



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**LUCIEL PASSOS DE OLIVEIRA**

**EVOLUÇÃO DA PAISAGEM: TENDÊNCIAS PARA O USO E  
COBERTURA DA TERRA NAS ÁREAS DO ENTORNO DA  
BAÍA DE TODOS-OS-SANTOS-BA, BRASIL**

Salvador

2021

**LUCIEL PASSOS DE OLIVEIRA**

**EVOLUÇÃO DA PAISAGEM: TENDÊNCIAS PARA O USO E  
COBERTURA DA TERRA NAS ÁREAS DO ENTORNO DA  
BAÍA DE TODOS-OS-SANTOS-BA, BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia, no Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção do grau de Doutor em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Tomasoni

Salvador

2021

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA) com dados fornecidos pelo (a) autor (a)

Oliveira, Luciel Passos de.

Evolução da paisagem: tendência para o uso e cobertura da terra nas áreas do entorno da Baía-de-Todos os Santos-BA, Brasil. / Luciel Passos de Oliveira. -- Salvador: UFBA, 2021.

224 f.: il.

Orientador: Marco Antônio Tomasoni.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-graduação em Geografia) -- Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, 2021.

1. Modelagem. 2. Sensoriamento remoto. 3. Evolução. 4. Transição de usos da Terra. I. Tomasoni, Marco Antonio. II. Título.

## TERMO DE APROVAÇÃO

BANCA DE DEFESA - TESE

### EVOLUÇÃO DA PAISAGEM: TENDÊNCIAS PARA O USO E COBERTURA DAS TERRAS NAS ÁREAS DO ENTORNO DA BAÍA DE TODOS OS SANTOS-BA, BRASIL

Luciel Passos de Oliveira



**Prof. Dr. Marco Antonio Tomasoni (Orientador/Presidente da Banca)**  
Programa de Pós-Graduação em Geografia (UFBA)



**Prof. Dr. Pablo Santana Santos**  
Instituto de Geociências (UFBA)



**Prof. Dr. Espedito Maia Lima (UESB)**  
Universidade Estadual Do Sudoeste Da Bahia (UESB)



**Prof. Dr. Antonio Puentes Torres**  
Programa de Pós-Graduação em Geografia (UFBA)



**Prof. Dr. Mauro Jose Alexandrini Junior**  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (UFBA)

Tese aprovada como requisito para obtenção do grau de Doutor em Geografia.

Salvador, 9 de abril de 2021

**Aprovada em Sessão Pública de 09 de abril de 2021**

## **AGRADECIMENTOS**

São poucos, porém especiais...

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Aos Professores Dr. Antonio Puentes, Dr. Pablo Santana, Dr. Mauro Alixandrini e a Professora Dr<sup>a</sup> Gisele Mara pelos direcionamentos durante a qualificação da Pesquisa.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marco Antonio Tomasoni pela parceria e orientação.

Aos colegas e grandes amigos Cleonice Moreira e Saulo Medrado pela companhia e parceria durante a caminhada.

## DEDICATÓRIA

Aos

Meus Pais, José Mendes de Oliveira e Natalice Barbosa Passos de Oliveira, assim como aos meus irmãos pelo apoio incondicional.

A Prof. Dr<sup>a</sup>. Solange Maria C. de Amorim (UEFS/DCBIO), por ter aberto as portas da Pesquisa Científica em minha carreira.

*“A pior das loucuras é, sem dúvida,  
pretender ser sensato num mundo de  
doidos. ”*

*Erasmus de Roterdã*

OLIVEIRA, Luciel Passos. Evolução da Paisagem: Tendências para o uso e cobertura da terra no entorno da Baía de Todos-os-Santos, Bahia, Brasil. Orientador: Marco Antônio Tomasoni. 205 f. il. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020.

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma discussão a respeito da complexidade do conceito de Paisagem e sua relação com uso e cobertura (UCT) no entorno da Baía de Todos-os-Santos (BTS), no estado da Bahia, Brasil. Nesta tese, defende-se que a Paisagem é materializada através de formas e processos naturais e antrópicos, os quais se organizam em um conjunto complexo e indissociável ao longo de uma determinada série histórica. A principal indagação desta pesquisa é: Como os aspectos (processos, dinâmicas, relações e complexidades) envolvidos na caracterização da Paisagem influenciam na diferenciação e evolução da Paisagem no entorno da BTS? Para responder a essa questão, foi definido como Objetivo Geral analisar os processos de evolução da Paisagem e suas respectivas tendências a partir da modelagem de cenários de uso e cobertura da terra nas áreas no entorno da BTS. Pesquisas anteriores, realizadas sobre o UCT no entorno da BTS, discutiram mudanças em escala multitemporal, em período observável ano a ano. Este estudo, por sua vez, propõe uma ampliação do período observado, considerando 1985 até 2018 e associando as tendências (2018 a 2055) a partir da modelagem e análises estatísticas. Para isso, foi necessário apropriar-se do Sensoriamento Remoto (SR), do Processamento Digital de Imagens (PDI) e da Modelagem de Cenários de UCT. Foram empregados os dados da Coleção 4.1 do Projeto Mapbiomas.org, imagens da série LANDSAT da coleção TOA da Plataforma Google Earth Engine (GEE) e dados vetoriais (variáveis exploratórias) a partir e do IBGE. Com ambiente de SIG, SR e PDI, foram empregados, preferencialmente, softwares livres (QGIS) com extensões e algoritmos estatísticos. Para as simulações e predições, foram utilizados modelos baseados em Autômato Celular (CA) com a Modelagem Espacial. Inicialmente, os dados adquiridos foram organizados em um Banco de Dados, o qual foi usado em duas vertentes: a primeira, no SR e PDI, e a segunda, na Modelagem das tendências. As principais classes de UCT trabalhadas foram: Formações Florestais, Formação Savânica, Manguezal, Outras Formações não Florestais, Pastagem, Praia e Duna, Infraestrutura Urbana, Outras Áreas não Vegetadas, Mineração, Apicum e Mosaico Agricultura e Pastagem. Os Resultados e Discussões apontaram para a evolução da Paisagem ao longo do período histórico real e observado (1985 a 2018), indicando relações de alternância entre as classes, nas quais o decréscimo de uma influencia no aumento de outra. Essa relação ficou muito clara ao tratar das atividades econômicas como agricultura e pecuária em relação à cobertura natural pelas Formações Florestais na área. As maiores perdas ocorreram para as Formações Florestais, os maiores ganhos ocorreram para as áreas de Pastagens. As tendências para o ano de 2055 apontaram uma continuidade das perdas, principalmente das Formações Florestais, um aumento considerável das Pastagens e um crescimento também nos ecossistemas associados, como os Manguezais. Já a Infraestrutura Urbana apresentou velocidade mais intensa no crescimento. Diante dos Resultados e Discussões, foi sugerido algumas recomendações, das quais destacamos a elaboração de políticas públicas relacionadas à conservação e preservação de áreas sensíveis e a participação das comunidades como agentes de multiplicação e fiscalização de políticas de preservação e conservação dos recursos naturais e áreas sensíveis. Também foi proposto a continuidade das pesquisas relacionadas ao UCT na área com sugestão de temas para possíveis pesquisas a fim de manter os estudos e o monitoramento da área de estudo.

**Palavras-chave:** Modelagem. Sensoriamento remoto. Evolução. Transição de Usos da Terra.

OLIVEIRA, Luciel Passos. Landscape Evolution: Trends in land use and coverage around the Baía de Todos os Santos, Bahia, Brazil. Advisor: Marco Antônio Tomasoni. 205 f. il. Thesis (Doctorate in Geography) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020



## ABSTRACT

This Thesis presents a discussion about the complexity of the Landscape concept and its relation to land use and land cover (UCT) around the Todos-os-Santos Bay (BTS), in the state of Bahia, Brazil. In this Thesis, it is argued that, the Landscape is materialized through natural and man-made forms and processes which are organized in a complex and inseparable set over a given historical series. The main question of this research is: - How do the aspects (processes, dynamics, relationships and complexities) involved in the characterization of the Landscape influence the differentiation and evolution of the Landscape around the BTS? To answer this question, it was defined as a general objective: to analyze the evolution processes of the Landscape and their respective trends from the modeling of land use and land cover scenarios in the areas surrounding BTS. Previous research, carried out on the UCT around the BTS, discussed changes on a multitemporal scale, in an observable period year by year; however, this study proposes an extension of the observed period, considering 1985 until 2018 and associating trends (2018 to 2055), based on statistical modeling and analysis. For that, it was necessary to appropriate Remote Sensing (SR), Digital Image Processing (PDI) and Modeling UCT scenarios. Data from Collection 4.1 of the Mapbiomas.org project were used; images from the LANDSAT series of the TOA collection of the Google Earth Engine Platform (GEE); vector data (exploratory variables) from and from IBGE. As a GIS, SR and PDI environment, free software (QGIS) with extensions and statistical algorithms was used, for simulations and predictions, Models based on Cellular Automaton (CA) were used with Spatial Modeling. Initially, the acquired data was organized into a Database, which was used in two ways: the first, in the SR and PDI and the second for the modeling of trends. The main classes of UCT worked both and the second with Modeling. The main classes of UCT worked were: Forest Formations; Savanic Formation; Mangrove; Other non-forest formations; Pasture; Beach and Dune; Urban infrastructure; Other non-vegetated areas; Mining; Apicum e Mosaico Agriculture and Pasture. This relationship became very clear when dealing with economic activities such as agriculture and livestock in relation to natural cover by forest formations in the area. The biggest losses occurred for the Forest Formations, the biggest gains occurred for the pasture áreas. The trends for the year 2055 pointed to a continuity of losses, mainly from Forest Formations, a considerable increase in pastures and a growth also for associated ecosystems such as Mangroves, whereas Urban Infrastructure showed a more intense growth speed. In view of the results and discussions, we propose some recommendations which highlight the development of public policies related to the conservation and preservation of sensitive areas and the participation of communities as agents of multiplication and inspection of policies for the preservation and conservation of natural resources and sensitive áreas. We also propose the continuation of studies related to the UCT in the area with suggested topics for possible research in order to maintain studies and monitoring in the study area.

**Keywords:** Modeling, Remote sensing, Evolution, Land Use Transition.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1-** Mapa de localização dos municípios que compreendem a área de pesquisa no entorno da Baía de Todos-os-Santos, Bahia.

**Figura 1.1** – Plano Diretor do Complexo Industrial de Aratu – CIA em 1967, o arquiteto Sérgio Bernardes propôs uma ponte para conectar Salvador à Ilha de Itaparica, formando um anel viário

**Figura 2** - Circulação dos ventos na América do Sul e a influência na captação de imagens orbitais pelos satélites da série Landsat.

**Figura 3** - Climatologia mensal para a área da Baía de Todos-os-Santos e adjacências.

**Figura 4** - Média do cisalhamento do vento (2007-2003) para janeiro (a) e junho (b) e a passagem dos satélites da série Landsat.

**Figura 5** - Atuação das correntes oceânicas no Atlântico Sul nas imediações da área de estudo

**Figura 6** - Geologia da área de estudo, subclasses rochosas e localização das falhas

**Figura 7** - Formações Geomorfológicas presentes na área de estudo.

**Figura 8** - Principais tipos de cobertura vegetal e formações serranas presentes nos limites municipais da área de estudo.

**Figura 9** - Origens e evolução do termo paisagem.

**Figura 10** - A paisagem na perspectiva de Beroutchachili (1991).

**Figura 11** - Modelo de representação da paisagem segundo Bólos (1981)

**Figura 12** - Representação da complexidade da paisagem.

**Figura 13** - Diagrama simplificado da arquitetura do sistema.

**Figura 14** - Ilustração simplificada da operação do Google Earth Engine no trato da coleção de imagens utilizadas no estudo.

**Figura 15** – Aspectos da elaboração de um Mosaico *pixelar*.

**Figura 17** - Tipos de modelos segundo Lambin (1994).

**Figura 18** - Estrutura da vizinhança de Moore a partir da grande célula central.

**Figura 19** - Vizinhanças de Moore e de Von Neumann.

**Figura 20** - Tipos e estruturas principais dos modelos autômato.

**Figura 21** - Etapas metodológicas dos estudos de paisagem de Bólos (1992).

**Figura 22** - Procedimentos Metodológicos envolvidos no estudo.

**Figura 23** - Conjunto de dados e informações empregados na modelagem da paisagem.

**Figura 24** - Esquema simplificado da apropriação de dados e informações ambientais na metodologia

**Figura 25** - Hipsometria a partir do ALOS PALSAR para a área de estudo da pesquisa.

**Figura 26** - Conjunto de bandas dos sensores TM, ETM e OLI do Landsat com correção TOA para as áreas do entorno da Baía de Todos-os-Santos no período de 1985.

**Figura 27** - Ajuste via aprimoramento/realce dos contrastes por interação nos valores do histograma: a composição R3G2B1 para o ano de 2015

**Figura 28** - Conjunto de histogramas das composições *Red/Green/Blue* (RGB) empregadas no estudo no qual os eixos “y” e “x” correspondem à “Frequência” e ao “Valor do *pixel*” envolvendo as Bandas 1,2,3,4 e 5 dos sensores da série Landsat

**Figura 29** - Visão geral da metodologia da geração de mapas de UCT pelo MapBiomas.org

**Figura 30** - Etapas da estruturação dos dados de uso e cobertura

**Figura 31** - Estrutura básica das curvas de tendências a serem desenvolvidas a partir dos valores de Uso e Cobertura na área de estudo.

**Figura 32** - Síntese dos processos de modelagem dos cenários e tendências do uso e cobertura na área de estudo.

**Figura 33** - Espaço celular – processo de homogeneização de diferentes bases de dados em espaço celular no ambiente do LuccME (2017).

**Figura 34** - Validação por múltipla resolução (agregação de células por meio de janelas de amostragem).

**Figura 35** - Representação tridimensional da área de estudo a partir dos dados PALSAR-ALOS com resolução espacial de 30m, exagero vertical >0.00002

**Figura 36** - Ângulo de visada para as representações posteriores.

**Figura 37** - Imagem em perspectiva tridimensional para o relevo do recorte espacial de referência tendo como base o Modelo Digital de Terreno do sistema ALOS com resolução de 30m, disponível na base de dados do GEE.

**Figura 38** - Representação 3D com ênfase aos aspectos da cobertura e seus respectivos níveis de conservação e degradação para a paisagem da localidade da Baía do Iguape conectada à Baía de Todos-os-Santos.

**Figura 39** - Face leste da extremidade norte da Serra das Covoadas nas imediações de Salinas da Margarida.

**Figura 40** - Imagem em perspectiva tridimensional (3D) do recorte especial de referência (ao noroeste da Baía de Todos-os-Santos) subposta à **Composição R3G2B1** da coleção LANDSAT-L5/L7 TOA para os períodos 1985-1987 (A) e 2015-2017 (B).

**Figura 41** - Imagem em perspectiva tridimensional (3D) do recorte especial de referência (ao noroeste da Baía de Todos-os-Santos) subposta à **Composição R4G3B1** da coleção LANDSAT-L5/L7 TOA para os períodos 1985-1987 (A) e 2015-2017 (B).

**Figura 42** - Imagem em perspectiva tridimensional (3D) do recorte especial de referência (ao noroeste da Baía de Todos-os-Santos) subposta à **Composição R7G4B3** da coleção LANDSAT-L5/L7 TOA para os períodos 1985-1987 (A) e 2015-2017 (B).

**Figura 43** - Conjunto de mapas de uso e cobertura para o período observado.

**Figura 44** - Porcentagem de uso e cobertura a partir das amostras para os tempos ( $t_A$ ) no entorno da BTS

**Figura 45** - Cenário observado para o uso e cobertura no ano de 2018.

**Figura 46** - Taxas de cobertura e uso da terra para o período  $t_0$  (2018).

**Figura 47** - Ganhos e perdas para o UCT na área de estudo no período observado ( $t_0$ ).

**Figura 48** - Cenário otimista para as mudanças de uso e cobertura

**Figura 49** - Taxas de cobertura e uso da terra para o cenário otimista.

**Figura 50** - Ganhos e perdas para o uso e cobertura em um cenário otimista para a BTS

**Figura 51** - Simulação do uso e cobertura para um cenário pessimista.

**Figura 52** - Taxas de cobertura e uso da terra para o cenário pessimista.

**Figura 53** - Ganhos e perdas para o uso e cobertura em um cenário pessimista para a BTS

**Figura 54** - Tendência real para o uso e cobertura na área de estudo da pesquisa.

**Figura 55** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe de Formação Florestal.

**Figura 56** - Aspectos da presença da classe Formação Florestal na Ilha de Itaparica no município de Vera Cruz no período  $t_R$  e  $t_A$  (2017)

**Figura 57** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe Formação Savânica.

**Figura 58** - Ocorrência da classe Formação Savânica no município de Cachoeira no período real ( $t_R$ ) (2017)

**Figura 59** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe Manguezal.

**Figura 60** - Ocorrência da classe Manguezal no lado oeste da Ilha de Itaparica nas proximidades de Matarandiba no período real ( $t_R$ ) em 2017.

**Figura 61** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe Outras Formações não Florestais.

**Figura 62** - Ocorrência da classe Outras Formações não Florestais no norte do município de Candeias no período real ( $t_R$ ) no ano de 2017.

**Figura 63** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe de Pastagem

**Figura 64** - Aspectos da cobertura da terra por Pastagens no município de Santo Amaro da Purificação para o período observado ( $t_R$ ) (2017)

**Figura 65** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe de Praia e Duna

- Figura 66** - Aspectos visuais da ocorrência da classe Praia e Duna na zona urbana do município de Salvador no período observado ( $t_0$ ) em 2018.
- Figura 67** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe de Infraestrutura Urbana
- Figura 68** - Áreas com Infraestrutura Urbana consolidada e fragmentos e remanescentes de Formação Florestal nos períodos  $t_R$  e  $t_A$  no município de Salvador.
- Figura 69** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe Outras Áreas não Vegetadas.
- Figura 70** - Áreas com presença de solo exposto representadas pela classe Outras Áreas não Vegetadas localizada nas imediações da cidade de Simões Filho.
- Figura 71** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe de Mineração.
- Figura 72** - Ocorrência da classe Mineração no município de Simões Filho
- Figura 73** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe Apicum.
- Figura 74** - Ocorrência de Apicum na porção norte da BTS no município de São Francisco do Conde para os períodos  $t_R$  e  $t_A$  no ano de 2017.
- Figura 75** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe Mosaico de Agricultura e Pastagem
- Figura 76** - Ocorrência da classe Mosaico de Agricultura e Pastagem nas imediações cidade de São Francisco do Conde em 2018.
- Figura 77** – Aspectos visuais da Ponte Salvador-Itaparica propostos pelo projeto da obra.
- Figura 78** – Perspectivas da presença da Ponte Salvador-Itaparica e os novos eixos.
- Figura 79** – Comportamento das classes de uso e cobertura da terra diante da presença da Ponte Salvador-Itaparica como variável de impacto na Paisagem.
- Figura 80** – Ganhos e perdas para as classes de uso e cobertura em um cenário pessimista com ênfase na presença da Ponte Salvador-Itaparica

## LISTA DE QUADROS

- Quadro 1** - Legendas do uso e cobertura da Coleção 4 do Projeto MapBiomas.org
- Quadro 2** - Resumo dos tipos de modelos.
- Quadro 3** - Conjunto de dados (vetores, polígonos e pontos) empregados na pesquisa
- Quadro 4** - Principais especificações do sensor PALSAR do satélite ALOS
- Quadro 5** - Características das imagens utilizadas.

**Quadro 6** - Descrição das configurações utilizadas no modelo empregado neste estudo.

**Quadro 7** - Síntese dos principais operadores e funções do espaço celular proposto

**Quadro 8** - Caracterização do Componente de Demanda.

**Quadro 9** - Caracterização do Componente de Potencial Contínuo

**Quadro 10** - Caracterização do Componente de Alocação.

**Quadro 11** - Conjunto de dados e informações submetidos à representação tridimensional da Paisagem.

**Quadro 12** - Descrição dos valores de exagero vertical para geração da visualização 3D.

**Quadro 13** - Valores em km<sup>2</sup> para as classes de uso e cobertura em uma série temporal real (t<sub>R</sub>) para a área de estudo.

**Quadro 14** - Proposição de medidas gerenciais para as questões relacionadas à preservação e conservação de recursos naturais no entorno da Baía de Todos-os-Santos

**Quadro 15** - Organizações, Cooperativas, Fundações, Federações, Sindicatos, Sociedades e, principalmente, Associações nos municípios do entorno da BTS, exceto o município de Salvador

**Quadro 16** - Exemplos de atividades recomendadas para comunidades e municípios do entorno da Baía de Todos-os-Santos.

**Quadro 17** - Situação quanto ao Planejamento Estratégico e Plano Diretores Municipais em 2018 segundo dados oficiais da Secretaria de Desenvolvimento Urbano do Estadual da Bahia

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ALOS: Advanced land Observing Satellite

APA: Área de Proteção Ambiental

APPs: Áreas de Preservação Permanente

APIs: Interface de Programação de Aplicações

ATBD: Algorithm of the Theoretical Base Document

BD: Banco de Dados

BTS: Baía de Todos-os-Santos  
CA: Autômato Celular  
CIA: Complexo Industrial de Aratu  
CC: Conselho de Cidades  
CCST: Centro de Ciências do Sistema Terrestre  
CNPJ: Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica  
CSIRO: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation  
DOS: Diretório Britânico de Pesquisas no Exterior  
ECC: Erro de Confusão de Classe  
EH: Escala Horizontal  
EUA: Estados Unidos da América  
ETM+: Enhanced Thematic Mapper Plus  
EV: Escala Vertical  
GEE: Google Earth Engine  
PAAS: Projeto Ações Ambientais Sustentáveis  
PDI: Processamento Digital de Imagens  
UCT: Uso e Cobertura da Terra  
IALE: Associação Internacional de Ecologia da Paisagem  
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
INMET: Instituto Nacional de Meteorologia  
INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
JAXA: Agência Espacial Japonesa  
MAC: Modelagem pelo Autômato Celular  
MAS: Massa Sul-Atlântica  
MDT: Modelo Digital de Terreno  
MP: Ministério Público  
NBTS: Núcleo Baía de Todos-os-Santos  
NASA: National Aeronautics and Space Administration  
NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration  
OLI: Operational Land Imager  
ONG: Organização Não Governamental  
PALSAR: Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar  
PCC: Partido Comunista da China  
PDDU: Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano  
PIB: Produto Interno Bruto

PSI: Ponte Salvador Itaparica  
 PT: Partido dos Trabalhadores  
 RESEX: Reservas Extrativistas  
 RGB: Red/Green/Blue  
 RMS: Região Metropolitana de Salvador  
 RSV: 'Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen  
 SEPLAN: Superintendente de Planejamento Estratégico da Secretaria de Planejamento  
 SIG: Sistemas de Informações Geográficas  
 SOC: Self-Organized Criticality  
 SIRGAS: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas  
 SNUC: Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza  
 UC: Unidades de Conservação  
 UGI: União Internacional de Geografia  
 USGS: United States Geological Survey  
 TOA: reflectância no Topo da Atmosfera  
 TM: Thematic Mapper  
 VE: Vertical Exaggeration  
 WLO: Werkgroep Land- schapsecologisch Onderzoek  
 ZCAS: Zona de Convergência do Atlântico Sul

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>CAPÍTULO-I</b> .....	
<b>PROCESSOS HISTÓRICOS E CONDICIONANTES</b> .....	6
1.1 A ÁREA DE ESTUDOS: ENTORNO DA BAÍA DE TODOS-OS-SANTOS.....	7
1.1.1 A Circulação atmosférica, oceânica e os desafios para os estudos da paisagem no entorno da Baía de Todos-os-Santos.....	11
1.1.2 Aspectos Geológicos da Área de Estudo.....	16



1.1.3 Aspectos Geomorfologicos da Área de Estudo.....	18
1.1.4 Aspectos da Vegetação na Área de Estudo.....	20
<b>CAPÍTULO-II.....</b>	<b>.....</b>
<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>22</b>
2.1 A PAISAGEM NA GEOGRAFIA: OBJETO E PERSPECTIVA CIENTÍFICA .....	23
2.1.1 A etimologia e Conceitos.....	23
2.1.2 O Histórico do Conceito de Paisagem.....	26
2.1.3 A Escola Russa de Paisagem.....	33
2.1.4 A Complexidade da Paisagem.....	35
2.1.5 A Contemporaneidade do tema.....	40
2.2 PERSPECTIVAS PARA À ANÁLISE DA PAISAGEM: A PARTIR DAS GEOTECNOLOGIAS.....	42
2.2.1 O MapBiomass.org e o aporte do GEE no Brasil.....	47
2.3 A MODELAGEM ESPACIAL PARA A PAISAGEM.....	50
2.3.1- Modelagem: Aspectos conceituais.....	51
2.3.2- O Autômato Celular: Histórico e Fundamentos.....	54
2.3.3- Modelos Autômato: Estruturação e Tipologias.....	59
2.3.4- Os Modelos e a Modelagem Espacial.....	61
2.3.5- Função e Aplicações dos modelos.....	64
<b>CAPÍTULO – III.....</b>	<b>.....</b>
<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>69</b>
3.1 METODOLOGIA GERAL PARA O ESTUDO DA PAISAGEM.....	70
3.1.2 Operacionalização das Etapas e Processos.....	72
3.2 DADOS VETORIAIS DE ENTRADA E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS...	75
3.3 O MODELO DIGITAL DE TERRENO ALOS-PALSAR.....	78
2.4 O CATÁLOGO DO GOOGLE HEART ENGINE: MOSAICO PIXELAR LANDSAT TOA.....	80
3.4.1 Composição Coloridas <i>Red/Gree/Blue</i> .....	82
3.4.2 Os Mapas de Uso e Cobertura .....	86
3.5 CÁLCULO DE TÊNDENCIAS: EXPERIMENTO ESTATÍSTICO CLASSICO.....	89
3.6 MODELAGEM DE CENÁRIOS DE PAISAGEM: ARCABOUÇO PARA MODELAGEM ESPACIALMENTE EXPLÍCITA DE USO E COBERTURA DA TERRA.....	90
3.6.1 Configuração dos parâmetros e definição do Modelo.....	92
3.6.2 Preparo do Banco de Dados.....	95

3.6.3 O componente de Demanda.....	95
3.6.4 O componente de Potencial.....	96
3.6.5 O componente de Alocação.....	97
3.6.6 Calibração e Validação do Modelo.....	98
3.7 MODELAGEM TRIDIMENSIONAL DOS DADOS E INFORMAÇÕES ESPACIAIS.....	100
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	
<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>104</b>
4.1 EVOLUÇÃO DA PAISAGEM: MORFOLOGIA A PARTIR DAS COMPOSIÇÕES COLORIDAS <i>RED/GREEN/BLUE</i> .....	104
4.1.1 Composição <i>Red3/Green2/Blue1</i> .....	108
4.1.2 Composição <i>Red4/Green3/Blue2</i> .....	111
4.1.3 Composição <i>Red5/Green4/Blue3</i> .....	113
4.2 EVOLUÇÃO DA PAISAGEM: PADRÕES PARA O USO E COBERTURA NO ENTORNO DA BAÍA DE TODOS-OS-SANTOS.....	116
4.3 EVOLUÇÃO DA PAISAGEM: CENÁRIOS PARA O USO E COBERTURA NO ENTORNO DA BAÍA DE TODOS-OS-SANTOS.....	121
4.3.1 Cenário observado dos usos e cobertura .....	121
4.3.2 Cenário otimista para as mudanças de uso e cobertura .....	124
4.3.3 Cenário pessimista para as mudanças do uso e cobertura .....	126
4.4 EVOLUÇÃO DA PAISAGEM: TENDÊNCIAS REAIS, AMOSTRAIS E OBSERVADAS PARA A TOTALIDADE DOS USOS E COBERTURAS NO ENTORNO DA BAÍA DE TODOS-OS-SANTOS.....	129
4.5 EVOLUÇÃO DA PAISAGEM: TENDÊNCIAS INDIVIDUAIS PARA AS CLASSES DE USO E COBERTURA NOS PERÍODOS REAL, AMOSTRAL E SIMULADO.....	132
4.5.1 Formação Florestal.....	133
4.5.2 Formação Savânica.....	135
4.5.3 Manguezal.....	137
4.5.4 Outras Formações não Florestal.....	139
4.5.5 Pastagem.....	141
4.5.6 Praia e Duna.....	143
4.5.7 Infraestrutura Urbana.....	145
4.5.8 Outras Áreas não Vegetadas.....	147
4.5.9 Mineração.....	149

4.5.10 Apicum.....	151
4.5.11 Mosaico Agricultura e Pastagem.....	153
4.6 A PONTE SALVADOR-ITAPARICA E SUAS POSSÍVEIS REPERCUSSÕES NA PAISAGEM DO ENTORNO DA BAÍA DE TODOS-OS-SANTOS.....	156
4.6.1 Análise para a presença.....	156
4.6.2 Análise da repercussão no uso e cobertura da terra... ..	160
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>.....</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>163</b>
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	164
5.2 RECOMENDAÇÕES.....	165
5.2.1 Ações integradas para tomadas de decisões.....	165
5.2.2 Possíveis Canais para Acesso a Sociedade na Área de Estudos.....	169
5.2.3 Atenção ao Planejamento Estratégico e Planos Diretores Municipais.....	173
5.2.4 Propostas para sucessão de pesquisas relacionadas ao uso e cobertura na área de estudos.....	177
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>179</b>

## INTRODUÇÃO

Vive-se um período no qual questões ambientais, a exemplo do crescimento urbano, poluição e esgotamento dos recursos naturais, estão em crescente discussão nos centros acadêmicos e demais setores da sociedade. Diante da emergência e intensidade dessas questões, a Geografia vem se preocupando com a construção de um conhecimento mais profundo sobre a relação entre sociedade e natureza, entre o homem e seus *meios ambientes*. Isso porque o homem é promotor de profundas transformações da natureza por meio do sistema econômico, político e cultural em que se organiza (SOUZA, 2009).

A abordagem do meio ambiente, através de um aporte teórico-metodológico que pretenda lidar com a complexidade dos fenômenos entre natureza e sociedade, torna-se um desafio para a ciência geográfica e para os pesquisadores envolvidos, principalmente com a apropriação de novos recursos tecnológicos. Segundo Tomasoni (2011), atribui-se à Revolução Industrial o início de mudanças sem par na história humana, cuja aceleração afetou de forma inexorável a evolução no planeta. Podemos atribuir a esta mesma revolução o início da utilização de máquinas para auxílio e potencialização do trabalho humano. As máquinas assumiram diversas formas, funcionalidades e aplicações, sobretudo, no trato da *informação*, que é, sem dúvida, uma das *moedas* mais valiosas deste período pós-Revolução Industrial. Em paralelo, as máquinas evoluíram a ponto de alcançarem operações relacionadas à tomada de decisões a partir de atributos e parâmetros previamente definidos pelo homem, a exemplo da inteligência artificial. Diante desse cenário, a modelagem computacional passou a ser um dos recursos presentes no arcabouço da inteligência artificial, que pode ser aplicada aos estudos das questões ambientais no campo da Geografia.

A mecanização do trabalho científico através dos computadores e suas aplicações está ganhando destaque, especialmente, na busca pelo entendimento dos processos dinâmicos da Terra. Durante este início do século XXI, vivemos uma revolução geotecnológica, que vem tornando acessíveis recursos inimagináveis até poucas décadas atrás, tais como as ferramentas de modelagem e simulação espacial. Dessa forma, as aplicações envolvendo as geotecnologias baseiam-se no princípio da espacialização de fenômenos e objetos, com o uso dos sensores imageadores georeferenciados aéreos e orbitais, possibilitando à ciência geográfica a capacidade de potencializar e diversificar as investigações, envolvendo as ações humanas e os fenômenos naturais na superfície da Terra.

A Geografia destaca-se em sua tradição de trabalhos que perpassam entre o natural e o social, sendo assim, “os geógrafos são os intercessores entre certo conhecimento naturalista e certas formas de análise social” (BERTRAND, 2007), e as novas tecnologias apresentam-se como ferramentas para auxiliar nesse campo. No campo de atuação do geógrafo, existe um conjunto material metodológico e ferramental capaz de auxiliar o profissional em seus trabalhos. Do conjunto mencionado anteriormente, também fazem parte conceitos e categorias, que estruturam o pensamento geográfico. Diante do universo conceitual existente na Geografia, trazemos, à luz deste estudo, o conceito e a categoria de Paisagem, proposta pelo geógrafo francês Georges Bertrand (1920-2003), um dos grandes influenciadores da Geografia do século XX. Para este estudo, procurou-se outras contribuições dentro da Geografia em escolas distintas, a exemplo de Sotchava (1962) e Bolós (1981), que serviram de base para brasileiros como Monteiro (2001), Ab’Saber (2003) e Passos (2003), que se materializam como principais referências em língua portuguesa nesta pesquisa.

A categoria Paisagem, neste estudo, é colocada como o cerne principal, sendo proposta como um conjunto de elementos antrópicos e naturais, os quais se estruturam de maneira a interagir uns com os outros através das relações de troca de energias dentro do sistema complexo e indissociável. Existe, no entanto, uma complexidade na estrutura e na forma das paisagens sobre as quais serão realizadas as análises com auxílio de outras categorias existentes, propostas neste estudo como *auxiliares*, como a dos Geossistemas, por não integrar o eixo principal de discussão da pesquisa. A sociedade e a natureza, por sua parte, contribuem com um aporte teórico-metodológico a fim de ilustrar a complexidade das relações entre homem e natureza, especializada ao longo da área e períodos investigados, uma vez que o enredamento entre os elementos bióticos, abióticos e antrópicos possibilita a origem de feições singulares, as quais resultam em interações entre processos físicos, ecológicos, sociais e culturais, que definiremos nesta tese como sendo a Paisagem.

Defende-se que a Paisagem é materializada através das formas e processos naturais e antrópicos, os quais se organizam em um conjunto complexo e indissociável ao longo de uma determinada série histórica. Defende-se também que as questões relacionadas aos Sistemas da Terra vêm se alinhando com as discussões sobre novos desafios das rápidas transformações econômicas, políticas e culturais, desdobradas em uma estimulante questão socioambiental e também tecnológica. Dessa forma, quando os conceitos mencionados anteriormente são associados à geotecnologia através da modelagem espacial, o resultado é uma discussão complexa e desafiadora para o campo teórico-metodológico no estudo da Paisagem.

Para a abordagem da problemática ambiental, chama-se à atenção para os conjuntos de dados e informações necessários aos trabalhos, principalmente no que diz respeito à entrada (*input*) desses dados no sistema, que devem estar alinhados aos objetivos propostos. Para este estudo, foram utilizados dados e informações ambientais, como imagens obtidas por sensores remotos embarcados em plataformas orbitais (satélites), sendo possível trabalhá-los através do Processamento Digital de Imagens (PDI) a fim de subsidiar a identificação e a mensuração de processos e fenômenos naturais e antrópicos. Também foram empregados dados quantitativos previamente processados, a exemplo do Uso e Cobertura da Terra (UCT), a partir de fontes externas, por meio das quais foi possível realizar aplicações da modelagem e também da estatística.

Os procedimentos de PDI e modelagens podem produzir respostas através de imagens resultantes de composições coloridas capazes de representar processos ligados às dinâmicas das coberturas vegetais, áreas edificadas, solo exposto, atividade agropecuária, entre outras classes de uso e cobertura da terra. Os demais dados e informações, neste estudo, normalmente são de natureza vetorial, os quais podem subsidiar os trabalhos de simulação de tendências ao longo de uma dada escala de tempo a fim de elaborar um modelo específico. Esse modelo, de acordo com Lang e Blaschke (2009, p. 14), é chamado de “arranjos espaciais com determinadas feições” e é eficaz para ilustrar a complexidade da Paisagem.

O uso de geotecnologias, somado às teorias envolvendo o conceito de Paisagem e a estatística, pode subsidiar uma alternativa para a abordagem das questões ambientais. Os recursos baseados em estatísticas são capazes de realizar *simulações* da paisagem, especialmente através do estudo das linhas de tendências. De acordo com Soares-Filho (2006), os modelos de simulação da paisagem podem ser entendidos como um dispositivo de síntese útil para avaliar, em curto, médio e longo prazo, os resultados de uma variedade de cenários, traduzidos com diferentes conjunturas socioeconômicas, políticas e ambientais.

Dessa maneira, é possível, por meio da modelagem, produzir dados e informações que ajudarão na tomada de decisões por órgãos e instituições responsáveis dentro e fora do universo governamental, como secretarias ambientais, educacionais, habitacionais, que necessitam de planejamento do uso e cobertura da terra em suas ações (CHEN; ROGAN, 2004). As agências de planejamento, órgãos de fiscalização, além de instituições e pesquisadores envolvidos com a questão ambiental, ao longo das suas atuações, demandam soluções para suas atividades. Diante dessa questão, este estudo discute os fluxos e sentidos direcionais das mudanças na paisagem investigada por meio da visualização tridimensional do conjunto de formas e objetos que a constituem. Sendo assim, esta pesquisa tem, na apropriação dos recursos geotecnológicos

e computacionais, os seus principais mecanismos/ferramentas para a geração das informações geográficas necessárias para a compreensão das formas e processos envolvendo a Paisagem a partir de períodos ou séries históricas.

Nos dias atuais, são aguardadas grandes transformações na Paisagem da área de estudo desta pesquisa, devido, sobretudo, à perspectiva da construção da Ponte Salvador-Itaparica. Para esse projeto, os trâmites burocráticos já estão em estágio avançado, o que resultará em uma grande intervenção nas paisagens da Baía de Todos-os-Santos (BTS), onde ocorrerão mudanças desde o visível humano, chegando até ao não visível. A implantação desse empreendimento caracterizar-se-á como uma das mais importantes variáveis e/ou atributo para as transformações na Paisagem da área estudada.

Durante o processo de modelagem e simulação das mudanças de cobertura e uso da terra, variáveis como a implantação de uma ponte podem determinar a velocidade e a proporção dos processos dos espaços que serão conectados pelo empreendimento. O recorte espacial onde tais intervenções ocorrerão corresponde a áreas economicamente e ecologicamente distintas do entorno da BTS, as quais poderão ser conectadas por empreendimentos econômicos. Nessas áreas, originar-se-ão formações específicas de relações individuais, coletivas, sociais e econômicas que se relacionarão ao espaço na forma de controle, domínio e apropriações através dos usos da terra (áreas edificadas, agropecuária, tipos de vegetação, corpos d'água, solo exposto, entre outros), exercendo poderes que serão percebidos na Paisagem.

Como questão central de pesquisa, temos a seguinte indagação: Como os aspectos (processos, dinâmicas, relações e complexidades) envolvidos na caracterização da Paisagem influenciam na diferenciação e na evolução das paisagens no entorno da BTS? Para responder a essa questão, foi definido o seguinte Objetivo Geral: Analisar os processos de evolução da paisagem e suas respectivas tendências a partir da modelagem de cenários de uso e cobertura da terra nas áreas no entorno da BTS. Diante desse Objetivo Geral, trabalhar com a prospecção de um modelo capaz de representar as possibilidades de cenários de paisagens para a Geografia só faz sentido se incluídas as técnicas de modelagem, as variáveis e os atributos de natureza biótica, abiótica e antrópica relacionados às questões da demanda para o uso e cobertura da terra na área investigada. Para alcançar o Objetivo Geral desta pesquisa, os seguintes Objetivos Específicos foram desenvolvidos:

- I. Produzir um Banco de Dados composto por bibliotecas de dados e informações vetoriais e *rasters* para o período de 1985 a 2017 para a área de estudo;
- II. Identificar e analisar de forma integrada as tendências reais (1985-2018) com base em estatísticas para as mudanças de padrões espaciais das classes de uso e cobertura da terra;
- III. Elaborar uma base de dados e informações de predição de cenários de paisagens para o uso e cobertura da terra para uma série temporal simulada de 2018 até 2055 empregando modelagem espacialmente explícita e estatística;
- IV. Analisar e discutir a organização/estruturação dos elementos constituintes da Paisagem utilizando a visualização tridimensional das composições coloridas *Red/Green/Blue* a fim de compreender os vetores e sentidos da transformação na área de estudo;
- V. Elaborar um arcabouço de recomendações a partir dos Resultados e Discussões da pesquisa com objetivo de garantir um impacto nas discussões sobre o tema na área de estudo.

Quanto às hipóteses da pesquisa, foram elaboradas duas: a) a Paisagem se transforma a partir das tendências das relações entre sociedade e disponibilidade de recursos naturais e b) a visão sistêmica e de conjunto da paisagem e seus condicionantes podem contribuir na tomada de decisões relacionadas ao processo de uso da terra. A falseação das hipóteses citadas anteriormente baseia-se em duas possibilidades: i) a transformação na paisagem trabalhada não possuir condicionantes naturais e antrópicos capazes de influenciar sua dinâmica e ii) os elementos integrantes da Paisagem serem estruturados em um conjunto dissociável, não capaz de fundamentar as discussões sobre a dinâmica de uso e cobertura da terra. Sendo assim, as investigações pretendidas neste estudo articulam-se em busca de respostas à questão de pesquisa mencionada anteriormente, tendo as hipóteses como norteadoras para a execução dos objetivos propostos na área de estudo, definida como o entorno da BTS.

A pesquisa estrutura-se em cinco capítulos, com tópicos e subtópicos relacionados. O capítulo I apresenta alguns processos históricos e condicionantes ambientais da área de estudo. O capítulo II traz um apanhado de referências teóricas e conceituais norteadoras sobre a temática. O capítulo III demonstra os procedimentos metodológicos executados para se alcançar os resultados pretendidos. O capítulo IV apresenta os resultados e as discussões destes, diante do tema. O capítulo V, último deste trabalho, consiste num aporte de recomendações para a aplicação dos resultados, que vão das propostas de interações à continuidade do estudo com possíveis temas a serem desenvolvidos, seguido das considerações finais do estudo.



# CAPÍTULO

## I

### PROCESSO HISTÓRICO E CONDICIONANTES

## 1.1 A ÁREA DE ESTUDO: ENTORNO DA BAÍA DE TODOS-OS-SANTOS

A área de estudo desta pesquisa corresponde ao entorno da Baía de Todos-os-Santos (BTS), a maior baía do Brasil. Com uma população de 3.195.350 habitantes, segundo último Censo realizado no país em 2010 (IBGE, 2018), a área corresponde a 15 municípios: Aratuípe, Cachoeira, Candeias, Itaparica, Jaguaripe, Madre de Deus, Maragogipe, Nazaré, Salinas da Margarida, Salvador, Santo Amaro, Saubara, Simões Filho, São Francisco do Conde e Vera Cruz. Esses municípios localizam-se no entorno de um corpo de água (baía) com perímetro de 1.052 km. São ao todo 56 ilhas, com destaque para Itaparica, sendo esta a maior, além de Madre de Deus, Ilha de Maré, Ilha dos Frades, entre outras (AMORIM, 2002; PRONEX-BTS, 2013).

Sua formação compõe uma espécie de ancoradouro, o que logo despertou o interesse dos portugueses, que enxergaram aí um potencial para a comunicação com a Metrópole. No século XVI, o porto ali instalado tornou-se o mais importante de todo o Hemisfério Sul, servindo para o escoamento de produtos não somente brasileiros, mas como de outros países da América Latina. No período histórico entre 1624 e 1625, a BTS foi palco das invasões holandesas e dos movimentos de resistência das tribos indígenas. A instalação do Porto de Salvador, no século XIX, também marcou uma importante etapa do desenvolvimento econômico da região, que também foi palco das batalhas pela Independência da Bahia e da expulsão das tropas portuguesas, confirmando a emancipação brasileira frente à Metrópole Portuguesa.

O Porto de Salvador foi, durante os primeiros séculos da Colônia, o mais movimentado das Américas, e Salvador, a capital administrativa da terra portuguesas. Nesse período, era chamado simplesmente de Porto do Brasil. Por ele, chegavam as mercadorias comercializadas com a Metrópole e outras nações (BRANDÃO, 2007; CAROSO e Colaboradores, 2011). Era também a porta de entrada para os escravos, chegados das diferentes regiões da África, para trabalhar nos engenhos de açúcar do Recôncavo Baiano. O nome da baía que abriga o Porto de Salvador vem do fato de ter sido fundada no dia 1º de novembro de 1501, dia de Todos os Santos. Na Figura 1, é mostrada a localização da BTS e os municípios no seu entorno.

**Figura 1-** Mapa de localização dos municípios que compreendem a área de pesquisa no entorno da Baía de Todos-os-Santos, Bahia.



Vários ciclos econômicos passaram na região ao longo da história: do pau-brasil, da cana-de-açúcar, da caça às baleias, do petróleo, além dos que persistem como o da indústria petroquímica. Nos dias atuais, encontram-se instalados mais de sete terminais marítimos (T), sendo: T. de Aratu, T. de Salvador, T. da Gerdau S/A, T. da Ford S/A, T. da Dow Química S/A no município de Salvador, e T. de Madre de Deus, no município de Madre de Deus, além do Estaleiro São Roque do Paraguaçu em Maragogipe (HATJE; ANDRADE, 2009; OLIVEIRA, 2016), no entanto este empreendimento encontra-se com suas atividades parcialmente encerradas devido ao fechamento no ano de 2015.

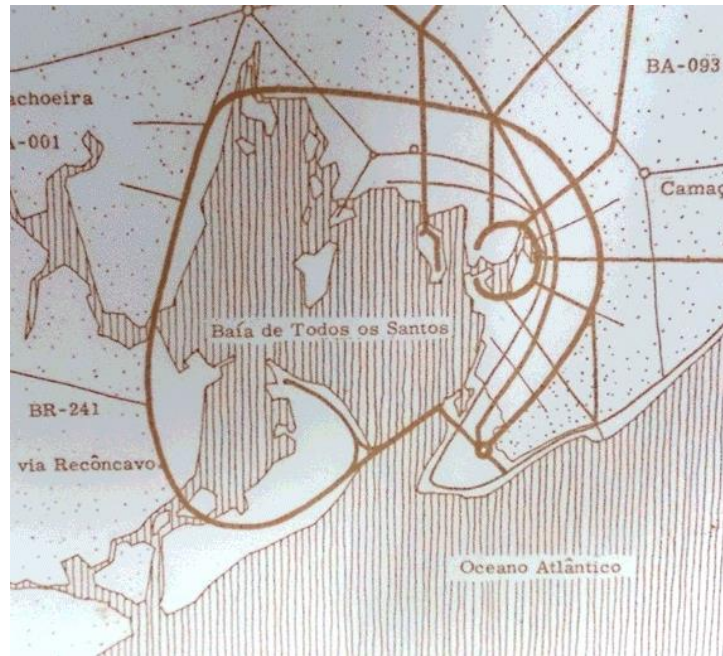
A BTS é uma área estratégica para todo o estado, especialmente para os municípios do entorno. Com um Produto Interno Bruto (PIB) per capita correspondente a R\$ 434.275,71 em 2015 (IBGE, 2018), os 15 municípios do entorno da BTS são responsáveis por uma grande parcela de toda riqueza produzida no estado da Bahia, principalmente através das indústrias petroquímica, portuária e de serviços. A partir das questões mencionadas anteriormente, faz-se necessário que a política ambiental e os planos de desenvolvimento dos municípios do entorno estejam conectados, pois todos fazem parte e são responsáveis pela preservação de ecossistemas terrestres e marinhos.

Diante desse cenário, o Governo do Estado da Bahia, na gestão atual (2018), propõe um conjunto de quatro tipos de intervenções significativas para a BTS. Desse conjunto, o principal projeto é o Sistema Viário Oeste, com destaque para a construção da Ponte Salvador-Itaparica, que deverá incrementar a urbanização da Ilha de Itaparica. A ponte terá dimensões previstas de 11,7km de comprimento, 32m de largura e 70m de altura no vão central, com seis vias de circulação, mais duas de acostamento, envolvendo um valor estimado de investimento de sete bilhões de reais. A expectativa de retorno, em um prazo de 15 a 30 anos, é de cinco a dez vezes o valor investido. De acordo com a Superintendente de Planejamento Estratégico da Secretaria de Planejamento (SEPLAN), o Governo do Estado irá garantir uma série de investimentos prévios, melhorando a qualidade de vida das populações do entorno da BTS, dando resposta aos problemas já existentes.

O projeto da Ponte Salvador-Itaparica vem sendo cogitado desde a década de 1960 com o objetivo de realizar a conexão entre ilha e continente, sendo, muitas vezes, pauta de discussões, porém sem nenhuma iniciativa prática. Ainda em 1967, no Plano Diretor do Complexo Industrial de Aratu (CIA), o arquiteto carioca Sérgio Bernardes propôs uma ponte para conectar Salvador à Ilha de Itaparica, assim, construindo um anel viário, no entorno da BTS (Figura 1.2). A proposta de Bernardes, além de incluir a Ponte Salvador-Itaparica, também incluiria uma ponte localizada na foz do Rio Paraguaçu, conectando os municípios de Salinas

da Margarida e Saubara. O anel viário possibilitaria rápida mobilidade no entorno da BTS, conectando os municípios e favorecendo um fluxo que elevaria significativamente a Paisagem da área de estudo.

**Figura 1.1** – Plano Diretor do Complexo Industrial de Aratu – CIA em 1967, o arquiteto Sérgio Bernardes propôs uma ponte para conectar Salvador à Ilha de Itaparica, formando um anel viário.



Fonte: SEPLAM-BA Disponível em: <http://www.pontesalvadorilhadeitaparica.ba.gov.br/historico>

A previsão é de realização de intervenções de saneamento básico, segurança e infraestrutura. O objetivo da ponte, além de promover o acesso viário entre a Ilha de Itaparica e a cidade de Salvador, consiste também na redefinição do traçado da BA-001, além de requalificar a BA-001 e a BA-046 até o município de Santo Antônio de Jesus, conectando-a a Castro Alves e à BR-116 (ESTADO DA BAHIA, 2020).

A BTS é uma Área de Proteção Ambiental (APA) criada pelo Decreto do Governo Estadual nº 7.595 de 5 de junho de 1999. Segundo Bahia (2019), o seu plano de manejo ainda não está em funcionamento, apesar da intenção do estado de construir um empreendimento como a ponte. O fato de caracterizar-se como uma APA acarreta algumas restrições à atividade econômica e industrial. O plano de manejo identificaria quais áreas teriam um uso mais restrito, bem como sinalizaria quais deveriam ser mais preservadas, estabelecendo permissões e restrições à sua exploração. Diante desse conjunto de obras proposto pelo Governo do Estado, existem algumas preocupações, entre as quais, o volume de empreendimentos ligados ao Porto de Salvador e à ampliação do Porto de Aratu.

Existe também a preocupação por parte de alguns segmentos da sociedade civil diante de algumas omissões, como falhas nas fiscalizações e na tomada de decisões por parte das instituições estatais responsáveis pela fiscalização e regulação dos recursos naturais. Este estudo busca, a partir de uma visão de síntese, resolver o problema de pesquisa mencionado anteriormente na introdução, além de compreender os processos de organização espacial nos municípios do entorno da BTS.

Para investigar a complexidade da paisagem na área de estudos, foi necessária a compartimentação de elementos. Sendo assim, trazemos quatro elementos principais à luz para as discussões, são eles: a circulação atmosférica e oceânica, a Geologia, a Geomorfologia e a Vegetação. O primeiro a ser tratado é a circulação atmosférica e oceânica na região da costa brasileira e os desafios para os estudos da paisagem, empregando imagens de sensores orbitais, uma vez que as características climáticas e, principalmente, a circulação oceânica fizeram com que buscasse novas fontes e procedimentos metodológicos para aquisição dos dados a serem trabalhados.

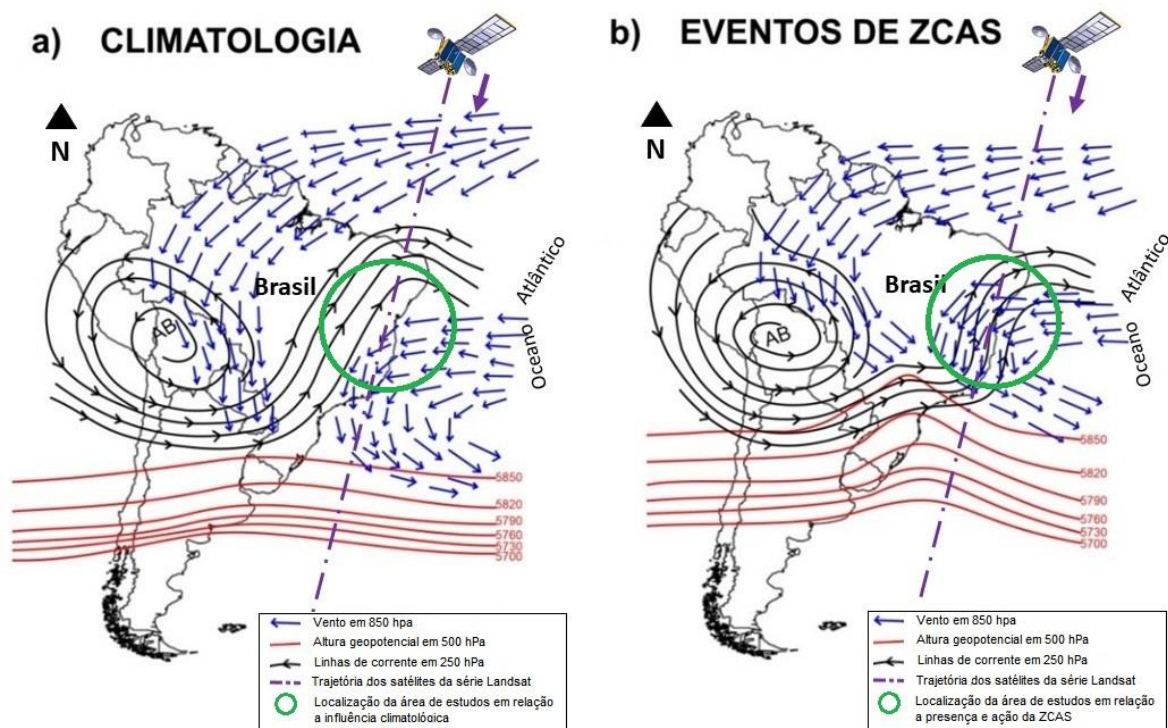
Em Geologia, apresenta-se a gênese e as características geológicas, as quais influenciam na forma e processos, que dependem da geomorfologia da área de estudo. Nos aspectos geomorfológicos destaca-se as características das formas de relevo existentes, sendo essas as feições mais evidentes ao observar a paisagem local. Por fim, apresentam-se os aspectos gerais do bioma no qual a área do entorno da BTS está inserida. Os aspectos do bioma, assim como a geomorfologia na área de estudo, possuem fatores determinantes nas feições assumidas pela Paisagem ao longo das séries históricas.

### **1.1.1 A Circulação atmosférica, oceânica e os desafios para os estudos da paisagem no entorno da Baía de Todos-os-Santos**

A complexidade da área de estudo no entorno da Baía de Todos-os-Santos (BTS) vai além dos aspectos do Uso e Cobertura da Terra (UCT) e outros processos antrópicos que a caracterizam. Diante da pretensão de utilizar técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) no entorno da BTS, empregando dados multitemporais da série de satélites Landsat, deparamo-nos com um aspecto estruturante específico na paisagem, a massa tropical atlântica (mTa). Posicionada na costa oeste do Oceano Atlântico, a BTS e suas adjacências acarretam uma relação intrínseca com os fenômenos marinhos e, principalmente, atmosféricos provocados pela mTa. Também se destaca a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que é caracterizada por uma banda persistente de nebulosidade e precipitação (KOUSKY, 1988;

CARVALHO *et al.*, 2004). Assim, cerca de 30% dos eventos de ZCAS estão associados a ciclones no Oceano Atlântico Sul (Figura 2). Tanto a mTA quanto a ZCAS influenciam nos processos de aquisição de dados e informações, principalmente de imagens por sensores orbitais, as quais possibilitam uma visão de conjunto da paisagem. Essa dificuldade caracteriza-se principalmente pela presença marcante de nuvens que inviabilizam o uso de sensores passivos (imageadores) principalmente.

**Figura 2** - Circulação dos ventos na América do Sul e a influência na captação de imagens orbitais pelos satélites da série Landsat.

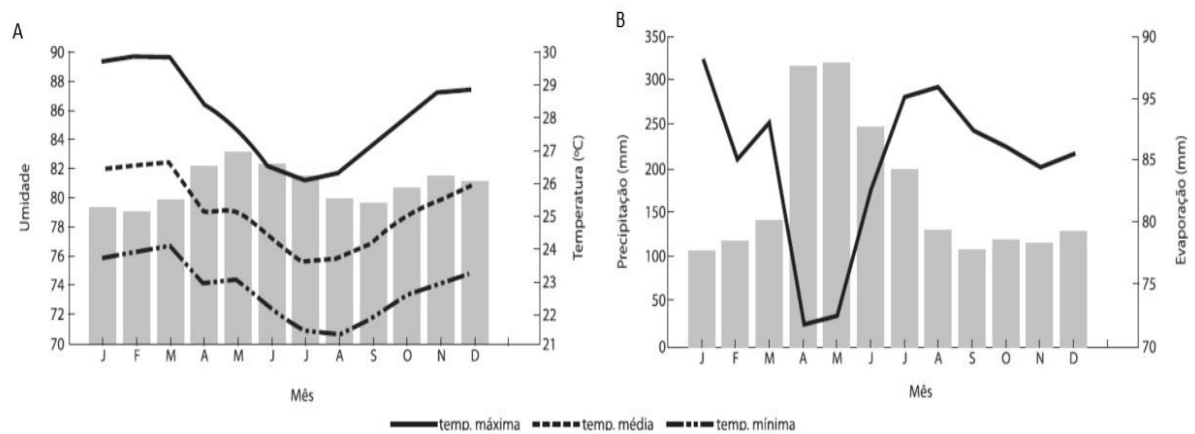


Fonte: Adaptado de Silva (2019, p. 374)

A ZCAS e os seus ventos, com pressão média em torno de 850hPa (Figura 2), influenciam diretamente a circulação atmosférica e o clima da BTS, caracterizado como tropical-úmido com marcante ciclo sazonal. De acordo com os registros da estação meteorológica de Ondina, em Salvador, localizada na entrada da baía, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), as médias anuais de temperatura do ar na superfície, de umidade relativa do ar na superfície, de precipitação e de evaporação na superfície são, respectivamente, 25,2° C, 80%, 2.100 mm e 1.002 mm (LESSA, 2009) (Figura 3). Ainda segundo o autor, as maiores temperaturas ocorrem em janeiro, fevereiro e março, ao redor de 30°C, principalmente devido à maior incidência de radiação solar durante o verão do Hemisfério Sul. As menores

temperaturas ocorrem em julho, agosto e setembro, entre 21°C e 22°C, associadas à menor quantidade de radiação incidente e à entrada de frentes frias ou seus vestígios, provenientes do sul. A umidade relativa possui pouca variabilidade sazonal, atingindo o máximo de 83% em maio e o mínimo de 79% (Figura 3) (LESSA, 2009, HATJE; ANDRADE, 2009).

**Figura 3** - Climatologia mensal para a área da Baía de Todos-os-Santos e adjacências.

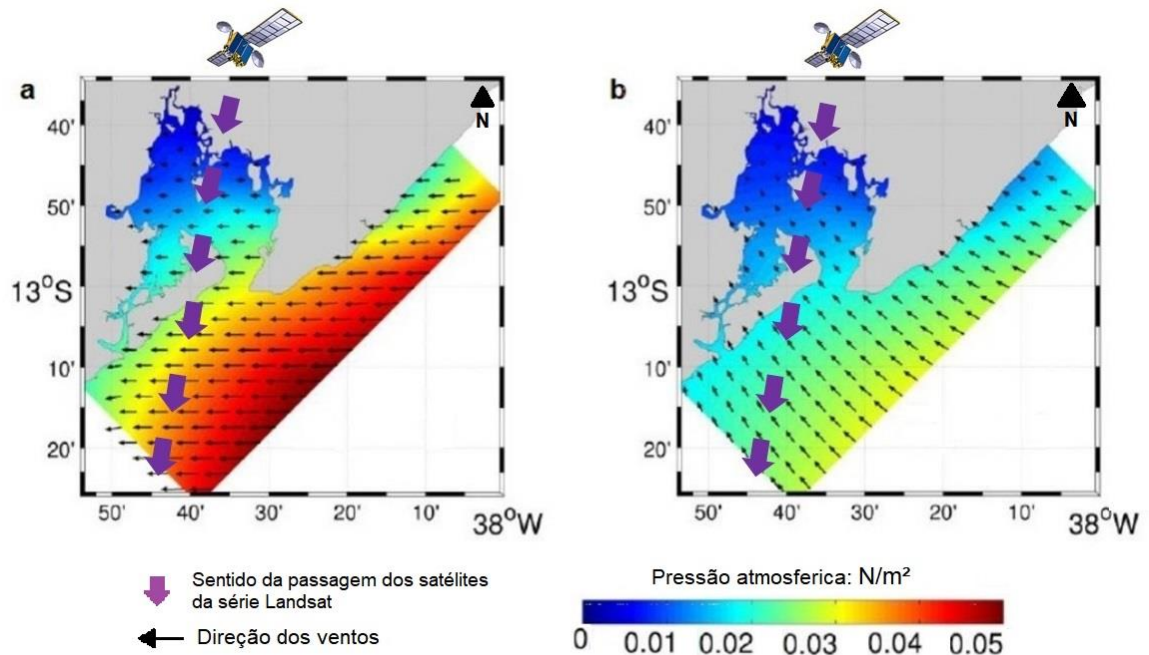


Fonte: Lessa et al. (2009, p. 75).

A movimentação das nuvens através dos ventos na área de estudo é uma característica atmosférica e também dos oceanos que influencia diretamente nas possibilidades de aquisição dos dados e informações pelos sensores orbitais disponíveis para esta pesquisa, como a série de satélite norte-americanos Landsat. Os ventos na BTS oscilam sazonalmente no verão, quando são preferencialmente de leste e nordeste, enquanto que, no inverno, os ventos são preferencialmente de sul e sudeste (ROCHA, 2015; SANTANA e colaboradores, 2015). Os ventos nos períodos janeiro (a) e junho (b) são acompanhados por valores de pressão atmosférica entre 0 e 0.05N/m<sup>2</sup> nas proximidades da baía (Figura 4 a seguir), dessa maneira, influenciando no imageamento pelos sensores dos satélites durante um considerado período do ano.



**Figura 4** - Média do cisalhamento do vento (2007-2003) para janeiro (a) e junho (b) e a passagem dos satélites da série Landsat.

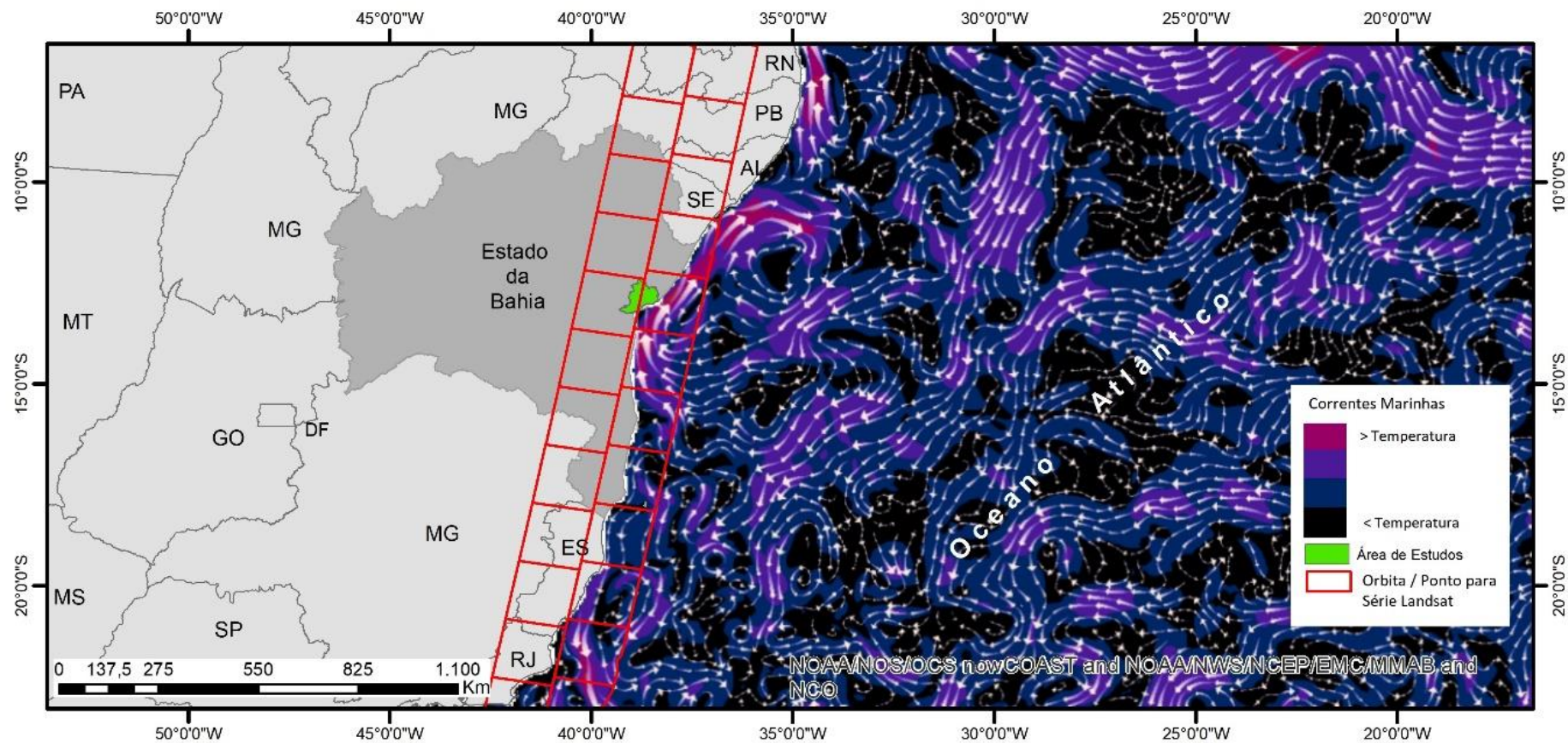


Fonte: Adaptado de Rocha (2015)

A dinâmica atmosférica influencia, através dos ventos, a constante presença de nuvens ao longo dos meses do ano (a, b) representados na Figura 4, na área de estudo, dificultando a operacionalidade dos sensores para aquisição de imagens. Essa dificuldade ocorre principalmente nos meses mais chuvosos, normalmente de abril a julho. Os satélites pertencentes à série Landsat passam pela área de estudo a cada 16 dias (revistas), entre 11h45 e 12h53, e as imagens correspondem ao ponto 69 para órbitas 215 e 216.

O imageamento da área ocorre através de sensores passivos embarcados nas plataformas da série Landsat, esses instrumentos captam a imagem através da reflectância dos alvos na superfície. A circulação oceânica possibilita a configuração das condições atmosféricas ao longo do litoral e do interior no decorrer do dia durante as estações do ano, principalmente com presença marcante de nuvens, as quais são impedimentos para aquisições de imagens com qualidade satisfatória. Os 15 municípios do entorno da BTS ocupam uma área correspondente a duas cenas, as quais possuem órbitas e pontos específicos (215/69 e 216/69). Por estarem próximos à linha de costa, sofrem a influência direta de nuvens transportadas pelos ventos, que são influenciados também pelas correntes marinhas em temperaturas diferenciadas (Figura 5).

**Figura 5 -** Atuação das correntes oceânicas no Atlântico Sul nas imediações da área de estudo.



Fonte: ESRI Catalog Earth (2020) / Datum: SIRGAS 2000/ Elaboração: Luciel Oliveira (2020)

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com Ayoade (1983), a circulação zonal é resultante do comportamento termodinâmico diferenciado entre as superfícies continentais e oceânicas. Dessa forma, a água possui elevado calor específico, condição que lhe confere uma maior inércia frente ao aquecimento. Por outro lado, os continentes têm menor calor específico e aquecem e resfriam mais rapidamente, assim, a temperatura das massas oceânicas tende a ser mais estável que a dos continentes ao longo do dia e ano (KOUSKY, 1988, ZHOU; LAU, 1998).

Segundo Carvalho *et al.* (2004), Zhou e Lau (1998), no inverno, com o resfriamento continental mais acentuado, os centros de altas (subsidiência) deslocam-se para os continentes e as baixas (ascendência) têm sua área de influência reduzida. Na Baía de Todos-os-Santos e suas áreas adjacentes, o período de subsidiência ocorre entre os meses de junho e setembro, acentuando consideravelmente a presença de nuvens no litoral e também no interior do estado da Bahia. Portanto, o que ocorre na massa Sul-Atlântica (MAS) é uma reversão das anomalias do sentido dos ventos em baixos níveis (ZHOU; LAU, 1998).

### **1.1.2 Aspectos Geológicos da Área de Estudo**

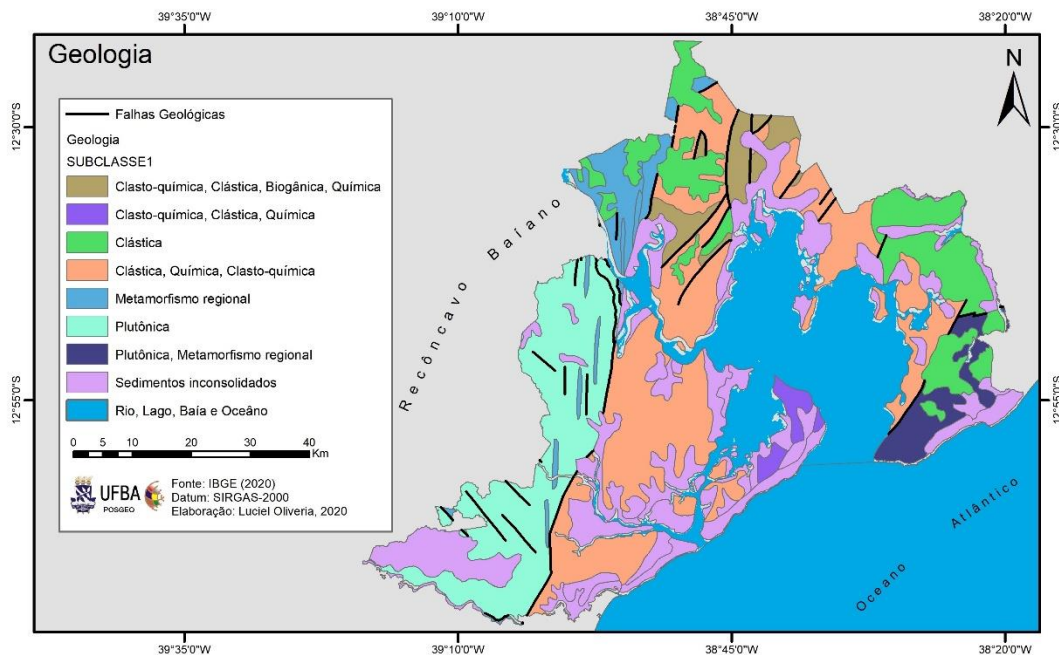
Os 15 municípios que integram a área de estudo estão assentados sobre uma estrutura geológica que evoluiu ao longo do tempo. Segundo Dominguez (2011), a estruturação e a evolução da margem continental brasileira foram reduzidas ao aporte de sedimentos, incapaz de apagar grande parte da estruturação originada durante a separação da América do Sul e África há 145 e 180 milhões de anos, de forma que algumas feições morfológicas presentes na atual plataforma são o reflexo do grande rifteamento ocorrido no Cretáceo (SILVA e colaboradores, 2007).

Localizada sobre a Bacia Sedimentar do Recôncavo, a área do entorno da BTS, de acordo com Hatje e Andrade (2009), trata-se de uma região que foi submetida, durante um determinado tempo, a um movimento descendente, chamado subsidiência. Ainda segundo esses autores, esse processo deu origem a uma região topograficamente mais baixa que termina por capturar a drenagem continental, sendo preenchida por sedimentos, os quais, com o passar do tempo, são cimentados, dando origem então à rocha sedimentar (HATJE; ANDRADE, 2009).

Em uma escala dimensional ampliada para a Geologia, a área de estudo está inserida no Cráton do São Francisco. A sua presença é determinante para a estruturação das grandes feições “isostaticamente” positivas, as quais correspondem aos grandes baixos topográficos dos continentes, exibindo relevo relativamente pouco pronunciado (ALKMIM, 2004; DOMINGUEZ, 2011). A estabilidade do Cráton (MOHRIAK *et. al.*, 2008), associada ao

reduzido estiramento crustal durante o rifteamento, foi a principal responsável pela presença de uma “plataforma” nessa região. Essa característica, associada à sua grande resistência aos eventos epirogenéticos, fez com que a margem continental baiana, de uma maneira geral, recebesse, ao longo do tempo, reduzidos aportes sedimentares (MOHRIAK *et al*, 2008; DOMINGUEZ, 2011). Ainda seguindo um detalhamento geológico maior, destacamos os aspectos de subclassificação geológica, os quais, além de mostrarem a origem de alguns sedimentos, são responsáveis também pela constituição do solo na área de estudo. Esta possui rochas com origem e características diversificadas, principalmente rochas de origem Clástica, Química e Clasto-química, justamente onde se encontram conjuntos de serras (Figura 6).

**Figura 6** - Geologia da área de estudo, subclasses rochosas e localização das falhas.



Fonte: Elaborado pelo autor

Os municípios do entorno da Baía de Todos-os-Santos estão inseridos na sub-bacia sedimentar do Recôncavo, a qual é separada da sub-bacia do Tucano, situada ao norte, pelo Alto do Aporá, uma região que experimentou menos subsidência durante a evolução dessas bacias (HATJE; ANDRADE, 2009; SILVA e colaboradores, 2007). A sub-bacia sedimentar do Recôncavo, durante essa sua evolução inicial no Cretáceo inferior, nunca foi ocupada pelo mar, ao contrário, após a subsidência inicial, a bacia sofreu um soerguimento (DANIEL *et al.*, 1989; DAVISON, 1987; MAGNAVITA *et al.*, 1994), ou seja, há aproximadamente 115 milhões de anos, a região esteve submetida à erosão contínua (HATJE; ANDRADE, 2009).

Ainda sobre os aspectos geológicos, destacamos a presença das falhas geológicas ao longo da área de estudo. Existe um conjunto de falhas com características diversas, porém, nesse conjunto, destacam-se as Falhas de Maragogipe e a de Salvador por estarem mais perceptíveis aos olhos devido à sua dimensão e saliência no horizonte tanto ao oeste (Falha de Maragogipe) quanto ao leste (Falha de Salvador).

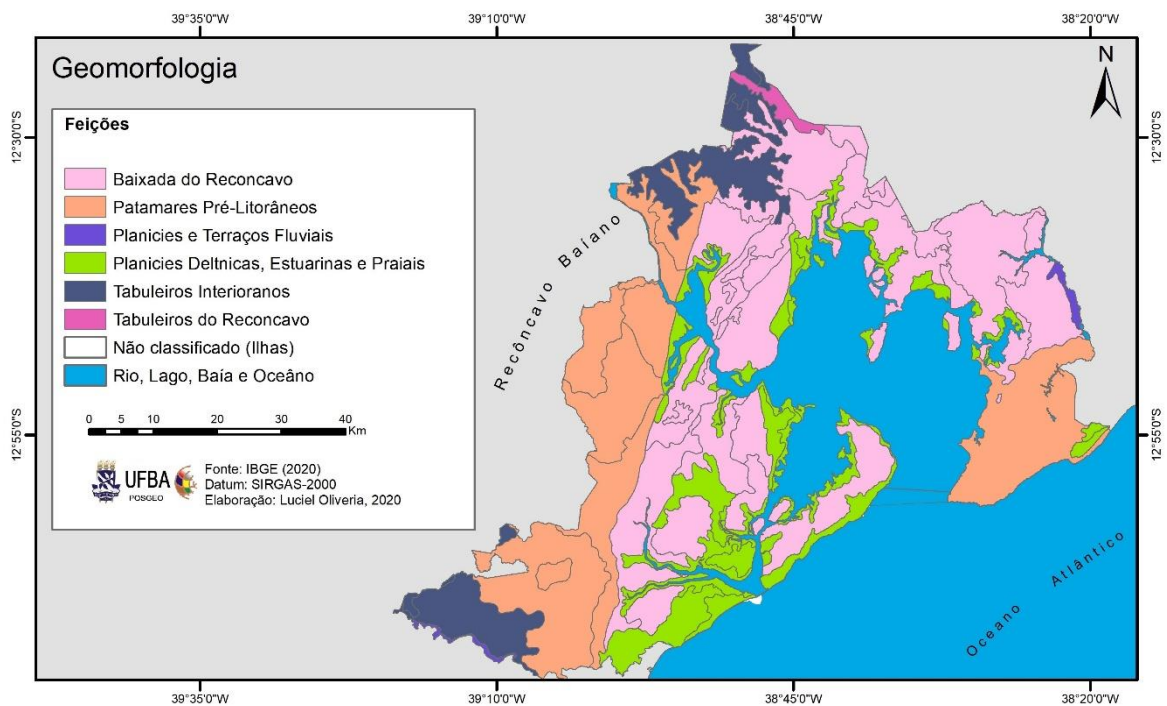
### **1.1.3 Aspectos Geomorfológicos da Área de Estudo**

O modelamento do relevo na área de estudo é resultado de agentes endógenos e exógenos. Os primeiros relevos, estáticos, estão representados pela estrutura e variação litológica e, dinamicamente, pelos movimentos tectônicos. Os agentes exógenos são os agentes meteorológicos, subordinados às condições climáticas locais (BRAUM; RAMALHO, 1979). A área de estudo margeia uma baía costeira, um tipo particular de estuário com morfologia condicionada por processos de subsidência e tectonismo (LESSA, e colaboradores, 2009).

