

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Ana Paula Castagnara Sutili

O Sensoriamento Remoto como Ferramenta para o Monitoramento de Vegetação

Florianópolis 2022
Ana Paula Castagnara Sutili

O Sensoriamento Remoto como Ferramenta para o Monitoramento de Vegetação

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Geologia do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Geologia
Orientador: Prof. Carlos Antonio Oliveira Vieira

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra.

Sutili, Ana Paula

O Sensoriamento Remoto como Ferramenta para o Monitoramento de Áreas de Proteção Integral / Ana Paula Sutili ; orientador, Prof. Dr. Carlos Antônio Oliveira Vieira, 2022.

58 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Graduação em Geologia, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Geologia. 2. Sensoriamento Remoto. 3. Google Earth Engine. 4. Parque Estadual do Rio Vermelho. I. Oliveira Vieira, Prof. Dr. Carlos Antônio. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Geologia. III. Título.

Ana Paula Castagnara Sutili

Título: O Sensoriamento Remoto como Ferramenta para o Monitoramento de Vegetação

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Geologia e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Geologia.

Florianópolis, 14 de dezembro de 2022.

Profa. Manoela Bettarel Bállico
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Carlos Antônio Oliveira Vieira
Orientador(a)

Instituição Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Prof.(a) Profa. Dra. Liliana Sayuri Osako
Avaliadora

Instituição Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Prof. Dr. Rodrigo de Almeida Heringer
Avaliador

Instituição Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais, Angelita Castagnara Sutili e Alceri Paulo Sutili, e ao meu irmão, Guilherme Castagnara Sutili.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, que apesar de distantes, sempre me deram a força e o suporte necessário para seguir, ao meu irmão por ter sempre a coisa certa a me dizer nos momentos que eu mais precisei.

Ao meu orientador, Professor Carlos Antônio Oliveira Vieira pela paciência e perseverança durante todo o processo, e por não me deixar sofrer sozinha.

Aos meus colegas de graduação, por estarem sempre comigo, desde o princípio, todos no mesmo barco. Aos meus amigos, Isadora, Henrique, Carolina, William e Heloá que sempre me apoiaram e me ajudaram a seguir em frente.

Sem todos vocês eu não chegaria até aqui.

Aprendi com a primavera a deixar-me cortar e voltar sempre inteira.
(MEIRELES, Cecília)

RESUMO

Segundo o artigo 30 da Lei do SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação), “*as unidades de conservação podem ser geridas por organizações da sociedade civil de interesse público com objetivos afins aos da unidade, mediante instrumento a ser firmado com o órgão responsável por sua gestão*”. O sistema de leis ambientais brasileiro, apesar de ser considerado um dos mais completos do mundo, possui lacunas, como por exemplo: o monitoramento da vegetação em grandes áreas de preservação, como Unidades de Conservação (UCs). O presente trabalho utiliza as ferramentas de sensoriamento remoto e outras geotecnologias como auxílio à fiscalização ambiental, facilitando o mapeamento e identificação de áreas em supressão e crescimento de vegetação. A metodologia utilizada foi baseada em softwares livres, como o QGIS, que são capazes de processar as imagens de satélite, além da Interface de Programação de Aplicação (API) do *Google*, chamado *Google Earth Engine* (GEE) que possibilita acesso a uma coleção imensa de dados geoespaciais que poderão contribuir para o monitoramento. Tecnologias de análise espacial e de informação geográfica também contribuíram para a elaboração do trabalho, assim como formulações matemáticas para a estimativa da biomassa no local, por exemplo, a utilização dos índices de vegetação, NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada). O desempenho do método combinado do cálculo comparativo dos NDVI e análise das imagens foi satisfatório, uma vez que comprovou a aplicabilidade da plataforma para monitoramento da vegetação. Dessa forma foi possível alcançar o objetivo traçado de monitorar a dinâmica da vegetação em áreas de proteção integral.

Palavras-chave: Fiscalização. Vegetação. Geotecnologia.

ABSTRACT

According to the article 30 of the SNUC Law (National System of Conservation Units), “the conservation units may be managed by civil society organizations of public interest with purposes similar to those of the unit, through an instrument to be signed with the body responsible for its management”. The Brazilian environmental law system, despite being considered one of the most complete in the world, has gaps, such as: the monitoring of the vegetation in large preservation areas, such as Conservation Units (UCs). The present report uses remote sensing tools and other geotechnologies as an aid to environmental inspection, in order to facilitate the mapping and identification of areas undergoing vegetation suppression and growth. The methodology used was based on free softwares, such as QGIS, which is capable of processing satellite images, in addition to Google's Application Programming Interface (API), called Google Earth Engine (GEE), which allows access to a huge library of geospatial data that may contribute to monitoring. Spatial analysis and geographic information technologies also contributed to the elaboration of the work, as well as mathematical formulations for the estimation of the biomass in the place, for example, the use of vegetation indexes, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). The performance of the combined method of comparative calculation between NDVI and image analysis was satisfactory, since it proved the applicability of the platform for monitoring vegetation. Therefore, it was possible to achieve the established objectives of monitoring the dynamics of vegetation in strictly protected areas.

Keywords: Inspection. Vegetation. Geotechnology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Aquisição de informações por sensoriamento remoto. Fonte: FLORENZANO, 2002.

21

Figura 2. Representação gráfica do espectro eletromagnético e a resposta de diferentes alvos. Fonte: MORAES, 2002.23

Figura 3. Interface do aplicativo GEE. Fonte: a autora, 2022.25

Figura 4. Mapa de localização do PAERVE. Fonte: a autora, adaptado de IMA SC, 2020. ...30

Figura 5. Mapa geológico da Ilha de Santa Catarina. Recorte para a área do Parque Estadual do Rio Vermelho. Fonte: Tomazzoli e Pellerin, 2014, adaptado pela autora.35

Figura 6. Mapa geoevolutivo da planície costeira da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. Recorte para a área do Parque Estadual do Rio Vermelho. Fonte: Horn Filho e Livi, 2013, adaptado pela autora.38

Figura 7. Mapa hipsométrico da área do Parque Estadual do Rio Vermelho e entorno. Fonte: SDS, 2012, adaptado pela autora.39

Figura 8. Fluxo das etapas metodológicas do presente trabalho. Fonte: a autora.42

Figura 9. Etapas do script de comandos. Fonte: a autora.43

Figura 10. Mapa de Supressão da Vegetação. Fonte: a autora.45

Figura 11. Mapa de Acréscimo da Vegetação. Fonte: a autora, 2022.....49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados obtidos após o processamento.....	42
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP - Antes do Presente

APP - Área de Preservação Permanente

ESA - Agência Espacial Europeia

GEE - *Google Earth Engine*

IAF - Índice de Área Foliar

IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IDE - *Integrated Development Environment*

IMA - Instituto do Meio Ambiente

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas

Ka - Mil anos

LCA - Lei dos Crimes Ambientais

Ma - Milhões de anos

MMA - Ministério do Meio Ambiente

MSS - *Multispectral Scanner*

NASA - *National Aeronautics and Space Administration*

NDVI - Índice de vegetação da diferença normalizada

NIR - *Near Infrared*

OLI - *Operational Land Imager*

PAERVE - Parque Estadual do Rio Vermelho

PNMA - Polícia Nacional do Meio Ambiente

SC - Santa Catarina

SIG - Sistema de Informações Geográficas

SISNAMA - Sistema Nacional de Meio Ambiente

SNUC - Sistema Nacional das Unidades de Conservação

SR - Sensoriamento Remoto

TIRS - *Thermal Infrared Sensor*

TM - *Thematic Mapper*

UC - Unidade de Conservação

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

USGS - *United States Geological Survey*

ZEE - Zoneamento Ecológico Econômico

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Cálculo do NDVI (Índice de vegetação da diferença normalizada)

SUMÁRIO

1.	Introdução	16
1.1.	OBJETIVOS.....	18
1.1.1.	Objetivo Geral	18
1.1.2.	Objetivos Específicos	18
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1.	FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL	19
2.2.	UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	20
2.3.	SENSORIAMENTO REMOTO	21
2.4.	SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG).....	24
2.5.	GOOGLE EARTH ENGINE (GEE).....	25
2.6.	Sensores Landsat 5 e Landsat 8.....	26
2.7.	Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).....	27
3.	MATERIAIS E MÉTODO	28
3.1.	Área de Estudo	28
3.1.1.	Histórico	31
3.1.2.	Flora.....	32
3.1.3.	Geologia	33
3.1.4.	Hipsometria e Declividade	39
3.2.	Materiais.....	41
3.2.1.	Plataforma GEE.....	41
3.2.2.	QGIS.....	41
3.3.	MÉTODO.....	42
3.3.1.	Script desenvolvido	43
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
5.	CONCLUSÃO.....	49
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

APÊNDICE A – Script.....54

1. INTRODUÇÃO

Atualmente no Município de Florianópolis existem aproximadamente 500 (quinhentas) licenças ambientais emitidas (IMA, 2020), estando cada um destes empreendimentos licenciados suscetíveis à degradação de áreas florestadas, Áreas de Preservação Permanente (APPs) consequentemente, à fiscalização. Tendo em vista que o órgão ambiental do Estado, o Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA) possui apenas uma sede por região, o que dificulta a fiscalização assídua dessa quantidade de empreendimentos. Neste cenário, a ferramenta do geoprocessamento entra como recurso de auxílio aos fiscais ambientais, possibilitando maior agilidade e compreensão sem perder a veracidade quanto às informações fornecidas, uma vez que os dados utilizados são fornecidos por instituições confiáveis como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e inúmeros programas orbitais internacionais, como os satélite Sentinel, que fazem parte do projeto da Agência Espacial Europeia (ESA) e Comissão Europeia em atendimento ao Programa *Copernicus*.

O geoprocessamento é um conjunto de métodos e técnicas que favorecem o reconhecimento de entidades e eventos ambientais, não só com o mapeamento das tipologias, como também com ferramentas que ajudam a construir uma compressão da inter-relação entre esses elementos (COTA, 2008). Portanto, possibilitam a identificação da supressão ou avanço da vegetação, contribuindo assim para monitorar áreas florestadas e vegetadas.

O uso de geotecnologias para monitorar o território possibilita detectar e avaliar as mudanças no espaço territorial, sendo uma importante ferramenta no desenvolvimento de políticas ambientais sustentáveis. Nesse contexto, geotecnologias, especificamente o Sensoriamento Remoto (SR) aliado ao Sistema de Informações Geográficas (SIG) tem se destacado como ferramenta fundamental no auxílio à pesquisa em suas diversas áreas (FITZ, 2008). Destaca-se o SR que ao longo dos anos vem ganhando grande aceitação no meio acadêmico, em função do acesso a hardwares, softwares e produtos gratuitos como as imagens de satélites, entre outros, complementando as análises e aplicações (COELHO e CORREA, 2013).

Uma ferramenta que vem otimizando tempo e custo e auxiliando no desenvolvimento de pesquisas é o *Google Earth Engine* (GEE) que é uma plataforma online do Google que detém informações globais que auxiliam na detecção de mudanças na superfície terrestre, oceanos e atmosfera (VALE, 2019). Para a execução deste trabalho foi calculado, através de programação

em linguagem *JavaScript* no GEE, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Dessa maneira, a análise da dinâmica da cobertura vegetal da região escolhida, é uma medida essencial para melhorar a eficiência da gestão territorial.

O emprego e uso de técnicas de sensoriamento remoto e outras geotecnologias representam um conjunto de ferramentas eficazes para a fiscalização ambiental, permitindo maior rapidez na identificação das áreas, melhor monitoramento de projetos autorizados e conseguindo assim melhor utilização do erário público (SANTOS et al., 2009). Unidades de Conservação foram criadas para proteger a biodiversidade em áreas que apresentam notoriedade ambiental e/ou importância histórico-cultural. A gestão destes territórios necessita de mecanismos capazes de investigar os efeitos das ações humanas (atividades antrópicas), podendo utilizar, para isto, as geotecnologias, que facilitam o monitoramento e fiscalização destes efeitos quase que em tempo real.

Desta forma, estas metodologias são de fundamental importância para o monitoramento da cobertura vegetal das Unidades de Conservação, além de gerar conhecimentos técnicos e científicos, permitir que o processo de fiscalização se torne mais eficiente e menos custoso e também auxiliar no planejamento da restauração ou recuperação dos usos adequados (CRAVEIRO, 2013).

