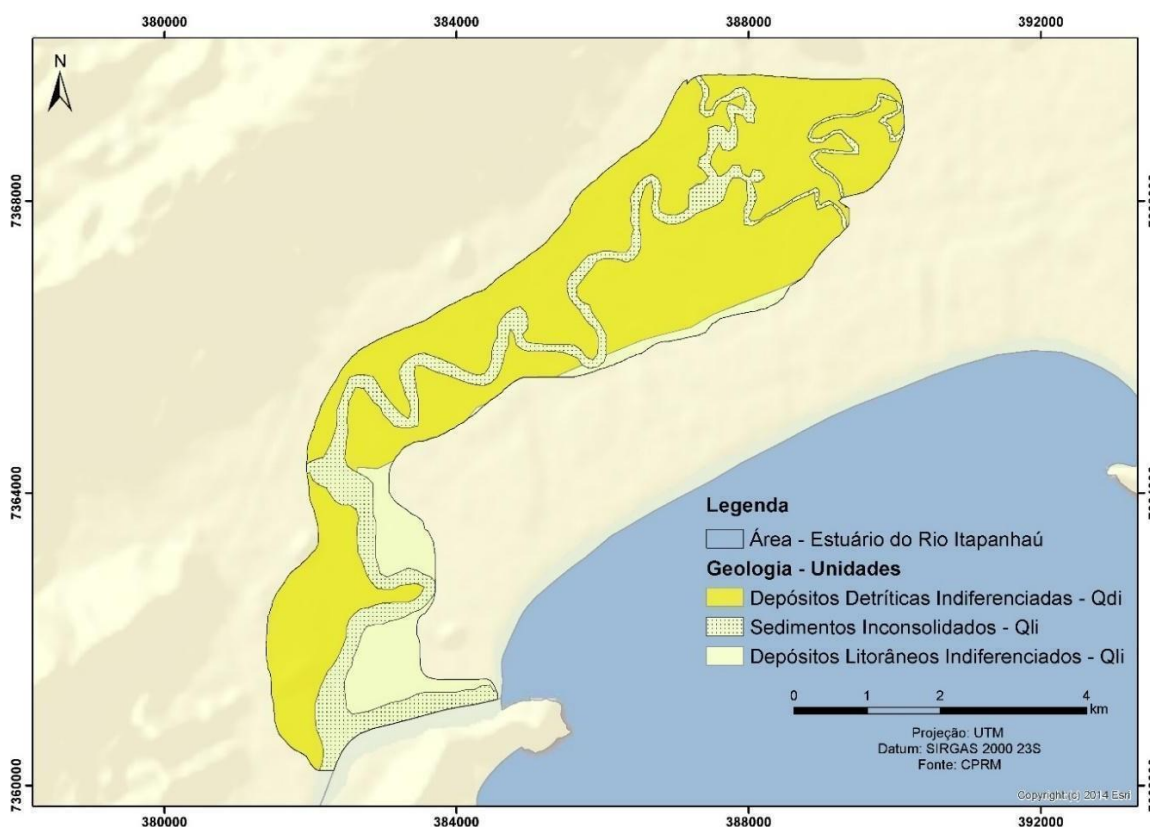
Fonte: Lucas Dorighello Cavalheiro, 2022.

### 2.2.3. Geologia

Em um contexto geológico amplo, a área de estudo está inserida na Província Costeira, nas zonas Baixadas Litorâneas, apresenta domínio de sedimentos cenozóicos inconsolidados depositados em meio aquoso. Essa faixa é recoberta por depósitos pouco espessos de areia, cascalho e argila gerados no atual ciclo de erosão e em vários tipos de ambientes deposicionais (marinho, misto e fluvial/lacustre). (CPRM, 2006).

Os Depósitos Detríticos indiferenciados (Qdi) constitui-se de areias finas a grossas, relacionadas a superfícies de aplainamento, formando terraços argilo-arenosos com cascalhos dispersos e níveis de material transportado e ferruginoso. A segunda unidade geológica encontrada são os Depósitos Litorâneos Indiferenciados (Qli) são constituídos por depósitos arenosos de cordões regressivos, sedimentos argilo-arenosos de origem flúviolagunar, aos quais podem estar associados a sedimentos de mangues, em margens de lagunas e no curso inferior de rios (SUGUIO; MARTIN, 1978) (figura 7).

**Figura 7 - Mapa Geológico do estuário do rio Itapanhaú**

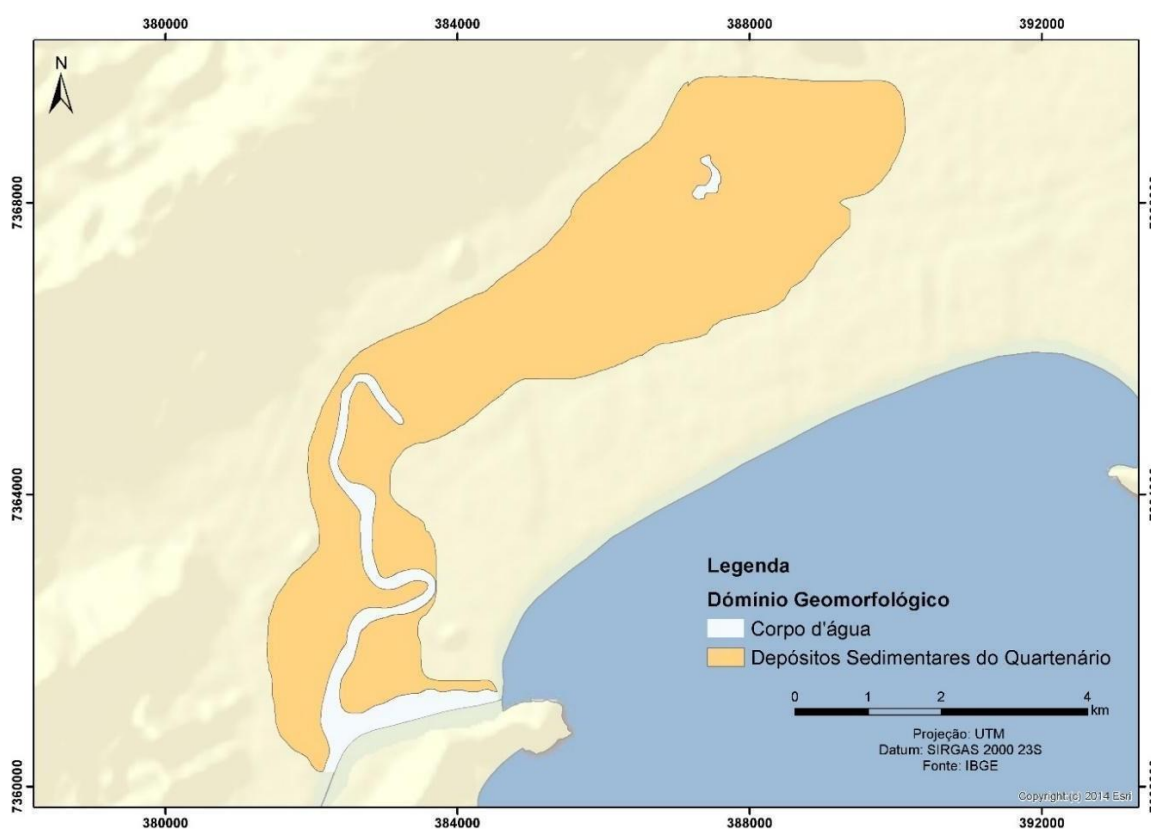


Fonte: Lucas Dorighello Cavalheiro, 2022.