Apesar de receberem a contribuição de várias bacias de drenagem, como a do Subaé e a do Paraguaçu principalmente, algumas expressões regionais, a subsidência, condicionada por falhas geológicas, quase sempre oculta os contornos dos vales fluviais afogados e gera morfologias variadas (FONTES, 2010). Ainda segundo a autora, baías como a BTS são maiores que os estuários típicos e abrigam vários subsistemas estuarinos à saída dos cursos fluviais afluentes, por vez chamados de sistemas estuarinos, como proposto inicialmente por Pritchard (1952).

A BTS é um sistema estuarino típico, com morfologia condicionada por movimentos tectônicos em uma área delimitada pelas falhas geológicas de Salvador e de Maragogipe principalmente. Essa baía recebe a descarga de três grandes bacias de drenagem – Paraguaçu, Jaguaripe e Subaé – além de 91 pequenas bacias. A complexidade da dinâmica da maré aliada à distribuição espacial dos pontos de descarga de água doce, as diferenças climáticas existentes entre Salvador e Cachoeira e a constante sazonalidade pluviométrica entre as bacias de drenagem criam regiões com características particulares de circulação das águas (FONTES, 2010). Na área delimitada neste estudo, foi possível identificar seis feições geomorfológicas distintas, entre Baixadas, Patamares, Planícies e Tabuleiros (Figura 7).

**Figura 7 - Formações Geomorfológicas presentes na área de estudo.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Outras feições geomorfológicas salientes na paisagem do entorno da BTS são os Patamares Pré-Litorâneos e a Baixada do Recôncavo, que têm maior parcela no total da área (Figura 7). Os Patamares Pré-Litorâneos são marcantes na face oeste dos municípios de Cachoeira, Maragogipe, Nazaré, Aratuípe e Jaguaripe. Essa unidade geomorfológica (Patamares Pré-Litorâneos) caracteriza-se pela dissecação escalonada (IJSN, 2012), delimitada pela falha geológica de Maragogipe, no sentido norte-sul. Já a Baixada do Recôncavo, como o próprio nome informa, caracteriza-se por uma vasta área com altimetria inferior aos Patamares.

Nesta unidade (Baixada do Recôncavo), localiza-se uma grande parte dos municípios da região metropolitana de Salvador e adjacentes, como Santo Amaro, Saubara e Salinas da Margarida, ficando na transição entre os Patamares e as Planícies Deltaicas, Estuarinas e as Praias. As unidades morfológicas existentes ao longo da área de estudo geram uma paisagem singular no entorno da BTS, possibilitando usos e coberturas naturais distintas.

#### 1.1.4 Aspectos da Vegetação na Área de Estudo

O Bioma Mata Atlântica abarca a totalidade dos 15 municípios correspondentes à área do entorno da Baía de Todos-os-Santos (BTS). A Mata Atlântica pode ser compreendida como um agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional com condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças, o que resulta em uma diversidade biológica própria (ATLÂNTICA, 2012). A área de estudo compreende uma zona com presença da Floresta Atlântica, a qual, segundo o Decreto Federal nº 750, de 10 de fevereiro de 1993, considera:

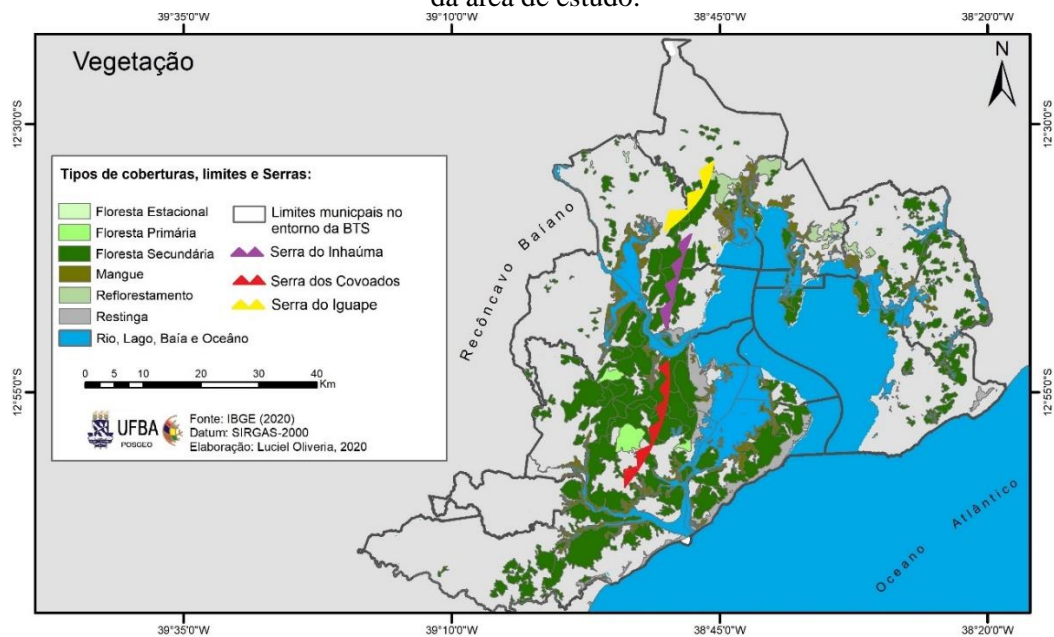
...formações florestais e ecossistemas associados inseridos no domínio Mata Atlântica, com as respectivas delimitações estabelecidas pelo Mapa de Vegetação do Brasil do IBGE: Floresta Ombrófila Densa Atlântica, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, manguezais, restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encaves florestais do Nordeste (BRASIL, 1993).

O Bioma Mata Atlântica limita-se com a Caatinga nos estados do Nordeste, com o Cerrado no Sudeste e com os Pampas no Sul do país, estendendo-se por uma grande parcela da costa brasileira. A organização não governamental Fundação SOS Mata Atlântica, considera que existe grande divergência a respeito da área de abrangência original da Floresta Atlântica. De acordo com Leitão Filho (1982), a cobertura da Floresta Atlântica era quase contínua, estendendo-se ao longo de uma faixa litorânea de largura variável do Ceará até Santa Catarina. Outros autores, como Silva (1980) e Giuliatti (1994), consideram que a Floresta se estendia pelo litoral desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul (KULHMAN, 1953; ATLANTICA, 2012).

O IBGE (1994) considera que, além de localizada ao longo da costa brasileira, a Floresta Atlântica penetrava no interior do país, cobrindo quase a totalidade dos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, além de partes dos estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul. A área do entorno da BTS está inserida no Bioma Mata Atlântica e apenas uma pequena fração da área, ao norte do município de Santo Amaro, atrita-se com o Bioma Caatinga. A área de estudo apresenta cobertura por formações florestais diversificadas, porém todas pertencentes ao domínio da Floresta Atlântica, além de ecossistemas associados de grande relevância para o equilíbrio ecológico local e global, como

os Manguezais. Tanto as formações florestais quanto os ecossistemas associados encontram-se amparados por leis e também decretos federais (BRASIL, 1993). Na área de estudo, nos dias atuais, nota-se a presença de remanescentes e fragmentos maiores das Formações Florestais consideradas Floresta Atlântica, principalmente nas regiões de relevo mais acidentado, como nas encostas e topos da Serra das Covoadas ao sul, nos municípios de Jaguaripe e de Salinas da Margarida e também ao norte, na Serra do Inhaúma e Serra do Iguape, nos limites entre os municípios de Saubara, Cachoeira e Santo Amaro. Além disso, ocorrem fragmentos com variados tamanhos ao longo dos demais municípios conforme Figura 8 a seguir. .

**Figura 8** - Principais tipos de cobertura vegetal e formações serranas presentes nos limites municipais da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No aspecto fitofisionômico da Floresta Atlântica, na área do entorno da BTS, ela é coberta por Florestas Ombrófilas Densas na maior parte da área delimitada por este estudo, porém ocorrem outros grupos de vegetação do domínio da Mata Atlântica (Floresta Estacional, Floresta Primária, Floresta Secundária, Mangue, Restingas e Áreas de reforestamento (Figura 8) (IBGE, 2018). A elevada biodiversidade da Floresta Atlântica ocorre em função das variações ambientais do bioma, o que condiciona o ambiente do entorno da BTS a características ecológicas importantes para a manutenção de outros ecossistemas associados, entre eles, os Manguezais. Mori *et al* (1983) já acreditavam ser essa floresta o ecossistema tropical mais complexo em todo mundo, ao mesmo tempo que um dos mais sensíveis às ações antrópicas ao longo dos processos de uso e ocupação das terras.



# CAPÍTULO

## II

### REFERENCIAL TEÓRICO

## **2.1 A PAISAGEM NA GEOGRAFIA: OBJETO E PERSPECTIVA CIENTÍFICA**

O estudo da paisagem pela Geografia foi por muito tempo considerado um desafio para os geógrafos, principalmente durante o início século XX. Nesse período, a ausência de uma convergência multidisciplinar e/ou interdisciplinar limitava os horizontes, apesar de tratar-se de uma época marcada por grandes acontecimentos e transformações nas ordens econômicas, sociais e culturais no mundo. Nestas primeiras décadas do século XXI, a pesquisa geográfica relacionada à paisagem ainda continua sendo um grande desafio, porém não mais como no século anterior.

Atualmente, existe maior facilidade para discussões mais ampliadas, subsidiadas pelo acesso rápido a um grande volume de dados e informações em uma escala inimaginável em épocas anteriores. Esse cenário possibilita múltiplas leituras, interpretações e apropriações para a categoria geográfica Paisagem dentro e fora da academia. Diante da evolução e trajetória das discussões relacionadas a essa categoria, nesta pesquisa trouxemos à luz das discussões cinco questões, as quais visam consolidar uma base teórica e conceitual sobre o tema. Essas questões são: a etimologia e o conceito de paisagem; o histórico; a Escola Russa de Paisagem; a complexidade da paisagem e, por fim, a contemporaneidade do tema. Tais questões serão discutidas a partir de contribuições e olhares de autores e obras de referência nos subtópicos a seguir.

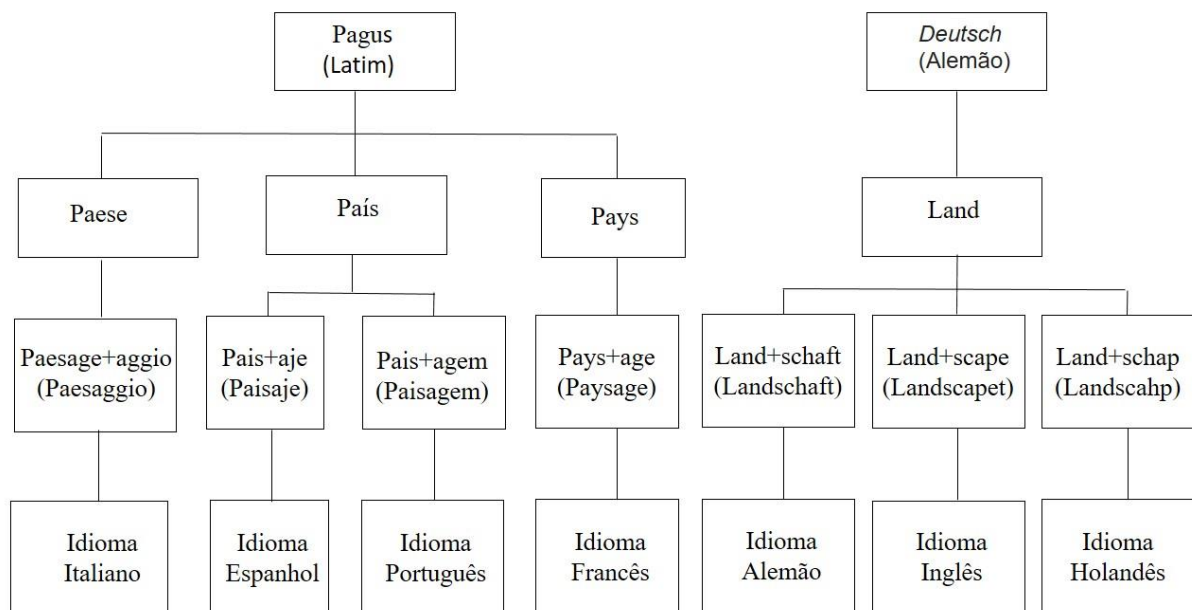
### **2.1.1 A etimologia e o conceito**

Em linguagem comum, a palavra “paisagem” tem múltiplos significados, que foram discutidos desde o início do seu estudo científico (KOLEN; LEMAIRE, 1999). Paisagem não se refere apenas a um fenômeno complexo que pode ser descrito e analisado usando objetivos e métodos científicos. Também se refere a uma observação e a uma experiência subjetivas e, portanto, a um significado perceptivo, estético e artístico também. Consequentemente, a percepção da paisagem é imediatamente analisada pelo observador, comparada e avaliada a partir das suas experiências e conhecimento. A paisagem também foi usada em algumas ocasiões para se referir a uma porção de terra, uma região, como é expresso no termo francês *paga*, posto no sentido de porção de terra delimitada. Em um outro momento, o termo paisagem se referiu ao território ou à divisão territorial organizacional e, finalmente, passou a ser usado também como uma metáfora, aplicando-se a situações e/ou objetos que vão além de um espaço

e/ou divisão territorial física (MUIR, 1999; ZONNEVELD, 1995; NAVEH; LIEBERMANN, 1994; ANTROP, 1989).

A dificuldade de interpretação no aspecto linguístico do termo paisagem é atribuída, por Barbosa e Gonçalves (2014), à variedade de explanações referentes a esse termo. Trata-se, segundo os autores, de uma consequência, em primeiro momento, da evolução semântica e da variação linguística do seu prefixo inicial, que assumiu, de acordo com o idioma e o sufixo a ele acrescido, em diferentes grafias. Ainda segundo Barbosa e Gonçalves (2014, p. 94), “do termo primitivo, o latim *pagus* = país (BOLÓS, 1993; PASSOS, 2006, 2008), ao alemão *land*, resultam quatro outras palavras/prefixos: *paese*, país, *pays* e *land*. As três primeiras possuem o mesmo significado (país) e sentido do termo original, que se refere a uma fração do espaço geográfico, a uma região geográfica, a um território”. Os autores afirmam que o quarto termo (*land*) significa dizer “terra”, mas seu sentido é igual aos demais. A terra, neste aspecto, pode ser compreendida como uma região, um terreno, uma propriedade, uma porção territorial, seguindo certo paralelismo com o significado de país (BARBOSA; GONÇALVES, 2014)” (Figura 9).

**Figura 9** - Origens e evolução do termo paisagem.



Fonte: Adaptado de Barbosa e Gonçalves (2014, p-94)

As abordagens para o sentido da palavra são amplas e nem sempre definidas claramente. Muir (1999), por exemplo, descreve a história da paisagem e o patrimônio da paisagem; a prática da história da paisagem; a abordagem de estrutura e cenário; paisagens da mente; a avaliação da paisagem; a paisagem simbólica e a abordagem estética como questões estruturantes para a compreensão e entendimento do aspecto conceitual. Segundo Antrop (1989), três aspectos são comuns à maioria das definições: a paisagem é (1) uma perspectiva holística, entidade ou fenômeno, (2) uma parte da terra que é percebida e, portanto, relativa ao observador, sua compreensão e avaliação, e (3) um fenômeno dinâmico com história única (MUIR, 1999; ANTROP, 1989).

De modo geral, a palavra paisagem aparece associada a dois significados: arranjo fisionômico das características biofísicas e humanas de uma determinada área e extensão de um terreno perceptível a partir de um lugar determinado (BARBOSA; GONÇALVES, 2014). Durante a virada do século XIX para o XX, houve a tendência para descrição dos elementos físicos das paisagens (destacando-se as formas topográficas) em relação aos aspectos das atividades socioeconômicas.

De acordo com Christofolletti (1999), o conceito de *landschaft*, para alguns, pode ser entendido como “unidade territorial”, e a valorização maior está em focalizar as paisagens morfológicas e as da cobertura da terra, abrindo caminho para se estabelecer distinções entre as paisagens naturais e as paisagens culturais (MACIEL; LIMA, 2011). Na Geografia, Carl Sauer (1889-1975), geógrafo estadunidense, em sua obra intitulada *The Morphology of Landscape*, de 1925, caracteriza a paisagem como sendo:

Uma área composta por associações distintas de formas, ao mesmo tempo físicas e culturais, onde sua estrutura e função são determinadas por formas integrantes e dependentes, ou seja, a paisagem corresponde a um organismo complexo, feito pela associação específica de formas e apreendido pela análise morfológica, ressaltando que se trata de uma interdependência entre esses diversos constituintes, e não de uma simples adição, e que se torna conveniente considerar o papel do tempo. (SAUER, 1925 citado por CORRÊA, 1999, p.13)

De acordo com Maciel e Lima (2011), Tricart (1977) discute a importância da Geomorfologia no estudo e na ordenação da paisagem, agregando valor à categoria/conceito geográfico. Ele considera que a ótica dinâmica deve ser relevante e define três grandes tipos de situações: os meios estáveis, os meios intermediários e os meios instáveis. O autor procurou relacionar a Geomorfologia com sua análise sistêmica, ressaltando que a paisagem reflete o

funcionamento do ecossistema. Diante dessa análise, o autor conclui que a evolução geomorfológica gera diferenciações nas unidades de relevo que, associadas às modificações das sociedades humanas, constroem unidades de paisagem territorialmente bem marcadas e/ou diferenciadas (MACIEL; LIMA, 2011, p.105, TRICART, 1977). Dessa maneira, consolidam as ideias de uma abordagem sistêmica da paisagem.

Nesse universo de consolidações, surge a Ecologia da Paisagem, uma disciplina desenvolvida recentemente. Ela utiliza e também empresta muitos conceitos e termos de outras disciplinas mais antigas que lidam com o tema central. Já no começo da Ecologia da Paisagem, uma das primeiras tarefas foi estabelecer um vocabulário comum com conceitos e termos bem definidos, além disso, o inglês se tornou o principal idioma neste campo, muitos termos foram traduzidos (SCHROEVERS, 1982). Autores, como J. Brandt (1998), apontaram para as dificuldades de tradução de muitos conceitos fundamentais usados já que o inglês *dominou* e serviu como uma das principais referências de língua para a ecologia da paisagem. Muitas mudanças sutis de significado ocorrem e dificultam a compreensão e a comunicação exata. Zonneveld (1995) enfatizou, no entanto, a importância do significado exato e da etimologia das palavras em seu livro *Land Ecologia*.

### **2.1.2 O Histórico do Conceito de Paisagem**

As primeiras descrições geográficas tratavam das características de regiões ou países estrangeiros com foco em seus habitantes durante a Antiguidade. Com o período renascentista, no século XV, surgem as primeiras pinturas e imagens de paisagem, tomadas como registros paisagísticos a partir do estilo épico (TROLL, 1950). Autores como Kolen e Lemaire (1999) veem isso como o surgimento de uma paisagem “consciente”, baseada na retratação dos elementos naturais e humanos em uma dada interação. A exploração (reconhecimento) e descrição sistemática das paisagens começam com a *Era Discovery*, a qual, segundo Antrop (2000), trata-se de grandes viagens ao redor do mundo, também conhecido como o período das Grandes Navegações, entre o século XV e o início do século XVII. Também se refere a uma época caracterizada por um rápido desenvolvimento da cartografia e um crescente interesse de naturalistas. Alguns autores pregam o início da Geografia como uma disciplina científica no final do século XIX (LARNOE, 1987). Essa disciplina sofreu evolução a partir de contribuições de naturalistas como Alexander Humboldt e Charles Darwin (ANTROP, 2000).

Para Vervoloet (1984) e Kolen e Lemaire (1999), o histórico-linguístico do conceito de paisagem surge por volta do século XV, quando ocorre um distanciamento entre o homem e a

natureza e a possibilidade de domínio técnico-científico suficiente para poder dela se apropriar e transformar. Vervoloet (1984) e Kolen e Lemaire (1999) afirmam que foi no século XIX que ocorreu a transformação do conceito de paisagem, com os naturalistas alemães dando-lhe um significado científico, transformando-a em conceito geográfico (*landschaft*) e desdobrando-a em paisagem natural (*naturlandschaft*) e paisagem cultural (*kulturlandschaft*) (MACIEL; LIMA, 2011).

Alexander Von Humboldt propôs uma definição curta e muito direta para paisagem: “*Landschaft ist das Totalcharakter einer Erdgegend*”, em uma tradução livre, o alemão diz que: “Paisagem é o caráter total de uma terra” (ZONNEVELD, 1995). Essa definição quer dizer que a diversificação regional é expressa pela paisagem, que deve ser considerada como um fenômeno holístico, o qual é percebido pelos seres humanos. Apesar de Von Humboldt ter sido pioneiro em Biogeografia, Geografia Física e Climatologia, ele sempre enfatizou, em seus escritos, os aspectos humanos e culturais na paisagem acima de todas as qualidades estéticas, o que ele considerava fundamental para o seu entendimento (ANTROP, 2000).

No século XIX, os estudos da paisagem trabalharam a abordagem descritiva e a morfológica, que tratava a natureza do ponto de vista da sua fisionomia e funcionalidade. Segundo Christofletti (1999), a abordagem descritiva mostra que, em sua função estético-descritiva, a palavra Paisagem teve seu desenvolvimento inicial relacionado ao paisagismo e à arte dos jardins, iniciadas, principalmente, no período renascentista, como já foi mencionado. A partir de então, a paisagem começa a ganhar várias conotações nos diversos países europeus e abrange outros significados (MACIEL; LIMA, 2011, p.95). Dentro desse enfoque, segue algumas Escolas da Geografia e seus respectivos olhares para o conceito de paisagem:

- **Na Escola Germânica:** foram apresentados novos conceitos sobre paisagem, trabalhando em uma visão geográfica, a partir de um novo método de trabalho baseado na cartografia geomorfológica. Essa Escola introduziu o conceito de paisagem como categoria científica e a compreendeu, até os anos de 1940, como um conjunto de fatores naturais e humanos;
- **Na Escola Francesa:** Christofletti (1999) afirma que La Blache considerou como elementos básicos, na organização e desenvolvimento dos estudos geográficos, as características significativas dos *pays* e regiões, os componentes da natureza e os originários das atividades humanas (virada do século XX). Dessa forma, Guerra (2006) complementa que o termo “região” foi, durante um longo tempo, o pilar da Geografia francesa, aplicando-se tanto a conjuntos físicos, estruturais ou climáticos quanto a domínios caracterizados pela sua vegetação, assim como também incluindo o homem como principal agente influenciador.

- **Na Escola Soviética:** por ser uma Escola fechada, cientificamente, em relação às demais, se pode dizer que Dokoutchaev, em 1912, trouxe uma nova abordagem com relação aos elementos da natureza, definindo o Complexo Natural Territorial (CNT), no qual inclui os processos físicos, químicos e bióticos, colocando a vegetação como diferenciadora nas tipologias das unidades de paisagem e o solo como produto da interação entre o relevo, clima e a vegetação. A Escola Soviética não dava a mesma luz ao agente antrópico como fez a Escola Francesa.

Vidal de La Blache, em 1922, apresentou uma abordagem mais literária da paisagem, embora ele usasse técnicas semelhantes às de esboços anotados e sua prosa não fosse tão diferente de Von Humboldt. A principal diferença é o reconhecimento da importância de uma sociedade local na organização da paisagem, o que resulta em uma diferenciação regional não apenas baseada em condições naturais, mas também nos padrões e territórios de assentamento (ANTROP, 2000). Ainda nessa linha de pensamento, a paisagem continua sendo vista como uma unidade holística, bem expressa no reconhecimento de cada um dos seus elementos constituintes (GIBLIN, 1978). Sendo assim, tanto Von Humboldt quanto Vidal de La Blache, implicitamente, incluem a percepção da paisagem e suas qualidades estéticas em seus trabalhos/discussões.

Algumas Escolas Europeias, principalmente na Holanda, caracterizadas pela falta de uma abordagem transdisciplinar e holística nos estudos da paisagem, afluíram mudanças através do desafio de incluir, em termos naturais, questões ecológicas e sociais. A mudança do discurso em relação à paisagem também foi claramente expressa em ensaios filosóficos como “*Filosofie van het landschap*” (*Philosophy of landscape*) (Filosofia da Paisagem), escrito por Lemaire (1970), e “*The angst voor het nieuwe landschap*” (O medo da nova paisagem), escrito por de Lörzing (1982). Segundo Antrop (2000), uma das primeiras tentativas de restaurar a abordagem interdisciplinar da pesquisa sobre paisagem foi feita na Holanda com a criação, em 1972, do Grupo de Trabalho de Pesquisa Ecológica da Paisagem (*Werkgroep Landschapsecologisch Onderzoek, WLO*) (ZONNEVELD, 1972). Esse grupo de trabalho, constituído por geógrafos acompanhados de biólogos e ecólogos, assim como sociólogos e historiadores, realizou um trabalho importante no campo da Geografia relacionado ao mapeamento e à classificação de paisagens na Holanda (RENES, 1981; VERVLOET, 1984).

A WLO, iniciada em 1981, caracterizada por ser um grupo organizado internacionalmente e multidisciplinar, ocorrido em Veldhoven no sul da Holanda, propôs uma reflexão sobre o futuro das pesquisas em paisagens. Basicamente, quebrou-se um elo com a

tradição da Ecologia da Paisagem, definida por Carl Troll em 1939. Além disso, contatos entre a abordagem da Europa Ocidental e as escolas de ciência da paisagem em países da Europa Central e Oriental foram renovados. Além de revistas como a *Landschap* e *Landscape Research*, duas novas revistas internacionais surgiram com foco na paisagem: *Paisagem e Planejamento Urbano*, em 1986, e *Ecologia da Paisagem*, em 1987. Em 1988, a Associação Internacional de Ecologia da Paisagem (IALE) foi criada. Desde então, a pesquisa paisagística se expandiu ao longo de muitas disciplinas. Ainda estão em andamento debates sobre a especificidade da ecologia da paisagem e as definições de paisagem. Em uma livre tradução, Moss (2000) oferece uma abordagem simplista:

[...] Ecologia da paisagem é simplesmente sobre o estudo de paisagens e a necessidade de derivar compreensão, a fim de aprimorar nossas habilidades para gerenciá-las mais efetivamente. A Ecologia da paisagem não é o único campo a se concentrar os estudos da paisagem, uma vez que as outras áreas procuram abordar toda uma gama de questões ambientais em escala paisagística... (MOSS, 1999, p. 138)

A nova abordagem transdisciplinar é encontrada principalmente nos domínios da emergente ecologia da paisagem. De qualquer forma, a pesquisa *paisagística* está se ampliando. Por isso, são necessários novos conhecimentos, assim como aplicações cada vez mais práticas. A integração é alcançada por múltiplas trocas de ideais e métodos, dessa forma, é possível concluir que a temática em questão, perpassa por múltiplos olhares em diferentes áreas do conhecimento (MOSS, 2000, WIENS; MOSS, 1999, BRANDT, 1997, ZONNEVELD, 1995; NAVEH; LIEBERMAN, 1994).

Em um contexto histórico, após a Segunda Guerra Mundial, enquanto o mundo ocidental perdia o interesse pelo estudo da paisagem, na Europa Central e na União Soviética, o tema continuou a se desenvolver. Diferentes Escolas surgiram para o estudo da paisagem durante o período pós-Guerra. Na Rússia, novos conceitos como Fragmentos, Conectividade, Limiares, entre outros relacionados à classificação da paisagem e ecologia da paisagem foram desenvolvidos (PHIPPS, 1984). Na Alemanha Oriental, foram os geógrafos que desenvolveram os conceitos teóricos que definem *Landschaftslehre* para a ideia de paisagem (NEEF, 1967; HAASE, 1984). Richter e Schönfelder (1986) oferecem uma abordagem mais físico-geográfica do estudo da paisagem, enquanto Smithüsen estimulava o vínculo com a Biogeografia.

Na Polônia e na antiga Tchecoslováquia, surgiu a Geoecologia como uma abordagem ecológica da Geografia (DRDOŠ, 1983). Além da Geoecologia, houve também uma abordagem mais orientada para a Geografia Humana e problemas relacionados à urbanização



(BERDOULAY, 1985). Ruzicka e Miklos (1989) conseguiram introduzir princípios ecológicos da paisagem na legislação ambiental da Eslováquia. Mazure (1983) e Drdoš (1983) estimularam a ideia de síntese da paisagem dentro de um grupo de trabalho da União Geográfica Internacional, que está atualmente ativo na Associação Internacional de Ecologia da Paisagem (IALE) (MOSS & MILNE, 1999). Na França, os estudos realizados pela Escola de Vidal de La Blache resultaram em uma série de estudos geográficos regionais com ênfase na paisagem (PELTRE, 1971, VIERS, 1975, BLANCHARD, 1976, MEYNIER, 1976, LIVET, 1978, FLATRÈS, 1979, FÉNELON, 1982; MERGOIL, 1982;). Segundo Antrop (2000), gradualmente, os geógrafos da França e de muitos outros países do Mediterrâneo despertaram o interesse ou deram continuidade à pesquisa paisagística, porém se orientaram mais para os aspectos econômicos, sociais, de planejamento e urbanização.

Diante da abordagem inter e multidisciplinar da pesquisa paisagística, Lebeau (1972) propôs uma visão ampliada dos sistemas de campo no mundo. Já Flatrés (1979) reuniu os principais estudos das paisagens rurais na Europa e Phipps (1981, 1984) introduziu medidas quantitativas nas abordagens dos estudos de padrões, de dinâmicas da paisagem e de aspectos teóricos dos sistemas, incluindo os visuais (BERDOULAY; PHIPPS, 1985). Muitos geógrafos e ecologistas de uma tradição “do Norte” eram ativos no Mediterrâneo (DAELS et al., 1971, VERHEYE; LOOTENS-De MUYNCK, 1974, MARIUS, 1974, SNACKEN; ANTROP, 1981; ANTROP, 1982, LARNOE et al., 1988; VOS; STORTELDER, 1992, RACKHAM; MOODY, 1996, De DAPPER et al. 1997, De Vlieghe et al. 1997; VERMEULEN et al. 1997, GOOSSENS et al. 1998, SEVENANT, 1999). Esses cientistas contribuíram significativamente com o tema através da edição e da impressão de conceitos e de metodologias. Na Escandinávia e no Báltico, os geógrafos lideraram o desenvolvimento da Paisagem e da Ecologia da Paisagem (BRANDT, 1997; FRY, 1998; IHSE, 1996, MANDER; PALANG, 1997), em particular, na Associação Nacional Dinamarquesa de Ecologia da Paisagem, que é uma organização muito ativa e agrega vários profissionais, como geógrafos, ecólogos e planejadores.

Na Grã-Bretanha, muitas abordagens em diferentes pesquisas sobre paisagem se desenvolveram independentemente. Os geógrafos estavam especialmente envolvidos em estudos históricos de assentamentos e da paisagem natural, oferecendo, assim, um importante estímulo na proteção de áreas naturais (BAKER; HARLEY, 1973; ROBERTS, 1987). O Diretório Britânico de Pesquisas no Exterior (DOS), focado em pesquisas rápidas em vastas áreas sem dados cartográficos detalhados, desenvolveu sistemas de classificação de terras com base na interpretação de fotografias aéreas (MITCHELL, 1973). Isso levou à elaboração de uma abordagem, sobretudo, prática e pragmática para classificação e avaliação da terra que foi

aplicada em todo o mundo. Em Oxford, foi criado o MEXE, um sistema de classificação de terras. (WEBSTER; BECKETT, 1970).

O Canadá e a Austrália seguiram uma abordagem semelhante à do DOS britânico. Na Austrália, um órgão nacional para pesquisa científica, definido como *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* (CSIRO), que estimulou a avaliação da terra em vastas áreas (AITCHISON; GRANT, 1968, CHRISTIAN; STEWART, 1964, HOWARD; MITCHELL, 1980). Dessa forma, ocorreu uma evolução gradual do levantamento e avaliação das abordagens pela ecologia da paisagem e ecologia da restauração nos territórios canadense, australiano e em outras partes do mundo (HOBBS, 1999).

Nos EUA, o principal interesse por estudos paisagísticos cresceu a partir do recente desenvolvimento da Ecologia da Paisagem (FORMAN; GODRON, 1986, FORMAN, 1998a). Esta abordagem (norte americana) é distinta da europeia e mais orientada para a abordagem quantitativa, a análise de padrões e os problemas da paisagem, além de buscar compreender a relação entre processos e estruturas espaciais, escala e heterogeneidade (TURNER, *et al*, 1990). A aplicação de modelos e a introdução de índices ou métricas de paisagem são uma inovação importante que, gradualmente, espalharam-se pelo resto do mundo da ecologia de paisagem. Embora o trabalho fundamental seja realizado, as aplicações práticas seguem rapidamente e são orientadas para planejamento e arquitetura da paisagem (DRAMSTAD *et al*, 1996, NASSAUER, 1997, FORMAN, 1998b).

A atividade asiática relacionada à pesquisa da paisagem é difícil de avaliar (ANTROP, 2000). Somente com o aumento do número de participantes da China e do Japão nas reuniões da IALE é possível ter uma ideia de como a ecologia da paisagem é abordada. A conferência da IALE, na China, mostrou um foco claro no estudo dos tipos de paisagem, em particular (sub)urbana e industrial, bem como paisagens fluviais e florestais. Esse interesse está ligado ao estudo de mudanças e a distúrbios nas questões ambientais. A análise das estruturas da paisagem é orientada para o planejamento e manejo, principalmente para fins de conservação. Existe uma clara demanda por aplicações práticas da ecologia da paisagem, assim como também existe uma necessidade importante de reunir as informações apropriadas para levantamento e monitoramento.

No Japão, o foco também é o uso da ecologia da paisagem para aplicações ambientais, mas é usada uma análise estrutural mais quantitativa (FORMAN, 1998b, ANTROP, 2000). Além dessa orientação mais aplicada de paisagem, deve-se notar que também há uma abordagem mais filosófica e um interesse estético pela paisagem, baseado na visão oriental da natureza e do lugar do homem (NAKAGOSHI, 1999).

Na Bélgica, os geógrafos seguiram a tradição francesa ao estudar a paisagem. Isso resultou em muitos estudos regionais em que a paisagem era um tópico importante (SNACKEN, 1975, DAELS; VERHOEVE, 1982, KNAEPEN, 1995). A integração é uma característica marcante entre a história, a gênese da paisagem e a geografia física, incluindo ciência e geologia do solo (SNACKEN *et al*, 1975). Algumas pesquisas específicas seguiram também a tradição geral da Europa Ocidental do estudo de paisagens e focalizaram temas específicos da paisagem, como padrões de campo (DUSSART, 1957, PELTRE, 1971), padrões de assentamento (LEFÈVRE, 1964, DUSSART, 1957) ou uso da terra (VAN DER HAEGEN, 1992). A fotointerpretação de imagens aéreas tornou-se também uma ferramenta importante, não apenas para o mapeamento (WILMET, 1970), mas também para a análise de paisagens (LARNOE *et al*, 1988; DAELS *et al*, 1982) e até para a arqueologia e prospecção (DAELS *et al*, 1989; AMPE *et al*, 1996). Autores, como Verhulst (1965), abordam a evolução da história da paisagem, assim como a utilização dos recursos empregáveis já mencionados.

O geógrafo alemão Carl Troll (1899-1975) elabora uma base metodológica mais sólida e integrada à fotografia aérea como a nova maneira de observar a paisagem da época e a emprega em seus trabalhos (TROLL, 1939, 1950, 1959, 1963). Nesses trabalhos, ele chamou-a de “*Luftbildforschung ist zu einem sehr hohen Grade Landschaftsökologie*” (a fotografia aérea está em alto grau de ecologia da paisagem). Um tanto provocador, Carl Troll chamou a abordagem da ecologia da paisagem de “*Anschauungsweise*”, uma maneira de ver o assunto e explicou o nascimento dessa ideia como “um casamento entre biologia e geografia” (ZONNEVELD, 1995). Ao mesmo tempo, em um sentido oposto ao de C. Troll, o geógrafo estadunidense Richard Hartshorne, em sua obra *The Nature of Geografia* (1939), considera o termo paisagem com seus múltiplos significados semânticos muito confusos e abandona-o como objeto de estudo em geografia em favor de conceitos como “região” e “espaço” (MUIR, 1999).

Segundo Antrop (2000), durante as décadas de 1960 e 1970, uma abordagem dedutiva e racionalista dominou a nova orientação da Geografia. Ainda segundo o autor, o desenvolvimento otimista da economia e, principalmente, das tecnologias fez com que os geógrafos perdessem o foco comum sobre a paisagem, ocorrendo, assim, divergências, as quais iniciaram a especialização em Geografia. Gradualmente, ocorreu a redução temporária do interesse pela aparência visual e estética da paisagem como objeto de estudo por parte dos geógrafos da Europa Ocidental, principalmente durante as décadas finais do século XX (ANTROP, 2000).

### 2.1.3 A Escola Russa de Paisagem

O surgimento da ciência da Paisagem na Rússia, segundo Frolova (2007), data do fim do século XIX, uma época das primeiras reflexões a respeito da paisagem como método propriamente geográfico. Foram diversos os fatores que participaram da estruturação da ciência da paisagem na Rússia: a necessidade de inventar meios eficazes para se investigar vastas extensões pouco habitadas, as tradições das grandes expedições, a participação ativa dos militares e engenheiros nas investigações geográficas, a inspiração dos naturalistas russos do século XIX, além das perturbações políticas e da influência marxista no século XX (FROLOVA, 2007, p. 160).

Ao tratar das discussões literárias envolvendo o termo e o significado de paisagem, destaca-se a Escola Soviética, principalmente com as leituras do geógrafo e geobotânico russo Viktor Borisovich Sochava (1905- 1978). Viktor Sochava foi um cientista da Paisagem e fundador da Escola de Geografia da Sibéria, tendo proposto a teoria do Geossistema como uma reformulação das teorias da paisagem de Lev Semyonovich Berg (1876 – 1950). Lev Berg foi um dos principais geógrafos, biólogos e ictiólogos russos que serviram como presidente da Sociedade Geográfica Soviética entre 1940 e 1950.

A complexidade no conceito de paisagem, em par com o surgimento da TGS, proporcionou um novo paradigma geográfico sobre o tema em meados do século XIX. Lev Berg e Viktor Sochava consolidaram o tema (Paisagem) como um objeto interdisciplinar, passivo de olhar e de leituras que vão desde o campo da Ecologia até o da Geografia, além de outras áreas afins.

Nas duas primeiras décadas do século XX, o conceito de paisagem estava atrelado à herança do naturalismo, e, logo em seguida, abriu espaço para uma reflexão mais abrangente e científica do termo, destacando-se os aspectos fisionômicos da paisagem como uma definição mais integradora dos sistemas físicos e sociais. Em meados do século XX, o conceito de paisagem já se apresentava como algo complexo e que envolvia todos os elementos, sejam naturais ou sociais, a partir das relações das Escolas Soviética e Francesa.

Os anos correspondentes à década de 1940 foram marcados pelo surgimento da Teoria Geral dos Sistemas (TGS), publicada em 1948 pelo biólogo austríaco Ludwing Von Bertalanffy (1901-1972). Nessa teoria, Bertalanffy aponta o paralelismo necessário não só de se estudar as partes e processos isoladamente, mas também de resolver problemas de interação das partes. Esses princípios gerais influenciaram diferentes campos de atividades dentro das ciências (GONDOLO, 1999).

Para o momento histórico da década de 1940, o conceito de paisagem se direcionava para a abordagem sistêmica. Nessa fase, o aspecto fisionômico foi deixado de lado e passaram a ser trabalhadas as trocas de matérias e energia dentro do sistema (complexo físico-químico e biótico). Rougiere e Beroutchavili (1991) afirmam que aparece, no cenário acadêmico, a ideia do conceito de paisagem com relação homem-natureza, contrapondo-se à estético-descritiva. Dessa maneira, abre-se caminho para uma nova abordagem relacionada à categoria paisagem como ambiente ou como objeto, na qual podem ser realizadas ações de intervenção.

O momento da Segunda Guerra Mundial (1939 a 1945) foi um marco importante, pois, nesse período, surgiram os primeiros trabalhos *práticos* envolvendo a análise da paisagem de maneira integrada ou sistêmica de diversas regiões do globo, principalmente nas zonas de conflitos na época. Esses trabalhos surgiram tanto na Alemanha como na antiga União Soviética, fazendo do cenário o objeto de análise. Dessa maneira, a “visão sistêmica” possibilitou uma maior reflexão sobre o conceito, levando à compreensão dos sistemas naturais a partir da sua estrutura e funcionamento (ROUGERIE; BEROUTCHACHVILI, 1991).

Sotchava (1977), ao apresentar os estudos dos Geossistemas, aponta que cada categoria de Geossistema situa-se num ponto do espaço terrestre e enfatiza que deve ser analisada como pertencente a um determinado lugar sobre a superfície da Terra. Nessa perspectiva, o autor apresenta o Geossistema na década de 1960, a qual marca um novo período de análise sobre a paisagem. Sochava deixa evidente que a natureza passa a ser compreendida não apenas pelos seus componentes, mas através das conexões entre eles, não devendo restringir-se à morfologia da paisagem e às suas subdivisões, deve-se dar preferência a estudar sua dinâmica, sua estrutura funcional e suas conexões (SOTCHAVA, 1977).

Em uma perspectiva de sistemas para a abordagem da paisagem, antes de Sochava, em 1939, Carl Troll propôs a Ecologia da Paisagem, onde abordou a interação entre os modelos espaciais e os processos ecológicos, que acaba sendo a causa e a consequência das diferenças espaciais (TURNER *et al.*, 1990). O conceito foi estabelecido a partir do potencial apresentado pela análise das fotografias aéreas, permitindo a observação de paisagens. Dessa maneira, foi iniciada uma abordagem ecossistêmica, como síntese entre a Geografia e a Ecologia, como questão de convergência das Ciências Naturais e Sociais (NAVEH; LIEBERMAN, 1994 citado por ROCHA *et al.*, 1997). Segundo Turner e colaboradores (2001), a Ecologia da Paisagem nasceu como uma ciência transdisciplinar, tendo como base uma visão holística, espacial e funcional dos sistemas natural e cultural, unificando a biosfera e a geosfera com os artefatos tecnológicos (TURNER *et al.*, 1990; ROCHA *et al.*, 1997).

Bertrand (1971) e Tricart (1976), da Escola Francesa, inclinam-se para a linha de raciocínio de Carl Troll, apoiam-se na abordagem taxonômica, tipológica e dinâmica da paisagem. Dessa maneira, os autores definem a paisagem como sendo “certa porção do espaço, resultado da combinação dinâmica, portanto, instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, formam um conjunto único e indissociável” (BERTRAND,1971).

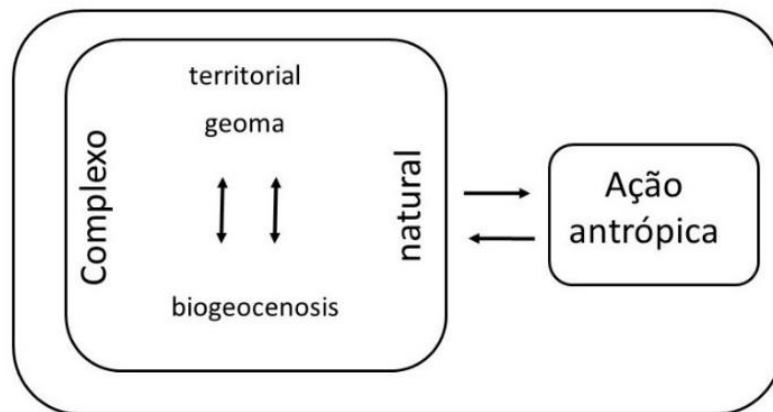
A partir da década de 1980, intensificaram-se os diversos estudos relacionados à paisagem sob uma abordagem sistêmica e integradora dos componentes da natureza. Foram vários os trabalhos relacionados com as questões ambientais e de cunho aplicativo, utilizando-se de metodologias baseadas nas propostas de Bertrand e Tricart para uma possibilidade de classificação da paisagem. Nesse mesmo cenário, surgem trabalhos de Bolós (1981) e Jardi (1990), que abordam os conceitos relativos às Teorias do Geossistema de Sochava e da Ecodinâmica de Tricart, elencando o conceito de Paisagem Integrada, como sendo o resultado da interação do Geossistema (elementos, estrutura e dinâmica) com sua localização espacial e temporal (MACIEL; LIMA, 2011).

Nota-se que o conceito de paisagem é plural, uma vez que possui contribuições de outras áreas do conhecimento e é envolvido por algumas teorias, entre elas, destacamos a proposta por Sothava e a de Tricart. As contribuições advindas principalmente da Ecologia, Biologia e Geografia, assim como os olhares das diversas Escolas, possibilitaram a estruturação de uma complexidade nas discussões relacionadas ao tema paisagem. É importante considerar que o enredamento conceitual faz parte de uma construção multidisciplinar, que coloca o pesquisador em um horizonte cada vez mais amplo à medida que investiga esse tema.

#### **2.1.4 A Complexidade da Paisagem**

A complexidade na abordagem dos conceitos de paisagem no campo de conhecimento da Geografia, ao longo da história, vem sendo abarcada com atribuições e significados cada vez mais plurais a partir de quem a explora e/ou discute. Rougerie e Beroutchachvili (1991) afirmam, em *Geosystems et Paysages*, de 1991, que, no cenário acadêmico, persiste a ideia do conceito de paisagem como a relação homem-natureza. Esse conceito, no entanto, contrapõe-se ao da estético-descritiva. Diante dessa contraposição, abre-se um caminho para uma nova abordagem relacionada à categoria em estudo na qual podem ser realizadas ações de intervenção durante os trabalhos de pesquisa científica (Figura 10) a fim de atender a novas indagações relacionadas ao tema (ROUGERIE; BEROUTCHACHVILI, 1991).

**Figura 10** - A paisagem na perspectiva de Beroutchachili (1991).



Fonte: Adaptado de Beroutchachili (1991).

Segundo Troppmair e Galina (2010), o grupo de trabalho WLO, criado pela União Internacional de Geografia (UGI), traçou normas de utilização, interpretação e definições de termos, tratando-se de um trabalho bastante complexo pela combinação de palavras que a língua alemã permite. Diante das questões linguísticas e culturais envolvendo a abordagem do termo paisagem, Troppmair e Galina (2010) apresentam algumas das principais dificuldades em se discutir o termo paisagem:

- a) segundo Schmithuesen (1963), para alguns, paisagem tem apenas significado “visual ou artístico” (*Landschaftsbild*);
- b) para outros, significa um “espaço vivenciado”;
- c) para um terceiro grupo, o termo representa um “espaço limitado com determinadas características” (*Idiochor*);
- d) outros, consideram paisagem apenas o que foi “criado pela própria natureza” (*Naturlandschaft*);
- e) ao contrário de outro grupo, para o qual paisagem é o espaço “criado pelo homem” (*Kulturlandschaft*);
- f) pode-se citar um sexto grupo, que considera paisagem no sentido empregado por A. Humboldt, o “caráter integrado (único) do espaço” (*Gesamtcharakter einer Gegend*).

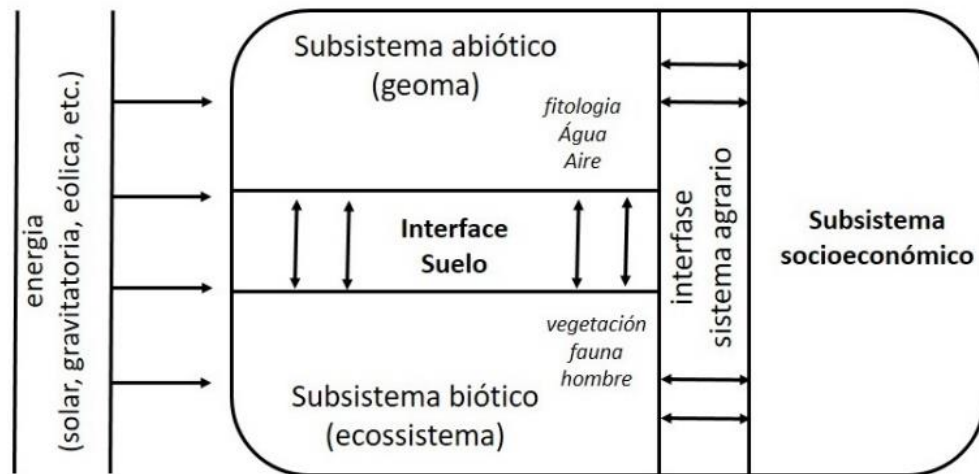
Este último enfoque de paisagem é aceito por geógrafos. Salienta-se que “Paisagem é termo fundamental de significado científico para a geografia, assim como rochas são para um petrógrafo, biocenose para o biólogo e época para o historiador”.

Para Bertrand (1971), Tricart (1977) e Troll (1976), a paisagem corresponde a certa porção do espaço, resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que reagem dialeticamente uns sobre os outros em um conjunto único e indissociável (GUERRA, 2006, p.111-112). O geógrafo e professor francês Jean Tricart procurou relacionar a Geomorfologia à sua análise sistêmica, ressaltando que a paisagem reflete o funcionamento do ecossistema. Sobre essa análise, Tricart (1977) concluiu que a evolução geomorfológica gera diferenciações nas unidades de relevo que, associadas às modificações das sociedades humanas, constroem unidades de paisagem territorialmente bem marcadas (GUERRA, 2006). Em 1982, por sua vez, Tricart ainda vai discutir e ressaltar a importância da Geomorfologia no estudo e na ordenação da paisagem em suas obras (TRICART, 1982).

O geógrafo alemão Carl Troll (1899-1975) já afirmava a integração entre elementos naturais e antrópicos, além de reafirmar que seria impossível tentar dissociá-los, pois estão interagindo uns com os outros e isso resultaria na paisagem propriamente dita. Destaca-se, também, outra autora relacionada ao tema paisagem. Ela merece uma luz especial nas discussões, trata-se de Maria de Bolós i Capdevila, primeira geógrafa espanhola, professora da Universidade de Barcelona. A autora defende que a paisagem integrada (Figura 11) pode ser compreendida como “uma área geográfica, unidade espacial, cuja morfologia agrega uma complexa inter-relação entre a litologia, estrutura, solo, fauna e flora, sob ação constante da sociedade que transforma” (BOLÓS, 1981, p. 55).



**Figura 11** - Modelo de representação da paisagem segundo Bólos (1981).



Fonte: Adaptado de Bólos (1981)

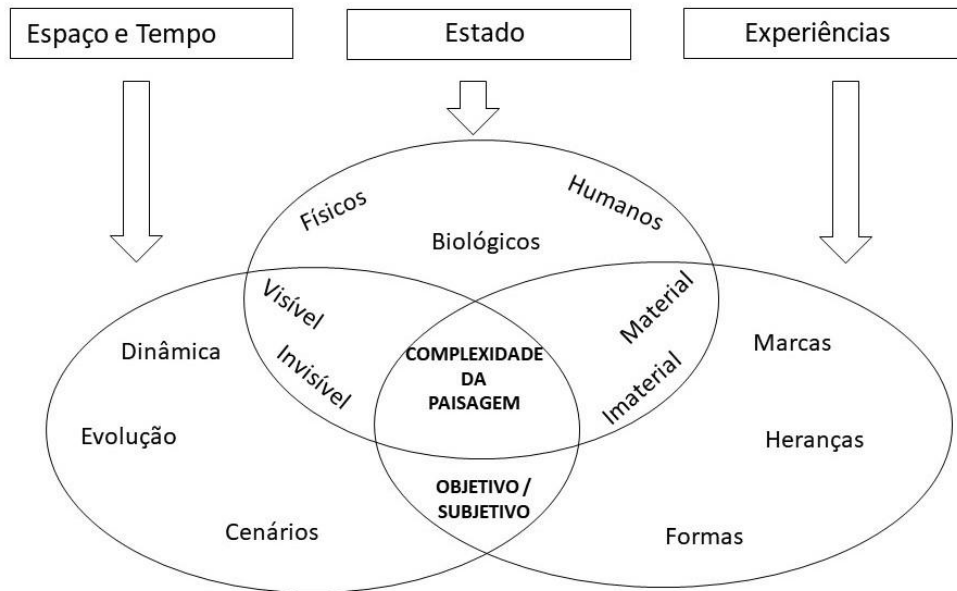
É evidente a complexidade do conceito de paisagem, principalmente ao analisarmos as interfaces e os subsistemas apontados por Bólos e Capdevila. Essa complexidade já era sinalizada desde o início do século XX, como afirma Corrêa (1998, p. 13). Sendo assim, considera-se que o objetivo do estudo da paisagem deve ser posto como uma realidade integradora, na qual os elementos abióticos, bióticos e antrópicos aparecem associados de tal maneira que os conjuntos possam ser trabalhados como um modelo de sistema que represente a sua complexidade (BÓLOS, 1981, GERRA, 2006, p.113, MACIEL; LIMA, 2011).

Um dos sentidos da paisagem como objeto, em síntese, caracteriza-se por se incorporar ao princípio da integração, da sistematização de componentes naturais e artificiais, a exemplo do solo, da vegetação e do clima, como elementos geológicos e geomorfológicos, e das edificações, das agriculturas, das pavimentações e das drenagens como elementos das atividades antrópicas. Porém, esses componentes devem estar em um conjunto indissociável que resultará na paisagem dentro da concepção de um sistema, a ser ocupado e, posteriormente, transformado pela sociedade (TRICART, 1976; TROLL, 1950; BERTRAND, 1971). Dessa maneira, o homem, organizado em sociedade, define, através dos tipos de atividades, a construção e a extensão do uso, materializando a ocupação e produzindo assim a paisagem dentro da perspectiva geográfica.

O sentido e o significado de paisagem não são *absolutos*, uma vez que, segundo Troppmair e Galina (2010), existe uma dificuldade histórica que vai muito além do aspecto linguístico da palavra. Essa complexidade também decorre da variedade de fatores como o

tempo, elementares (físicos, biológicos e antrópicos) e perceptivos (formas de compreensão e leituras diferenciadas), por meio dos quais nos deparamos em um sistema altamente complexo, como ilustra a Figura 12 a seguir.

**Figura 12** - Representação da complexidade da paisagem.



Fonte: Adaptado de Silva, Passos e Sakamoto (2013, p.5).

A complexidade da paisagem envolvendo os três conjuntos (espaço e tempo, estado e experiências), conforme a Figura 12, possibilita identificar, através da análise das relações, a amplitude e a variação das dependências entre os elementos no conjunto. A compreensão dessas relações é um dos principais desafios de quem busca investigar a paisagem como categoria geográfica. As discussões relacionadas ao conceito e à complexidade da paisagem são amplas, caracterizadas por uma diversidade de olhares e interpretações das correntes geográficas, que a relacionam como categoria e também como um conceito dentro da Pesquisa.

O tema Paisagem possibilita uma pluralidade de leituras e posteriores interpretações para os geógrafos e afins. Nesse cenário de multiplicidade na ciência geográfica, muitas definições podem ser encontradas. Um exemplo da complexidade e extremidade das discussões são as ideias que perpassam da Geografia Cultural até a Teoria dos Geossistemas, ambas, apesar de não serem o objeto principal desta tese, ilustram a diversidade em questão.

### 2.1.5 A Contemporaneidade do tema

Está em voga estudar o espaço geográfico de forma integrada. Deve-se lembrar que essa visão vem desde a Antiguidade e recebeu atenção especial na época de Alexander Von Humboldt (1796-1859), como já afirmado em tópicos anteriores (BECK, 1973; TROPPEMAIR; GALINA, 2010). Foram e vêm sendo muitas as iniciativas de explorar e discutir essa categoria. Pode-se ressaltar que, desde 1971, a UGI e os grupos de trabalho, a exemplo do WLO, esforçaram-se e vêm se esforçando para a apropriação do tema. Porém, nota-se que a abordagem do conceito de paisagem deve estar intimamente relacionada aos objetivos e aos métodos, os quais serão aplicados nas discussões envolvendo o termo. Desde exemplos de apropriações, como a aerofotogrametria, durante meados do século XX, até as imagens de satélites orbitais, a partir das décadas de 1960, vêm mudando os olhares e perspectivas sobre o estudo da paisagem.

A atual era da disponibilidade das informações, caracteriza-se pelas diversas constelações de satélites com sensores cada vez mais precisos, capazes de varrer e detalhar a superfície do planeta em poucos dias, registrando fenômenos e objetos e sendo acessados por geógrafos e demais profissionais localizados em qualquer ponto da Terra. Nestas primeiras décadas do século XX, também vivemos a Era da integração dos dados e informações, o que contribui para uma proposta conceitual da paisagem constituída por objetos e fenômenos integrados em uma escala cada vez mais ampliada. Hodiernamente, a perspectiva de análise integrada do sistema natural e a inter-relação entre os sistemas naturais, sociais e econômicos vêm produzindo um novo redimensionamento e uma nova interpretação para o conceito de paisagem (MACIEL; LIMA, 2011).

Nos últimos anos, vêm sendo realizadas tentativas de quantificar as características de padrões espaciais complexos, relacionados à heterogeneidade e fragmentação da paisagem, que resultaram na aplicação de teorias muito diferentes de outras disciplinas no campo da Paisagem e também da Ecologia da Paisagem. De fato, são tentativas de quantificação puramente holísticas, isto é, características que transcendem as paisagens. O resultado é o desenvolvimento quase explosivo dos mais variados tipos de índices de paisagem ou métricas de paisagem. Esse desenvolvimento foi possível uma vez que a análise espacial utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e ferramentas de processamento de imagem tornaram-se cada vez mais poderosos e disponíveis.

Atualmente, existem muitas métricas de paisagem que são usadas na comparação de diferentes situações, principalmente relacionadas a mudanças no tempo e a distúrbios

ecológicos. Além disso, mudanças de estado usando simuladores de tendências têm um amplo campo de aplicações, mas, na maioria das vezes, eles estão relacionados a questões de monitoramento, como a perda de diversidade. Eles podem ser usados para tipologia de paisagem em Geografia (ANTROP; SNACKEN, 1999, PHIPPS, 1981, KILCHENMANN, 1973) e para detectar e monitorar mudanças estruturais usando um conceito como Entropia (ANTROP, 1998b, PHIPPS, 1984).

O cuidado com a paisagem é mencionado, explicitamente, no planejamento espacial e ambiental de algumas políticas administrativas sérias em diferentes regiões e países, como a Bélgica por exemplo. Isso ocorre por causa das diferentes condições das paisagens nesses países e das diferenças de políticas e legislação, onde a abordagem da gestão da paisagem também é diferente (VAN DER BERGH, 1999). Nos Flandres, as regras políticas relacionadas à paisagem são encontradas no planejamento espacial (Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen - RSV) e no planejamento ambiental (Mina-plan2). Ambos os planos se referem, explicitamente, à paisagem em diferentes aspectos. A “qualidade do espaço”, que implica qualidade ambiental, organização espacial e planejamento físico, deve ser melhorada continuamente através das políticas (ANTROP, 2000, p. 15).

Acredita-se que mudanças estruturais tendem a melhorar muitos aspectos funcionais da pesquisa e também das políticas com relação à paisagem. Isso quando for considerada a atenção à conservação de *remanescentes* de paisagens tradicionais não perturbadas, mantendo formas de relevo estrutural reconhecíveis e transições entre diferentes tipos de paisagem e regiões. Assim, enfatizam-se a importância da perspectiva dos marcos visuais na estruturação do espaço geográfico e a criação de áreas de proteção da paisagem abertas entre zona urbana e rural. A tendência atual é um interesse crescente pela paisagem. Pesquisadores belgas participam, em nível internacional, de pesquisas e demais estudos relacionados ao desaparecimento rápido das paisagens antrópicas e naturais da Europa, a fim de identificar os agentes que causam esses fenômenos, saná-los e multiplicar suas ações em outros locais do planeta (MATTHIJS, 1998, O'NEILL; WALSH, 2000).

## 2.2 - PERSPECTIVAS PARA A ANÁLISE DA PAISAGEM A PARTIR DAS GEOTECNOLOGIAS

Vivemos a Era da conectividade, da circulação cada vez mais rápida das informações em torno do globo, isso graças às infraestruturas da tecnologia da informação existentes atualmente. As geotecnologias estão mudando a maneira pela qual pensa-se os objetos geográficos, principalmente a paisagem. Ela, com toda a sua complexidade, vem encontrando, nos recursos computacionais, ferramentas rápidas e, cada vez mais, eficientes. Supercomputadores e sistemas de computação de alto desempenho estão se tornando abundantes (COSSU *et al*, 2010; NEMANI *et al*, 2011) e a computação em nuvem em larga escala está universalmente disponível como mercadoria. Ao mesmo tempo, arquivos em escala de *petabytes* de dados de sensoriamento remoto tornaram-se disponíveis gratuitamente em várias agências do governo dos EUA, incluindo a NASA, o US *Geological Survey* e a NOAA (WOODCOCK *et al*, 2008; LOVELAND; DWYER, 2012; NEMANI *et al*, 2011), bem como a Agência Espacial Europeia (Copernicus Data Access Policy, 2016). Também existe uma ampla variedade de ferramentas que foram desenvolvidas para facilitar o processamento em larga escala de dados geoespaciais, entre as quais destacamos exemplos como o TerraLib (CÂMARA e colaboradores, 2000), Hadoop (WHITMAN *et al*, 2014), GeoSpark (YU *et al*, 2015) e GeoMesa (HUGHES *et al*, 2015).

Nessa perspectiva de inovações nas geotecnologias, as divisões de desenvolvimento de soluções de empresas como a *Google.com*, através do *Google Labs*, desenvolveram e lançaram o *Google Earth Engine* (GEE), durante a Conferência Internacional de Mudanças Climáticas em Cancun, no México, que ocorreu de 29 de novembro a 10 de dezembro de 2010 (OLIVEIRA, 2016, p.14). O GEE é apresentado como uma plataforma de computação em nuvem projetada para armazenar e processar enormes conjuntos de dados (em escala de *petabytes*) para análise e tomada de decisão final (KUMAR; MUTANGA, 2018).

Após a disponibilidade gratuita de dados da série Landsat em 2008, o *Google.com* arquivou todos os conjuntos de dados e os vinculou ao mecanismo de computação em nuvem para uso em código aberto. O arquivo atual de dados inclui os de outros satélites, bem como conjuntos de dados vetoriais baseados em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), modelos sociais, demográficos, climáticos, de elevação digital (MDT) e camadas de dados climáticos (KUMAR; MUTANGA, 2018).

O *front-end*, fornece um ambiente conveniente para o desenvolvimento interativo de dados e algoritmos. Os usuários também podem adicionar e selecionar seus próprios dados e coleções,

enquanto usam os recursos de nuvem do Google para realizar todo o processamento. O resultado final é que isso agora permite que cientistas, pesquisadores independentes, entusiastas e nações explorem esse enorme armazém de dados para detectar mudanças, mapear tendências e quantificar recursos na superfície da Terra. Não é necessária a capacidade de processamento dos computadores de ponta ou do software mais recente, o que significa que pesquisadores com poucos recursos, nos países mais pobres do mundo, têm a mesma capacidade de realizar análises que os dos países mais avançados. Porém, é necessário que todos os usuários possuam uma conexão com internet.

Baseado em nuvem, o GEE é utilizado para análise de dados ambientais em escala global, aplicáveis aos estudos da paisagem, principalmente pela Geografia, considerando o seu conjunto de dados e informações. Seus principais componentes são: o conjunto de dados, um arquivo em escala de *petabyte* de imagens detectadas remotamente disponíveis ao público; o Poder de computação, no qual a infraestrutura computacional do Google otimiza o processamento paralelo de dados geoespaciais (GORELICK *et al*, 2017); os APIs ou Application Programming Interface, os quais são conjuntos de rotinas e padrões de programação nas linguagens *JavaScript* e *Python* para acesso à plataforma e seus servidores; e o Editor de códigos, um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) on-line para prototipagem rápida e visualização de análises espaciais usando o API *JavaScript*.

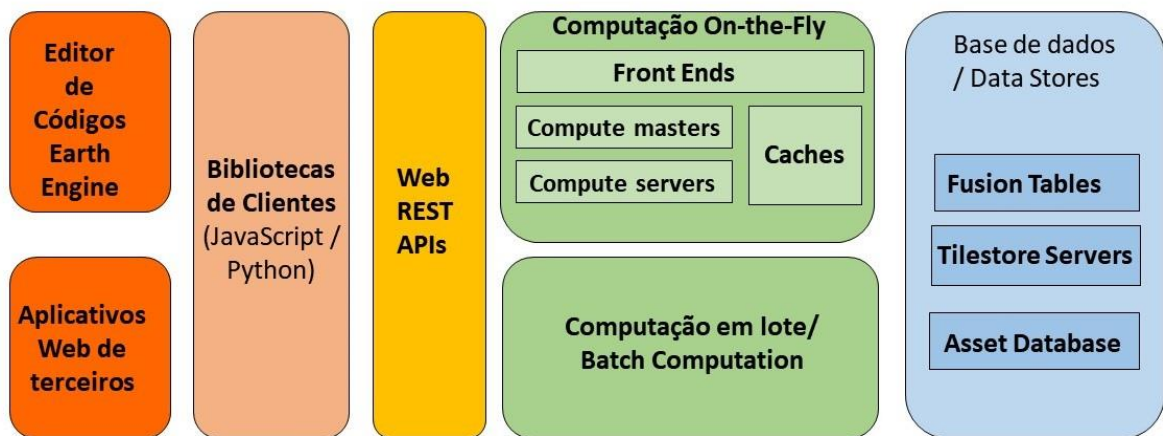
A arquitetura do sistema GEE é caracterizada pela coleção de tecnologias ativadoras disponíveis no ambiente de data center do Google.com, incluindo o sistema de gerenciamento de *cluster Borg* (VERMA *et al*, 2015); os bancos de dados distribuídos por *Bigtable* (CHANG *et al*, 2008) e *Spanner* (CORBETT *et al*, 2013); *Colossus*, o sucessor do *Google File System* (GHEMAWAT *et al*, 2003, FIKE, 2010); e a estrutura *FlumeJava* para execução paralela de *pipeline* (CHAMBERS *et al*, 2010). O GEE também interopera com o *Google Fusion Tables* (GONZALEZ *et al*, 2010), um banco de dados baseado na *Web* que suporta tabelas de dados geométricos (pontos, linhas e polígonos) com atributos.

Uma arquitetura simplificada do sistema é mostrada na Figura 13. O *Earth Engine Code Editor* e aplicativos de terceiros usam bibliotecas de clientes para enviar consultas interativas ou em lote ao sistema por meio de uma *API REST*. As solicitações dinâmicas são tratadas pelos servidores *Front-End* que encaminham subconsultas complexas ao *Compute Masters*, que gerencia a distribuição de computação entre um conjunto de Servidores de Computação.

O sistema em lote opera de maneira semelhante, mas usa o *FlumeJava* para gerenciar a distribuição. O *backup* dos dois sistemas de computação é uma coleção de serviços de dados, incluindo um banco de dados de ativos que contém os metadados por imagem e fornece recursos

de filtragem eficientes. O software de gerenciamento de *cluster* da *Borg* gerencia cada componente do sistema e cada serviço é balanceado por carga em vários trabalhadores. A falha de qualquer trabalhador individual apenas resulta no chamador reemitindo a consulta (GORELICK, 2017).

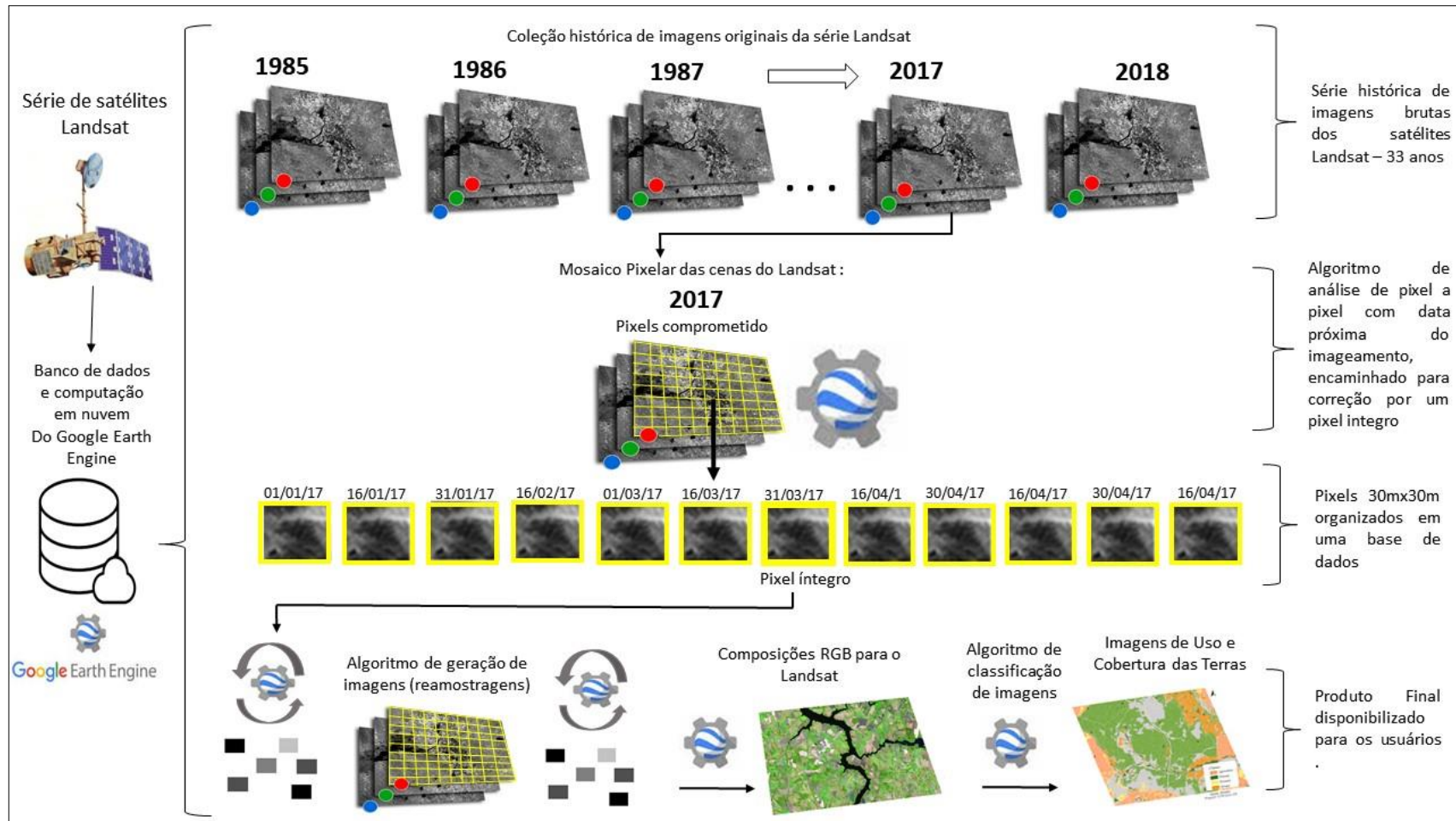
**Figura 13** - Diagrama simplificado da arquitetura do sistema.



Fonte: Adaptado de Gorelick (2017).

A maior parte do catálogo do GEE é composta por imagens de sensoriamento remoto, incluindo todo o arquivo Landsat, bem como arquivos completos de dados do Sentinel-1 e Sentinel-2, e também inclui previsões climáticas, dados de cobertura do solo e muitos outros conjuntos de dados ambientais, geofísicos e socioeconômicos. O catálogo é atualizado continuamente a uma taxa de quase 6000 cenas por dia a partir de missões ativas, com uma latência típica em torno de 24h do tempo de aquisição da cena. A Figura 14 ilustra, em síntese, a estrutura do GEE e a disponibilização de dados, principalmente os de mapeamento do uso e cobertura da terra e imagens da superfície do planeta.

**Figura 14** - Ilustração simplificada da operação do Google Earth Engine no trato da coleção de imagens utilizadas no estudo.

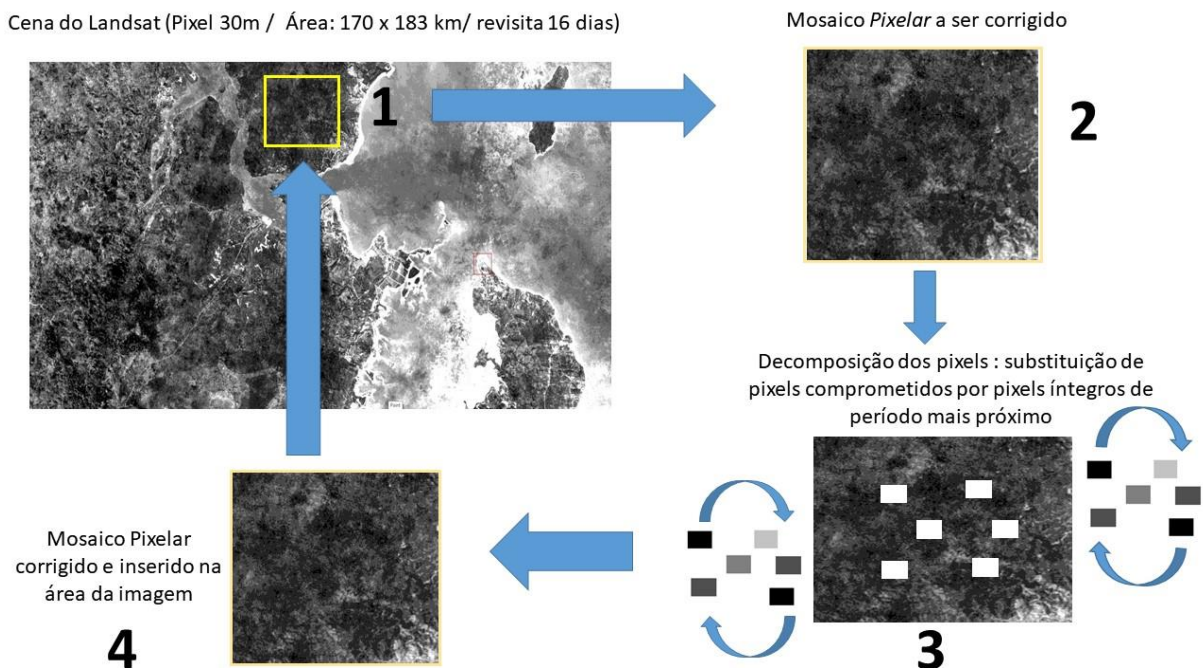


Fonte: Elaborado pelo autor.



Os APIs e seus algoritmos processam o volume de cenas da série de satélites Landsat, organizando um empilhamento de bandas espectrais e as datas de realização da imagem, esse volume ocupa um arquivo com uma coleção de vários *petabytes*. Os algoritmos, através de funções geradas a partir das linguagens *JavaScript* e *Python*, possibilitam instruções que vão desde o arquivamento até a geração de produtos finais, como composições coloridas *Red/Green/Blue* e mapas de uso e classificação da terra. A Figura 14 esquematiza a série temporal de imagens Landsat com todas as suas bandas espectrais captadas pelos sensores de sua série. Nesta pesquisa, destacamos o intervalo de tempo entre 1985 e 2017, que corresponde a 33 anos de registros da paisagem através de imagens. Os algoritmos operam nessa coleção, analisando banda a banda, identificando conjuntos de *pixels* comprometidos pela presença de nuvens, ruídos do sensor ou outras distorções. As áreas identificadas como *erros* são substituídas por *pixels íntegros*, sem a presença de erros. Para isso, são selecionados novos *pixels*, correspondentes a um período ou data próxima da imagem corrigida pelo algoritmo. O processo de correção de áreas comprometidas no conjunto de bandas na plataforma do GEE atende a uma sequência que é sintetizada pela ilustração na Figura 15.

**Figura 15** – Aspectos da elaboração de um Mosaico *pixelar*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 15, a imagem de satélite é analisada pelos algoritmos, em seguida, quando detectada a área comprometida (1), ela é isolada (2), em seguida, a área isolada é analisada *pixel a pixel* e os *pixels* comprometidos são substituídos pelos íntegros com a data mais próxima (3). Assim, forma-se uma área corrigida (4) conforme a Figura 15, correspondente a uma média temporal, sendo introduzida novamente no restante da cena. Dessa maneira, o GEE possibilita a oferta de imagens que podem ser utilizadas para classificação e composições, empregando recursos variáveis disponíveis nos APIs.