A fim de comprovar a importância e eficácia das geotecnologias como instrumento contribuinte das análises e fiscalizações ambientais, este trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica da cobertura vegetal do Parque Estadual do Rio Vermelho em Florianópolis durante os últimos 20 anos, por meio de processamento de imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8 na plataforma GEE. As alterações na cobertura vegetal foram identificadas através da utilização do índice de vegetação NDVI, que destaca características da vegetação possibilitando identificar mudanças no seu desenvolvimento.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Propor uma metodologia que torne possível o monitoramento da vegetação em grandes áreas protegidas, como Unidades de Conservação.

1.1.2. Objetivos Específicos

- a) Sensibilizar os órgãos fiscalizadores do meio ambiente sobre a eficácia das geotecnologias como importante ferramenta de monitoramento;
- b) Otimizar a detecção de mudanças relativas à supressão e acréscimo vegetal;
- c) Fazer com que o processo de fiscalização se torne mais eficiente, direcionado e melhor planejado operacionalmente, colaborando também com a redução dos custos de monitoramento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL

Conforme a Lei de Crimes Ambientais, Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 “*São autoridades competentes para lavrar auto de infração ambiental e instaurar processo administrativo os funcionários de órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA, designados para as atividades de fiscalização, bem como os agentes das Capitâneas dos Portos, do Ministério da Marinha.*”

A institucionalização da gestão ambiental nas unidades federativas do Brasil foi impulsionada nos anos 1980 com a implantação do Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA por meio da formulação das políticas ambientais. Para garantir a ampla defesa do meio ambiente, a competência de fiscalização ambiental é compartilhada com os demais entes da federação: estados, municípios e distrito federal, integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA (IBAMA, 2016).

A fiscalização ambiental é um instrumento de gestão ambiental exercida pelo poder público que consistem em verificar o cumprimento das normas ambientais e a aplicar as sanções administrativas quando não houver conformidade, atuando assim de maneira preventiva e repressiva às transgressões. Tal prerrogativa é prevista na Constituição Federal de 1988 e tem como principal marco legal na esfera federal a Lei de Crimes Ambientais – LCA (BRASIL, 1998).

No que se trata da fiscalização das Unidades de Conservação, os órgãos gestores e protetivos são os órgãos de fiscalização federais, como o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), órgãos executores da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) (BRASIL, 2007).

2.2. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC, Lei nº 9.985/2000), as Unidades de Conservação são áreas instituídas e geridas pelo poder público federal, estadual ou municipal (BRASIL, 2000). São definidas como “*espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção*”.

O SNUC define unidade de conservação (UC), como o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias de proteção. As unidades de conservação estão organizadas em dois grupos:

- a. **Unidades de Proteção Integral** - com a finalidade de preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos recursos naturais, e por isso as regras e normas são restritivas.
- b. **Unidades de Uso Sustentável** - concilia a conservação da natureza com o uso sustentável de parte dos recursos naturais.

Atualmente, a legislação brasileira estabelece dois instrumentos legais que fazem parte do planejamento das áreas protegidas: o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) e o Plano de Manejo. No entanto, a elaboração destes instrumentos de gestão requer elevado recurso financeiro e negociação com as comunidades inseridas nas áreas de conservação, ou com a comunidade do entorno, que explora seus recursos naturais (MIRANDA, 2006). Todas as Unidades de Conservação de Proteção Integral devem dispor de um Plano de Manejo, um regulamento baseado em um estudo prévio da região, que determinará os usos possíveis daquela reserva, além de medidas administrativas.

O Plano de Manejo é um documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma UC, é estabelecido o seu zoneamento e as normas que devem orientar

o manejo dos recursos naturais e o uso da área, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da Unidade (VERÍSSIMO et al., 2011).

Em abril de 2007 foi publicada a MP 366, que foi convertida na Lei Federal nº 11.516 em 28 de agosto de 2007, criando o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e transferindo a gestão de todas as Unidades de Conservação Federais do IBAMA para o recém criado instituto.

2.3. SENSORIAMENTO REMOTO

De acordo com Moreira (2004), sensoriamento remoto (SR) é o conjunto de técnicas que permite obter informações da superfície da terra por sensores a certa distância dos objetos. Assim, os sensores remotos instalados a bordo de satélites artificiais colocados em órbita da Terra, aeronaves ou mesmo em equipamentos de campo, são capazes de captar dados da superfície terrestre à distância, ou seja, esta tecnologia permite a aquisição de informações sobre objetos sem contato físico com ele.

Para Rosa (2003) o sensoriamento remoto envolve basicamente duas fases: a fase de aquisição de dados e a fase de utilização. Na fase de aquisição são fornecidas as informações referentes à radiação eletromagnética, aos sistemas sensores, ao comportamento espectral dos alvos, à atmosfera, etc. Na fase de utilização são mencionadas as diferentes possibilidades de aplicação destes dados nas várias áreas do saber, que permitem a obtenção de informações de caráter geológico, geomorfológico, pedológico, hidrológico, agrícola, florestal e de qualidade ambiental.

Os sensores são equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentado em forma adequada à extração de informações (NOVO, 2010), como na Fig. 1, que ilustra como os sistemas sensores recebem a energia refletida e devolvem a resposta à estação de captação. Seu sistema de aquisição de dados, definido como os sistemas sensores, constitui-se de qualquer equipamento capaz de transformar a radiação eletromagnética refletida e emitida pelos alvos da superfície terrestre, em um sinal passível de ser convertido em informações sobre o meio ambiente (NOVO, 1989).



Figura 1. Aquisição de informações por sensoriamento remoto. Fonte: FLORENZANO, 2002.

Dentre a grande variedade de equipamentos que apresentam essa capacidade, podem ser destacados os sensores imageadores, os quais fornecem como produto uma imagem da cena observada. Estes sensores possuem ferramentas que possibilitam avaliar a dinâmica do espaço, pois dispõe de técnicas de aquisição e processamento de imagens, com facilidades para obtenção de dados sobre qualquer lugar do globo terrestre, seja através de sensores orbitais (satélites) ou sensores fotográficos (aerotransportados) (INPE 2007).

Entre as atividades desempenhadas pelo SR estão a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos, como apresentado na Fig. 2. A energia eletromagnética utilizada na obtenção dos dados por sensoriamento remoto é também denominada de radiação eletromagnética (MORAES, 2002).

Quando a radiação solar incide no topo da atmosfera, uma parte da radiação é dispersa e/ou refletida por partículas atmosféricas e, a outra atravessa a atmosfera e atinge o alvo. A característica espectral de cada alvo, seja ele água, solo ou vegetação, é o resultado da relação da energia eletromagnética com as propriedades físicas e químicas específicas dos alvos terrestres, como ilustrado na Figura 2, que são registradas pelos sensores que operam em diferentes faixas do espectro eletromagnético. As características espectrais dos alvos são

registradas por diferentes sensores de acordo com as suas distintas especificações (VALÉRIO FILHO, 1998).

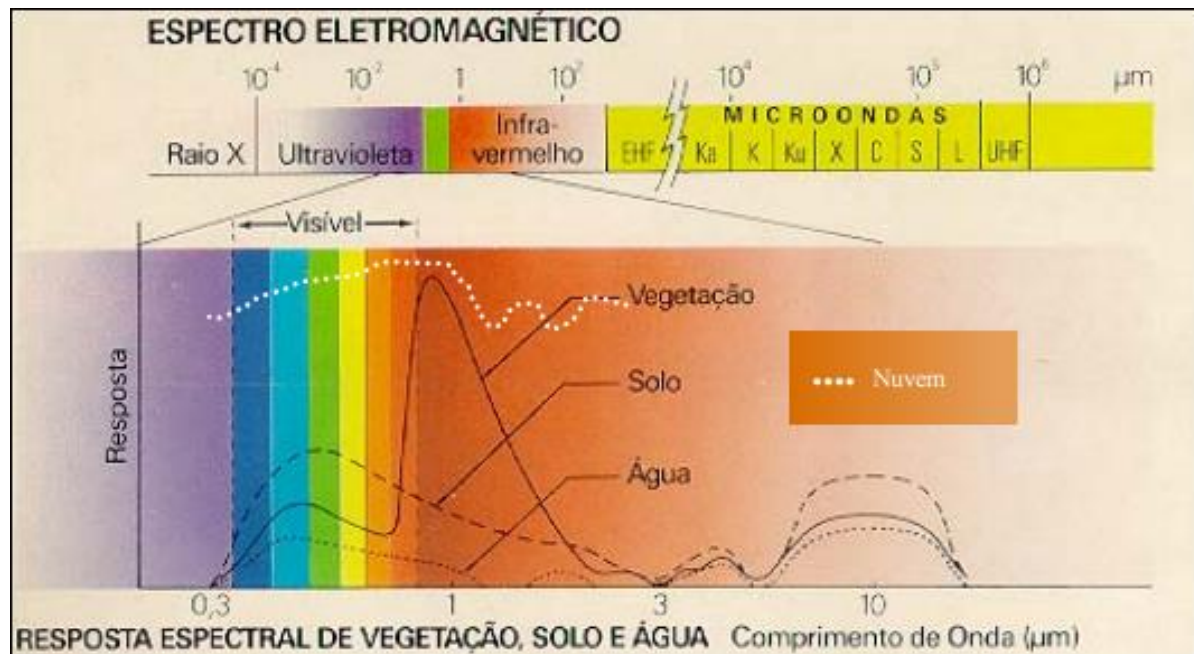


Figura 2. Representação gráfica do espectro eletromagnético e a resposta de diferentes alvos. Fonte: MORAES, 2002.

Quando o fluxo de energia eletromagnética atinge diferentes objetos, acaba sofrendo interações com os materiais que os compõe, resultando em reflexão, absorção e transmissão da energia pelo objeto, podendo ser totais ou parciais. A capacidade dos objetos de absorver, refletir e transmitir energia eletromagnética é denominada, respectivamente, de absorvância, reflectância e transmitância. O comportamento espectral dos objetos é definido como o conjunto de valores sucessivos de reflectância ao longo do espectro eletromagnético, sendo este diferente valor de assinatura ou comportamento espectral que caracteriza o objeto (MORAES, 2002).

Os objetos interagem de maneira diferenciada espectralmente com a energia eletromagnética incidente, pois os objetos apresentam diferentes propriedades físico-químicas e biológicas. Estas diferentes interações é que possibilitam a distinção e o reconhecimento dos diversos objetos terrestres sensoriados remotamente, pois são reconhecidos devido a variação da porcentagem de energia refletida em cada comprimento de onda (MORAES, 2002).

Para que os dados captados pelos sensores possam ser interpretados, a informação extraída do satélite precisa ser associada a outras informações em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), sendo que cada dado coletado terá uma resposta diferente quando processado e, acompanhado de outros conhecimentos sobre a área, é possível ter um diagnóstico parcial quanto ao que a imagem representa (volume de vegetação/biomassa, hidrografia, geologia, relevo).

2.4. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

Os primeiros Sistemas de Informações Geográficas surgiram na década de 1960, no Canadá, como parte de um esforço governamental para criar um inventário de recursos naturais, mas foi ao longo dos anos 70 que foram desenvolvidos alguns fundamentos matemáticos voltados para a cartografia, sendo que o produto mais importante foi a topologia aplicada permitindo análises espaciais entre elementos cartográficos (SHIMOZAKO, 2006).

Um SIG pode ser definido como um conjunto de ferramentas para coletar, armazenar, restaurar, transformar e mostrar dados espaciais de um mundo real para um propósito particular (BURROUGH e MCDONNELL, 1998). O desenvolvimento da informática permitiu que duas grandes linhas de trabalho começassem a ser desenvolvidas e que, em conjunto, fundamentassem os Sistemas de Informações Geográficas: Cartografia Digital (concebidos com o propósito de desenhar objetos, especialmente mapas) e Gerenciamento de Bancos de Dados (armazenamento e recuperação de dados tabulares (não-gráficos), com foco no processamento de informações numéricas (p.ex.: percentual de desmatamento) e textuais (p.ex.: tipo de vegetação), armazenando também gráficos, sons e imagens) (NASCIMENTO, 2010).

Assim os SIG passaram a ser utilizados como ferramenta para geração e visualização de dados espaciais na forma de produção de mapas, dando suporte para análise espacial de fenômenos através de combinação de informações espaciais e como um banco de dados geográficos com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial (BERNINI; OLIVEIRA e MORET, 2007).