### 2.2.4. Geomorfologia

A geomorfologia da área pertence à Planície Costeira e é constituída por materiais sedimentares mais recentes, relativos ao período Quaternário e com baixos valores de declividade, características resultantes de processos de sedimentação fluvial (continental) de detritos que descem das escarpas em direção ao mar e da dinâmica das marés, depositando sedimentos arenosos e formando lagunas durante o processo de regressão marinha (IBGE, 2009). O relevo é formado por planícies deltaicas, estuarinas e praias e apresenta pequenas discontinuidades, representadas por áreas rebaixadas e alagadiças, e terrenos arenosos (COSTA, 1997).

**Figura 8 -** Mapa Geomorfológico do estuário do rio Itapanhaú



Fonte: Lucas Dorighello Cavalheiro, 2022.

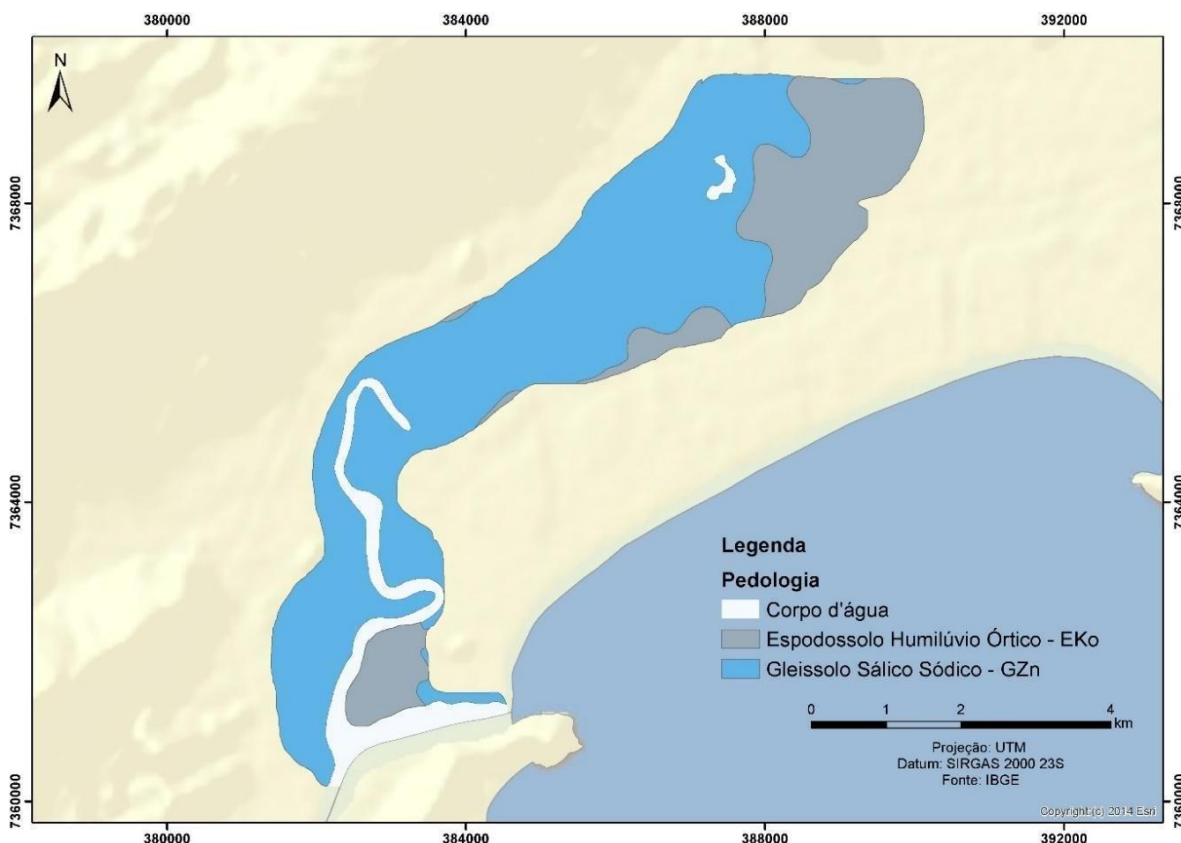
### 2.2.5. Pedologia

No aspecto pedológico, a área apresenta dois tipos de solos: os espodosolos que apresentam diferenciação significativa entre os horizontes - um horizonte espódico de cores escurecidas ou avermelhadas/amareladas, precedido de um horizonte eluvial. São em geral muito pobres no tocante a nutrientes minerais e têm

textura arenosa predominantemente; os gleissolos são característicos de áreas alagadas ou sujeitas a alagamento (margens de rios, ilhas, grandes planícies, etc.) e apresentam cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas (figura 8) (IBGE, 2007).

Devido aos solos pouco consolidados e a presença lençol freático próximo à superfície, a área tem um caráter de vulnerabilidade aos impactos ambientais presentes na região.

**Figura 9** - Mapa Pedológico do estuário do rio Itapanhaú



Fonte: Lucas Dorighello Cavalheiro, 2022.

### 2.2.6. Clima

Segundo a classificação climática de Koeppen, a área de estudo apresenta atributos do tipo climático Af, caracterizado pelo clima “Tropical chuvoso sem estação seca definida de baixa amplitude térmica”, condição climática devido ao efeito da maritimidade. A precipitação mensal média de verão é de 498,83 mm, a de inverno 190,37 mm e a média mensal anual é 231,83 mm (CEPAGRI, 2022). Conforme IBGE (2002) a região é dominada pelo clima Tropical do Brasil Central, subquente e superúmido sem seca, com temperatura média variando entre 22°C e 18°C, no mês mais quente e mais frio respectivamente (HidroWeb).