O GEE é utilizado em diversas áreas do conhecimento científico, abordando temas como mudança global na cobertura por floresta (HANSEN *et al*, 2013), mudança global do nível do mares e oceanos (PEKEL *et al*, 2016), estimativa de rendimento de culturas (LOBELL *et al*, 2015), mapeamento de culturas (DONG *et al*, 2016), mapeamento urbano (ZHANG *et al*, 2015), PATEL *et al*, 2015), mapeamento de áreas sujeitas a inundações (COLTIN *et al*, 2016), recuperação de áreas incendiadas (SOULARD *et al*, 2016) e mapeamento de risco de doenças como malária e outras (STURROCK *et al*, 2014). Também é integrado em outras aplicações, por exemplo, analisando as faixas de habitat das espécies (MAP OF LIFE, 2016), monitorando o clima (CLIMATE ENGINE, 2016) e avaliando as mudanças no uso da terra (COLLECT EARTH, 2016).

As produções científicas relacionadas a temas como agricultura, clima, uso da terra, entre outros, sinalizam que o uso do GEE possibilita estudos com maior número de informações sobre a paisagem, na perspectiva da Geografia e áreas afins. Em relação à dinâmica da paisagem, o GEE oferece um catálogo, no qual é possível explorar elementos como dados e informações capazes de reelaborar imagens para os trabalhos sobre o uso e cobertura da terra, principalmente no Brasil através da ONG MapBiomias.org.

### **2.2.1 O MapBiomias.org e o aporte do GEE no Brasil**

O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil, conhecido pela sigla MapBiomias, é uma iniciativa que envolve uma rede de colaboradores especialistas nos biomas brasileiros, usos da terra, sensoriamento remoto, SIG e ciência da computação. Ele utiliza o processamento em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e operados a partir da plataforma *Google Earth Engine* (GEE) para gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil. De acordo com as informações do *website* do projeto, a iniciativa surge em um seminário realizado em março de 2015, no qual especialistas em sensoriamento remoto e mapeamento de vegetação se reuniram em São Paulo a convite do

SEEG/OC para responder à seguinte pergunta: “É possível produzir mapas anuais de cobertura e uso do solo para todo o Brasil de forma significativamente mais barata, rápida e atualizada, comparativamente aos métodos e práticas atuais, e que possibilitem recuperar o histórico das últimas décadas?” (MAPBIOMAS, 2020).

A resposta para a questão foi afirmativa de acordo com o Projeto, desde que houvesse uma capacidade de processamento sem precedentes e um alto grau de automatização do processo, além da participação de uma comunidade de especialistas em cada bioma e em temas transversais. A partir desse diagnóstico, foi estabelecido um contato com o Google que gerou um termo de cooperação técnica para desenvolver a iniciativa tendo como base a plataforma GEE. A decisão foi a de criar equipes de trabalho compostas por pesquisadores em instituições de ensino superior, organizações não governamentais e empresas organizadas de acordo com os biomas existentes no Brasil. Sendo assim, foram formadas as equipes Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Pampa e Pantanal, além de equipes para os temas transversais Pastagens, Agricultura, Zona Costeira e Áreas Urbanas.

Ainda de acordo com as informações contidas no *website* do projeto, todos os mapas anuais de uso e cobertura do solo do MapBiomias são produzidos a partir da classificação *pixel* a *pixel* de imagens dos satélites Landsat. Todo processo é feito com extensivos algoritmos de aprendizagem de máquina (*machine learning*) através do GEE, que oferece imensa capacidade de processamento na nuvem. Para facilitar a parametrização dos algoritmos e a organização de todas as etapas de processamento, utilizam-se as 556 cartas de 1 x 1,5° (lat/long) do IBGE.

O MapBiomias, até este ano (2020), consolidou quatro fases, sendo: a Fase-1, que gerou a Coleção 1 (Beta) com legendas simplificadas, cobrindo o período de 2008-2015 (publicada em 04/2016); a Fase-2, que gerou a Coleção 2, cobrindo o período de 2000-2016 (publicada em 04/2017), e a Coleção 2.1, com melhorias a partir de aplicações do algoritmo *Random Forest* (publicada em 01/2018); a Fase-3, que gerou a Coleção 3, cobrindo o período de 1985-2017 (publicada em 08/2018), e a Coleção 3.1, com melhorias na classificação (publicadas em 04/2019); e a Fase-4, que gerou a Coleção 4, cobrindo o período de 1985-2018 (publicada em 08/2019), e a Coleção 4.1, com melhorias da classificação (publicadas em 03/2020) (MAPBIOMAS, 2020). As legendas das coleções do MapBiomias são definidas a partir dos Biomas brasileiros mapeados pelo projeto. A seguir, o Quadro 1 apresenta as legendas do uso e cobertura da terra da Coleção 4.

**Quadro 1** - Legendas do uso e cobertura da terra da Coleção 4 do Projeto MapBiomias.org.

COLEÇÃO 4 - PORTUGUÊS	COLLECTION 4 - ENGLISH	NEW ID
<b>1. Floresta</b>	<b>1. Forest</b>	<b>1</b>
1.1. Floresta Natural	1.1. Natural Forest	2
1.1.1. Formação Florestal	1.1.1. Forest Formation	3
1.1.2. Formação Savânica	1.1.2. Savanna Formation	4
1.1.3. Mangue	1.1.3. Mangrove	5
1.2. Floresta Plantada	1.2. Forest Plantation	9
<b>2. Formação Natural não Florestal</b>	<b>2. Non Forest Natural Formation</b>	<b>10</b>
2.1. Área Úmida Natural não Florestal	2.1. Wetland	11
2.2. Formação Campestre	2.2. Grassland	12
2.3. Apicum	2.3. Salt Flat	32
2.4. Afloramento Rochoso	2.4. Rocky Outcrop	29
2.5. Outra Formação Natural não Florestal	2.5. Other Non Forest Natural Formation	13
<b>3. Agropecuária</b>	<b>3. Farming</b>	<b>14</b>
3.1. Pastagem	3.1. Pasture	15
3.2. Agricultura	3.2. Agriculture	18
3.2.1. Cultura Anual e Perene	3.2.1. Annual and Perennial Crop	19
3.2.2. Cultura Semi-Perene	3.2.2. Semi-perennial Crop	20
3.3. Mosaico de Agricultura e Pastagem	3.3. Mosaic of Agriculture and Pasture	21
<b>4. Área não vegetada</b>	<b>4. Non vegetated area</b>	<b>22</b>
4.1. Praia e Duna	4.1. Beach and Dune	23
4.2. Infraestrutura Urbana	4.2. Urban Infrastructure	24
4.3. Mineração	4.3. Mining	30
4.4. Outra Área não Vegetada	4.4. Other Non Vegetated Area	25
<b>5. Corpos D'água</b>	<b>5. Water</b>	<b>26</b>
5.1 Rio, Lago e Oceano	5.1. River, Lake and Ocean	33
5.2 Aquicultura	5.2. Aquaculture	31
6. Não observado	6. Non Observed	27

Fonte: MapBiomias.org (<https://mapbiomas.org/codigos-de-legenda>)

Essa iniciativa do Projeto MapBiomias e do *Google.com* com a plataforma *Google Earth Engine*, além de envolver agências estatais, organizações não governamentais e empresas da área, também proporcionou um ambiente de inovação e abertura de possibilidades para os estudos de ciências como a Geografia. As apropriações desses recursos tecnológicos potencializam a produção nos campos científicos, a exemplo do tema investigado por este estudo da paisagem.

### 2.3 – A MODELAGEM ESPACIAL PARA A PAISAGEM

Na busca por esclarecimentos e conhecimentos a respeito de fenômenos e eventos, o homem recorre à reflexão e ao conhecimento acumulado, através da formulação de hipótese e da estruturação de Modelos (ALCAMO, 1994). Para Sayão (2001), a abstração constitui uma ferramenta poderosa no exercício de aquisição de conhecimentos, uma vez que, para se compreender a imensa variedade de formas, estruturas, comportamentos e fenômenos residentes no universo, é necessário selecionar aqueles de maior relevância para o problema e/ou objeto de investigação e elaborar as descrições adequadas. Constroem-se, assim, esquemas abstratos da realidade, nos quais as coisas são reduzidas a seus perfis mais convenientes e racionais. O conhecimento racional é, dessa forma, um sistema de símbolos e conceitos abstratos, caracterizado pela estrutura sequencial e linear tão típica do nosso pensamento e de nossa fala (CAPRA, 1996, SAYÃO, 2001).

Segundo Capra (1983), o que torna a ciência bem-sucedida é a descoberta de que podemos utilizar “aproximações” nas investigações científicas. Se ficarmos satisfeitos com uma “compreensão” aproximada da natureza, podemos descrever grupos selecionados de fenômenos, negligenciando outros que se mostrem menos relevantes. Assim, podemos explicar muitos fenômenos e, conseqüentemente, compreender diferentes aspectos da natureza de forma mais aproximada, sem precisar entender “tudo” ao mesmo tempo. Este é o método científico: todas as teorias e modelos científicos são aproximações da verdadeira natureza das “coisas”; o erro envolvido na aproximação é, não raro, suficientemente pequeno para tornar significativa essa aproximação (CAPRA, 1996, SAYÃO, 2001). Porém é importante deixar claro que os modelos não são 100% perfeitos, possuem fragilidades, essas, por sua vez, podem estar nas variáveis utilizadas, nos atributos, no método, assim como em outros aspectos que os estruturam.

Um modelo é, antes de mais nada, uma representação de um recorte da realidade que, de acordo com a sua função utilitária e, por meio do seu modo de expressão, sua estrutura e suas igualdades em relação ao seu original, tenta comunicar algo sobre o “real” (SAYÃO, 2001). Souza e Dodbei (1993) observam que os modelos são tipologizados de várias formas, em função das próprias “ideologias” inerentes a cada autor, área de conhecimento ou ainda segundo objetivos específicos. Isso significa que, considerando a forma e a expressão, os modelos podem ser agrupados ou classificados em uma série interminável de tipos (SOUZA; DODBEI, 1993).

Diante desse contexto de busca por soluções para uma infinidade de questões científicas, trazemos à luz das discussões os modelos e a modelagem como alternativas para a compreensão de fenômenos e objetos investigados pela ciência geográfica. Consideramos que as visões de autores como Capra (1986), Sayão (2001) e Almeida e colaboradores (2007) abrem caminho para discussões conceituais, principalmente, relacionadas a aplicações da modelagem. Sendo assim, abordaremos os seguintes sub-tópicos: i) aspectos conceituais da modelagem e autômato celular; ii) o autômato celular-histórico e fundamentos; iii) os modelos espaciais; iv) a modelagem espacial dinâmica e v) função e aplicações dos modelos.

### **2.3.1 Modelagem: Aspectos conceituais**

Um modelo, segundo Chorley e Hagget (1975), é uma criação ou um “mentefato”, destinado a representar uma realidade, ou alguns dos seus aspectos, a fim de torná-los descritíveis, qualitativa e quantitativamente e, algumas vezes, observáveis. No entanto, existe a impossibilidade de descrever os objetos com perfeição, reduzindo ou mesmo esgotando as possibilidades de sua observação. Assim, não sendo transparente para o homem, a paisagem se apresenta como um permanente desafio à sua descrição. Essa “limitação” de percepção é que permite e exige o aparecimento de modelos (CHORLEY; HAGGET, 1975).

Cada modelo, segundo Sayão (2001) e Capra (1986), expressa e justifica um método de abordagem de uma realidade física, ao mesmo tempo em que cada método subentende um modelo, ainda que meramente operacional. Os modelos apresentam também uma dimensão heurística na medida em que já foram criados para explicar alguns aspectos de uma realidade. Esses modelos são factíveis de evolução e de assegurar a percepção de outros aspectos não imaginados antes da sua elaboração. Por outro lado, uma mesma realidade física pode possuir mais de um modelo representativo, os quais podem ilustrar vários fenômenos e conseqüentes explicações (CHORLEY; HAGGET, 1975, CAPRA, 1986).

Os modelos podem ser definidos de várias maneiras. Para Novaes (1981), podem ser compreendidos como uma representação de um sistema, obtida através de diferentes linguagens: matemática, lógica, física, icônica, gráfica, entre outras formas representativas a partir de uma ou mais teorias. Wilson (1974) defende que os modelos podem ser considerados como representação formal de alguma teoria de um dado sistema. Rumbauch (1991) propõe que um modelo é uma representação de um determinado contexto de um problema a ser resolvido ou construído com foco nas variáveis de interesse e abstração desde que sejam relevantes para a solução do problema.

O termo *simulação* aparece frequentemente associado à modelagem e pode ser descrito como um processo de elaboração de um modelo de um sistema real ou hipotético, no qual há condução de experimentos com o objetivo de entender o comportamento de um dado sistema ou avaliar a sua operação (SHANNON, 1975). É válido destacar também algumas características apresentadas por Chiwft e Medina (2006) do que venha ser *simulação*, quando associada aos modelos e à modelagem:

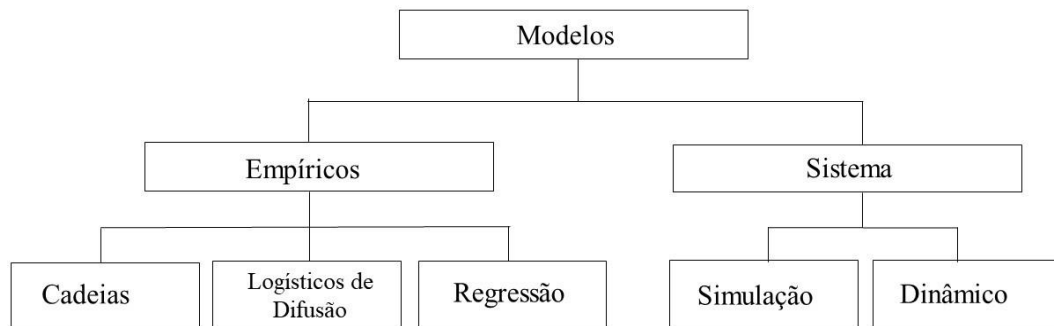
- A simulação não prevê o futuro, o que pode ser previsto (com certo nível de confiança) é o comportamento de um sistema baseado em dados de entrada específicos e respeitando um conjunto de premissas;
- A simulação é uma ferramenta de análise de cenários, ela pode ser combinada com algoritmos de otimização, mas, por si só, ela não é capaz de identificar uma solução ótima para uma dada situação e/ou problema;
- A simulação não pode substituir o pensamento humano no processo de tomada de decisões, mas pode auxiliá-lo.

Segundo Demirel e Cetin (2010), os modelos são usados frequentemente para prever panoramas futuros, a exemplo de padrões de cobertura da terra sob diferentes cenários biofísicos e mudanças socioeconômicas. São úteis para ajudar na tomada de decisões por órgãos públicos e podem ser usados para descrever as relações espaciais e temporais entre forças que controlam os padrões resultantes da utilização da terra e suas alterações (CHWIF; MEDINA, 2006, DEMIREL; CETIN, 2010). Chorley e Haggett (1975) mencionam como principal característica dos modelos o fato de serem altamente seletivos em relação às informações a serem empregadas. Essa característica *seletiva* exclui os aspectos menos importantes do sistema, dessa forma, permite aos aspectos fundamentais, relevantes ou interessantes do mundo real, aparecerem de forma generalizada (CHORLEY; HAGGETT, 1975).

De acordo com Pedrosa e Câmara (2011), um modelo é composto por, pelo menos, três elementos: variáveis, relacionamentos e processos. Um modelo, ao ser elaborado, dependendo da finalidade, pode dar ênfase a um ou outro elemento. Nessa perspectiva, traremos à luz das discussões sete tipos de modelos comumente usados. Os modelos a serem discutidos apresentam as suas gêneses a partir de dois principais tipos e derivam para cinco tipos (Figura 17). O primeiro tipo são os **Modelos Empíricos**, que têm como foco os relacionamentos entre as variáveis, a partir da presunção de que os relacionamentos observados no passado continuarão no futuro (LAMBIN, 1994). Esses modelos são caracterizados pela simplicidade dos modelos matemáticos utilizados e pelo número amortizado de variáveis envolvidas. Eles

são eficientes para a realização de predições, embora possuam limitações ao abordar a evolução espacial e ao identificar os aspectos casuais do sistema. Além disso, possuem, em sua dimensão procedural, três comportamentos-chave: uma configuração inicial, uma função de mudança e, por fim, uma função de saída.

**Figura 17** - Tipos de modelos segundo Lambin (1994).



Fonte: Adaptado de Lambin (1994) e Pedrosa (2011)

As **Cadeias de Markov** são modelos matemáticos para descrição de processos estocásticos e são compostos pelo estado do sistema em um tempo (1) e em um tempo (2) após o instante do tempo (1). Esses estados são possíveis de acontecer e são representados em matrizes de possibilidade de transição. Essas matrizes de transição, segundo Pedrosa (2011), apresentam a possibilidade de um determinado estado ( $i$ ) permanecer o mesmo ou mudar para outro estado ( $j$ ) durante um instante de tempo. Os **Modelos Logísticos de Difusão** são empregados para descrever matematicamente fenômenos em que variáveis iniciais apresentam variações em um ritmo lento, depois o ritmo de variações se intensifica, voltando a reduzir-se até que o nível de saturação seja atingido. Segundo Soares-Filho (1998), os Modelos de Difusão não explicam as razões de um fenômeno, embora possam associar variáveis importantes, como ecológicas e socioeconômicas.

Os **Modelos de Regressão** possuem o objetivo de estabelecer relações estatísticas entre um fenômeno em estudo e as variáveis independentes envolvidas, chamadas forças direcionadoras, que exercem influência sobre ele. Dessa maneira, o modelo suporta inclusão de variáveis exógenas, a exemplo das socioeconômicas, contribuindo assim para o entendimento do fenômeno em estudo. **Modelos de Sistemas** buscam descrever o sistema como um todo, isto é, tentam representar as interações entre todos os seus componentes. A principal característica desse modelo é a eficiência em abordar a dimensão espacial, implementando conceitos como relação de vizinhanças e usos combinados de múltiplas escalas. Os Modelos de Sistemas podem



dar origem a outras classes de modelos, entre elas, destacamos: Simulação de Ecossistemas e Simulação Dinâmica Espacial.

Os **Modelos de Simulação de Ecossistemas** são projetados para imitar o comportamento de um sistema dando ênfase às interações entre todos os seus componentes. Esses modelos, segundo Lambin (1994), são baseados em ecossistemas complexos e em um número de equações diferenciais. A construção de um modelo de simulação necessita que os aspectos principais que influenciam o fenômeno estejam bem integrados. Os **Modelos de Simulação Dinâmica Espacial** baseiam-se em modelos de ecossistemas com extensões para acomodar a heterogeneidade espacial e os processos humanos de tomada de decisão. Para se desenvolver esse tipo de modelo, é necessária uma abordagem espacial, representando o espaço como uma matriz de células, e aplicação das equações matemáticas a cada uma das células da matriz simultaneamente (LAMBIN, 1994, SOARES-FILHO e colaboradores, 2006, PEDROSA; CÂMARA, 2011).

### 2.3.2 O Autômato Celular: Histórico e Fundamentos

As primeiras pesquisas envolvendo autômato celular (CA) são do final da década de 1940 e foram desenvolvidas pelo matemático húngaro, naturalizado estadunidense, John von Neumann (1903-1957), professor da Universidade de Princeton. Von Neumann desenvolveu uma maneira de análise capaz de descrever um sistema que suporta duas características principais: sistemas complexos e sistemas com capacidades de autorreprodução, ou seja, sistemas que se reproduzem através de cópias de si mesmo, a exemplo das plantas (MARTINS, 2010, DELANEZE, 2011).

Os modelos baseados em CA tiveram a sua origem, principalmente, na Geografia Quantitativa, devido, em grande parte, ao trabalho do geógrafo e cartógrafo estadunidense-suíço Waldo Rudolph Tobler (1930-2018). Tobler, durante sua atuação na Universidade de Michigan nos anos de 1970 e o matemático e engenheiro estadunidense Arthur Burks (1915-2008), no Grupo de Lógica da Computação, procuravam aplicar as teorias sobre “autorresponsabilidade das máquinas”. Essas teorias foram propostas durante as décadas de 1920 e 1930 por precursores da computação digital do matemático britânico Alan Turing (1912-1954) e de Von Neumann, sendo este último ex-professor e colega de Burks (MARTINS, 2010, DELANEZE, 2011).

O desenvolvimento dessa nova teoria também foi influenciado pelo matemático polonês Stanislaw Marcin Ulam (1909-1984), professor na Universidade de Harvard e participante do

Projeto Manhattan do Governo dos Estados Unidos. Ulam propôs a Neumann implementar sua nova teoria em um espaço celular discreto. Com o objetivo de dar uma prova matemática da possibilidade de autorreprodução, Neumann projetou o primeiro autômato celular (CA) documentado na literatura. Além disso, regras complexas foram construídas para tentar simular componentes eletrônicos de um computador, bem como vários outros dispositivos mecânicos (WOLFRAM, 2002, DELANEZE, 2011).

Somente a partir do final da década de 1960, novas regras para o CA foram implementadas através das pesquisas do matemático britânico Jonh Horton Conway (1937 – 2020), professor na Universidade de Cambridge. Segundo Wolfram (2002), Conway criou um conjunto de regras, denominado de *Game of Life* (O Jogo da Vida), o qual foi originalmente apresentado como um jogo matemático, cuja popularização se deu, em grande parte, devido à sua publicação na revista *Scientific American*. Alguns anos depois, Tobler propôs um modelo de espaço celular para os trabalhos de planejamento na cidade de Detroit, no estado de Michigan, nos EUA. Porém, em 1979, ele começou, de fato, a explorar a aplicabilidade de modelos de autômatos propriamente ditos em sistemas geográficos, o que resultou no famoso artigo *Cellular Geography*, publicado na IASA, em 17 de junho de 1975 (WOLFRAM, 2002).

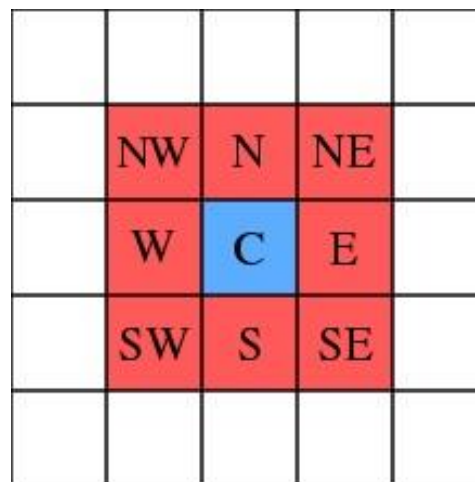
Nos anos de 1980, a pesquisadora do Departamento de Geografia da Universidade da Califórnia em Santa Bárbara (EUA), Helen Couclelis, influenciada por Tobler, continuou as investigações até o final da década. Nesse período, as aplicações de autômatos começaram a se consolidar e passaram a ser dotadas de aprimoramentos conceituais, como noções de fractais, caos, entropia, criticidade, auto-organização (*Self-Organized Criticality – SOC*), entre outros (BATTY *et al*, 1997, ALMEIDA, *et al*, 2007). A título de esclarecimento dos termos mencionados anteriormente, Goossens e De Vliegheer (1998) definem “fractais” como um conjunto geométrico constituído por pontos, linhas, áreas e volumes, cujo comportamento morfológico ocorre de maneira irregular, e essa irregularidade se propaga geometricamente através de muitas escalas.

Stachowiac (1972) define “Caos” como um comportamento estocástico (aleatório) que ocorre num sistema “determinístico” (governado por uma lei exata). A “Criticidade auto-organizável”, ainda segundo Stachowiac (1972), é designada como sistemas nos quais os componentes individuais seguem sua própria dinâmica local até um estado crítico, no qual as dinâmicas emergentes são globais, e a comunicação flui livremente através de todo o sistema (DELANEZE, 2011, p. 28). Complexidade é a consequência da criticidade auto-organizável (BAKER, 1973, CHEN; ROGAN, 2004 apud ALMEIDA *et al*, 2007).

A partir da década de 1980, as pesquisas relacionadas ao CA, sobretudo devido às contribuições de Wolfram, passaram a considerar tal abordagem como modelos de sistemas complexos, no sentido de que regras bastante simples poderiam originar padrões extremamente complexos (WOLFRAM, 2002, DEMIREL; CETIN, 2010). A partir da complexidade, os modelos CA passaram a permitir e considerar interações entre níveis local e global, em especial os condicionantes globais sobre as decisões locais. Essas operações globais podem ser adicionadas aos modelos como restrições externas ou internas ou como aplicação desigual das regras de transição (O’SULLIVAN; TORRENS, 2000).

De acordo como Delaneze (2011), “o jogo da vida” ou *Game of Life* ou simplesmente *Life*, proposto por John Conway, é, possivelmente, o mais comum e conhecido exemplo de CA criado pelo matemático em 1970 (GARDNER, 1970). O jogo evolui em uma grande célula com formato quadrado, bidimensional, utilizando a vizinhança de Moore, que consiste em oito células ao redor de uma célula central em uma grade quadrada (Figura 18). A vizinhança foi nomeada em homenagem ao matemático estadunidense Edward F. Moore (1925-2003), professor na Universidade de Harvard, um pioneiro da teoria dos autômatos celulares.

**Figura 18** - Estrutura da vizinhança de Moore a partir da grande célula central.



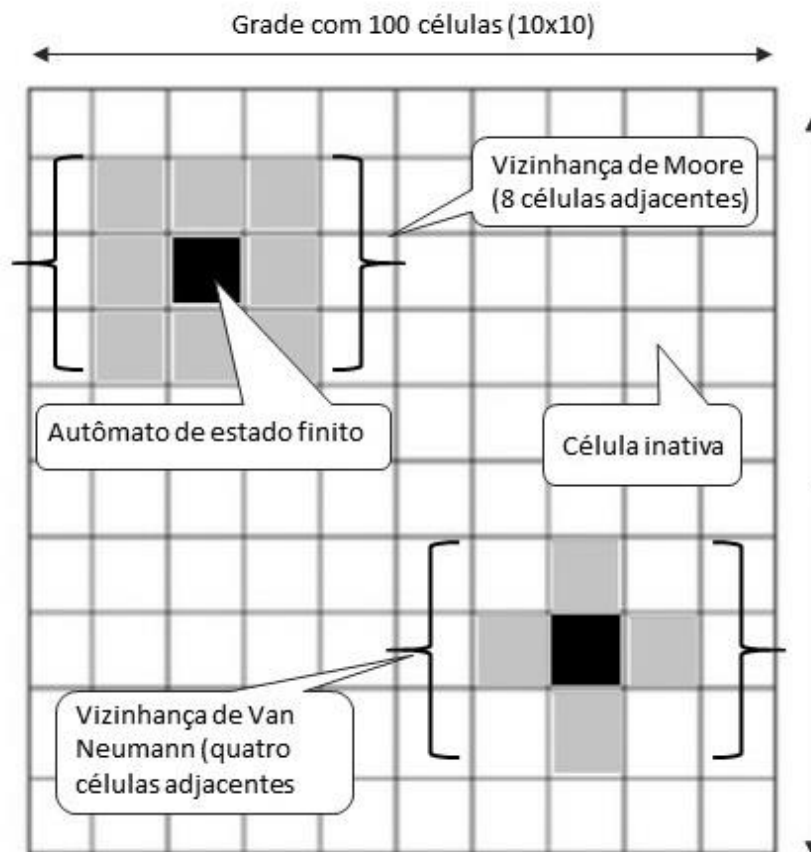
Fonte: Adaptado de Straatman et. al. (2001)

Nessa proposta, a célula (C) pode ter apenas dois estados: viva (*on*) ou morta (*off*). O destino de cada célula depende do seu estado atual e do estado das células vizinhas. As regras que determinam o nascimento, a sobrevivência ou a morte de cada célula são chamadas de leis genéticas de Conway, que são:

- 1- Se, no instante  $t=0$ , uma célula estiver morta e se existirem exatamente três células vizinhas vivas, então, no instante  $t=1$ , a célula nascerá;
- 2- Se, no instante  $t=0$ , uma célula estiver viva e se existirem quatro ou mais células vizinhas vivas, então, no instante  $t=1$ , a célula morrerá (excesso de população);
- 3- Se, no instante  $t=0$ , uma célula estiver viva e se não existir pelo menos duas células vizinhas vivas, então, no instante  $t=1$ , a célula morrerá (isolamento);
- 4- Se, no instante  $t=0$ , uma célula estiver viva e se existirem somente duas ou três células vizinhas vivas, então, no instante  $t=1$ , a célula permanecerá viva (sobrevivência).

Essas regras são aplicadas simultaneamente a todas as células submetidas a um processo de transição. De acordo com Straatman (2001), as partes de um CA podem ser descritas como sendo “Grade”, “Vizinhança”, “Estados”, “Regras de Transição” e “Passos de tempo discretos”. A Grade é a geometria do CA, é dada por uma grade de células, na qual a geometria bidimensional de quadros é a mais comum, embora exista CA nas geometrias triangulares e hexagonais, em uma, duas ou três dimensões. A Vizinhança é determinada pela localização das células adjacentes em relação à célula central. Duas vizinhanças muito utilizadas em malhas ortogonais são a vizinhança de Moore e a vizinhança de Von Neumann. A vizinhança de Von Neumann é constituída por quatro células diretamente adjacentes. A vizinhança de Moore, por oito células adjacentes por aresta e vértice (Figura 19).

**Figura19** - Vizinhanças de Moore e de Von Neumann



Fonte: Adaptado de Geosimulation.org (2011)

Ao tratar das células, Conway diz que estas assumem, a cada instante, um atributo ou “Estado” específico em um conjunto finito de possibilidades de estados. Isso ocorre devido à capacidade e à velocidade do arranjo celular em questão. O conjunto de estados pode ser numérico, mas é, principalmente, nominal. Geralmente, as células são visualizadas através das cores diferentes para cada estado e essa variação de cores possibilita maior clareza ao analisar processos como evolução ou regressão de células.

Nos modelos onde se utiliza o CA para identificar mudanças de uso e cobertura da terra, os estados da célula representam as classes de uso e cobertura. As “Regras de transição”, ou “Regras locais”, são funções dos estados das células e determinam o estado de cada célula no próximo momento (tempo). Os “Passos de tempo discreto” possibilitam que o CA evolua como resultado das repetidas e simultâneas atualizações das células. Dessa maneira, um CA pode ser compreendido, em princípio, como um sistema dinâmico (STRAATMAN, 2001, DELANEZE, 2011).

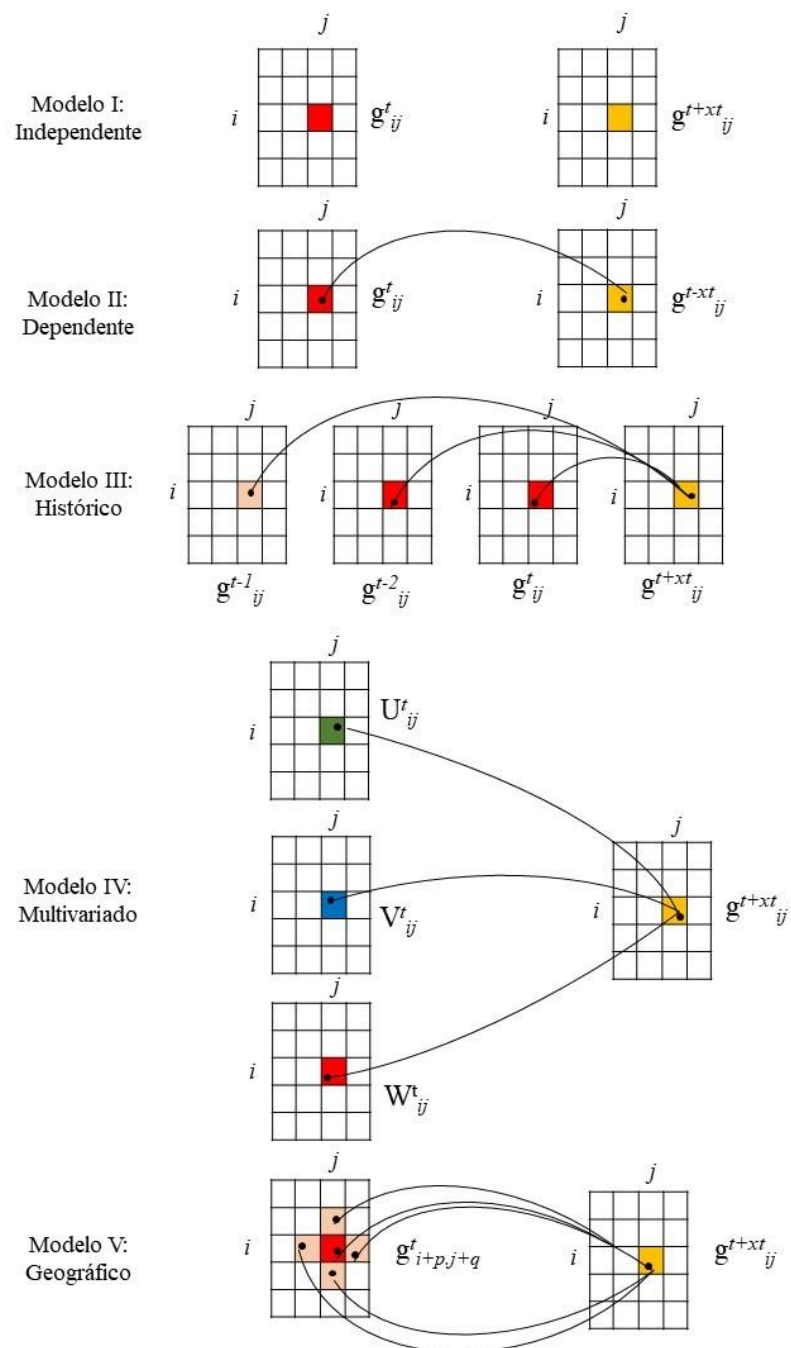
### 2.3.3 Modelos Autômato: Estruturação e Tipologias

Segundo Eastman *et al* (2005), Delaneze (2011) e Adami (2011), dentre os elementos principais de um sistema baseado em CA, encontra-se a vizinhança. Os estados das células no entorno da célula-alvo (vizinhança) são imprescindíveis para projetar sua característica após o lapso temporal. Ainda sendo um elemento clássico dos estudos de difusão espacial, a vizinhança recebe atenção especial no trabalho de Tobler (1970), implícita em uma “lei” na qual as relações de proximidade e distanciamento, apesar de relativas, são influenciadoras (exemplos: SUI, 2004, BARNES, 2004, MILLER, 2004, SMITH, 2004). Tobler (1979) realizou uma das primeiras contribuições no sentido de aplicação da modelagem de uso da terra a ambientes digitais, através do emprego de uma metodologia que surgiu na direção do uso de CA em pesquisas geográficas.

Segundo Adami (2011), cinco modelos celulares foram propostos para representar as mudanças de usos da terra em uma célula ( $g_{ij}^t$ ) em um dado lapso temporal ( $g_{ij}^{t+xt}$ ). O primeiro, o modelo independente (I) não estabelece relação entre a classe em  $g_{ij}^t$  e  $g_{ij}^{t+xt}$  de maneira variada. Os outros modelos estabelecem relação entre o uso atual em  $g_{ij}^t$  e o uso futuro  $g_{ij}^{t+xt}$ , seja com única dependência (modelo II) da situação atual, ou como reflexo de vários momentos do passado, além do presente, chamado de modelo histórico (III).

Analisando outros elementos do espaço, pode ser construído um modelo multivariado (IV), onde a categoria em  $g_{ij}^{t+xt}$  é dependente de um conjunto de variáveis ( $U_{ij}^t$ ,  $V_{ij}^t$ ,  $W_{ij}^t$ ). O modelo geográfico (V) considera, além da célula  $g_{ij}^t$ , os usos nas células vizinhas ( $g_{i+p,j+q}^t$ ) para projetar o uso da terra na célula  $g_{ij}^{t+xt}$  (TOBLER, 1979, ADAMI, 2011) (Figura 20). No entanto a denominação “modelo geográfico” se dá apenas ao modelo V, o qual só incorpora a vizinhança da célula-foco além de mostrar-se uma concepção “simplista”, enquanto os modelos que buscam representar a realidade geográfica incorporam todas as relações mencionadas por Tobler (1979).

**Figura 20** - Tipos e estruturas principais dos modelos autômato.



Fonte: Adaptado de Tobler (1979) e Adami (2011)

De acordo com Tobler (1979), a combinação entre os vários tipos de modelos pode proporcionar resultados mais próximos da realidade e, conseqüentemente, mais precisos. Considerando o modelo geográfico, no qual a vizinhança determina a influência sobre os resultados e as regras de transição entre os estados, é proporcionada a “estacionalidade”

espacial, ou seja, o conjunto de regras não se altera em uma vizinhança determinada e fixa, não ocorrendo variação em relação à sua posição no espaço (ADAMI, 2011).

Os CAs seriam, segundo Deadman e Brown (1993), uma alternativa aos modelos matemáticos que normalmente empregam equações diferenciais. Segundo o autor, as vantagens dos modelos CA estariam: a) na semelhança entre processos físicos computacionais, b) na maior simplicidade em relação aos modelos matemáticos, c) na ausência de perda de precisão quando implementados em computadores, d) na capacidade de mimetizar as ações de quaisquer sistemas naturais e e) na irredutibilidade dos sistemas. Os CAs também podem subsidiar a descrição de sistemas reais a partir do comportamento microscópico, a exemplo dos *pixels* de uma imagem, ao qual o modelo pode representar através de feição, nesses casos os CAs são bastante úteis também (DEADMAN; BROWN, 1993).

#### **2.3.4 Os Modelos e a Modelagem Espacial**

Os modelos espaciais nos permitem explicar, de maneira mais realista, os mecanismos de possibilidade que geram a distribuição espacial de fenômenos e objetos. Esses modelos também incorporam processos, tais como as competências e as dispersões, as quais podem ter uma grande influência sobre os padrões observados do que se esteja modelando (ZAVALA *et al.*, 2006). A modelagem espacial dinâmica (BURROUGH, 1998) procura transcender as limitações atuais da tecnologia de geoprocessamento, fortemente baseada numa visão estática, bidimensional do mundo. Dessa forma, ainda segundo Burrough (1998), um modelo espacial dinâmico é uma representação matemática de um processo do mundo real em que uma localização na superfície terrestre muda em resposta a variações em suas forças direcionadas (BURROUGH, 1998, GRIGIO, 2008, ANGELO, 2015).

O desafio atual da espacialização de dados consiste na representação computacional da dinâmica dos processos e fenômenos territoriais, a exemplo do uso e cobertura da terra, indo além da simples inserção de uma série temporal no conjunto de dados. É necessário transformar esses sistemas essencialmente estáticos em ferramentas capazes de prover representações realistas de processos espaço-temporais, isso mediante a compreensão de fatores e de leis que regem a dinâmica observada (PEDROSA, 2003). Sendo assim, o desenvolvimento do modelo espacial dinâmico objetiva superar as limitações atuais da tecnologia de geoprocessamento, caracterizado por ser uma representação estática da paisagem e por buscar entender as relações e mudanças no tempo dos sistemas ambientais (CLARK, 1997).



Para Lambin (1994) e Pedrosa (2003), os modelos espaciais dinâmicos descrevem a evolução de padrões espaciais de um sistema ao longo do tempo e devem responder às questões por que, quando e onde. Essas questões, além de serem respondidas, também podem ser descritas quantitativamente, possibilitando, assim, um fenômeno, a previsão da sua evolução e integrando escalas de tempo e espaço. Outra abordagem possível dentro da modelagem espacial dinâmica é a *Top-down*, a qual, de forma geral, descreve o comportamento de todo um sistema através de dois argumentos: a quantidade de mudança e a função potencial, sendo muito utilizada em modelagem de uso e cobertura da terra (COSTA, et. al., 2010).

De acordo com Angelo (2015), usualmente, os modelos espaciais dinâmicos de abordagem *Top-down* apresentam uma estrutura dividida em: Componentes de Demanda, Potencial e Alocação. O primeiro componente (Demanda) estabelece o quanto a cobertura muda em um determinado período do tempo. O segundo componente (Potencial) determina a probabilidade de mudança em função da presença de forças direcionadoras de mudança. O terceiro componente (Alocação) possibilita especificar as áreas que mudaram em decorrência da demandada e das superfícies potenciais (VELDKAMP; FRESCO, 1996; VERBURGH *et al*, 2002; SOARES-FILHO *et al*, 2006; EASTMAN, *et al*, 2005; AGUIAR, *et al*, 2014).

Ainda tratando dos componentes da modelagem espacial dinâmica, salienta-se que o Componente de Demanda refere-se à “parte” não espacial do modelo, porém esta define a quantidade de mudança que será alocada em toda área, proporcionalmente ao potencial de cada célula (VERBURG *et al*, 2002; AGUIAR *et al*, 2014). O cálculo desse componente pode ser baseado, por exemplo, na análise de tendências históricas. Já o Componente de Alocação é o mecanismo utilizado para distribuir a demanda em cada célula de acordo com o seu potencial. Esse componente estabelece a competição através de regras de decisão e permite o controle da quantidade mínima e máxima em cada célula, bem como a definição da velocidade em que a mudança acontece (ANGELO, 2015; VERBURG, *et al*, 2002; AGUIAR *et al*, 2014).

A parametrização dos modelos nos permite verificar que, além da dependência de fatores ambientais e “processos espaciais”, eles resultam em uma distribuição espacial (GÓMEZ, 2003, ZAVALA, 2006, p. 3). Os modelos espaciais têm sido determinantes e, talvez, o avanço mais significativo venha ocorrendo na área da Ecologia atualmente para compreender o papel dos processos locais na organização espaço-temporal das populações (PACALA, 1996; SOLÉ; BASCOMPTE, 2006).

Os modelos, de maneira geral, incluem variáveis que descrevem o estado do sistema ao longo do tempo (por exemplo, o número da população ou áreas de cobertura). Nos modelos analíticos, as *regras* são expressas por meio de equações e, nos modelos numéricos, por meio

de simulações computacionais, nos quais a relação entre as variáveis é materializada em um código de computador. Em modelos espacialmente explícitos, algumas das variáveis de estado dependem do espaço. A seguir, dois exemplos que foram propostos por Zavala e colaboradores (2006), obtidos através da publicação “Modelos espacialmente explícitos” (2006, p. 89-100) da revista *Ecosistema*. Nesse trabalho, os autores abordam dois tipos principais de modelos, sendo esses exemplos para as discussões neste estudo:

Ejemplo 1. Modelo analítico en tiempo continuo y no espacial. Modelo de crecimiento poblacional exponencial. En este modelo la tasa de crecimiento instantánea de la población ( $dN/dt$ ) es proporcional al tamaño de la población mediante constante de proporcionalidad igual a la tasa de crecimiento relativo de la población ( $r$ ) ( $dN/dt = rN$ ). En este ejemplo la variable de estado es  $N(t)$  que es el tamaño de la población  $N(t)$  y  $r$  es un parámetro del modelo cuyo valor puede ser estimado experimentalmente. La resolución o integración de dicho modelo resulta en un modelo de crecimiento exponencial ( $N(t) = N_0 e^{rt}$ , en donde  $N_0$  es el tamaño inicial de la población). Obsérvese que el espacio no se explicita en ninguna variable de estado y por tanto es un modelo no espacial. (ZAVALA *et al*, 2006, p. 11)

O segundo exemplo a seguir, proposto por Zavale (*et al*, 2006, p. 11), aborda a modelagem espacialmente explícita com o modelo autômato celular, uma das peças-chave para o alcance dos resultados neste estudo:

Ejemplo 2. Modelo numérico en espacio y tiempo discreto y espacialmente explícito: Autómata celular. Podemos imaginar un tablero de ajedrez en el que el estado del sistema puede ser definido en cada instante por dos colores (blanco y negro) (por ejemplo espacio ocupado o vacante por una determinada especie). Las reglas de cambio del sistema en su conjunto pueden venir definidas en función de unas reglas locales que se aplican a cada celdilla. Así una celda puede cambiar de color en función del color de sus cuatro vecinos y esta regla se itera cada generación temporal. Habitualmente resulta muy complejo deducir unas ecuaciones de comportamiento general del sistema que nos indique de qué manera cambiará a lo largo del tiempo la fracción de blancos y negros en el tablero y la distribución espacial resultante. Por lo tanto no es un modelo analítico sino numérico y es espacialmente explícito en tanto que el estado del sistema ( $p_e$  fracción del espacio ocupado por celdas negras en el tiempo  $t+1$ ) depende de la configuración espacial observada en el tiempo  $t$ . (ZAVALA *et al*, 2006, p. 11)

A partir dos exemplos 1 e 2, pode-se considerar que os modelos possuem fins diferenciados e não podem ser empregados para o mesmo objetivo. O analítico de crescimento

(Exemplo 1) não é um modelo espacial, trata-se de um modelo a ser empregado em fenômenos que não necessitam da variável *localização* para que os seus resultados sejam contemplados. Nesse exemplo, o modelo em questão destina-se, principalmente, ao entendimento dos processos de crescimento, a exemplo de uma determinada população cuja parametrização não inclui o *espaço*, e sim os valores absolutos do tamanho da população.

O segundo exemplo citado trata de um modelo no qual a variável *localização* é imprescindível para a sua parametrização. O *posicionamento* é uma variável que determina os resultados a serem produzidos pelo modelo; no entanto, essa variável (posicionamento) é condicionada à variável *tempo*. Dessa forma, os resultados desse modelo remetem a fenômenos que se movimentam em planos condicionados também por valores relacionados ao tempo. De acordo com Wegener, Gnad e Vannahme (1986), um modelo é denominado dinâmico se possuir uma dimensão temporal explícita, se suas entradas e saídas variarem com o tempo e se seus estados dependerem de estados anteriores (GRIGIO, 2008, p. 14).

Sendo assim, os modelos espaciais dinâmicos descrevem a evolução de padrões espaciais de um sistema ao longo do tempo. Esses modelos são também compreendidos como modelos numéricos em espaço e tempo espacialmente explícitos (Zavala et al, 2006; Aguiar, et al, 2014). Eles se caracterizam como o modelo principal, empregado nesta tese como recurso para as investigações dos processos e fenômenos envolvendo a paisagem da área do entorno da BTS, uma vez que a pesquisa aborda processos e fenômenos que ocorrem em um espaço físico (entorno da BTS), condicionados por uma escala de tempo (série temporal 1985 a 2017, além das tendências futuras).

### **2.3.5 Função e Aplicações dos modelos**

Segundo Lambin (1994) e Pedrosa (2003), um modelo que visa à investigação de fenômenos, deve responder às questões seguintes: 1ª) quais variáveis ambientais e culturais contribuem para explicar o fenômeno e quais são os processos ecológicos e socioeconômicos existentes por trás do fenômeno? 2ª) como o processo evolui? e 3ª) Onde ocorrem os fenômenos? Entende-se, dessa maneira, que um modelo é constituído de pelo menos três elementos: i) variáveis, ii) relacionamentos e iii) processos. Ao construir um modelo, dependendo do objetivo, pode-se dar ênfase a um ou a outro desses elementos. Modelos de sistemas são descrições matemáticas de processos complexos que interagem entre si, enfatizando as interações entre todos os componentes de um sistema (LAMBIN, 1994; PEDROSA, 2003). Segundo Pedrosa (2003) e Grigio (2008), os diferentes tipos de modelos

são: a) Empíricos: Cadeias de Markov, Logísticos de difusão e Regressão e b) Sistemas: Simulação de Ecossistemas e Simulação Espacial Dinâmica, conforme Quadro 2.

**Quadro 2** - Resumo dos tipos de modelos.

<b>Modelo</b>	<b>Por que</b>	<b>Quando</b>	<b>Onde</b>
<b>Cadeias de Markov</b>	Não pode explicar a razão de um fenômeno por ser processo estocástico e não suporta a inclusão de variáveis exógenas.	Pode prever a evolução de processos estacionários.	Pode prever distribuições espaciais de elementos do modelo se for combinado com SIG.
<b>Logístico de Difusão</b>	Permite a inclusão de poucas variáveis exógenas, entretanto é um modelo descritivo, não suportando investigações exploratórias.	Suporta a dimensão temporal, podendo prever a evolução de processos não estacionários.	Pode prever distribuições espaciais de elementos do modelo se for combinado com SIG.
<b>Regressão</b>	Contribui para identificar forças direcionadoras, entretanto é um modelo descritivo, não sendo capaz de estabelecer relações causais entre as variáveis.	Pode prever a evolução de processos estacionários.	Não é um modelo espacial, entretanto pode ser combinado com SIG.
<b>Simulação de Ecossistemas</b>	É um modelo exploratório que requer descrições funcionais dos sistemas ecológicos.	Pode formular cenários de mudanças futuras no uso, baseado nos parâmetros do modelo.	Apresenta dificuldade na representação espacial.
<b>Simulação Espacial Dinâmica</b>	Requer modelos funcionais espacialmente definidos.	Pode prever mudanças temporais no uso do solo, baseado nos parâmetros do modelo.	Pode prever evolução de padrões espaciais em processos determinísticos.

Fonte: Adaptado de Grigio (2010)

Os modelos citados no Quadro 2 atendem às necessidades específicas de cada caso, dentro de situações e objetivos específicos. É necessário ter um conhecimento do sistema que se deseja modelar e, para isso, faz-se necessário o aprofundamento literário com relação ao tipo e à categoria do modelo a ser adotado. O uso dos modelos espacialmente dinâmicos indica que o tempo e o espaço caracterizam-se como principais atributos das investigações pretendidas neste estudo.

Os modelos espaciais vêm sendo usados em diversas áreas e com diferentes objetivos, dos quais destacamos: favorabilidade a ocorrências minerais (BONHAM-CARTER, 1989; AGTERBERG, 1989; PORWAL; HALE, 2000); dinâmica de pastagens, perdas de solo (LI ;

REYNOLDS, 1997); competição entre espécies de plantas (SILVERTOWN *et al.*, 1992); desmatamento (VERBURG *et al.*, 2006; MAEDA *et al.*, 2011; SOARESFILHO *et al.*, 2006; AGUIAR e colaboradores, 2007); mudanças de uso da terra devido às alterações climáticas (ALCAMO, 1994); propagação de fogo em áreas florestadas (KARAFYLLIDIS; THANAILAKIS, 1997; SILVESTRINI, 2008), entre várias outras aplicações.

Nos dias atuais, os modelos baseados em CA são utilizados para várias aplicações em vários segmentos, dentre eles destacamos alguns trabalhos, sendo alguns já mencionados anteriormente.

Di Gregorio e Serra (1999) empregaram um modelo CA para simulação macroscópica de biorremediação de solos contaminados. Esse modelo foi testado em uma planta piloto com contaminação por fenol e, através dele, foi possível descrever os resultados experimentais em várias outras condições.

White e Engelen (1993, 1997) desenvolveram um modelo que envolveu a primeira tentativa de investigação das possibilidades de aplicação do CA para modelagem e simulação dos padrões de crescimento urbano futuro com precisão (WHITE; ENGELEN, 1993, 1997; ENGELEN *et al.*, 1995).

Demirel e Cetin (2010) utilizaram autômatos celulares em pesquisas relacionadas à dinâmica de uso e cobertura da terra e ao crescimento urbano do lado europeu da cidade de Istanbul, na Turquia, empregando imagens dos satélites da série Landsat e fotografias aéreas, a fim de realizar simulações para o ano de 2017.

Oguz (2004) realizou simulações de crescimento para o ano de 2030 da cidade Houston, no Texas, para isso, utilizou o software SLEUTH (*Slope, Land use map, Excluded area, Urban area, Transportation map, Hillside área*), desenvolvido por Keith Clarke, pesquisador e professor da área de Geografia da Universidade da Califórnia, em Santa Barbara (CLARKE *et al.*, 1997). Os resultados dos trabalhos mostraram que Houston poderá perder 2000 km<sup>2</sup> de floresta, cerca de 600 km<sup>2</sup> de terras agricultáveis e 400 km<sup>2</sup> de áreas úmidas (DELANEZE, 2011).

Pan *et al.* (2010) analisaram o impacto da variação das escalas sobre o comportamento de um modelo autômato celular, para isso utilizaram a modelagem de uso da terra. A variação da escala foi representada pela variação na dimensão espacial das imagens empregadas no estudo, no tamanho das células e na configuração da vizinhança, incluindo forma e tamanho. Os resultados demonstram que as variações influenciaram o desempenho do modelo de diferentes maneiras.

Verburg *et al* (2002) conceberam o modelo CLUE-S (*Conversion of Land Use and its Effects at Small regional extent*), desenvolvido especificamente para a análise do uso da terra em pequenas regiões, com uma resolução espacial mais acurada. O modelo possui uma estrutura baseada na “teoria dos sistemas” (BERTALANFFY, 1975, CHRISTOFOLETTI, 1999; MONTEIRO, 2000; TROPMAIR; GALINA, 2010; DRACK *et al*, 2007; DRACK, 2009), que permite a análise integrada do uso da terra em relação aos fatores socioeconômicos e biofísicos. Foram realizadas duas aplicações, a primeira nas Filipinas e a segunda na Malásia, que são representadas na ilustração do funcionamento do modelo e sua validação.

Vicari *et al* (2007) obtiveram resultados satisfatórios utilizando um modelo de autômatos celulares para a simulação de fluxos de lava na erupção do vulcão Etna, na Sicília em 2001.

D’Ambrosio *et al* (2001) desenvolveram o modelo SCAVATU (*Simulation by Cellular Automata for the Erosion of Vast Territorial Units*) para analisar os processos de erosão do solo pela água. Esse modelo utiliza dados de altitude, profundidade da água subterrânea, densidade de vegetação, capacidade de infiltração, transporte e deposição de sedimentos. As simulações iniciais foram aplicadas à microbacia do Fiumara Armaconi, Calábria, sul da Itália, e deram resultados promissores, apesar de o modelo ser oportuno para possíveis aprimoramentos.

Zhao (2011) empregou CA para desenvolver um modelo para simulação da propagação do fogo em áreas densamente urbanizadas. Ele empregou dois padrões de propagação do fogo, um com o fogo acelerado em um único prédio e outro com a propagação do incêndio para outros edifícios. Para validar o modelo, foram comparados os melhores resultados simulados com dados reais adquiridos através de um terremoto na cidade de Kobe, no Japão, em 1995, empregando uma ferramenta envolvendo o SIG-CA-fogo. A partir dos resultados da simulação, um modelo de ponderação de perdas pode ser formulado para calcular as perdas econômicas e de vidas humanas após a propagação dos incêndios (PORWAL; HALE, 2000; ZHAO, 2011).

Aguiar e colaboradores (2007) analisaram as diferenças entre as regiões no uso da terra na Amazônia brasileira. Os autores avaliaram os fatores que são determinantes para desflorestamentos (a pastagem e a agricultura temporária e permanente), utilizando dados obtidos de sensoriamento remoto e censitários. Os sistemas são condições ambientais favoráveis e de acesso aos mercados locais e nacionais. A estrutura agrária e a análise do uso da terra reforçam essa conclusão, indicando a heterogeneidade dos sistemas de uso da terra por tipo de agente e a influência da estrutura agrária nos padrões de uso da terra na região norte do Brasil (AGUIAR e colaboradores, 2007).

# **CAPÍTULO**

## **III**

**PROCEDIMIENTOS  
METODOLÓGICOS**

### 3. METODOLOGIA GERAL PARA O ESTUDO DA PAISAGEM

Diante da complexidade das paisagens, segundo Leitão (1995), os estudos podem ser diversificados, portanto as metodologias que se podem aplicar também podem ser variadas. É possível seguir uma metodologia geral como referência, porém outras poderão contribuir ou não, tal como a proposta por Bólos (1992). O estudo da paisagem tendo como referência a proposta de Bólos (1992), em primeiro lugar, procede-se realizando uma exploração ou um reconhecimento, observando a paisagem, conhecendo a sua história, requerendo alguns dados e informações ambientais.

Nesta pesquisa, a aquisição e a exploração das informações ocorreram por meio das geotecnologias, foram empregados dados ambientais de natureza vetorial e *rasters*, a exemplo de composições *Red/Green/Blue* (RGB), modelo digital de terreno (MDT), mapas de classificação do uso e cobertura da terra (CLASS) durante as práticas de geoprocessamento. Tais recursos são necessários para esboçar a situação atual da paisagem, através do conhecimento dos diversos elementos que integram as condições do sistema caracterizado pelas formas da cobertura e usos da terra na área investigada.

Segundo Leitão (1995), uma vez analisadas as paisagens, é possível elaborar um diagnóstico preliminar e, assim, detectar quais componentes desse sistema estão funcionando bem e onde se localizam as disfunções. Se houver alguma disfunção, nas áreas suscetíveis a prejuízos aos recursos naturais importantes para o equilíbrio ambiental, devem ser efetivadas medidas de reparação, mitigação, compensação, entre outras.

A fase seguinte foi elaborada um prognóstico, ou seja, fazer uma previsão. Nesta pesquisa, foi empregado a análise de tendência e simulações de cenários da paisagem e foi previsto qual será o estado final do sistema num prazo determinado. Por último, será proposto um conjunto de recomendações para o monitoramento e tomada de decisões para o auxílio da conservação e da proteção ambiental da área de estudo.

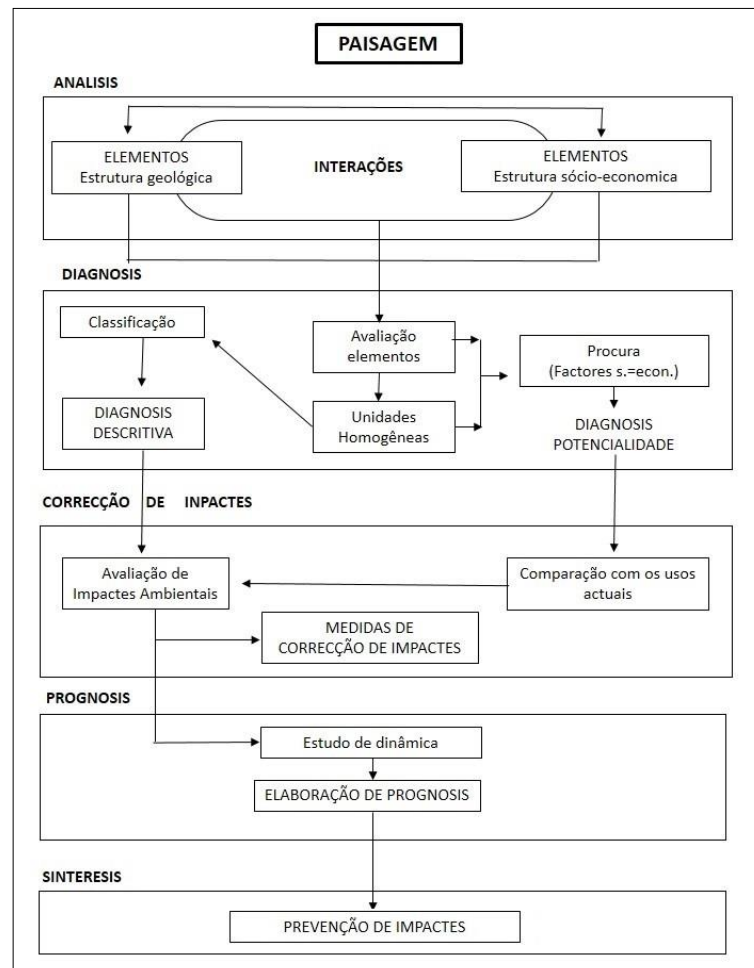
Nesta tese, a proposta de estudo da paisagem do entorno da Baía de Todos-os-Santos (BTS) alinha-se ao esquema metodológico proposto por Bolós (1992). Dessa forma, ao abordarmos uma paisagem específica, deveremos, em primeiro lugar, proceder à análise dos vários elementos que a compõem, além de suas *interações* (em *analysis*), compostas por elementos de estrutura geológica e de estrutura socioeconômica. Uma vez realizada a análise, foi elaborado o diagnóstico do estado atual do sistema, que permite, além de detectar possíveis disfunções, classificá-lo ou determinar a sua aptidão para acolher determinado uso ou atividade (*diagnosis*). A *diagnose* poderá ser: (i) *descritiva*, por detalhar as características da paisagem



ou (ii) *de potencialidade*, cujo objetivo será a definição da aptidão ou capacidade da paisagem para diversos usos, através do estudo da reação frente a diversas atividades (LEITÃO, 1995).

Bolós (1992) sinaliza que, como no esquema proposto na Figura 21, poderá ser necessário aplicar “medidas de correção” para anular ou reduzir os impactos resultantes da possível disfunção detectada. Posteriormente, segue um prognóstico de acordo com os estudos da dinâmica ou evolução do sistema, podendo-se prever qual será o seu estado face às diversas hipóteses (*prognosis*). É preferível, segundo Bólos (1992), no caso dos estudos de impactos ambientais, que esses impactos sejam calculados através da comparação entre a evolução do sistema tal como está (hipótese 0), considerando as várias alternativas do projeto ou plano (hipótese 1). Obviamente, esses estudos ocorrem no âmbito dos vários subsistemas que compõem um dado Geossistema, nomeadamente, o subsistema natural e o socioeconômico, a fim de poder prever suas futuras evoluções e elaborar planos para o passo metodológico seguinte.

**Figura 21** - Etapas metodológicas dos estudos de paisagem de Bólos (1992).



A etapa descrita por Bólos (1992) como correção de impactos ambientais (*Correcção de impactes*) ocorre a partir dos dois tipos de Diagnoses (*Diagnosis descritiva* e de *potencialidade*) que implicam a avaliação de impactos ambientais e comparações com usos atuais da terra (*Avaliação de impactes ambientais* e *Comparação com usos actuais*). Sendo assim, ambos remetem às prospecções das medidas de correção dos impactos (*Medidas de correcção de impactes*). A etapa seguinte é caracterizada como prognóstico (*Prognosis*), que implica uma estimativa para o futuro da paisagem que, neste estudo, foi encontrado bases na modelagem e simulação de cenários e nas tendências de cobertura da terra para as áreas do entorno da BTS.

Para Leitão (1995), a importância dos estudos relacionados à paisagem pode ser exemplificada muito além do trato do aspecto da qualidade visual, no que concerne à evolução em geral face à classificação de paisagens e sua gestão. Esses aspectos são cruciais, visto que essa decisão pode determinar a conservação de algumas paisagens em detrimento de outras. Ao se elaborar a *sinteresis*, propõe-se um plano de atuação para evitar as consequências indesejáveis de determinados usos atuais ou previstos no Geossistema. Assim, foi proposto determinadas técnicas preventivas, adequadas a cada tipo de sistema, segundo o resultado da *prognosis* e de acordo com a gestão prevista para esses sistemas.

### **3.1.2 Operacionalização das Etapas e Processos**

A paisagem é o objeto principal a ser trabalhado pelas técnicas da modelagem neste estudo. A perspectiva de uma leitura integrada dos elementos constituintes da paisagem, que pode possuir natureza biótica, abiótica e antrópica, foi materializada, neste trabalho, em um modelo representativo. Dessa forma, para se alcançar os resultados, foram definidas cinco etapas básicas: a fundamentação/embasamento teórico do tema; o planejamento e a definição das fontes externas de dados; a base de dados elaborada; a tomada de decisões e a modelagem. Inicialmente, a Fundamentação Teórica, sinalizada na Figura 22, partiu dos principais conceitos e categorias (Paisagem, Modelagem e Uso e Cobertura da Terra), os quais fundamentaram a operacionalidade e a realização do estudo em todos os momentos da pesquisa.

A etapa do Planejamento configurou-se como o momento da tomada de decisões iniciais (definição dos tipos e das fontes de dados) até as específicas dentro do estudo (Calibração, Parametrização e Validação do modelo a ser executado). O Planejamento foi guiado pela disponibilidade dos recursos materiais e metodológicos ao alcance do pesquisador.

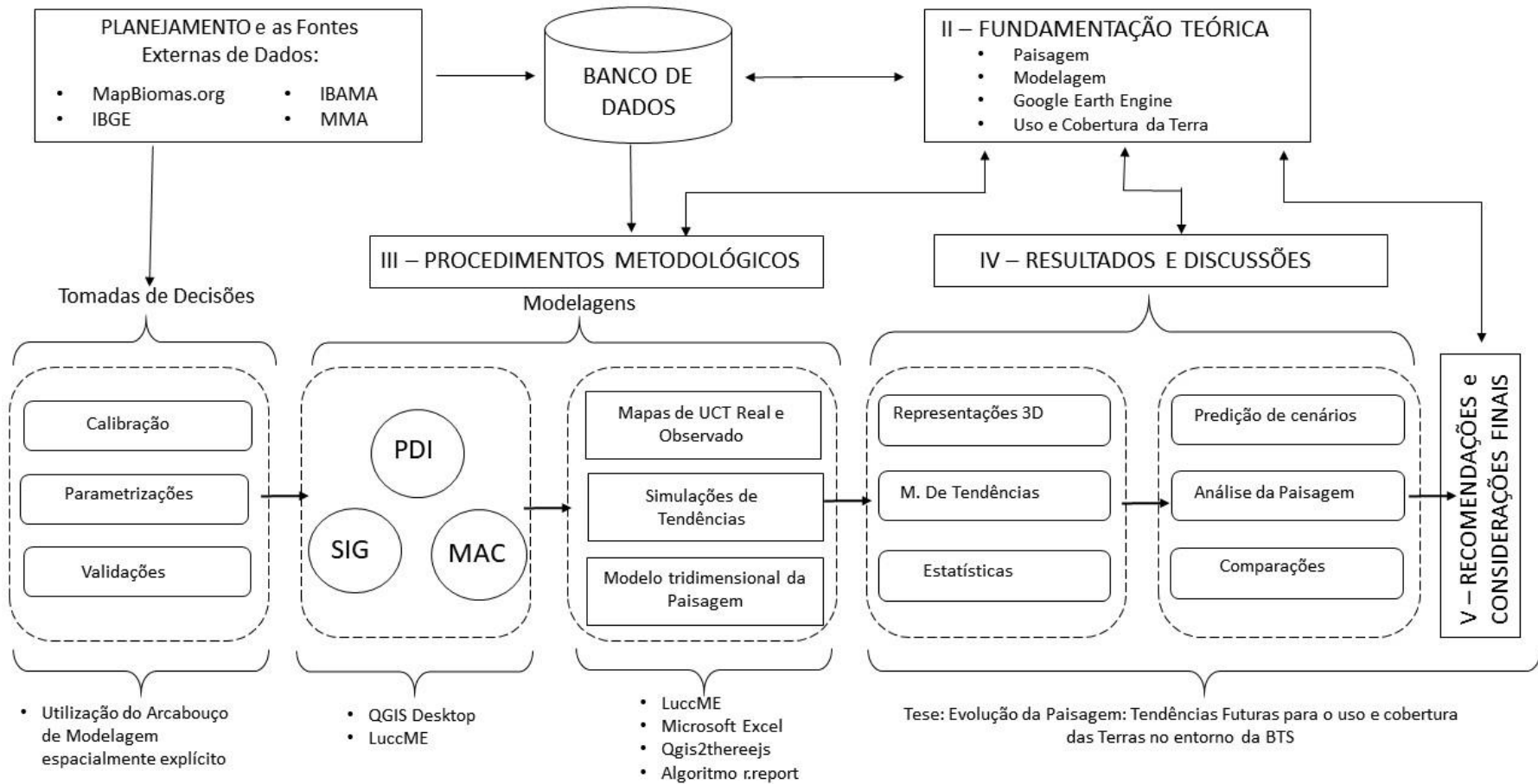
O Banco de Dados (BD), que atendeu às demandas da pesquisa (Objetivos, Problema e Hipótese), foi constituído por dados e informações (composições *Red/Green/Blue* - RGB, da série Landsat; Modelo Digital de Terreno - MDT, ALOS; arquivos vetoriais e imagens classificadas – CLASS disponibilizada pelo GEE). O BD da pesquisa corresponde ao conjunto de dados e informações e múltiplos formatos (*rasters*, vetoriais e tabulares), que foram organizados/sistematizados/parametrizados. Dessa maneira, possibilitaram os fluxos de circulação nas diferentes etapas e dos procedimentos.

Esse conjunto de imagens caracterizou-se pelas bandas (b) 5, 4, 3, 2 e 1 a partir dos sensores TM, ETM+ e OLI da série LANDSAT com resolução espacial de 30m, com correção atmosférica corrigida por reflexão de topo da Atmosfera (TOA) através de algoritmo específico da plataforma on-line *Google Earth Engine* (GEE). Também foi empregado o Modelo Digital de Terreno (MDT) do sensor *Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar* (PALSAR) com resolução espacial reamostrada para 30m, embarcado no satélite *Advanced Land Observing Satellite* (ALOS), disponibilizado na plataforma GEE já pré-processado.

Os dados de cobertura e uso da terra (CLASS), assim como o MDT, também foram adquiridos a partir do catálogo do GEE, através do projeto MapBiomas.org para o Brasil. Esses dados correspondem ao período de 1985 até 2018 (última Coleção 4.1/2019). Os dados PALSAR e demais adquirida via GEE foram processados em um ambiente de SIG com o software QGIS Desktop para geração do MDT e de composições coloridas (RGBs) e, posteriormente, submetidos ao ambiente de Modelagem pelo Autômato Celular (MAC). Os arquivos vetoriais no formato *shapefile* (SHP) correspondem a malhas viárias, hidrográficas e limítrofes dos municípios envolvidos na área de estudo (*Shapefiles*), obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A Tomada de Decisões (Figura 22) foi responsável pelo início dos processos de produção dos dados e informações preliminares, a partir do Banco de Dados (BD). Essas decisões são necessárias para as operações de modelagens envolvendo os dados iniciais, que necessitam de calibração, parametrização e validação para que a execução do modelo atenda aos objetivos e às expectativas do trabalho. A tomada de decisões para a fase seguinte de Modelagem partiu dos parâmetros e demandas para a operação do arcabouço de modelagem espacialmente explícita (LuccME) desenvolvido pelo Centro de Ciências do Sistema Terrestre (CCST) do INPE. O LuccME foi a plataforma de simulação e geração dos resultados e posteriores discussões, sempre associadas aos dados complementares como as composições coloridas *Red/Green/Blue*, MDT e dados vetoriais (Figura 22).

**Figura 22** - Procedimentos Metodológicos envolvidos no estudo.



LEGENDAS: PDI - Processamento Digital de Imagens; SIG - Sistema de Informações Geográficas; MAC - Modelagem Automato Celular; IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; MMA – Ministério do Meio Ambiente

Fonte: Elaborado pelo autor

A etapa correspondente à Modelagem, sinalizada na Figura 22, ocorreu através de um conjunto de operações envolvendo o Processamento Digital de Imagens (PDI) e procedimentos com Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Esses processos/procedimentos proporcionaram a alimentação do arcabouço de modelagem espacialmente explícita (LuccME). No LuccME, foram modelados os cenários da paisagem empregando dados produzidos nas etapas e processos anteriores (PDI e SIG).

Os Resultados, conforme a ilustração da Figura 22, materializaram-se como dados e informações resultantes da etapa de Modelagem, principalmente pelo LuccME. As informações resultantes da Modelagem foram representadas em mapas e modelos de visualização tridimensional (3D) da Paisagem, além de gráficos de tendências que subsidiarão as discussões da pesquisa.

As etapas mencionadas anteriormente (Modelagem e Resultados) ocorreram em um ambiente computacional, baseadas em plataformas abertas de geoprocessamento, a exemplo do QGIS Desktop, TerraView e TerraLib, principalmente para as operações de PDI, SIG e estruturação do BD. A modelagem da cobertura e uso da terra foi realizada no arcabouço LuccME empregando o BD produzido. Por fim, as visualizações tridimensionais das informações geradas no estudo foram realizadas empregando o complemento *Qgis2threejrs* no ambiente do QGIS Desktop. As aplicações dos produtos LuccME e *Qgis2threejrs* foram empregadas para a análise e o diagnóstico da paisagem. Nessa etapa, foram discutidas as predições de cenários da paisagem a partir das tendências.

As Recomendações (Figura 22) foram elaboradas a partir da leitura e interpretação dos resultados alcançados, possibilitando propor um conjunto de práticas/ações, cujo objetivo é a conservação, reparação e mitigação dos efeitos/impactos das mudanças no uso e cobertura da terra na área de estudo.

### 3.2 DADOS VETORIAIS DE ENTRADA E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desta pesquisa foi delimitada a partir de Oliveira (2016, p. 22) empregando uma *máscara* em formato de arquivo digital *shapefile* a partir dos limites dos municípios localizados no entorno da Baía de Todos-os-Santos (BTS), com base na última atualização do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala de 1:100.000 no ano de 2017. A validação da *máscara* (limites) foi realizada empregando as Cartas Topográficas de Salvador (SD.24-X-A-V), Baía de Todos-os-Santos (SD.24-X-A-IV), Santo Antônio de Jesus (SD.24-X-B-VI), Valença (SD.24-V-D-III) e Jaguaripe (SD.24-X-C-I) na escala de 1:100.000 (IBGE, 2015), o que possibilitou o recorte dos 15 municípios.

Foi definido o sistema geodésico oficial brasileiro SIRGAS-2000 para todos os produtos cartográficos da pesquisa e foi definida a unidade de graus e minutos para a edição dos mapas, assim como a unidade metros (m) para os cálculos de áreas. Para realização da modelagem do uso e cobertura da terra (UCT) na paisagem, foi necessário um conjunto diversificado de dados e informações da área de estudo a fim de atender à complexidade do modelo a ser empregado. Sendo assim, o conjunto organizado é constituído por informações de elementos de natureza biótica, abiótica e antrópica presentes na área de estudo da pesquisa. Os principais dados utilizados foram: i) rede de drenagem e hidrografia e ii) malhas rodoviárias, limites políticos municipais e localidades principais, conforme Quadro 3 a seguir.

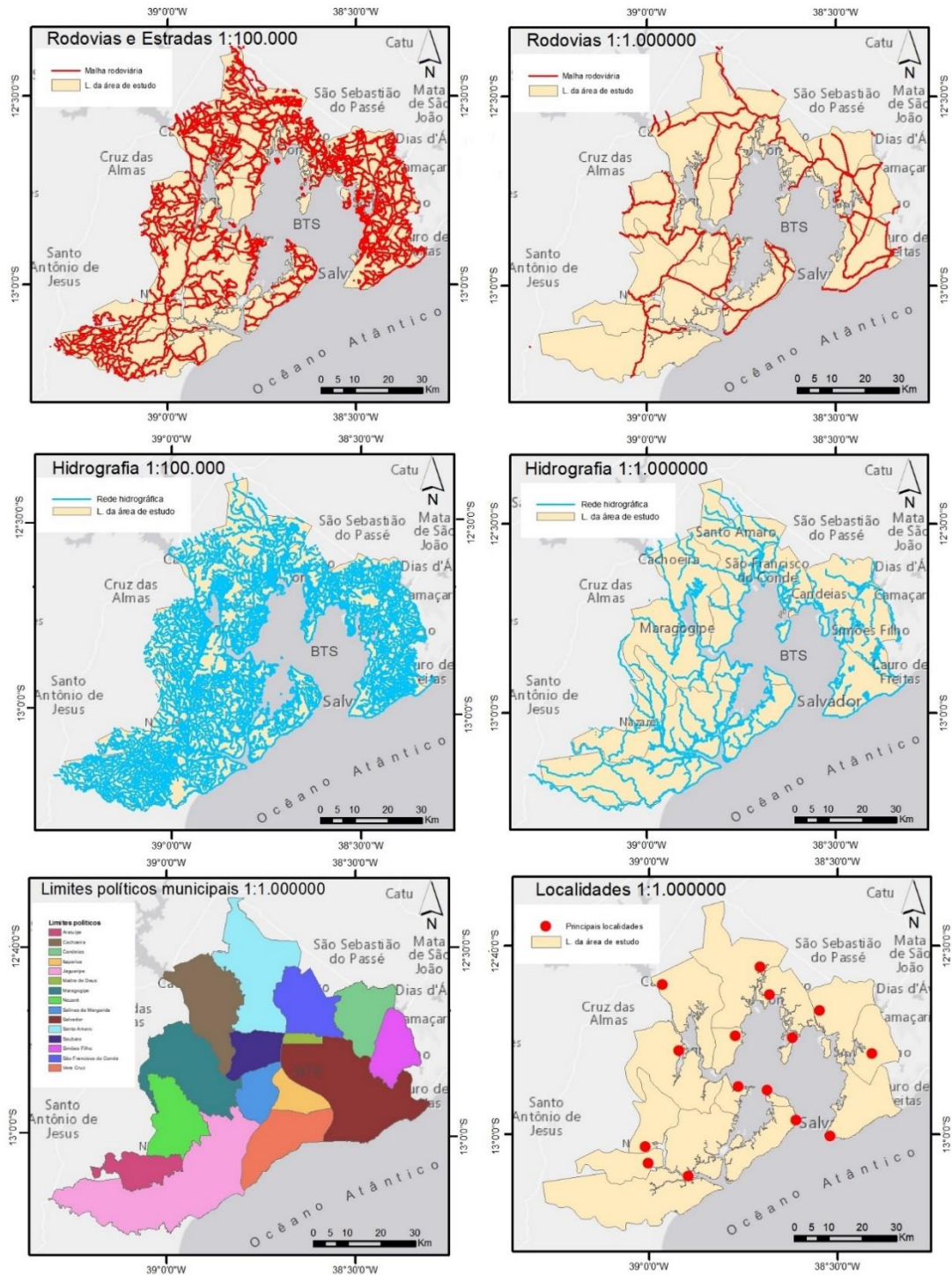
**Quadro 3** - Conjunto de dados (vetores, polígonos e pontos) empregados na pesquisa.