O SIG pode ser utilizado como uma ferramenta de monitoramento importante à análise da dinâmica da vegetação, que permite acompanhar as alterações nos polígonos de áreas vegetadas, além de, proporcionar a integração efetiva entre dados gerados de licenciamentos ambientais e fiscalizações, possibilitando o acompanhamento de processos licenciados e de

autos de infrações. Este acompanhamento permite localizar ilegalidades como desmatamento e queimadas em Áreas de Reserva Legal, Preservação Permanente e Unidades de Conservação (LEITE, 2002).

2.5. GOOGLE EARTH ENGINE (GEE)

A plataforma de processamento geoespacial baseada em nuvem chamada *Google Earth Engine* (GEE) foi desenvolvida para facilitar a análise em larga escala de dados geoespaciais, processados em nuvem (KUMAR e MUTANGA, 2019). Por ser uma ferramenta nova, até agora foi usada para análises em larga escala como mapeamentos de terrenos urbanos, agricultura de grãos, zonas úmidas e corpos d'água, porém, as possibilidades são infinitas. O *Google Earth Engine* possibilita que um computador, com pouca capacidade de processamento acesse e analise com eficiência um grande número de fontes de dados geoespaciais, tais como coleções de imagens do sensoriamento remoto (Landsat e MODIS, entre outros.), de forma rápida e eficaz.

A linguagem de programação utilizada nesta ferramenta é o *JavaScript*, aceitando também a linguagem *Python*, que permitem o desenvolvimento de aplicações na forma de aplicativos mobile e jogos integradas com métodos de aprendizagem de máquina. Esta plataforma é composta pelos seguintes módulos (KUMAR e MUTANGA, 2019):

- a) *Code Editor* é uma *IDE* para escrever e executar scripts;
- b) *Explorer* é um aplicativo para explorar o catálogo de dados do GEE e executar análises simples;
- c) bibliotecas cliente em Python e JavaScript, para auxiliar os usuários no desenvolvimento de seus protótipos.

Tsai et al. (2018) desenvolveram técnicas de classificação de imagens de satélite para mapear a cobertura florestal e o uso da terra, minimizando os problemas de nuvem e fornecendo a base para o monitoramento, a longo prazo, da Reserva Natural Nacional de *Fanjingshan*, China.

A ferramenta é oferecida para pesquisa e uso não comercial e suas principais aplicações estão relacionadas com a classificação de imagens, detecção de desmatamento, análise temporal de informações ambientais e estimativa de biomassa. O GEE permite que cientistas, pesquisadores independentes e entusiastas explorem esse enorme banco de dados para detecção

de mudanças, mapeamento de tendências e quantificação de recursos na superfície da Terra. A plataforma GEE não necessita de grande poder de processamento ou software muito complexo, o que permite a pesquisadores com poucos recursos, em países de terceiro mundo por exemplo, possam ter a mesma capacidade de realizar análises que países desenvolvidos (KUMAR e MUTANGA, 2019). Um exemplo da interface do GEE pode ser visualizado na Fig. 3.

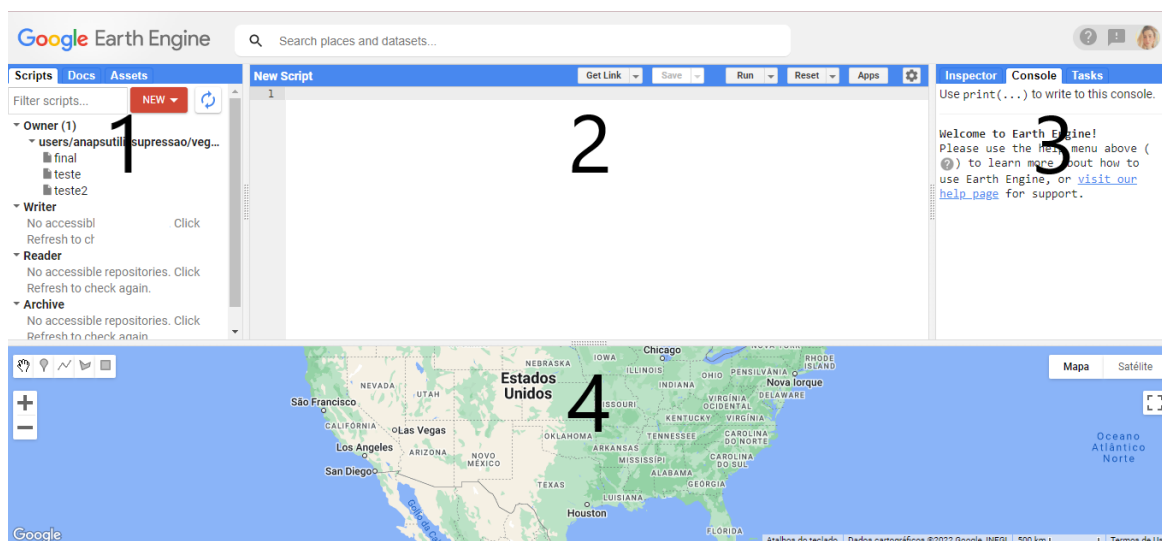


Figura 3. Interface do aplicativo GEE. Fonte: a autora, 2022.

Como representado na Fig. 3, a plataforma é dividida em 4 quadros, cada um com uma função:

1. Aba onde é possível salvar scripts e importar documentos ou arquivos para dentro do código;
2. Caixa para digitação do script de comandos;
3. Área para acompanhamento dos resultados e tarefas executadas;
4. Mapa de visualização espacial dos resultados.

2.6. SENSORES LANDSAT 5 E LANDSAT 8

A série Landsat foi iniciada no final da década de 60, a partir de um projeto desenvolvido pela Agência Espacial Americana dedicado exclusivamente à observação dos

recursos naturais terrestres. O primeiro satélite da série lançado pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) começou a operar em 1972 com o intuito do imageamento das características ambientais da superfície terrestre. Em cada nova plataforma foram colocadas as tecnologias mais recentes desenvolvidas para a época, visando cada vez mais a melhor na geração de dados por esse satélite. (RIBEIRO; BAPTISTA e BIAS, 2007).

O satélite LANDSAT-5 foi lançado em 1984 pela NASA e ficou em órbita por 29 anos até ser descomissionado em 2013. Foi integrado pelo sensor *Thematic Mapper* (TM). (USGS 2013)

O satélite LANDSAT-8 foi lançado em 2013 e é proveniente de uma parceria entre o USGS (*United States Geological Survey*) e a NASA (USGS, 2013), sendo integrado por dois sensores: OLI (*Operational Land Imager*), com nove bandas, e TIRS (*Thermal Infrared Sensor*), com duas bandas (USGS, 2013). Os dados provenientes desses dois sensores fornecem dados e informações muito importantes, e que podem ser utilizadas em estudos ambientais destinados para tomadas de decisões (LOBELL et al., 2015; ZHANG et al., 2015; SOULARD et al., 2016; NASA, 2019).

A interpretação de imagens LANDSAT tem como principais aplicações: o acompanhamento do uso agrícola das terras; o monitoramento de unidades de conservação, terras indígenas, áreas desmatadas, e de atividades produtivas como as energético mineradoras; a cartografia e atualização de mapas; a identificação da dinâmica e crescimento da urbanização; a estimativa de fitomassa a partir da caracterização da cobertura vegetal; a identificação de focos de queimadas, secas, inundações; e nos estudos de sedimentação nos rios e estuários (BATISTELA, 2005).

2.7. ÍNDICE DA VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI)

Liu (2006) descreveu os índices de vegetação que monitoram e quantificam as condições e distribuições espaciais da vegetação, por meio de dados digitais de reflectância espectral da radiação eletromagnética. Os índices de vegetação são obtidos de combinações matemáticas das reflectâncias em várias faixas espectrais da radiação eletromagnética.

As combinações da reflectância de alvos da superfície em dois ou mais comprimentos de onda, especialmente na região do visível e infravermelho, são chamadas de índices de vegetação, cujo objetivo é destacar uma propriedade particular da vegetação (JENSEN, 2009).

Os índices de vegetação são medidas radiométricas adimensionais, que indicam a atividade da vegetação verde, incluindo o Índice De Área Foliar (IAF), a porcentagem de cobertura verde, o teor de clorofila, a biomassa verde e a radiação fotossinteticamente ativa absorvida (JENSEN, 2009).

Estes índices estão relacionados aos parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, como a biomassa, além dos efeitos de iluminação da cena, declividade da superfície e geometria de aquisição, que influenciam os valores de reflectância da vegetação (PONZONI; SHIMABUKURO, 2010).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI) tem sido empregado para detectar os efeitos da sazonalidade, o estágio fenológico da vegetação, duração do período de crescimento, pico de verde e variações fisiológicas das folhas (PONZONI e SHIMABUKURO, 2010).

Este índice foi proposto por Rouse et al. (1973) e combina informações espectrais da banda do vermelho e do infravermelho próximo. O índice é obtido pela expressão representada na Equação 1, onde NIR representa o infravermelho próximo e *Red* o vermelho. O NDVI apresenta resultados com variação de -1 a 1.

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red}} \quad (1)$$

Valores mais elevados correspondem à vegetação sadia, com maior densidade de biomassa verde (entre 0,10 e 1). E os valores mais baixos (entre 0,10 e -1) ocorrem em locais com vegetação estressada e degradada, de porte pequeno representando pouca biomassa.

3. MATERIAIS E MÉTODO

3.1. ÁREA DE ESTUDO

O Parque Estadual do Rio Vermelho (PAERVE) é uma unidade de conservação de proteção integral, criado pelo Decreto Estadual nº 308/2007. Situa-se no município de

Florianópolis, no nordeste da Ilha de Santa Catarina, entre a Praia de Moçambique, à leste, e a Lagoa da Conceição, à oeste, com área de 1.532 ha, como ilustrado na Fig. 4 (IMA, 2020).

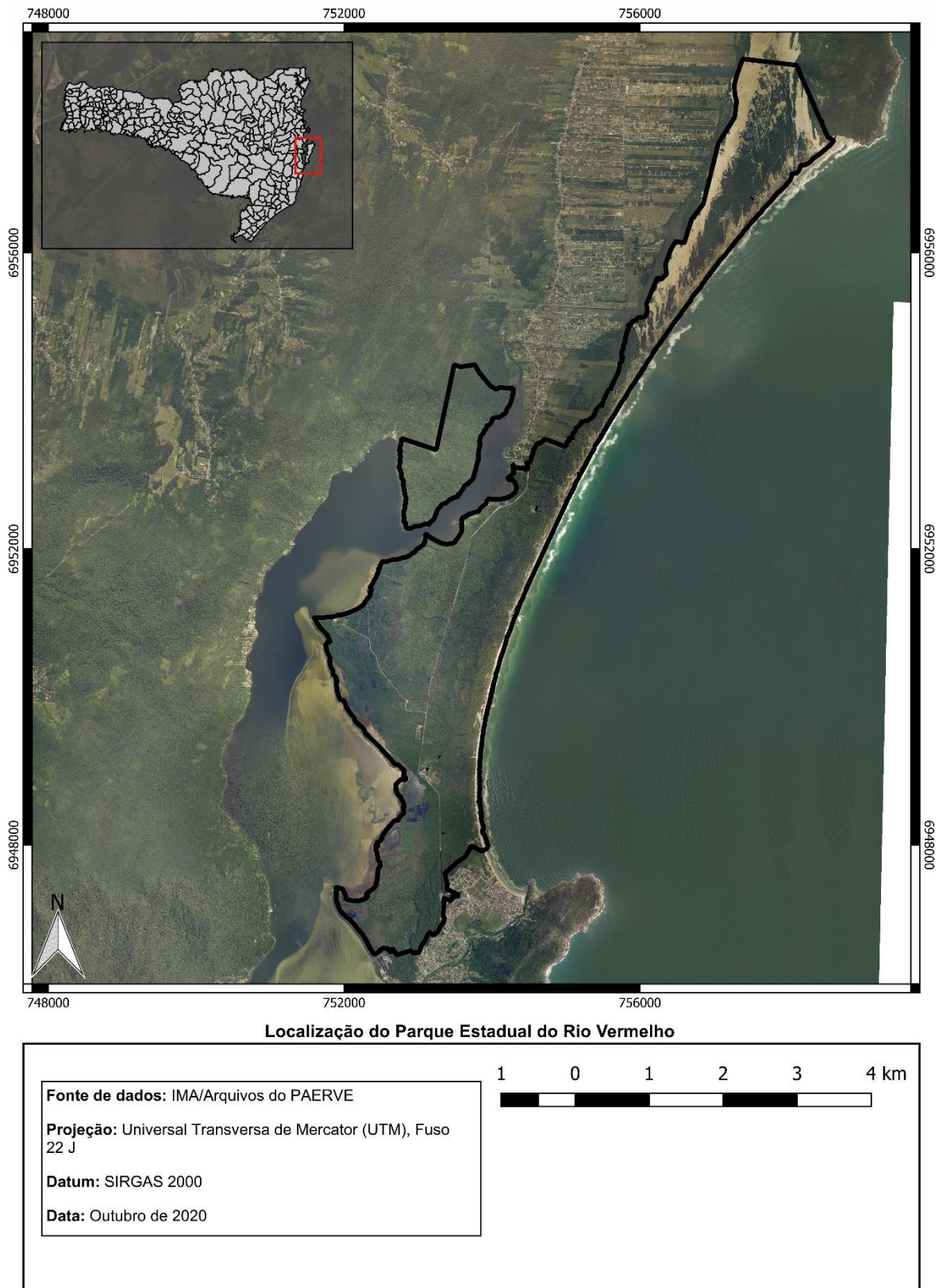


Figura 4. Mapa de localização do PAERVE. Fonte: a autora, adaptado de IMA SC, 2020.