O clima atuante é influenciado pelos sistemas atlânticos polares e tropicais. A massa quente e úmida Tropical Atlântica, proveniente do oceano, penetra no continente pelo Leste. Sua atuação é afetada pelo confronto entre a massa de ar Polar e as massas continentais Tropical e Equatoriais. Os fatores topoclimáticos da serra do Mar produzem instabilidade, resultando em elevados índices pluviométricos diários, ocasionando as “chuvas de verão” e as chuvas orográficas, sobretudo na região da encosta serrana litorânea, devido à presença da barreira topográfica representada pela serra do Mar (PEREIRA et al., 2010)

## 2.3. Metodologia

### 2.3.1. Imagem SRTM

A delimitação da área do estuário do rio Itapanhaú foi realizada a partir de das imagens do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizadas no site da *Earth Explorer*<sup>3</sup> do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) e processadas no ArcGis 10.6, *software* SIG (Sistema de Informações Geográficas) mantido pela empresa ESRI. A SRTM (em português, Missão Topográfica Radar *Shuttle*) consiste em um sistema de radar a bordo do ônibus espacial Endeavour para aquisição de dados de altimetria estereoscópica, disponibilizando modelos altimétricos da zona da Terra entre 56 °S e 60 °N.

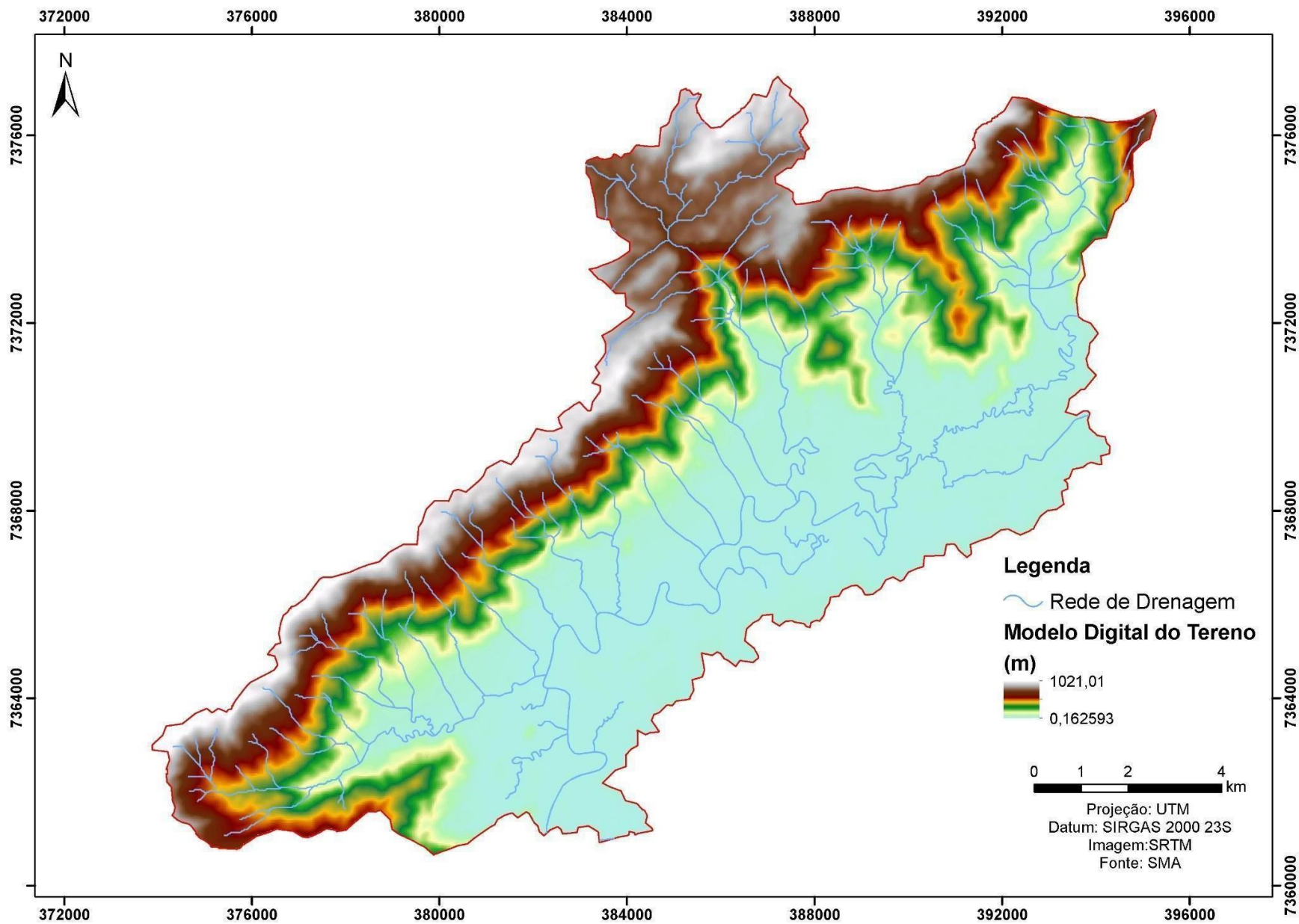
Primeiramente, foi delimitada de forma automática a bacia hidrográfica do rio Itapanhaú (Figuras 6 e 10) a partir das Caixas de Ferramentas *Hydrology Modeling* do ArcGis 10.6. A metodologia utilizada seguiu o seguinte fluxo de trabalho e ferramentas: preenchimento de depressões (Ferramenta *Fill*) - direção de fluxo (Flow Direction) - fluxo acumulado (*Flow Accumulation*) e delimitação de bacias (“Watershed”) (DIAS et al., 2004). Após a delimitação da área da bacia, a rede de drenagem disponibilizada no site<sup>4</sup> da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA) foi sobreposta a área e conferiu-se a existência de dinamismo nos limites da área e a verificação do sentido de escoamento. Leva-se como premissa que a drenagem é algo dinâmico e pode sofrer modificações ao longo do tempo e, por isso precisa ser constantemente atualizado.

---

<sup>3</sup> Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>

<sup>4</sup> Disponível em: <<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/cpla/mapa-da-rede-de-drenagem-do-estado-de-sao-paulo/>>

Figura 10 - Mapa da Bacia do rio Itapanhaú sobreposta ao Modelo Digital do Terreno



Fonte: Lucas Dorighello Cavalheiro, 2022.

Por fim, com o auxílio do mosaico em composição colorida (RGB) do satélite Sentinel 2 (25/06/2022) foi feita a identificação visual da área do estuário do rio Itapanhaú. A definição de estuário empregada para a identificação seguiu a da CPRM (2022): “desembocadura ou foz de rio alargada e extensa, como uma baía fechada e estreita, onde misturam-se água doce do rio e salgada do mar ao sabor da correnteza fluvial e dos fluxos de marés do mar, normalmente com vários rios desaguando nele.” Desse modo, a área circunscrita ao percurso principal do rio Itapanhaú até o começo do estreitamento de suas margens foi definida como a área de estudo.