Tipo	Descrição	Escala	Datum	Origem
Linha	Rodovias	1:100.000	SIRGAS-2000	IBGE
Linha	Hidrografia	1:100.000	SIRGAS-2000	IBGE
Linha	Limites municipais	1:100.000	SIRGAS-2000	SEI-BA
Ponto	Cidades	1:100.000	SIRGAS-2000	IBGE
Polígono	Perímetro da área de estudo	1:100.000	SIRGAS-2000	SEI-BA

Fonte: Elaborado pelo autor

Os itens mencionados anteriormente não são únicos ao considerarmos a paisagem como principal categoria investigada. Porém eles se destacam como atributos e variáveis principais a serem aplicados no processo de modelagem no entorno da BTS. O conjunto de informações ambientais empregado apresenta-se em múltiplos formatos (vetorial, *raster* e tabular), sendo obtidos de fontes variadas (IBGE, IBAMA-SISCOM, DNPM, SEI-BA e ESRI).

**Figura 23** - Conjunto de dados e informações empregados na modelagem da paisagem.



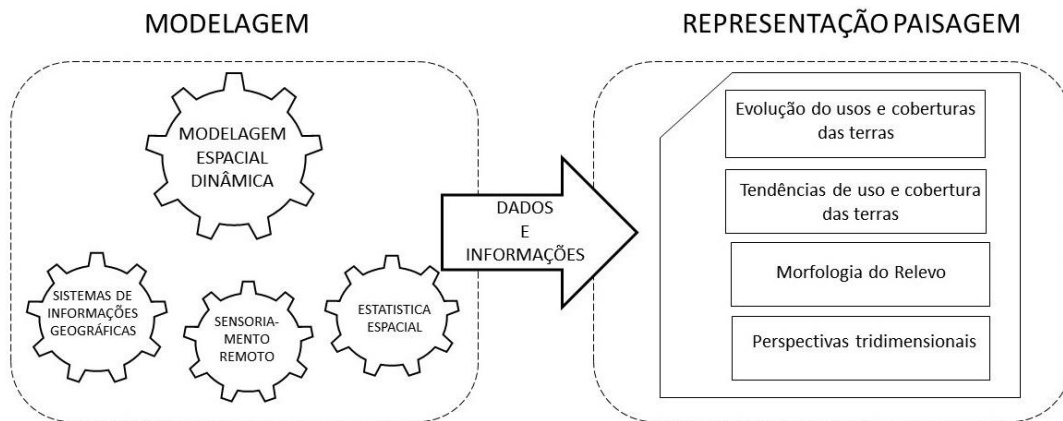
Fonte: IBGE, 2018; IBAMA-SISCOM, 2018; ESRI, 2019 / Projeção: SIRGAS-2000 / Elaboração; Luciel Oliveira, 2019

Fonte: Elaborado pelo autor

Os temas ilustrados na figura anterior (Figura 23) integram o conjunto de elementos, os quais mantêm relações diretas e indiretas, no processo de estruturação da paisagem. A presença da malha rodoviária sinaliza a intensidade dos fluxos de mobilidade (circulação humana) na área. Paralelo aos fluxos, tem-se a delimitação político-administrativa que define as características dos processos de uso e cobertura da terra nos municípios. Essa característica tem uma função definitiva para o entorno da BTS. Os pontos correspondentes às localidades sinalizam a posição das sedes dos municípios, caracterizando pontos de concentração de habitantes.

Os temas mencionados são postos como variáveis, no entanto, eles não são os únicos a serem tomados durante o processo de modelagem. Um dos desafios envolvidos neste estudo é a sistematização das variáveis (informações/dados) naturais e antrópicas. A complexidade nos processos de sistematização varia de acordo com o número de variáveis, a ordem e o tipo de informação (Figura 24).

**Figura 24** - Esquema simplificado da apropriação de dados e informações ambientais na metodologia.



Fonte: Elaborado pelo autor

A modelagem associada a práticas de geoprocessamento e à estatística espacial possibilita uma alternativa à representação da paisagem. Essa representação, neste estudo, baseia-se, principalmente, na espacialização do UCT e nas relações entre morfologias e tendências para a paisagem e seus componentes. As variáveis temáticas mencionadas no Quadro 3 se destacam, ao tratarem da proposta de *modelagem espacial dinâmica* e também a *estatística espacial*. Esses recursos permitiram à proposta principal a capacidade de uma leitura integrada dos componentes da paisagem na área de estudo.



### 3.3 O MODELO DIGITAL DE TERRENO ALOS-PALSAR

Para esta pesquisa, foram utilizadas imagens convencionais de Modelos Digitais de Terreno (MDT), obtidas através da missão do satélite *Advanced Land Observing Satellite* (ALOS) da Agência Espacial Japonesa (JAXA) (EMBRAPA, 2013). As imagens do sensor *Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar* (PALSAR) possuem resolução espectral entre 0,52 a 0,77 $\mu$ m, resolução espacial reamostrada para 30m para a versão dos dados adquiridos, resolução radiométrica também reamostrada para 8 bits. Trata-se de um radar de abertura sintética que opera na banda L, capaz de obter imagens diurnas ou noturnas e em quaisquer condições atmosféricas. Esse sensor não consegue obter imagens em áreas localizadas acima de 87,8° de latitude Norte e 75,9° de latitude Sul, sendo que essa situação não se aplica à BTS. As cenas do ALOS-PALSAR correspondente aos municípios do entorno da BTS são S013W039 e S014W039 respectivamente. Essas cenas foram obtidas através de *download* via *website* no endereço: <http://www.eorc.jaxa.jp/alos/en/aw3d30/data/index.htm> e também na plataforma do *Google Earth Engine* através do *workspace* (interface para os usuários). O Quadro 4, a seguir, traz algumas especificações do sensor empregado na pesquisa.

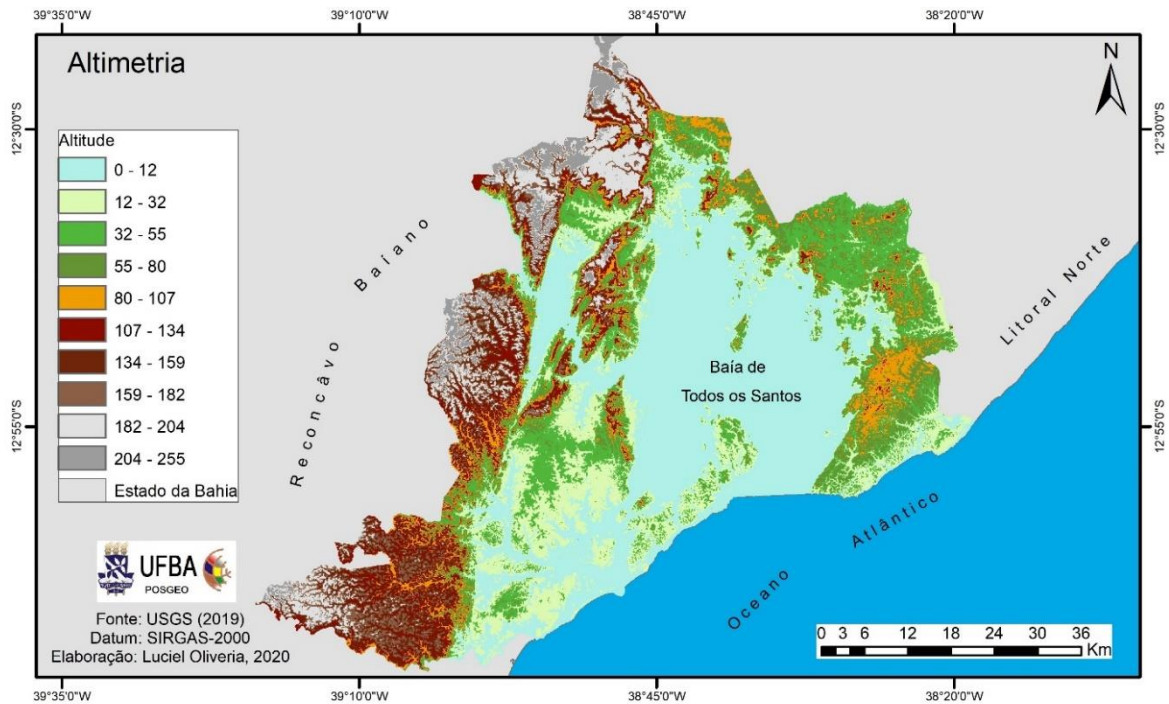
**Quadro 4** - Principais especificações do sensor PALSAR do satélite ALOS.

Sensor	Canais / bandas	Frequência	Ângulo de Visada	Polarização	Resolução Espacial	Resolução Radiométrica	Área Imageada
PALSAR	Fine - single	1270 Mhz (Banda L)	8° - 60°	HH - VV	7 – 44m	8 bits	40 – 70 km
	Fine - dual			HH+HV oi HH+VH	14 – 88m		
	ScanSAR		18° - 43°	HH ou VV	100 m	250 – 350 km	
	Polarimetric		8° - 30°	HH+HV+VH+VV	24 – 89 m	8 a 16 bits	20 – 65 km

Fonte: Embrapa (2013)

Neste estudo, foi empregado a banda ou o canal *Polarimetric* do sensor PALSAR e realizado uma reamostragem da resolução espacial para 30m. Esse valor foi definido a fim de obter equivalência na resolução espacial das composições *Red/Green/Blue* da série Landsat, que foram sobrepostas ao MDT gerado. Ao tratar da resolução radiométrica (Quadro 4), optou-se por trabalhar com 4 bits, já que o resultado para a resolução máxima (5 bits) não foi satisfatório. Foi elaborado o mosaico com cenas e, posteriormente, a correção geométrica, a partir das imagens RGB do GEE. Em seguida, foi aplicado o recorte do mosaico empregando a *máscara* da área de estudo no formato *shapefile*. (Figura 25).

**Figura 25** - Hipsometria a partir do ALOS PALSAR para a área de estudo da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após o preparo da imagem correspondendo ao MDT, ele foi definido como dado morfológico da paisagem. Esse dado morfológico pode ser compreendido como a *Base* para a sobreposição de outras imagens ou camadas contendo outras informações como as composições *Red/Green/Blue* e as imagens da classificação do uso e cobertura da terra adquiridas a partir do projeto MapBiomas.org. As representações tridimensionais dos dados ficaram a cargo do programa QGIS Desktop 2.18, empregando o complemento *Qgis2threejs* para visualização 3D com tecnologia *WebGL* e biblioteca *JavaScript*. Os parâmetros do complemento foram acertados de acordo com cada imagem 2D sobreposta ao MDT e consequente geração da imagem 3D.

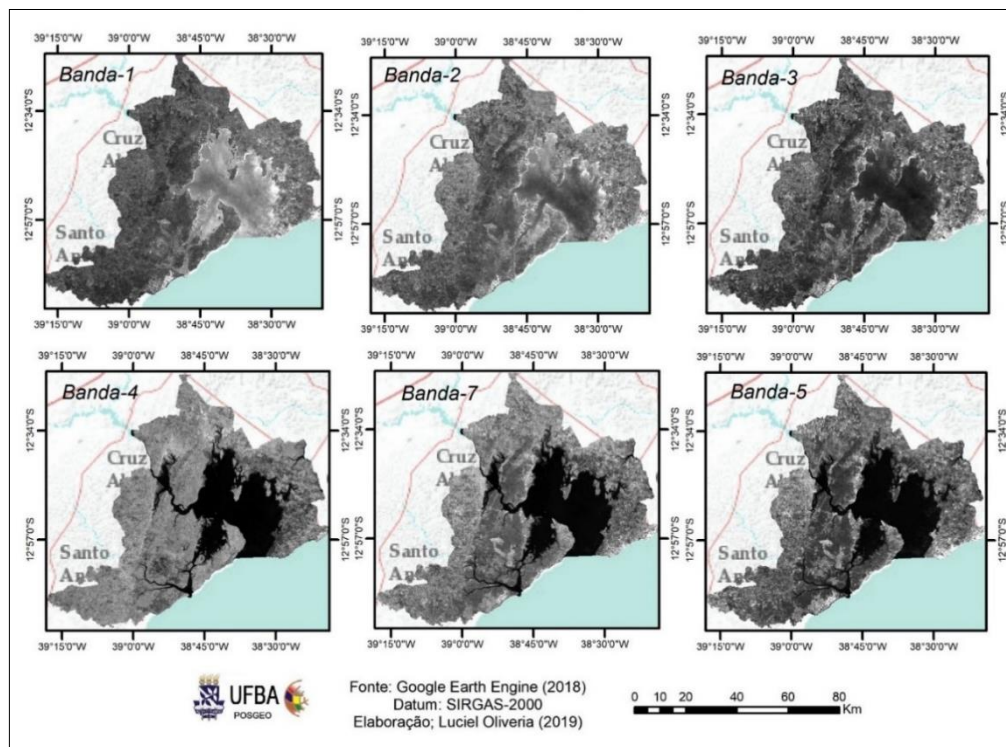
### 3.4 O CATÁLOGO DO GOOGLE EARTH ENGINE: MOSAICO PIXELAR LANDSAT TOA

O processo de aquisição das imagens no GEE ocorreu em três etapas: i) foram definidos no mapa de referência do ambiente de visualização, os limites da área de estudo; ii) foi definido o intervalo para geração do mosaico, que variava de 1 a 5 anos e optou-se por um intervalo de 3 anos, por considerá-lo o mais adequado pelo fato das bandas apresentarem menor interferência de ruídos e *pixels* comprometidos por nuvens; iii) após a checagem do pacote de dados gerados, foi realizado *download* via interface gráfica na plataforma, no endereço eletrônico <http://www.explorer.earthengine.google.com/workspace>, no formato de compressão *zipfile*. Cabe lembrar que é necessário um cadastro seguido da aprovação pela plataforma GEE para o ingresso de novos usuários.

Foram adquiridas seis bandas (B) das coleções do GEE: B-1, B-2, B-3, B-4, B-5 e B-7 (Figura 26). As bandas já são corrigidas e ortorretificadas pela plataforma GEE, assim, possibilitam a imediata realização das composições *Red/Green/Blue*, que foram usadas nos processos de avaliação das imagens de uso e cobertura da terra (UCT) nos períodos pretendidos. A Figura 26 traz a ilustração correspondente ao período final da série temporal adquirida pelo estudo (2015-2017) a partir da disponibilidade do GEE em 23/09/2019. É importante lembrar que as imagens da série Landsat estão disponíveis no GEE apenas com correção atmosférica por refletância no topo da atmosfera (*Top of Atmosphere* - TOA) (SHELESTOV, *et al* 2017, p. 4) uma vez que existem vários outros formatos de correção na literatura.

Os dados de refletância do TOA da série Landsat da Coleção 1 representam imagens com qualidade satisfatória (USGS, 2017; KELLEY *et al*, 2018, p. 19). As cenas são registradas geograficamente de forma consistente, o que significa que todas as imagens possuem o deslocamento corrigido usando pontos de controle de solo e dados do modelo de elevação digital. Todas as imagens são registradas com um erro quadrático médio (RMS)  $\leq 12$  m (USGS, 2017). Esse registro geométrico garante a correspondência *pixel a pixel* necessária para a integração de imagens multitemporais (XIONG *et al*, 2017). Os dados adquiridos possibilitam também a realização de conversões entre os valores *Top-Of-Atmosphere* (TOA) e/ou Refletância de Superfície (*Surface reflectance* - SR) (SONG *et al*, 2001). Selecionamos a coleção TOA em vez dos dados de refletância SR porque os testes iniciais sugeriram que uma transformação linear de Kauth-Thomas (KT) melhoraria a precisão e a qualidade das composições RGB (KELLEY *et al*, 2018).

**Figura 26** - Conjunto de bandas dos sensores TM, ETM e OLI do Landsat com correção TOA para as áreas do entorno da Baía de Todos-os-Santos no período de 1985.



Fonte: Elaborado pelo autor

As seis bandas empregadas possibilitaram a elaboração de três composições básicas para a série Landsat, são elas: *Red3/Green2/Blue1*, *Red 4/Green3/Blue2* e *Red5/Green4/Blue3*. Para realização dessas composições, foi empregado o software QGIS Desktop. Posteriormente, tais composições foram organizadas em uma Base de Dados, que permite as sobreposições com outros dados vetoriais. Nos tópicos seguintes, serão caracterizados os produtos (dados/informações) empregados na pesquisa e mencionados na ilustração anterior. As composições *Red/Green/Blue* foram necessárias para auxiliar à aferição das informações relacionadas às classes UCT, que, em alguns momentos, necessitaram ser validadas, para isso utilizou-se as composições para aferição, partindo do princípio da análise por eliminação dos erros de confusões de classes (ECC). No entanto, o erro de ECC foi considerado pequeno (0,1) diante do volume de imagens da coleção adquirida (33), sendo que a Acurácia geral ficou em 84,2%; a discordância da Alocação, 11,2% e a discordância da Área, 4,7% (MAPBIOMAS, 2020; [www.mapbiomas.org/estatistica-de-acuracia](http://www.mapbiomas.org/estatistica-de-acuracia)).

### 3.4.1 Composições Coloridas *Red/Green/Blue*

Os dados correspondentes a imagens (Bandas) dos sensores da série Landsat utilizados neste estudo caracterizam-se pelo pré-processamento realizado na plataforma GEE, o qual já foi mencionado anteriormente (Cap. II, p. 43; Cap. III, p. 81). Essas imagens assumem aspectos distintos durante a sua utilização. Foi definido que cada uma das imagens (composições) teria um intervalo de três anos, sendo o ano inicial 1985 e o ano final 2017. O intervalo de três anos no *workstation* possibilitou 11 imagens. Nessas imagens, além das correções da presença de nuvens e distorções provocadas por ruídos, também já há uma correção atmosférica TOA.

O GEE disponibiliza as bandas para *download* diretamente no *workspace* do usuário. As bandas do Landsat adquiridas possibilitaram a cobertura de toda a área de estudo sem a necessidade de realizar mosaicos, uma vez que as bandas correspondem a um mosaico global. O recorte da área de interesse ocorre através de uma *máscara* no formato vetorial (*shapefile* ou *KML*), inserida no *Workspace* via upload. O Quadro 5, a seguir, traz as principais características dos dados utilizados para realização das composições coloridas *Red/Green/Blue*.

**Quadro 5** - Características das imagens utilizadas.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Resolução Radiométrica	Período de Operação
TM (Thematic Mapper)	(B1) Azul	0.45 - 0.52 $\mu\text{m}$	30m	16 dias	8 bits	1999 até 2014
	(B2) Verde	0.52 - 0.60 $\mu\text{m}$				
	(B3) Vermelho	0.63 - 0.69 $\mu\text{m}$				
	(B4) Infravermelho próximo	0.76 - 0.90 $\mu\text{m}$				
	(B5) Infravermelho médio	1.55 - 1.75 $\mu\text{m}$				
	(B7) Infravermelho médio	2.08 - 2.35 $\mu\text{m}$				
ETM (Enhanced Thematic Mapper)	(B1) Azul	0.45 - 0.52 $\mu\text{m}$	30m	16 dias	8 bits	1999 até 2013
	(B2) Verde	0.52 - 0.60 $\mu\text{m}$				
	(B3) Vermelho	0.63 - 0.69 $\mu\text{m}$				
	(B4) Infravermelho próximo	0.76 - 0.90 $\mu\text{m}$				
	(B5) Infravermelho médio	1.55 - 1.75 $\mu\text{m}$				
	(B7) Infravermelho médio	2.08 - 2.35 $\mu\text{m}$				
OLI (Operational Land Imager)	(B1) Costal	0.433 - 0.453 $\mu\text{m}$	30m	16 dias	16 bits	2013 (ativo)
	(B2) Azul	0.450 - 0.515 $\mu\text{m}$				
	(B3) Verde	0.525 - 0.600 $\mu\text{m}$				
	(B4) Vermelho	0.630 - 0.680 $\mu\text{m}$				
	(B5) infravermelho próximo	0.845 - 0.885 $\mu\text{m}$				
	(B6) Infravermelho médio	1.560 - 1.660 $\mu\text{m}$				
	(B7) Infravermelho médio	2.100 - 2.300 $\mu\text{m}$				

Fonte: Adaptado de Embrapa (2019): [www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao\\_landsat.html](http://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_landsat.html)

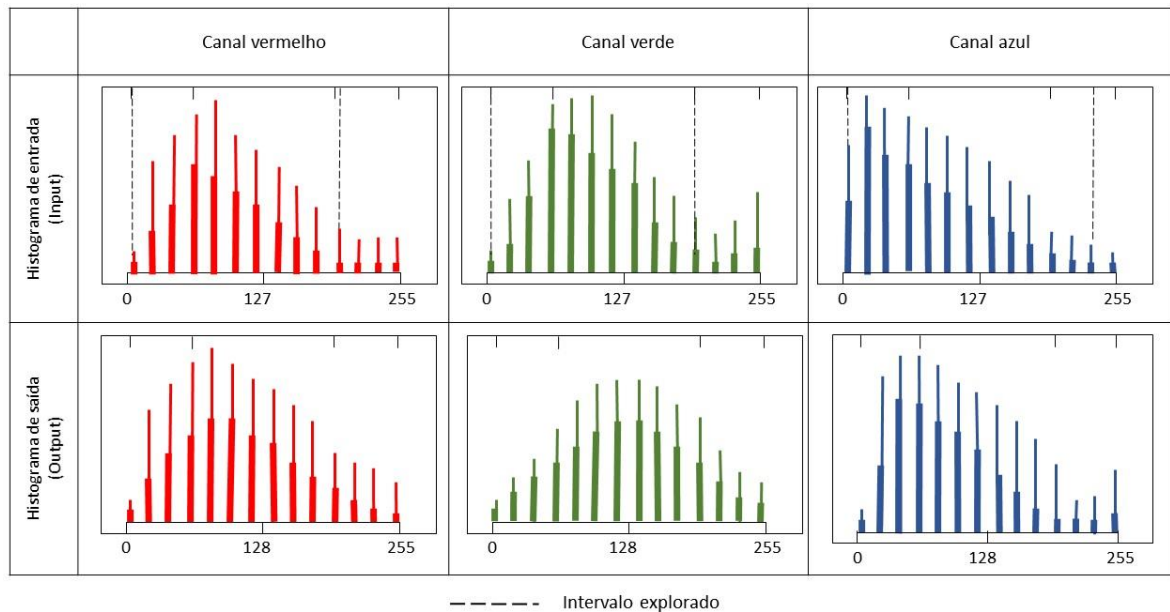
Os arquivos contendo as bandas foram organizados em um banco de dados e, posteriormente, foi utilizado o software QGIS Desktop 2.18 para realização das composições coloridas a partir da literatura técnica da área de sensoriamento remoto (NOVO, 1992; JENSEN, 1999; PONZONI, SHIMABUKURO, 2007 e FLORENZANO, 2007). Foram definidas três composições usuais na literatura para os sensores da série de satélites trabalhada: a *Red3/Green2/Blue1*(R3G2B1), a *Red4/Green3/Blue2* (R4G3B2) e a *Red5/Green4/Blue3* (R5G4B3).

A composição inicial R3G2B1 corresponde à visualização mais próxima da natural, como se observássemos as feições terrestres dentro de uma aeronave em voo. A composição R4G3B2, através do infravermelho próximo e do vermelho, possibilita auxiliar outras composições como a R5G4B3 na identificação dos tipos de cobertura vegetal, principalmente as áreas de vegetação mais adensada, como as florestas e os manguezais, e das outras formas de cobertura vegetal, como pastagens e vegetações arbustivas (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007). A composição R5G4B3 é muito difundida nos trabalhos relativos ao zoneamento do uso e ocupação da terra, tendo em vista a percepção de feições geográficas expostas (MAIA et al., 2016). Segundo a literatura técnica, trata-se da composição mais usual com os Landsat 5 TM e Landsat 7 ETM+ para os trabalhos de identificação do uso e cobertura da terra.

Durante o processo de geração das composições coloridas/imagens, foi realizada a avaliação e correção nos histogramas de cada composição gerada a fim de manter um padrão para os três tipos de composições ao longo do período/série histórica. Os histogramas indicam o número ou o percentual de *pixels* que a imagem tem em determinado nível de cinza ou cor. A frequência é dada pelo eixo “y” com valores de 0 a 2000 *pixels* e o eixo “x” corresponde à quantidade de bits da imagem, que, neste estudo, é de 0 a 250 (Figura 27).

As variações e/ou distorções nas composições foram identificadas e corrigidas de acordo com as representações nos histogramas. Foram realizados ajustes nos contrastes através de realces na imagem. Para isso, foram acessadas as propriedades da imagem e foi realizado o realce via interação em uma interface gráfica, por meio da qual foram identificados os intervalos mais adequados para o realce e consequente melhoria na nitidez. Os ajustes foram realizados nos três tipos de composição empregados neste estudo. A seguir, um exemplo do procedimento de ajuste em uma das composições disposta neste estudo: a R3G2B1 para o ano de 2015 (Figura 27).

**Figura 27** - Ajuste via aprimoramento/realce dos contrastes por interação nos valores do histograma: a composição R3G2B1 para o ano de 2015.

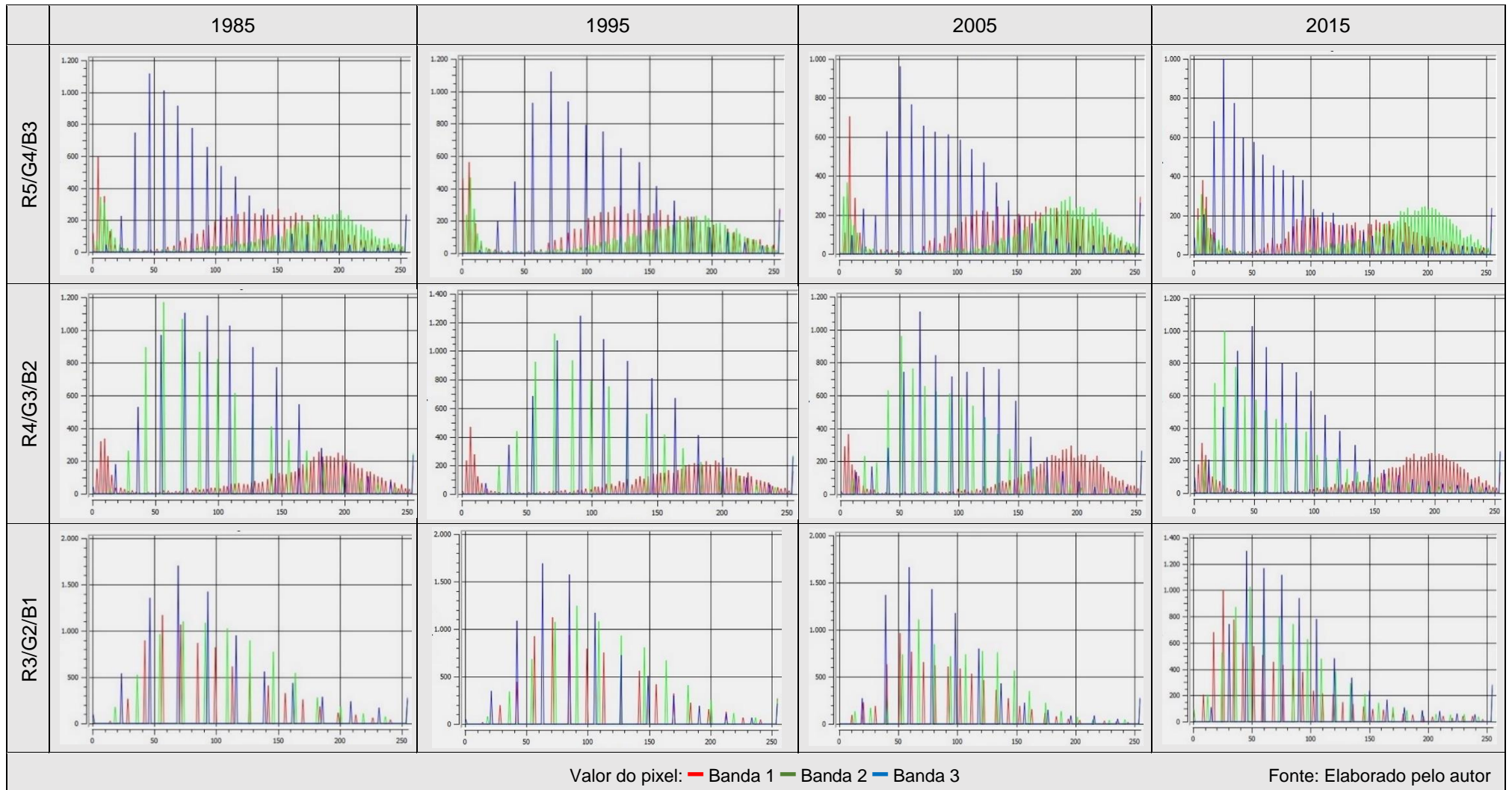


Fonte: Elaborado pelo autor

Foi executada a rotina descrita anteriormente em todas as composições *Red/Green/Blue* realizadas e utilizadas neste estudo ao longo da série temporal adotada. Essas composições e seus histogramas foram gerados empregando o ambiente do software QGIS Desktop 2.18. Nesse software, existe o recurso de visualização de propriedades das imagens, na qual a representação do gráfico é automática e possui boa apresentação visual das variáveis (frequência e valores dos *pixels*).

O conjunto de histogramas representados na Figura 28, a seguir, refere-se aos três tipos de composição para os quatro períodos tomados como parâmetros comparativos dentro da escala de tempo da pesquisa (1985 a 2017). Resalta-se que foi realizada a avaliação dos histogramas também para os outros períodos apesar de eles não estarem ilustrados no texto. O procedimento de *checklist* durante as composições coloridas possibilitou manter um padrão nas imagens, uma vez que o objetivo maior do uso das composições RGB é a comparação com os produtos das classificações de uso e cobertura da terra, gerados pelo projeto MapBiomias.org na Coleção 4.1. As composições, além de validarem as classificações realizadas pelos algoritmos do GEE, também ilustram as discussões relacionadas às dinâmicas da Paisagem das áreas imageadas.

**Figura 28** - Conjunto de histogramas das composições *Red/Green/Blue* (RGB) empregadas no estudo no qual os eixos “y” e “x” correspondem à “Frequência” e ao “Valor do *pixel*” envolvendo as Bandas 1,2,3,4 e 5 dos sensores da série Landsat.



Fonte: Elaborado pelo autor

Fonte: Elaborado pelo autor.



Os gráficos representados na Figura 28 ilustram a parametrização dos contrastes e melhora da nitidez nas imagens trabalhadas e organizadas no banco de dados. Diante disso, o ajuste na composição R3G2B1 demonstrou maior frequência de *pixels* concentrado no canal do azul, sendo que a menor frequência localiza-se nos menores valores da resolução radiométrica (exemplo: R3G2B1 para o ano de 1985). A composição R4G3B1 possui a maior frequência também nos canais do azul seguidos pelo verde, no entanto os maiores valores de resolução radiométrica encontram-se no canal do vermelho (exemplo R4G3B2 para o ano de 2005). Já a composição R5G4B3 conserva a maior frequência no azul em um curto intervalo de valores de resolução radiométrica, enquanto os canais do verde e vermelho, apesar de possuírem baixa frequência, concentram os maiores valores radiométricos conforme exemplo da composição R5G4B3 para o ano de 2015.

### 3.4.2 Os Mapas de Uso e Cobertura da terra

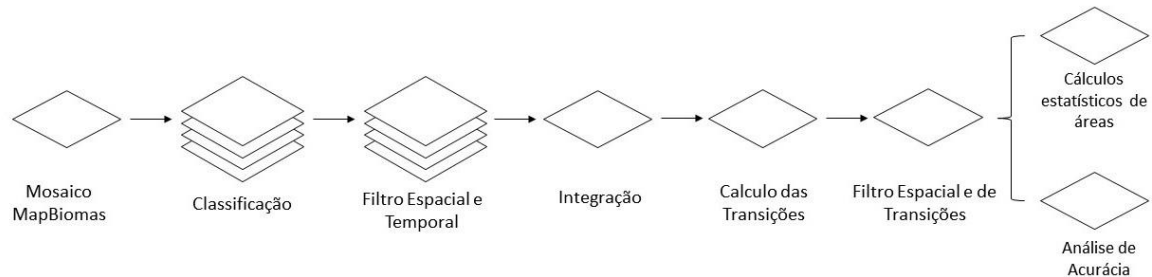
Inicialmente, devemos compreender que a produção dos dados de uso e cobertura da terra (UCT) pelo projeto MapBiomias.org através do GEE ocorre de maneira diferenciada ao compará-la com os demais métodos. Trata-se da utilização da computação em nuvem, das supermáquinas e dos superbancos de dados durante os processamentos. O que antes era realizado com dados adquiridos (imagens, pontos de controles etc.), hardware pessoal (PC-desktop) e softwares (gratuitos ou pagos) foi substituído por um ambiente virtual que engloba todos os recursos necessários visando atender às necessidades dos usuários espalhados por todo o globo.

Os dados relacionados ao UCT foram obtidos a partir de uma fonte secundária, o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomias), que utiliza a plataforma GEE como ferramenta de banco de dados e processamento. Para os trabalhos desta tese, foram empregados dados de UCT da Fase 3 com a Coleção 4.1, lançada em 2019, cobrindo o período de 1985 até 2018. A partir dos mosaicos LANDSAT com sensores TM, ETM+ e OLI, com resolução padrão de 30m, foi realizada uma inscrição no *website* do projeto ([http://www.mapbiomas.org/users/sign\\_in](http://www.mapbiomas.org/users/sign_in)), em seguida foi definida de qual unidade da federação se desejava os dados de UCT. Para o estado da Bahia, assim como para os demais estados, há opção por municípios, porém optamos pelo recorte estadual, pois, dessa maneira, não haveria necessidade de realizar mosaicos, assim reduzindo as possibilidades de erros nas etapas de cálculos e estatísticas. Os dados de UCT disponibilizados foram produzidos a partir do *Algorithm of the Theoretical Base Document* (ATBD) rodado no ambiente virtual do GEE.

O ATBD opera a partir de outro algoritmo bastante conhecido, o *Random Florest*. Apesar de ele ser um algoritmo tradicionalmente já utilizado há muito tempo em ambientes mais simplificados, no GEE esse algoritmo foi aperfeiçoado e redimensionado para o ambiente de supercomputação e de *Cloud Computing* (Computação em nuvem). O algoritmo foi adaptado aos trabalhos de classificação das imagens dos mosaicos globais compostos por imagens multiespectrais empregadas na identificação dos UCTs e em fenômenos de transição em escala global.

O ATBD proporcionou uma integração das classificações possibilitando, posteriormente, matrizes de transições, as quais podem ser analisadas com maior facilidade, principalmente empregando métodos estatísticos. Os dados do bruto (imagens do catálogo da série Landsat com TOA) integram o Mosaico MapBiomias, o qual foi submetido ao processo de Classificação empregando algoritmos (ATBD), os filtros existentes na rotina visam melhorar os resultados. Depois, os dados foram integrados para o cálculo de transições, que resultou nas estatísticas e na acurácia dos produtos finais (UCT) (Figura 29).

**Figura 29** - Visão geral da metodologia da geração de mapas de UCT pelo MapBiomias.org.



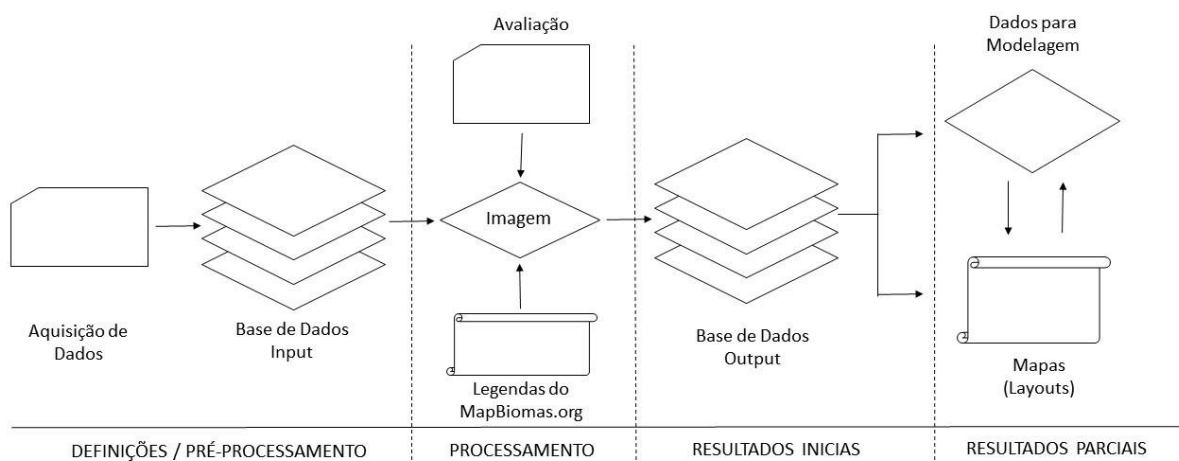
Fonte: Adaptado de MapBiomias.org

Foram utilizadas 33 imagens correspondentes a médias anuais entre os anos de 1985 e 2018, sendo que cada imagem não representa uma cena em um determinado dia e horário de passagem do satélite, mas sim a média para o período anual, que foi classificado pelo algoritmo ATBD. Os dados de UCT foram adquiridos via *download*, estes foram estruturados em uma base de dados de entrada (*Input*) e os arquivos foram adquiridos e organizados de acordo com as respectivas datas, sendo recortados a partir de uma *máscara* no formato *shapefile*. O sistema de projeção e datum foi ajustado para o padrão adotado na pesquisa e denominamos essa fase de Pré-Processamento (Figura 30).

Na fase compreendida como Processamento, ocorreu o acesso ao conjunto de imagens anteriormente organizadas. Nessa fase foi feita uma avaliação prévia de cada imagem,

realizando comparações aleatórias com as composições *Red/Green/Blue* para os referidos anos das classificações. Nessa fase do processamento, também ocorreu adição do arquivo de legenda da classificação do UCT disponibilizado pelo MapBiomas.org. No arquivo de legenda, após o recorte da área de estudo, tendo como referência a Coleção 4.0, foram encontradas as seguintes classes: Formação Florestal, Formação Savânica, Manguezais, Outras Formações não Florestais, Pastagem, Praia e Duna, Infraestrutura Urbana, Outra Área não Vegetada, Mineração, Apicum, Mosaico Agricultura e Pastagem, Corpos D'água e Não Observado.

**Figura 30** - Etapas da estruturação dos dados de uso e cobertura da terra.



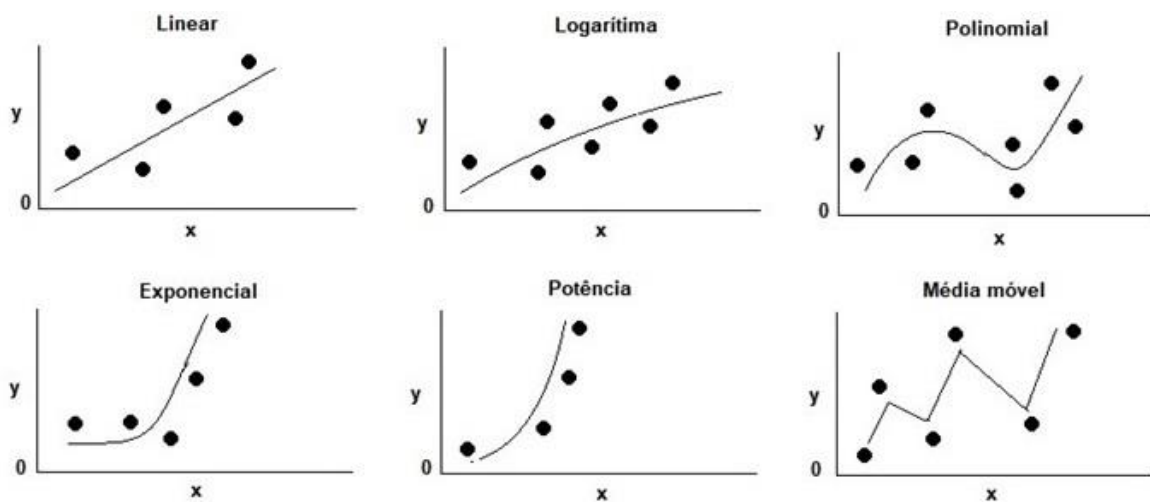
Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda na etapa de Processamento, visando verificar a integridade e veracidade das informações de UCT, foram escolhidos, de maneira aleatória, alguns anos e algumas classes de UCT para sobreposição e validação. Nessa etapa, a veracidade foi de 95% para o volume de 33 mapas com 11 classes. Após essa validação, foi realizada a quantificação de cada classe de UCT em cada ano, empregando o algoritmo *r.Report* no ambiente do software QGIS 2.18. Esse algoritmo é um gerador de relatórios estatísticos de arquivos em formato *rasters*. A unidade de medida empregada no cálculo de área foi km<sup>2</sup>, os valores foram organizados em uma planilha *.xml* e, posteriormente, foram gerados os gráficos de UCT. A etapa denominada Resultados Iniciais caracteriza-se como a estruturação da base de dados devidamente configurada e pronta para ser encaminhada à etapa seguinte, a qual chamamos de Resultados Parciais. Nesta etapa, os dados estão prontos para visualização e geração de mapas temáticos (*Layouts*) e arquivos de entrada para o ambiente de modelagem das tendências de UCT.

### 3.5 CÁLCULO DE TENDÊNCIAS: EXPERIMENTO ESTATÍSTICO CLÁSSICO

Para o cálculo das linhas de tendências dos usos e coberturas da terra (UCT) na área de estudo, foram empregados os dados quantitativos, organizados em uma escala multitemporal (1985 a 2018), e a unidade de medida adotada foi quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>). A partir dos valores identificados pelo algoritmo *r.Report* e tabulados em planilhas *.xml*, foi possível calcular as linhas de tendências para o UCT em dois momentos distintos. O primeiro momento, de 1985 a 2017, denominado período observado, e o segundo, de 2017 a 2055, período simulado/tendências. Para esta pesquisa, foram testadas seis linhas de tendências, sendo: Linear, Logarítmica, Polinomial, Potencial, Exponencial e Média Móvel (Figura 31).

**Figura 31** - Estrutura básica das curvas de tendências a serem desenvolvidas a partir dos valores de Uso e Cobertura da terra na área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram testadas as seis linhas empregando os valores de UCT, no entanto a linha que apresentou melhor resultado foi a Linear. As demais apresentaram comportamento fora do padrão e distorções que inviabilizam a utilização, quando comparadas às perspectivas da evolução do UCT na área de estudo. O objetivo da utilização de uma linha de tendência representativa é fundamentar as discussões relacionadas às taxas de variação do UCT e servir de parâmetro para o modelo de previsão realizado pela modelagem espacialmente explícita.

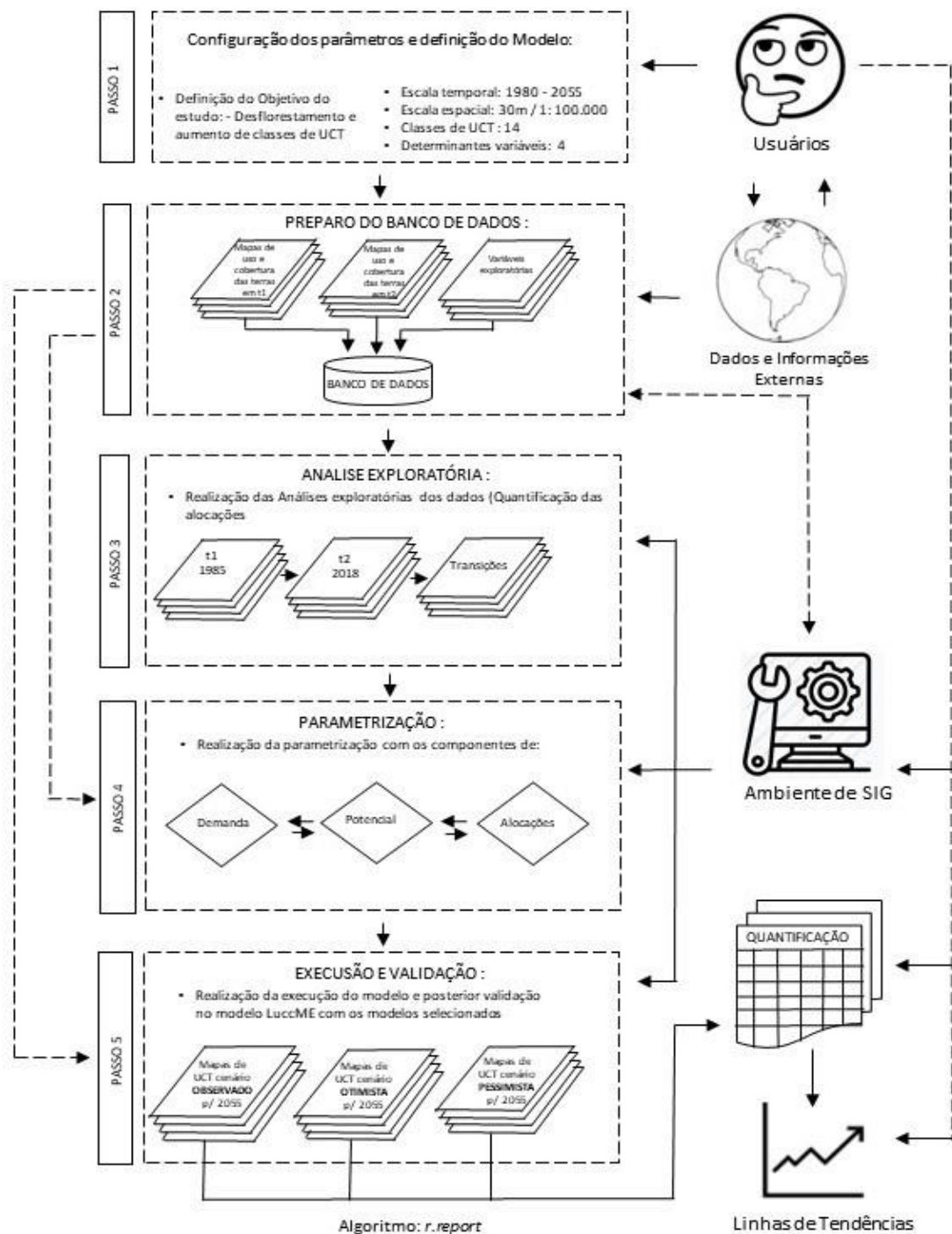
### 3.6 MODELAGEM DE CENÁRIOS DE PAISAGEM: ARCABOUÇO PARA MODELAGEM ESPACIALMENTE EXPLÍCITA DE USO E COBERTURA DA TERRA

A partir das orientações publicadas pelo Projeto LuccME (<http://www.luccme.ccst.inpe.br>, acesso em 29/04/2018) do Centro de Ciências do Sistema Terrestre (CCST) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foi possível planejar, construir e aplicar um modelo espacial para os trabalhos de predição e simulação da paisagem na área de estudo. Seguindo o Manual do Usuário LuccME versão 3.1.4 (setembro de 2017), a construção de um modelo no LuccME foi dividida em cinco passos, conforme ilustrado na Figura 32. O primeiro passo consiste na definição do objetivo da aplicação, no caso desta pesquisa, identificar as reduções e ganhos das classes de uso e cobertura da terra para um período simulado (2055) com três cenários específicos (Observado/Real, Otimista e Pessimista).

No primeiro momento, ocorre a configuração, definição e parametrização do modelo, a partir das demandas e do objetivo da pesquisa (usuários). O segundo passo caracteriza-se pelo preparo do Banco de Dados (BD), empregando os dados e as informações utilizadas no modelo (arquivos). Nesta fase, é imprescindível que as projeções estejam equivalentes. Os dados são de origens externas (IBGE: Variáveis exploratórias; MapBiomas.org: UCT). O terceiro passo consiste na análise exploratória em que é realizada a quantificação das classes de UCT ao longo dos mapas relacionados aos anos  $t_x$ . A análise exploratória possibilita a identificação das relações de transição entre os dois momentos ( $t_x = \text{ano A}$  e  $t_x = \text{ano B}$ ).

O quarto passo consiste na parametrização do modelo utilizando três componentes: Demanda, Potencial e Alocação. Durante a parametrização, os atributos e os valores correspondentes a cada componente foram responsáveis pela estruturação do modelo. O quinto passo é o momento de execução e posterior validação do modelo. A execução ocorre através do processamento do modelo no ambiente do aplicativo de modelagem LuccME. A validação corresponde à aprovação ou à negação do modelo. Os cinco passos para a modelagem possuem a maioria das relações lineares, uma vez que uma etapa (passo) depende de outra anterior, no entanto existem também relações indiretas, que influenciam na determinação do passo seguinte. O ambiente de SIG é composto pelos softwares QGIS Desktop e TerraView com TerraLib e FillCell.

**Figura 32** - Síntese dos processos de modelagem dos cenários e tendências do uso e cobertura da terra na área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor

A execução do modelo resulta nos mapas de UCT para três cenários distintos: Observado, Otimista e Pessimista para o ano de 2055. Após a geração dos mapas, eles foram submetidos ao algoritmo *r.report* no ambiente de SIG do QGIS Desktop, para quantificar as

classes nos mapas relacionados aos cenários projetados. O resultado calculado pelo *r.report* foi tabulado em uma planilha e, posteriormente, foram geradas as estatísticas com as tendências.

A seguir, detalharemos os procedimentos específicos: a primeira etapa apresentará as definições básicas do Modelo; a segunda etapa abordará o preparo do banco de dados a ser utilizado; a terceira etapa consistirá na realização das análises exploratórias; a quarta etapa será o momento da parametrização e a quinta etapa, o da execução e validação do modelo. Nos tópicos a seguir, será detalhado/especificado cada um dos passos mencionados.

### 3.6.1 Configuração dos parâmetros e definição do Modelo

As operações de configuração dos parâmetros e definições do Modelo foram facilitadas através da interface gráfica do ambiente LuccME. Segundo Aguiar e colaboradores (2017, p. 12), inicialmente, é necessário configurar os parâmetros básicos do modelo diretamente na interface através de campos de formulários para inserção e/ou escolha de valores. No Quadro 6, são apresentados os principais parâmetros e definições adotados neste estudo.

**Quadro 6** - Descrição das configurações utilizadas no modelo empregado neste estudo.

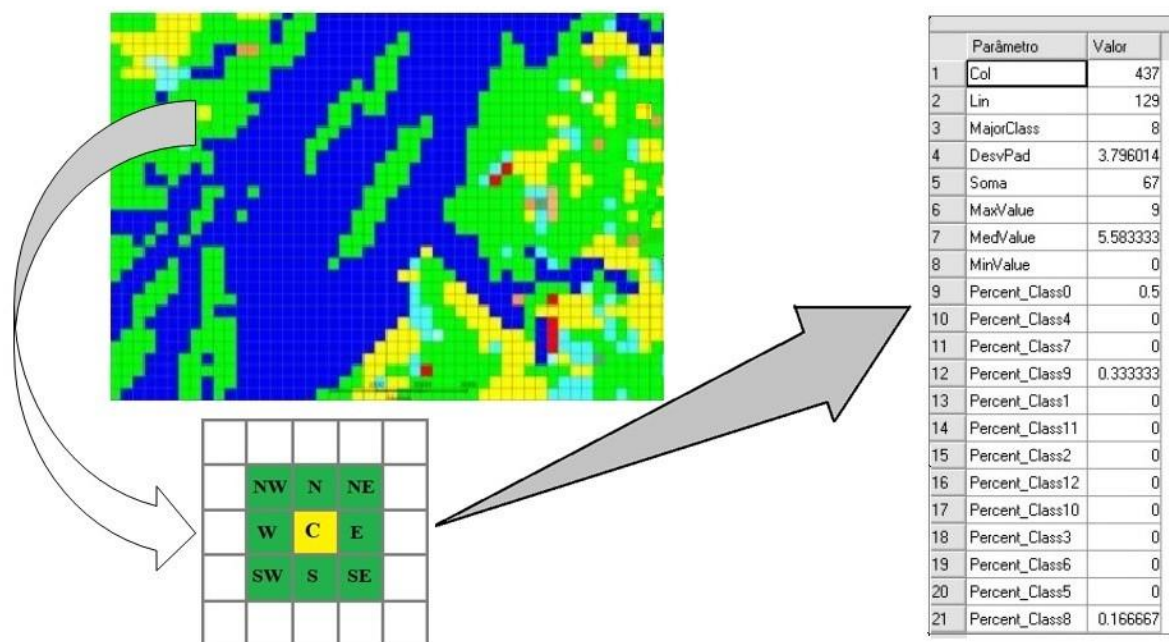
<b>Parâmetros relacionados às definições do modelo</b>		
Local de salvamento	<i>dofile</i>	Local de salvamento dos arquivos gerados – Disco local (c)
Nome do Modelo	<i>BTS</i>	Nome para o modelo LuccME
Ano de início	<i>starTime</i>	Ano em que o modelo inicia (1985)
Ano de término	<i>endTime</i>	Último ano de simulação (2055)
<b>Definições espaciais</b>		
Arquivo	<i>file</i>	Nome do arquivo que contém o espaço celular, seja ele um arquivo de projeto TerraView ou arquivo <i>shape</i> vetorial (Uso e cobertura da terra)
Nome da Camada	<i>layer</i>	Nome da camada na qual o espaço celular está localizado no projeto TerraView (Uso e cobertura da terra)
Tamanho da Célula	<i>cellArea</i>	A resolução espacial da célula (tamanho da célula; 30m)
<b>Tipos de Uso da Terra</b>		
Tipos de Uso da Terra	<i>landUseTypes</i>	Nome de cada tipo de uso da terra conforme definido no banco de dados: (Formações Florestais, Formação Savânica, Manguezal, Outras Formações não Florestais, Pastagens, Praia e Duna, Infraestrutura urbana, Outras Áreas não Vegetadas, Mineração, Apicum, Mosaico Agricultura e Pastagem, Corpos d'água)
Tipo de Uso com “No Data”	<i>landUseNoData</i>	Tipo de uso da terra sobre o qual será acrescentado eventual <i>no data</i> gerado pelo sistema, como efeito de borda
<b>Componentes</b>		
O usuário escolhe o componente que mais se adequa a sua aplicação/modelo conforme descrição da cada componente nas próximas seções		
<b>Salvar Parâmetros</b>		
Nome de Saída	<i>outputTheme</i>	Empregando o TerraView
Salvar Anualmente	<i>yearly</i>	Serão salvos todos os anos da simulação
Anos a serem Salvos	<i>saveYears</i>	Informa os anos de saída salvos

Fonte: Elaborado a partir de Aguiar et al (2017, pp.17-18).

Para a utilização do LuccME, os dados devem estar organizados em um espaço celular, trata-se de uma estrutura matricial, generalizada, na qual cada célula está associada a atributos

diferentes (Figura 33). No espaço celular, a mesma célula está associada a diferentes informações com ganhos significativos de manuseio dos dados, integrando dados vetoriais, matriciais em um único plano de informação (CAMARA, 2000; LUCCKME, 2019). Para elaboração desse espaço celular, foi utilizado o aplicativo TerraLib. Nessa etapa, foram definidas as escalas espacial e temporal de trabalho, bem como os fatores determinantes de mudanças para o modelo (LuccME, 2019). Diante disso, a escala espacial correspondeu a 1:100.000, a resolução espacial correspondeu a 30m, a escala temporal a 1985-2055 anos, sendo a escala de *input* 33 anos (1985-2018) e *output* do modelo 37 anos (2018-2055).

**Figura 33** - Espaço celular – processo de homogeneização de diferentes bases de dados em espaço celular no ambiente do LuccME (2017).



Fonte: Adaptado pelo autor

Dessa maneira, o espaço celular possui os seguintes campos como parâmetros: Coluna, Linha, Classe Maior, Desvio Padrão, Soma, Máximo Valor, Mínimo Valor e as Porcentagens correspondente às demais classes. Os valores correspondentes a esses parâmetros são numéricos (binário: 0 - ausente ou não e 1 - presente ou sim) e/ou quantitativos (Figura 33). O objetivo consiste, segundo o manual técnico de aplicação, em homogeneizar informações oriundas de fontes diferentes, em formatos (dados vetoriais, matriciais e outros planos celulares), assim, agregando-os em uma mesma base espaço-temporal (AGUIAR e colaboradores., 2016a). O espaço celular, neste estudo, foi construído diretamente no SIG TerraView.



Durante as definições das classes de UCT nos espaços celulares, as Pastagens e os Mosaicos Agriculturas e Pastagens, e as Formações Florestais foram classes que, no processo de modelagem, mostraram-se conflitantes, considerando que as classes Pastagens e Mosaicos Agriculturas e Pastagens avançam sobre as Formações Florestais, tendo como atributos principais para essa movimentação, as informações do modelo digital de terreno (MDT) adotado para a área. No entanto, outras classes e outras variáveis foram exploradas durante a execução da modelagem. A seguir, o espaço celular construído é apresentado de maneira simplificada, onde são expostos os *operadores* e as suas descrições (Quadro 7).

**Quadro 7** - Síntese dos principais operadores e funções do espaço celular proposto.

<b>Operadores</b>	<b>Funções</b>
“área”	Área total de sobreposição entre a célula e um <i>layer</i> de polígonos. Os valores gerados podem variar de 0-1, indicando sua área de cobertura.
“average”	Média de valores quantitativos dos objetos que têm alguma intersecção com a célula, sem levar em consideração suas propriedades geométricas. Quando o argumento área é utilizado, ele calcula a média ponderada pela proporção das respectivas áreas de intersecção.
“count”	Número de objetos que têm alguma sobreposição com a célula.
“distance”	Distância do objeto mais próximo. A distância é calculada a partir do centroide da célula até o ponto, linha ou borda mais próxima de um polígono.
“mode”	Valor qualitativo mais comum dos objetos que têm alguma intersecção com a célula sem levar em consideração suas propriedades geométricas. Quando há dois ou mais valores com a mesma contagem, o valor resultante vai conter todos eles separados por vírgulas.
“maximum”	Valor quantitativo máximo entre os objetos que têm alguma intersecção com a célula sem levar em consideração suas propriedades geométricas.
“minimum”	Valor quantitativo mínimo entre os objetos que têm alguma intersecção com a célula sem levar em consideração suas propriedades geométricas.
“coverage”	Porcentagem de cada valor qualitativo (0-100) cobrindo a célula, utilizando dados de polígonos ou matriz. Quando utilizar arquivos <i>shapefile</i> , lembre-se do limite de 10 caracteres para nomes. Essa operação vai ser interrompida caso dois nomes de saída sejam iguais.
“presence”	Valores booleanos indicando se algum objeto tem sobreposição com a célula.
“stdev”	Desvio padrão dos objetos quantitativos que têm alguma sobreposição com a célula, sem levar em consideração suas propriedades geométricas.
“sum”	Soma dos valores quantitativos dos objetos que têm alguma sobreposição com a célula, sem levar em consideração suas propriedades geométricas. Quando o argumento área é utilizado, o operador calcula a soma com base na proporção da área de intersecção.

Fonte: Adaptado de Aguiar et al., (2016a, p.11).

O espaço celular utilizado também foi elaborado para fins de testes de comparação no gerenciador de scripts FillCell (segundo Aguiar e colaboradores, 2017), que é uma ferramenta gratuita e tem por objetivo auxiliar a construção e preenchimento de um espaço celular compatível com o LuccME 3.1. Optou-se pela versão do espaço celular produzida pelo FillCell uma vez que a interface se mostrou mais *prática e eficiente*.

### 3.6.2 Preparo do Banco de Dados

O segundo passo consistiu em elaborar o Banco de Dados (BD) com dados e informações relacionados ao UCT em períodos diferentes, sendo o mapa/arquivo inicial relacionado ao ano de 1985 ( $t_1$ ) e o final a 2018 ( $t_2$ ). O BD também incluiu as variáveis exploratórias, que se caracterizam por arquivos (temas) vetorias e *rasters*, como rodovias e estradas (1:100.000), rede hidrográfica (1:100.000), limites políticos municipais (1:200.000) e modelo digital de terreno (30m).

### 3.6.3 O Componente de Demanda

O Componente de Demanda, de acordo com o manual técnico, é o primeiro a ser chamado pelo arcabouço, por isso, ele é responsável pela demanda anual de cada uso ou cobertura da terra (UCT) durante o período de simulação, segundo as orientações de Aguiar e colaboradores (2016a). A entrada do Componente de Demanda normalmente é a demanda de cada uso ou cobertura da terra para cada ano da simulação (*anual demand*) (Quadro 8).

Quadro 8 - Caracterização do Componente de Demanda.

Componente de Demanda	Atributos	Descrição
<i>DemandComputeThreeDates:</i>	<i>middleYearForInterpolation</i> (Ano intermediário)	Ano Intermediário - O ano para ser considerado o final da primeira interpolação para o cálculo da demanda.
	<i>finalYearForInterpolation</i> (Ano final)	Ano Final - O ano para ser considerado o final da segunda interpolação para o cálculo da demanda.
	<i>middleLandUseTypesForInterpolation,finalLandUseTypesForInterpolation</i>	Colunas para interpolação - Informa o nome da coluna com os valores de demanda.

Fonte: Adaptado de Aguiar et al (2017)

A saída de um Componente de Demanda deve possuir uma tabela de demandas (*Current Demand*) que contém a demanda de cada UCT para cada ano da simulação, baseada em regras implementadas no método *execute* do componente (AGUIAR e colaboradores. 2016b). Sendo assim, nesse componente (*DemandComputeThreeDates*) (Aguiar e colaboradores, 2017), os valores de demanda são calculados internamente, com base em três períodos diferentes de dados de uso da terra do passado, fornecidos pelo usuário no banco de dados.

### 3.6.4 O Componente de Potencial

O Componente de Potencial é o segundo chamado pelo arcabouço. Ele é responsável pelo potencial anual de causa para o uso ou cobertura da terra (UCT) para o período de simulação, segundo o manual técnico (Quadro 9). A saída do Componente de Potencial deve conter o potencial anual de cada uso e/ou cobertura da terra para cada célula durante o período de simulação, seguindo o padrão: *cell[<landUseTypeName>\_pot]*, no qual *<landUseTypeName>* é o nome do uso ou cobertura usados na aplicação (AGUIAR e colaboradores, 2016b). Neste estudo, o uso e/ou cobertura da terra foram as classes de UCT, e o Componente de Potencial teve em sua saída um *cell[classesdaUCT\_pot]*, *cell[transitions\_pot]* and *cell[outros\_pot]*.

**Quadro 9** - Caracterização do Componente de Potencial Contínuo.

Componente de Potencial Contínuo	Atributo	Descrição
<i>PotentialCSpatial LagRegression</i>	isLog ( <i>isoLog</i> )	Informa o tipo de UCT considerado e Log transformado.
	Const ( <i>Const</i> )	Informa a constante de regressão.
	minReg ( <i>minReg</i> )	Valor mínimo da regressão (0-1) que deve ser considerado para evitar espalhamento de um determinado uso em células com baixo potencial. Usa-se em células com baixo potencial. Usado para classes de uso unidirecionais e que tenham sempre demanda por aumento de um ano para outro (desmatamento). Caso não seja adequado, utilizar o valor 0.
	maxReg ( <i>maxReg</i> )	Informa o valor máximo da regressão (0-1) que deve ser considerado para evitar o decréscimo do uso em células com alto potencial. Deve ser usado para classes de uso unidirecionais e que tenham sempre demanda por reduções de um ano para outro (floresta primária). Caso não seja adequado, utilizar valor 1.
	ro ( <i>ro</i> )	Informa o coeficiente autorregressivo da regressão espacial (0-1).
	betas ( <i>betas</i> )	Informa o nome e peso (betas) de cada variável independente de ser o mesmo do banco de dados.

Fonte: Adaptado de Aguiar et al (2017)

O Componente de Potencial é semelhante à abordagem *LinearRegression*, mas se baseia em técnicas de regressão espacial (ANSELIN, 2002) para calcular a superfície de regressão. Porém, para evitar o espalhamento em células com baixo potencial (que posteriormente são potencializadas pelos efeitos da vizinhança), foram introduzidos os controles *minReg* e *maxReg*.

### 3.6.5 O Componente de Alocação

O Componente de Alocação é o terceiro e último chamado pelo arcabouço e é responsável pela alocação anual de uso e cobertura da terra (UCT) durante o período de simulação. A saída do Componente de Alocação contém o valor anual de cada UCT para cada célula durante o período de simulação (1985 a 2055). Seguindo o padrão descrito por Aguiar e colaboradores (2016b), é utilizado o código `cell[<landUseTypeName>_out]`, no qual `<landUseTypeName>` é o nome do UCT usado na aplicação, assim como a diferença entre os valores de cada célula do início da simulação e o ano correspondente da célula deve ser alocada usando o padrão `cell[<landUseTypeName>_chtot]`. Por fim, a diferença entre os valores de cada célula de ano anterior da simulação e o ano a ser alocado é representada pelo padrão `cell[<landUseTypename>_chpast]`, conforme Quadro 10.

**Quadro 10** - Caracterização do Componente de Alocação.

Componente de Alocação Contínuo	Atributo	Descrição
<i>AllocationCCLueLike Saturation</i>	<code>maxDifference</code> ( <i>maxDifference</i> )	Informa a diferença máxima entre o valor de demanda informado pelo usuário e a quantidade alocada pelo modelo para cada tipo de uso (deve ser informado na mesma unidade de área da célula).
	<code>maxIteration</code> ( <i>maxIteration</i> )	Informa o número máximo de interações permitidas para cada passo de tempo do modelo (deve ser número inteiro > 0; valor recomendado = 1000).
	<code>initialElasticity</code> ( <i>initialElasticity</i> )	Informa o valor inicial de elasticidade ( <code>iterationFactor</code> ) (flutuante > 0; valor recomendado = 0.1).
	<code>minElasticity</code> ( <i>minElasticity</i> )	Informa o valor mínimo de elasticidade ( <code>iterationFactor</code> ) (flutuante > 0; valor recomendado = 0.001).
	<code>maxElasticity</code> ( <i>maxElasticity</i> ):	Informa o valor máximo de elasticidade ( <code>iterationFactor</code> ) (flutuante > 1; valor recomendado = 1.5).
	<code>complementarLU</code> ( <i>complementarLU</i> ):	Informa o tipo de uso da terra que será recalculado no final caso a soma das percentagens de uso não esteja dando exatamente 100% (null ou um nome de uso da terra válido).
	<code>saturationIndicator</code> ( <i>saturationIndicator</i> )	Informa o nome de um atributo que será dinamicamente atualizado (pode ser salvo para fins de calibração).
	<code>attrProtection</code> ( <i>attrProtection</i> ):	Informa o atributo do banco de dados indicando o percentual de áreas protegidas a ser excluído a partir do nível de saturação.
	<code>Allocation Data</code> ( <i>allocationData</i> )	Parâmetros para definir regras de alocação específicas para cada tipo de uso da terra.

Fonte: Adaptado de Aguiar et al (2017).

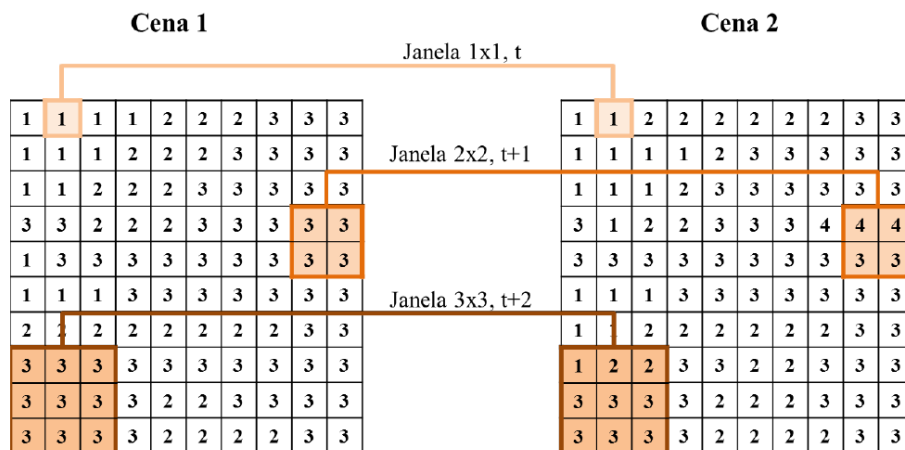
O componente *AllocationCCLueLikeSaturation* é uma modificação do componente *AllocationClueLike*. Nesse caso, a velocidade de mudança em cada célula utiliza uma variável espaço-temporal atualizada dinamicamente a cada ano, indicando, dessa maneira, se a célula está numa área consolidada ou numa área de fronteira ou conflito. O limiar de saturação

considera uma vizinhança de 10x10, não considerando áreas protegidas (AGUIAR e colaboradores, 2017).

### 3.6.6 Calibração e Validação do Modelo

Segundo Aguiar e colaboradores (2017), essas etapas consistem nas atividades de Calibração e Validação do Modelo, no qual ele foi ajustado e teve seu desempenho testado. A escolha do melhor Componente de Potencial e/ou Alocação, bem como o método utilizado para parametrização desses componentes, é chamada de Calibração. Nessa etapa, foram realizadas diversas rodadas preliminares até a identificação dos melhores componentes e variáveis do modelo. O modelo foi calibrado e validado para um período independente (2000 e 2017). Os resultados das simulações foram validados pela métrica da validação de ajuste por múltiplas resoluções, adaptada de Constanza (1989), implementada no LuccME (AGUIAR e colaboradores (2017) (Figura 34).

**Figura 34** - Validação por múltipla resolução (agregação de células por meio de janelas de amostragem).



Fonte: Adaptado de Aguiar et al. (2017)

O cálculo do nível de similaridade pode ser descrito segundo a Equação 1, em que  $NS$  corresponde ao nível de similaridade entre os mapas real e simulado em uma determinada resolução  $i$  e  $j$  é a janela considerada. O  $n$  estabelece o número de janelas a ser considerado,  $c$  é a quantidade de células em uma resolução  $k$  ( $i \cdot i$ ); e  $dif_{real} = \% real_{ti} - \% real_{tf}$  e  $dif_{sim} = \% sim_{tfinal} - \% real_{tinitial}$ , sendo  $ti$  e  $tf$  os anos inicial e real, respectivamente, considerados na validação.

**Equação 1** - Fórmula para cálculo de similaridade a partir de Constanza (1989).

$$NS_i = 1 - \left[ \frac{\sum_{j=1}^n (|\sum_{c=1}^k \mathbf{dif}_{sim,c} - \sum_{c=1}^k \mathbf{dif}_{real,c}|)}{2 * \sum_{j=1}^n \sum_{c=1}^k \mathbf{dif}_{real,c}} \right] * 100$$

Fonte: Adaptado de Aguiar et al. (2017)

Na versão do LuccME empregada na pesquisa, duas opções de validação estão disponíveis (segundo AGUIAR e colaboradores, 2017): 1) considerando todo o espaço celular (*Ext*), essa opção leva em consideração todo o padrão histórico acumulado para diferentes tipos de uso e cobertura da terra e 2) considerando apenas as áreas modificadas (*Dif*), essa opção leva em consideração apenas as áreas que passaram por algum processo de mudança, trata-se, portanto, de um sistema mais específico de validação para cada tipo de uso/cobertura da terra (AGUIAR e colaboradores, 2017). Diante disso, foi empregada a opção (*Ext*) (opção 1), considerando o padrão histórico o principal parâmetro para as mudanças e também para as simulações de diferentes classes de UCT. Além disso, a validação por *Ext* possibilitou trabalhar o conjunto de classes de UCT em paralelo ao acúmulo nas taxas de mudanças ao longo do período real/observado e também do simulado.

### 3.7 MODELAGEM TRIDIMENSIONAL DOS DADOS E INFORMAÇÕES ESPACIAIS

Após a produção dos dados e informações da modelagem de tendências do UCT e das composições *Red/Green/Blue*, foi iniciada a etapa de construção do modelo de representação tridimensional (3D). Diante dos resultados preliminares, principalmente a estruturação do banco de dados (BD) da pesquisa, surgiu a demanda de acesso, consulta e visualização em uma perspectiva mais sofisticada (3D). O Modelo Digital de Terreno (MDT) ALOS empregado neste estudo caracteriza-se por apresentar uma imagem em nível de cinza e imagens sombreadas. Considerando-se o mapeamento linear dos valores de cota do modelo para valores de níveis de cinza, quantificação linear, pode-se calcular o valor de cinza  $NC_i$  em função da cota  $Z_i$  pelo seguinte equacionamento:

$$NC_i = \{[(Z_i - Z_{min}) * 254] / (Z_{max} - Z_{min})\} + 1$$

Esse equacionamento foi adotado para as imagens ALOS empregadas, cujos níveis de cinza estão representados por 8 bits, e os valores de cota do fenômeno representados para valores de 1 a 250 da imagem foram mapeados. A visualização em modo 3D permitiria uma análise do conjunto indissociável de feições que correspondem à paisagem da área de estudo. Considerando os aspectos geomorfológicos e altimétricos, é possível compreender a espacialização do UCT. Inicialmente caracterizada por baixas cotas altimétricas, a área do entorno da BTS possui cota inicial 0m até o máximo de 255m em relação ao nível do mar, sendo que as frações mais baixas se encontram próximo à costa e a maior parte das cotas mais elevadas estão na porção mais interiorana ao NW.

Para a construção das representações 3D, foi necessário utilizar dados morfológicos e morfométricos da superfície. Esses dados e/ou informações são caracterizados através do MDT oriundos do projeto AJAX-ALOS, já apresentados anteriormente (p. 79). O ambiente escolhido para a construção das representações em 3D foi o do software *QGIS* na versão *2.18 Las Palmas* com o complemento *Qgis2threejs*. O arquivo relacionado ao MDT na extensão *geotiff* possibilitou um dos principais parâmetros para a estruturação da visualização 3D dos demais dados/informações.

A etapa corresponde à chamada modelagem paramétrica da paisagem a qual, através de um ambiente computacional (*QGIS* com *Qgis2threej*), é responsável por compor uma representação tridimensional da paisagem. Esse processo ocorre devido ao emprego das lógicas geométricas e valores numéricos pelo complemento, mas com o adicional de permitir

modificações de valores e parâmetros e, simultaneamente, simular a visualização do resultado dessas modificações (FERRARI; MANGI, 2000).

O uso do complemento *Qgis2threejs* nos trabalhos de representação 3D e visualização requereu a adoção de parâmetros específicos, como valores de mínimos e máximos de exagero vertical. O exagero vertical (*Vertical Exaggeration - VE*) é um dos parâmetros principais da modelagem 3D no *Qgis2threejs* e está dentro do *Scale and shift*. O VE é a relação entre as escalas horizontal e vertical, representada na Equação 2.