O Parque Estadual do Rio Vermelho visa conservar amostras de Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica), das Formações Pioneiras (Vegetação de Restinga) e da fauna associada ao domínio da Mata Atlântica, manter o equilíbrio do complexo hídrico da região, além de propiciar ações ordenadas de recuperação de seus ecossistemas alterados e proporcionar a realização de pesquisas científicas e a visitação pública com o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambientais, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.

Apesar de criado em 2007 o PAERVE teve seu Plano de Manejo elaborado apenas em 2020 pelo órgão ambiental responsável, o Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA SC).

3.1.1. Histórico

Na década de 1950, a área do PAERVE já era uma restinga degradada, utilizada para agricultura, pastejo e coleta de lenha, acometida por incêndios periódicos (BERENHAUSER, 1963). Pelo Decreto Estadual nº 2.006 de 1962 esta área foi definida como Estação Florestal do Rio Vermelho, subordinada à Secretaria da Agricultura do Estado, e destinada à experimentação de diversas espécies de *Pinus* e à comprovação dos melhores índices de desenvolvimento de espécimes adaptáveis à região catarinense. Portanto, em 1963 foram iniciados plantios de reflorestamento na área, em grande parte com espécies exóticas, principalmente *Pinus elliottii* e *taeda* e espécies de *Eucalyptus* (IMA, 2020).

Em registros feitos por Berenhauser (1963) encontra-se que foi realizado na área do parque florestamento de 700 ha, em 12 anos, a partir do plantio de *Pinus* com diversas procedências como *Pinus bahamensis* procedente das Bahamas, *Pinus insularis* procedente das Filipinas, *Pinus canariensis* e *insignis* enviados pelo Serviço Florestal da Espanha, pinheiro marítimo de Portugal, *Pinus elliottii* geneticamente melhorado de uma indústria de celulose da Universidade da Flórida e do Serviço Florestal da Flórida, coleção de sementes de coníferas nativas da Ilha Formosa do Pacífico enviada pelo Serviço Florestal de Formosa, *Pinus hondurensis* enviados pelo Serviço Florestal de Queensland – Austrália, *Pinus taeda* colhido próximo da cidade de Tampa e enviado pelo Serviço Florestal da Flórida, coleções de

procedências de *Pinus elliottii* e sementes de *Pinus luchuensis* da Ilha de Okinawa. Nas áreas de dunas ao longo da Praia do Moçambique foram feitos plantios de *Acacia trinervis*, *Canavalia maritima*, *Casuarina equisetifolia* e *Sophora tomentosa*, dentre outras espécies.

Com a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (Lei nº 9.985/2000), as áreas protegidas do país que não estavam classificadas nas categorias criadas por esta lei deveriam ser reavaliadas. O processo de recategorização do Parque Florestal do Rio Vermelho em Parque Estadual iniciou-se ainda no final dos anos 90, motivado por críticas de entidades ecologistas da região às ações de degradação ambiental da área, em especial, das restingas e dunas próximas ao Morro das Aranhas e pelo reconhecimento da importância ecológica da área por grupo de pesquisa da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Em 2003, o Governo do Estado, criou uma Equipe Técnica Interinstitucional com o objetivo de discutir o enquadramento da área no SNUC (IMA, 2020).

Após a realização de diversas reuniões, estudos técnicos e discussões públicas foi publicado o Decreto Estadual nº 308 em 24/05/2007, criando então o Parque Estadual do Rio Vermelho (PAERVE).

3.1.2. Flora

A diversidade de espécies da flora nativa que ocorre no Parque Estadual do Rio Vermelho, se deve aos diferentes ambientes existentes em sua área e no seu entorno, como praia, lagoa, dunas, banhados e morros. Essas diferentes condições ambientais proporcionaram diversas formações vegetacionais: restinga herbácea e subarbustiva nas dunas em frente à praia, restinga arbustiva e arbórea nas dunas mais afastadas da praia (dunas semi-fixas e fixas) e nas planícies, vegetação típica de lagunas, banhados e baixadas e a Floresta Ombrófila Densa no Morro dos Macacos (IMA SC). O PAERVE tem 67% de sua área ocupada por ecossistemas naturais como as restingas (44,6%), Floresta Ombrófila Densa (9,9%), dunas (5,4%), vegetação de banhado (4,3%) e corpos d'água (3,2%) (MMA, 2004).

No Parque ocorre uma planta endêmica, ou seja, que só existe nesta área, a unha-de-gato *Mimosa catharinensis*, além de algumas espécies ameaçadas de extinção como o cedro (*Cedrela fissilis*) e o palmito juçara (*Euterpe edulis*) (IMA, 2020).

Um grande desafio para a conservação dos ecossistemas do Parque é a retirada das espécies exóticas, que chegam a 77, presentes tanto nos reflorestamentos de pinheiros-americanos (*Pinus spp*) e de eucaliptos (*Eucalyptus spp*), mas também de forma dispersa no

Parque. Casuarinas (*Casuarina equisetifolia*) e indivíduos de *Brachylaena discolor* ocupam as dunas frontais da praia do Moçambique, touceiras de braquiárias (*Urochloa spp*) são encontradas em áreas abertas e com grande circulação e diversas espécies foram plantadas ao redor das edificações presentes no Parque. (IMA, 2020)

3.1.3. Geologia

O PAERVE é constituído, geologicamente, por diferentes depósitos sedimentares da planície costeira, e por embasamento cristalino, apresentadas nos respectivos mapas geológicos da Ilha de Santa Catarina nas Fig. 5 e 6 (HORN e LIVI, 2013; TOMAZZOLI e PELLERIN, 2014).

O embasamento cristalino aparece representado na área de estudo pelo maciço do Morro do Saquinho, constituído, predominantemente, pelo Granito Ilha, que integra a Unidade Estratigráfica Suíte Pedras Grandes, além de intrusão de riolito, da Suíte Plutono-Vulcânica Cambirela, de um dique ácido de dacito e diques básicos de diabásio, do Enxame de Diques Florianópolis.

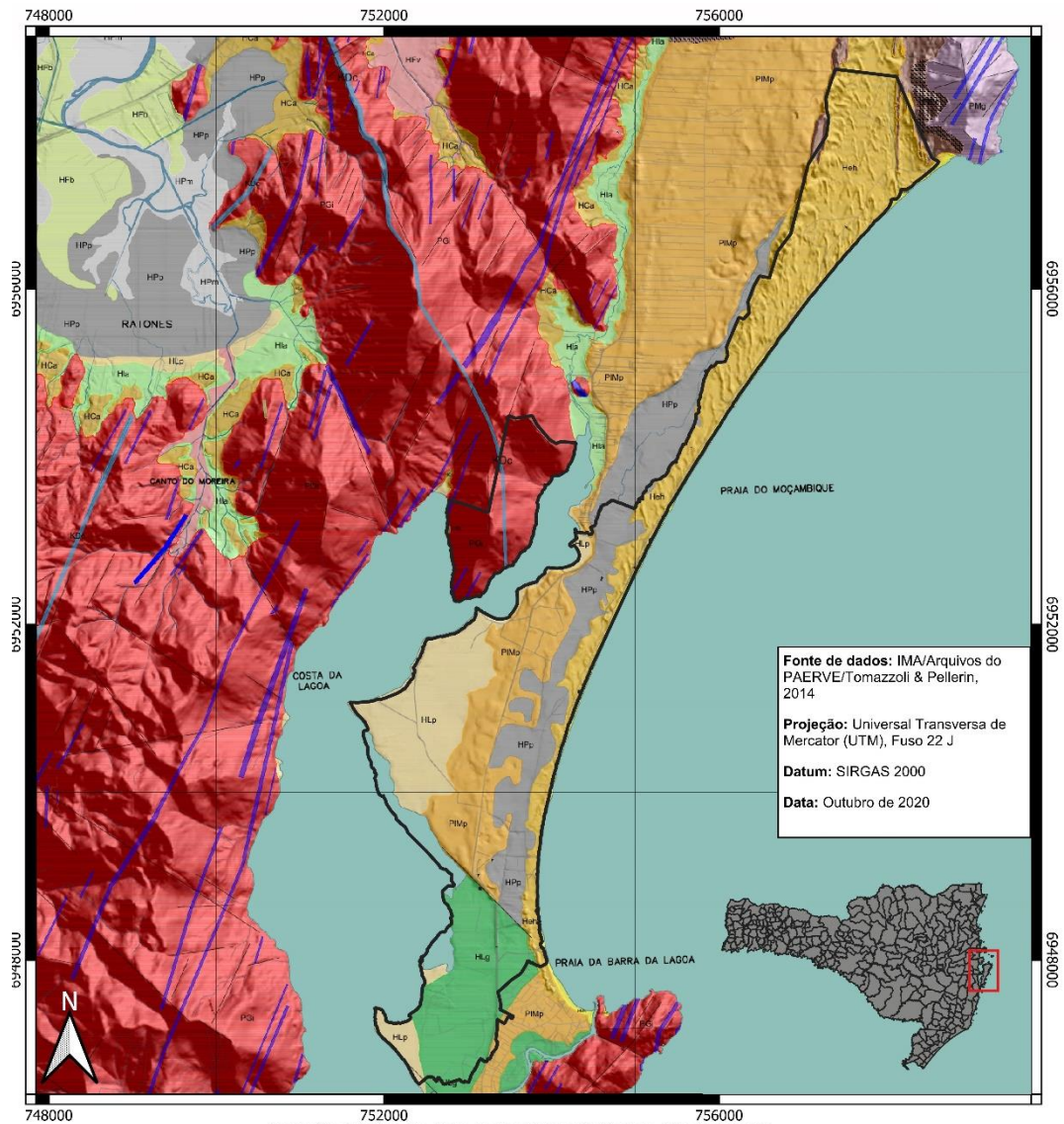
O Granito Ilha é o litotipo predominante na Ilha de Santa Catarina, sendo datado do período Neoproterozoico, com 600 a 585 Ma AP (Ma AP – milhões de anos antes do presente). Conforme Tomazzoli et al. (2018), apresenta as seguintes características: “*sieno ou manzogranito, cor cinza-claro ou rosada, textura equigranular hipidiomórfica, eventualmente pórfira, média ou grossa*”. A mineralogia principal compõe-se de quartzo, K feldspato, biotita, além de allanita, zircão, magnetita/ilmenita, e apatita, e os minerais secundários, sericita/muscovita, epidoto, titanita, clorita, fluorita e carbonatos, podendo ser cortados por veios de aplito/pegmatito com espessura variada (TOMAZZOLI et al., 2018).

O riolito também é datado do período Neoproterozoico, com idade estimada entre $574 \pm 1,8$ e $594 \pm 2,8$ Ma AP. Apresenta rochas de textura pórfira, com fenocristais de feldspato potássico e quartzo, sobre matriz afanítica branca ou avermelhada, formando diques ou corpos intrusivos irregulares com poucos metros de espessura (TOMAZZOLI et al., 2018).