### **2.3.2. Imagens VANT**

#### *2.3.2.1. Equipamento*

Para o levantamento das fotografias aéreas foi utilizado o VANT modelo Phantom 4 Advanced (figura 11), da fabricante DJI. Este modelo é um quadricóptero (multirotor) com as seguintes especificações<sup>5</sup>:

- Peso (baterias e hélices incluídas): 1368g
- Tamanho diagonal (hélices excluídas): 350 milímetros
- Tempo máximo de autonomia nominal: 30 minutos
- Sistemas de Posicionamento por Satélite: GPS/GLONASS
- Sensor: CMOS de 1": 20 Megapixel
- Lente: FOV 84° 8,8 mm/24 mm (equivalente ao formato de 35 mm) f/2,8 - f/11 foco automático a 1 m - ∞
- Tamanho máximo de imagem: 5472 x 3648
- Sensores de prevenção de obstáculos frontais.

O controle do transmissor permite a operação total da câmera acoplada, possibilitando a obtenção de fotografias verticais e oblíquas e vídeos em resolução ultra HD (4K) da área, com visualização em tempo real. Este equipamento possui GPS de navegação o que lhe permite gravar um ponto de partida ao decolar e adicionar metadados espaciais às fotografias obtidas (SIMÕES, et al. 2019).

---

<sup>5</sup> Disponível em: <<https://www.dji.com/br/phantom-4-adv>>

**Figura 11** - Phantom 4 Advanced, transmissor e tablet



Fonte: Lucas Dorighello Cavalheiro, 2022.

A regulamentação da operação civil de aeronaves não tripuladas é feita pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e complementada pelas normas de operação de drones estabelecidas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL)

Seguindo as normas vigentes de operação de aeromodelo no território brasileiro, o Phantom 4 Advanced precisa estar registrado no Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT) da ANAC e homologado junto à ANATEL. É necessário também a solicitação de utilização do espaço aéreo antes de realização do voo, pois o Phantom 4 Advanced tem peso superior a 250 gramas. A autorização de voo é feita no sistema SARPAS no site do DECEA e pode demorar de 45 minutos a 18 dias, dependendo do tipo de voo e localização da área a ser mapeada.

#### 2.3.2.2. Planejamento de Voo

O plano de voo da área de estudo foi feito no *software Dronedeploy*.

O planejamento do voo é a primeira e mais detalhada etapa do levantamento aéreo, realizada a partir das análises dos aspectos topográficos e das condições ambientais e climáticas das áreas a serem sobrevoadas. Neste sentido, busca-se otimizar a quantidade de linhas de voo e uso das baterias, além de obedecer aos padrões técnicos de recobrimento aerofotográfico (LONGHITANO, 2010)

O *Dronedeploy* é um *software* que auxilia o planejamento de voos

automatizados, é possível pré-definir as rotas de coleta de dados e carregar esses dados na aeronave. Durante a programação do plano de voo é possível escolher a altura de voo, a sobreposição das fotografias, a velocidade de voo do drone e o ângulo das linhas de amostragem, fornecendo previamente o tamanho de pixel que será obtido.

#### 2.3.2.3. *Captura*

Os trabalhos de campo para captura das imagens foram realizados nos dias 10,11, 25 e 26 de maio de 2022, totalizando 7307 fotos e recobrando uma área de 27,2 km<sup>2</sup>.

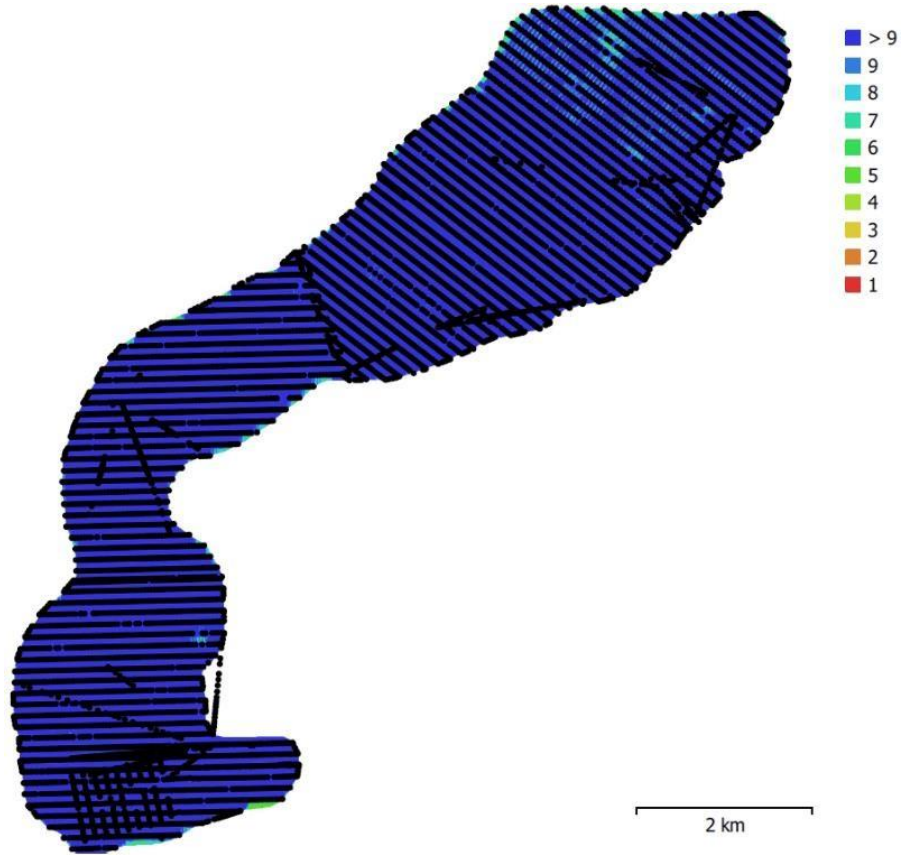
#### 2.3.2.4. *Processamento*

O processamento das imagens foi realizado no software *de* fotogrametria, *Metashape Professional*.

O *Metashape* segue o seguinte fluxo de processamento:

1. Alinhamento das imagens: etapa em que é realizado o processo de fototriangulação de forma automatizada, com a determinação dos parâmetros de orientação interna das câmeras, bem como os parâmetros de orientação externa das fotografias aéreas (figura 12). Após o alinhamento é gerada a nuvem esparsa a partir de pontos homólogos identificados automaticamente nesse processo (figura 13).
2. Construção da nuvem densa (figura 14): densificação da nuvem de pontos esparsa que foi gerada no processo anterior, aumentando a quantidade de pontos na nuvem e diminuindo os espaços vazios.
3. Construção do Modelo Digital de Superfície (MDS): a partir do processo de triangulação dos pontos o software constrói um modelo tridimensional do terreno, com como representações bidimensionais e altimétricas, detalhando os objetos de solo.
4. Construção do ortomosaico: é realizada a ortorretificação das imagens, na qual as feições são projetadas ortogonalmente com a escala constante, não apresentando os deslocamentos devidos ao relevo e à inclinação do sensor. Com as imagens devidamente corrigidas e o software realiza a mosaicagem e cria um único produto.