**Equação 2** – Equacionamento para o exagero vertical.

$$VE = EV / EH$$

O cálculo do VE exige uma operação simples de divisão entre os valores correspondentes à escala vertical (EV) e os valores referentes à escala horizontal (EH). A menos que a escala horizontal seja grande e a média das altitudes considerável, a escala vertical deverá, via de regra, ser muito maior do que a horizontal. Do contrário, as ondulações ao longo do perfil dificilmente serão perceptíveis. Em contrapartida, uma escala vertical muito grande redundará num efeito exagerado (deformado) da superfície do terreno. Para as operações realizadas nesta pesquisa, os valores correspondentes ao VE variaram de acordo com os mapas (camadas) empregados em paralelo ao MDT a fim de gerar as visualizações, conforme Quadro 12 a seguir:

**Quadro 12** - Descrição dos valores de exagero vertical para geração da visualização 3D.

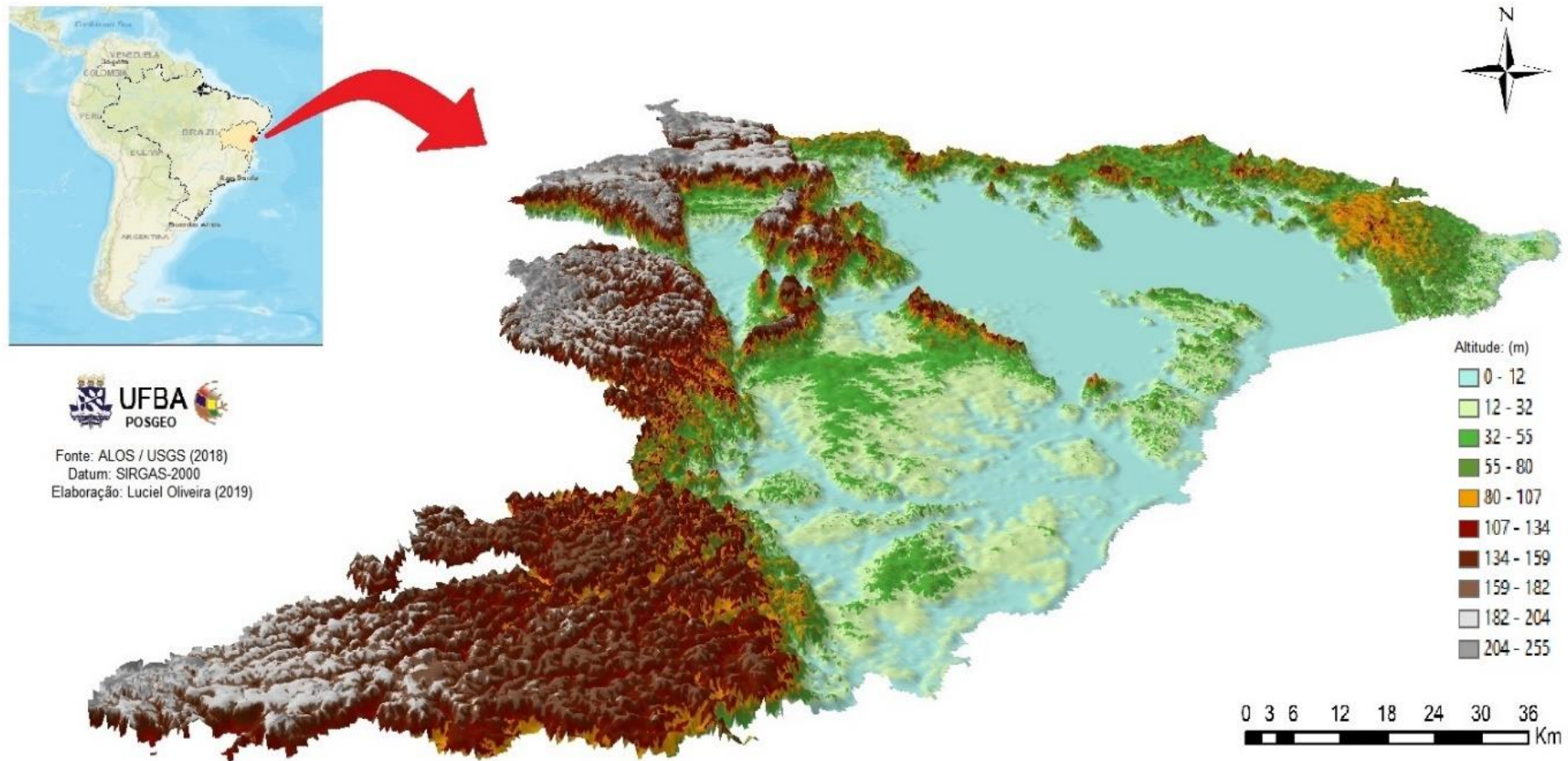
Tema	Valor VE
Composição RGB-321	17.5
Composição RGB-432	16.5
Composição RGB-543	16.5
Modelo Digital de Terreno (MDT)T	15.0
Florestas Simuladas ( <i>shapefile</i> )	19.0

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se que os valores do Quadro12 variam de acordo com a imagem a ser visualizada. Essa variação decorre das características dos *pixels*, os quais constituem a imagem a ser visualizada em 3D. Para algumas imagens, é necessária a variação nos valores de VE devido às cores e texturas. Sendo assim, para uma visualização capaz de possibilitar a leitura e a interpretação da paisagem, é necessária a adequação dos valores de VE com o tipo de imagem a ser amostrada na perspectiva 3D, conforme ilustra a Figura 35.



**Figura 35** - Representação tridimensional da área de estudo apartir dos dados PALSAR-ALOS com resolução espacial de 30m, exagero vertical >0.00002\*.



\* Calculado e representado no ambiente Qgis2threejs do QGIS 2.18

# CAPÍTULO

## IV

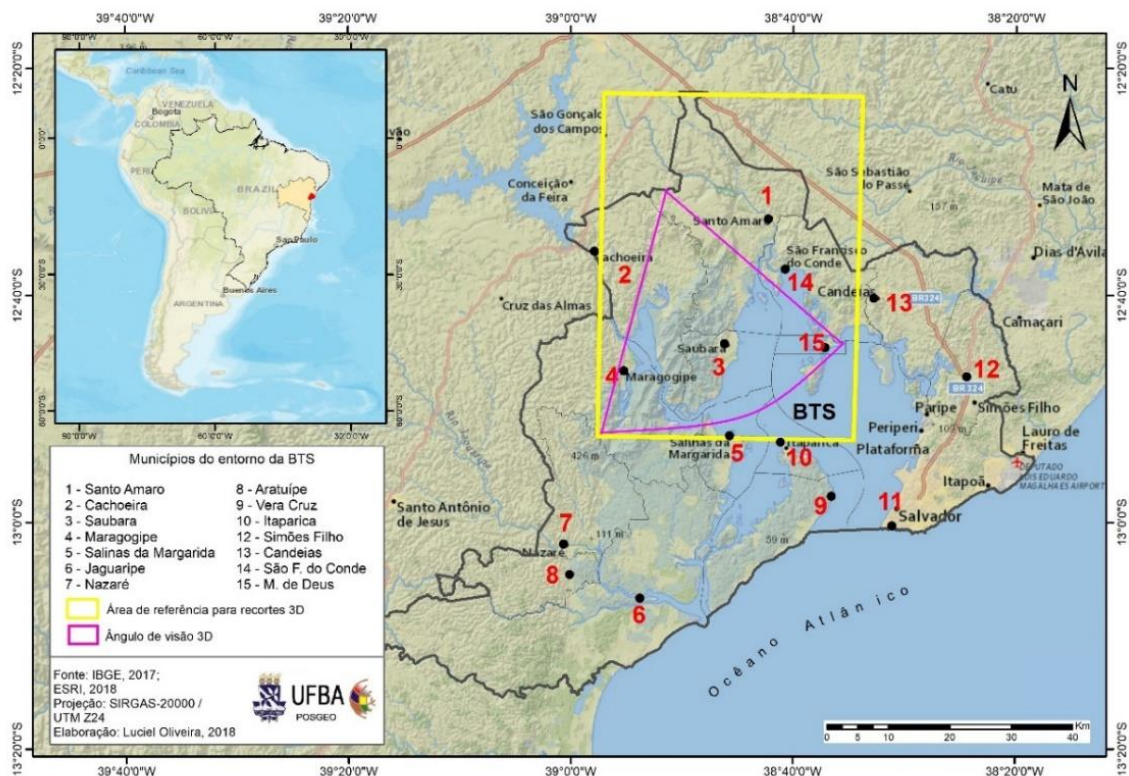
### RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 4.1 EVOLUÇÃO DA PAISAGEM: MORFOLOGIA A PARTIR DAS COMPOSIÇÕES COLORIDAS RED/GREEN/BLUE

A materialização dos resultados desta pesquisa ocorre, principalmente, através de imagens, mapas e gráficos, que representam os principais fenômenos e objetos na paisagem investigada. As formas e as feições foram identificadas, registradas, mensuradas e modeladas a fim de possibilitar uma interpretação dos processos envolvendo a dinâmica e a complexidade existentes em uma escala multitemporal para o entorno da Baía de Todos-os-Santos (BTS).

A morfologia da paisagem, nesta etapa da pesquisa, é caracterizada pela combinação de registros e consequente análise das formas assumidas pelo conjunto de elementos materiais e imateriais de classes natural e artificial, distribuídos ao longo da superfície observada. Para realização dos registros e análise no entorno da BTS, foram realizadas a leitura e a interpretação dos dados de sensor (ALOS - PALSAR) e das bandas espectrais de sensores imageadores da série de satélites Landsat. As representações a seguir se baseiam em ângulos distintos de observação e registro a partir de cartogramas da paisagem. Inicialmente, é apresentado o ângulo de visada número 1 para o sudeste da área de estudo (Figura 36).

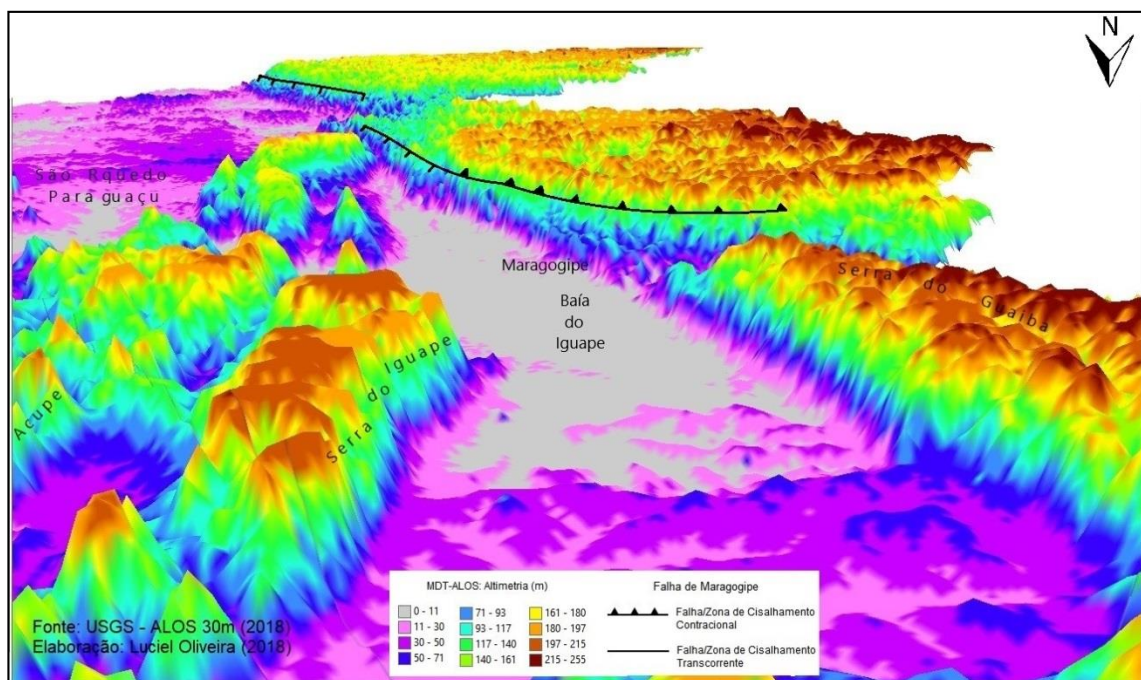
**Figura 36** - Ângulo de visada para as representações posteriores.



Fonte: Elaborado pelo autor

Em uma escala de relevância, é possível considerar as atividades tectônicas como os agentes modeladores que melhor marcam o relevo da paisagem na área de estudo. Essas marcas estão estampadas na paisagem principalmente através das falhas e zonas de cisalhamentos presentes. Outros agentes modeladores também são notáveis, a exemplo dos ventos, rios, chuvas, transgressões e regressões marinhas. O resultado da associação desses agentes modeladores materializa-se na paisagem através das formas de relevo dissecado, onde predominam planícies próximas aos limites marinhos, pequenos morros e algumas serras posicionadas na porção central da área de estudo no sentido norte-sul. A maior parte da Ilha de Itaparica ocupa a borda da falha de Maragogipe a oeste das planícies marinhas e fluviomarinhas (Figura 37). As demais formas caracterizam-se por colinas rebaixadas e restos de tabuleiro esculpidos no grupo Ilhas e no grupo Santo Amaro. Existem também cursos d'água originados devido à presença de falhas que cortam a unidade no sentido sudoeste-nordeste, os quais podem ser notados a partir da leitura e interpretação do modelo digital de terreno MDT empregado no estudo.

**Figura 37** - Imagem em perspectiva tridimensional para o relevo do recorte espacial de referência tendo como base o Modelo Digital de Terreno do sistema ALOS com resolução de 30m, disponível na base de dados do GEE.

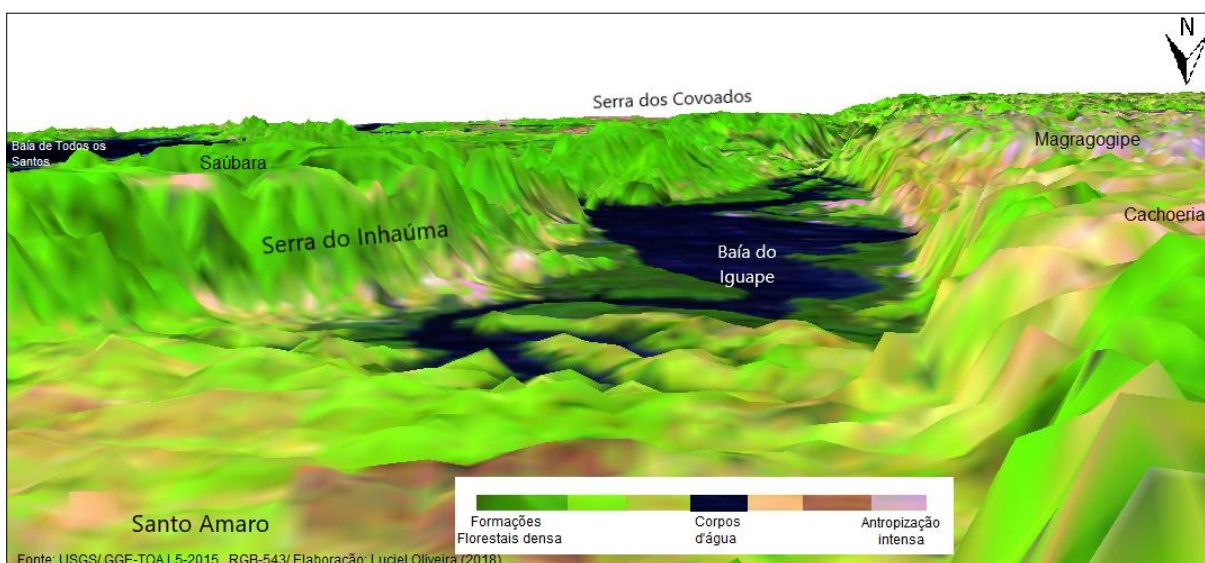


Fonte: Elaborado pelo autor

As marcas do tectonismo na área de estudo são notadas através das falhas geológicas de Salvador e de Maragogipe principalmente, além de outras menores. Essas duas feições maiores

são claramente evidenciadas durante a análise da MDT da área de estudo (Figura 28). Assim como as falhas, outras feições são passíveis de detecção e análises na imagem do sensor PALSAR do satélite ALOS, como a dissecação do relevo e as colinas rebaixadas e os cursos da drenagem. Essas formas se constituem de estruturas preliminares para a configuração da paisagem na área investigada. Através da sobreposição de camadas de dados de diferentes sensores (TM, ETM+ e OLI, disponíveis no Catálogo do GEE), foi possível visualizar as características da relação entre relevo e forma do terreno com a cobertura da terra presente na porção imageada (Figura 38).

**Figura 38** - Representação 3D com ênfase aos aspectos da cobertura e seus respectivos níveis de conservação e degradação para a paisagem da localidade da Baía do Iguape conectada à Baía de Todos-os-Santos.



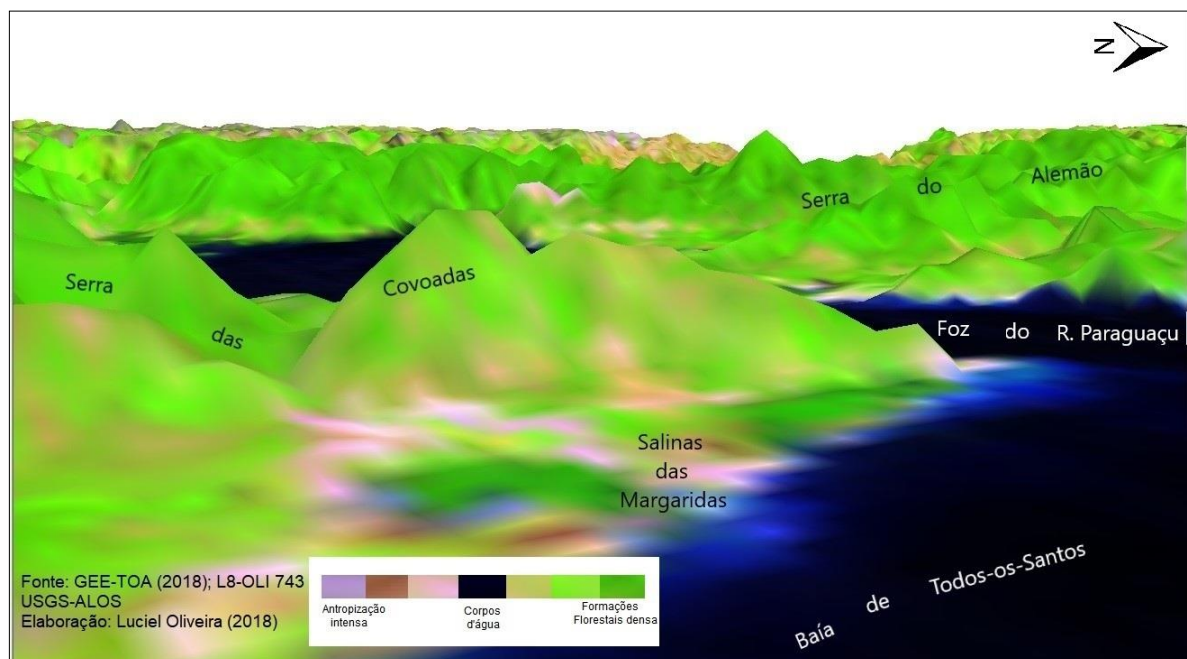
Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 38, nota-se a morfologia da paisagem a partir dos aspectos da cobertura da terra e da forma do terreno/relevo em paralelo às rugosidades do relevo da área analisada. A cobertura da terra é marcada por vegetação em níveis de densidade variados com formações florestais densas até cobertura por pastagens e áreas de agricultura, através das tonalidades de verde, bege e marrom a vermelho (Figura 38). Também é marcante a presença de uma rede de drenagem, por meio de canais, riachos e rios, que estrutura uma complexa circulação das águas na superfície, notada pela rugosidade na figura anterior.

A intensa antropização na área ocorre, principalmente, através de solos expostos e da infraestrutura urbana, resultado da supressão e substituição da vegetação de porte florestal em decorrência de áreas de pastagens e mosaicos de agricultura e pastagens entre outras formas de

uso e cobertura da terra (UCT). A paisagem, representada na Figura 39, ilustra a dinâmica do processo de supressão da vegetação mais adensada em consequência das áreas mais aplainadas destinadas às atividades agropastoris. As atividades de Pastagens e Mosaicos de Agricultura e Pastagem, na área de estudo, são classes de UCT, as quais se apresentam salientes ao incluímos os aspectos geomorfológicos como atributo para a sua identificação/caracterização. A morfologia do terreno também possibilitou a definição da densidade da cobertura vegetal em alguns pontos, especialmente nos pontos de Formações Florestais. Durante a análise do relevo de áreas pontuais no entorno da BTS, chama atenção o conjunto de serras presente na porção oeste. Destacaram-se, durante os registros, as seguintes: Serra do Guaíba, Serra do Inhaúma, Serra do Iguape e Serra das Covoadas, esta localizada nos municípios de Salinas da Margarida e Maragogipe próximo à foz do Rio Paraguaçu da BTS. Durante os trabalhos de observação e registro 3D, foi feito um recorte na extremidade norte da Serra das Covoadas, conforme ilustração da Figura 39. Na extremidade dessa serra, as altitudes correspondem a valores entre 85m e 122m acima do nível do mar, e o ponto mais elevado da Serra das Covoadas localiza-se a 185m acima do nível do mar, concentrando também a maior parte da cobertura por Formações Florestais nativas.

**Figura 39** - Face leste da extremidade norte da Serra das Covoadas nas imediações de Salinas da Margarida.



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 39 representa uma aproximação visual das características morfológicas e de cobertura da terra na face leste da extremidade norte da Serra das Covoadas nas imediações de Salinas da Margarida. O ângulo de visão 3D na Figura 39 possibilita visualizar as áreas de topos, as quais são cobertas por vegetação densa e com porte florestal. Dessa maneira, é possível identificar e avaliar a relação e a intensidade dos níveis de vegetação com a topografia do terreno. Os tons na cor bege até rosa correspondem às áreas com infraestrutura urbana em altitudes máximas de 20m acima do nível do mar e concentram a maior parte das áreas antropizadas ao lado das áreas de manguezais (tom verde-escuro). É importante considerar a aproximação dos valores de *exagero vertical* para as formas do relevo que se busca representar. O exagero vertical adotado é uma simulação/aproximação e não corresponde à total realidade *in loco*.

#### **4.1.1 Composição *Red3/Green2/Blue1***

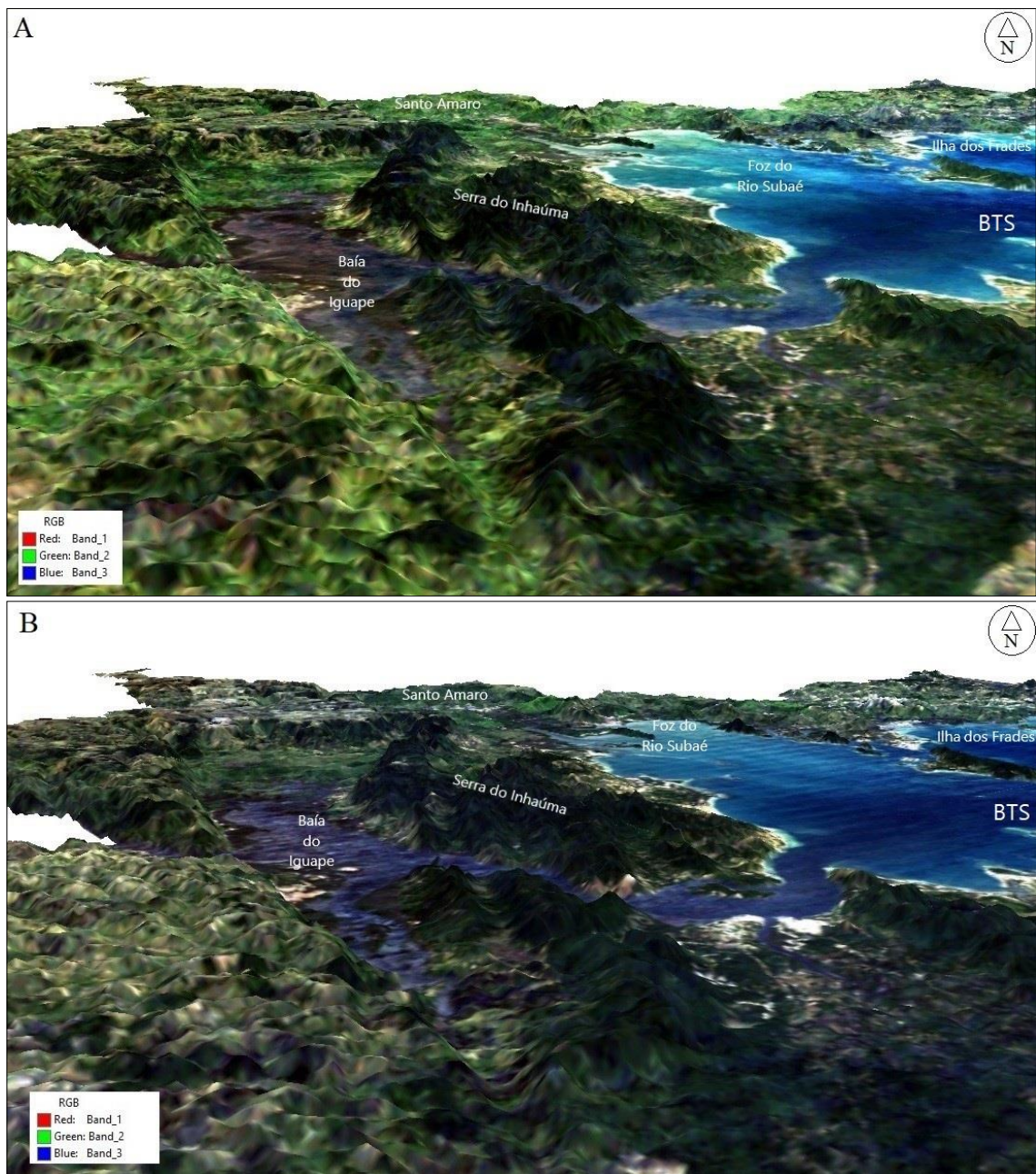
A composição de bandas espectrais *Red3/Green2/Blue1*, neste estudo, possibilitou uma visualização próxima à cor verdadeira, como se observássemos as feições estampadas na paisagem da área de estudo a partir de uma aeronave em voo. Essa composição também permitiu a visualização das feições marinhas submersas rasas e plumas de descargas do Rio Paraguaçu, entre os municípios de Salinas da Margarida e Saubara, e também do Rio Subaé, entre os municípios de São Francisco do Conde e Santo Amaro, ambos desembocando na Baía de Todos-os-Santos (BTS). Essa composição possibilitou identificar o fluxo intenso das descargas oriundas dos rios mencionados anteriormente, demonstrando, dessa maneira, a importância da dinâmica hidrográfica para o regime da BTS no que diz respeito ao transporte e à deposição de sedimentos no estuário.

As plumas de sedimentos da deriva litorânea são bem marcadas pela diferença de cor entre os sedimentos em suspensão, que estão próximos à costa, e o azul *oceânico* das porções mais distantes da linha de costa. A coloração azul esbranquiçada pode ficar mais escura ou mais intensa em função do aumento das descargas fluviais em períodos chuvosos. Além da diferenciação de cor, a zona da deriva costeira e a da interiorana da baía são marcadas por estruturas (manchas) em forma de vórtices. As áreas mais profundas da BTS aparecem em tonalidades mais escuras, próximas do azul marinho e do preto. Elas se localizam nas porções centrais da BTS, enquanto as áreas mais próximas às linhas de costa aparecem em tonalidades mais claras (Figura 40).

Nessa composição colorida, a vegetação densa de porte florestal é identificada pelos tons verdes mais escuros, enquanto as áreas cobertas por vegetação menos densa e porte menor assumem tons esverdeados mais claros, sempre próximos dos tons amarelados, os quais implicam áreas com predominância de pastagens e áreas em preparação para cultivos. As áreas com solo exposto aparecem, nessa composição, marcadas com cores claras, que variam do amarelo ao branco, e os níveis de antropização da paisagem são identificados pela variação dos tons amarelo esbranquiçado até próximo do bege. Essas áreas caracterizam-se, principalmente, por infraestruturas urbanas, como a cidade de Salvador e demais cidades, no entanto de porte menor ao longo da área imageada.



**Figura 40** - Imagem tridimensional ao noroeste da Baía de Todos-os-Santos subposta à Composição R3G2B1 da coleção LANDSAT-L5/L7 TOA para os períodos 1985-1987 (A) e 2015-2017 (B).



Fonte: Elaborado pelo autor.

As feições em tons violeta sinalizam as áreas mais aplainadas (Figura 40), próximas aos corpos hídricos (rios e baía) e também aos manguezais. A porção oeste da área de estudo, principalmente na faixa delimitada pela falha geológica, é marcada pela predominância de pequenos morros com topos ondulados e cobertos, predominantemente, por pastagens e, em alguns pontos, por vegetação de porte intermediário decorrente de reflorestamentos. Ao analisar dois períodos extremos da série histórica (A, 1985-1987 e B, 2015-2017), foi possível notar que

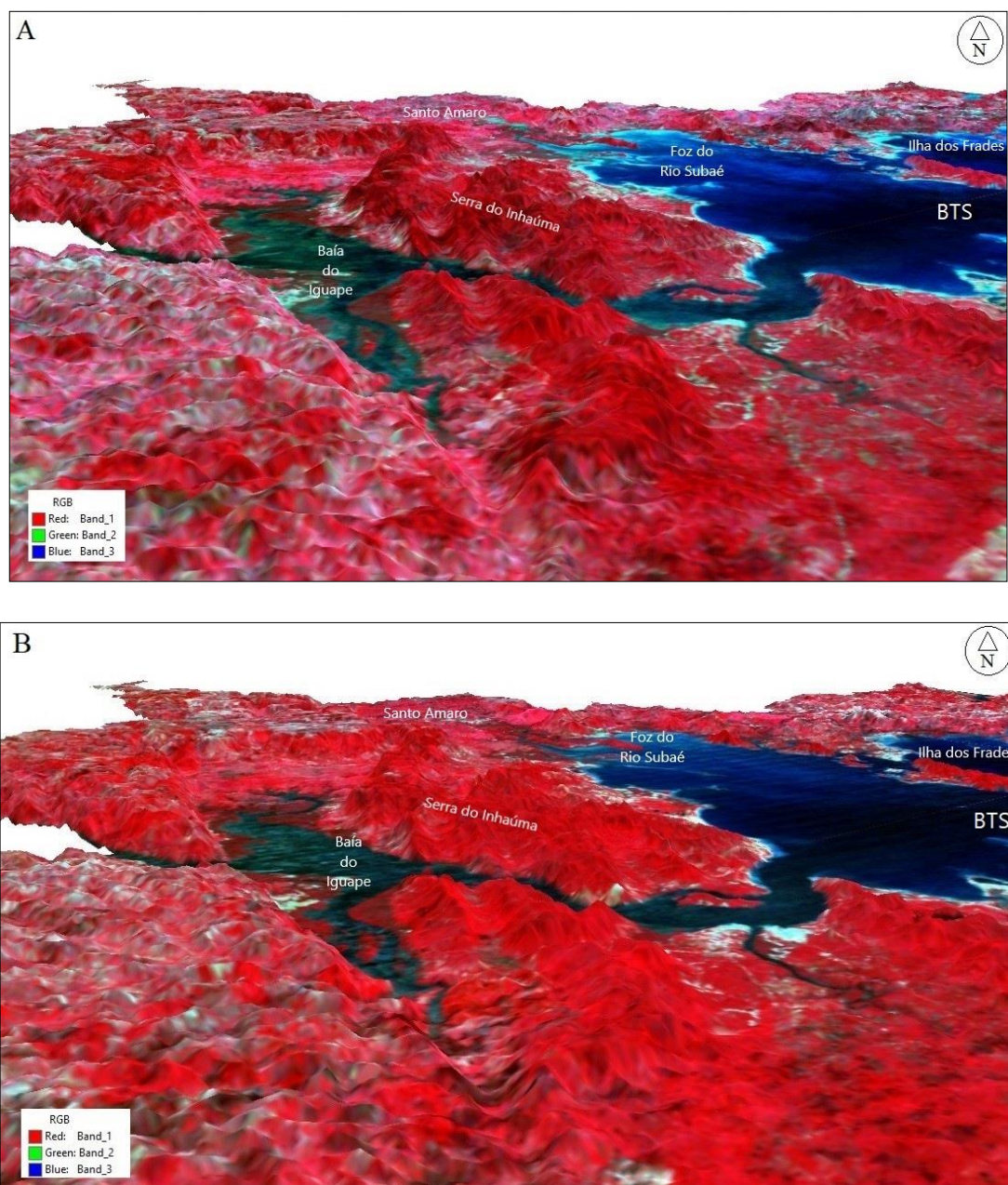
a composição apresentou melhor resposta para destacar a presença das descargas de sedimentos pelos dois principais rios que desaguam na BTS e respectivas influências na paisagem local. Quanto à identificação mais precisa dos aspectos relacionados à cobertura vegetal e ao uso da terra, essa composição não apresentou subsídios para uma leitura com precisão, uma vez que as feições dos tipos de vegetação não poderão ser estratificadas a partir das tonalidades das cores predominantes na composição R3G2B1.

#### **4.1.2 Composição *Red4/Green3/Blue2***

A composição colorida R4/G3/B2 possibilitou diferenciar algumas das principais formas de cobertura vegetal presentes na área de estudo, as Formações Florestais e os Manguezais. Essa composição baseada nos canais do infravermelho próximo (Banda 4), do vermelho (Banda 3) e do verde (Banda 2) possibilitou realçar as feições da vegetação, já que as atividades fotossintéticas encontram nas bandas do vermelho e infravermelho maior refletância. As áreas cobertas por florestas remanescentes da Mata Atlântica assumem uma feição mais rugosa, com tom vermelho brilhante, principalmente nos pontos mais densos (Figura 41). Esse fenômeno ocorreu nas áreas com relevo mais acidentado, a exemplo do topo de colinas, morros e serras, sobretudo nos municípios de Jaguaripe (na porção norte), Salinas da Margarida (na porção oeste), Maragogipe (na porção leste), Saubara (ao longo da porção central) e Santo Amaro (a partir da porção central seguindo pelo sentido sul).

Ao longo dos locais mencionados, foi possível perceber a maior concentração de Formações Florestais, ao contrário de outros pontos dentro dos limites dos municípios. Nos outros locais, ocorre a presença marcante de vegetação de porte menor, sendo as gramíneas, as quais constituem as pastagens, que ocupam a maior parte da área de estudo ao longo dos 15 municípios imageados durante a série temporal (1985 até 2017). As áreas com predominância das atividades agropecuárias (Pastagens e Mosaicos de Agricultura e Pastagens) assumem tonalidades mais claras, principalmente nos tons bege e cinza claro. Os pontos de ocorrência de solo exposto e/ou com pouca vegetação apresentam-se com rugosidades e tons marrom-avermelhado e marrom-claro decorrentes da ampla participação de rochas desagregadas, material argiloso e rico em óxidos e hidróxidos de ferro. Nas áreas onde a vegetação foi totalmente retirada e os terrenos aplainados para construção civil e também agricultura, o solo exposto mostra-se com colorações variáveis de marrom-claro a azul, dependendo do tipo litológico do substrato, mas a detecção é facilitada devido à forma frequentemente poligonal.

**Figura 41** - Imagem em perspectiva tridimensional (3D) do recorte especial de referência (ao noroeste da Baía de Todos-os-Santos) subposta à **Composição R4G3B1** da coleção LANDSAT-L5/L7 TOA para os períodos 1985-1987 (A) e 2015-2017 (B).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao longo da série histórica trabalhada (A, 1985-2017), foi possível identificar mudanças salientes na cobertura vegetal e, principalmente, perceber a variação dos níveis relacionados ao porte e à densidade da cobertura vegetal, sobretudo as de porte florestal e remanescentes da Mata Atlântica. A imagem inicial apresenta diferença quando comparada ao período final do imageamento (B, 2015-2017) (Figura 41). Na imagem correspondente ao período (B, 2015-2017), o destaque maior decorre da redução ou da perda de manchas densas de vegetação e aumento das áreas de tons mais claros relacionados à cobertura por pastagens e vegetação

arbustiva. As áreas urbanas mostram-se também com coloração variando de bege a azul, devido à grande quantidade de solo/obras exposto, mas com textura em grade que se caracterizam arruamentos. As áreas de planície de inundação das drenagens são marcadas por tons azul claro, devido aos bancos de areia, por vezes, com água ou alguma umidade. As planícies de maré próximas às zonas costeiras assumem cores variáveis de marrom e azul esverdeado, devido à maior participação de material lamoso e umidade alta.

Os campos de dunas (nordeste da cidade de Salvador) são tipicamente marcados por cores que variam do branco ao amarelo-claro, devido à presença de areais não-consolidados e à ausência de vegetação. As zonas de praia assumem cores que variam de branco, quando presente areia livre e seca, a marrom azulado, quando apresentam alguma umidade ou estão ainda sob influência das marés. Essa composição demonstrou que sozinha não é capaz de possibilitar uma leitura ampliada dos elementos especializados/impressos na paisagem, principalmente quando se busca investigar traços da antropização. No entanto, essa mesma composição ofereceu uma boa resposta para a análise dos corpos vegetais registrados pela imagem.

#### **4.1.3 Composição *Red5/Green4/Blue3***

Essa composição integra o conjunto das mais usuais nos trabalhos relativos ao zoneamento de uso e cobertura da terra, principalmente ao usarmos os sensores TM, ETM e ETM+ da série de satélites Landsat, tendo como objetivo a identificação de feições geográficas impressas na paisagem (FRANKLIN, 2001; CHEN; ROGAN, 2004; BAGAM; YAMAGATA, 2012). Ela permitiu identificar de maneira mais objetiva, na paisagem, as áreas caracterizadas pela atividade antrópica (infraestruturas urbanas, pastagens, mosaicos de agricultura e pastagens, entre outras atividades). A composição usa o canal do infravermelho médio (Banda 5) para a cor vermelha, o infravermelho próximo (Banda 4) na cor verde e o vermelho (Banda 3) na cor azul. O resultado dessas alocações é uma imagem com alto brilho nas feições antrópicas, como cidades, vilas, áreas com solos expostos para obras e agricultura, assim como para áreas com vegetação de porte florestal densamente agrupadas nas formas mais acidentadas do relevo da área de estudo.

Os corpos vegetais se destacaram nessa composição, possibilitando realçar as discussões envolvendo a cobertura vegetal submetida aos processos de desflorestamentos, principalmente na porção oeste da BTS, após as falhas geológicas existentes. Essa composição permitiu distinguir não apenas as feições antrópicas, mas também as áreas com cobertura vegetal natural

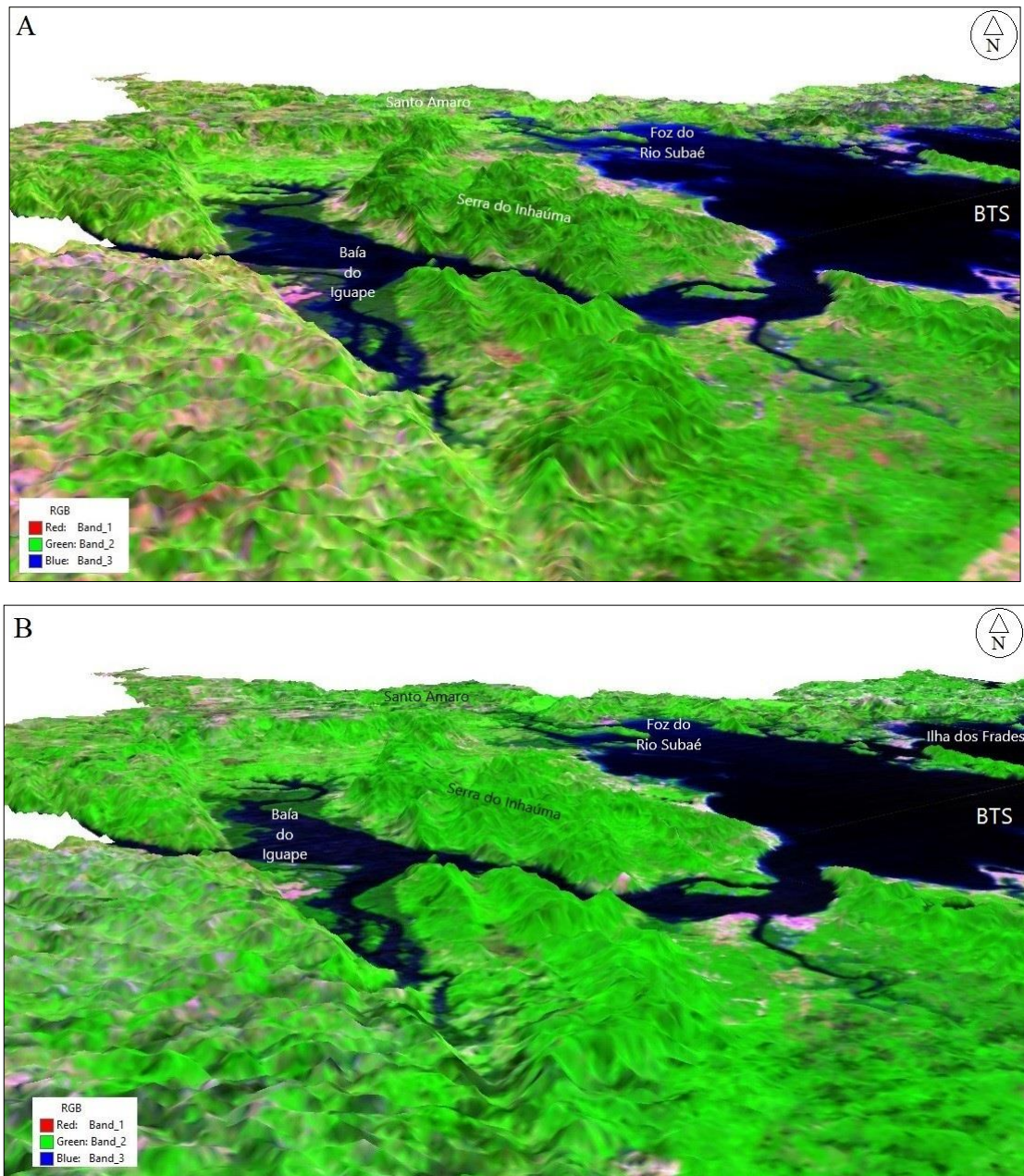
e reflorestamentos, principalmente as de porte mais adensado (florestas), localizadas ao longo das áreas interioranas dos municípios e também próximas à costa.

No que diz respeito à caracterização da vegetação, essa composição (R5G4B3) não ofereceu respostas no mesmo nível de detalhamento que a composição R4G3B2. A composição R5G4B3 possibilitou, no entanto, distinguir claramente as áreas com cobertura vegetal saliente (Florestas) das áreas antropizadas. Também é importante associar outras composições. Neste estudo, optamos em associar à R3G2B1, devido à sua capacidade de identificar e salientar plumas e descargas sedimentares, as quais são marcantes na área de estudo, principalmente ao norte, com o rio Subaé, e ao oeste, com o rio Paraguaçu.

Autores como Maia e colaboradores (2016) consideram feições geográficas as áreas nas quais existe uma interferência direta da sociedade, a exemplo dos campos de agropecuária, áreas urbanas, áreas com solos expostos oriundas de atividades extrativistas ou mesmo decorrentes de degradação resultante da atividade direta ou indireta do homem. As feições geográficas são marcantes na paisagem da BTS, principalmente aquelas originadas a partir das atividades econômicas como agropecuária ao norte e ao oeste. A composição R5G4B3 salienta essas feições geográficas, assim como ressalta áreas com cobertura vegetal natural, a exemplo das florestas da Mata Atlântica.

Essa composição serviu para identificação de *antropismos* como zonas urbanas, loteamentos ou regiões que sofreram intervenção humana, que podem ser representadas por coloração rósea com leves tons de cor marrom e limites pouco sinuosos. Os loteamentos podem se apresentar com tons esverdeados, variando com o percentual de áreas desmatadas, vegetação de planícies fluvial, fluviomarinha ou de inundação com coloração rósea-azulada, tendendo para lilás quando circundam corpos d'água, e, em função de suas profundidades, as tonalidades podem variar de azul claro a escuro (Figura 42).

**Figura 42** - Imagem em perspectiva 3D ao noroeste da BTS subposta à Composição R7G4B3 da coleção LANDSAT-L5/L7 TOA para os períodos 1985-1987 (A) e 2015-2017 (B).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi possível notar que as mudanças na cobertura da terra estão condicionadas à morfologia do terreno e que as áreas visivelmente cobertas por vegetação mais densa estão distribuídas nas áreas com relevo mais acidentado (conjuntos de serras). Foi utilizada a composição atual em conjunto com as demais mencionadas anteriormente, as quais serviram para conferir pontos identificados como as classes de UCT apresentadas neste estudo, ao longo da série temporal adotada. O destaque às feições antrópicas tornou essa composição (R5G4B3) referência nas situações de dúvida quanto a alvos tidos como áreas naturais e áreas antropizadas.

## **4.2 EVOLUÇÃO DA PAISAGEM: PADRÕES PARA O USO E COBERTURA DA TERRA NO ENTORNO DA BAÍA DE TODOS-OS-SANTOS**

Os dados de uso e cobertura da terra (UCT) corresponderam aos da última coleção, a 4.1 (1985 a 2018) do projeto MapBiomas.org, com correções atualizadas na classificação. A partir desses dados, foi possível gerar uma tabela com os padrões de UCT com 14 classes ao longo da escala temporal (1985 a 2018) representados no quadro 13. Sendo assim, são 33 anos de informações a respeito das taxas de UCT, as quais constituem a paisagem nos aspectos naturais e antrópicos na área de estudo. É importante salientar que a classificação adotada para o UCT é a mesma adotada pelo MapBiomas.org para os biomas brasileiros, mas foram consideradas as classes que estão dentro do recorte espacial compreendido como área de estudo da pesquisa (municípios do entorno da Baía de Todos-os-Santos).

Dentro de um universo composto por 27 classes de UCT para todos os biomas brasileiros, 14 classes compõem a paisagem da área de estudo desta pesquisa, sendo que algumas possuem expressão saliente para as discussões e outras, menos relevância, apesar de não serem anuladas, uma vez que partimos do princípio de que a paisagem é um complexo de objetos e formas de natureza variada (TRICART, 1977; BERTRAND, 2007).

O UCT na área de estudo foi relacionado a um conjunto de séries temporais ( $t$ ), que foram definidas como sendo: real ( $t_R$ ), amostral ( $t_A$ ) e simulada ( $t_S$ ). Foi possível identificar, no entorno da BTS, que algumas classes de UCT, a exemplo da Floresta Plantada e da Cultura Anual e Perene, não existiam nos anos iniciais, como na série histórica  $t_R$ . Em contrapartida, outras classes, como Formação Florestal, Manguezal, Apicum e Praia e Duna, integram a paisagem de maneira marcante com taxas elevadas de cobertura, principalmente a Formação Florestal (Quadro 13). Esta classe, apesar do decréscimo ao longo das séries históricas a serem discutidas neste estudo ( $t_R$ ,  $t_A$  e  $t_S$ ), ainda assim concentra valores e taxas salientes quando comparada às demais.

**Quadro 13** - Valores em km<sup>2</sup> para as classes de uso e cobertura da terra em uma série temporal real (t<sub>R</sub>) para a área de estudo.

	Formação Florestal	Formação Savânica	Manguezais	Floresta Plantada	Outras For. Nat. Não Florestais	Pastagem	Cultura Anual e Perene	Mosaico de Agricultura e Pastagem	Praia e Duna	Infraestrutura Urbana	Outras Áreas Não Vegetadas	Mineração	Apicum	Rio, Lago, Baía e Oceano
1985	1.855.465	1.137	133.627	0	157.094	979.230	0	457.098	15.444	131.655	18.540	0.878	16.241	1.057.035
1986	1.834.525	0.759	135.924	0	145.420	977.753	0	474.170	15.982	134.231	19.421	0.276	15.275	1.069.700
1987	1.839.436	0.277	136.026	0	143.551	1.013.600	0	425.873	16.206	145.211	16.070	0.286	16.834	1.070.077
1988	1.803.200	0.076	138.440	0	146.571	1.056.758	0	407.738	16.034	154.764	11.709	0.181	16.547	1.071.415
1989	1.768.210	0.099	141.765	0	149.721	1.070.261	0	419.276	15.363	160.963	11.068	0.356	15.794	1.070.571
1990	1.747.780	0.093	144.001	0	141.440	1.111.672	0	400.954	14.047	160.924	9.351	0.351	19.311	1.073.541
1991	1.777.157	0.504	142.980	0	138.344	1.122.487	0	363.568	14.085	161.976	8.385	0.169	19.605	1.074.212
1992	1.785.687	0.410	142.256	0	139.579	1.081.565	0	393.370	14.147	163.829	9.405	0.232	18.254	1.074.726
1993	1.781.936	0.270	143.664	0	132.878	1.065.750	0	416.309	14.659	167.539	11.052	0.212	17.196	1.072.016
1994	1.774.335	0.265	142.989	0	139.601	1.078.264	0	409.375	14.571	163.070	10.261	0.122	18.375	1.072.249
1995	1.829.851	0.139	140.601	0	148.476	1.008.734	0.004	421.352	14.856	160.388	10.481	0.022	15.239	1.073.340
1996	1.813.061	0.086	140.021	0	150.446	1.015.974	0.050	425.785	13.365	165.744	12.251	0.063	12.406	1.074.240
1997	1.831.618	0.074	138.749	0	151.692	1.024.880	0.010	397.648	5.617	173.700	11.904	0.111	13.876	1.073.569
1998	1.799.850	0.058	138.364	0	146.127	1.081.548	0.015	367.565	5.934	182.863	10.427	0.422	16.750	1.073.522
1999	1.754.553	0.318	140.431	0	144.597	1.175.322	0	312.440	5.783	186.777	10.622	0.420	18.658	1.073.523
2000	1.689.818	0.131	142.914	0	142.582	1.278.521	0	271.448	5.772	195.034	9.904	0.157	14.559	1.072.628
2001	1.648.245	0.272	142.380	0	139.171	1.304.253	0	281.869	5.978	204.531	9.312	0.160	15.931	1.071.352
2002	1.634.222	0.041	142.636	0	133.339	1.326.477	0	279.817	5.883	205.803	9.875	0.256	15.066	1.069.968
2003	1.662.537	0.048	144.481	0	128.331	1.313.812	0.004	267.720	6.176	204.229	7.977	0.253	16.911	1.070.881
2004	1.637.476	0.030	145.542	0	131.466	1.347.942	0.159	256.532	6.012	201.400	11.328	0.222	13.860	1.071.302
2005	1.632.170	0.161	146.558	0.012	130.528	1.358.168	1.118	247.959	5.987	203.113	11.766	0.222	15.930	1.069.585
2006	1.591.335	0.110	146.619	0.087	128.773	1.408.384	0.807	238.323	5.972	203.401	12.621	0.214	17.665	1.068.969
2007	1.580.450	0.051	146.646	0.163	136.610	1.412.719	0.011	238.197	6.249	205.862	11.445	0.231	16.242	1.068.415
2008	1.617.617	0.077	148.169	0.094	130.372	1.380.928	0.024	232.543	6.299	211.888	10.621	0.210	15.700	1.068.763
2009	1.655.793	0.096	149.596	0.018	122.502	1.306.614	0.140	269.759	6.223	211.801	10.160	0.224	20.553	1.069.826
2010	1.664.797	0.146	147.484	0.007	121.566	1.294.919	0.091	272.186	6.076	215.518	8.464	0.157	20.726	1.071.178
2011	1.635.208	0.190	143.937	0	122.931	1.299.910	0.041	294.295	6.354	219.842	10.079	0.184	20.588	1.069.736
2012	1.637.425	0.133	140.907	0	122.075	1.266.291	0.058	323.415	5.693	229.314	8.225	0.225	18.777	1.070.800
2013	1.628.789	0.098	139.549	0	126.536	1.258.966	0.027	325.181	5.444	244.397	4.724	0.217	20.169	1.069.278
2014	1.629.280	0.146	139.452	0	120.384	1.270.063	0.045	309.039	5.253	253.466	6.487	0.193	19.712	1.069.882
2015	1.650.173	0.056	141.471	0	117.385	1.219.636		329.231	5.083	265.629	6.164	0.196	18.707	1.069.638
2016	1.655.967	0.142	142.678	0	116.139	1.227.999	0.070	315.147	4.924	266.760	6.265	0.167	18.003	1.069.081
2017	1.616.363	0.651	142.251	0	115.046	1.247.286	0.278	343.294	5.038	257.199	7.506	0.190	19.864	1.068.542
2018	1.616.293	0.429	142.287	0	104.937	1.235.614	0.278	349.916	5.566	274.150	9.784	0.149	21.366	1.062.744

Fonte: Elaborado pelo autor

No conjunto de classes de UCT (Quadro 13), algumas delas possuem valores relativamente estabilizados, a exemplo dos Manguezais, e outras, ao contrário, são marcadas por ganhos e perdas. Essa flutuação, neste estudo, é representada através de unidades de área (km<sup>2</sup>) e também de porcentagem (%). O aumento dos valores correspondentes às classes de natureza antrópica sinaliza uma redução das classes naturais, principalmente a Formação



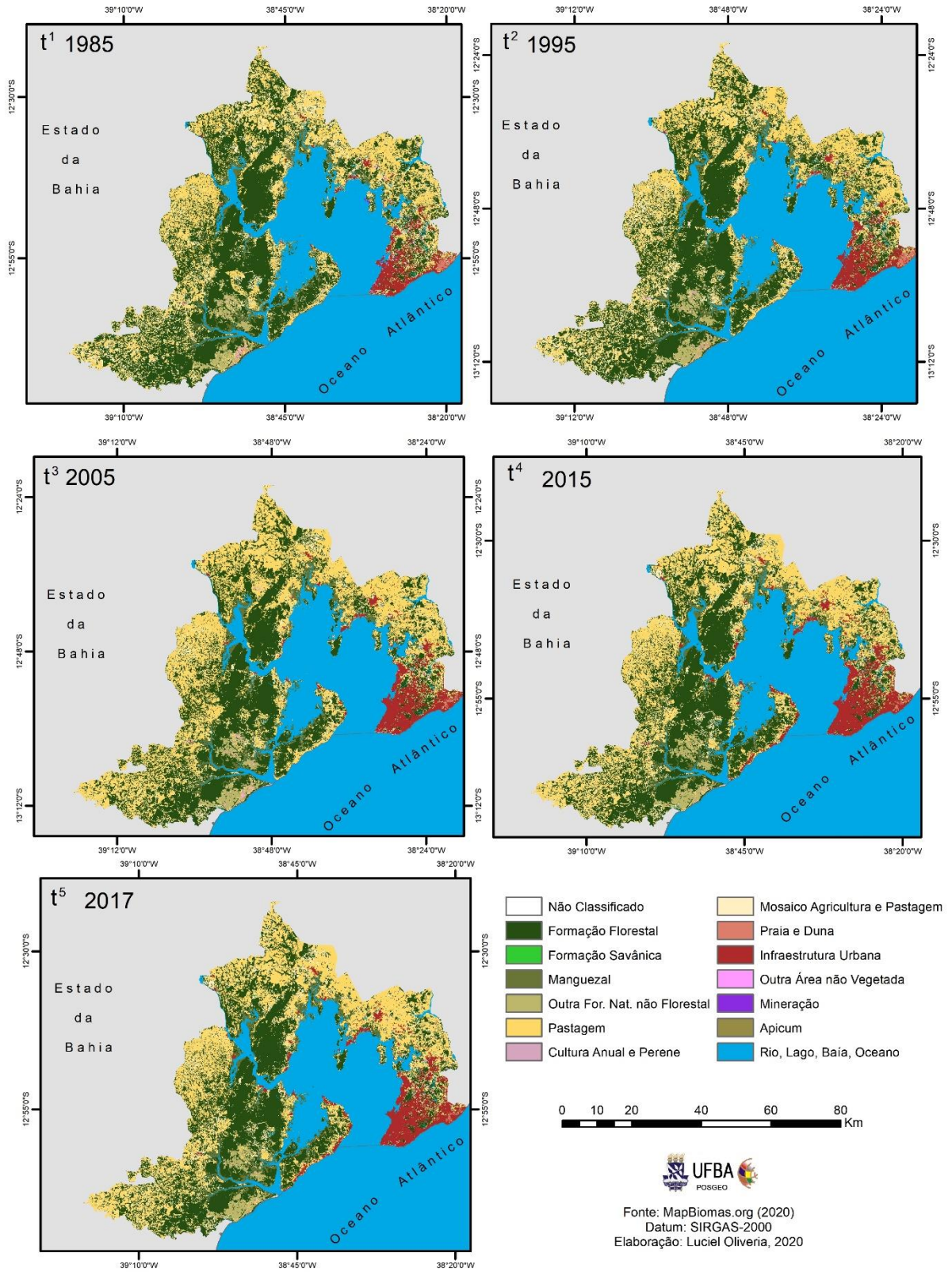
Florestal, Apicum e alguns pontos de Formação Savânica. A classe correspondente a Rio, Lago, Baía e Oceano possui variação de acordo com as oscilações do movimento das marés, porém valores sem variações abruptas ao longo das séries históricas.

Diante das séries históricas dos dados, foram definidas quatro imagens em  $t_A$  com intervalo de dez anos, sendo elas:  $t_{A1}$  1985;  $t_{A2}$  1995;  $t_{A3}$  2005;  $t_{A4}$  2015 e uma com intervalo de dois anos:  $t_{A5}$  2017, também sendo consideradas como cenários amostrais ( $t_{CA}$ ), e mais o cenário observado ( $t_{CO}$ ) com o ano de 2018 ( $t_{CO}$  2018) para avaliação e validação dos  $t_{CA}$ . Os cinco anos definidos como amostrais ( $t_A$ ) possibilitaram uma visão de síntese para a leitura e a interpretação dos fenômenos de mudanças nas classes ao longo dos 33 anos. Durante o intervalo de dez anos, foi possível identificar, com mais clareza, mudanças, principalmente nas classes com valores de cobertura menor.

O ano de 1985 ( $t_{A1}$ ) constitui o início das séries históricas, em que os valores e as taxas de cobertura da terra por Florestas encontraram-se mais elevados, seguidos da classe de Pastagens e Mosaicos de Pastagem e Agricultura. O  $t_{A1}$  é definido como parâmetro *inicial* das taxas de UCT, sendo assim, deve-se considerar também que o processo de transformação na paisagem vem ocorrendo desde os primórdios da colonização da área. A série  $t_A$  traz à tona as transformações de UCT de 1985 até 2018, que foram mensuradas, quantificadas e representadas através de gráficos e de cartogramas.

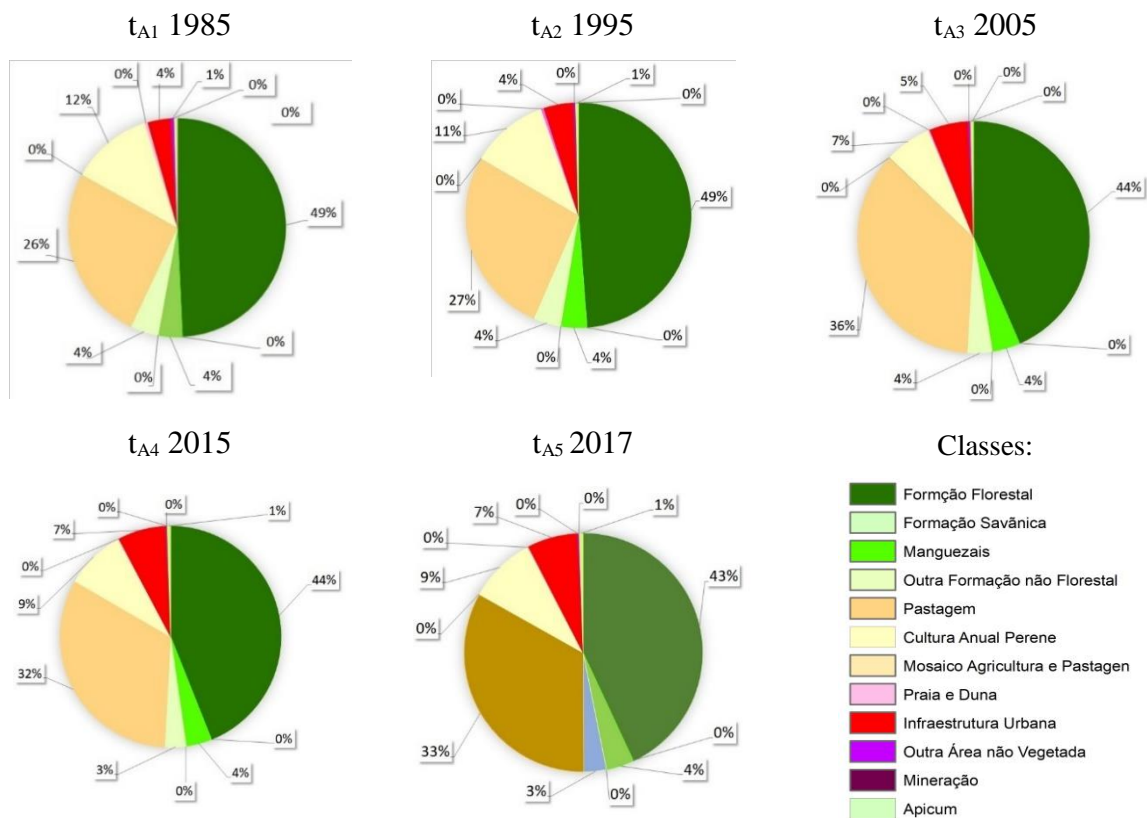
O ano correspondente a 1995 ( $t_{A2}$ ) demonstra a evolução dos processos de transformação na paisagem após o ano inicial da série e se destaca pela redução de coberturas vegetais, principalmente de Formação Florestal. No entanto,  $t_{A2}$  demonstra a continuidade de taxas de coberturas por Manguezais e aumento das áreas de Pastagens, assim como Mosaicos de Agricultura e Pastagens. O ano correspondente a  $t_{A3}$  demonstra continuidade nos processos de transformação, mantendo os padrões de crescimento de  $t_{A1}$  a  $t_{A2}$ , no entanto foi possível notar que, em  $t_{A3}$ , ocorreu uma acentuação da taxa de crescimento da classe Infraestrutura Urbana, que se manteve estabilizada nos anos seguintes. Os anos  $t_{A4}$  e  $t_{A5}$  apresentam valores equivalentes para a classe de Pastagem e diferentes em 1% para Mosaicos de Agricultura e Pastagem. Estes dois anos ( $t_{A4}$  e  $t_{A5}$ ) mantiveram padrões com mudanças relativamente próximos, conforme ilustram as Figuras 43 e 44 a seguir.

**Figura 43 -** Conjunto de mapas de uso e cobertura da terra para o período observado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 44** - Porcentagem de uso e cobertura da terra a partir das amostras para os tempos ( $t_A$ ) no entorno da BTS.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Algumas classes, como Manguezais e Apicum, caracterizam-se como classes que mantiveram as suas taxas de cobertura estabilizadas na maioria dos anos da série histórica ( $t_A$ ). Outras classes, como Outras Formações não Florestais, Cultura Anual e Perene, Praia e Duna, Outras Áreas não Vegetadas e Mineração, apresentaram variações no decorrer dos anos, porém, diante da extensão da área de estudo, os valores correspondentes a essas classes não são salientes, principalmente quando espacializadas e quantificadas em paralelo às demais classes discutidas.

As classes Formação Florestal, Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Infraestrutura Urbana e Manguezais são feições marcantes na Paisagem. Os valores dessas classes seguem sentidos opostos, sendo que, ao ocorrer o aumento de uma, em contrapartida, ocorrerá a redução de outra, como exemplo citamos o crescimento das Pastagens e Mosaicos de Agricultura e Pastagem em detrimento da Formação Florestal. Em síntese, os resultados das taxas de UCT variam sistematicamente, neles existem relações de perdas e ganhos necessários às consolidações das feições estampadas na paisagem do entorno da BTS.

### 4.3 EVOLUÇÃO DA PAISAGEM: CENÁRIOS PARA O USO E COBERTURA DA TERRA NO ENTORNO DA BAÍA DE TODOS-OS-SANTOS

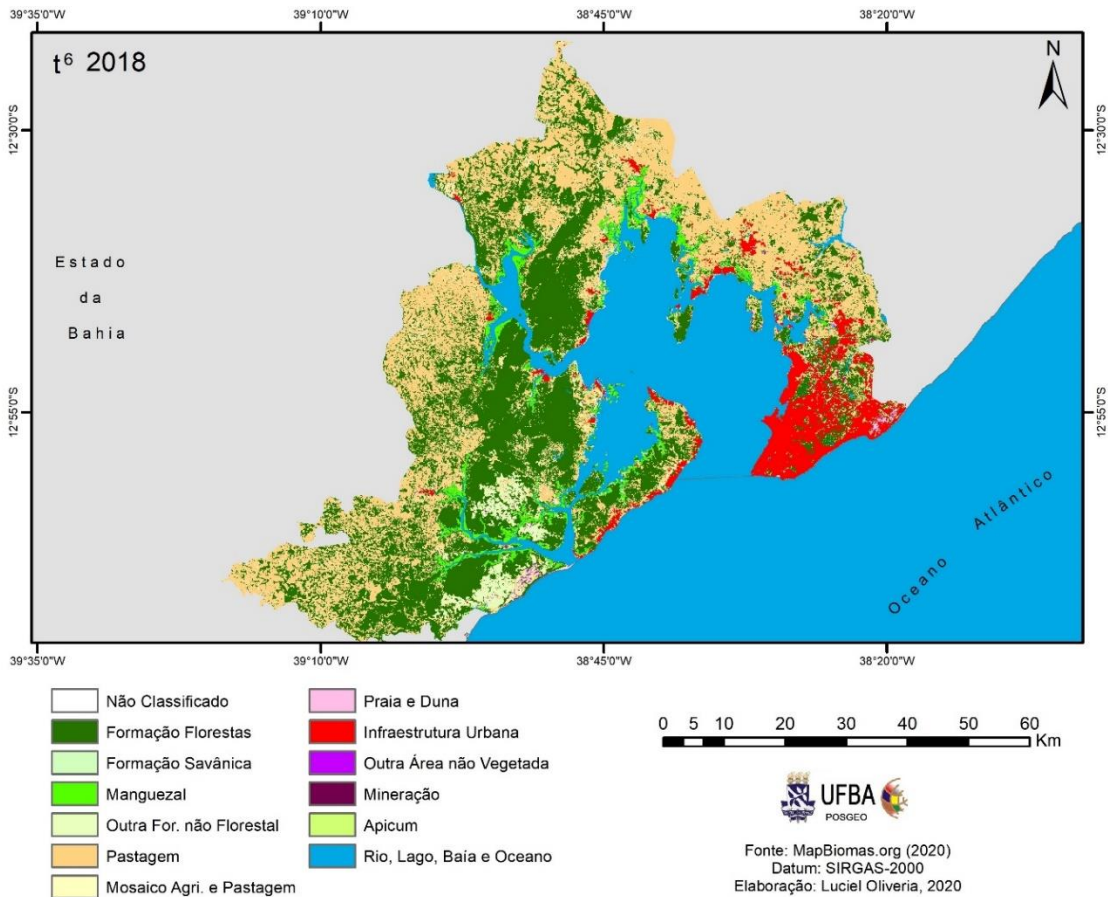
Através dos dados de uso e cobertura da terra (UCT) espacializados e quantificados, foi possível gerar representações de cenários para Paisagem da área de estudo em perspectivas diferentes, empregando variáveis ( $v_x$ ). Essas variáveis caracterizam-se por um conjunto de elementos que possuem influência no comportamento e na feição da paisagem, são elas:  $v_1$ : Rodovias e Estradas,  $v_2$ : Hidrografia,  $v_3$ : Falha Geológica e  $v_4$ : Localidades. Esse conjunto caracteriza-se como as *variáveis exploratórias* que influenciaram nas decisões do modelo e, conseqüentemente, na sua espacialização e quantificação. A modelagem ocorreu empregando o conjunto amostral ( $t_A$ ) referente aos anos de 1985 até 2018 com intervalos de dez anos. Sendo assim, nessa etapa dos resultados, foram gerados os anos para uma série simulada ( $t_S$ ) como cenários para o UCT em duas perspectivas: um cenário otimista e outro pessimista. A avaliação e a validação desses cenários ocorreram utilizando o ano ou cenário observado ( $t_O$ ) composto pelo ano 2018 ( $t_O$  2018).

#### 4.3.1 Cenário observado dos usos e cobertura da terra

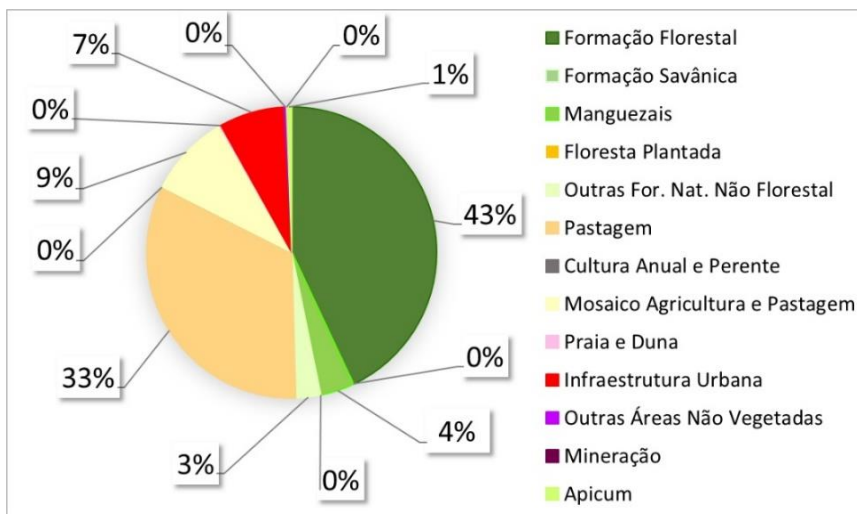
O cenário observado, que denominamos ano  $t_O$ , trata-se do ano de 2018 e a referência para validação desse cenário é o ano  $t_A$  2017. O cenário  $t_O$  é também compreendido como *real*, o qual apresentou valores espacializados e quantificados para as classes de UCT no ano de referência (2018). O cenário  $t_O$  apresenta as últimas variações nas taxas de aumento e redução das classes de UCT na área de estudo, para a área série temporal  $t_A$  (1985-2018), conforme ilustram as Figuras 45 e 46. Através do  $t_O$ , foi possível conferir as séries históricas  $t_A$ , assim como ter parâmetro para identificação das mudanças nos cenários simulados ( $t_S$ ).

As mudanças mais salientes nos padrões de UCT em  $t_O$  se referem às classes de Pastagens e Formação Florestal, seguidos de Mosaico de Agricultura e Pastagem e Infraestrutura Urbana, que continuam tendo os valores de cobertura mais salientes para os anos de  $t_A$  e  $t_O$ . Notamos que as quatro classes com as maiores taxas de cobertura da terra mantiveram seu padrão (maior taxa/valores de cobertura) ao longo de todas as séries históricas, sendo que, nos anos de referência amostrais ( $t_A$ ), foi possível ter uma percepção maior. Sendo assim, o intervalo de dez anos serviu para estabilizar os valores a serem apresentados em cada momento ou ano de  $t_A$  e  $t_O$ .

**Figura 45 - Cenário observado para o uso e cobertura da terra no ano de 2018.**



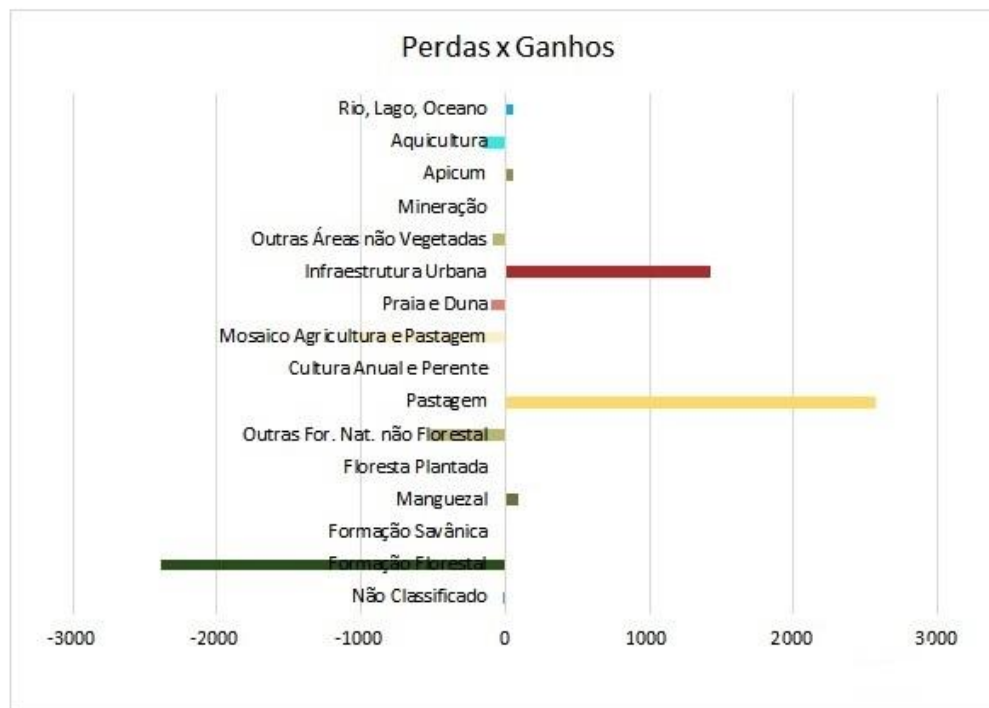
**Figura 46 - Taxas de cobertura e uso da terra para o período  $t_0$  (2018).**



Fonte: Elaborado pelo autor.

A representação gráfica das porcentagens do uso e cobertura por cada classe foi resultado da tabulação dos valores de períodos distintos. Foi possível representar os valores de ganhos e perdas comparando os valores das séries históricas  $t_A$  e  $t_O$ , dessa maneira foram quantificadas as perdas e os ganhos correspondentes a cada classe de UCT na área investigada (Figura 47).

**Figura 47** - Ganhos e perdas para o UCT na área de estudo no período observado ( $t_O$ ).



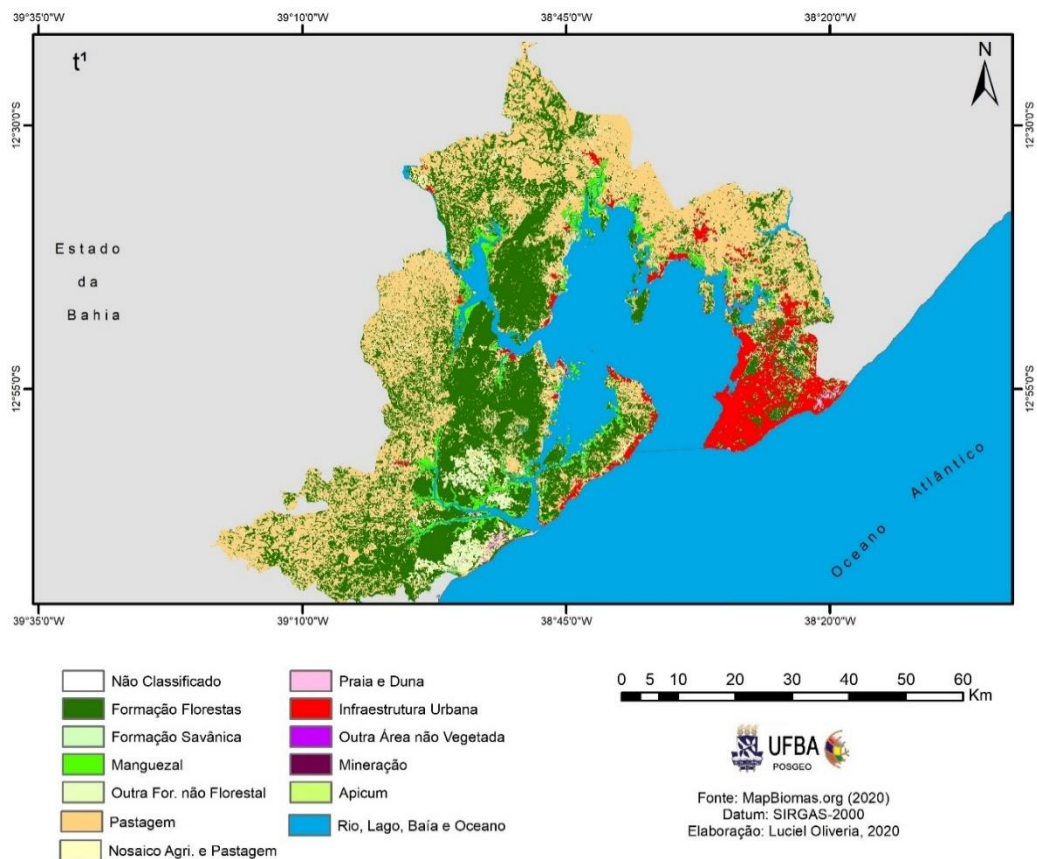
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores de ganhos e perdas de cobertura da terra no ano observado ( $t_O$ ) demonstram a dinâmica da Paisagem. Eles comprovaram que existe um fluxo nas variações ao longo dos anos apesar de essa *variação* só ser notada em um intervalo de tempo ampliado. As taxas de perdas e ganhos do UCT no cenário observado possibilitaram comparar os resultados da modelagem em duas perspectivas: a primeira, um cenário otimista ( $c_O$ ) e a segunda, um cenário definido como pessimista ( $c_P$ ) a partir das médias dos cenários amostrais ( $t_A$ ), assim como as variáveis exploratórias ( $v_X$ ).