O dacito possui cor cinza médio, pórfiro com fenocristais de plagioclásio sobre matriz afanítica. Formam diques de espessura variada e muitas vezes compostos, com bordas de diabásio escuro e centro de dacito cinza. Na área de estudo, compõe um grande dique na direção

norte-sul, prolongando-se para além dos limites do Parque sobre o maciço cristalino de granito Ilha, atingindo cerca de 7 km (TOMAZZOLI et al., 2018).

Os diabásios possuem cor escura, textura afanítica ou equigranular fina a média, raramente pórfira, verificando-se sua ocorrência na área de estudo em três diques na direção sudoeste-nordeste (TOMAZZOLI et al., 2018). O dique ácido de dacito e os diques básicos de diabásio, compõem a Unidade Estratigráfica Enxame de Diques Florianópolis, sendo do período Cretáceo, datados entre 134,7 e 133,9 Ma (TOMAZZOLI et al., 2018).



Mapa Geológico da área do Parque Estadual do Rio Vermelho
 (Recorte do Mapa Geológico da Ilha de Santa Catarina, Tomazzoli & Pellerin, 2014)

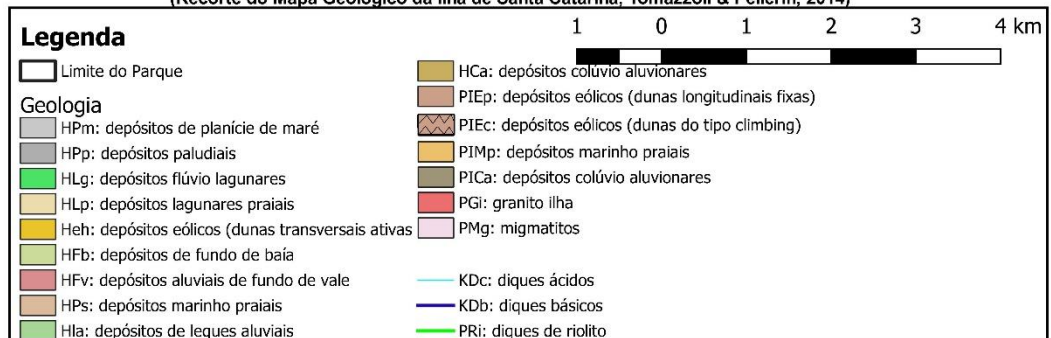


Figura 5. Mapa geológico da Ilha de Santa Catarina. Recorte para a área do Parque Estadual do Rio Vermelho.

Fonte: Tomazzoli e Pellerin, 2014, adaptado pela autora.

No que se refere aos depósitos sedimentares da planície costeira na Ilha de Santa Catarina, Tomazzoli e Pellerin (2014) propuseram a classificação em 17 depósitos, 7 incidindo na área de estudo: depósitos paludiais, depósitos marinho praias atuais, depósitos flúvio-lagunares/lacustres, depósitos lagunares praias, depósitos eólicos/dunas transversais ativas, depósitos eólicos/dunas tipo climbing, depósitos eólicos/dunas longitudinais fixas, depósitos marinho-praias /recobertos ou não por dunas.

Já a coluna estratigráfica proposta por Livi (2009) e Horn Filho e Livi (2013), classifica em 13 os depósitos da planície costeira da Ilha de Santa Catarina, sendo 5 na área de estudo: depósitos eólicos pleistocênicos, depósitos eólicos holocênicos, depósito marinho-praial, depósito lagunar-praial e depósito lagunar. Esta diferença de classificação entre as bibliografias ocorre basicamente em função de alguns depósitos constarem na área de estudo, porém recobertos por outro tipo de depósito, aflorando em poucos pontos (caso dos depósitos paludiais e flúvio-lagunares-lacustres, que ocorrem recobertos por depósitos eólicos e marinho-praias holocênicos).

Os depósitos sedimentares incidentes na área de estudo agrupam-se em maior parte no sistema deposicional transicional (também denominado de litorâneo), que estão relacionados com as variações relativas do nível médio do mar (transgressões e regressões) ocorridas durante o período Quaternário, nas épocas Pleistocênicas e Holocênicas.

O sistema deposicional transicional do Pleistoceno é resultado de ciclos transgressivos e regressivos do nível relativo médio do mar, como descrito por Suguio (2010), sendo o máximo transgressivo ocorrido há 120 Ka AP (Ka AP – mil anos antes do presente), atingindo 8 ± 2 m acima do nível atual, e o máximo regressivo ocorrido há 18 Ka AP, em que o nível do mar sofreu oscilações até recuar 110 m abaixo do nível atual, deixando exposta a plataforma continental. Na área de estudo, estes ciclos estão representados pelos depósitos eólicos e marinho-praias do Pleistoceno superior.

Os depósitos eólicos pleistocênicos são formados de sedimentos arenosos finos, de coloração avermelhada devido à presença de minerais ferrosos (TOMAZZOLI et al., 2018). Sedimentos coletados por Livi (2009) na Praia do Moçambique apresentaram areias finas bem selecionadas com teor menor que 1% de matéria orgânica e ausência de carbonato, acumulados a partir de processos de transporte eólico, cuja origem é associada ao máximo transgressivo no nível do mar, ocorrida em 120 ka AP, recobrindo também, muitas vezes depósitos marinhos praias de mesma idade (LIVI, 2009). Apresentam forma de paleoduna ou manto de aspersão

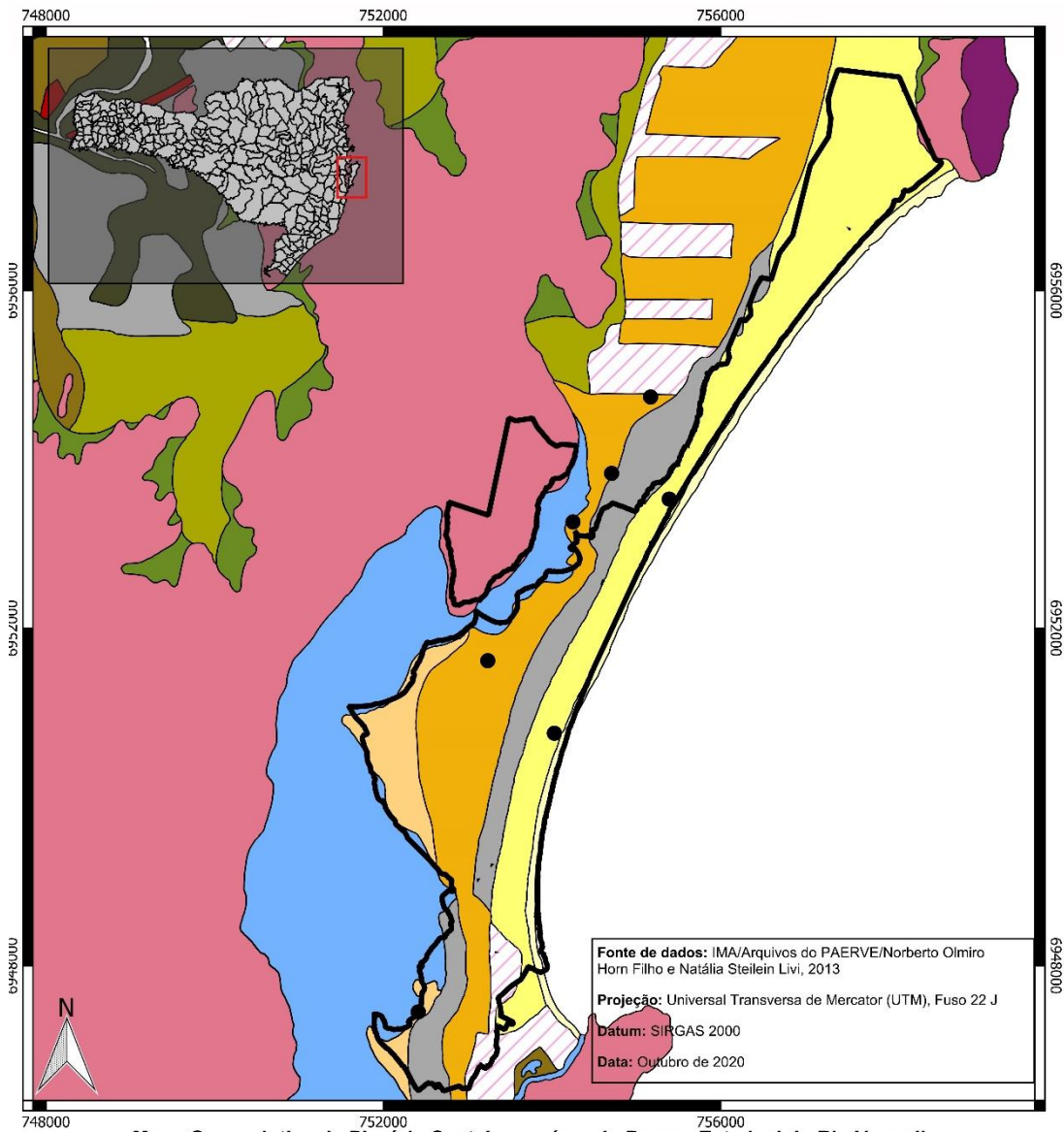
eólico, podendo apresentar estratificação e estruturas de dissipação, com altitudes aproximadas de 15m (LIVI, 2009).

Ainda dentro da classificação de depósitos eólicos pleistocênicos, Tomazzoli e Pellerin (2014) diferenciaram as dunas desse depósito em dois tipos, sendo as dunas longitudinais fixas, que formam camadas de recobrimento, geralmente fixadas por vegetação; e as dunas tipo *climbing*, que formam rampas de aspersão dunária, cavalgando sobre as encostas do embasamento, atingindo 110m acima do nível do mar atual. Também datados do Pleistoceno, verificam-se os depósitos marinho-praias, recobertos ou não por dunas, composto de sedimentos arenosos finos, bem selecionados, de cor amarelo avermelhada devido a presença de óxidos/hidróxidos de ferro, depositados sob influência marinha, formando terraços mais elevados, dispostos mais internamente em relação aos depósitos holocênicos de mesmo tipo (TOMAZZOLI e PELLERIN, 2014).

Os depósitos flúvio-lagunares/lacustres correspondem a sedimentos pelíticos e arenosos finos depositados em depressões que correspondem a antigos corpos lagunares ou lacustres (TOMAZZOLI e PELLERIN, 2014).

Os depósitos paludiais, são caracterizados por turfas ou sedimentos finos, ricos em matéria orgânica, situados em depressões, constituindo áreas semialagadas (TOMAZZOLI e PELLERIN, 2014).

Os depósitos eólicos do Holoceno apresentam-se sob forma de dunas, tanto móveis como fixas (vegetadas), tendo a ação dos ventos como seu principal agente formador. Possui altitude média de 3,7 m, sedimentos de granulometria arenosa fina e bom grau de selecionamento. Na área de estudo, o depósito eólico holocênico está representado pelo campo de dunas ativas que se estende da praia do Moçambique à praia dos Ingleses.



Mapa Geoevolutivo da Planície Costeira na área do Parque Estadual do Rio Vermelho (Recorte do Mapa Geoevolutivo da Planície Costeira da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil)



Figura 6. Mapa geoevolutivo da planície costeira da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. Recorte para a área do Parque Estadual do Rio Vermelho. Fonte: Horn Filho e Livi, 2013, adaptado pela autora.