Figura 12 - Número de imagens sobrepostas calculadas para cada pixel do ortomosaico



Fonte: Relatório de processamento do Metashape

Figura 13 - Alinhamento das fotografias no Metashape Profissional



Fonte: Lucas Dorighello Cavalheiro, 2022.

**Figura 14** - Nuvem de Pontos com sobreposição das fotografias obtidas gerada no Metashape Profissional



Fonte: Lucas Dorighello Cavalheiro, 2022.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Fotografias Oblíquas

As fotografias oblíquas, adquiridas a partir da pilotagem manual podem ser utilizadas para complementar e interpretar as informações adquiridas a partir das fotografias verticais, ou ainda configurar um resultado relevante para análises qualitativas, já que permitem obter uma visão mais amplificada ou mais próxima e detalhada da área de estudo.

A figura 15 evidencia o potencial das fotografias oblíquas para a pesquisa em geografia e análise da paisagem e áreas afins.

**Figura 15** - Fotografias oblíquas do estuário do rio Itapanhaú

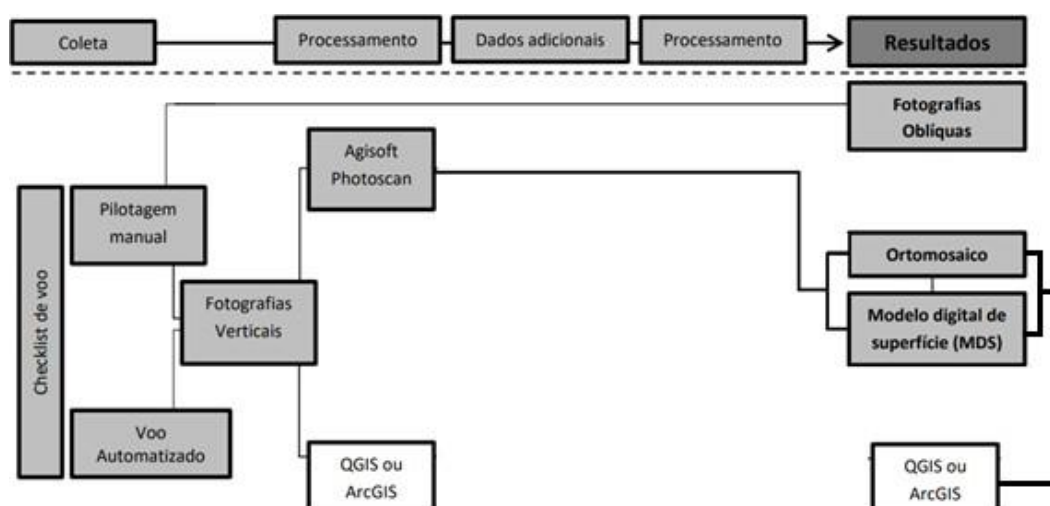


Fonte: Lucas Dorighello Cavalheiro, 2022.

### 3.2. Imagens Verticais

As fotos verticais foram adquiridas pelos voos automatizados planejados no *DroneDeploy* e processadas no *Metashape Professional*, seguindo o fluxograma de trabalho a ilustrado na figura 16. Após o processamento supracitado, foram gerados o ortomosaico RGB e o modelo digital de superfície (MDS) para a área levantada.

**Figura 16** - Fluxograma de trabalho



Fonte: Adaptado de Simões, 2019

Abaixo alguns exemplos de fotografias verticais da área de estudo:

**Figura 17** - Fotografias verticais do estuário do rio Itapanhaú



Fonte: Lucas Dorighello Cavalheiro, 2022.

### **3.2.1. Produtos Gerados**

#### *3.2.1.1. Ortomosaico*

Segundo a definição do IBGE (2022), ortomosaicos são mosaicos de fotografias aéreas ortorretificadas e realçadas para homogeneizar sua aparência. São obtidos a partir da conversão da imagem original, de projeção cônica, para projeção ortogonal, prosseguida da correção das deformações do relevo.

A área abarcada em cada pixel é relativa da altura do vôo, distância focal da câmera, tamanho do sensor e tamanho da imagem, em suma, quanto mais baixo o voo, menor será o GSD (*Ground Sample Distance*) final do ortomosaico. Dado que a altura de voo deste projeto foi de 120 metros, o ortomosaico deste estudo alcançou o GDS de 5,08 centímetros. Este foi exportado do *Metashape* em formato .tiff e analisado no ArcGis 10.6.

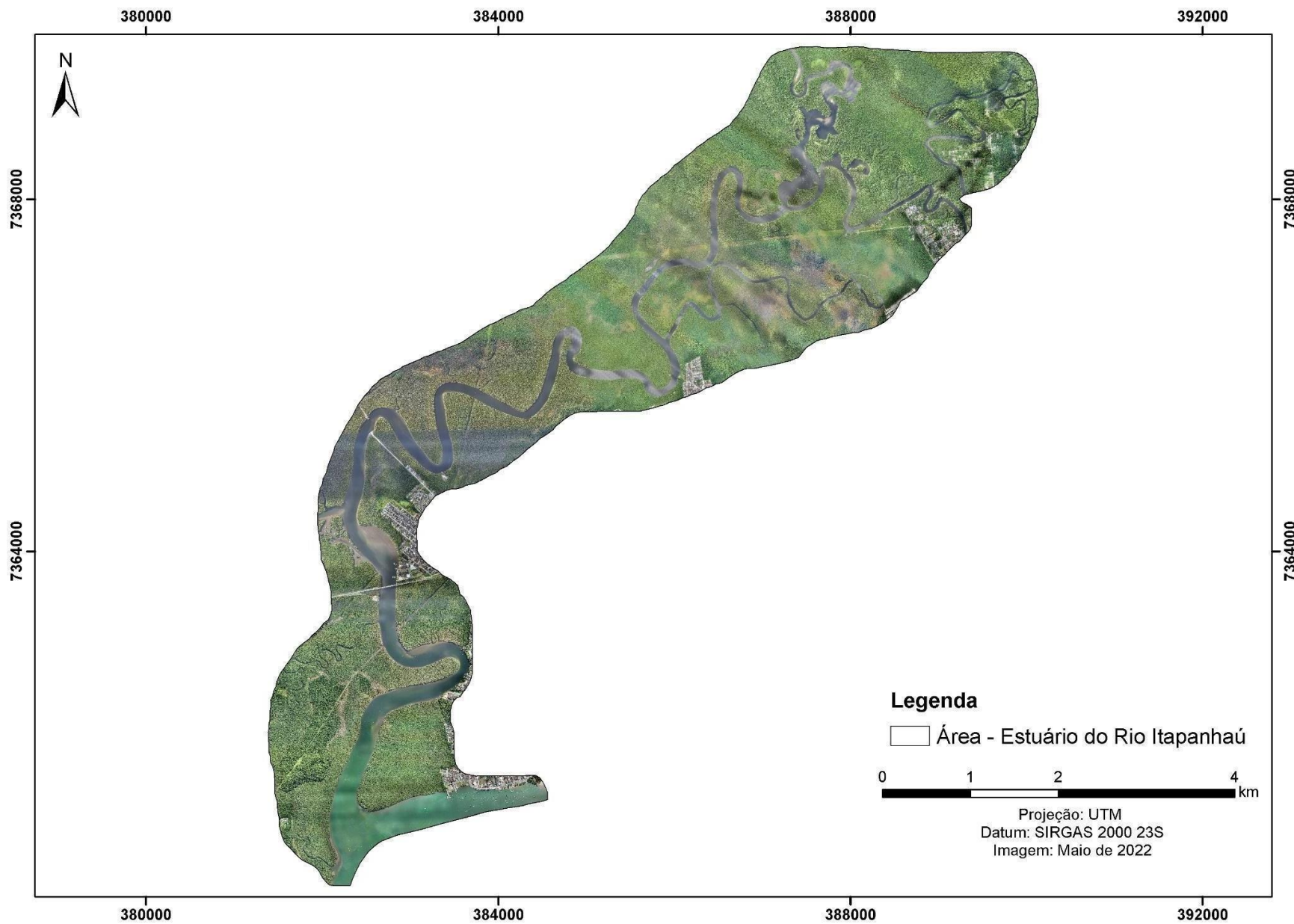
Cabe ressaltar algumas colocações acerca da qualidade do ortomosaico gerado a partir de imagens de VANT:

\* A partir da Figura 18, observa-se a porção central da área ficou com uma faixa mais escura em função da iluminação na hora que foi realizado o específico voo. A problemática da variação da iluminação é recorrente nas imagens obtidas por VANT, já que são realizados diversos voos até o recobrimento total da área. Também é possível observar o reflexo das nuvens na água, o que pode prejudicar a qualidade visual do produto. Outra limitação encontrada na captação de imagens verticais é o grande volume de fotografias necessárias para geração do ortomosaico com qualidade superior.

\* Apesar do detrimento da qualidade da imagem em situações de luminosidade, o ortomosaico produzido por imagens de VANT's apresentam nível de detalhe e acurácia satisfatórios para as análises ambientais, em resultado do sistema de GNSS integrado à aeronave e da altíssima resolução espacial que consegue alcançar (figura19).

\* Dentre as análises ambientais que podem ser realizadas a partir de ortomosaicos, ressalta-se as seguintes, ponderando que a área de estudo se refere ao manguezal do estuário do rio Itapanhaú:

Figura 18 - Ortomosaico RGB do estuário do rio Itapanhaú



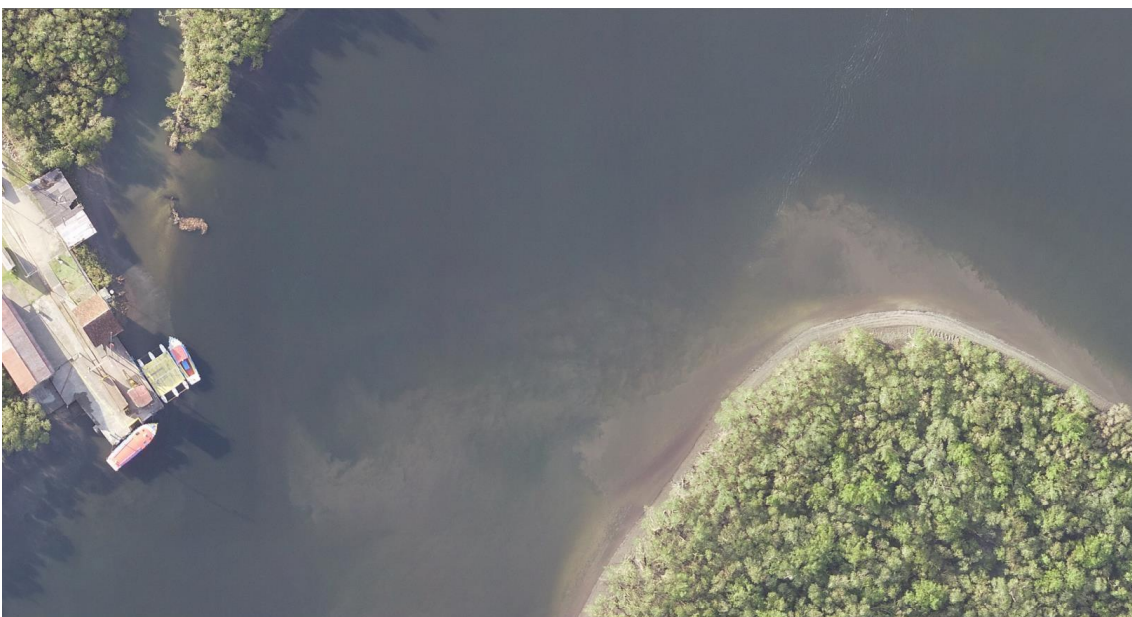
Fonte: Lucas Dorighello Cavalheiro, 2022.

- Mapeamento de feições de interesse, como tipos de uso do solo e cobertura vegetal e, subsequente, análise temporal de possíveis alterações. A identificação dessas feições pode ser feita por interpretação visual ou de forma automática, a partir de ferramentas de classificação supervisionada em *softwares* SIG;
- Acompanhamento da rede de drenagem: alteração do percurso do rio, surgimento de novos afluentes (figura 19), controle da coloração e qualidade da água (figura 20);

**Figura 19** - Ortomosaico em detalhe



**Figura 20** - Ortomosaico em detalhe



- Gerenciamento de dejetos e esgotos lançados no percurso do rio (figura 21);
- Monitoramento da expansão urbana sobre os manguezais e áreas de proteção ambiental.
- Identificação de focos de desmatamento ou anomalias na vegetação.