### 4.3.2 Cenário otimista para as mudanças de uso e cobertura da terra

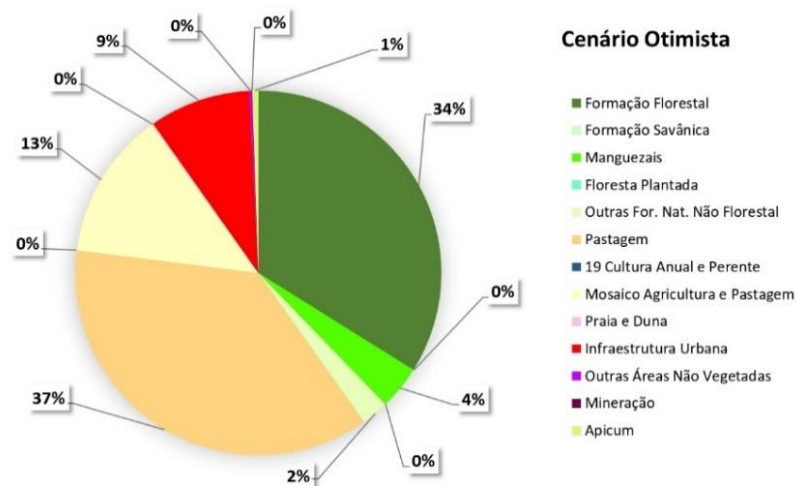
O cenário otimista para o UCT na área de estudo consiste na manutenção das taxas de UCT ao longo da escala temporal adotada (de 1985 até 2018), assim como uma possível estabilização dessas taxas identificadas nas médias dos períodos ou séries históricas amostrais ( $t_A$ ). Ao longo das séries históricas, os valores das classes variaram de acordo com fenômenos, a exemplo do aumento das atividades econômicas em detrimento da cobertura vegetal natural (Figura 48). Para o cenário otimista, algumas classes de UCT apresentaram taxas de cobertura divergentes do cenário pessimista. O cenário considerado otimista foi caracterizado por mudanças de UCT em uma velocidade menor que no cenário oposto (pessimista), principalmente nas perdas relacionadas à cobertura vegetal natural e ao aumento das atividades antrópicas, como a expansão da cobertura por Pastagens. No cenário otimista, as perdas de áreas naturais, como Formações Florestais, apresentaram-se dentro de uma média anual já conhecida ao longo das séries históricas real e amostral, não apresentando perdas discrepantes.

**Figura 48** - Cenário otimista para as mudanças de uso e cobertura da terra.



Fonte: Elaborado pelo autor

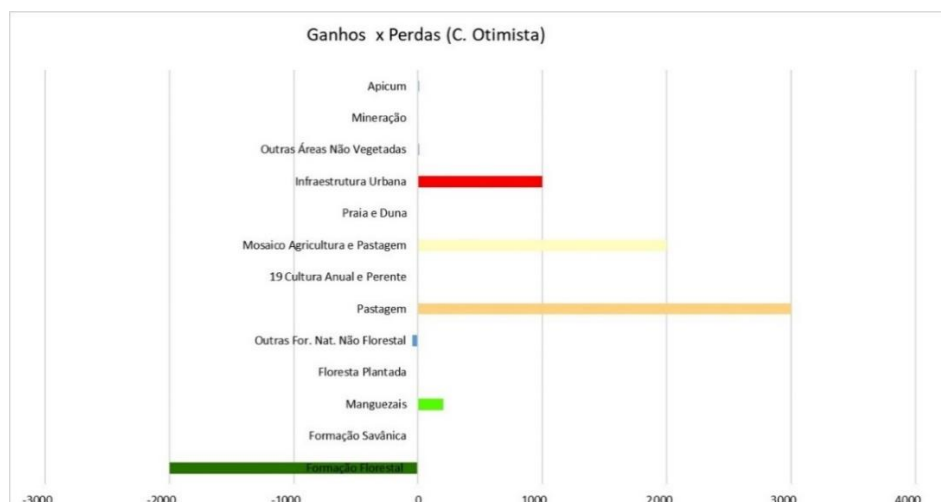
**Figura 49** - Taxas de cobertura e uso da terra para o cenário otimista.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As classes de UCT de origem antrópica, a exemplo de Infraestrutura Urbana, Pastagem e Mosaico de Agricultura e Pastagem, mantiveram-se em crescimento, no entanto esse crescimento não apresentou valores médios que destoassem da redução da cobertura por classes naturais como Florestas, Formações Savânicas e Manguezais principalmente. No cenário otimista, classes como Manguezal mantiveram seu crescimento seguindo as médias anuais ou a série histórica amostral e o cenário real. Cabe salientar que esse desempenho se replicou no comportamento simulado em uma perspectiva otimista. Tratando-se das perdas e ganhos, algumas classes chamaram atenção, principalmente Formação Florestal como perda e Pastagem como ganho diante das suas taxas (Figura 50).

**Figura 50** - Ganhos e perdas para o uso e cobertura da terra em um cenário otimista para a BTS.



Fonte: Elaborado pelo autor



No cenário otimista, nota-se que as classes compreendidas como Manguezal, Mosaico de Agricultura e Pastagem e Infraestrutura Urbana tiveram os maiores ganhos projetados pela modelagem. Foi possível compreender que o cenário otimista caracteriza-se pela manutenção de padrões de UCT das séries históricas reais e amostrais, assim como sinaliza o padrão de expansão das áreas compreendidas como Infraestrutura urbana e Pastagens sobre as áreas com cobertura natural, a exemplo das Formações Florestais e Formações Savânicas. Esse cenário caracteriza-se também por um padrão com taxas estabilizadas sem valores abruptos para as classes menos expressivas numericamente na cobertura e uso da terra na paisagem da área de estudo.

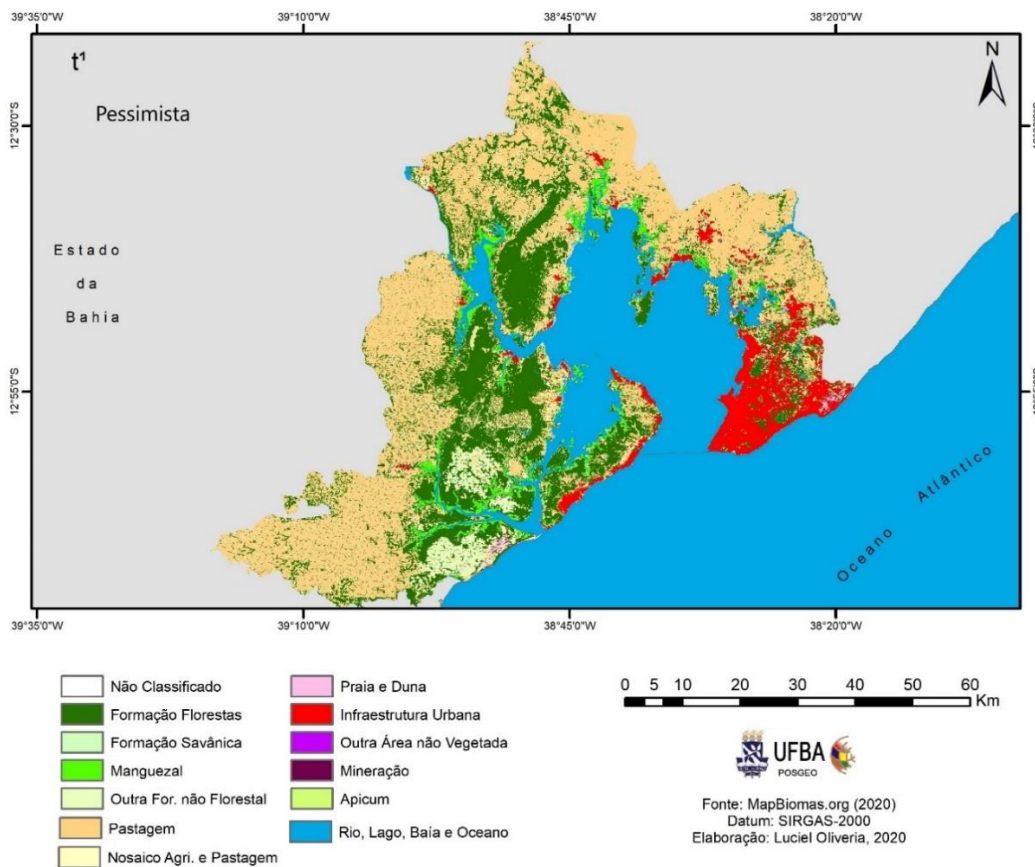
#### **4.3.3 Cenário pessimista para as mudanças do uso e cobertura da terra**

O cenário pessimista para o UCT é posto como o resultado de um conjunto de processos de redução de coberturas naturais, como Formação Florestal, Formação Savânica, Manguezal e Praia e Duna, em decorrência do aumento de outras classes, como Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem e Infraestrutura Urbana (Figuras 51 e 52). Entretanto essas mudanças são aceleradas por fatores/variáveis exploratórias ( $v_x$ ), sendo de natureza antrópica ( $v_A$ ), como malha rodoviária e localidades, além das variáveis naturais ( $v_N$ ), como rede hidrográfica e altitudes. As classes de UCT de natureza antrópica, nesse cenário, são as que possuem maior destaque ou realce na paisagem, principalmente, quando especializada.

É importante considerar, durante a modelagem, que existe um conjunto de variáveis exploratórias ( $v_x$ ), principalmente a malha rodoviária pontos de localidades (povoados, vilas, cidades) aceleram as mudanças de UCT em um cenário pessimista. Para essa simulação, as classes de UCT assumiram funções distintas, considerando as classes naturais e as classes antrópicas. Elas sofreram influência das variáveis exploratórias ( $v_x$ ), as quais pertencem a origens naturais e antrópicas. Sendo assim, o resultado das relações nesse conjunto determina o cenário e, nesse caso, acentua as mudanças na paisagem.

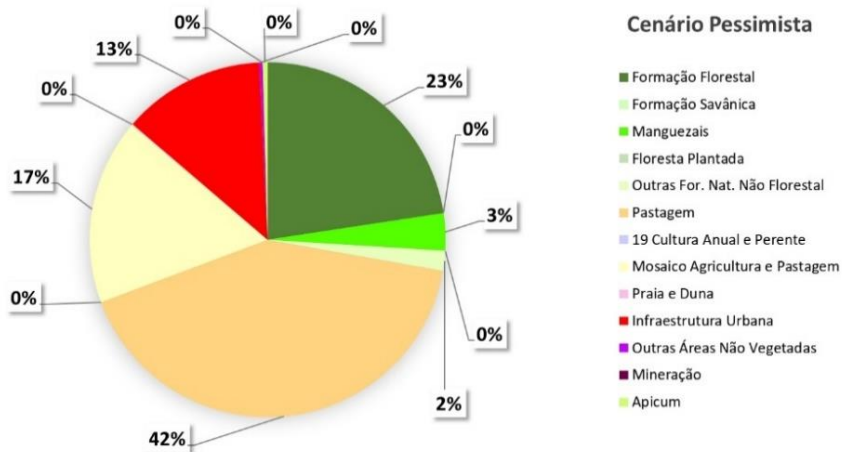
As variáveis antrópicas ( $v_A$ ), definidas como estradas, rodovias e localidades, influenciaram na caracterização do cenário uma vez que a presença delas na área aumentou as taxas de perdas de classes naturais ( $c_N$ ). Essas variáveis ( $v_x$ ) possuem um peso elevado nas decisões do modelo. Dessa maneira, as classes de Pastagem e de Mosaico de Agricultura e Pastagem tiveram um aumento considerável devido, especialmente, à presença e intensidade das estradas e rodovias, além do peso das taxas de UCT ao longo dos períodos.

**Figura 51 - Simulação do uso e cobertura da terra para um cenário pessimista.**



Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura 52 - Taxas de cobertura e uso da terra para o cenário pessimista.**

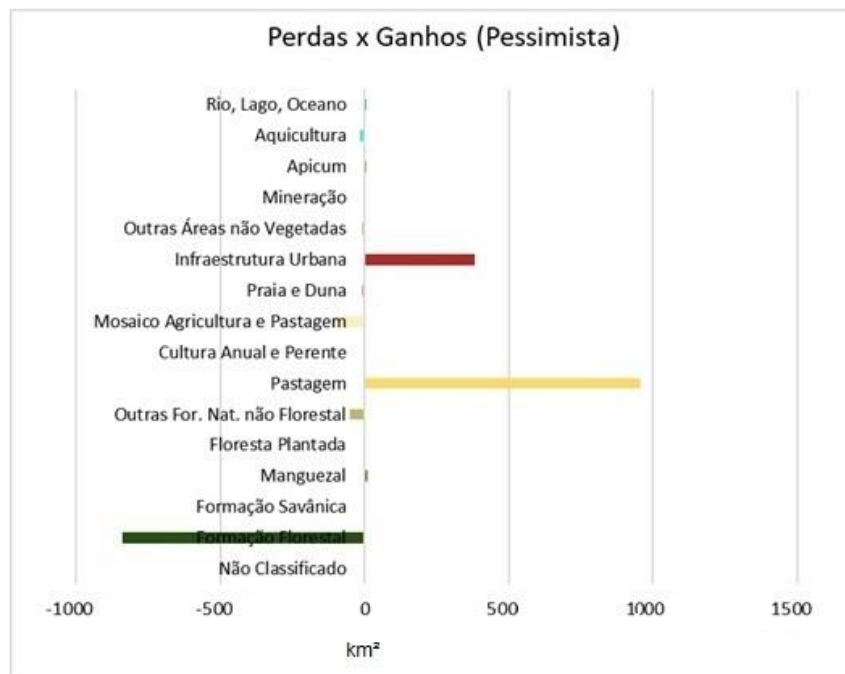


Fonte: Elaborado pelo autor

O cenário pessimista aponta para uma problemática ambiental, que se agrava com o decorrer dos anos das séries históricas trabalhadas (t). Foi possível perceber que o fenômeno

mais marcante na área de estudo, nesse cenário, é a redução das Formações Florestais ao longo de  $t_R$  e  $t_A$ . Nos aspectos de ganhos e perdas nos padrões de UCT, ao tratarmos dos ganhos, o cenário pessimista aponta elevada taxa para as classes de Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem e Infraestrutura Urbana (Figura 53). Os valores de ganho no cenário pessimista se mostraram mais elevados e em uma escala de tempo menor.

**Figura 53** - Ganhos e perdas para o uso e cobertura da terra em um cenário pessimista para a BTS.



Fonte: Elaborado pelo autor

As perdas, assim como no cenário otimista, continuaram concentradas na classe de Formações Florestais, acumulando a maior taxa, seguida pela classe de Outras Formações não Florestais. A classe de Manguezal não apresentou taxas negativas nesse cenário, e sim um crescimento tímido com uma taxa menor que no cenário oposto. O cenário pessimista para o UCT caracteriza-se por perdas da cobertura vegetal natural e pelo aumento do uso da terra para atividades agropecuárias e infraestrutura urbana. As perdas e ganhos no UCT são resultados de um conjunto de relações complexas na paisagem, principalmente quando as atividades antrópicas se intensificam, sobretudo, as atividades econômicas e sua consequente geração de riquezas através da exploração dos recursos naturais existentes.

#### **4.4 EVOLUÇÃO DA PAISAGEM: TENDÊNCIAS REAIS, AMOSTRAIS E OBSERVADAS PARA A TOTALIDADE DOS USOS E COBERTURAS DA TERRA NO ENTORNO DA BAÍA DE TODOS-OS-SANTOS**

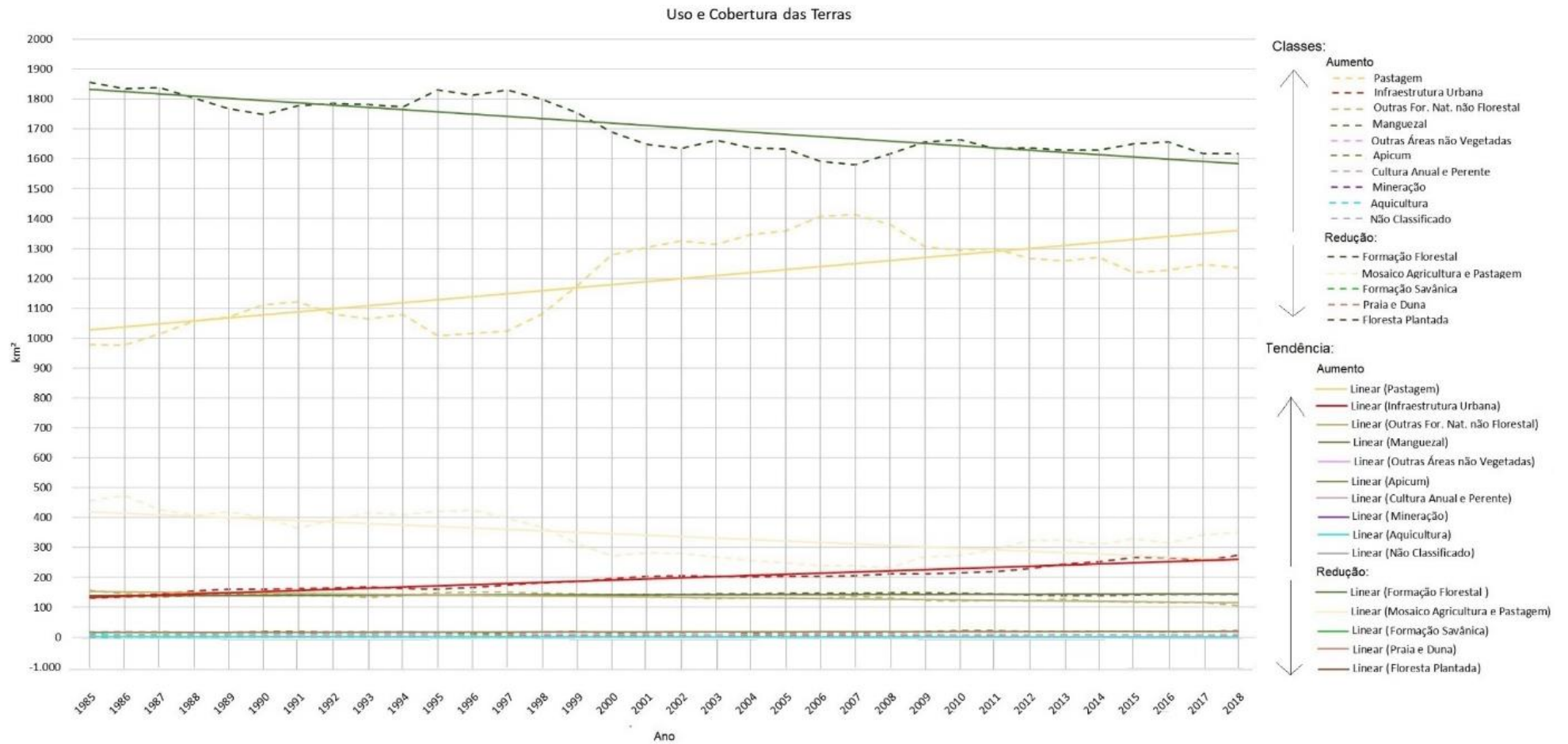
As linhas de tendências para as classes de UCT foram calculadas a partir dos valores correspondentes a cada classe ao longo da série histórica ( $t_x$ ), sendo: a série real ( $t_R$ ) (1985-2018), a série/ano amostral ( $t_A$ ) e a observada ( $t_O$ ), as quais possibilitaram traçar linhas que indicam um padrão de continuidade para os objetos e os fenômenos naturais e antrópicos na paisagem investigada. Sendo assim, a  $t_R$ , com seu intervalo ampliado (1985-2017), e os valores, com diferenças acentuadas para algumas classes, possibilitaram uma representação com valores adensados e não apresentaram clareza durante a sua representação gráfica.

A tendência linear caracteriza-se com uma linha reta a qual apresentou melhor ajuste para o conjunto de valores de UCT da área de estudos, ao longo das séries temporais. A linha de tendência gerada, serve para representar o comportamento dos dados (valores) existentes e também dos valores (dados) no futuro (ano de 2055)

Diante da dificuldade de representação gráfica da totalidade do UCT na área de estudo, a alternativa foi considerar as classes de uso e cobertura mais salientes ou com maior destaque na paisagem. A partir da quantificação de algumas classes, destacando Formação Florestal, Manguezal, Outras Formações Naturais não Florestais, Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Praia e Duna, Infraestrutura Urbana e Apicum foi possível visualizar as maiores saliências na paisagem das áreas do entorno da BTS. Esse conjunto de classes apresentou taxas de cobertura superior à média de 3% ao longo da série temporal  $t_R$ , sendo possível realizar sua representação gráfica através da Figura 54.

A análise da linha de tendência para a série  $t_R$  deixou evidente a redução de classes devido aos seus valores expressivos de cobertura, como Formação Florestal, e de outras classes que acompanharam o movimento de redução, como Praia e Duna, Mosaico de Agricultura e Pastagem e Outras Formações Naturais não Florestais. Essa redução, no entanto, foi com valores baixos e próximos uns dos outros. No sentido contrário da situação descrita anteriormente, tem-se o aumento das taxas de cobertura e uso com uma tendência ao crescimento de classes como Pastagem, Infraestrutura Urbana, Manguezal e Apicum.

**Figura 54 - Tendência real para o uso e cobertura da terra na área de estudo da pesquisa.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

O uso da terra, principalmente pela classe Pastagem, além de apresentar uma taxa de cobertura relevante/saliente na paisagem, possui um crescimento contínuo, substituindo as áreas que antes eram identificadas pela classe Mosaico de Agricultura e Pastagem. As classes de Pastagem e Mosaico de Agricultura e Pastagem podem ser compreendidas como resultados de fenômenos antrópicos que acentuam as marcas na paisagem, sobretudo ao considerarmos o uso econômico.

A busca por uma representação da complexidade do UCT na área de estudos, através do gráfico anterior (Figura 54) implicou na dificuldade de exibição dos valores de cobertura menos salientes na área de estudos a exemplo das compreendidas como “Formações savânicas”, “Praia e Duna” e outras menos expressivas espacialmente. Essa dificuldade ocorreu principalmente devido aos valores mais expressivos de classes como “Pastagens”, “Formação Florestal”, “Infraestrutura urbana” e “Mosaicos agricultura e pastagem”. Ao tentar visualizar os valores de cobertura destas classes de maneira conjunta, foi possível depara-se com um distanciamento abrupto das linhas indicadoras das tendências de cada classe.

Considerando o distanciamento encontrado nas linhas de tendência, foi possível compreender que o crescimento das atividades econômicas, especialmente as ligadas ao uso direto do solo, como a agricultura e as pastagens destinadas à pecuária, mostrou-se diretamente ligado às maiores transformações na paisagem registradas nas imagens de UCT ao longo da escala de tempo investigado. Desta maneira, constata-se que ao longo dos anos, ocorreu uma transição entre algumas classes de UCT, a exemplo das áreas com cobertura natural (Formação Florestal) para áreas antrópicas (Pastagens, Infraestrutura urbana).

A transição de classes na área de estudos indica um processo dinâmico e complexo nas relações econômicas existentes na região do Recôncavo Baiano e Região Metropolitana de Salvador ao longo dos anos das séries históricas trabalhadas neste estudo. A expansão de atividades econômicas sobre as áreas naturais implicou perdas, principalmente para a biodiversidade do bioma mata atlântica. Essas perdas são impactadas no cotidiano da sociedade principalmente através de problemas na qualidade recursos naturais como a água, proliferação de espécies exóticas (animais e vegetais), contaminações de lençóis freáticos e do solo, entre outros problemas enfrentados pelos moradores cotidianamente na área de estudos.

Diante da importância e da atenção necessária a “qualidade” dos recursos naturais e antrópicos existentes na paisagem da área de estudos, e da dificuldade de uma análise da totalidade, este estudo, através da individualização das classes de UCT, buscou compreender individualmente cada processo e dinâmica envolvido.

#### **4.5 EVOLUÇÃO DA PAISAGEM: TENDÊNCIAS INDIVIDUAIS PARA AS CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NOS PERÍODOS REAL, AMOSTRAL E SIMULADO**

A modelagem espacial possibilitou as representações gráficas dos processos de evolução e transformações na paisagem da área de estudo, envolvendo as classes de uso e cobertura da terra (UCT) propostas pelo MapBiomas.org ao longo de duas principais séries temporais, real (1985 a 2017) e a simulada, esta chegando ao ano de 2055. Os dados empregados na modelagem espacial associados aos dados das séries históricas real e amostral ( $t_R$  e  $t_A$ ) de origem externa (MapBiomas.org) foram submetidos à quantificação pelo algoritmo *r.Report*. Esses valores foram tabelados para subsidiar os gráficos correspondentes às linhas de tendência linear, uma vez que ela se mostrou a mais eficiente para a representação quando comparada a outras.

. Nos próximos tópicos, apresenta-se a tendência para cada classe de UCT identificada na pesquisa (Formação Florestal, Formação Savânica, Manguezal, Outras Formações não Florestal, Pastagem, Praia e Duna, Infraestrutura Urbana, Outras Áreas não Vegetadas, Mineração, Apicum e Mosaico Agricultura e Pastagem).

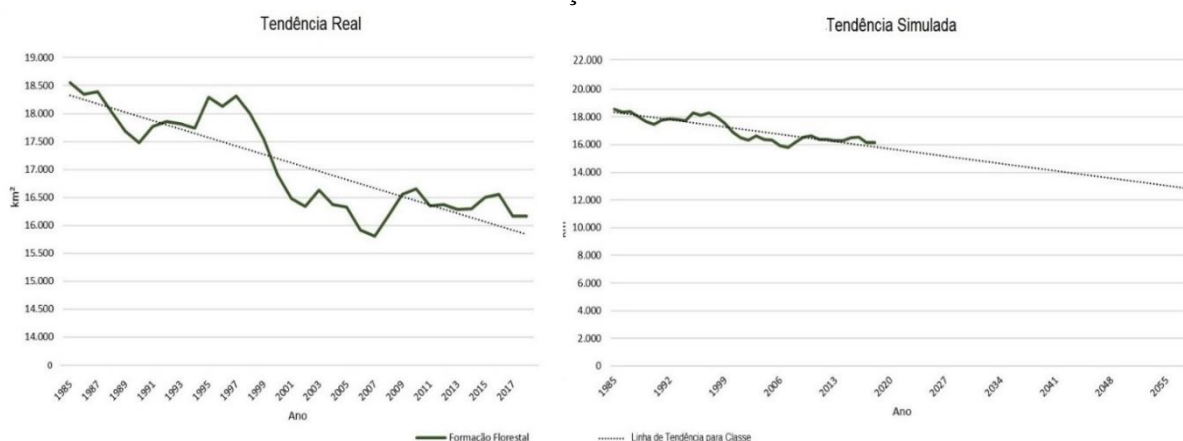
As onze classes mencionadas anteriormente implicam em particularidades durante a espacialização na área de estudos. Um destaque é a classe Formação Florestal, caracterizada por manchas bastante densas no mapa, mas também, por muitos fragmentos. Esse comportamento espacial implica em uma cobertura com área bastante saliente quando comparado a classes menores como Praia e Dunas, Mineração e Apicum.

A seguir, discuti-se as variações em ambas as séries históricas ( $t_R$  e  $t_A$ ) e as repercussões para o ano simulado ( $t_S$ ). Como já foi afirmado anteriormente, os testes na elaboração dos gráficos mostraram que a representação simultânea para as todas as classes de UCT apontam para um desconforto nas análises e na interpretação visual do gráfico geral. Diante dessa dificuldade, foi proposta uma apresentação individual para as classes abordadas ao longo das séries trabalhadas na pesquisa. É importante lembrar que a linha de tendência projetada não implica em um valor específico, mas sim um indicativo para o comportamento dos possíveis valores ao longo da quantidade de anos para  $t_S$ .

### 4.5.1 Formação Florestal

Ao analisarmos a classe Formação Florestal, foi possível identificar altas taxas de cobertura em relação às demais classes ao longo das séries históricas real e observada ( $t_R$  e  $t_O$ ), no entanto ela chamou atenção pelas perdas ao longo dos anos. Nota-se uma continuidade das perdas/reduções ao longo de  $t_R$  e também  $t_O$ . A tendência para essas séries históricas é uma linha no sentido de perda/redução contínua, que influenciou na tendência para o período simulado ( $t_S$ ). Ao analisar os gráficos das tendências para as séries  $t_O$ ,  $t_R$  e  $t_S$ , nota-se uma relação de continuidade para  $t_S$ . Isso ocorre devido ao fato de  $t_S$  ser uma *representação* dos processos de redução dos valores ao longo dos anos (Figura 55).

**Figura 55** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe de Formação Florestal.



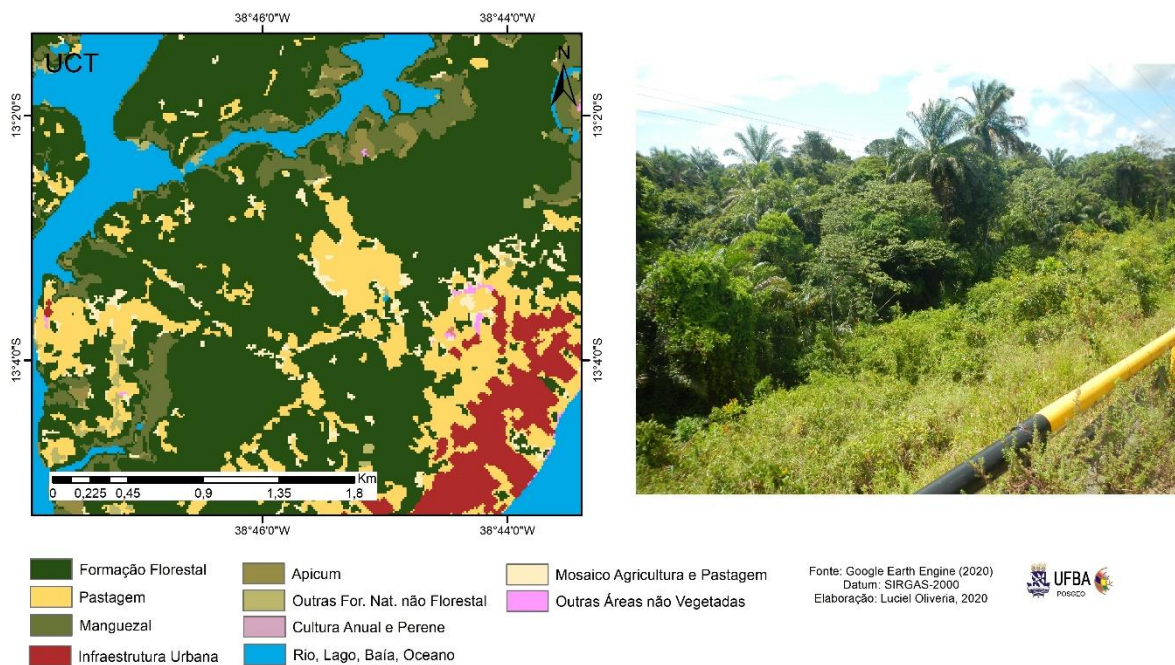
Fonte: Elaborado pelo autor

As perdas de cobertura por Formações Florestais na área de estudo ocorreram em decorrência da expansão de classes de uso da terra, principalmente para fins econômicos, como a agropecuária, e da expansão de infraestrutura urbana. Foi possível notar que a oscilação da linha correspondente ao valor de UCT em ambos os gráficos (Figura 55), ao longo dos anos, variou, no entanto, o sentido de perda se manteve constante. A morfologia do terreno também influenciou o comportamento dessa linha uma vez que as perdas iniciaram no sentido das áreas menos acidentadas para as áreas mais acidentadas do terreno. Nota-se também que ocorre uma substituição da classe Formação Florestal por classes como Pastagens, Mosaico de Pastagem e Agricultura e Infraestrutura Urbana ao longo da área de estudo tanto na série histórica  $t_R$ , quanto na  $t_S$ .



A cobertura pela classe Formação Florestal encontrou, nas relações morfológicas do terreno, uma das principais variáveis para o seu movimento e velocidade de redução/perdas ao longo das séries  $t_R$ ,  $t_A$ ,  $t_o$  e  $t_s$ . As reduções da cobertura ocorreram da direção das áreas menos acidentadas e aplainadas para as mais acidentadas com a presença de pequenos morros, vales de rios e encostas de serras (Figura 56).

**Figura 56** - Aspectos da presença da classe Formação Florestal na Ilha de Itaparica no município de Vera Cruz no período  $t_R$  e  $t_A$  (2017).



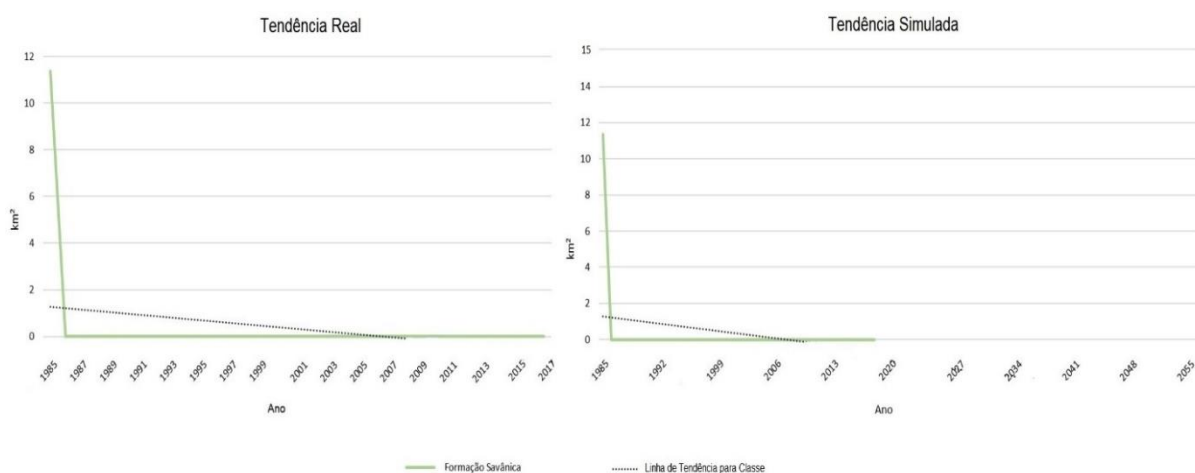
Fonte: Elaborado pelo autor

Foi possível perceber que, ao longo das séries históricas, a classe Formação Florestal relacionou-se também com a expansão de atividades econômicas, principalmente o uso da terra para agricultura e pecuária. A presença intensificada da malha viária no decorrer dos anos das séries  $t_R$  e  $t_A$  também contribuiu para o surgimento e a aceleração dos pontos de fragmentação da classe Formação Florestal. Nota-se que a rede viária integra o conjunto das variáveis exploratórias que influenciaram a redução da classe, principalmente com a intensificação nos pesos dados aos tipos Rodovias Estaduais (BAs) e Rodovias Federais (BRs) e à futura Ponte Salvador-Itaparica, a qual funcionou como variável exploratória com valor de *aceleração* do processo de redução, sobretudo, das classes correspondentes às coberturas vegetais naturais e ao crescimento de infraestrutura urbana.

#### 4.5.2 Formação Savância

A classe Formação Savância integrou o conjunto de classes com valores de cobertura menos expressivos quando comparada a outras classes na área de estudo. Ela manteve uma taxa de cobertura estabilizada ao longo dos períodos real e observado ( $t_R$  e  $t_O$ ). A classe se comportou, ao longo dos períodos, como uma classe de transição entre as coberturas da terra existentes na área, mesmo com os valores/taxas menores. A sua detecção ocorre devido à sensibilidade do classificador da plataforma *Google Earth Engine* utilizada pelo projeto Mapbiomas.org ao longo dos 33 anos das séries históricas  $t_R$ ,  $t_A$  e  $t_O$ . Foi possível compreender que a capacidade do classificador, aliado a uma legenda geral do projeto MapBiomias.org para todos os biomas brasileiros, possibilitou a indicação de pontos isolados dessa classe dentro dos limites da área de estudo ao longo das séries. A linha de tendência para a classe nas séries  $t_R$  e  $t_S$  apontou para um decréscimo da cobertura (Figura 57). Isso ocorreu devido à sensível mudança nos valores de cobertura ao longo dos anos de 1985 até 2017, discretamente perceptíveis quando representada cartograficamente.

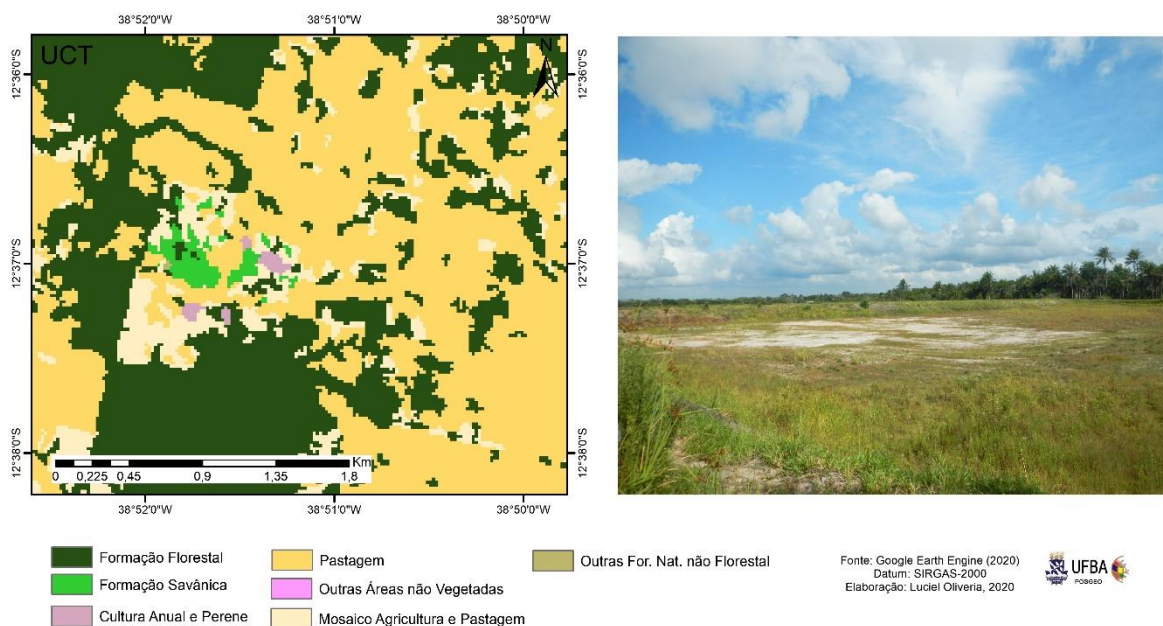
**Figura 57** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe Formação Savânica.



Fonte: Elaborado pelo autor

A classe Formação Savância ocorre nos municípios ao oeste da Baía de Todos-os-Santos, principalmente em Cachoeira, onde foi possível identificar a mancha com maior dimensão no entorno de áreas com Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem e remanescentes de Formação Florestal, conforme ilustra a Figura 58 a seguir.

**Figura 58** - Ocorrência da classe Formação Savânica no município de Cachoeira no período real ( $t_R$ ) (2017).



Fonte: Elaborado pelo autor

Considerando-a uma classe de transição, foi possível notar que a presença dela ao longo dos anos em  $t_R$  oscilou, não ocorrendo nos mesmos pontos (locais) durante todas as séries  $t_R$  e  $t_A$ . A tendência para a série histórica simulada ( $t_S$ ) para essa classe, assim como nos outros períodos, sinalizou um decréscimo/perda na cobertura. Diante do baixo valor de cobertura, os pontos classificados como Formação Savânica ficam relativamente ocultados pela presença mais saliente de classes como Pastagem e Mosaico de Agricultura e Pastagem.

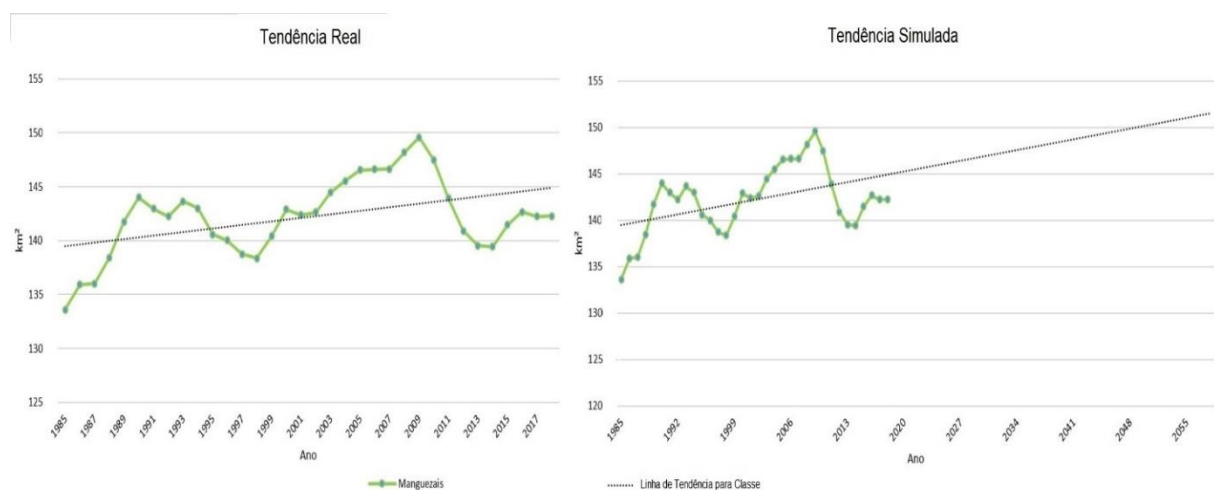
A linha de tendência para  $t_S$  aponta perdas ao longo dos anos simulados em uma velocidade considerável e a inclinação da linha indica a rapidez das perdas nos primeiros anos da série histórica simulada. Foi possível notar que a velocidade está relacionada aos tipos de atividades ou classes que sucedem a Formação Savânica (Pastagens, Outras Áreas não Vegetadas e Mosaicos de Agricultura e Pastagem) conforme pode ser notado na ilustração da Figura 58. No entanto, a transição da classe Formação Savânica para as classes sucessoras ao longo das séries  $t_R$ ,  $t_A$ ,  $t_O$  e  $t_S$  não possui uma ordem estabelecida como regra. A classe que origina a Formação Savânica, normalmente, é a classe Outras Áreas não Vegetadas, na qual ocorria a Formação Florestal em anos anteriores.

### 4.5.3 Manguezal

Os manguezais correspondem a um ecossistema sensível, de grande importância ecológica para os demais ecossistemas, e ocorrem em uma grande parte do entorno da BTS. A sensibilidade dos manguezais vai além das ações antrópicas diretas. Alterações na temperatura e no fluxo das águas, entre outros eventos, interferem em sua função ecológica. Ao longo das séries históricas  $t_R$  e  $t_A$ , ocorreram, e vêm ocorrendo (também em  $t_O$ ), mudanças no clima em escala global, que terminam se replicando em localidades como a BTS. Neste estudo, a classe Manguezal apresentou um comportamento que foge do padrão esperado diante das expectativas das ações antrópicas locais que ocorrem em outras classes naturais.

Esperava-se reduções nas áreas cobertas por formações vegetais naturais diante do desflorestamento em decorrência do uso antrópico, porém a classificação pelo GEE, disponibilização pelo MapBiomass.org e a posterior quantificação com o algoritmo *r.report*, apontaram o aumento dessas áreas ao longo das séries  $t_R$ ,  $t_A$  e  $t_O$ . Os anos iniciais de  $t_R$  (1985 até 1989) apontaram um aumento da cobertura, seguido de uma leve redução no decorrer dos anos seguintes, principalmente a partir da década de 90. A curva da cobertura por essa classe oscila e inicia uma redução em 1995 que vai até os anos de 1998 em  $t_R$  e em  $t_A$  (Figura 59).

**Figura 59** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe Manguezal.

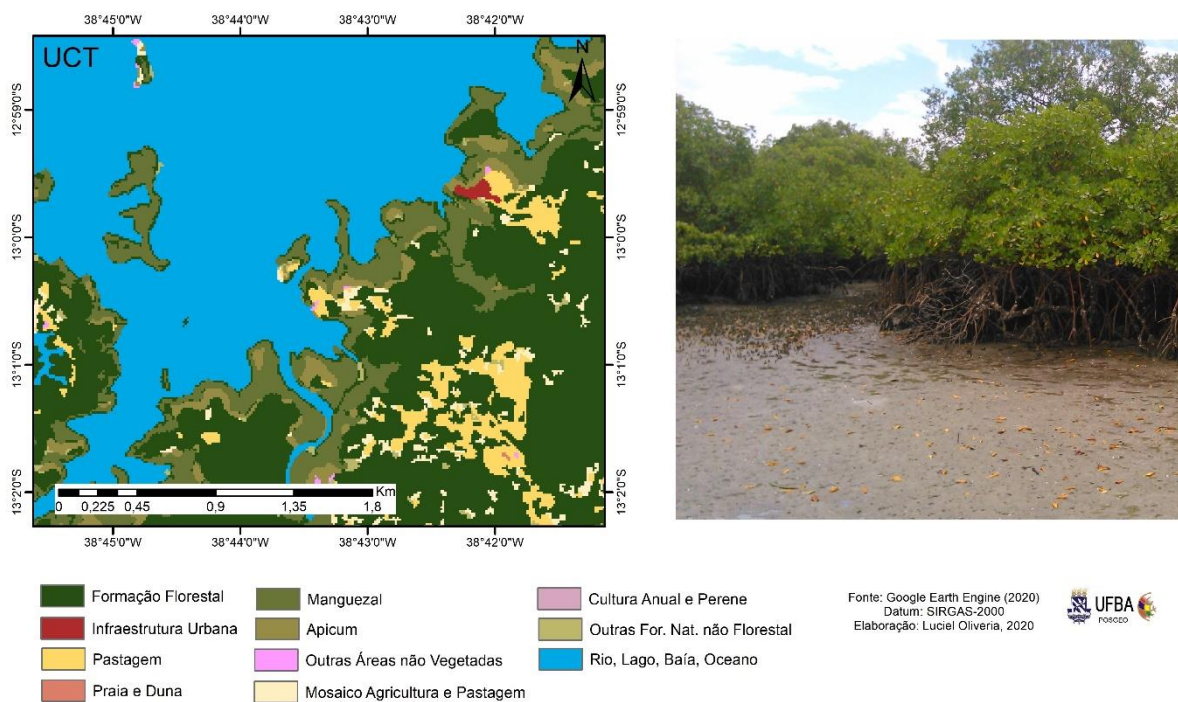


Fonte: Elaborado pelo autor

No entanto a linha de tendência para essas séries ( $t_R$  e  $t_A$ ) sinaliza o sentido de ganhos e isso ocorre devido ao valor/taxa de cobertura alcançado do início (1985) até o primeiro ano de

redução (1990). Ao analisar as oscilações nos valores da cobertura no decorrer de  $t_R$ , notou-se que, a consolidação da legislação ambiental, ao tratar os manguezais como áreas de preservação permanente, possibilitou o aumento das taxas de cobertura. Em alguns pontos ao longo da costa, ocorrem próximos a Formações Florestais a exemplo de um ponto ilustrado pela Figura 60, no município de Vera Cruz na Ilha de Itaparica.

**Figura 60** - Ocorrência da classe Manguezal no lado oeste da Ilha de Itaparica nas proximidades de Matarandiba no período real ( $t_R$ ) em 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor

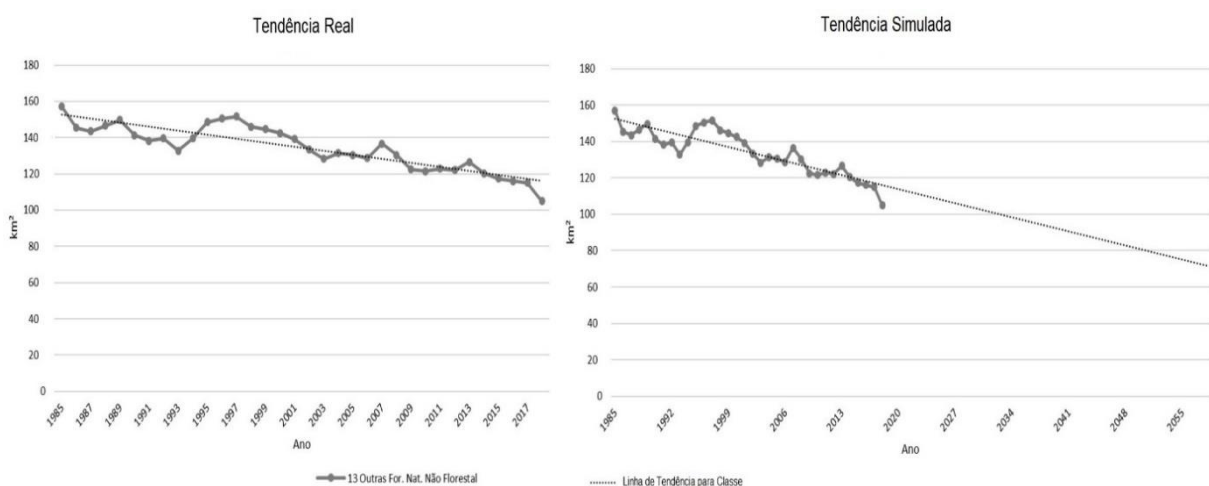
Diante dos instrumentos legais vigentes e consolidados pelo estado através dos órgãos de fiscalização e controle, a tendência simulada para a classe Manguezal indica um aumento contínuo no decorrer do período  $t_S$ . A linha de tendência ascendente comporta-se de acordo com o padrão da tendência para as séries real e amostral ( $t_R$  e  $t_A$ ). Sendo assim, os instrumentos legais (Legislação Estadual e Federal) são considerados, nessa simulação, como uma das variáveis exploratórias mais significativas para a projeção em  $t_S$ . É válido salientar que essa classe ocupa um valor/taxa de cobertura da terra saliente na paisagem, sendo uma das classes que caracteriza a função ecológica da BTS, apresentando importância que vai além dos limites da área de estudo da pesquisa.

#### 4.5.4 Outras Formações não Florestal

A classe Outras Formações não Florestais caracterizou-se pela discreta densidade do porte da vegetação e pela ocorrência isolada em áreas pontuais ao longo da área de estudo. Ela integra o conjunto das classes menos expressivas na paisagem, com valores/taxas de cobertura inferiores ao Mosaico de Agricultura e Pastagem, e se aproxima de outras, como Formação Savânica. A ocorrência em pontos específicos na área de estudo indica aspectos transitivos entre as outras classes mais expressivas, principalmente a classe de Pastagem ao longo das séries  $t_R$  e  $t_A$ .

Durante os anos iniciais da série  $t_R$ , nota-se um valor de cobertura maior do que nos anos posteriores e, no decorrer do período, os valores foram reduzindo. A redução da cobertura por classe indicou uma tendência contínua de perdas a uma velocidade superior à de outras classes durante as séries  $t_R$  e  $t_A$ . Durante essas séries históricas ( $t_R$  e  $t_A$ ), ocorreram oscilações na linha correspondente aos valores da cobertura. Apesar das variações não serem abruptas como em outras classes, elas influenciaram a inclinação da linha de tendência. Essa inclinação indica a velocidade das perdas na classe entre os anos iniciais de  $t_R$  e  $t_A$  (1985 e 1986) e o final dos períodos em 2017, conforme ilustra a Figura 61.

**Figura 61** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe Outras Formações não Florestais.

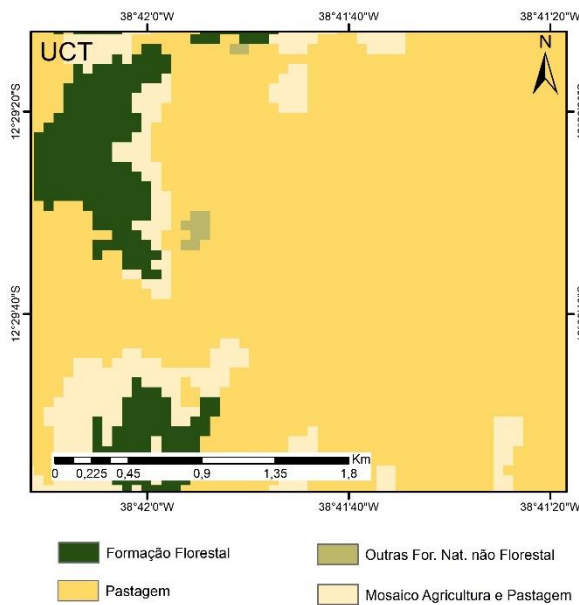


Fonte: Elaborado pelo autor

O decréscimo em ambas as séries ( $t_R$  e  $t_A$ ) e as oscilações suaves na linha de representação dos valores de cobertura indicaram que a classe assumiu forma de fragmentos

especializados de acordo com as condições naturais das áreas, principalmente a morfologia do terreno, assim como a intensidade das ações antrópicas desenvolvidas ao longo da área investigada. Essas formações, apesar de possuírem porte arbóreo, são isoladas, com pouco adensamento, ocorrendo próximo a áreas com relevo acidentado e remanescentes da classe Formação Florestal (Figura 62).

**Figura 62** - Ocorrência da classe Outras Formações não Florestais no norte do município de Candeias no período real ( $t_R$ ) no ano de 2017.



Fonte: Google Earth Engine (2020)  
Datum: SIRGAS-2000  
Elaboração: Luciel Oliveira, 2020



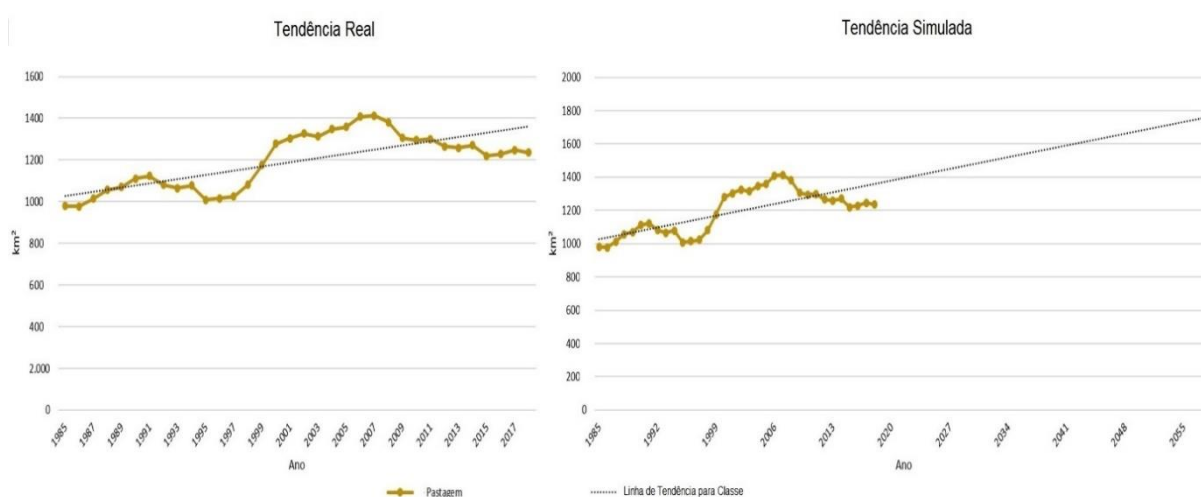
Fonte: Elaborado pelo autor

A tendência da série temporal simulada ( $t_S$ ) para a classe apresentou uma linha contínua apontando reduções, nas quais os valores se intensificaram devido à quantidade de anos transcorridos até o último ano simulado (2055), conforme o gráfico anterior. Foi possível observar que a inclinação das linhas de tendência para as séries  $t_R$  e  $t_A$  corresponde à velocidade dos processos de supressão/redução ao longo dos anos (1985 até 2017), refletindo também a tendência para os anos da série temporal simulada  $t_S$ . A simulação da tendência para essa classe implicou a ponderação das variáveis exploratórias e também a relação com as outras classes de UCT durante as comparações/sobreposições.

#### 4.5.4 Pastagem

A classe definida por Pastagem apresentou uma das coberturas mais significativas junto às florestas na paisagem da área de estudo. A Pastagem seguiu uma linha de crescimento ao longo das séries temporais real e também amostral ( $t_R$  e  $t_A$ ), comportando-se de maneira oposta à classe Formação Florestal. Isso significa que o desflorestamento na área de estudo acontece, sobretudo, pelo avanço das Pastagens sobre as áreas com cobertura vegetal natural, principalmente sobre as florestas e remanescentes de vegetação nativa. A classe Pastagem assumiu um crescimento constante, ocorrendo uma leve redução entre os anos de 1995 e 1997 da série histórica  $t_R$ , em seguida, retornou a seu crescimento constante. A linha de tendência para as séries  $t_R$  e  $t_A$  sinaliza um crescimento contínuo, com aumento progressivo ao longo dos períodos.

**Figura 63** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe de Pastagem.



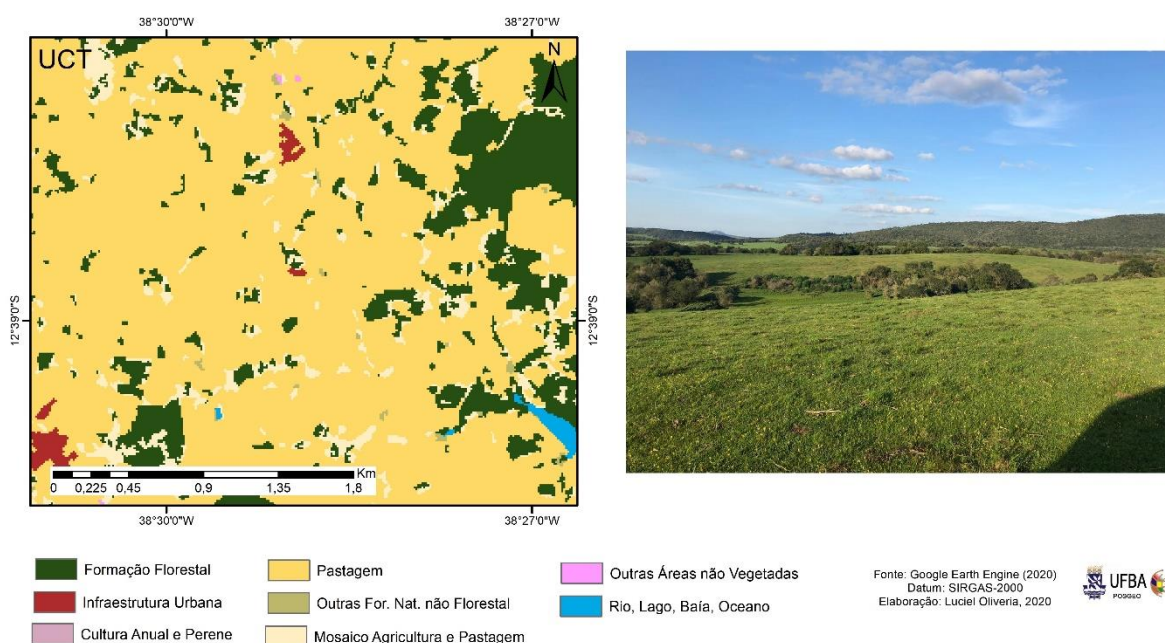
Fonte: Elaborado pelo autor

A linha de tendência simulada para a classe Pastagem aponta um crescimento contínuo dos valores de cobertura da terra na área de estudo durante a série histórica simulada ( $t_S$ ) (Figura 63). Nota-se os valores elevados nas taxas de cobertura para  $t_S$  e também a inclinação da linha de tendência na série simulada, assim representando também a velocidade no aumento ou na expansão da cobertura. A pastagem é um dos usos da terra marcantes na paisagem da área de estudo, sobretudo por subsidiar atividades econômicas como a pecuária e agropecuária (quando consorciados), assumindo, dessa maneira, uma tendência de crescimento em seus números. As



áreas de pastagens possuem características marcantes na paisagem, principalmente nas áreas mais aplainadas do relevo onde a sua implantação é rápida e menos onerosa para seus financiadores (Figura 64).

**Figura 64** - Aspectos da cobertura da terra por Pastagens no município de Santo Amaro da Purificação para o período observado ( $t_R$ ) (2017).



Fonte: Elabora pelo Autor

A cobertura por essa classe, além de influenciar a paisagem no contexto das formas e processos existentes, também indica o nível/intensidade dos processos socioeconômicos desenvolvidos. A Pastagem caracterizou-se na área de estudo como uma classe de UCT em expansão contínua ao longo das séries históricas investigadas, destacando-se ainda mais na série simulada ( $t_S$ ). Em  $t_S$ , as variáveis exploratórias que contribuíram para a aceleração da expansão da classe foram o tempo, a altimetria e a forma do terreno na área de estudo. Foi possível identificar a relação de expansão da classe principalmente nas áreas com relevo pouco acidentado. A constante para o crescimento da linha de tendência com inclinação acentuada corresponde às variáveis mencionadas anteriormente e também ao peso econômico da agropecuária como geradora de riquezas, que vai além dos limites da área de estudo, trata-se de um fenômeno global na economia.

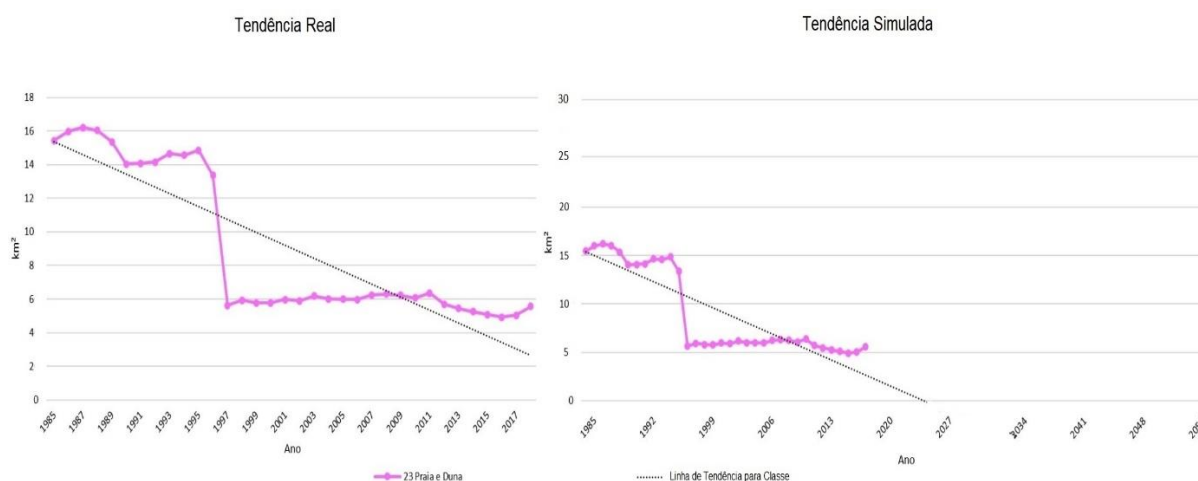
As Pastagens, além de tenderem aos aspectos econômicos, também são um elemento importante nas formas que a Paisagem assume ao longo dos anos nas séries históricas  $t_R$ ,  $t_A$  e  $t_S$ . Em  $t_S$ , nota-se, a partir da simulação, que essa classe é um dos elementos mais marcantes na

área de estudo, substituindo outras classes como Mosaico de Agricultura e Pastagem e Outras Áreas não Vegetadas, que se comportam como classes transitórias até a estabilização da Pastagem ao longo da área investigada.

#### 4.5.6 Praia e Duna

A classe Praia e Duna integra o conjunto de classes com valores baixos de cobertura da terra na área de estudo. Trata-se de uma classe natural, porém bastante influenciada pelas ações antrópicas. Ela apresentou perdas/reduções ao longo das séries históricas  $t_R$  e  $t_A$  e foi marcada por perdas de cobertura desde os primeiros anos da série  $t_R$  (1985, 1986 e 1987). Essas perdas se acentuaram e atingiram os anos de 1995 e 1997 com uma redução abrupta. Sendo assim, essa classe apresentou tendência de queda/redução nas taxas e valores de cobertura para ambas as séries ( $t_R$  e  $t_A$ ) e a linha projetada dessa tendência indica queda abrupta nos valores (Figura 65).

**Figura 65** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe de Praia e Duna.

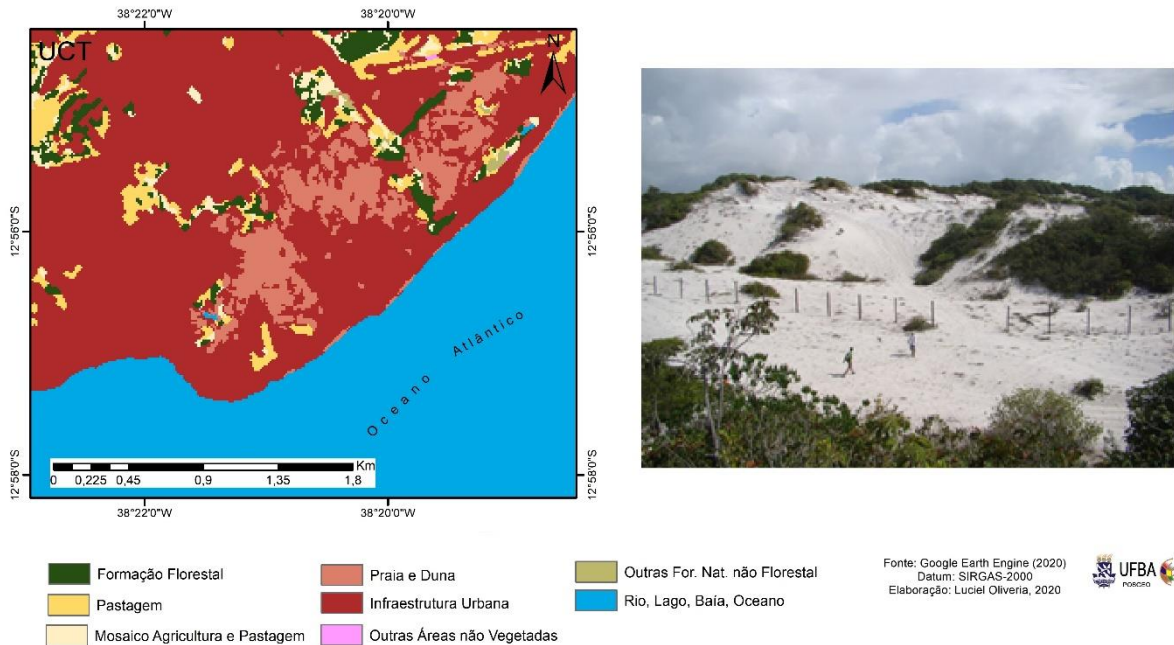


Fonte: Elaborado pelo autor

A linha de tendência para a série simulada ( $t_S$ ) para a classe Praia e Duna correspondeu à replicação do padrão de tendência da série  $t_R$ . A simulação para  $t_S$  confirma a continuidade do padrão de cobertura dos anos iniciais de  $t_R$ , sendo que a queda abrupta nos anos de 1995 e 1997 contribuiu para a inclinação acentuada da linha, indicando, dessa maneira, perdas consistentes. Tais perdas foram decorrentes do crescimento urbano, principalmente nos anos de 1994 e 1998 com o crescimento e expansão da mancha urbana da cidade de Salvador sobre

áreas de dunas nos limites ao norte do município com Lauro de Freitas. A redução das áreas de dunas ocorreu, sobretudo, nas localidades próximas ao Aeroporto Internacional da cidade de Salvador e adjacências da área de preservação conhecida como Parque das Dunas (Figura 66).

**Figura 66** - Aspectos visuais da ocorrência da classe Praia e Duna na zona urbana do município de Salvador no período observado ( $t_0$ ) em 2018.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Essa classe de cobertura apresenta sensibilidade às ações antrópicas, principalmente quando ocorre a expansão da infraestrutura urbana no decorrer dos anos em  $t_R$  e  $t_A$ . É importante destacarmos que as reduções das áreas de Praia e Duna acontecem em decorrência da expansão dos processos de urbanização, especialmente nas proximidades dos empreendimentos imobiliários e de aberturas de vias de circulação para o tráfego de veículos ao longo dos períodos investigados. O crescimento das cidades caracteriza-se como a principal *pressão* sofrida pelas áreas de dunas no entorno dos grandes centros no decorrer dos anos, ainda que tais áreas tenham o amparo legal para sua proteção/conservação.

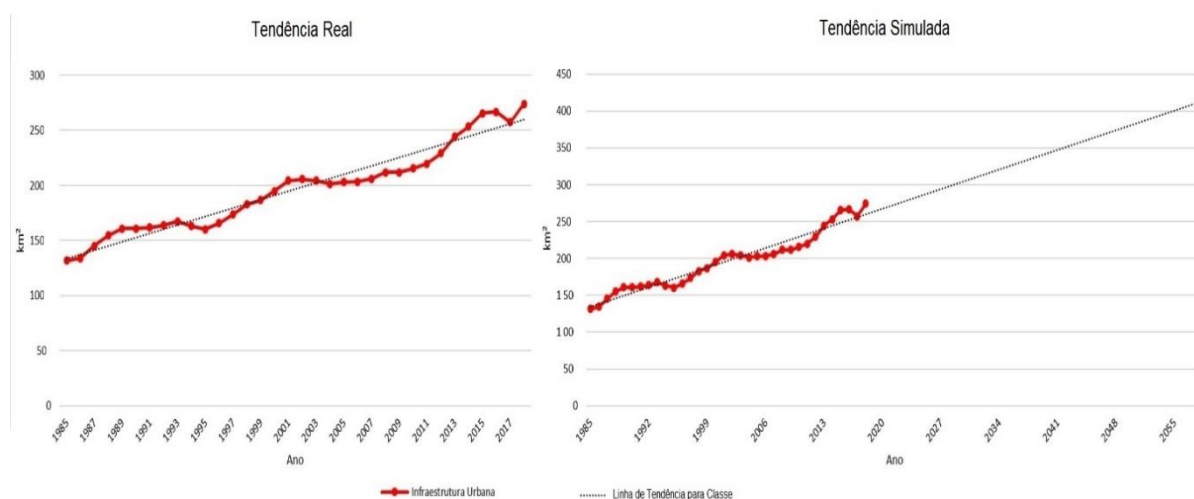
A simulação para o ano de 2055 ( $t_5$ ) levou em conta três variáveis exploratórias distintas, foram elas: o tempo (quantidade de anos), o valor/taxa anual de cobertura pela classe de infraestrutura urbana em  $t_R$  e o sentido/direção do crescimento (N, NE). A partir dessas variáveis, foi possível criar um cenário caracterizado por perdas aceleradas, conforme ilustrou o gráfico anterior. Esse comportamento da linha de tendência simulada em  $t_5$  é um indicativo

de atenção para ações de fiscalização, monitoramento e, mormente, revisão nas diretrizes dos planos diretores das cidades onde a presença da classe Praia e Duna é marcante, a exemplo de Salvador.

#### 4.5.7 Infraestrutura Urbana

A Infraestrutura Urbana é uma das classes marcantes na paisagem do entorno da BTS, diante da sua complexidade e ocorrência. Além de integrar o conjunto de valores/taxas de UCT de destaque na área de estudo, ela também se caracteriza pela velocidade no aumento ao longo das séries históricas  $t_R$  e  $t_A$ . A infraestrutura urbana é um reflexo direto dos aspectos socioeconômicos presentes na área. Marcada por um crescimento contínuo nas suas taxas/valores de cobertura, essa classe segue um padrão de crescimento anual contínuo quando comparada a outras classes de UCT. Em ambas as séries históricas ( $t_R$  e  $t_A$ ), o crescimento apresentou discreta oscilação, mantendo a continuidade na expansão. A linha de tendência para a série histórica  $t_R$  sinaliza uma constante no crescimento dessa classe, assim como o seu ângulo de inclinação indica aumento acelerado nos valores anuais da cobertura. Ao tratar sobre os aspectos do período amostral  $t_A$ , o comportamento da linha foi similar ao  $t_R$ , no entanto os valores ficaram mais elevados devido ao acúmulo durante os intervalos (10 anos) e o comportamento da linha foi similar em ambos os períodos (Figura 67).

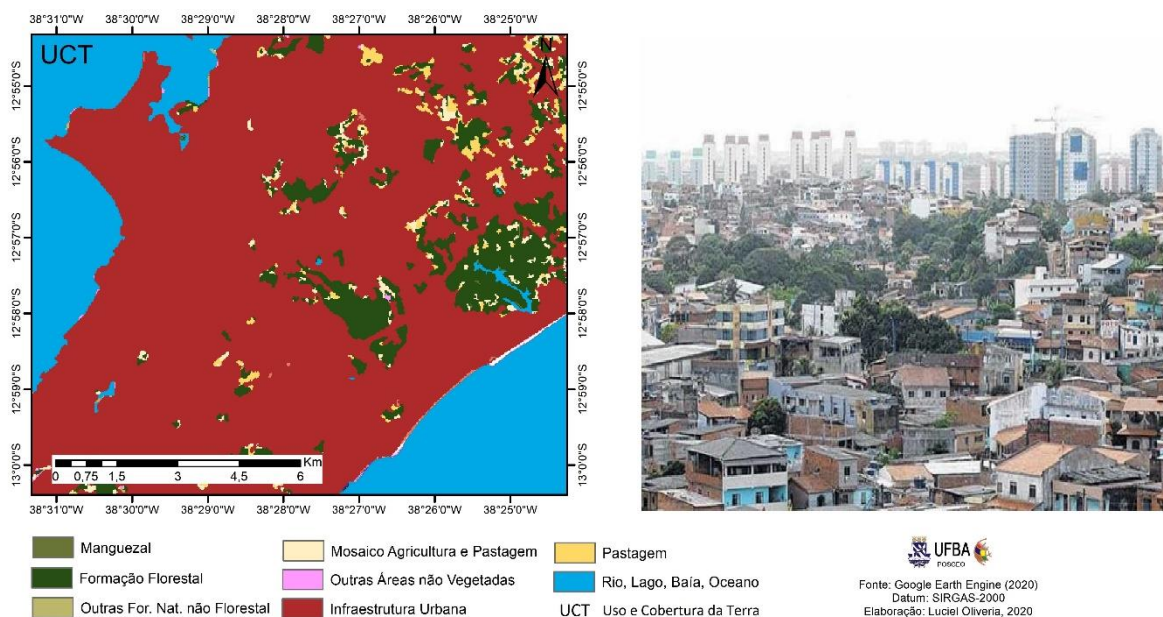
**Figura 67** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe de Infraestrutura Urbana.



Fonte: Elaborado pelo autor

A tendência para a série simulada ( $t_s$ ) implica em um crescimento contínuo ao longo dos anos. Ao simularmos o comportamento da classe para o ano final de 2055, foi possível perceber a continuidade do padrão encontrado nas séries anteriores ( $t_R$  e  $t_s$ ), o que ocorreu também em outras classes de natureza antrópica com características/perspectivas expansionistas ao longo do tempo. Essa classe, ao assumir taxas de cobertura salientes na área de estudo, expande-se principalmente sobre as classes de Formação Florestal nas proximidades das áreas urbanas. As classes Outras Áreas não Vegetadas, Outras Formações não Florestais e Mosaico de Agricultura e Pastagem comportam-se como antecessoras e/ou transição para as áreas definidas como Infraestrutura Urbana, conforme ilustra a Figura 68.

**Figura 68** - Áreas com Infraestrutura Urbana consolidada e fragmentos e remanescentes de Formação Florestal nos períodos  $t_R$  e  $t_A$  no município de Salvador.



Fonte: Elaborado pelo autor

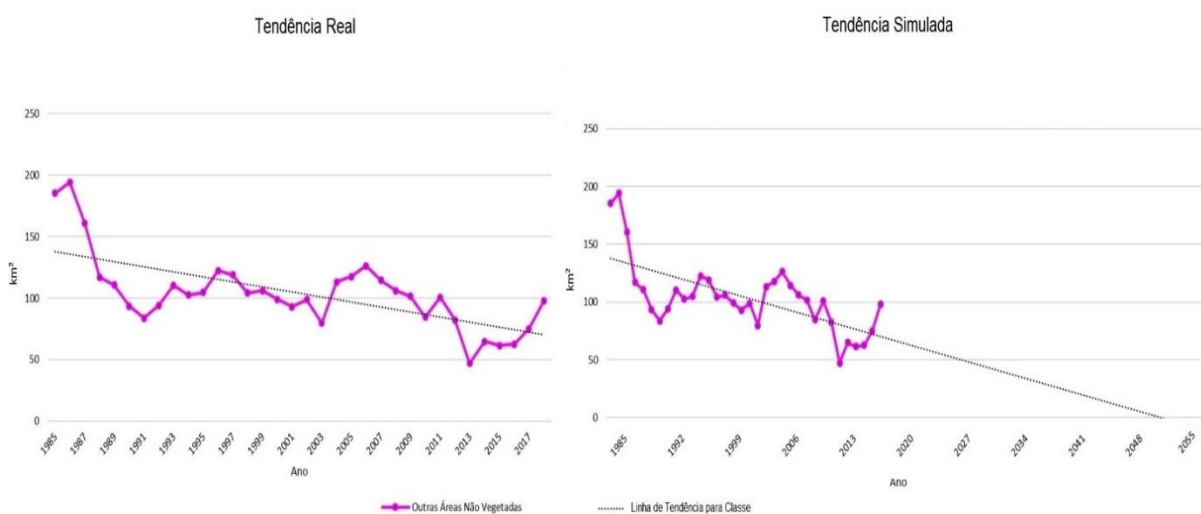
A partir do último ano da série histórica  $t_R$  e  $t_A$  (2017) e também do período observado ( $t_0$ ), foi possível identificar alguns pontos de incongruência nas áreas urbanas durante a classificação do UCT. Na Figura 68, foi possível notar a presença da classe Pastagem na área urbana, porém esses *ruídos* são possíveis diante das proximidades dos valores espectrais dos *pixels* trabalhados pelo classificador. Nas áreas com Infraestrutura Urbana, a tendência é o crescimento com taxas progressivas ao longo dos anos, potencializando o sentido da linha simulada em ( $t_s$ ). É importante destacar que o crescimento da Infraestrutura Urbana acontece em decorrência da redução de classes naturais a exemplo da classe Formação Florestal, que tem

seus fragmentos reduzidos ou extintos e assumem formas de remanescentes distribuídos ao longo da mancha urbana, como ilustrou a Figura 68.