3.1.4. Hipsometria e Declividade

Os mapeamentos de hipsometria e declividade possuem grande importância em análises ambientais, como, por exemplo, para a identificação de Áreas de Preservação Permanente (APP), nos termos da Lei Federal nº 12.651/2012, que estabelece: “Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei: (...) V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive; (...) IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d’água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação”

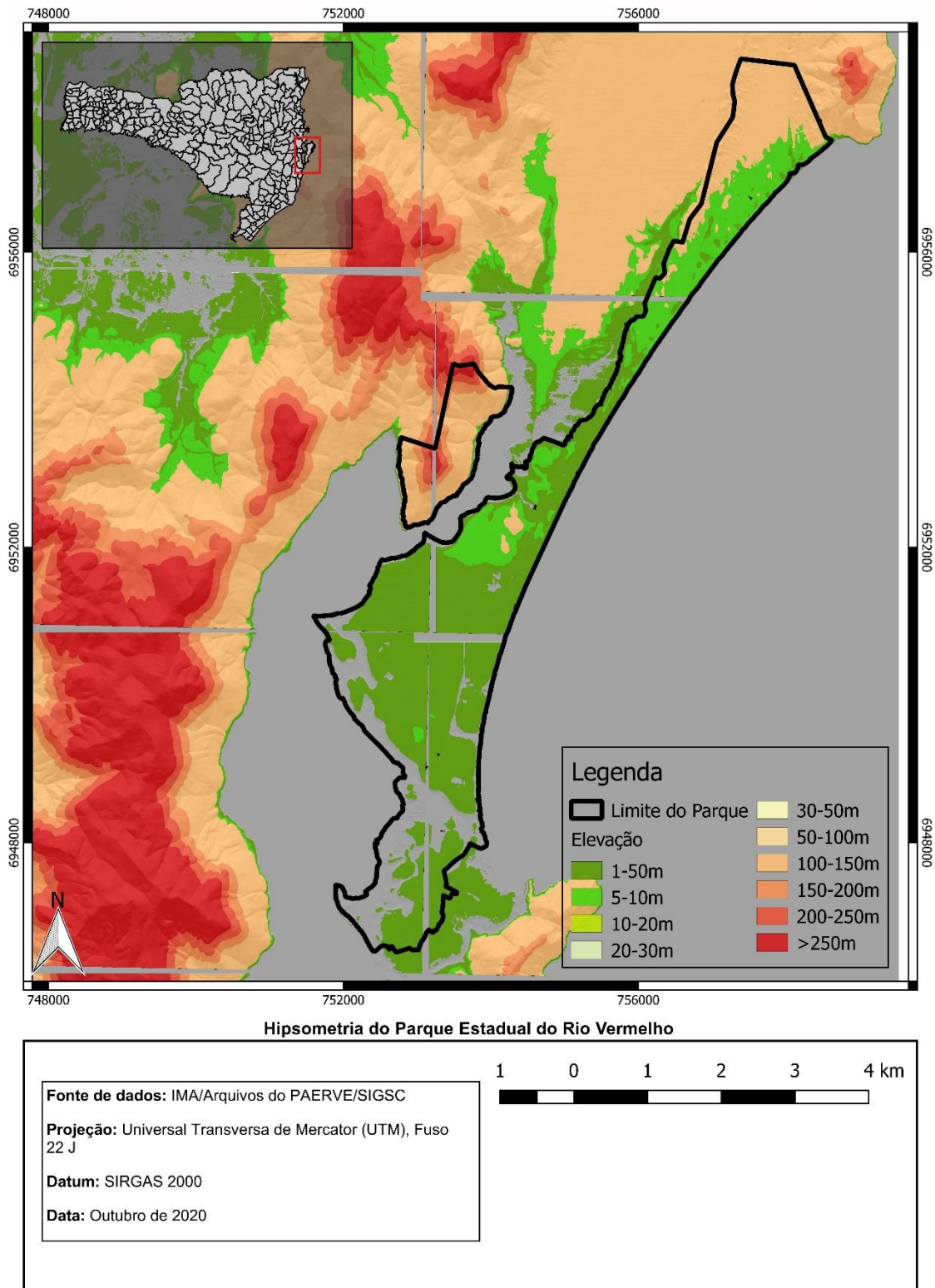


Figura 7. Mapa hipsométrico da área do Parque Estadual do Rio Vermelho e entorno. Fonte: SDS, 2012, adaptado pela autora.

3.2. MATERIAIS

3.2.1. Plataforma GEE

Para aquisição e processamento das imagens, assim como o cálculo do NDVI da área de estudo, foi utilizada a plataforma GEE, disponível online, que permite ao usuário atribuir funções aos servidores remotos oferecidos pela empresa, para processamento em nuvem. Tais funções são atribuídas por meio da elaboração de um script de comandos na linguagem JavaScript em que cada linha representa uma etapa do processo.

3.2.2. QGIS

O Sistema de Informações Geográficas QGIS foi utilizado para o processamento das informações, assim como elaboração de mapas para melhor ilustração dos dados, além de facilitar a interpretação e análise dos resultados.

3.3. MÉTODO

A metodologia aplicada apresenta um conjunto de ferramentas tecnológicas que possibilitam um grande potencial para o uso do SR no estudo do uso e ocupação da terra. De modo geral por ser representada nas etapas do fluxograma apresentado na Fig. 7.



Figura 8. Fluxo das etapas metodológicas do presente trabalho. Fonte: a autora.

A escolha da área de estudos se deu por se tratar de uma Unidade de Conservação, que necessita de constante monitoramento. Foi feito levantamento bibliográfico da área para conhecimento prévio da dinâmica da vegetação no local e para entender como funciona o monitoramento da Unidade de Conservação.

O período T1 escolhido para selecionar as imagens disponíveis foi de 30 de março de 2000 a 30 de março de 2001, e o período T2 escolhido foi de 30 de março de 2020 a 30 de março de 2021, completando assim, 20 anos de intervalo. O período expressivo foi escolhido para englobar a época anterior e posterior à criação do Parque, possibilitando assim observar o desenvolvimento da área antes e depois de se tornar uma área de proteção integral.

Apesar da pré-definição da área e período, é importante ressaltar que a plataforma GEE permite a análise em quaisquer tipos de ambientes e períodos, contando que as os sistemas imageadores escolhidos cubram a área e a data desejadas.

Com a área e período definidos, foi feita a escolha da coleção de imagens Landsat 5 e 8 e para o processamento das imagens e cálculo do NDVI (ver Equação 1) foi elaborado um script de comandos que resultou em polígonos da área de supressão e acréscimo de vegetação. A partir destes polígonos foram elaborados mapas temáticos no *software* QGIS para interpretação e elaboração dos resultados.

Como o intuito da metodologia é auxiliar os órgãos fiscalizadores ambientais, não foi incluída uma etapa de validação, pois entende-se que esta seria a função a ser desempenhada pelos fiscais em campo. Os dados gerados de acréscimo e supressão de vegetação serviriam como alerta para futura averiguação pela equipe técnica de fiscais responsáveis.

3.3.1. Script desenvolvido

O processamento das imagens e a customização de parte da metodologia apresentada neste trabalho, seguiram um programa desenvolvido para executar as etapas representadas na Fig. 8. Como parte do processamento foi elaborado um script para a plataforma GEE a partir de comandos na linguagem *JavaScript*. O script completo pode ser visualizado no Apêndice A.

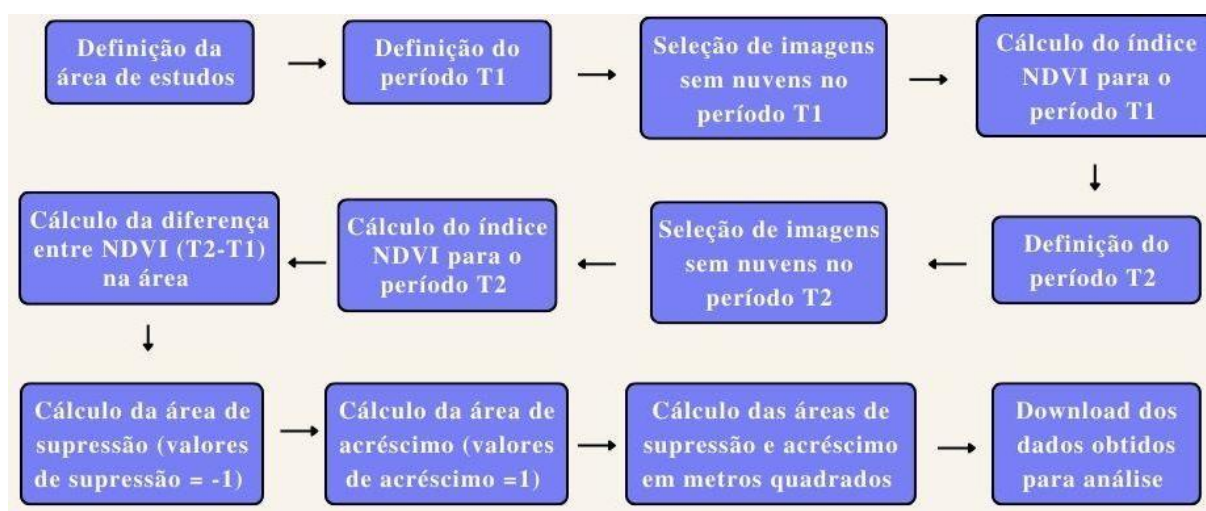


Figura 9. Etapas do script de comandos. Fonte: a autora.

A escolha da área de estudos e dos períodos T1 e T2, foi feita previamente à elaboração do script, e foram inseridos no código na linguagem estabelecida. Seguindo a ordem do programa, são filtradas as imagens sem nuvens para o período T1, e em sequência é calculado o NDVI (ver Equação 1) no mesmo período. Embora acontece essa filtragem das imagens por nuvens (percentual global), pode acontecer de um percentual mínimo de nuvens ou sombra das nuvens ainda incidir sobre a área de estudo. Como o recorte temporal para a escolha das imagens é relativamente (um ano), em nem todas as imagens selecionadas cobre completamente a área de estudo, tornou-se necessário estabelecer os valores da mediana do nível de cinza, para cada pixel dentro da área de estudo. Com este procedimento espera-se excluir do conjunto valores

extremos de níveis de cinza, ocasionados por nuvens ou sombra de nuvens nas imagens. O mesmo processo é repetido para o período T2.

Uma etapa importante seria separar o que representa vegetação das demais classes, que neste caso foi aplicada uma reclassificação binária, onde 1 representava área com vegetação e 0 não vegetação, e para isto utilizou-se um limiar arbitrário de NDVI maior ou igual a 0,3 para vegetação e abaixo deste limiar representaria outras classes.

Em seguida, é feita a subtração dessas imagens binárias derivadas do NDVI calculados para ambos períodos ($T2 - T1$), o que permite identificar onde o valor teve diminuição ou aumento vegetativo, representando assim o acréscimo ou supressão de vegetação.

A partir dos valores encontrados da subtração dos NDVI, a plataforma calcula, em metros quadrados, as áreas de supressão e acréscimo de vegetação, representadas por valores de -1 (supressão), 0 não houve alteração, e 1 (acrécimo) e que podem ser visualizadas como polígonos no mapa do programa.

Com os resultados obtidos, a última etapa do código representa o *download* dos polígonos no formato *.GeoTIFF* para manipulação e interpretação no SIG.

A elaboração do script representa etapa crucial do trabalho, uma vez que este foi elaborado para as condições pré-estabelecidas especificamente para esta análise, entretanto, é importante ressaltar que o código pode ser manipulado para diferentes áreas e intervalos de tempo. Além disso podem ser selecionados outros satélites e outras coleções de imagens dentro da plataforma, com resoluções espaciais e disposições diferentes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos após o processamento das imagens e cálculo dos NDVI na plataforma GEE para a área de estudo.

Após o final da execução das etapas do script, a plataforma gera, automaticamente, as informações apresentadas na Tabela 1, que são: o número de imagens filtradas encontradas para cada período, a área total do parque em metros quadrados e as áreas de Acrécimo e Supressão em metros quadrados.

Area Total (m ²)	17497463.61
Área de Supressão (m ²)	67054.97 (0,37%)
Área de Acréscimo (m ²)	1314116.88 (7,5%)
Número de Imagens T1	22
Número de Imagens T2	36

Tabela 1. Dados obtidos após o processamento de dados. Fonte: a autora, 2022.

Além disso a ferramenta permite que os resultados sejam exibidos no mapa e exportados para um arquivo formato *.GeoTIFF*, que pode ser visualizado no SIG QGIS, permitindo assim a melhor análise e interpretação dos resultados.

Para melhor visualização das áreas totais, foram elaborados mapas temáticos para a Supressão e o Acréscimo de vegetação.

A supressão de vegetação identificada foi pouco significativa (0,35%), é possível observar pequenos polígonos ao longo de toda área do PAERVE, com uma concentração maior na porção norte onde está localizado o campo de dunas (Fig.10). Levando em consideração a resolução espacial do satélite utilizado (30mx30m), os polígonos visíveis não representam áreas expressivas, ou seja, não podem ser caracterizados como desmatamento, uma vez que a dinâmica natural de movimentação das dunas poderia ter coberto a vegetação preexistente, o que pode ter interferido na análise.