**Figura 21** - Ortomosaico em detalhe - lançamento de esgoto no canal de Bertioga

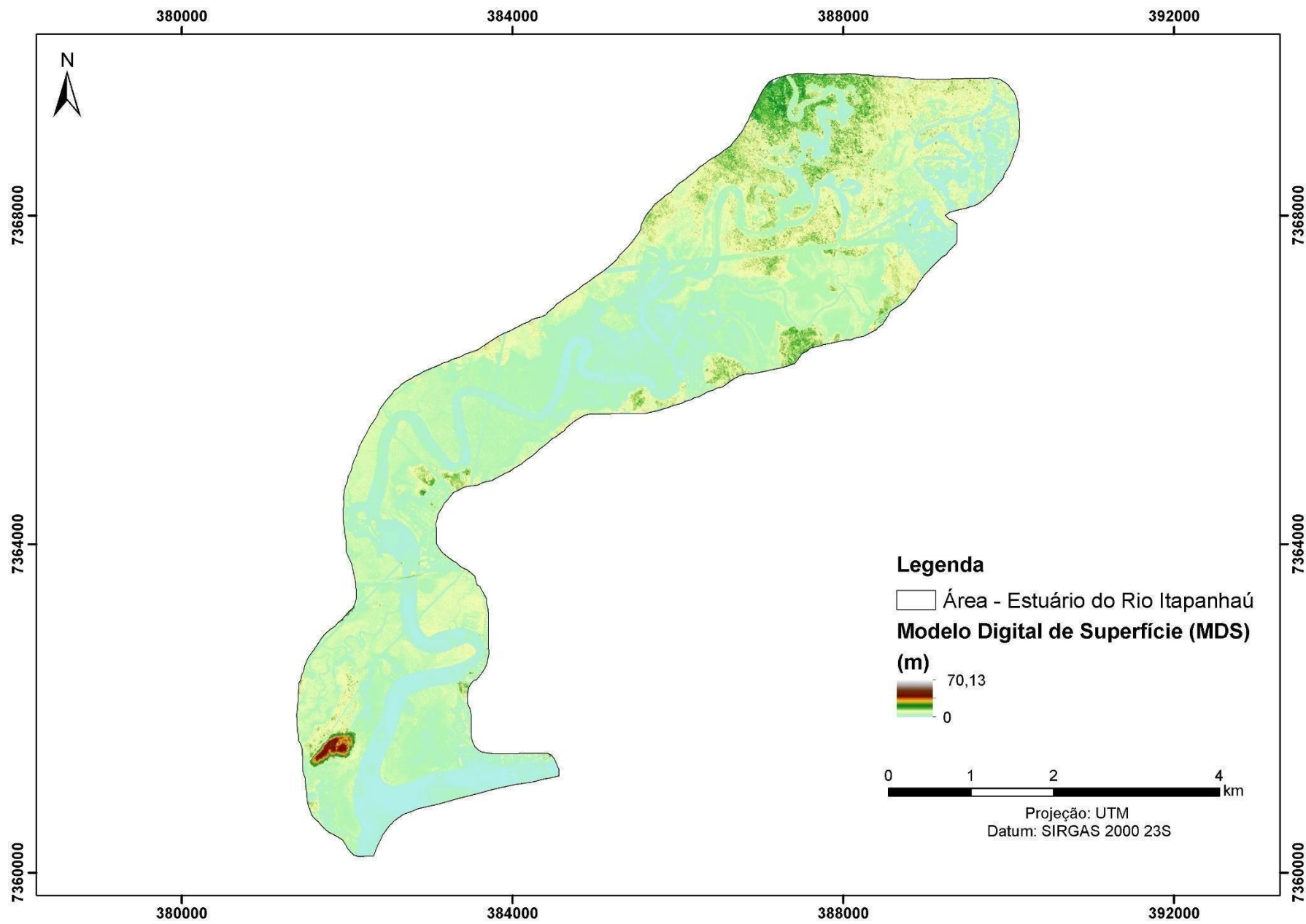


### 3.2.1.2. *Modelo Digital de Superfície*

O Modelo Digital de Superfície (MDS) é um arquivo raster que representa as altitudes da superfície topográfica agregada aos elementos geográficos existentes sobre ela, como cobertura vegetal e edificações (IBGE 2022). Cada pixel do arquivo tem agregado um valor de altimetria.

O MDS (figura 22) gerado no *Metashape* foi exportado em arquivo .tiff e analisado e colorido no ArcGis 10.6. As altitudes variaram de 0 a 70,13 metros, o que condiz com a realidade do terreno e comprova a qualidade dos produtos topográficos oriundos do mapeamento por VANT.

Figura 22 - Modelo Digital de Superfície do estuário do rio Itapanhaú



Fonte: Lucas Dorighello Cavalheiro, 2022.

#### 4. CONCLUSÕES

Ainda que apresente limitações em relação a qualidade das imagens em função da variação de iluminação e da demanda pela realização de diversos voo, até o total recobrindo da área, seguindo com as especificações de aerolevante de sobreposição entre as imagens e altura de voo, o VANT mostrou-se eficaz e com produtos de alta precisão para as análises ambientais e da paisagem.

Os resultados obtidos usando voos com pilotagem manual e automatizada apontam para potencialidades e benefícios do uso de VANT's em detrimento de imagens orbitais: aquisição de produtos de alta resolução espacial e temporal, redução dos custos associados; maior flexibilidade na aquisição das imagens. Mas cabe enfatizar a capacidade de monitoramento de áreas remotas ou de difícil acesso, como áreas de manguezal ou alagadas.

A investigação a partir de imagens verticais e oblíquas em conjunto procedimentos implementados em softwares SIG, já supracitados, mostrou-se de relevante importância para o melhor nível de detalhamentos dos resultados e interpretações dos resultados.

Apesar de ser uma tecnologia relativamente nova e em desenvolvimento nas pesquisas geográficas, o número de trabalhos com enfoque metodológico para o uso de VANT teve um aumento significativo nos últimos 10 anos em função da popularização e barateamento do equipamento. Esta ampliação foi notada em todas as áreas das ciências geográficas e ciências correlatas. Dentre as bibliografias revisitadas nesta pesquisa, vale ressaltar os trabalhos Paz et al (2021) e Morte et al. (2020), ambos utilizam VANT como ferramenta para o estudo de manguezal, mas com recortes e objetivos distintos. Paz (2021) faz uma análise da eficiência do uso de VANT no mapeamento de solo exposto em manguezais urbanos e Morte (2020) trabalha com a estimativa de altura de dossel em manguezais utilizando VANT. Diversos estudos de análise costeira também estão sendo desenvolvidos com o mesmo enfoque. O trabalho de Simões et al. (2019) tem como objetivo investigar o uso e as possibilidades de análises ambientais em segmentos da costa central e sul do Estado do Rio Grande do Sul, a partir de imagens de VANT de pequeno porte. Já Duarte (2020) utilizou o modelo digital de superfície (MDS) e o modelo digital de terreno (MDT) gerados a partir de imagens de VANT para analisar a influência de parâmetros locais na variabilidade espacial do desenvolvimento de dunas ao longo de um trecho da ilha-barreira de Ilha

Comprida, localizada ao sul do estado de São Paulo.

Por fim, sugere-se a continuação deste trabalho para análises mais aprofundadas e específicas dos produtos gerados e a incorporação de testes estatísticos para análises das acurácias posicionais.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Miguel da. Guia.; LEAL ALVES, Deivid. Cristian.; ESPINOZA, Jean; OLIVEIRA, Ulisses Rocha de; SIMOES, Rodrigo Silva. Determining Shoreline Response to Meteo-oceanographic Events Using Remote Sensing and Unmanned Aerial Vehicle (UAV): Case Study in Southern Brazil. **Jornal of Coastal Research**, Florida, n 85, 766-770, 2018.