#### 4.5.8 Outras Áreas não Vegetadas

A classe Outras Áreas não Vegetadas compreende áreas em processo de transição de cobertura vegetal para solo exposto devido às atividades antrópicas, principalmente a agropecuária e a expansão da infraestrutura urbana. Ela integra o conjunto das classes com menores taxas/valores de cobertura na área de estudo. Essa classe apresentou taxas superiores no início da série histórica real ( $t_R$ ) e amostral ( $t_A$ ) e, no decorrer dos anos, apontou um decréscimo. Ela também apresentou oscilações ao longo da linha de representação do UCT, mostrando decréscimo acentuado no início, no transcorrer dos anos, oscilando com taxas/valores de cobertura inferiores ao ano inicial (1985). A linha de tendência para as séries  $t_R$  e  $t_A$  foi decrescente, apresentando continuidade na redução das taxas/valores de cobertura. A relativa inclinação da linha de tendência para  $t_R$  e  $t_A$  influenciou também a linha de tendência simulada ( $t_S$ ), conforme figura 69 a seguir.

**Figura 69** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe Outras Áreas não Vegetadas.

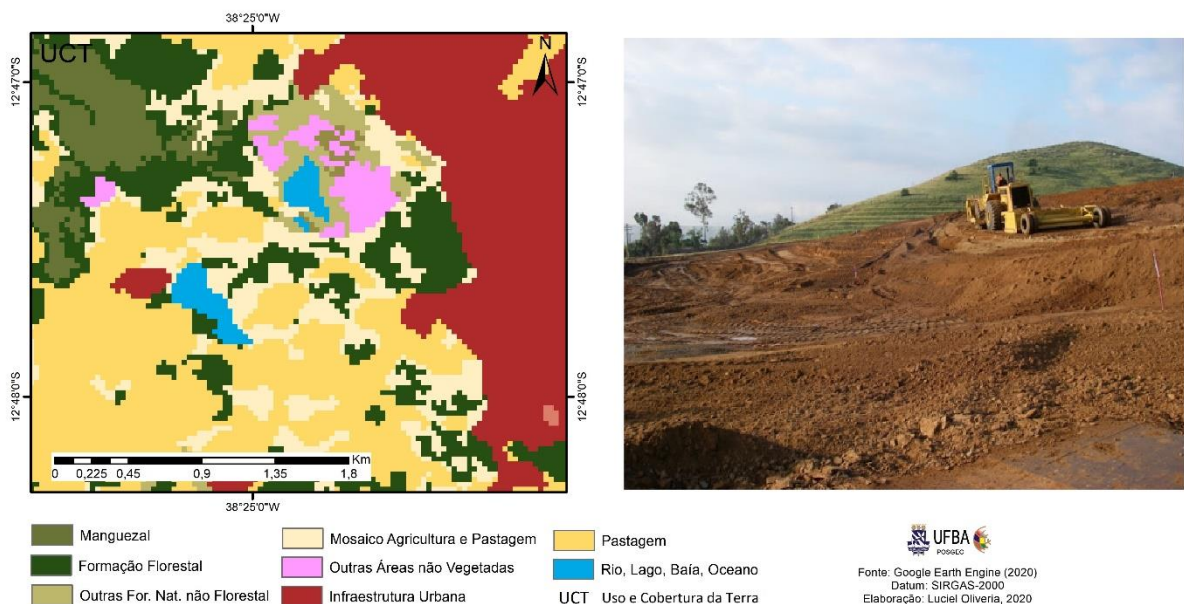


Fonte: Elaborado pelo autor

A tendência simulada para a série  $t_S$  corresponde a uma linha com uma inclinação saliente, que sinaliza uma velocidade acentuada na redução da classe na paisagem da área de

estudo. A presença dessa classe ao longo da área de estudo e também dos períodos  $t_R$  e  $t_A$  indica que seguem em curso transformações intensas na paisagem. No decorrer dos períodos, esperamos que o fenômeno transitório se consolide e dê origem a novas formas de ocupação e equipamentos, como infraestrutura urbana, áreas de cultivos ou pastagens. A seguir, apresenta-se área pontual no município de Simões Filho, onde a ausência da vegetação é resultado da exposição das camadas iniciais do solo durante processo de terraplanagem para implantação de empreendimento imobiliário. No entorno das manchas urbanas mais salientes, a exemplo das cidades de Salvador, Simões Filho e Candeias, foi comum a existência de pontos classificados como Outras Áreas não Vegetadas, principalmente em decorrência da implantação de empreendimentos imobiliários e industriais ao longo das séries  $t_R$  e  $t_A$  (Figura 70).

**Figura 70** - Áreas com presença de solo exposto representadas pela classe Outras Áreas não Vegetadas localizada nas imediações da cidade de Simões Filho.



Fonte: Elaborado pelo autor

A representação anterior exemplifica a classe Outras Áreas não Vegetadas no período observado ( $t_0$ ) em 2018, em determinado local. Em 2020, as obras de implantação continuaram, no entanto, a tendência para as séries  $t_R$  e  $t_A$  afirmadas em  $t_0$ , indica que, em  $t_S$ , essa área será ocupada por uma outra classe (Infraestrutura Urbana). A linha de tendência para  $t_S$  indica uma queda abrupta no decorrer dos anos simulados. Essa inclinação acentuada na linha demonstra a relação entre quantidade de ocorrências e tempo decorrido. As classes de UCT, a exemplo de

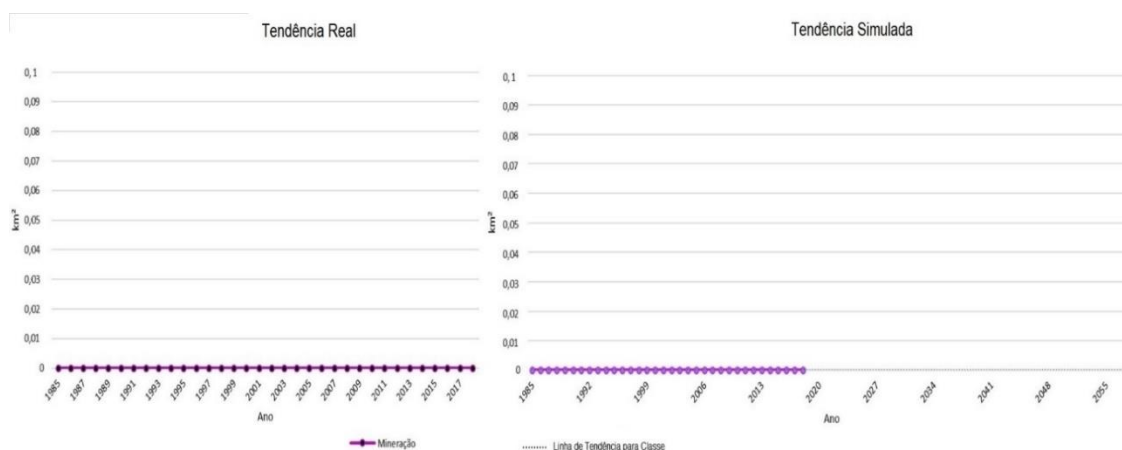
Outras Áreas não Vegetadas, por serem classes de transição de UCT, também se caracterizam pela *volatilidade* nos locais e na duração da ocorrência.

#### 4.5.9 Mineração

A classe denominada Mineração possui presença *tímida*, não sendo uma classe de destaque quando comparada a outras atividades antrópicas na área de estudo. Ela possuiu ocorrência esporádica ao longo das séries históricas  $t_R$  e  $t_A$ , no entanto apresentou ponto fixo quanto à ocorrência ao longo da área de estudo, com destaque aos municípios de Salvador, Simões Filho e Nazaré, nas proximidades da BA 001.

Essa atividade (Mineração) caracteriza-se principalmente por pedreiras voltadas à produção de agregados para a construção civil, atividade econômica que se consolidou na área, sendo que seu início antecedeu à década de 1970, perpassando as duas séries temporais ( $t_R$  e  $t_A$ ). Essa classe também integrou o conjunto de classes com *menor destaque* no conjunto de UCT. A atividade de mineração se comportou de maneira *estática*, com valores estabilizados desde os anos iniciais das séries  $t_R$  e  $t_A$ , resultando em uma linha sem oscilações, com estabilização continuada até o final de  $t_R$ , e chegando ao período observado ( $t_O$ ) sempre com o mesmo padrão (Figura 71).

**Figura 71** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe de Mineração.

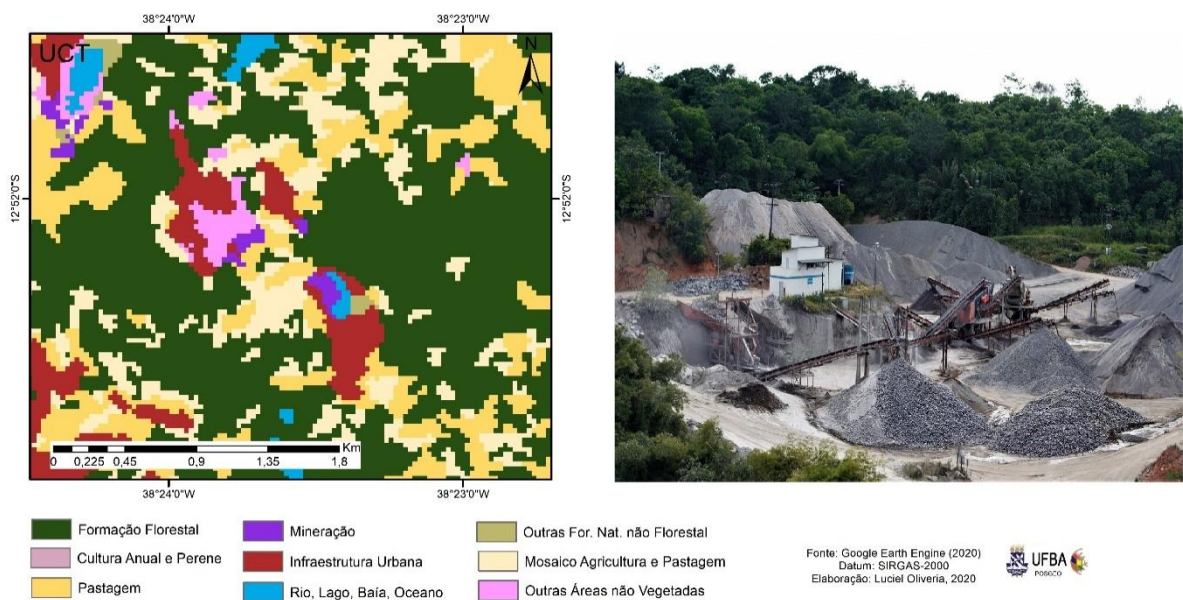


Fonte: Elaborado pelo autor



A série simulada ( $t_s$ ) para a classe Mineração não sinalizou aumento ou redução nos valores/taxas de cobertura, isso decorre dos valores/taxas fixas ao longo de toda série  $t_R$ , assim como em  $t_A$ . A atividade de mineração na área de estudo, além de possuir ocorrência pontual, localiza-se próximo dos fragmentos das classes Formação Florestal, Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem e, principalmente, dos centros urbanos consumidores de agregados para a construção civil (Figura 72).

**Figura 72** - Ocorrência da classe Mineração no município de Simões Filho.



Fonte: Elaborado pelo autor

A mineração na área de estudo, nas séries temporais investigadas ( $t_R$  e  $t_S$ ), foi identificada logo no primeiro ano (1985). Ocorrendo em áreas pontuais, ao contrário de outras classes, a mineração não se apresenta em áreas extensas, a exemplo das pastagens. O método de lavra empregado na extração dos granulitos em todas as pedreiras localizadas na RMS é a céu aberto e aproveita as condições naturais oferecidas pela morfologia do depósito, geralmente situado em uma colina com topo abaulado, perfil convexo.

A continuidade na taxa/valor de cobertura da terra em  $t_R$  e  $t_S$  sem apresentar ganhos ou perdas fez com que as linhas de tendência não fossem ressaltadas durante a projeção no gráfico anterior. É importante destacarmos que a ocorrência da atividade de produção de agregados para a construção civil, apesar da ocorrência em  $t_R$ ,  $t_O$  e  $t_S$ , não teve grande expansão horizontal em algumas mineradoras da região metropolitana. Isso ocorre devido à configuração da

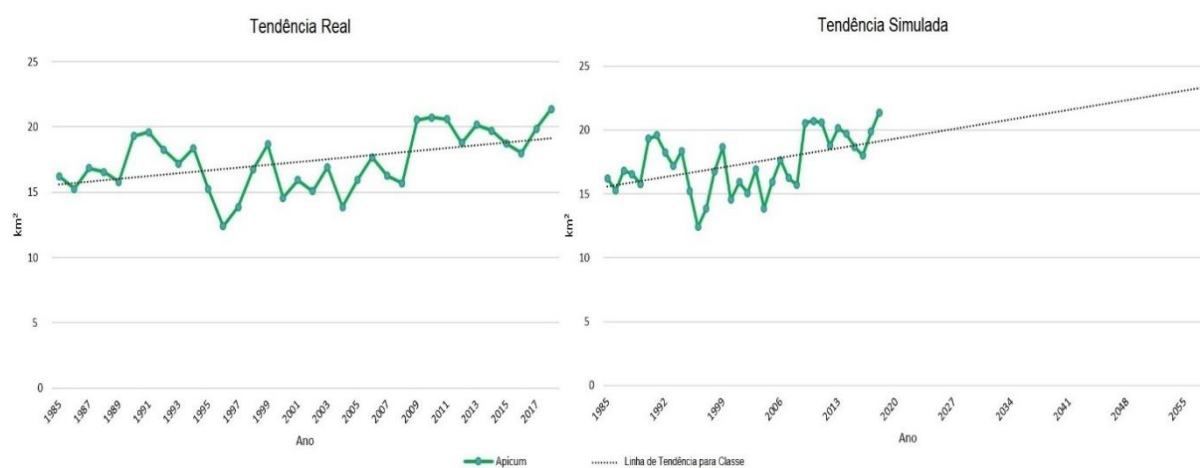
jazida/rocha matriz que é explorada durante a produção e o beneficiamento dos agregados. Para essa classe, a linha ts não é expressiva devido ao método de exploração, porém é importante e imprescindível a fiscalização dessas áreas de lavras, uma vez que, em alguns casos, elas estão cercadas por ecossistemas sensíveis às ações antrópicas e também a áreas densamente povoadas.

#### 4.5.10 Apicum

Os apicuns ou salgados ocorrem nas porções mais internas dos manguezais, na interface médio/supralitoral, seu limite é estabelecido pelo nível médio das preamares de sizígia e pelo nível das preamares equinociais (MACIEL, 1991). A classe Apicum integra o conjunto de classes com taxas/valores de cobertura pouco salientes, ao compararmos principalmente com a área dos manguezais na paisagem da área de estudo.

Os apicuns, apesar de possuírem uma área menor e de se encontrarem conectados à classe de Manguezal, apresentam comportamento próximo na projeção durante as séries temporais  $t_R$  e  $t_A$  (Figura 73). As áreas cobertas por apicum apresentaram taxas que oscilaram dentro de intervalos máximos e mínimos ( $\text{km}^2$ ) ao longo dos períodos  $t_R$  e  $t_A$  e essas oscilações caracterizam-se por influência das ações antrópicas.

**Figura 73** - Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe Apicum.

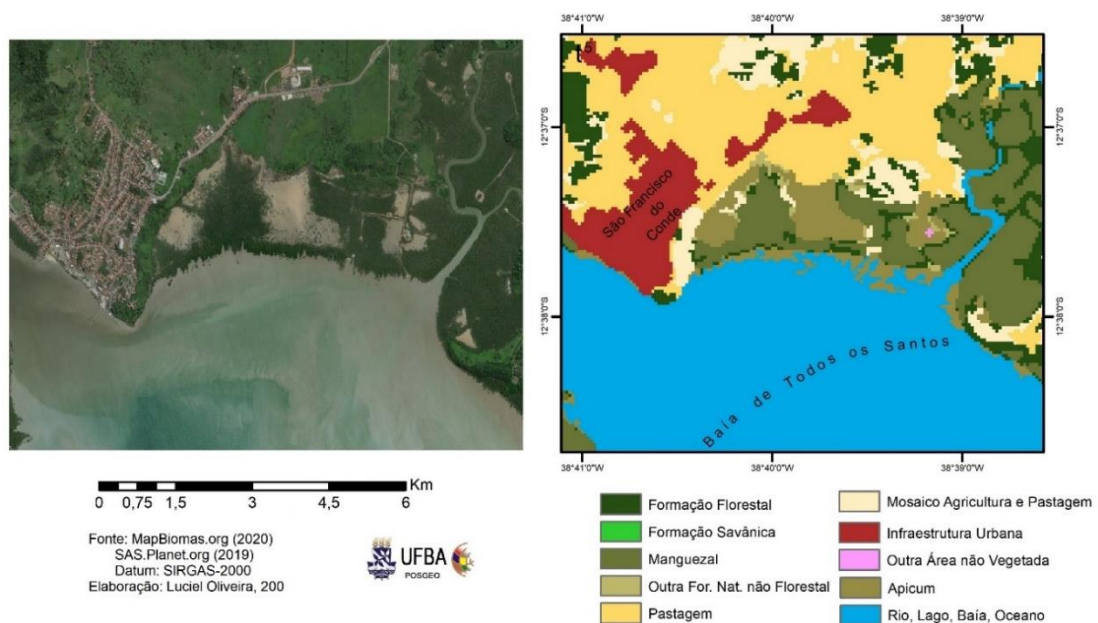


Fonte: Elaborado pelo autor

Fenômenos naturais, como a movimentação das marés e estuários, também influenciaram as taxas de cobertura por essa classe, já que os apicuns se caracterizam como áreas de transição entre os manguezais e outras formas de cobertura (SCHMIDT *et al*, 2013).

Apesar da complexidade e sensibilidade dessa classe de cobertura da terra, a linha de tendência assumiu um padrão crescente, já esperado. Diante da conexão com os manguezais, ela mantém os valores/taxas no sentido crescente no decorrer dos anos de  $t_R$  e  $t_A$ . Observamos que ocorreu um aumento das áreas cobertas por Apicum ao longo dos anos, no entanto a inclinação suave dessa linha indica lentidão no crescimento das áreas de Apicuns localizadas no entorno da BTS, principalmente no município de São Francisco do Conde (Figura 74).

**Figura 74** - Ocorrência de Apicum na porção norte da BTS no município de São Francisco do Conde para os períodos  $t_R$  e  $t_A$  no ano de 2017.



Ao tratar da tendência para a série histórica ( $t_s$ ) (2019-2055) da classe Apicum, notamos um crescimento constante, com uma linha com inclinação mais acentuada ao longo da série histórica devido à quantidade de anos simulados. Os apicuns identificados pela classificação da plataforma *Google Earth Engine* pelo projeto MapBiomias.org apresentaram um nível de acerto satisfatório ao serem identificados. Durante a quantificação da cobertura pelo algoritmo *r.report*, os valores obtidos apresentaram oscilações aceitáveis ao longo das séries  $t_R$  e  $t_A$ . Essa oscilação implicou uma tendência levemente inclinada para ganhos durante  $t_R$  e  $t_A$  e acentuadamente inclinada no período  $t_s$ .

É importante considerar a velocidade e a oscilação dos valores ao longo das séries  $t_R$  e  $t_A$ , o comportamento desses períodos foi confirmado em  $t_0$ . É notável que as oscilações

repercutiram na velocidade do aumento das taxas nos anos simulados, fenômeno registrado na inclinação da linha de tendência da série  $t_s$ .

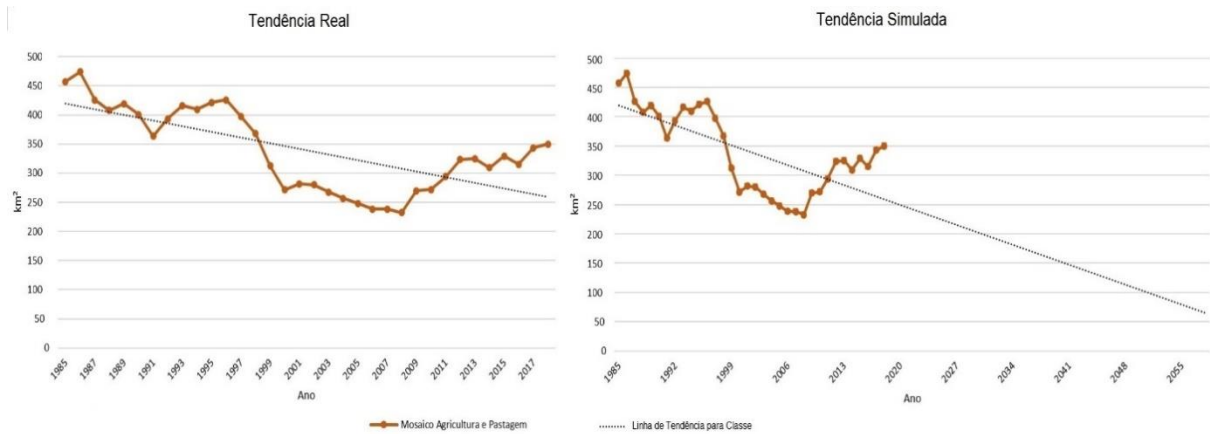
Devido à conexão com os manguezais e à capacidade de pertencer a esse ecossistema, os apicuns, assim como os manguezais, podem ser tratados como recursos renováveis, porém finitos, quando se considera a produção natural de mel, ostras, caranguejos, camarões, siris e mariscos, além das oportunidades recepcionais, científicas e educacionais. O crescimento por meio da manutenção das taxas/valores de cobertura em  $t_R$ ,  $t_A$  e  $t_O$  implica ganhos para o ecossistema costeiro, considerando a preservação e a conservação da classe, tendo respaldo nas instâncias da legislação ambiental vigente no país.

#### **4.5.11 Mosaico de Agricultura e Pastagem**

A classe Mosaico de Agricultura e Pastagem caracteriza-se como uma classe de transição, assim como Outras Áreas não Vegetadas e Apicum. De natureza antrópica, as classes Mosaico de Agricultura e Pastagem indicam a transição da Formação Florestal para Pastagens, esta última classe se consolidou ao final das séries históricas  $t_R$ ,  $t_A$  e da simulada ( $t_s$ ) na paisagem.

O Mosaico de Agricultura e Pastagem caracteriza-se por taxas decrescentes ao longo dos anos da série  $t_R$  e  $t_A$  e esse decréscimo ocorre devido à consolidação de atividades econômicas como a pecuária, a qual utiliza as pastagens para promover a sua expansão. Sendo assim, o comportamento dessa classe está relacionado às perdas/reduções das áreas com cobertura vegetal natural, a exemplo dos remanescentes de florestais nativos (Mata Atlântica) existentes. O decréscimo nas taxas/valores de cobertura indica redução em  $t_R$  e  $t_A$  com oscilação ao longo dos anos e projeta uma linha de tendência para queda (Figura 75).

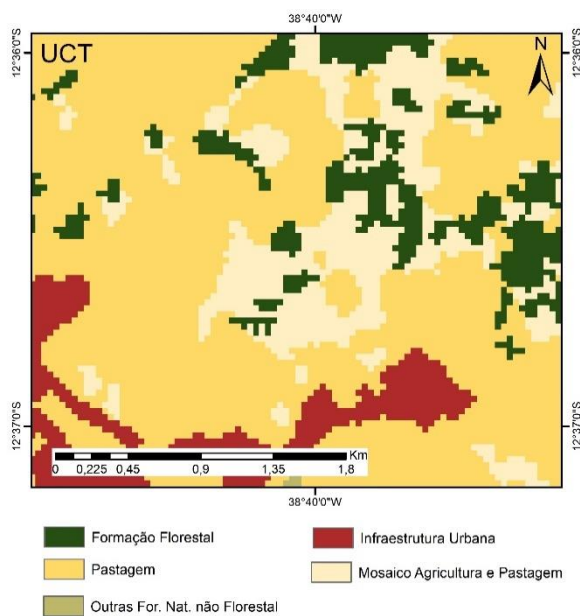
**Figura 75 -** Gráficos com tendências para as séries temporais Real e Simulada para a classe Mosaico de Agricultura e Pastagem.



Fonte: Elaborado pelo autor

Para a série simulada ( $t_s$ ), a tendência se manteve em decréscimo devido à continuidade dos padrões observados nas séries  $t_R$  e  $t_A$ , no entanto apresentou uma velocidade acentuada. A velocidade dessas perdas de cobertura da classe indica o crescimento e a expansão acelerada da classe de Pastagem nos anos simulados (2019 a 2055) por  $t_s$ . Os Mosaicos de Agricultura e Pastagens são percebidos como fragmentos, que são convertidos em Pastagem, principalmente ao longo dos anos de  $t_R$  e  $t_A$  (Figura 76).

**Figura 76 -** Ocorrência da classe Mosaico de Agricultura e Pastagem nas imediações cidade de São Francisco do Conde em 2018.



Fonte: Google Earth Engine (2020)  
 Datum: SIRGAS-2000  
 Elaboração: Luciel Oliveria, 2020



Fonte: Elaborado pelo autor

A classe Mosaico de Agricultura e Pastagem encontra-se materializada na área de estudo em forma de fragmentos ao longo das séries  $t_R$  e  $t_A$ . Esses fragmentos surgem a partir da classe Outras Áreas não Vegetadas no decorrer dos anos e passam por reduções em suas áreas, transformando-se em classes como Pastagem, principalmente nas áreas mais distantes de aglomerações urbanas. Nas proximidades de cidades e vilas, ela evolui para Infraestrutura Urbana, conforme ilustração anterior. A classe Mosaico de Agricultura e Pastagem, na maior parte da área de estudo ao longo das séries analisadas ( $t_R$ ,  $t_A$  e  $t_O$ ), comportou-se como uma transição de UCTs, e as oscilações nas taxas/valores de cobertura nos anos iniciais possibilitaram uma tendência de queda em  $t_R$  e  $t_A$ .

Foi possível concluir que a tendência de queda dessa classe se dá pelo aumento acelerado da classe Pastagem, a qual apresenta um dos maiores valores/taxas de cobertura na área de estudo ao longo das séries. Para a série  $t_S$ , a linha de tendência assumiu uma inclinação no sentido de redução e a angularidade acentuada indicou uma velocidade de perdas/redução ao longo de cada ano nas séries  $t_R$  e  $t_A$ . As principais variáveis exploratórias para a série  $t_S$  foram o tempo (quantidade de anos) e o valor/taxa de cobertura ( $\text{km}^2$  e %). É importante destacar que o comportamento da classe não deve ser entendido como *regra* em outros locais fora dos limites da área de estudo desta pesquisa. Fatores socioeconômicos, principalmente aspectos históricos e econômicos locais, contribuem para a caracterização da classe e para a sua relação com outras no UCT.

## **4.6 A PONTE SALVADOR-ITAPARICA E SUAS POSSÍVEIS REPERCUSSÕES NA PAISAGEM DO ENTORNO DA BAÍA DE TODOS-OS-SANTOS**

A hipotética presença da Ponte Salvador-Itaparica (PSI) na área de estudo possibilita mudanças consideráveis nos aspectos visuais da paisagem das áreas do entorno da Baía de Todos-os-Santos (BTS), bem como na função e nos usos e cobertura da terra (UCT). Ainda se trata de uma promessa governamental, cujos rumores, no governo e na academia, sinalizam para uma veracidade. Deve-se considerar, no entanto, que existem variáveis que influenciam na tomada de decisões de governos e empresas e, dentre tantas variáveis, destacam-se a estabilidade política e o crescimento da economia.

As perspectivas da presença da PSI implicam mudanças no eixo de circulação e no uso e cobertura da terra na região metropolitana e do Recôncavo baiano. A seguir, analisa-se algumas razões da relação da hipotética presença da PSI, comparando aspectos econômicos e políticos com as possibilidades de mudanças na paisagem do entorno da BTS. Vale lembrar que, apesar do projeto da ponte possuir sua origem desde a década de 1960, trata-se de uma proposta de intervenção complexa, que requer grande investimento financeiro. A presença da PSI implicará mudanças nas classes de UCT naturais e antrópicas, acelerando processos de perdas de coberturas naturais e aumentando significativamente áreas de uso antrópico, ampliando, principalmente, a cobertura pela classe Infraestrutura Urbana.

Neste estudo, o cenário contendo a PSI é resultado de uma modelagem onde a presença da ponte implica em uma variável antrópica, a qual caracteriza-se por acentuar a transição de classes naturais para classes antrópicas. Esta variável é adicionada ao conjunto de variáveis “estradas e rodovias”, porém com um peso maior. O resultado após o processamento foi um cenário com aspectos “pessimista” no que diz respeito ao impacto sobre as classes naturais principalmente.

### **4.6.1 Análise para presença**

As promessas políticas relacionadas à construção do empreendimento da Ponte Salvador-Itaparica integram um conjunto de interesses econômicos e também um marco político através de grandes obras, que costumam deixar marcas na paisagem, não apenas na estética (visual), mas também na dinâmica e/ou processos relacionados. Há exemplos nacionais de empreendimentos similares ou próximos, como a Ponte Rio-Niterói, inaugurada no ano de 1974, no estado do Rio de Janeiro, com extensão de 13,2 km e altura de 72m, ligando a capital

à cidade de Niterói, no outro lado da Baía de Guanabara. Atualmente, essa ponte encontra-se na 15ª posição na ordem das maiores pontes do mundo.

A Ponte Rio-Niterói custou, ao final da obra, em torno de Crz\$ 800 milhões, o equivalente a US\$ 400 milhões na época, o que nos dias atuais seria algo em torno de US\$ 2,5 bilhões. O cenário político da época era caracterizado pelo *progresso econômico* regido sobre as políticas de governos militares (1964-1985) na gestão do presidente Emílio Médici (1969-1974). Nos dias atuais, a Ponte Rio-Niterói encontra-se superada por outros empreendimentos, a exemplo da Ponte Hong Kong-Macau-Zhuhai, no sul da China, com 55 km, inaugurada em 2018, conectando a China continental à Ilha de Hong Kong, a um custo de mais de US\$ 15 bilhões, segundo os jornais de economia contemporâneos. O cenário econômico para tais realizações na China foi marcado por um Produto Interno Bruto (PIB) de 14,140 trilhões de dólares (país) e a localidade da obra Hong Kong com PIB de 48,71 bilhões de dólares (THE ECONOMIST, 2019). O cenário político nesse país é *relativamente* estável desde 1949, com a gestão do Partido Comunista da China (PCC), apesar de o cenário econômico oscilar em decorrência da economia globalizada.

Ao comparar com a realidade brasileira em 2019, mesmo período para os dados da China, nota-se um país com um PIB de 1,80 trilhões de dólares e o estado da Bahia com um PIB de 13,70 bilhões de dólares (IBGE, 2020). O cenário político brasileiro durante o ano de 2020 apresenta-se instável por conta das incertezas e da liderança política nacional existente (extrema direita, com uma presidência sem partido oficial até o período 07/2020). A Ponte Salvador-Itaparica está orçada em R\$ 5,34 bilhões, algo em torno de US\$ 1,02 bilhões, no entanto esse valor é um orçamento inicial, que estará sujeito a reajustes por meio de emendas orçamentárias, sendo, neste momento, impossível determinarmos seu custo final.

Esse projeto se destaca, *incorpora-se e se impulsiona* no ano de 2013, em um cenário governamental totalmente oposto ao da década de 1970, com os Governos Federal e Estadual geridos pela esquerda, com o Partido dos Trabalhadores (PT). Em 2020, o cenário político estadual permanece sob a liderança da esquerda (PT) e o Governo Federal, oposição, sob uma política de extrema direita (sem partido oficial declarado em 21 de julho de 2020).

Em par das questões políticas, o ano de 2020 enfrenta uma pandemia provocada por um vírus, o Coronavírus (causador da Covid-19), que surgiu na província de Wuham na China, em 2019, e que acomete todos os continentes do planeta, dando início a crises e recessões em várias economias ao redor do mundo, principalmente nos países mais capitalizados (investidores), como a República Popular da China. De acordo com as atualizações do Projeto da Ponte (2020), grupos empresariais, através de consórcios de origem Chinesa, seriam os executores da obra e



teriam os direitos de concessão sobre o empreendimento por 30 anos. Nota-se um considerável distanciamento econômico e político ao compararmos os cenários nos quais esses tipos de projetos (pontes) foram consolidados (China-Hong Kong) em anos anteriores e o atual (Brasil-Bahia). A hipotética presença da Ponte Salvador-Itaparica na Paisagem, entretanto, é tão marcante/impactante quanto as outras obras localizadas no continente asiático (Figura 77).

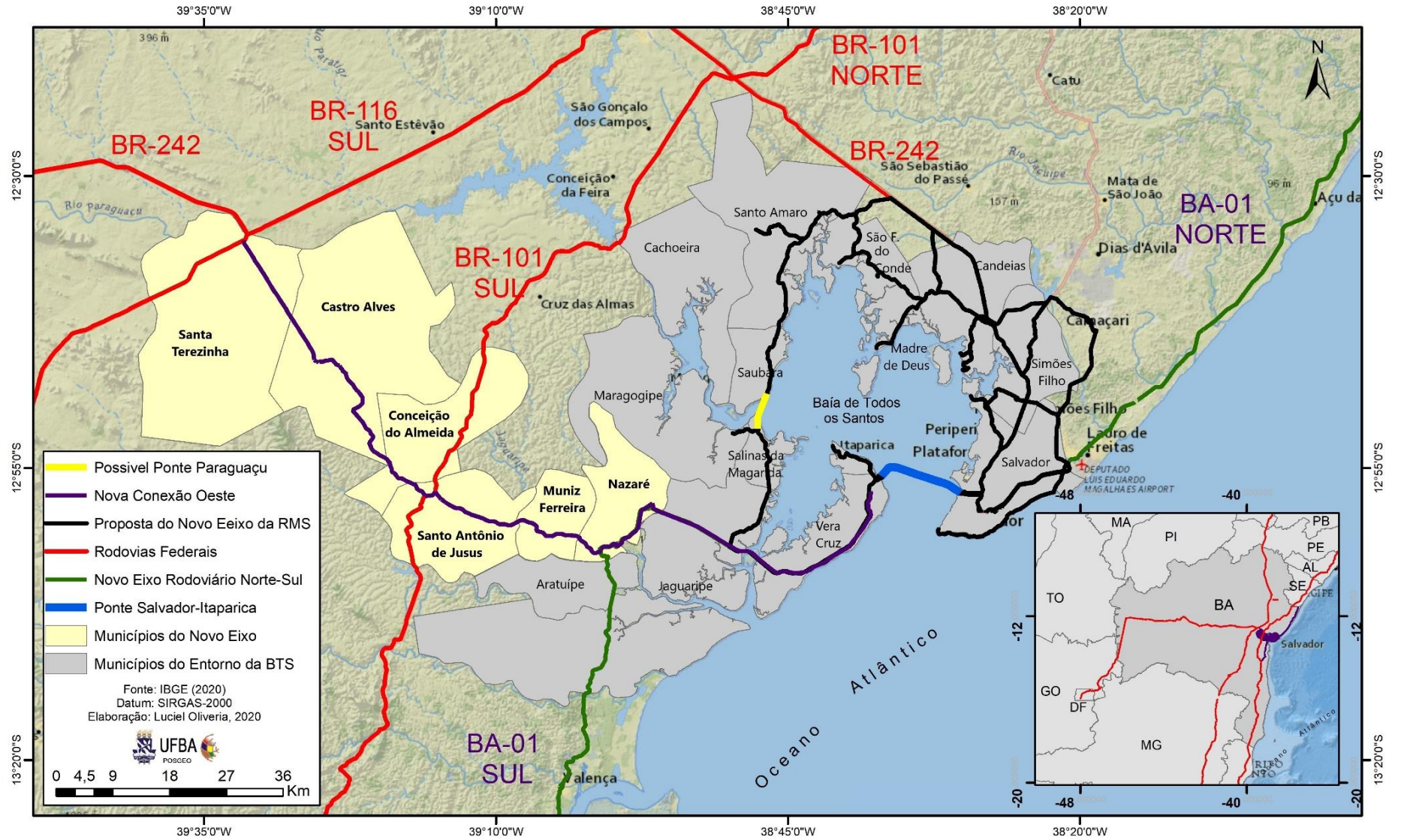
**Figura 77** – Aspectos visuais da Ponte Salvador-Itaparica propostos pelo projeto da obra.



Fonte: <http://www.pontesalvadorilhadeitaparica.ba.gov.br/visao-geral/>

A construção da Ponte Salvador-Itaparica abre um pressuposto para um novo eixo rodoviário com conexões estratégicas para as três maiores malhas rodoviárias do país (BR-101, BR-116 e BR-242). Também será possível conectar os dois trechos da rodovia estadual BA-001, possibilitando a conexão entre os litorais norte e sul do Estado da Bahia pela costa, possuindo Salvador e a Região Metropolitana como entroncamento rodoviário (Figura 78).

Figura 78 – Perspectivas da presença da Ponte Salvador-Itaparica e os novos eixos.



O possível surgimento desse entroncamento rodoviário, consolidado pela Ponte Salvador-Itaparica, abre pressupostos para um novo sentido da expansão urbana na Região Metropolitana de Salvador (RMS). As conexões possíveis da proposta começariam da capital baiana até a capital federal (cidade de Brasília), acessando a BR-242 no trecho de conexões que perpassaria pelas duas maiores rodovias federais do país, BR-101 e BR-116. Essas rodovias cruzam o Estado da Bahia de norte a sul do país. O projeto consolidaria e materializaria a proposta do arquiteto Sérgio Bernardes, que, durante a década de 1960, pensou na expansão do Plano Diretor do Complexo Industrial de Aratu (CIA). O arquiteto propôs uma ponte para conectar Salvador à Ilha de Itaparica e outra na foz do Rio Paraguaçu, entre os municípios de Salinas da Margarida e Saubara, formando, assim, um anel viário na RMS.

No entanto, assim como em anos anteriores, são aguardados o início da implantação dos canteiros de obras na região e o aumento da oferta de empregos no setor da construção civil, assim como o aumento das atividades em geral ligadas à construção civil, o que indicaria o início da execução efetiva do projeto. Até o ano de 2020, tem-se a promessa para o início das obras e as *assinaturas de contratos* amplamente divulgadas pela Secretaria de Comunicação do Governo do Estado da Bahia e suas agências, porém ainda há um silêncio por parte de outras iniciativas (Governo Federal, empresas chinesas, entre outras).

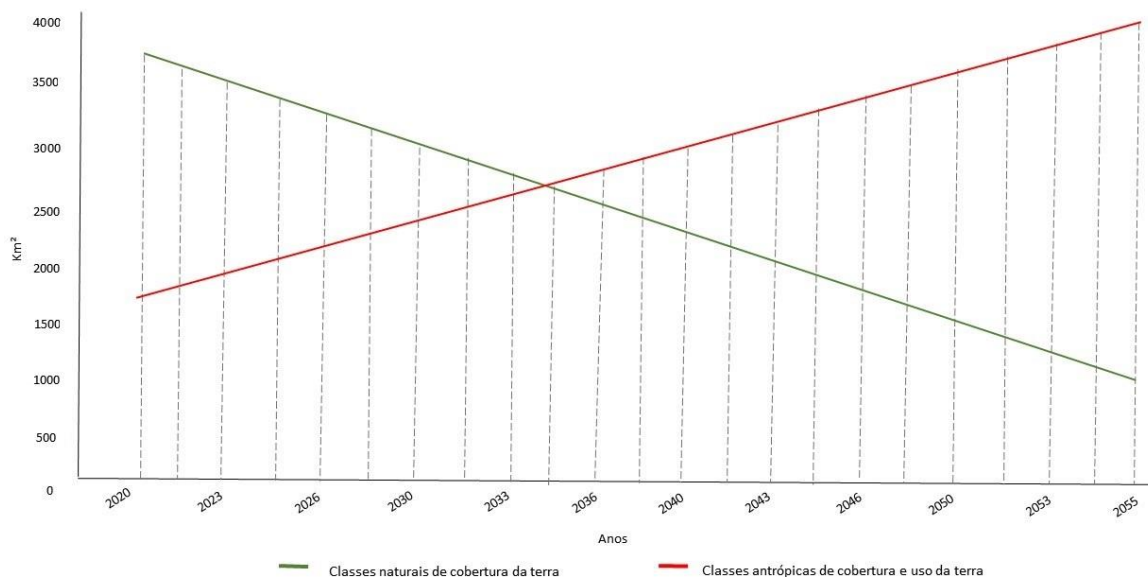
#### **4.6.2 Análise da repercussão no uso e cobertura da terra**

O surgimento de um novo eixo rodoviário entre Salvador e as rodovias federais e estaduais no sentido sul (BR-101, BR-116, BR-242 e BA-001) favorecerá a proposta do Plano Diretor do Complexo Industrial de Aratu (CIA), bem como implicará transformações significativas na paisagem do entorno da BTS. A nova conexão entre as rodovias federais e estaduais no sentido norte-sul possibilitará mudanças impactantes na cobertura da terra e na infraestrutura urbana da Ilha de Itaparica e municípios adjacentes às vias de circulação (rodovias).

O impacto na cobertura da terra dar-se-á pelo aumento acelerado da supressão dos fragmentos de Formação Florestal em decorrência do aumento do uso da terra pela classe Mosaico de Agricultura e Pastagem, transitando para Pastagem e, em seguida, para classes como Outras Áreas não Vegetadas. A última classe citada se configura como uma das mais impactantes quando ocorre por possibilitar processos erosivos e demais fenômenos que repercutem no comprometimento da produtividade e estabilidade do solo. Em síntese, o cenário com a presença da Ponte Salvador-Itaparica e o seu novo eixo implicou a redução das classes

de UCT de ordem natural em consequência das classes antrópicas, considerando a série histórica simulada ( $t_s$ ) para o ano de 2055 (Figura 79).

**Figura 79** – Comportamento das classes de uso e cobertura da terra diante da presença da Ponte Salvador-Itaparica como variável de impacto na Paisagem.

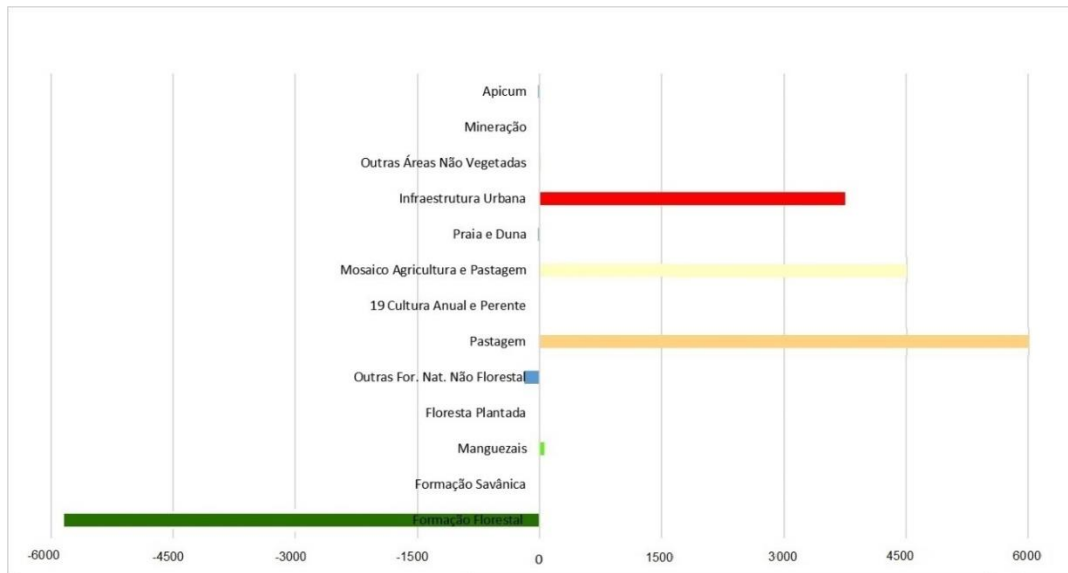


Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se, na Figura 79, que as tendências lineares são divergentes, com crescimento das classes de natureza antrópica e redução das classes naturais. As transformações na paisagem decorrentes da presença da ponte, neste estudo, foram configuradas como um cenário pessimista do UCT na área de estudo, considerando o indicativo da linha de tendência encontrada.

Sendo assim, identifica-se redução de função ecológica nos elementos paisagísticos, a exemplo da classe Formação Florestal enquanto outra classe antrópica, como a Infraestrutura Urbana, cresce linearmente ao ponto de superar a cobertura por classes naturais, conforme ilustra o gráfico anterior (Figura 79). Ao tratar das perdas e ganhos no UCT para a área de estudo, destacam-se as classes mencionadas anteriormente (Formação Florestal e Infraestrutura Urbana) (Figura 80).

**Figura 80** – Ganhos e perdas para as classes de uso e cobertura da terra em um cenário pessimista com ênfase na presença da Ponte Salvador-Itaparica.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O aumento das classes antrópicas, como a Infraestrutura Urbana, durante a simulação, em alguns locais, sobrepôs-se à classe Formação Florestal diretamente, sem classes transitórias, como naturalmente ocorreria na maior parte da área de estudo. Entende-se que essa transição abrupta é prejudicial ao equilíbrio ecológico e bem-estar social, considerando-se que a perda da vegetação nativa e a exposição do solo ao risco erosivo podem desencadear processos que levam a prejuízos naturais (perda de biodiversidade e de funções ecológicas), assim como prejuízos antrópicos (especulação imobiliária, segregação espacial e perda de funções social e/ou cultural).

# CAPÍTULO

## V

### CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

## 5. 1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Problematizar uma questão geográfica através das geotecnologias e das técnicas de modelagem espacial na paisagem do entorno da Baía de Todos-os-Santos (BTS) foi uma das maiores provocações deste estudo. Recortar a categoria geográfica Paisagem e torná-la um objeto de investigação a partir da sua problematização exigiu apropriação de recursos e tecnologias geográficas e da modelagem espacial, principalmente ao cumprir o objetivo de projetar tendências e cenários da paisagem estudada. Outro desafio para esta tese foi, sem dúvida, transformar os dados e as informações produzidos em produtos materializados e aplicáveis a futuros estudos na área e no auxílio à tomada de decisões por segmentos variados da sociedade (organizações não governamentais, comunidades, municípios, estado e União).

Foram diversas dificuldades encontradas durante as atividades de pesquisa, principalmente na fase de testes. Superá-las exigiu a identificação de pontos de fragilidade, a criação de alternativas e, sobretudo, o desenvolvimento da consciência de que as pretensões iniciais, ao longo dos procedimentos metodológicos, devem passar por revisão e de que os resultados finais podem não ser os mesmos almejados inicialmente. Discutir as mudanças do uso e cobertura da terra (UCT) ao longo de uma série histórica real (1985 a 2018) e do período simulado (2055) despontou como um desafio durante a construção do texto uma vez que as discussões deveriam estar articuladas com as ilustrações dos fenômenos observados como perdas e ganhos ao longo das classes de UCT.

Foi possível notar que uma visão de totalidade da Paisagem do entorno da BTS, considerando como elementos paisagísticos os UCTs e suas dinâmicas, é algo que pode margear a imprecisão, principalmente quando trata-se da representação por meio dos produtos estatísticos e também cartográficos. A alternativa a essa dificuldade foi a categorização e a decomposição dos dados e informações a fim de se construir uma resposta a cada questão que viesse a surgir, no entanto foi impossível uma resposta única devido à complexidade da paisagem e de seus constituintes no entorno da BTS. A modelagem de tendências e de os cenários possibilitou uma visão do futuro para a área de estudo considerando cenários otimista e pessimista, porém é importante afirmar que o homem, como sujeito transformador, consolida a principal variável de evolução da paisagem. Entender os caminhos por onde a sociedade passará até o futuro depende do percurso que ele já trilhou ao longo da sua história e, mormente, como fez e como pensa em fazer até o presente momento em que vive.

## 5.2 RECOMENDAÇÕES

Para Garret-Jones (2000), a ciência deve ser vista como um amplo sistema que deve ter várias funções, entre as quais a divulgação do conhecimento, de novas ideias, de novos paradigmas que devem responder às questões e às demandas da sociedade. É fato que exista, no mundo acadêmico, uma crescente preocupação com o impacto social do conhecimento produzido, ou seja, em gerar conhecimento capaz de trazer soluções para problemas no presente e no futuro. A avaliação e a mensuração do impacto social da ciência, entretanto, não é tarefa trivial. Segundo alguns autores, ainda não se consolidou uma metodologia de avaliação capaz de abarcar tamanha missão (GARRET-JONES, 2000; PALOMARES- MONTERO *et al.*, 2008; COMISSÃO EUROPEIA, 2010; GUIADO, *et al.*, 2010). Porém, diante da complexidade sobre o impacto social de uma pesquisa, resta a busca pela intencionalidade do pesquisador. É importante para o estudo científico se dispor a buscar respostas para as demandas da sociedade.

Diante dos Resultados e Discussões das análises dos processos de evolução da paisagem e suas respectivas tendências a partir da modelagem de cenários de uso e cobertura da terra (UCT), foi possível elaborar um conjunto de recomendações para os municípios do entorno da Baía de Todos-os-Santos (BTS). Essas recomendações, neste capítulo, são colocadas como a intenção de se alcançar um *impacto* através de contribuições para os segmentos sociais presentes na área de estudo (moradores; pequenos, médios e grandes produtores rurais; empreendedores; agentes do poder público; pesquisadores; entre outros tantos envolvidos).

### 5.2.1 Ações integradas para tomada de decisões

As proposições de ações para auxílio na tomada de decisões com relação às medidas de preservação e conservação ambiental na área de estudo (entorno da BTS) só fazem sentido quando as adequa a realidade e fornecido um lastro legal. Esse *lastro*, aqui, consiste nos aparatos legais presentes na legislação ambiental. A Constituição da República Brasileira de 1988, em seu artigo 255, elevou o meio ambiente a uma categoria especial de proteção, impondo ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e as futuras gerações e alguns instrumentos desse artigo possibilitam ações diretas para preservação e conservação na área do entorno da BTS. Pela Constituição, a BTS é considerada uma Área de Proteção Ambiental (APA), condição fundamentada pelo artigo 15, no qual lê-se:



Art. 15. A Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. (ANTUNES, 2015).

Apesar do artigo 15 ser claro quanto ao seu objetivo no que diz respeito à atribuição, a APA da Baía de Todos-os-Santos foi criada pelo Decreto Estadual nº 7.595 de 5 de junho de 1999, porém ainda não possui um plano de manejo (2020) consolidado que se mostre funcional e eficiente. Diante disso, faz-se necessário o fortalecimento da proposta de um plano de manejo participativo, envolvendo os principais segmentos socioeconômicos não apenas na BTS, mas também nos municípios e comunidades adjacentes. Essa ação seria o primeiro passo para a efetivação de uma proposta de prática para proteção dos recursos naturais existentes.

Os resultados desta pesquisa reafirmaram a complexidade da paisagem e os fenômenos de mudanças nos padrões de UCT no entorno da BTS ao longo do tempo. Diante dessa complexidade, este estudo recomenda ações de iniciativas e fortalecimento do plano de manejo da APA da BTS a partir da mobilização de setores da sociedade e do estado. O plano de manejo deve ir além dos limites da costa da BTS, ele necessita considerar aspectos interioranos nos municípios que a margeiam ou que são cortados pela rede hidrográfica que a alimenta, uma vez que a complexidade da paisagem da área vai além dos limites da costa. Deve-se considerar que apenas o estabelecimento da APA não será suficiente para a consolidação da proteção, preservação e conservação de recursos naturais nas áreas do entorno da BTS. São necessárias a criação e/ou a ampliação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) a partir do Código Florestal (Lei 12.651/2012) e das Unidades de Conservação (UCs) disciplinadas pela Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) (Lei 9.985/2000). Nesse universo legal, destacamos a APP, que é compreendida como:

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

[...]

II – Área de Preservação Permanente – APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas [...]. (ANTUNES, 2015)

Cabe também uma atenção especial às considerações das Unidades de Conservação (UCs) dentro da área de estudo da pesquisa. A partir da definição de UC proposta pelo SNUC, entende-se como:

Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, define que Unidades de Conservação, entende-se por:

[...]

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 adequadas de proteção. (ANTUNES, 2015)

Na área de estudo, encontram-se algumas UCs já consolidadas através de Reservas Extrativistas (RESEX) da Baía de Iguape, porém o fortalecimento e a ampliação da área de abrangência da reserva, principalmente alcançando as formações geomorfológicas como as Serras das Covoadas e do Inhaúma, podem ampliar a proteção dessas áreas contra a supressão da classe de UCT Formação Florestal (remanescentes de Mata Atlântica) nesses locais.

Os resultados da pesquisa indicaram pontos sensíveis na área de estudo (encostas, topos de serras e vales de rios e riachos), os quais estão suscetíveis a fenômenos como o desflorestamento e consequente perda de vegetação nativa e desequilíbrio ecológico. Esses fenômenos potencializam o crescimento de atividades impactantes como a agropecuária através de pastagens e áreas não vegetadas com exposição do solo para fins diversos. Sendo assim, recomenda-se o fortalecimento das fiscalizações e o monitoramento ambiental em múltiplas instâncias (comunidade, município, estado e União) e em múltiplas plataformas (sensoriamento remoto com imagens orbitais e suborbitais constantes) nas áreas consideradas sensíveis por este estudo.

As comunidades locais apresentam-se como eficientes *sensores* das mudanças dos padrões de UCT, cabendo a elas alertar às instâncias legais que, por sua vez, tomariam as devidas providências. O desenvolvimento de políticas públicas que reforcem a importância da proteção e conservação dos recursos naturais através da Educação nos municípios inseridos pode contribuir com a redução das agressões às áreas sensíveis, evitando, assim, uma tendência de perdas dos recursos naturais existentes.

Ao consorciar ações de fiscalização e gestão ambiental entre comunidades locais, municípios, estado e União, através de canais de comunicação direta, é possível contribuir com a redução dos impactos negativos nas áreas do entorno da BTS, principalmente no que diz respeito às perdas de vegetação nativa e consequente comprometimento de outros recursos. O

processo de fiscalização envolvendo indivíduos com relações diretas com os recursos em questão amplia a visão dos problemas e as suas possíveis soluções, partindo das instâncias locais e chegando às mais distantes, a exemplo da União, conforme propõe-se no Quadro 14 a seguir.

**Quadro 14** - Proposição de medidas gerenciais para as questões relacionadas à preservação e conservação de recursos naturais no entorno da Baía de Todos-os-Santos.

Medida	Instância de acionamento			
	Comunitária	Municipal	Estadual	Federal
1 – Monitoramento contínuo de áreas sensíveis pontuais.	F	R	R	R
2 – Medidas de contenção em curto prazo para danos ambientais atuais localizados em áreas pontuais.	F/N	N/R	R	R
3 – Medidas de contenção em longo prazo para danos ambientais atuais.	F/N	N/R	R	R
4- Elaboração de propostas de inclusão de áreas pontuais em regime de APP.	F	F/N	R	R

**F:** fiscalização; **N:** notificação; **R:** resolução

Fonte: Elaborado pelo autor

A adoção de medidas com a participação das diferentes instâncias, envolvendo as comunidades locais, os setores produtivos e os governamentais, pode resultar em soluções integradas aos problemas ambientais presentes na área de estudo. Desmatamentos, aterramentos, derreamentos e assoreamentos são problemas constantes na área de estudo, no entanto a participação da sociedade civil e do estado nos processos de tomada de decisões pode se tornar mais eficiente durante as situações de ocorrência. Medidas adequadas tomadas devidamente podem contribuir para um cenário otimista com tendências positivas para o futuro no que diz respeito à questão ambiental.

No que diz respeito ao estado e suas instâncias, ele deve realçar o seu compromisso com as fiscalizações e com o monitoramento dos recursos naturais em áreas sensíveis. Recomenda-se um aprofundamento em outros estudos de análises das perdas de cobertura natural ao longo da série temporal real e observada (1985 a 2018). Essas séries temporais sinalizaram um processo de perdas em que a intensificação dos prejuízos em um período curto (anual), ao se repetir continuamente, pode ocasionar extinções quando se projetam períodos mais ampliados nas séries históricas.

### 5.2.2 Possíveis Canais de Acesso à Sociedade na Área de Estudo

Este estudo recomenda a aproximação do Estado com a sociedade na área investigada, buscando identificar e dialogar com os sujeitos direta e indiretamente afetados pelas mudanças no uso e cobertura da terra (UCT), assim como pelos demais processos. Para isso, é necessária a adoção de estratégias. A primeira delas é identificar possíveis *ambientes*, instituições e *espaços* propícios para as discussões relacionadas à conservação, preservação e uso racional dos recursos naturais nos municípios do entorno da BTS. Tais espaços devem estar próximos das questões discutidas por esta pesquisa (mudanças na paisagem). Sendo assim, recomenda-se o que é empregado na Lei Estadual nº 13.601 de 29 de dezembro de 2016, que identifica e reconhece as Organizações, Cooperativas, Fundações, Federações, Sindicatos, Sociedades e, principalmente, Associações nos municípios do estado da Bahia.

A partir do instrumento Legal (Lei Estadual nº 13.601, de 29 de dezembro de 2016) e do seu Anexo Único, foi possível identificar, nos 15 municípios do entorno da BTS, 2.210 organizações funcionando como Cooperativas, Fundações, Federações, Sindicatos, Sociedades e, principalmente, Associações de diferentes segmentos. Todas elas possuem Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) perante as instâncias da Receita Federal e, conseqüentemente, são legalmente reconhecidas pelo Governo da Bahia e pelo Governo Federal.

Essas organizações possibilitam a reunião de pessoas em agrupamentos, como comunidades e associações, com a finalidade de realizar discussões e, principalmente, mobilizações. No Quadro 15 a seguir, apresenta-se o número total de organizações nos municípios. A partir da identificação da página no Anexo Único da Lei disponível no website da Assembleia Legislativa do Estado da Bahia, é possível consultar o nome e o CNPJ de cada uma das organizações e a situação na qual se encontra.

**Quadro 15** - Organizações, Cooperativas, Fundações, Federações, Sindicatos, Sociedades e, principalmente, Associações nos municípios do entorno da BTS.

Município	Anexo Único da Lei nº 13.369	Total de organizações
Cachoeira	Pág. 27	61
Candeias	Pág. 39	36
Itaparica	Pág. 98	37
Madre de Deus	Pág. 122	38
Nazaré	Pág. 125	35
Salinas da Margarida	Pág. 135	14
Santo Amaro	Pág. 206	51
São Francisco do Conde	Pág. 210	19
Salvador	Pág. 166	1.185
Saubara	Pág. 213	14
Simões Filho	Pág. 220	46
Vera Cruz	Pág. 237	35

Fonte: Elaborado pelo Autor; [http://www.legislabahia.ba.gov.br/sites/default/files/anexos/85221/Lei13601\\_Anexo.pdf](http://www.legislabahia.ba.gov.br/sites/default/files/anexos/85221/Lei13601_Anexo.pdf)

As organizações possuem fins variados e diversificados, que vão desde associações culturais a produtores de alimentos. Elas podem contribuir direta ou indiretamente no processo de divulgação dos paradigmas de proteção e conservação ambiental, pois as organizações cujos objetivos se aproximam da perspectiva e do universo das questões relacionadas ao meio ambiente (produtores rurais, moradores, recicladores, pescadores, marisqueiros, artesãos etc.) podem se tornar *sensores* das questões ambientais nos locais de atuação (comunidades, distritos e municípios). Esses sensores auxiliariam nas decisões junto aos órgãos públicos (municípios, estado e União) quando necessário.

Com relação às instituições de proteção da qualidade ambiental na BTS, destaca-se o Núcleo Baía de Todos-os-Santos – NBTS do Ministério Público do Estado da Bahia. O NBTS busca a proteção da qualidade ambiental combinada com o desenvolvimento econômico e social na área da APA e dos municípios que integram a Baía de Todos-os-Santos e de seus ecossistemas associados. Diante da proposta de atuação do NBTS, faz-se necessária a elaboração e o uso de ferramentas capazes de auxiliar os trabalhos do Núcleo em suas ações.

As contribuições ao NTBS por parte do estudo de predição de cenários das tendências do uso e cobertura da terra podem ocorrer através da produção de informações espaciais capazes de subsidiar tomada de decisões. Essas decisões podem ser de caráter gerencial para medidas de proteção, conservação dos recursos naturais e, principalmente, de monitoramento de fenômenos que influenciam diretamente a qualidade ambiental na área de estudo. A modelagem

realizada neste estudo, além de apontar o sentido das mudanças e a velocidade com que podem ocorrer futuramente, também pode orientar os pontos de maior vulnerabilidade para as questões ambientais nos municípios do entorno da BTS.

No tratar das questões relacionadas à problemática da Mata Atlântica na área de estudo, insere-se o Projeto Ações Ambientais Sustentáveis (PAAS), uma parceria entre a Universidade Federal do Recôncavo Baiano e entidades civis participantes. Ele tem como proposta principal desenvolver ideias relacionadas a ações ambientais e à sustentabilidade da região do Recôncavo e do bioma Mata Atlântica na Bahia. O projeto realiza seminários como o II Seminário Regional sobre Experiências em Conservação da Mata Atlântica no Recôncavo Sul Baiano (SerMata), evento que se caracteriza como um espaço oportuno e didático para o debate sobre as perspectivas de uso e cobertura da terra, empregando análises através das técnicas de modelagem e sinalizando a realização de planejamentos estratégicos para a região.

No universo das recomendações, considerando os resultados e as discussões deste estudo, destaca-se alguns exemplos de atividades/ações que podem ser executadas com o apoio do Estado, da iniciativa privada e da academia, a fim de consolidar uma rede (Quadro 16). Essa rede promoveria intervenções junto às comunidades e aos municípios com políticas conservacionistas, de uso sustentável, preservação, fiscalização e monitoramento a partir da formação de pessoas ligadas às atividades de uso da terra e também aos ecossistemas envolvidos. A aproximação com a sociedade é, sem dúvida, o canal de transformação mais eficiente.

**Quadro 16** - Exemplos de atividades recomendadas para comunidades e municípios do entorno da Baía de Todos-os-Santos.

<b>Ação</b>	<b>Título</b>	<b>Público-alvo</b>	<b>Promoção</b>	<b>Execução</b>	<b>Áreas de conhecimento</b>	<b>Recursos necessários</b>
- Palestras	- Por que preservar a minha mata?	- Pequenos produtores rurais - Comunidades - Estudantes dos níveis Fundamental e Médio	- Prefeituras - ONGs - Agências de promoção do governo - Ministério Público - Universidades	- Professores de diversos segmentos - Pesquisadores - Profissionais do setor público ou privado	- Geografia - Agronomia - Ecologia	- Sala de Aula - Equipamentos multimídia - Suporte a eventos
- Palestras	- Porque a sustentabilidade é importante para o desenvolvimento das comunidades	- Moradores de comunidades - Pequenos produtores rurais - Agricultores - Professores - Empresários locais	- Prefeituras - ONGs - Agências de promoção do governo - Associações	- Professores de diversos segmentos - Pesquisadores - Profissionais do setor público e privado	- Geografia - Economia - Agronomia - Administração	- Sala de Aula - Equipamentos multimídia - Suporte a eventos
- Oficinas	- Cuidar para não perder	- Pequenos produtores rurais - Trabalhadores rurais - Pescadores - Artesãos	- Prefeituras - ONGs - Ministério Público - Associações	- Professores de diversos segmentos - Pesquisadores - Profissionais do setor público ou privado	- Geografia - Biologia - Ecologia - Agronomia - Engenharias Ambiental e Sanitária	- Sala de Aula - Equipamentos multimídia - Práticas de campo - Suporte a eventos
- Oficinas	- Mapeamento para Monitoramento Ambiental	- Funcionários públicos de órgãos municipais e estaduais - Participantes de projetos via ONGs	- Universidades - ONGs - Ministério Público	- Pesquisadores - Profissionais do setor público e privado	- Geografia - Ecologia - Engenharia Cartográfica e Ambiental	- Sala de aula - Equipamentos multimídia - Laboratório de informática - Suporte a eventos
- Atividade de Extensão Universitária	- Agricultura e manejo sustentável da terra	- Pequenos produtores rurais - Comunidades extrativistas - Agricultores e pecuaristas	- Universidades * Apoio de Prefeituras, ONGs e Agências do Estado	- Professores - Técnicos Agrícolas - Pesquisadores - Profissionais do setor público e privado	- Agronomia - Ecologia - Geografia	- Sala de aula - Equipamentos multimídia - Práticas de campo - Suporte a eventos

Fonte: Elaborado pelo autor.

As propostas de ações educativas possuem, no espaço e na infraestrutura, as escolas e os centros comunitários como ambientes propícios para a aproximação das comunidades com os agentes de promoção. Vale destacar que a integração das comunidades, desde o pequeno produtor rural até os segmentos empresariais ligados à agropecuária, mercado imobiliário e indústria, deve ocorrer por intermédio de ações e políticas públicas. Nos exemplos de propostas de intervenção dados anteriormente (Quadro 16), nota-se que os tipos de ações devem ser correspondentes aos sujeitos interessados, assim como aos respectivos agentes de promoção e executores das propostas.

É importante destacar que a estruturação de um diálogo entre os variados segmentos econômicos existentes na área de estudo deve ser articulada com o objetivo de elaborar propostas e práticas de uso da terra que minimizem os prejuízos às partes envolvidas. Para isso, é necessária mediação, fiscalização e intervenção dos organismos governamentais, como as agências de promoção de desenvolvimento, bem como organismos judiciários, a exemplo do Ministério Público em suas diferentes esferas (estadual e federal).

### **5.2.3 Atenção ao Planejamento Estratégico e Planos Diretores Municipais**

Diante das transformações na paisagem que ocorreram ao longo dos anos de 1985 até 2017 e as tendências para as próximas décadas (2050) no entorno da Baía de Todos-os-Santos (BTS), notamos a importância do Planejamento Estratégico e dos Planos Diretores Municipais. O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU), segundo Rezende e Ultramarini (2007), é o instrumento básico da política urbana no Brasil, encontrando seu fundamento último de validade no Artigo 182 da Constituição Federal e disciplina específica nos Artigos 39 ao 42 da Lei Federal 10.257/01, autodenominada Estatuto da Cidade. Sendo assim, o PDDU e a instituição do Conselho de Cidades (CC) são instrumentos imprescindíveis para o trato das questões envolvendo a paisagem, sobretudo, as possíveis tendências para o UCT nos municípios da área de estudo.

O PDDU é um instrumento legal capaz de ordenar as atividades de uso e cobertura do solo urbano. Quando tais ordenamentos são eficientes e adequados podem repercutir positivamente não apenas na zona urbana, mas em toda extensão da área correspondente ao município. Diante das propostas de intervenção na paisagem dos municípios do entorno da BTS decorrentes da presença da Ponte Salvador-Itaparica, faz-se necessário um olhar crítico e também construtivo para medidas mitigadoras dos impactos ambientais que serão ocasionados. Dentre esses impactos, cabe chamar atenção à expansão da infraestrutura urbana, ponto no qual



o PDDU pode vir a se tornar o instrumento mais eficiente de controle/ordenação, assim como outros instrumentos, a exemplo do Conselho de Cidades.

O Conselho de Cidades (CC) também é colocado como instrumento relevante, principalmente na organização e na mediação de ideias e iniciativas entre o poder público (Estado, prefeituras, agências estatais etc.) e o corpo civil (Comunidades, Associações, ONGs etc.) nos municípios. Sendo assim, a operacionalidade dos CCs e dos PDDUs é necessária para a gerência das intervenções e dos impactos na paisagem decorrentes das grandes obras prometidas para o entorno da BTS. Ressalta-se a recomendação de que os CCs devam se consolidar como espaços de diálogo e debate entre os envolvidos (moradores, produtores rurais, comerciantes, agentes públicos etc.) nas discussões sobre as transformações na paisagem dos municípios. É importante destaca-se os CCs também como um espaço favorável às iniciativas de *planejamento* para as demandas advindas das transformações do uso do solo urbano e também da terra (nas áreas fora do perímetro urbano).

Ao tratar dos espaços de planejamento e de discussões do ordenamento do uso do solo e do uso e cobertura da terra nos municípios do entorno da BTS, identifica-se os 15 municípios do entorno da BTS e mais cinco anexados por conta do novo eixo rodoviário para conexão com as rodovias federais (BRs 101, 116 e 242) ao oeste. Nesse conjunto composto por 20 municípios, destaca-se a seguinte situação: 15 municípios possuem PDDU devido à sua obrigatoriedade, sendo 11 com CC. Outros cinco municípios não possuem o PDDU devido à não obrigatoriedade. Destacam-se, positivamente, dois municípios que, apesar de não terem obrigatoriedade, possuem o PDDU (Salinas da Margarida e Santa Terezinha) (Quadro 17).

**Quadro 17** - Situação quanto ao Planejamento Estratégico e Plano Diretores Municipais em 2018 segundo dados oficiais da Secretaria de Desenvolvimento Urbano do Estadual da Bahia.

	Município	Com obrigatoriedade e com PDDU	Sem obrigatoriedade, mas com PDDU	Sem obrigatoriedade e sem PDDU	Com Conselho de Cidades
Entorno da BTS	Aratuípe	X			
	Cachoeira	X			
	Candeias	X			X
	Itaparica	X			X
	Jaguaripe			X	
	Madre de Deus	X			X
	Maragogipe	X			
	Nazaré	X			X
	Salinas da Margarida		X		
	Salvador	X			X
	Santo Amaro	X			X
	Saubara	X			X
	Simões Filho	X			X
	São F. do Conde	X			X
Vera Cruz	X			X	
Novo Eixo Rodoviário Oeste	Muniz Ferreira			X	
	Santo A. de Jesus	X			X
	Conceição do Almeida			X	
	Castro Alves	X			
	Santa Terezinha		X		

**Fonte:** Secretaria de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia. SGT/ DPLANT/ CT-PGTU-CONCIDADES/BA. <http://www.sedur.ba.gov.br/arquivos/File/URBBA051115final.pdf> (Acesso em 09/06/20).

Caso as grandes intervenções venham a acontecer, recomenda-se a obrigatoriedade do PDDU para todos os municípios envolvidos, tanto no entorno da BTS quanto no Novo Eixo Rodoviário Oeste. A consolidação e a operacionalidade dos PDDUs e CCs nesses municípios podem contribuir para a minimização de impactos negativos na paisagem, nos ecossistemas envolvidos e, especialmente, na qualidade de vida dos habitantes. Apesar da grande parte dos municípios da área de estudo já possuir os PDDUs e alguns os CCs também, ainda persistem, na atualidade, sérios problemas ambientais e sociais (ocupação inadequada do solo e da terra, poluição, vulnerabilidades ambientais e sociais, entre outros).

É importante que se tenha atenção ao planejamento atual e, sobretudo, ao futuro. Esse segundo planejamento deve estar pronto para adequações diante da possibilidade de intervenções, a exemplo da Ponte Salvador-Itaparica, do novo eixo rodoviário de conexão oeste e do novo eixo de conexão da Região Metropolitana de Salvador (RMS). Apesar de considerarmos *novas* algumas dessas propostas, elas já haviam sido pensadas pelo arquiteto Sérgio Bernardes há quase 50 anos.

A utilização das técnicas de modelagem para simular a paisagem diante dos projetos da Ponte Salvador-Itaparica, do novo eixo da RMS e também da integração oeste mostrou um cenário caracterizado pela aceleração das transformações no uso da terra indicando, dessa forma, variações das taxas de UCT em curto espaço de tempo, a exemplo da transição de cobertura natural para áreas com infraestrutura urbana. Sendo assim, recomenda-se atenção ao ordenamento do solo urbano com o PDDU, o qual deve empregar parâmetros baseados na minimização/mitigação de impactos ambientais, sociais e econômicos para os municípios envolvidos. Os CCs devem ser utilizados como espaços de debate e acordo para a tomada de decisões envolvendo as comunidades, buscando o bem-estar e a melhoria da qualidade de vida.

Recomenda-se que os CCs, durante as deliberações, atentem-se à fiscalização dos fenômenos de expansão/aumento de classes de UCT de natureza antrópica como a Infraestrutura Urbana, o Mosaico de Agricultura e Pastagem, assim como monitorem as classes naturais, como a Formação Florestal (exemplo do Bioma Mata Atlântica e ecossistemas como Manguezais, entre outros). Para isso, são necessárias a aproximação e a integração da comunidade com as causas, os objetivos e as propostas dos CCs como *instituição* pública e democrática.

É importante que os PDDUs e os CCs, diante das novas perspectivas para os usos da terra e do solo, contemplem, principalmente, as questões do ordenamento dos espaços urbanos e sua infraestrutura dentro dos municípios influenciados pelas grandes obras propostas para o entorno da BTS. É necessário estar atento às questões relacionadas às infraestruturas de saneamento e serviços básicos (esgotamento, drenagens, energia elétrica, comunicação), além da infraestrutura para segurança pública, saúde, educação e transportes nas áreas onde haverá presença das novas vias de circulação.

A abertura de rodovias e de demais vias de circulação implicará um processo paralelo de aumento das áreas urbanas (cidades e vilarejos). Sendo assim, é indispensável dar atenção às questões de infraestrutura de serviços. Negligenciar essas demandas possibilitaria a redução imediata da qualidade de vida dos habitantes e o comprometimento do progresso econômico nas áreas envolvidas nos projetos das grandes obras.

#### **5.2.4 Propostas para sucessão de pesquisas relacionadas ao uso e cobertura da terra na área de estudo**

Assim como as intervenções diretas no cotidiano das comunidades nos municípios por meio de ações educacionais, os Resultados e Discussões deste estudo possibilitaram identificar temas para a continuidade da pesquisa relacionada ao uso e cobertura da terra (UCT) na área de estudo. A continuidade do processo investigativo contribui com o aprofundamento da identificação, análise e recomendações para soluções mitigadoras, assim como o monitoramento da problemática ambiental existente. É possível perceber a existência de medidas mitigadoras a serem implementadas, no entanto, elas carecem de revisões e de adequações permanentes, tanto no momento presente quanto no futuro.

A análise das tendências do UCT no entorno da BTS sinalizou mudanças contínuas em ecossistemas e também nas atividades econômicas desenvolvidas durante a geração de riquezas na área, como a agropecuária, imobiliária, industrial entre outras. Diante dessas possibilidades de continuidade, foi elaborado um conjunto de sugestões para pesquisas futuras envolvendo o UCT no entorno da BTS, empregando desde ações educacionais até o uso de geotecnologias para realização do monitoramento ambiental e de ecossistemas associados na área de estudo (Quadro 18).

**Quadro 18** - Exemplo de propostas para continuidade das pesquisas relacionadas ao uso e cobertura da terra no entorno da Baía de Todos-os-Santos-BA.

<b>Título da Pesquisa</b>	<b>Obejtivo(s)</b>	<b>Questão da Pesquisa</b>	<b>Hipótese</b>
• Avaliação Multitemporal dos Padrões de Fragmentos de Mata Atlântica no entorno da Baía de Todos-os-Santos, BA-Brasil.	• Identificar, quantificar e qualificar os padrões que caracterizam os fragmentos de Mata Atlântica na Área de Estudo, empregando SIG e Sensoriamento Remoto.	• Como ocorre a redução da cobertura por Mata Atlântica no entorno da BTS ao longo dos anos e qual a direção do fenômeno?	• O processo de supressão da Mata Atlântica na Área de Estudo é um fenômeno contínuo ao longo dos anos e ocorre em decorrência do crescimento econômico.
• Análise Multitemporal dos Padrões espaciais para o Ecossistema de Manguezal no entorno da Baía de Todos-os-Santos, BA-Brasil.	• Identificar e dimensionar o comportamento do Ecossistema Manguezal ao longo de uma Série Histórica na Área de Estudo.	• Ao longo de uma determinada Série Histórica, ocorreram perdas ou ganhos de cobertura?	• O Ecossistema de Manguezal ao longo das últimas décadas apresenta relativo crescimento devido à força da legislação.
• Evolução das atividades agropecuárias e da infraestrutura urbana sobre ecossistemas sensíveis nos municípios do entorno da Baía de Todos-os-Santos, BA-Brasil.	• Analisar e discutir os principais fatores que contribuem para o processo de expansão das atividades agropecuárias e infraestrutura urbana, considerando os aspectos e recursos ambientais disponíveis na Área de Estudo.	• Como elaborar uma proposta para o desenvolvimento das atividades agropecuárias e ordenamento das infraestruturas urbanas na Área de estudo com menor impacto ambiental?	• O ordenamento do uso da terra deve partir das instâncias governamentais tendo o acompanhamento do judiciário e ampla participação dos setores socioeconômicos envolvidos.