Além disso, ao observarmos as áreas calculadas, a área de supressão representa apenas 0,37% da área total do parque, fração insignificante dentro do contexto analisado, confirmando assim que não houve nenhum tipo de desmatamento expressivo dentro do parque no intervalo de tempo analisado.

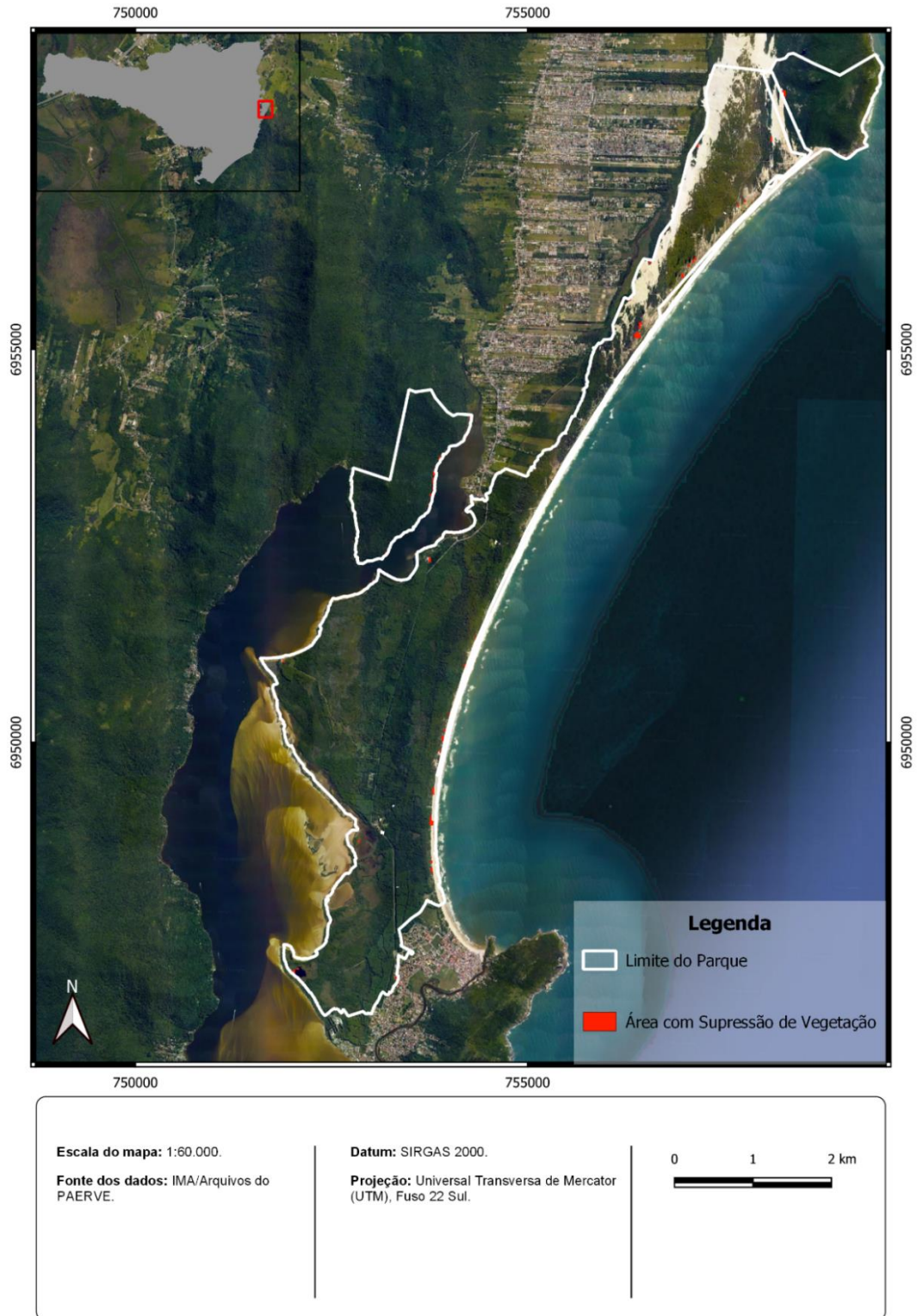


Figura 10. Mapa de Supressão da Vegetação. Fonte: a autora.

Já o Acréscimo de vegetação foi observado de forma mais relevante ao longo de todo o parque, o que pode ser atribuído ao trabalho de recuperação da flora nativa da região, que é feito pelo órgão ambiental do estado, IMA SC. Nota-se o crescimento de vegetação, principalmente nas proximidades do Rio Vermelho e do campo de dunas (Fig. 11) o que se deve ao ambiente favorável criado ao crescimento dessa vegetação costeira. O crescimento observado representa 7,5% da área total do parque, contabilizando assim uma área expressiva de acréscimo de vegetação.

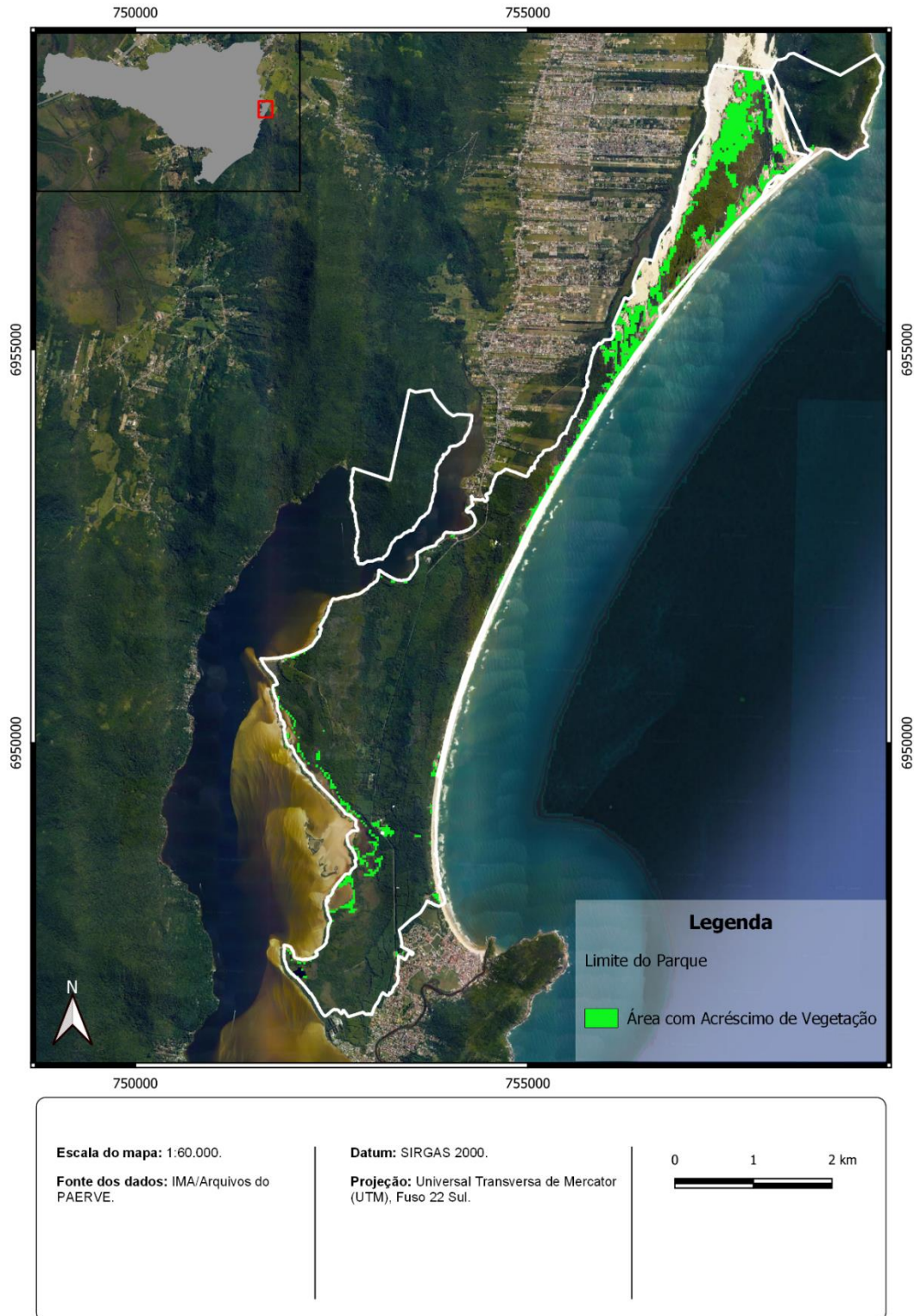


Figura 11. Mapa de Acréscimo da Vegetação. Fonte: a autora, 2022.

5. CONCLUSÃO

Ao longo do trabalho foram alcançados a maioria dos objetivos propostos, como a eficácia da geotecnologia, que demonstrou boa aplicabilidade no acompanhamento da vegetação em Unidades de Conservação, pois, além de oferecer agilidade no processo de investigação de possíveis alterações na área, permitem que medidas de fiscalização e controle possam ser tomadas em tempo hábil a evitar perdas para estes territórios especialmente protegidos.

Os resultados foram obtidos de forma rápida e eficaz, o que comprova a possível otimização da detecção de mudanças relativas à supressão e acréscimo vegetal em grandes áreas protegidas, o que torna o processo de fiscalização mais eficiente e direcionado, colaborando também com a redução dos custos, uma vez que a plataforma GEE está disponível gratuitamente.

Os produtos gerados foram os mapas temáticos que representam o acréscimo e supressão de vegetação, e o script de comandos que, com algumas alterações pode ser utilizado em trabalhos futuros para locais e períodos diferentes.

A metodologia utilizada possibilita mensurar, conhecer e qualificar os tipos de uso e ocupação da terra existentes, principalmente em grandes extensões, porém, por se tratar de um método de certa complexidade, requer conhecimento técnico e qualificação específica, o que o torna menos acessível, sendo esta a maior dificuldade encontrada ao longo do trabalho.

Nesta pesquisa utilizou-se como elemento definidor de vegetação o índice NDVI, onde arbitrou-se por um limiar de 0,3. Porém, outros índices poderiam ser utilizados, como também poderia ser realizada uma determinação deste limiar experimentalmente, verificando o efeito da sazonalidade sobre ele.

Assim, como sugestão para trabalhos futuros sugere-se testar diferentes índices de vegetação (ex. SAVI, EVI, etc.), como também estabelecer experimentalmente limiares para esses índices utilizados. Para trabalhos posteriores é aconselhado usar a ferramenta em recortes temporais menores para um melhor acompanhamento da vegetação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERENHAUSER, C. Energia eléctrica na Guanabara, seus problemas. Confederação Nacional do Comércio/ Conselho Técnico: Carta mensal, v. 9, p. 11-36, 1963.

BERNINI, H.; OLIVEIRA, D. S. de.; MORETTI, A. S. de. O uso de geoprocessamento para a tomada de decisão na utilização de recursos naturais estudo de caso *Resex* do Rio Ouro Preto - RO. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2315-2322.

BRASIL, Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Portal da Legislação: Leis ordinárias. 2014. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm. Acesso em: 22 de outubro de 2022.

BRASIL. Gestão Participativa do SNUC. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Série Áreas Protegidas do Brasil, n.2, 2004. Disponível: https://www.mma.gov.br/estruturas/sbf2008_dap/_publicacao/149_publicacao16122010100253.pdf. Acesso em: 22 de outubro de 2022.

BRASIL. Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Portal da Legislação: Leis ordinárias. 2014. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 22 de outubro de 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. Plano de Manejo da Reserva Extrativista do Cazumbá Iracema. Sena Madureira, 2007.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. *Principles of geographical information systems*. Oxford: *Oxford University Press*. 1998. 333p.

COTA, M. A. Áreas de preservação permanente (APPs): as resoluções CONAMA e o papel das técnicas de geoprocessamento na delimitação das classes de preservação. 2008. 102 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CRAVEIRO, I. C. P. Uso de geotecnologias na detecção do desmatamento na Reserva Extrativista Cazumbá Iracema no estado do Acre. Monografia. Universidade Federal do Paraná. Rio Branco, 2013.

FITZ, P. R. Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas. In: Geoprocessamento sem complicação, Ed. Oficina de Textos. 2008. pp. 98-138.