ANILKUMAR, P. P.; VARGHESE, KOSHY; GANESH, L. S. Formulating a coastal zone health metric for landuse impact management in urban coastal zones. **Journal of Environmental Management**, n 91(11), 2172–2185, 2010.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DA BAIXADA SANTISTA (CBH- BS). **Plano de bacia hidrográfica 2016-2027 do Comitê da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista**. São Carlos, 2016.

\_\_\_\_\_. **Relatório De Situação Dos Recursos Hídricos Da Baixada Santista 2018**. Itanhaém, 2018.

Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI/UNICAMP.) **Clima dos Municípios Paulistas**. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outrasinformacoes/clima-dos-municipios-paulistas>> Acesso em: 12/07/2022.

COSTA, Noris Diniz. **Carta Geotécnica de Bertioga. Relatório 35 649**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, São Paulo, 1997.

CIA PESQUISA RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**: Escala 1:750.00, Breve Descrição das Unidades Litoestratigráficas Aflorantes do Estado de São Paulo. São Paulo, 2006.

\_\_\_\_\_. **Glossário Geológico Dinâmico Ilustrado**. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/glossario/verbete/estuario.htm>>. Acesso em: 02/07/2022

DIAS, L.S.O.; ROCHA, G.A.; BARROS, E.U.A.; MAIA, P.H.P. Utilização do radar interferométrico para delimitação automática de bacias hidrográficas. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 4, n.2, .265-271, 2004.

DUARTE, Débora Moraes. **Interação Praia-Duna em Ilha Comprida, São Paulo, Brasil** . 2020. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Geológica) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

FLORENZANO, Teresa. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011

GIRI, C.; Ochieng, E.; TIESZEN, L.L.; ZHU, Z.; SINGH, A.; LOVELAND, T.; MASEK, J. ; DUKE, N.. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography**, n. 20(1), 154-159, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de Clima do Brasil**. Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. **Manual técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

\_\_\_\_\_. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/bertioga/panorama> Acesso em 15/06/2022.

\_\_\_\_\_. **Geociências**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/imagens-do-territorio/imagens-corrigidas/10852-ortomosaicos.html?=&t=sobre> Acessado em: 15/06/2022.

KNEIPP, Rafaela Barros. **O estado da arte na utilização de drones para inspeção naval e offshore**, 2018. Monografia (Engenharia Naval e Oceânica). Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018.

LONGHITANO, George Alfredo. **VANTS para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas**. 2010, 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2010.

MORI, G.M.; ZUCCHI, M.I.; SOUZA, A.P. 2015. Multiple-geographic-scale genetic structure of two mangrove tree species: The roles of mating system, hybridization, limited dispersal and extrinsic factors. **Plos One**, 2015.

MORTE, Caio de Lima Boa; CARVALHO, Luiz Felipe Salamon Guaycuru de; BARROS, Rafael Silva de. Uso de Vant Como Ferramenta para Estimativa de Altura de Dossel dm Manguezal: um Estudo Investigativo em Guaratiba, Rio De Janeiro, Brasil. **Rev. Tamoios**, n 3, 42-51, 2020.

PAZ, Otacílio Lopes de Souza da; VIKOU, Sidney Vincent de Paul; PILATTI, Daiane Maria, OLIVEIRA, Marianne de; PAULA, Eduardo Vedor de. Análise da eficiência do uso de aeronaves remotamente pilotadas no mapeamento de solo exposto em manguezais urbanos. **Sociedade & Natureza**, v 33, 2021.

PEGORARO, Antoninho João; PHILIPS, Jürgen Wilhelm. Quadrirotores/Microdrone como Portadores de Geosensores aplicados ao Cadastro Territorial. In: **XV Simpósio de Sensoriamento Remoto**, 04-05, 2011, Curitiba. Anais SBSR. Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 2011.

PEREIRA, Daniel dos Santos; SOUZA, Celia Regina de Gouveia. Variação Horizontal da Temperatura e da Umidade Relativa do Ar entre a Praia e as Encostas da Serra Dom Mar da Região De Bertioga (São Paulo, Brasil). **VI Seminário Latino Americano de Geografia Física**. Universidade de Coimbra: Coimbra, 2010.

PEREIRA, O. Caracterização do manguezal do rio Itanhaém, litoral sul do estado de São Paulo. In **XV Simpósio de ecossistemas Brasileiros**, 1998.

PINHEIRO, Marcelo Antonio Amaro; TALAMONI, Ana Carolina Biscalquini. **Educação Ambiental sobre Manguezais**. São Vicente: Campus do Litoral Paulista – Instituto de Biociências, 2018.

RODRIGUES, A.A. **Uso de veículos aéreos não tripulados para mapeamento e avaliação de erosão urbana**. 2016. 140 f. Dissertação de mestrado apresentada ao programa de pós graduação em Geografia, do instituto de estudos sócioambientais da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2016.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; SORIANO-SIERRA, E.J.; VALE, C.C.; BERNINI, E.; ROVAI, A.S.; PINHEIRO, M.A.A.; SCHMIDT, A.J.; ALMEIDA, R.; COELHO-JR., C.; MENGHINI, R.P.; MARTINEZ, D.I.; ABUCHAHLA, G.M.O.; CUNHA-LIGNON, M.; CHARLIER-SARUBO, S.; SHIRAZAWA-FREITAS, J.; CINTRÓN-MOLERO, G. Climate changes in mangrove forests and salt marshes. **Brazilian Journal of Oceanography**, n. 64, 37-52, 2016.

SIMÕES, Rodrigo.Silva. **Mobilidade do limite praia duna no balneário Mostardense – RS**: Monitoramento por drone. 2018, 129 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande – FURG, 2018.

SIMÕES, Rodrigo Silva; OLIVEIRA, Ulises Rocha de; ESPINOZA, ALBUQUERQUEM, Miguel da Guia; ALVES, Deivid Cristian Leal. Uso de drone de pequeno porte para análise costeira: enfoque metodológico. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.12, n.02, 622-640, 2019.

Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE). Disponível em: < <http://perfil.seade.gov.br/>> Acesso em 15/06/2022.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. Quaternary marine formations of the state of São Paulo and southern Rio de Janeiro. In: **International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary**. São Paulo, 1978. Spec. Publ. São Paulo, IGCP/SBG, 1978.

QUINONES, E. M. **Relações água-solo no sistema ambiental do estuário de Itanhaém**. Campinas: FEAGRI/UNICAMP, 2000.

VANNUCCI, Marta. **Os manguezais e nós: uma síntese de percepções**. São Paulo: EDUSP (Editora da Universidade de São Paulo), 2003.