**Fonte:** Elaborado pelo autor

As propostas de pesquisas mencionadas anteriormente emergem de um conjunto de questões para as quais não houve tempo ou espaço hábil durante os trabalhos desta tese. É oportuno, no entanto, a sinalização de possíveis pontos para a continuidade da pesquisa científica na área de UCT nos municípios do entorno da BTS. Considerando a BTS uma área de relevância econômica, social, cultural e ambiental em diferentes escalas, notamos a importância da manutenção das pesquisas diante da rapidez das transformações socioeconômicas e ambientais.

## REFÊRENCIAS

Ab'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003

ADAMI, S.F. **Autômatos celulares e sistemas de informações geográficas aplicadas à modelagem da dinâmica espacial da cana-de-açúcar na região de Araçatuba (SP)**. Tese. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Samuel Fernando Adami--Campinas, SP.: [s.n.], 2011.

AFFONSO, A. G.; VALERIANO, D. M.; BATISTA, G. T. **Caracterização da vegetação no Município de Marabá, no Estado do Pará, através de dados e transformações espectrais (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) do sensor ETM+ / Landsat 7**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1407-1414.

AGUIAR, A. P. D.; CAMARA, G.; ESCADA, M. I. S. **Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: Exploring intra-regional heterogeneity**. Ecological Modelling, Dec 16, 2007, v. 209, n. 2-4, p. 169-188.

AGUIAR, A. P. D.; MELO, D.; DALLA-NORA, E. L.; ASSIS, T.; BEZERRA, F.G.S. **Criando o seu componente Lucc-ME: Um Guia de Desenvolvedor – versão 3.0 dezembro de 2016**. Projeto LuccME. Centro de Ciências do Sistema Terrestre-CCST. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos-SP. 2016a. 9p.

AGUIAR, A. P. D.; MELO, D.; DALLA-NORA, E. L.; ASSIS, T.; BEZERRA, F.G.S. **Trabalhando com Lucc-ME: Um Guia do Usuário – versão 3.0 dezembro de 2016**. Projeto LuccME. Centro de Ciências do Sistema Terrestre-CCST. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos-SP. 2016b. 9p.

AGUIAR, A. P. D.; MELO, D.; DALLA-NORA, E. L.; ASSIS, T.; BEZERRA, F.G.S. **Trabalhando com o LuccME: Guia do Usuário – Versão 3.1 setembro de 2017**. Projeto LuccME. Centro de Ciências do Sistema Terrestre-CCST. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos-SP. 2017.

AGUIAR, A. P. D.; TEJADA, G.; ASSIS, T.; DALLA-NORA, E. **AMAZALERT PROJECT - Set of land-use scenarios for Brazil, linked to implications for policies: final report**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2014.

AGUIAR, A. P. D. **Modelagem de mudança do uso da terra na Amazônia: explorando a heterogeneidade intra-regional.** 2006. 2004 p. (INPE--TDI). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/08.10.18.21>>. Acesso em: 11/11/2017

AGTERBERG, F.P. **Systematic approach to dealing with uncertainty of geoscience information in mineral exploration.** In: SYMPOSIUM ON APPLICATIONS OF COMPUTERS AND OPERATIONS RESEARCH IN THE MINERAL INDUSTRY, 21. Colorado, USA, 1989. Proceedings... Colorado: Society of Mining Engineers. Chapter 18. 165-178p.

ALCAMO, J. Image-2.0 - **Integrated Modeling of Global Climate-Change – Preface** Water Air and Soil Pollution, Jul, 1994, v. 76, n. 1-2, p. R9-R10.

ALMEIDA C. M. et al. **Modelos Celulares de Dinâmicas Espaço-Temporais: Aplicações em Estudos Urbanísticos.** In: MEIRELLES, M.; CAMARA, G.; ALMEIDA, C. M. (Ed.). Geomática: Modelos e Aplicações Ambientais. Brasília: EMBRAPA, 2007, v.1, p. 445-496.

AITCHISON, C.D & GRANT, K. ‘**Terrain evaluation for engineering**’, in STEWART G.A., Land Evaluation, Papers from the CSIRO- Symposium in co-operation with UNESCO, Canberra, Macmillan of Australia, 1968, pp. 125-147.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1983. 332 p.

ALKMIM, F. F. **O que faz de um cráton? O cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo.** In: MANTESSO - NETO, Virgínio (Org.) et al. Geologia do continente Sul Americano. São Paulo: Beca, 2004. p. 17-35.

ALMEIDA, T. S.; FONTANA, D. C.; MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H. **Índices de vegetação para a cultura da soja em diferentes condições hídricas e de sistema de manejo do solo.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. (SBSR) 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 17-24.

ALMEIDA, C. M.; MONTEIRO, A. M. V.; CAMARA, G. **Perspectiva histórica de modelos de dinâmicas urbanas e regionais.** In: ALMEIDA, C. M.; CAMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual. São Paulo: Oficina de textos, 2007. Cap.12. p. 254-285

AMPE, C., BOURGEOIS J., CROMBÉ Ph., FOCKEDEY L., LANGOHR R., MEGANCK M., SEMEY J., VAN STRYDONCK M. and VERLAECKT K. (1996), ‘**The circular view. Aerial photography and the discovery of Bronze Age funary monuments in East-and West-Flanders (Belgium)**’, Germania, 1996, 74, 1, Halband, pp. 45-94

AMORIM, S. M. C. **Estudos ecofisiológicos em espécies de manguezais da região da Baía de Todos-os-Santos – BA submetidas a derramamentos de petróleo.** Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia Geral. São Paulo-SP. 2002. 162p.

ANDRADE, D. D.; FERREIRA, M. C.; BOLFE, E. L. **Estimativa e mapeamento de carbono em fragmentos da APA Fernão Dias (MG) com uso de dados orbitais do sensor TM - Landsat**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16, 2013, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos-SP: INPE 2013. pp. 7345-7352.

ANGELO, J. R. **Modelagem Espacial Dinâmica dos Determinantes Sociais e Ambientais da Malária e Simulação de Cenários 2020 para o Município de Porto Velho – Rondônia**. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2015. 189p.

ANSELIN, L. **Exploring Spatial Data with GeoDa: Under the hood: issues in the specification and interpretation of spatial regression models**. *Agricultural Economics*, n.27, 2002, p.247-267

ANTROP M. & SNACKEN F. ‘**Structural Approaches to a Landscape Typology of the New Europe: Examples from Belgian Landscapes**’, in MOSS M.R. & MILNE R.J., *Landscape Synthesis. Concepts and Applications. Landscape System Analysis in Environment Management*, Working Group of the International Association for Landscape Ecology, 1999, pp. 125-141.

ANTROP, M. ‘**Une évaluation géographique d’un site d’habitat: le village de Fourni (Argolid, Grèce)**’, *Méditerranée*, 2, 1982, pp. 41-46.

ANTROP, M. **Het landschap meervoudig bekeken**, Stichting leefmilieu monografieën 30, DNB/Uitg. Pelckmans, Kapellen. 1989

ANTROP, M. ‘**The transformation of the Mediterranean landscapes: an experience of 25 years of observations**’, *Proc.Intern.Symp. on The Future of Mediterranean Landscapes*, Montecatini, *Landscape Ecology, Landscape and Urban, Planning*, 24, 1993. pp. 3-13

ANTROP M. ‘**Landscape change: Plan or chaos?**’, *Landscape and Urban Planning*, 41, 1998b pp. 155-161.

ANTROP, M. **Geography and landscape Science**. *Belgeo* [Online], 1-2-3-4 | 2000, Online since 12 July 2015, acessado em 30 April 2019

ANTUNES, P.B. **Manual de Direito Ambiental**. Atlas Editora. 6ª Ed. São Paulo, 2015. 448p.

APOSTEL, L. **Toward the formal study of models in the non-formal Science**. In: FREUDENTHAL, H. *The concept and the role of the model in mathematics and natural and social sciences*. Amsterdam: Dordrecht, 1991. pp.1-37

ARAÚJO, L. S. **Análise da cobertura vegetal e de biomassa em área de contato floresta/savana a partir de dados TM/Landsat JERS-1**. 1999. 129 p. (INPE-7253-TDI/696). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Jose dos Campos, 1999.

ARAÚJO, A.L; OLIVEIRA, F.H; BERTONCINI, A.LS., SENA, P.S. **Certificado de potencial adicional de construção a partir de dados LIDAR e parametrização no City Engine**. *Revista Brasileira de Cartografia* a, v. 67, n.8 Edição Especial 26º CBC, 2015, p. 1587-1605.



A TARDE On line. Jornal A TARDE: **Meio ambiente: o desafio do desenvolvimento sem degradação**. Edição on-line. 30/11/2011. Acesso em 20/04/2018: <http://baiadetodosossantos.atarde.uol.com.br/?p=104>

A TARDE On line. Jornal A TARDE: **História e evolução entre o passado e o futuro**. Edição on-line. 01/12/2011. Acesso em 20/04/2018. <http://baiadetodosossantos.atarde.uol.com.br/>

ATLÂNTICA, F. S.O.S. **Mata Atlântica**. Fundação SOS Mata Atlântica, São Paulo- SP, 2012

BAGAN, H., YAMAGATA, Y. **Landsat analysis of urban growth: how Tokyo became the world's largest megacity during the last 40 years**. Remote Sens. Environ. 2012. 127. pp.210-222

BAHIA, Governo do Estado da Bahia. **Secretaria e Meio ambiente – SEMA**. <http://www.meioambiente.ba.gov.br> Acesso em 02/2019

BAKER A.R.H. & Harley J.B. (eds.), **Man made the Land. Essays in English Historical Geography**, David & Charles, Newton Abbot. 1973

BARBOSA, L.G.; GONÇALVES, D. L. **A paisagem em geografia: diferentes escolas e abordagens**. *Élisée*, Rev. Geo. UEG – Anápolis, jul./dez. 2014, v.3, n.2, p.92-110

BARNES, T. J. **A paper related to everything but more related to local things**. *Annals of the Association of American Geographers*, 2004 v. 94, n. 2, pp. 278-283

BATTY, M.; COUCLELIS, H.; EICHEN, M. **Urban systems as cellular automata**. *Environment and Planning B-Planning & Design*, Mar, 1997, v. 24, n. 2, p. 159-164.

BECK, H. **Geographie**. Ed. Albert Orbis Academicus, Muenchen, 1973.

BAR-YAM, Y. **Dynamics of Complex Systems**. Massachusetts: Perseus Book, 1997. 848p

BERDOULAY V. and PHIPPS M. (eds.). **Paysage et système, de l'organisation écologique à l'organisation visuelle**, Editions de l'Université d'Ottawa. 1985

BEROUTCHACHVILI, N.; BERTRAND, G. **Le Geosystème ou Système Territorial Naturel**. *Revue Géographique des Pyrénées et du Ouest*. Toulouse, 1978, v. 49, n. 2, pp. 167-180

BERTALANFFY, L. V. **The theory of open systems in physics and biology**. Science. Washington, 1950, v. 111, pp. 23- 29

BERTALANFFY, L. V. **General System Theory; Foundations Development Applications**. George Braziller: New York, 1968.

BERTALANFFY, L. VON. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Ed. Vozes, 1975.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: um esboço metodológico**. *Revista IGEOG/USP. Caderno de Ciências da Terra*. São Paulo, USP, n. 13, 1971. pp. 1-27. \_\_\_\_\_. **Paisagem e Geografia física global**. Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Editora: UFPR. Tradução: Olga Cruz.

BERTRAND, G. **Paysagem et Geographie Physique Global: esquisse methodologique**, Revue Geographique des pyrinées et du Sud-Ouest. Toulouse, 1968, v.39, pp.242-272.

BERTRAND G.; BERTRAND C. **Uma Geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Maringá: Massoni, 2007

BERTRAND, G. BERTRAND, C. **Une Géographie Traversière. L' environnement à Travers Territoires et Temporalités**. Paris: Editions Arguments, 2002.

\_\_\_\_\_. **Uma geografia transversal e de trravessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Org.: Messias Modesto dos Passos. Maringá: Ed. Massoni, 2007.

BLACK, M. **Models and methaphors**. New York: Ithaca, 1962. 267p

BLANCHARD, R. **La Flandre**, Paris. 1906

BOLÓS, M. I. C. **Problemática actual de los estúdios de paisaje integrado**. Revista de Geografia. Barcelona, 1981, v. 15, n.1-2. pp.45-68.

BOLÓS, M.I.C. **Manual de ciencia del Paisaje**. Molina Gallart, David (Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Geografia). Documents d'anàlisi geogràfica, N. 23 (1993) p. 161-163, ISSN 0212-1573

BOLÓS, M.I C, et al.. **Manual de ciencia del Paisaje**. Teoria, métodos y aplicaciones. Colección de Geografia. Masson, S.A. Barcelona. 1992

BONHAM-CARTER, G. **Comparison of image analysis and Geographic Information Systems for integrating geoscientific maps**. Statistical Applications in the Earth Sciences. Geological Survey of Canada Paper, 1989, pp. 89-141

BRANDÃO, M. A. **Ensaio: Os vários Recôncavos e seus riscos**. Revista do Centro de Artes, Humanidades e Letras. Vol. 1 (1), 2007

BRANDT, J. **'The histories and goals of landscape ecology'**, International Ph.D.-cours Landscape Ecology and the Dynamics of Agricultural Landscapes, Roskilde Unversity, Dragerup.1997

BRANDT, J. **'Key concepts and interdisciplinarity in Landscape Ecology: a summing-up and outlook'**, in DOVER J.W. and BUNCE R.G.H., Key concepts in landscape ecology, Proc. of the 1998 European Congress of IALE, UK-IALE 3- 1998, September, pp. 421-434.

BRASIL, Governo Federal. **Decreto nº 750, de 10 de fevereiro de 1993**. Dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançados e médios de regeneração da mata Atlântica, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1993.

BRAUN, O.P.G.; RAMALHO, R. **Geomorfologia da Bahia**. Contribuição Técnica nº5081-004, Jan/1979. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM. SEDOTE. Rio de Janeiro-RJ, 1979, 66p.

BURROUGH, P. **Dynamic modelling and geocomputation**. In: Longley, P.A.; Brooks, S.M.; McDonnel, R.; MacMillan, B. (ed.). *Geocomputation: a primer*. London: John Wiley & Sons, 1998. pp. 165-190.

BUSS, M. D.; FURTADO, S.M.A. **Entrevista com o Professor Georges Bertrand**. *Geosul*. Florianópolis-SC, julho-dezembro, 1998, 13 (26): pp.144-160

CÂMARA, G.; SOUZA, R.; PEDROSA, B.; VINHAS, L.; MONTEIRO, A.M.V.; PAIVA, E. **TerraLib: technology in support of GIS innovation**. Proc. II Brazilian Symposium, of GeoInfo2000, 2 (2000), pp. 1-8

CAMARGO, F. F.; ADAMI, M.; BREUNIG, F. M.; MANTELLI, L. R.; COSTA, M. C.; PONZONI, F. J.; FREITAS, J. G. **Avaliação de Índices de Vegetação e de Índice de Área Foliar na caracterização espectral de dosséis de trigo (*Triticum aestivum*, L. - IAC-370)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2007. pp. 103-110.

CAMARGO, L. H. R. **A ruptura do meio ambiente: conhecendo as mudanças ambientais do planeta através de uma nova percepção da ciência: a Geografia da complexidade**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

CAPRA, F. **O tã da física**. São Paulo-SP: Cultrix, 1983. 160p.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. Tradução; newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cultrix, 1996. 256p.

CARLOS, A. F. A. **A Cidade**. 8º Ed. Contexto, São Paulo. 2005

CAROSO, C.; TAVARES, F.; PERREIRA, C. (organizadores). **Baía de Todos os Santos: aspectos humanos**. EDUFBA, Salvador, 2011, 593p.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. **The South Atlantic convergence zone: Intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall**. *Journal of Climate*, 2004, v. 17, p. 88–108

CINQUINI, J.; AZEVEDO, A. **Estimativa de áreas alagadas no período de seca e cheia em ottobacia no município de Corumbá/MS, utilizando NDVI, NDWI e atributos de textura em imagens Landsat/TM**. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 4, 2012, Bonito/MS, *Anais...* Brasília: EMBRAPA. Artigos 2012. p. 71-80

CHAMBERS, C.; RANIWALA, A.; PERRY, F.; ADAMS, S.; HENRY, R.R.; BRADSHAW, R.; WEIZENBAUM, N. **FlumeJava: easy, efficient data-parallel pipelines**. *ACM SIGPLAN Not.*, 45 (6) (2010), pp. 363-375

CHANG, F.; DEAN, J.; GHEMAWAT, S.; HSIEH, W. C.; WALLACH, D. A.; BURROWS, M.; CHANDRA, T. **Bigtable: a distributed storage system for structured data**. *ACM Trans. Comput. Syst.*, 26 (2) (2008), p. 4

CHEN, D.; ROGAN, J. **Remote sensing technology for mapping and monitoring landcover and land-use change**. *Progress In lanning* 61. 2004. pp.301-325

CHORLEY, R.; KENNEDY, B. **Physical Geography, A System Approach**. Prentice-Hall, Internacional Inc, London, 1971.

CHORLEY, R.; HAGGET, P. **Modelos, paradigmas e a nova geografia**. In: CHORLEY, R.; HAGGET, P. Modelos socioeconômicos em geografia. Rio de Janeiro-RJ: Livros Técnicos e Científicos/ USP, 1975. pp 9.1-22.

CHRISTIAN C.S. and STEWART G.A, '**Methodology of integrated surveys**,' UNESCO Conference on Principles and Methods of Integrated Aerial Surveys of natural resources for Potential Development, Toulouse, 1964, pp. 233-280.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec/Edusp: 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. Significância da Teoria de Sistemas em Geografia Física. **Bol. Geografia Teórica** 16-17 (31-34 e 119-128), Encontro de Geógrafos da América Latina, Rio Claro, 1986.

CHRISTOFOLETTI, A. **A Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1999. 232p.

CHWIF, L; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações**. 1. Ed. São Paulo: Bravarte, 2006. v. 1, 255p.

CORBETT, J. C.; DEAN, J.; EPSTEIN, M.; FIKES, A.; FROST, C.; FURMAN, J.J.; GHEMAWAT, S. **Spanner: Google's globally distributed database**. ACM Trans. Comput. Syst., 31 (3) (2013), p. 8

COMISSÃO EUROPEIA. **Assessing Europe's university-based research: Expert group on assessment of university-based research**. Luxemburgo: Publications Office of the European Union. Disponível em <http://ec.europa.eu/research/era/docs/en/areasof-actions-universities-assessing-europe-university-based-research-2010-en.pdf>. Acesso em 07/07/2020

COPERNICUS Data Access Policy – <http://www.copernicus.eu/main/data-access> (2016) (accessed June 30, 2016)

CORRÊA, R. L. **O Espaço Urbano**. Editora Ática. São Paulo. 1999

CLARKE, K. C.; HOPPEN, S.; GAYDOS, L. **A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area**. Environment and Planning B-Planning & Design, Mar, 1997, v. 24, n. 2, p. 247-261.

CLIMATE ENGINE. **Climate Engine Desert Research Institute**, University of Idaho <http://climateengine.org> 2016 (Acessado em 21/03/2016)

COLLECT EARTH. **Collect Earth United Nations Food and Agriculture Organization** <http://www.openforis.org/tools/collect-earth.html>. 2016 (Accessed July 2016)

COLTIN, B.; McMICHAEL, S.; SMITH, T. **Fong Automatic boosted flood mapping from satellite data** Int. J. Remote Sens., 37 (5), 2016, pp. 993-1015

COSSU, R.; PETITDIDIER, M.; LINFORD, J.; BADOUX, V.; FUSCO, L.; GOTAB. B.; HLUCHY, L. **A roadmap for a dedicated Earth Science grid platform**. *Earth Sci. Inf.*, 3 (3) (2010)

COSTANZA, R. **Model goodness of fit: a multiple resolution procedure**. *Ecological Modelling*, 1989, v. 47, pp. 199 - 215,

COSTA, S.S.; AGUIAR, A. P.; CÂMARA, G. CARNEIRO, T. **Modelos dinâmicos espaciais em programação funcional**. X Workcap. São José dos Campos: INPE, 2010. em: <[http://www.researchgate.net/publication/228856512\\_Modelos\\_dinmicos\\_espaciais\\_em\\_programao\\_funcional/file/72e7e523d63e39d647.pdf](http://www.researchgate.net/publication/228856512_Modelos_dinmicos_espaciais_em_programao_funcional/file/72e7e523d63e39d647.pdf)>. Acessado em 11/11/2017

CPRM – Companhia de Pesquisas em Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. **Geologia em Evidência**. 2006. Website. Visitado em 15/08/2016. <http://www.cprm.gov.br/publique/bahia>

DANIEL, L. M. F.; SOUZA, E. M.; MATO, L. F. **Geoquímica e modelos de migração de hidrocarbonetos no Campo do Rio do Bú: integração com o compartimento nordeste da bacia do Recôncavo, Bahia**. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 3, 1989, pp. 201-214

DAELS L., ANTROP M., DE DAPPER M. ‘**Geografische survey van de Cycladeneilanden (Griekenland). Een eerste overzicht**’, *Natuurwetenschappelijk Tijdschr.* 1971, 53, pp. 3-56

DAELS L., VERHOEVE A. & ANTROP M. ‘**Geographical remote sensing for archaeological purposes**’, in LEVA Ch. (ed.) (1982), *Photographie aérienne et Prospection Géophysique en Archéologie*, Actes du Symposium International du Centre Interdisciplinaire de Recherches Aériennes, Brussels. 1982

DAELS L., VERHOEVE A. & ANTROP M. **Vlaanderen vanuit de lucht**. Deel I: West- en Oost-Vlaanderen, RUG, Gent, 1989

DAVISON, I. **Normal fault geometry in relation to compaction and burial**. *Journal of Structural Geology*, v. 9, 1987, pp. 393-401.

DEADMAN, P.; BROWN, R. D. **Modeling rural residential settlement patterns with cellular automata**. *Journal of Environmental Management*, 1993, v. 37, pp. 147-60,

D'AMBROSIO, D. et al. **A cellular automata model for soil erosion by water**. *Physics and Chemistry of the Earth B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, v. 26, n. 1, 2001, pp. 33-39.

DELANEZE, M. **Modelagem dinâmica espacial aplicada na avaliação das mudanças da cobertura da terra no entorno de dutos utilizando autômatos celulares: estudo de caso duto ORBEL**. 2011. 116 p. Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2011.

DE DAPPER M., DE VliegHER B.M. & PEN-MONNE J.L. (1997), ‘**Geoarcheological study of historical accumulations on the Paximadhi peninsula (South Euboa, Greece)**’, in ALEXANDRE J. & DE DAPPER M. (eds.), *Geo-archaeology in tropical and Mediterranean regions*, Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschap-pen, Akten Studiedag Brussel, 24.IV.1996, pp. 91-107.

DEMIREL, H.; CETIN, M. **Modelling urban dynamics via cellular automata**. ISPRS Archive Vol. XXXVIII, Part 4-8-2-W9, "Core Spatial Databases - Updating, Maintenance and Services – from Theory to Practice", Haifa, Israel, 2010.

DE VliegHER B.M., DE DAPPER M., DAELS L., BRACKMAN P., BASIGOS P.S. and PEN-MONNE J.L. (1997), '**Environmental change in the Mediterranean region: Past, present and future**', in SPITERI, A. (ed.), Remote Sensing '96. Integrated Applications for Risk Assessment and Disaster Prevention for the Mediterranean, Proceedings of the 16th EARSEL Symposium, Malta, 20-30 May 1996, Rotterdam, A.A. Balkema, 1997, pp. 27-34.

DEWDNEY, A. **A cellular universe of debris, droplets, defects and demons**. Scientific American, 1989. v. 261, n. 2, pp. 102-105.

\_\_\_\_\_. **The cellular automata programs that create Wireworld, Rugworld and other diversions**. Scientific American, 1990, v. 262, n. 1, pp. 146-149

DI GREGORIO, SERRA, R. **An empirical method for modelling and simulating some complex macroscopic phenomena by cellular automata** - Future generation computer systems, 1999 Cited by 244

DOVER J.W. and BUNCE R.G.H. (eds.). **Key Concepts in Landscape Ecology, Proceedings of the 1998 European Congress of the International Association for Landscape Ecology**.

DRACK, M.; APFALTER, W.; POUVREAU, D. **On the making of a system theory of life: Paul A Weiss and Ludwig von Bertalanffy's conceptual connection**. The Quarterly Review of Biology, 2007, v. 82, n. 4, pp. 349–373

DRACK, M. **Ludwig von Bertalanffy's early system approach**. Systems Research and Behavioral Science, 2009, v. 26, n. 5, pp. 563–572

DRAMSTAD W.E., OLSON J.D. & FORMAN R.T.T. **Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning**, Harvard University Graduate School of Design. Island Press, Covelo, CA, 1996

DRDOŠ J. (eds.). **Landscape Synthesis, Bratislava**, VEDA, Slovak Academy of Sciences. 1983

DOMINGUEZ, J.M.L. **A plataforma continental do município de Salvador: geologia, usos múltiplos e recursos minerais**. CBPM, Salvador, 2011. 72 p.

DONG, J.; XIAO, X.; MENARGUEZ, M. A; ZHANG, G.; QIN, Y.; THAU, D.; BIRADAR, C.; MOORE, B. **Mapping paddy rice planting area in northeastern Asia with Landsat 8 images, phenology-based algorithm and Google Earth Engine**. Remote Sens. Environ, 185 (2016), pp. 142-154

DUSSART F. '**Geographie der ländlichen Siedlungsformen in Belgien und Luxemburg**', Geographische Rundschau, 1, pp. 12-18. 1957

EASTMAN, J. R. **Idrise for Windows**. Manual do usuário. Trad. HASENACK, H. WEBER, E. Porto Alegre-RS, UFRGS, Centro de Recursos do Idrise, Brasil, 245p. 1998

EASTMAN, J.R.; VAN FOSSEN, M.E.; SOLARZANO, L.A. **Transition potential modeling for land cover change**. In: MAGUIRE, D.; BATTY, M.; GOODCHILD, M. (eds.). GIS, spatial analysis and modeling. Redlands, CA: ESRI Press, 2005. pp. 357-386

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Agropecuária. **Embrapa Monitoramento por Satélite. ALOS**. Campinas-SP, 2013. Acessado em 24/04/2018. Disponível em: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br>

ENGELEN, G. et al. **Using Cellular-Automata for Integrated Modeling of Socio-Environmental Systems**. Environmental Monitoring and Assessment, v. 34, n. 2, p. 203-214. Jan, 1995.

ESTADO DA BAHIA. Governo do Estado da Bahia. **Ponte Salvador Ilha de Itaparica**. 2020. <http://www.pontesalvadorilhadeitaparica.ba.gov.br> (Acessado em 03/2020)

FÉNELON, P. **Le Périgord, Collection pays du Sud-Ouest, Privat**, Toulouse.1982

FERRARI, J.A **Interpretação de feições cársticas na região de Iraquara - Bahia**. Dissertação de Mestrado IG - UFBA. 1992. 93 p

FERRARI, J.A.; MANGI, A. **Modelagem Geométrica3D e Análise Espacial de Sistemas Cársticos com Uso de OpenGL e SQL**. IG Instituto Geológico -USP / Laboratoire Souterrain du Centre National de Recherche Scientifique. 2000, 8p.

FIKE, A. **Storage Architecture and Challenges**. <http://goo.gl/pF6kmz> (2010) (acesso em 30/06/2019)

FLATRÉS, P. (eds.) **Paysages Ruraux Européens**, Standing European Conference, Rennes, Université de Haute Bretagne. 1979

FLORENZANO, T.G. **Iniciação ao Sensoriamento Remoto**. 2º Ed. Oficina de Textos. São Paulo-SP. 2007. 101p.

FONTES, A.L. **Estuários e Planícies de Maré**. Geomorfologia Costeira. UFS- Aracaju –SE, 2010, pp.98-113

FORMAN R.T.T. & GODRON M. **Landscape Ecology**, New York, J.Wiley, 1986, 619 p.

FORMAN R.T.T. ‘**Road ecology: A solution for a giant embracing us**’, Landscape Ecology, 1998a, 13, iii-v.

FORMAN R.T.T., ‘**Roads and their major ecological effects**’, Annu. Rev. Ecol. Syst., 29, (1998b) pp. 207-231.

FRANKLIN, S. E. **Remote Sensing for Sustainable Florest Management**, Liwis Publishers, Boca Raaton. FL. 2001. 407p

FRY G.L.A. ‘**Changes in landscape structure and its impact on biodiversity and landscape values: a Norwegian perspective**’, in DOVER J.W. and BUNCE R.G.H., Key concepts in landscape ecology, Proc. of the 1998 European Congress of IALE, UK-IALE, 3 September 1998, pp. 81-92.

FROLOVA, M. **A Paisagem dos geógrafos russos: A evolução do olhar geográfico entre o século XIX e o XX.** R. RA'GA, Editora UFPR. Curitiba, 2007, n.13, p.159-170

GARRETT-JONES, S. **International trends in evaluating university research outcomes: What lessons for Australia.** Research Evaluation, 8 (2), 2000, pp.115-124

GAO, B.C. **NDWI – A Normalized Difference Water Index for remote sensing of vegetation liquid water from space.** Remote Sensing of Environment, v.58, pp.257-266, 1996.

GARDNER, M. **Fantastic Combinations of John Conways New Solitaire Game Life.** Scientific American, 1970, v. 223, n. 4, p. 120

GEOSIMULATION. [http://www.geosimulation.org/geosim/cellular\\_automata.htm](http://www.geosimulation.org/geosim/cellular_automata.htm) .  
(Acesso em 28/03/2019).

GERASINOV, I. P. **Die Wissenschaft von der Biosphaere und ihre Umgestaltung.** Konstruktive Richtung des heutigen Geographischen Denkens, P. M. 1969, Ano 113, pp.49-51

GHEMAWAT, S.; GOBIOFF, H.; LEUNG, S. **The Google file system.** Proc. SOSP (2003), pp. 29-43

GIBLIN, B. **'Le paysage, le terreno, et les géographes'**, Hérodote, 9, 1978, pp. 74-89

GÓMEZ, J.M. **Spatial patterns in long-distance dispersal of Quercus acorns by jays in a heterogeneous landscape.** Ecology 26: 2003. pp.573 – 584.

GONDOLO, G. C. F. **Desafios de um sistema complexo à gestão ambiental: bacia do Guarapiranga, região metropolitana de São Paulo.** São Paulo: FAPESP, Annablume Editora, 1999. 162p.

GONZALEZ, H.; HALEVY, A.Y.; JENSEN, C.S.; LANGEN, A.; MADHAVAN, J.; SHAPLEY, R. **Google fusion tables: web-centered data management and collaboration.** ACM SIGMOD (2010), pp. 1061-1066

GOOSSENS R., DE VliegHER B.M., DE DAPPER M. **'Water logging and soil-salinity modelling using remote sensing and GIS: a case study for a sebkha area south of Ismailia (Egypt)'**, Natuur-wetenschappelijk Tijdschrift, 1998, 78, pp. 137-148.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. **Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone.** Remote Sensing of Environment. Vol. 202, December 2017, pp. 18-27

GRIGIO, A. M. **Evolução da Paisagem do baixo curso do rio Piranhas-Assu (1988-2024): Uso de autômatos celulares em modelo dinâmico espacial para simulação de cenários futuros.** (Tese). Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal –RN, 01/2008. 247p.

GROSSENBACHER, Y. **Topographie souterraine.** Cours Société Suisse de Spéléologie, 4, 1991. 105 p.



GIULIETTI, A. M. **Flora: diversidade, distribuição geográfica e endemismos**. Depto. De Botânica, Univ. de São Paulo. 1994. 13p.

GUERRA, A. J. T. MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 192p.

GUISADO, Y.M.; CABRERA, F.M.S.; CORTÉS, J.N. **Aproximaciones a la evaluación del impacto social de la ciencia, la tecnología y la innovación**. ACIMED, 21 (2), 2010, pp.161-183

HAASE G. **'The development of a common methodology of inventory and survey in landscape ecology'**, AGGER P. & BRANDT J., Proceedings of the First International Seminar on Methodology in Landscape Ecology, Research and Planning, Universitetsforlag GeoRuc, Roskilde, IALE, 1984, pp. 68-106

HALL, A. D.; FAGEN, R. E. Definition of Systems. *General Systems Yearbook*, 1956, n, 1, pp. 18-26

HASBAERT, R. **Território alternativo**. Contexto, São Paulo. 2012

HANSEN, M.; HANSEN, P.V; POTAPOV, R; MOORE, M.; HANCHER, S.A; TURUBA NOVA, S. A.; TYUKAVINA, L. **High-resolution global maps of 21st-century forest cover change** Science, 342 (2013), pp. 850-853

HATJE, V.; ANDRADE, J. B. (Organizadores). **Baía de Todos-os-Santos: aspectos oceanográficos**. Salvador-BA: EDUFBA. 2009. 306p

HEISENBERG, W. **The physical content of quantum kinematics and mechanics**. (Trad. J. A. Wheeler e W. H. Zurek.) In: J. A. Wheeler and W. H. Zurek (eds.), Quantum Theory and Measurement. Princeton, Princeton University Press, 1983. Pp. 62-84. (Originalmente publicado em Zeitschrift für Physik, 1927, 43: pp.172-98

HESSE, M. **Models in physics**. British Journal of the Philosophy of Science. 1954, v.4, pp.198-214

HOBBS R. **'Restoration ecology and landscape ecology'**, WIENS J.A. & MOSS M.R., Issues in landscape Ecology, International Association for Landscape Ecology, 1999 pp. 70-77.

HOWARD J. and MITCHELL C. **'Phyto-geomorphic classification of the landscape'**, Geoforum 11/2, 1980, pp. 85-106.

HUGGET, R. T. **Geoecology: na evolution approach**. London: Routledge. 1995. 320p.

HUGHES, J. N.; ANNEX, A.; EICHELBERGER, C. N.; FOX, A.; HULBERT, A.; RONQUEST, M. **GeoMesa: a distributed architecture for spatio-temporal fusion**. SPIE Defense+ Security (pp.94730F-94730F), Int. Soc. Optics Photonics (2015)

IBGE – Instituto de Geografia e Estatística. **IBGE-Cidades do Brasil Panorama**. Website. (Acesso em 22/04/2018). <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/panorama>

IJSN. Instituto Jones dos Santos Neves. **Mapeamento Geomorfológico do Estado do Espírito Santo**. Nota Técnica nº28. Governo do Estado do Espírito Santo, Secretaria de Estado de Economia e Planejamento – SEP. Vitória-ES, 2012. 21p.

IPCC. Climate Change 2007: **Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Core Writing Team, Pachauri, R. K.; Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 104, 2007.

\_\_\_\_\_. Summary for policymakers. In: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F. et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013, pp.29

IHSE, M. ‘**Monitoring cultural landscapes in Sweden – methods and data of landscape change**’, JONGMAN R.H.G. (ed.), Ecological and landscape consequences of land use change in Europe, Proceedings of the First ECNC seminar on land use change and its ecological consequences, Tilburg 16-18 February 1995, ECNC publication series on Man and Nature, 1996, n2, pp. 103-129

JARDI, M. **Paisagem: uma síntese geográfica** – Revista de Geografia. Barcelona. v. XXIV. 1990 p. 43-60.

JENSEN, J. R. **Remote Sensing of the Environment: an Earth Resource Perspective**. Prentice Hall, Saddle River, NJ. 1999. 544p.

JESUS, R. S.; SANTANA, L.S.; ROSA, I. L. F.; HADLICH, G. M. **Análise Geomorfológica Preliminar da Área da Baía de Todos os Santos e Entornos, BA**. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências. Salvador- BA, 2018. 10p. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/7/0373.pdf>

JI, L.; ZHANG, L.; WYLIE, B. **Analysis of Dynamic Thresholds for the Normalized Difference Water Index**. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 75, No. 11, November 2009, pp.1307-1317.

KARAFYLLIDIS, I.; THANAILAKIS, A. **A model for predicting forest fire spreading using cellular automata**. Ecological Modelling, Jun 16, 1997. v. 99, n. 1, p. 87-97

KELLEY, L. C.; PITCHER, L.; BACON, C. **Using Google Earth Engine to Map Complex Shade-Grown Coffee Landscapes in Northern Nicaragua**. Remote Sensing. 10 (6), 952, June 2018.

KILCHENMANN A. ‘**Die Merkmalanalyse für Nominaldaten: eine Methode zur Analyse von Qualitativen geographischen Daten**’, Geoforum, 15, 1973 pp. 33-45.

KOLEN J. & LEMAIRE T. (red.), **Landschap in meervoud. Perspectieven op het Nederlandse landschap in de 20ste/21ste eeuw**, Utrecht, Uitg. J.van Arkel. 1999

KOUSKY, V. E. **Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector**. Revista Brasileira de Meteorologia, n. 3, pp. 217-231, 1988.

- KUHLBRODT, T. et al. **On the driving processes of the Atlantic Meridional Overturning circulation**. *Reviews of Geophysics*. V.45, 2007, pp.1-32
- KULHMAN, E. **Os grandes traços da fitogeografia do Brasil**. *Bol. Geogr.*, 1953, 117, pp.268-618.
- KUMAR, L.; MUTANGA, O. **Google Earth Engine Applications Since Inception: Usage, Trends, and Potential**. *Remote Sens.* 2018, 10, p.1509.
- LAMBIN, E.F. **Modeling Deforestation Processes – A Review**, *Trees series B: Research Report*. European Commission, Luxembourg. 1994
- LANG, S.; BLASCHKE, T. **Landschaftsanalyse mit GIS**. (Tradução Hermann Kux. - Análise da Paisagem com SIG) Oficina de Textos, São Paulo - SP. 2009
- LAGOS, A.R.; MULLER B. L. A. **Hotspot brasileiro Mata Atlântica**. *Saúde & ambiente em Revista*, Duque de Caxias, Rio de Janeiro-RJ. v.2, n.2, 2007. p.35 - 45.
- LARNOE, G. **‘Drie benaderings-wijzen in landschapsanalyse toegepast op een aantal gebieden in Frankrijk (2): een geïntegreerde studie van de landschaps-opbouw en –ransformatie in het binneland van de Provence’**, *De Aardrijkskunde*, 1987 pp. 265-286
- LARNOE G., HOUTHAEVE R., VERHOEVE A. (1988), **‘Drie benaderingswijzen in landschapsanalyse toegepast op een aantal gebieden in Frankrijk (3): een cultuurhistorisch landschapsonderzoek in de omgeving van Cassel in functie van de ruimtelijke ordening’**, *De Aardrijkskunde*, 1988, pp. 57-79.
- LAUREANO, F.V **O registro sedimentar clástico associado aos sistemas de cavernas Lapa Doce e Torrinha, Município de Iraquara, Chapada Diamantina (BA)**. Dissertação de Mestrado, IG-USP. 1998. 98 p
- LEBEAU, R. **Les grands types de structures agraires dans le monde**, Paris, Masson. 1972
- LEFÈVRE, M. A. **De landelijke bewoningsvormen**, Plaat 27, Atlas van België, Brussel, nationaal Comité voor Geografie. 1964
- LEMAIRE, M. A. **De landelijke bewoningsvormen**, Plaat 27, Atlas van België, Brussel, nationaal Comité voor Geografie. 1970
- LESSA, G. C. et al. **Oceanografia Física**. In: HATJE, V. e ANDRADE, J. B. (orgs) *Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos*. Salvador: EDUFBA, 2009.
- LI, H.; REYNOLDS, J. **Modeling effects of spatial pattern, drought, and grazing on rates of rangeland degradation: A combined Markov and cellular automaton approach**. *Scale in remote sensing and GIS*, 1997, pp. 211–230
- LIVET, R. **Atlas et géographie de Provence, Côte d’Azur et Corse**, Aix-en-Provence, Flammarion. 1978
- LOBELL, R.; LOBELL D.; THAU, D.; SEIFERT, C.; ENGLE, E.; LITTLE, B. **A scalable satellite-based crop yield mapper**. *Remote Sens. Environ.*, 164 (2015), pp. 324-333
- LÖRZING, H. **De angst voor het nieuwe landschap**, Den Haag, Staatsuitgeverij. 1982.

LOVELAND, T. R.; DWYER, J. L.; **Landsat: Building a Strong future. Remote Sensing Environ.**, 122 (2012), pp.22-29

LEITÃO, A. B.C. **Paisagem. Uma visão Geo-sistêmica.** Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. Maio/1995. (Artigo). 33p.

LEITÃO FILHO, H. F. **Aspectos taxonômicos das florestas do estado de São Paulo.** In: Anais do Congresso Nacional Sobre Essências Nativas. Silvicultura em São Paulo – Instituto Florestal, Vol.16A, pt.1, 1982, p197.

LINHARES, M. M. A.; ROCHA, N. C. C.; AMARAL, B. A. S. **Análise do índice MPRI como indicador vegetativo através da correlação do mesmo com o índice NDVI.** In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE, 2013, pp.8254-8260.

LUCCEME. Projeto. **Arcabouço de Modelagem de Uso da Terra Espacialmente Explícita (LuccME)** - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, (INPE), São José dos Campos – São Paulo. <http://lucme.ccst.inpe.br/> (Acessado em 2019)

MABBUTT J. ‘**Review of concepts of land classification**’, in STEWART A., Land evaluation, Melbourne, Macmillan of Australia, pp. 11-28. 1968

MACIEL, A. B. C.; LIMA, Z. M. C. L. **O conceito de Paisagem: diversidade de olhares.** Sociedade e natureza. v.23, n.2, Natal, jul./dez. 2011. pp.159-17

MACIEL, N.C. **Alguns aspectos da ecologia do manguezal.** In: CPRH, 1991. Alternativas de uso e proteção dos manguezais do Nordeste. Recife, Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração do Recursos Hídricos. Série Publicações Técnicas, 1991, n. 003, 9-37.

MAEDA, E. E. et al. **Dynamic modeling of forest conversion: Simulation of past and future scenarios of rural activities expansion in the fringes of the Xingu National Park, Brazilian Amazon.** International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Jun, 2011, v. 13, n. 3, p. 435-446

MANDER Ü. & PALANG H. ‘**Perspectives of Estonian landscapes**’, in Landscape Ecology: things to do. Proactive thoughts for the 21st century, Proceedings of the Dutch Association for Landscape Ecology, WLO, 1997, pp. 47-48

MAPBIOMAS. **Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil.** (Organização Não Governamental). <https://mapbiomas.org/> (Acessado em 15/08/2020)

MAP OF LIFE, 2016 **Map of Life** <http://www.mol.org> (2016) (Acessado em 30/02/2020)

MARCUSSI, A. B.; BUENO, C. R. P.; MIQUELONI, D. P.; ARRAES, C. L. **Utilização de índices de vegetação para os sistemas de informações geográfico.** Revista Caminhos da Geografia. Uberlândia –MG, v.11, n. 35, set/2010. pp. 41-53.

MARIUS, C. ‘**De vegetatie van het eiland Amorgos (Cycladen)**’, Natuur-wetenschappelijk Tijdschrift, 1974, 56, pp. 147-165

- MARTINS, C. C. **Autômato celular aplicado no crescimento de câncer**. 2010. 67f. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2010
- MAGNAVITA, L. P.; DAVISON, I.; KUZNIR, N. J. **Rifting, erosion and uplift history of the Reconcavo-Tucano-Jatobá Rift, Northeast Brazil**. *Tectonics*, Washington, v. 13, n. 2, 1994, pp. 367-388.
- MARENGO, J. A.; LIEBMANN, B.; GRIMM, A. M.; MISRA, V. SILVA DIAS, P. L.; CALVALCANTI, I. F. A.; CARVALHO, L. M. V.; BERBERY, E. H.; AMBRIZZI, T.; VERA, C. S.; SAULO, A. C.; NOGUES-PAEGLE, J.; ZIPSER, E.; SETH, A.; ALVES, L. M. **Review recente developments on the South American monsoon system**. *International journal of Climatology*, 2012, v. 32, n. 1, pp. 1-21.
- MATTHIJS A. (1998), '**Het behoud van het landelijk erfgoed in Wallonië, privé em overheidsinitiatieven**', in BALTHAZAR H. (ed.), *Verslagboek van de Vijfde ontmoetingsdag van de Vlaamse Contact-commissie Monumentenzorg*, V.C.M., Brussel, 1998, pp. 23-27.
- MATTOS, S. H. V. L.; PEREZ FILHO, A. **Complexidade e Estabilidade em Sistemas Geomorfológicos: uma introdução ao tema**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2004, v. 5, n. 1, pp. 11-18.
- MAZURE, E. **Landscape Synthesis – objective and tasks**', *Geojournal*, 7, 101. 1983
- McFEETERS, S.K. **The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features**. *International Journal of Remote Sensing*, 1996, v.17, n.7, pp.1425-1432.
- MERGOIL G. **Le Rouergue, Collection pays du Sud-Ouest**, Privat, Toulouse. 1982
- MEYNIER, A. **Atlas et géographie de la Bretagne**, Flammarion. 1976
- MILLER, J. G. **Living Systems: Basic Concepts**. *Behavioral Science*, n.10, 1965. pp. 193-237
- MILLER, H. J. **Tobler's first law and spatial analysis**. *Annals of the Association of American Geographers*, 2004, v. 94, n. 2, pp. 284-289
- MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M., KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002
- MITCHELL, C. **Terrain Evaluation**, London, Longman. 1973
- MONTEIRO, C. A. F. **The Environmental quality in the Ribeirão Preto Region, SP – an attempt**. São Paulo: Commission on Environmental Problems. UGI, 1982.
- MONETIRO, C. A. F. (Coord.) **Qualidade ambiental na Bahia: Recôncavo e regiões limítrofes**. Salvador: CEI, 1987.
- MONETIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000.

- MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto** – Capítulo 1. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Divisão de Sensoriamento Remoto. INPE. São José dos Campos, 2002. 23p.
- MOHRIAK, W.; NEMCOK, M.; ENCISO, G. **South Atlantic divergent margin evolution: rift-border uplift and salt tectonics in the basins of SE Brazil**. The Geological Society, London, v. 294, 2008. pp. 365-398.
- MORI, S.A.; BOOM, B.M.; CARVALHO, A.M.; SANTOS, T.S. **Southern Bahian moist forests**. The Botanical Review 49:1983, pp.155-204
- MOSS M.R. & MILNE R.J. (eds.), **Landscape Synthesis. Concepts and Applications. Landscape System Analysis in Environment Management**, Working Group of the International Association for Landscape Ecology. 1999
- MOSS, M. R. ‘**Interdisciplinarity, landscape ecology and the Transformation of Agricultural Landscapes**’ Landscape Ecology, 15, 3, 2000. pp. 303-311.
- MUIR, R. **Approaches to Landscape**, MacMillan Press, Londres, 1999
- NAKAGOSHI N., HIKAZSA M., KOARAI M., GODA T. and SAKAI I. ‘ **Grid map analysis and its application for detecting vegetation changes in Japan**’, Applied Vegetation Science 1, 1998, pp. 219-224.
- NAKAGOSHI N., HIKAZSA M., KOARAI M., GODA T. and SAKAI I. ‘ **Grid map analysis and its application for detecting vegetation changes in Japan**’, Applied Vegetation Science 1, 1999 pp. 219-224.
- NASSAUER, J. I, **Placing Nature. Culture and landscape ecology**, Island Press, Washington D.C. 1997
- NAVEH Z., LIEBERMAN A. **Landscape Ecology: theory and application**, Springer Verlag, New York. 1994
- NEEF, E. **Die theoretische Grundlagen der Landschaftslehre**, V.E.B. Haack Gotha. 1967
- NEMANI, R.; VOTAVA, P.; MICHAELIS, A.; MELTON, F.; MILESI, C. Collaborative supercomputing for global change science. EOS Trans. Am. Geophys. Union, 92 (13) (2011), pp.109-110
- NEVES, C.E das. “**Geossistemas: A História de uma Pesquisa**”- **Trajatórias e Tendências no Estado de São Paulo**. (Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Londrina-PR, 2015. 191p.
- NEVES, C.E.; MACHADO, G.; HIRATA, C.A.; STIPP, N.A.F. **A importância dos Geossistemas na pesquisa geográfica: Uma análise a partir da correlação com o ecossistema**. Revista Soc. & Nat., Uberlândia-MG, 26 (2): p.271-285, mai/ago/2014.
- NOVAES, A. G. **Modelos em planejamento urbano, regional e de transportes**. São Paulo: Editora E. Blücher, 1981. 290p.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 2º Ed. Editora Blucher. São Paulo- SP:. 1992. 308p.

OLIVEIRA, L. P. **Uso e cobertura da terra no entorno da Baía de Todos-os-Santos, Bahia, Brasil: mudanças dos padrões espaciais em séries temporais**. Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente. 2016. 73p.

OLIVEIRA, L.L.; VIANELLO, R.L.; FERREIRA, N.J. **Meteorologia fundamental**. Erechim: EdIFAPES, 2001. 432 p.

O'NEILL J. and WALSH M. (2000), '**Landscape conflicts: preferences, identities and rights**', *Landscape Ecology*, 15, 3, pp. 281-289.

OGUZ, H. **Modeling urban growth and land use/land cover change in the Houston Metropolitan Area from 2002 – 2030**. 2004. 163f. Ph.D. Dissertation, Texas A & M University. 2004.

O'SULLIVAN, D.; TORRENS, P. M. **Cellular models of urban systems**. London: Centre for Advanced Spatial Analysis, 2000. (Working paper series, 22)

O'SULLIVAN, D. **Toward micro-scale spatial modeling of gentrification**. *Journal of Geographical Systems*, v.4, n.3, p.251-274. 2002

PACALA, S.W. 1996. **Models of plant coexistence**. En *Plant Ecology*, (ed. Crawley, M.C.). 2nd Edition Blackwell Scientific, Oxford, UK. 1996.

PALMER, A. N. **Cave levels and their interpretation**. *National Speleological Society Bulletin*, (1981). Vol. 49(2): p. 50-66.

PALOMARES MONTERO, D.; GARCÍA ARACIL, A. e CASTRO MARTÍNEZ, E. **Evaluación de las instituciones de educación superior: revisión bibliográfica de sistema de indicadores**. *Revista Española de Documentación Científica*, 31(2): 2008, p. 205-229

PAN, Y. et al. **The impact of variation in scale on the behavior of a cellular automata used for land use change modeling**. *Computers Environment and Urban Systems*, v. 34, n. 5, p. 400-408. Aug, 2010

PASSOS, M. M. **Biogeografia e Paisagem**. Presidente Prudente: UNESP, 2003.

PASSOS, M. M. **A Raia Divisória: geossistema, paisagem e eco-história**. Maringá: Eduem, 2006.

PASSOS, Messias Modestos dos. **Paisagem e meio ambiente (Noroeste do Paraná)**. Maringá: Eduem, 2013.

\_\_\_\_\_. **A raia divisória: geossistema, paisagem e eco-história**. Maringá: Eduem, 2006-2008.

\_\_\_\_\_. **“A Raia Divisória - eco-história da raia divisória.”** 1. ed. Maringá/Paraná: EDUEM, 2007. v. 500. 310p.

\_\_\_\_\_. **Biogeografia e Paisagem.** -2 ed.-Maringá: [s.n.], 2003.

\_\_\_\_\_. **O Pontal do Paranapanema: um Estudo de Geografia Física Global-** Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo - USP, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 1988

PATEL, N; ANGIULI, E.; GAMBA, P.; GAUGHAN, A.; LISINI, G.; STEVENS, F.; A. TATEM, A.; TRIANNI, A. **Multitemporal settlement and population mapping from Landsat using google earth engine** *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 35 (2015), pp. 199-208

PEARSON, R. L.; L. D. MILLER,. **Remote mapping of standing crop biomass for estimation of the productivity of the short-grass Prairie.** Pawnee National Grassland, Colorado: 8th International Symposium on Remote Sensing of Environment,. 1972. pp. 1357-1381.

PEDROSA, B. M.; CÂMARA, G. **Aspectos conceituais da modelagem dinâmica espacial.** In: WORKSHOP DOS CURSOS DE COMPUTAÇÃO APLICADA DO INPE, 1. (WORCAP), 2001, São José dos Campos. Anais... São José dos Campos: INPE, 2001. p. 106-108. CD-ROM; On-line. Em:<<http://urlib.net/lac.inpe.br/worcap/2004/09.06.17.43>>. Acesso em: 11/11/2017.

PEDROSA, B. **Ambiente computacional para modelagem dinâmica espacial.** 2003. 111 p. (INPE-10288-TDI/907). Tese (Doutorado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003. em:<<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2003/10.08.14.50>>. Acesso em: 11/11/2017.

PEDROSA, B. M., & CÂMARA, G. Capítulo 1: **Modelagem Dinâmica: Conceitos Básicos e Exemplos de Sistemas.** Centro de Ciência do Sistema Terrestre- CCST. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE, São José dos Campos, SP, 2011. 41p.

PEKEL, J.F; COTTAM, A.; GORELICK, N. **Belward High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes** *Nature* (2016)

PELTRE J. **Les faits d'orientation dans la structure agraire en Lorraine,** in DUSSART F. 1971

PHIPPS, M. **Information theory and landscape analysis,** Wageningen, Pudoc, Proc. Int. Congr. Neth. Soc. for landscape ecology, Veldhoven. 1981

PHIPPS M. (1984), **‘Rural landscape dynamics: the illustration of some concepts.’**, in BRANDT J. and AGGER P. (Eds.), Roskilde, 1984, 1, pp. 47-54.

PRADO, L.F. **A interação oceano-atmosfera no Atlântico Sul e o paleociclo hidrológico na porção leste da América do Sul durante o Holoceno.** Instituto de Oceanografia da Universidade de São Paulo. (Tese). São Paulo- SP, 2014, 196p.

PREOBRAZHENSKIY, V. S. **Geosystem as an Object of Landscape Study.** *Geojournal*, 1983, v. 7, n. 2, pp.131-134.



PRITCHARD, D.W. **Salinity distribution and circulation in the Chesapeake Bay estuarine system**. Journal of Marine Research, v.11, p. 106-123, 1952. ROSSETTI, Dilce de Fátima. Ambientes costeiros. In: FLOREZANO T. G. (org). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos-SP: Parêntese, 2007, 127p.

PORWAL, A.; HALE, M. **GIS-based weights-of-evidence analysis of multi-class spatial data for predictive mineral mapping: A case study from Aravalli province, western India**. In: INTERN. CON. APPLIED GEOLOGIC REMOTE SENSING, 14. 2000. Proceedings. v. pp. 377–384

PRONEX-BTS. Núcleo de Pesquisas em Química Analítica da Bahia: **Estudo Multidisciplinar da Baía de Todos-os-Santos (2009-2013)**. Observatório de Riscos e Vulnerabilidade Sócioambiental da Baía de Todos-os-Santos (OBSERVABAIA). 2013. Acesso em 28/11/2013 <http://www.observabaia.ufba.br>

RACKHAM O. & MOODY J. **The making of the Cretan landscape**, Manchester University Press, Manchester.6 (1996),

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. **Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica**. Revista Brasileira de Meteorologia, 2010, v. 25, n. 2, pp. 185-204.

REIS JUNIOR, D. F. C. **Cinquenta chaves. O físico pelo vies sistêmico, o humano nas mesmas vestes... e uma ilustração doméstica: o molde (NEO) positivista examinado em textos de Antonio Christofolletti**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. 2007.

RENES, J. **Typologieën van bewonings- en perceelsvormen**, Wageningen, Pudoc. 1981.

RICHTER H. & SCHÖNFELDER G. (eds.) **‘Landscape synthesis – foundations, classifications and management. Parts I and II’**, Kongress und Tagungs-berichte der Martin-Luther Universität, Wissenschaftliche Beiträge, 35, Halle, Wittenberg. 1986

ROBERTS, B. **The making of the English village**, London, Longman, 1987, 237 p.

ROCHA, M.R. **Análise do Campo de Correntes e suas Forçantes no Canal Principal da Baía de Todos os Santos, Bahia**. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências. Salvador-BA, 2015, 63p.

ROCHA, C. H.; SOUZA, M. L. P.; MILANO, M. S. **Ecologia da paisagem e manejo sustentável dos recursos naturais**. Geografia. Rio Claro, v.22 (2). 1997, pp.57-79

RODRIGUEZ e SILVA, J. M. M.; SILVA, E. V. A. **A Classificação das Paisagens a partir de uma Visão Geossistêmica**. Mercator. Fortaleza. 2002. v 1, n. 1, pp. 95-112,

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. A. **Planejamento e Gestão Ambiental: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

RODRIGUEZ J. M. M.; SILVA, E. V. A.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Editora UFC, 2004.

ROSENDO, J.S. **Índices de Vegetação e Monitoramento do uso e cobertura vegetal na bacia do rio Araguari – MG – Utilizando dados do sensor Modis**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005. 130p.

ROUGERIE, G.; BEROUTCHACHVILI, N. **Geosystemes et Paysages: Bilan et Méthodos**. Paris: Armand Colin, 1991. 302p

ROUSE, J.W.; HASS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS**. In: FRADEN, S.C.; MARCANTI, E. P.; BECKER, M.A. (eds). Third ERTS-1 Symposium, 10-14 Dec. 1973, NASA SP-351, NASA, pp.309-317. Washington D.C. USA, 1973

RUMBAUCH, J. **Object-oriented modeling and design**. Englewood Cliffs, N.J. Prentice Hall, c1991

RUZICKA M. & MIKLOS L. **‘Basic premises and methods in landscape ecology planning and optimization’**, in Changing landscape, an Ecological perspective, Springer-Verlag, 1989, pp. 233-260.

SANTANA, R.; TEXEIRA, C.; LESSA, G.C. **The Impact of different forcing agents on the residual circulation in a tropical well mixed estuary: Baía de Todos os Santos, Brazil 13°S**. Submitted to Ocean Dynamics. 2015.

SANTOS, A. R. **Apostila de Sensoriamento Remoto**. Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias – CCA, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Alegre, Espírito Santo – Brasil, 2013. 87p.

SANTOS, D.F.; REBOITA, M.S. **Jatos de baixos níveis a leste dos andes: comparação entre duas reanálises**. Revista Brasileira de Climatologia, [S.l.], v. 22, maio 2018.

SAYÃO, L.F. **Modelos teóricos em ciência da informação e método científico**. Ci. Inf., v.30, n.1, Brasília-DF, jan./abr. 2001. pp.82-91

SAUER, C. O. **A morfologia da paisagem**. 1925. In: ROSENDAHL, Z.; CORRÊA, R. L. Paisagem, tempo e cultura. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 1998, pp.12-74.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Grupo de Ecossistemas: Manguezal, Marisma e Apicum**. In. Situação Atual do Grupo de Ecossistemas: “Manguezal, Marisma e Apicum” Incluindo os Principais Vetores de Pressão e as Perspectivas para sua conservação e usos sustentáveis. (Consultoria). Governo Federal. ANP. Rodadas de Licitações de Petróleo e Gás Natural. São Paulo, Brasil, 2013. p.1-119.

SCHIER, R. A. **As concepções da paisagem no código florestal**. Curitiba, 2003a. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

SCHMIDT, V. A. & SCHELLENG, J. H. **The application of the method of least squares to the closing of multiply connected loops in cave or geological surveys.** Bulletin of the National Speleological Society, (1970). 32(3), pp.51-58

SCHMIDT, A.J.; BEMVENUTI, C.E.; DIELE, K. **Sobre a definição da zona de Apicum e sua importância ecológica para população de caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763).** Bol. Téc. Cient. CEPENE, Tamandaré – PE – v. 19, n.1, 2013, pp.9-25

SCHMITHUESEN, J. **Begriff und Inhaltsbestimmung der Landschaft als Forschungsobjekt vom geographischen und biologischen Standpunkt.** Quaestiones Geobiologicae n°7 , Brastislava, 1970.

SCHROEVERS, SCHROEVERS P.J. (eds). **Landschapstaal. Een stelsel van basisbegrippen voor de landschapsecologie. Reeks Landschapsstudies,** Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen. 1982.

SEVENANT, M. **‘Dynamiek van landschap en bewoning in de hoogvlakte van Lassithi (Kreta)’**, De Aardrijksunde, 1-2, 1999, pp. 107-118.

SHELESTOV, A.; KUSSUL, N.; SKAKUN, S.; LAVRENIUK, M. **Deep Learning Classification of Land Cover and Crop Types Using Remote Sensing Data.** IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. 2017, pp. 1-5.

SNACKEN F., VERHOEVE A., BOON J., SCHMOOK G., VERHAEGHE F. & WIJCKMANS M. **‘Landschapsontwikkeling in historisch-geografisch perspectief’**, in VAN MIEGROET M. (ed.), Naar een Groenstrategie voor Vlaanderen, Eerste Vlaams Wetenschappelijk Congres voor Groenvoorziening, Gent, 1975. pp. 105-120.

SNACKEN F. ANTROP, M. **‘Onderzoeks-thema’s in het Seminarie voor Regionale Aardrijkskunde’**, Biol. Jb. Dodonea, 49, 1981, pp. 18-28.

SILVA, J.P.R.; REBOITA, M. S.; ESCOBAR, G. C. J. **Caracterização da Zona de Convergência do Atlântico Sul em Campos Atmosféricos Recentes.** Revista Brasileira de Climatologia. Jul./Dez. 2019, Ano 15. Vol. 25 –

SILVESTRINI, R. A. **Modelo probabilístico de ignição e propagação de fogo em áreas de floresta na Amazônia brasileira.** 2008. 50f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008

SILVERTOWN, J. et al. **Cellular Automaton Models of Interspecific Competition for Space - the Effect of Pattern on Process.** Journal of Ecology, 1992, v. 80, n. 3, pp. 527- 534

SIPPER, M. **The emergence of Cellular Computing.** IEEE Computer, 1999, v.32, n. 7, pp. 18-26

SHANNON, R.E. **Systems Simulation – The Art and Science,** Prentice-Hall, 1975

SHIMABUKURO, Y.E.; PONZONI, F. J. **Mistura espectral modelo linear e aplicações.** São Paulo-SP, Oficina de Textos, 2017, 127p.

SILVA, A. F. **Composição florística e estrutura de um trecho da mata atlântica de encosta no município de Ubatuba, SP.** Campinas, UNICAMP, Instituto de Biologia. 1980.153p.

SILVA, C.R.S. **Estudo e avaliação do teor de carbono e metais biodisponíveis em sedimentos da Baía de Todos os Santos e de Abrolhos.** Tese de doutorado, Universidade Federal da Bahia, Brasil. 2007. 159p.

SILVA, M. H. S.; PASSOS, M. M.; SAKAMOTO, A. Y. **As Lagoas Salinas do Pantanal de Nhecolândia: um estudo da paisagem baseado no modelo GTP – Geossistema, Território e Paisagem.** Confins – Revue franco-brésilienne de géographie/ Revista franco-brasileira de geografia. n° 19. 2013. 19p.

SMITH, J. M. **Unlawful relations and verbal inflation.** Annals of the Association of American Geographers, v. 94, n. 2, pp. 294-299, 2004.

SMITH, T.M. et al. **Improvements NOAAs historical merged land-ocean temperature analysis (1880-2006).** Journal of Climate, v. 21, 2008, p.2283-2296

SKILLING, H. **An operational view.** American Scientist. 1964. v.52, pp.388-396,

SOARES-FILHO, B. S. **Modelagem dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica.** Escola Politécnica. São Paulo, Universidade de São Paulo. 1998

SOARES-FILHO, B. S. et al. **Modelling conservation in the Amazon basin.** Nature, 2006 v.440, n. 7083, pp. 520-523.

SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; CURRAN, L. M. et al. **Modelling conservation in the Amazon basin.** Nature, v. 440, n. 7083, p. 520–3, 2006. Em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16554817>>. Acesso em: 11/11/2017.

SOLÉ, R.V. y BASCOMPTE, J. **Self-organization in complex ecosystems.** Princeton University Press, Princeton (New Jersey), USA. 2006

SONG, C. ; GALINHOLA, CE; SETO, KC; LENNEY, MP; MACOMBER, SA **Classification and change detection using Landsat TM data: When and how to correct atmospheric effects.** Remote Sensing Enviroment. Vol. 75, 2001, pp.230-244.

SROKOSZ, M. et al. **Past, presente, and future change in the Atlantic Meridional Overturning circulation.** Bulletin of the american Meteorological Society, v.93, 2012, pp.1663-1667.

STOCKER, T. F. et. al. Technical Summary. In: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis.** Contribution of Working group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T. F. et al. (eds.)] Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013, pp.33-115

SOTCHAVA, V. B. **Definition de Quelques Notions et Termes de Géographie Physique.** Institute de Geographie de la Sibirie et Extrem Orient. 1962, 3: pp. 94-177.

SOTCHAVA, V.B. **Estudos dos Geossistemas: Método em Questão.** IGEO/USP. São Paulo, 1977.

SOTCHAVA, V. B. **O Estudo de Geossistemas**. Métodos em Questão. São Paulo.1977, n. 16, pp. 1-52.

SOTCHAVA, V. B. **Por uma teoria de classificação de geossistemas da vida terrestre**. São Paulo: Instituto de Geografia, USP, 1978.

SOUTWORTH, F.; DALE, V.; O'NEILL, R. **Contrasting patterns of land use in Rondônia, Brazil: simulating the effects on carbon release**. International Social Science Journal, 1991, n.43, pp.681-689.

SOULARD, C. E.; ALBANO, C. M.; VILLARREAL, M. L.; WALKER, J. J. Continuous 1985–2012 **Landsat monitoring to assess fire effects on meadows in Yosemite National Park**, California Remote Sens., 8 (5) (2016), p. 371

SOUZA MENDONÇA, A. DODBEI, V. L. **Modelos e sistemas em ciência da informação**. Rio de Janeiro, 1993. 20p.

SOUZA, R. J. **O Sistema GTP (Geossistema-Território-Paisagem) como novo projeto geográfico para a análise da interface sociedade-natureza**. Revista Formação, n.16, vol. 2., 2009, pp.89-106

STACHOWIAC, H. **Models**. In: SCIENTIFIC thought: concepts, methods and procedures. Paris: Unesco, 1972, pp.145-166.

STRAATMAN, B. *et al.* **The use of cellular automata for spatial modelling and decision support in coastal zones and estuaria**. MMTRI f. K. a. Systems. Maastricht, The Netherlands: Maastricht University. 2001.

STURROCK, H. J.; COHEN, J. M.; KEIL, P.; TATEM, A. J.; LEMENACH, A.; NTSHALINTSHALI, N. E.; HSIANG, M. S.; GOSLING, R. D. **Fine-scale malaria risk mapping from routine aggregated case data**. Malar. J., 13 (1) (2014), p. 1

SUI, D. Z. **Tobler's first law of geography: a big idea for a small world?** Annals of the Association of American Geographers, 2004, v. 94, n. 2, pp. 269-277

TAILLARD, E. **Un calcul de boucles em topographie souterraine**. Actes du 9° Congrès National de la Société Suisse de Spéléologie, 1991. pp. 245 – 247.

THE ECONOMIST. **Magazine The Economist**, The Economist Group, London, United Kingdom, October 2019, ISSN: 0013-0613

THOMSON, K.C & TAYLOR, R.L. **The Art of Cave Mapping**. Journal of the Missouri Speleological Survey (1991) Vol. 31 (1-4): 182 p.

THOMSON, K.C & TAYLOR, R.L **The Art of Cave Mapping**. Journal of the Missouri Speleological Survey .Vol. 31 (1-4): 1991. 182 p.

TOMASONI, M. A. **Mudanças globais: a problemática do ozônio e algumas de suas implicações**. Revista GeoTextos, Vol. 9, nº 2, dezembro, 2011

TOBLER, W. R. **Estimation of Attractivities from Interactions**. SAGE Journals. February 1, 1979

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

TRICART, J. **Paisagem e ecologia. Inter-Facies: escritos e documentos**. São José do Rio Preto: Ed. Da UNESP, 1982.

TROLL, C. **Luftbildforschung und Landeskundige Forschung**. Erdkundliches Wissen. *Schriftenreihe forschung und Praxis, Heft 12*, F. Steiner Verlag, Wiesbaden. 1939

TROLL, C. **Die geographische Landschaft und ihre Erforschung**. *Studium Generale*, 3 Jg., H.4 / 5, 1950, pp. 163-181

TROLL, C. **'Der Stand der geographischen wissenschaft und ihre Bedeutung für die Aufgaben der Praxis'**, *Forschungen und Fortschritte*, 30 Jg., H.9, 1959, pp. 257-262

TROLL, C. **Landschaftsökologie als geographisch-synoptische Naturbe-trachtung**. Ökologische Landschafts-forschung und vergleichende Hochgebirgsforschung. Erdkundliches Wissen, *Schriftenreihe for Forschung und Praxis, Heft 11*, F. Steiner Verlag, Wiesbaden. 1963

TROPPEMAIR, H. **Ecossistemas e geossistemas do estado de São Paulo**. Boletim de Geografia Teórica. Rio Claro, 1983 v. 13, n. 25, pp. 27-36.

TROPPEMAIR, H. **Geossistemas e geossistemas paulistas**. Rio Claro: UNESP, 2000.

TROPPEMAIR, H. **Biogeografia e Sistemas: sistemas urbanos**. In: \_\_\_\_\_. *Biogeografia e Meio Ambiente*. 6. ed, Rio Claro: UNESP, 2004. pp.126-167.

TROPPEMAIR, H.; GALINA, M.H. **Geossistemas**. *Mercator – Revista de Geografia da UFC*, ano 05, n.10 Fortaleza-CE, 2010, pp.79-88.

TURNER S.J., O'NEILL R.V., CONLEY W., CINLEY M.R., HUMPHRIES H.C. **'Pattern and Scale: Statistics for Landscape Ecology'**, in TURNER M.G. and GARDNER R.H. (eds.) (1990), *Quantitative Methods in landscape Ecology*, Springer-Verlag, New York, 1990, pp. 17-49.

USGS (United States Geological Survey). **Landsat Collection 1 Level 1 Product Definition**. Version 1.0. United States Geological Survey, Department of Interior 2017, Version 1.0. Available online: [https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/LSDS-1656\\_Landsat\\_Level-1\\_Product\\_Collection\\_Definition.pdf](https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/LSDS-1656_Landsat_Level-1_Product_Collection_Definition.pdf) (acesso em 1 Maio 2018).

VAN DER HAEGEN H. **'De Steden'**, in DENIS J., *Geografie van België*, Gemeentekrediet, Brussel, 1992, pp. 428-482.,

VAN DEN BERGH K, **Ruimtelijke planning door het Vlaamse en het Waalse Gewest: een vergelijkende studie**, Onuitgegeven licentiaatsscriptie, RUG. 1999

VELDKAMP, A.; FRESCO, L. **CLUE-CR: An integrated multi-scale model to simulate land use change scenarios in Costa Rica**. *Ecological Modeling*, 1996, v. 91, pp. 231-248.

VERBURG, P. H. et al. **Analysis of the effects of land use change on protected areas in the Philippines**. *Applied Geography*, Apr, 2006, v. 26, n. 2, p. 153-173.

- VERBURG, P. H.; VELDKAMP, S. W.; ESPALDON, R.L.V. **Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model**. *Environmental management*, v. 30, n.3, p.391–405, 2002. Em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12148073>>. (Acesso em: 11/11/2017)
- VERMA, A.; PEDROSA, L.; KORUPOLU, M.; OPPENHEIMER, D.; TUNE, E.; WILKES, J. **Large-scale cluster management at Google with Borg**. *Proc. EuroSys 10*, 18. ACM, 2015
- VERHEYE W. & LOOTENS-DE MUYNCK M.T. ‘**A study of the present landscape in the Fournoi Valley (Argolid, Greece), with some implications for further archeological research in the area**’, *Bull. Soc. Belge d’Etudes Géographiques*, XLIII, 1, 1974, pp. 3-60.
- VERMEULEN F., DE DAPPER M., BRACKMAN P. **A GIS based geo-archaeological approach to survey in a central Anatolian landscape, Proceedings of the COST-WG2 (Paysages Antiques et Structures Rurales)**. Workshop on the Use of Geographic Information Systems in the Study of Ancient Landscapes and Features related to Ancient Land Use (Ljubljana, Slovenia, 25-27 April 1997, 15 p.
- VERHULST, A. **Het landschap in Vlaanderen in historisch perspectief**, Antwerpen. 1965
- VERVLOET J.A.J. ‘**Inleiding tot de historische geografie van de Nederlandse cultuurlandschappen**’, *Landschaps-studies* 4, Wageningen, Pudoc. 1984.
- VIERS, G. **Le pays basque**, Collection pays du Sud-Ouest, Privat, Toulouse. 1975
- VICARI, A. et al. **Modeling of the 2001 lava flow at Etna volcano by a Cellular Automata approach**. *Environmental Modelling & Software*, Oct, 2007, v. 22, n. 10, pp. 1465-1471.
- VOS W. & STORTELDER A.H.F. **Vanishing Tuscan landscapes, landscape ecology of a submediterranean-montane area (Solano basin, Tuscany, Italy)**, Pudoc, Wageningen. 1992;
- VIOREL, H **L’influence de la géologie sur le karst. Etude comparative entre la zone d’Arbas (Haute-Garonne, France) et la zone Obarsia Closani – Piatra Mare (Mehedinti - Roumanie)**. Tese. Laboratoire Souterrain du Centre National de Recherche Scientifique (2000).
- WEBSTER R. and BECKETT P. ‘**Terrain classification and evaluation using air photography: a review of recent work at Oxford**’, *Photogrammetria*, 26, 1970. pp. 51-75.
- WEGENER, M.; GNAD, F.; VANNAHME, M. **The time scale of urban change**. In: HUTCHINSON, B.; BATTY, M. (Ed). *Advances in urban systems modelling*. Amsterdam: Elsevier, 1986, pp. 174-197.
- WHITE, R.; ENGELEN, G. **Cellular-Automata and Fractal Urban Form - a Cellular Modeling Approach to the Evolution of Urban Land-Use Patterns**. *Environment and Planning A*, Aug, 1993. v. 25, n. 8, pp. 1175-1199.
- WHITE, R., ENGELEN, G. **Cellular Automata as the basis of Integrated Dynamic Regional Modelling**. *Environment and Planning B: Planning and Design*, n. 24, 1997, pp.165-174
- WHITMAN, R. T.; PARK, M. B.; AMBROSE, S. M.; HOEL, E. G. **Spatial indexing and analytics on hadoop**. *Proc. 22 ACM SIGSPATIAL* (2014), pp.73-82

WIENS, J. A. & MOSS, M. R. (eds) **Issues in Landscape Ecology**, International Association for Landscape Ecology, Fifth World Congress, Snowmass Village, Colorado, USA. 1999

WILMET, J. '**Photo interprétation et cartographie de l'utilisation du sol en milieu rural**', Bull. Soc. Belge d'Études Géographiques, 1970, 39, 1, pp. 31-112.

WILSON, A. G. **Urban and regional models in geography and planning**. London: John Wiley & Sons. 1974

WOLFRAM, S. **A new kind of science**. Wolfram Media Champaign, IL, v. 1. 2002.

WOODCOCK, C. E.; ALLEN, A. A.; ANDERSON, M.; BELWARD, A. S.; BINDSCHADLER, R.; COHEN, W. B. **Free access to Landsat imagery**. Science, 320 (2008), p.1011

XIONG, J.; THENKABAIL, P.S.; TILTON, J. C.; GUMMA, M. K.; TELUGUNTLA, P.; OLIPHANT, A.; CONGALTON, R. G.; YADAV, K.; GORELICK, N. **Nominal 30-m Cropland Extent Map of Continental Africa by Integrating Pixel-Based and Object-Based Algorithms Using Sentinel-2 and Landsat-8 Data on Google Earth Engine**. Remote Sensing. October 2017, 9 (10), p-1065.

YANG, Z.; WILLIS, P.; MUELLER, R. **Impact of Band-Ratio Enhanced AWIFS Image to Crop Classification Accuracy**. In: Pecora – The Future of Land Imaging... Going Operational, 17. 2008, Denver, Colorado, USA. Proceedings... Maryland: (ASPRS), 2008.

YU, J.; WU, J.; SARWAT, M. **Geospark: a cluster computing framework for processing large-scale spatial data**. Proc. 23 SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems (p.70) ACM (2015)

ZAVALA, M.A. DÍAZ-SIERRA, R.; PUERVES, D.; ZEA, G.E.; URBIETA, I.R. **Modelos espacialmente explícitos**. Ecosistemas, vol. 15, núm. 3, sep./dec. 2006, p.89-100

ZHANG, Q.; LI, B.; THAU, D.; MOORE, R. **Building a better urban picture: combining day and night remote sensing imagery**. Remote Sens., 7 (9) (2015), pp. 11887-11913

ZHAO, S. **Simulation of Mass Fire-Spread in Urban Densely Built Areas Based on Irregular Coarse Cellular Automata**. Fire Technology, 2011, v. 47, pp. 721-749.

ZHOU, J.; LAU, K. M. **Does a Monsoon Climate Exist Over South America**. Journal of Climate, 1998 v.11, n.5, pp.1020-1040.

ZONNEVELD, J. I. S. '**Het land-schap en de geografie**', Geografisch Tijdschrift, 5, 1972 pp. 12-24.

ZONNEVELD, I.S. **Ecologia da Terra**, SPB Academic Publishing bv, Amsterdã. 1995