FLORENZANO, T. G. Imagens de satélite para estudos ambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

HORN FILHO, N. Granulometria das praias arenosas da ilha de Santa Catarina, SC. Gravel, n. 4, pp. 1-21, 2006.

HORN FILHO, N. O.; LIVI, N. S. Mapa geoevolutivo da planície costeira da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. Departamento de Geociências, Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

IBAMA, O que é fiscalização ambiental, 2002. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/fiscalizacao-ambiental/o-que-e-fiscalizacao>. Acesso em: 22 de outubro de 2022.

INPE - Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais. Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites sistemas PRODES, DETER, DEGRAD e QUEIMADAS 2007 – 2008. São José dos Campos: INPE, Disponível em: http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter/pdfs/metodologia_v2.pdf. Acesso em: 22 de outubro de 2022.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA. Parque Estadual Do Rio Vermelho. Disponível em <https://www.ima.sc.gov.br/index.php/biodiversidade/unidades-de-conservacao/parque-estadual-do-rio-vermelho>. Acesso em: 22 de outubro de 2022.

JENSEN, J. R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução: EPIHANIO, J.C.N (coord.)...[et. al]. São José dos Campos, Parêntese, 2009.

KUMAR, L.;MUTANGA, O. (2019). *Google Earth Engine Applications*. MDPI

LEITE, P. S. dos. Uso do Sensoriamento Remoto e SIG no Monitoramento e Licenciamento Ambiental de Propriedades Rurais em Mato Grosso. Resultado do workshop realizado em Brasília, DF, nos dias 2 e 3 de abril de 2002. MMA/SCA/PPG7. Brasília, DF 2002.

LIU, W. T. H. Aplicações de sensoriamento remoto. Campo Grande: UNIDERP. 1. ed., 2006.

LIVI, N. S. Geologia, geomorfologia e evolução paleogeográfica da planície costeira da ilha de Santa Catarina, litoral Central do estado de Santa Catarina, Brasil, em base ao estudo dos depósitos quaternários. Florianópolis. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia). 2009.

LOBELL, D. B. et al. *A scalable satellite based crop yield mapper. Remote Sensing of Environment*, v. 164, p. 324-333, 2015.

LU, D.; MAUSEL, P.; BATISTELLA, M.; MORAN, E. *Land-cover binary change detection methods for use in the moist tropical region of the Amazon: A comparative study. International Journal of Remote Sensing*, 26(1), 101–114. 2005.

MIRANDA, P. J. Identidade Territorial e Organização Social: Reserva Cazumbá-Iracema no município de Sena Madureira/Acre. p., 297 mm (UnB-CDS, Mestre, em Política Gestão Ambiental, 2006). Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável.

MORAES, E. C. Fundamentos de Sensoriamento Remoto, São José dos Campos, 2002. Disponível em: <http://mtc->

m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1_ECMoraes.pdf. Acesso em: 22 de outubro de 2022.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004.

COELHO, A. L.; CORREA, W. de S.; NASCIMENTO, F. Uso de produtos de sensoriamento remoto para a classificação e análise de temperaturas de superfície no município de Vila Velha/Es (Brasil). *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, [S. l.], n. 13_1, p. 61–76, 2014. Disponível em: <https://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/279>. Acesso em: 22 de outubro de 2022.

NASCIMENTO, J. L. A. do. Uso de geotecnologia no monitoramento de unidades de conservação: Ocupações peri-urbanas na margem esquerda do Rio Negro. Dissertação apresentada como requisito para obtenção de grau de Mestre do programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente Manaus, Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2010, 117p.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento remoto: princípio e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 308 p.

NOVO, E. M. L. de Moraes. Sensoriamento Remoto Princípios e Aplicações. 4. ed. São Paulo - SP, Brasil: Editora Edgard Blücher Ltda, 2010.

PONZONI, Flávio Jorge; SHIMABUKURO, Yosio Edemir. Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação. 2010. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2010. 128 p.

RIBEIRO, R. J. C. da.; BAPTISTA, G. M. M. de.; BIAS, E. S. de. Comparação dos métodos de classificação supervisionada de imagem Máxima Verossimilhança e Redes Neurais em ambiente urbano. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5471-5478.

ROSA, R. Introdução ao sensoriamento remoto. 5º ed. Uberlândia: Edufu, 2003

ROUSE, J. W. et al. *Monitoring the vernal advancements and retrogradation of natural vegetation*, In: NASA/GSFC. *Final Report, Greenbelt*. MD, USA, p. 1-137, 1974.

SANTOS, A. L. C. Diagnóstico dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe através de sensoriamento remoto. 15 abr. 2009.

SHIMOZAKO, H. J. et al. Uso de sistemas de informação geográfica como ferramentas de auxílio da análise de casos de apreensão de animais no município de São Paulo. *Revista Ciência em Extensão*, v. 2, n. 2, p. 36-50, 2006.

TOMAZZOLI, E. R.; PELLERIN, J. R. M. Mapa geológico da Ilha de Santa Catarina. Departamento de Geociências UFSC. 2014. Disponível em <http://lmo.ufsc.br/mapageologico-da-ilha-desanta-catarina>. Acesso em: 22 de outubro de 2022.

TOMAZZOLI, E. R.; PELLERIN, J. R. G. M.; HORN FILHO, N. O. Geologia da Ilha de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil. *Revista Geociências*, v. 37, n. 4, p. 715-731, 2018. UNESP, São Paulo. Disponível em:

<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/11656/8> 737. Acesso em: 22 de outubro de 2022.

TSAI, Y. H.; STOW, D.; CHEN, H. L.; LEWISON, R.; AN, L.; SHI, L. (2018). *Mapping vegetation and land use types in fanjingshan national nature reserve using google earth engine. Remote Sensing*, 10(6):927.

USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano (2013). Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8: data de passagem 04/08/2013 EUA. Disponível em <<http://landsat.usgs.gov>>. Acesso em 22 de outubro de 2022.

VALE, J. R. B. Análise da dinâmica do uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas do estado do Pará por meio da plataforma Google Earth Engine. Orientador: Maria de Nazaré Martins Maciel. 2019. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Cartográfica e Agrimensura) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, PA, 2019.

VALERIO FILHO, M. Técnicas de Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas ao planejamento regional. VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Presidente Prudente, São Paulo. Abril de 1998. CD

VERÍSSIMO, A. et al. Áreas Protegidas na Amazônia brasileira: avanços e desafios. Belém: Imazon; São Paulo: Instituto Socioambiental, 2011.

ZHANG, Q.; LI, B.; THAU, D.; MOORE, R. *Building a better urban picture: Combining day and night remote sensing imagery. Remote Sensing*, v. 07, n. 09, p. 11887-11913, 2015.

APÊNDICE A – SCRIPT

INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE O SCRIPT

1. Todas as linhas que iniciam com //, são utilizadas para comentários e informações relacionadas ao código.

```
// Definindo a Área de Estudo: PAERVE (Supressão e Acréscimo de
Vegetação)

var local = table.geometry();
// Adicionando a localização ao mapa
Map.addLayer(local);
// Definindo o periodo T1
var T1_inicio = ee.Date("2000-03-30");
var T1_fim = ee.Date("2001-03-30");
// Coleção de Imagens filtradas: local, sem névem e no período T1
var floresta_1 = ee.ImageCollection("LANDSAT/LT05/C01/T1_TOA")
.filterBounds(local)
.filterDate(T1_inicio,T1_fim)
.sort("CLOUD_COVER",false);
// Definir o número de imagens T1
var numero_1 = floresta_1.size();
print("Número de Imagens: ", numero_1);
// Calcula a Mediana e cada banda e cada pixel
// Nome das bandas B1_median, B2_median, etc.
var area_1 = floresta_1.reduce(ee.Reducer.median());
// Recortando a área de estudo
var median_1 = area_1.clip(local);
// Visualizando a Imagem T1
var vis_param = {bands: ['B4_median', 'B3_median', 'B2_median'], gamma:
1.6};
Map.centerObject(local,10);
Map.addLayer(median_1, vis_param, 'Landsat 2001');
// Calculando NDVI T1
var NIR = median_1.select("B4_median");
var RED = median_1.select("B3_median");
var NDVI_1 = NIR.subtract(RED).divide(NIR.add(RED));
// Visualizando NDVI T1
var paleta = [
  'FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F1B555', 'FCD163', '99B718',
  '74A901', '66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201',
  '004C00', '023B01', '012E01', '011D01', '011301'];
Map.centerObject(local,10);
```

```

Map.addLayer(NDVI_1, {min: 0, max: 1, palette: paleta}, 'Landsat NDVI
T1');
// Definindo o periodo T2
var T2_inicio = ee.Date("2020-03-30");
var T2_fim = ee.Date("2021-03-30");
// Coleção de Imagens filtradas: local, sem nuvem e no período T2
var floresta_2 = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA")
.filterBounds(local)
.filterDate(T2_inicio,T2_fim)
.sort("CLOUD_COVER",false);
// Definir o número de imagens T2
var numero_2 = floresta_2.size();
print("Número de Imagens: ", numero_2);
// Calcula a Mediana e cada banda e cada pixel
// Nome das bandas B1_median, B2_median, etc.
var area_2 = floresta_2.reduce(ee.Reducer.median());
// Recortando a área de estudo
var median_2 = area_2.clip(local);
// Visualizando a Imagem T2
var vis_param = {bands: ['B5_median', 'B4_median', 'B3_median'], gamma:
1.6};
Map.centerObject(local,10);
Map.addLayer(median_2, vis_param, 'Landsat 2021');
// Calculando NDVI T2
  NIR = median_2.select("B5_median");
  RED = median_2.select("B4_median");
var NDVI_2 = NIR.subtract(RED).divide(NIR.add(RED));
// Visualizando NDVI T2
Map.centerObject(local,10);
Map.addLayer(NDVI_2, {min: 0, max: 1, palette: paleta}, 'Landsat NDVI
T2');
// Separando vegetação das outras classes T1 e T2
var bin_1 = NDVI_1.gte(0.3).and(NDVI_1.lt(1));
Map.centerObject(local,10);
Map.addLayer(bin_1.updateMask(bin_1), {}, 'Binária do NDVI em T1');

var bin_2 = NDVI_2.gte(0.3).and(NDVI_2.lt(1));
Map.centerObject(local,10);
Map.addLayer(bin_2.updateMask(bin_2), {}, 'Binária do NDVI em T2');

// Calculando a diferença entre NDVIs (T2-T1) na área vegetação,
Supressão = -1
var diferenca = bin_2.subtract(bin_1);
var mascaras = diferenca.gte(-1).and(diferenca.lt(0));
var paletaSupressao = ['FF1000'];

```



```

Map.centerObject(local,10);
Map.addLayer(mascaras.updateMask(mascaras), {palette: paletaSupressao},
'Supressão de Vegetação');

// Calculando a área de supressão
var areaImage = mascaras.multiply(ee.Image.pixelArea());
var stats = areaImage.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  geometry: local,
  scale: 30,
  maxPixels: 1e9
});
var areams = local.area(1);
print('Area de Supressão (m2): ', stats.get('B5_median'), 'Area Total
(m2): ', areams);

// Calculando a diferença entre NDVIs (T2-T1) na área vegetação,
Acréssimo = 1

var mascaraa = diferenca.gt(0).and(diferenca.lte(1));
var paletaAcessimo = ['0000ff'];
Map.centerObject(local,10);
Map.addLayer(mascaraa.updateMask(mascaraa), {palette: paletaAcessimo},
'Acréscimo de Vegetação');

// Calculando a área de supressão
var areaImage = mascaraa.multiply(ee.Image.pixelArea());
var stats = areaImage.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  geometry: local,
  scale: 30,
  maxPixels: 1e9
});
var areama = local.area(1);
print('Area de Acréscimo (m2): ', stats.get('B5_median'), 'Area Total
(m2): ', areama);

// Exportar uma image: imagem_exportar (trocar para o nome da sua
imagem), especificando escala e região
Export.image.toDrive({
  image: mascaraa,
  description: 'Supress',
  scale: 30,
  region: local
});

```

```
Export.image.toDrive({  
    image: mascaras,  
    description: 'Supress',  
    scale: 30,  
    region: local  
});
```

// Depois de rodar, é só ir no TASKS (ao lado do Console) e clicar em RUN (que a imagem será descarregada para seu DRIVE)