

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

ARIANA PEREIRA BARBOZA DA SILVA

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA EVOLUÇÃO DA VULNERABILIDADE
COSTEIRA EM ITAPOÁ/SC.**

Uma Perspectiva Hidrogeomorfológica e Climática

Florianópolis - SC

10 de maio de 2023

ARIANA PEREIRA BARBOZA DA SILVA

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA EVOLUÇÃO DA VULNERABILIDADE
COSTEIRA EM ITAPOÁ/SC.**

Uma Perspectiva Hidrogeomorfológica e Climática

Dissertação apresentada ao
Mestrado Profissional em
Clima e Ambiente do Campus
Florianópolis do Instituto
Federal de Santa Catarina para
a obtenção do diploma de
Mestre em Clima e Ambiente.

Orientador: Dr. Cássio Aurélio
Suski

Florianópolis - SC

10 de maio de 2023

INSTRUÇÕES A BANCA EXAMINADORA :

1. O conceito da avaliação deverá ser expresso como A = Aprovado(a) ou R = Reprovado(a).
2. A avaliação é feita logo após o encerramento da exposição oral e arguição do (a) aluno (a).
3. Caso haja alguma reformulação sugerida, a Banca Examinadora deverá estabelecer um prazo disponível para o(a) aluno(a) procedê-la, até o limite de 60 dias.
4. Após o preenchimento deste formulário de avaliação, o mesmo deverá ser entregue à Secretaria de Pós-Graduação pelo Presidente da Banca Examinadora.

Aluno (a): Ariana Pereira Barboza da Silva

Título:	ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA EVOLUÇÃO DA VULNERABILIDADE COSTEIRA EM ITAPOÁ/SC - Uma Perspectiva Hidrogeomorfológica e Climática
----------------	---

**Aprovado (a) pela Banca Examinadora em
cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de Mestre em Clima e Ambiente**



Documento assinado digitalmente
CASSIO AURELIO SUSKI
Data: 26/06/2023 17:52:33-0300
CPF: 020.400.049-12
Verifique as assinaturas em <https://v.ifsc.edu.br>

Dr(a). Cássio Aurélio Suski

Orientador(a) / Presidente / IFSC / Itajaí – SC

Participação: () Presencial (x) Videoconferência
(X) Aprovado () Reprovado



Documento assinado digitalmente
THIAGO PEREIRA ALVES
Data: 26/06/2023 21:36:15-0300
CPF: 031.525.469-63
Verifique as assinaturas em <https://v.ifsc.edu.br>

Dr(a). Thiago Pereira Alves

Avaliador(a) Interno / IFSC / Itajaí – SC

Participação: () Presencial (x) Videoconferência
(X) Aprovado () Reprovado



Documento assinado digitalmente
MÁRIO FRANCISCO LEAL DE QUADRO
Data: 26/06/2023 20:25:48-0300
CPF: 539.913.030-00
Verifique as assinaturas em <https://v.ifsc.edu.br>

Dr(a). Mário Francisco Leal de Quadro

Avaliador(a) Interno / IFSC / Florianópolis - SC

Participação: () Presencial (x) Videoconferência
(X) Aprovado () Reprovado



Documento assinado digitalmente
LEONARDO FRANCISCO MACHADO
Data: 26/06/2023 17:37:57-0300
CPF: 886.575.589-04
Verifique as assinaturas em <https://v.ifsc.edu.br>

Dr(a). Leonardo Francisco Machado

Avaliador(a) Externo / IFSC / Itajaí - SC

Participação: () Presencial (x) Videoconferência
(X) Aprovado () Reprovado

CDD 551.5
S586a

Silva, Ariana Pereira Barboza da
Análise espaço-temporal da evolução da vulnerabilidade costeira em
Itapoá/SC - [DIS] / Ariana Pereira Barboza da Silva; orientação de Cássio
Aurélio Suski – Florianópolis, 2023.

1 v.: il.

Dissertação de Mestrado (Clima e Ambiente) – Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Erosão costeira. 2. Vulnerabilidade costeira. 3. Sensoriamento remoto. 4.
Modelagem. 5. Mudanças climáticas. I. Suski, Cássio Aurélio. II. Título.

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC
Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Campus Florianópolis
Catalogado por: Ana Paula F. Rodrigues - CRB 14/1117

Dedico esta pesquisa a minha mãe Rita, a minha sobrinha Rafaela, *in memoriam* ao meu tio Pedro, a minha sobrinha Elen e aos professores Dr. Paulo da Cunha Lana e Dr. Carlos Roberto Soares que fizeram parte ou estiveram em meus pensamentos em muitos dias na execução deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Santa Catarina, pelo apoio e educação obtida para a execução desta pesquisa.

Ao meu orientador Dr. Cássio Aurélio Suski pela confiança e pelo apoio para a execução e entrega desta pesquisa.

Aos professores do Instituto Federal de Santa Catarina, principalmente aos professores Dr. Mário Quadro, Dr. Adriano Vitor e Dr. Eduardo Werneck, pelo apoio e educação obtida para a execução desta pesquisa.

Ao Dr. Guilherme Franz pelo ensinamento da modelagem e pelo apoio para a execução e entrega desta pesquisa.

Ao meu amigo Phelype Oleinik pela ajuda nos processos de modelagem e pelo apoio para a execução e entrega desta pesquisa.

A minha mãe e minha sobrinha Rafaela por serem meus pilares e as minhas irmãs pelo apoio emocional que sempre me forneceram.

A minha sobrinha Elen e ao meu tio Pedro, que estão sempre ao meu lado fornecendo muita sabedoria e um caminho iluminado.

Aos professores Dr. Paulo da Cunha Lana e Dr. Carlos Roberto Soares por terem me ensinado a amar e a como fazer ciência.

Ao meu Deus do Universo e aos meus guias no plano espiritual que permanecem sempre comigo me guiando e me protegendo.

A mim, por todos os processos difíceis que passei nos últimos anos e sempre estive forte na medida do possível para estar aqui e entregar esta pesquisa.

“A criatividade é a ciência se divertindo”
(Albert Einstein, 1879-1955)

RESUMO

A vulnerabilidade costeira se apresenta na costa litorânea em função da resposta pela alta sensibilidade do ambiente e devido à complexidade em seus processos hidrodinâmicos e sedimentológicos. O objetivo geral desta pesquisa é entender a influência dos fatores hidrodinâmicos e meteorológicos nos processos de erosão existentes nas praias de Itapoá e avaliar o comportamento da erosão costeira ao longo dos anos de 1985 a 2022 com a finalidade de determinar as causas e consequências a partir da evolução histórica desses processos. As praias de Itapoá foram divididas em 9 pontos de norte a sul, e caracterizados visualmente conforme o padrão de erosão. Através da análise DSAS foi obtida a taxa de alteração ao longo dos anos das praias e identificada a situação da evolução de cada praia. Para os fatores climáticos foram utilizados os dados meteorológicos da EMA-A851 e dados de maré, assim foram analisados dados das Decretações de Desastres da Defesa Civil-SC. Os resultados da simulação da modelagem MOHID foram utilizados para o entendimento do balanço hidrodinâmico na região. De acordo com os resultados foram encontrados 4 pontos de praia com erosão intensa com taxas de alteração acima de 1000 m/ano, 4 pontos de estabilidade e 1 ponto em acreção. A partir do balanço hidrodinâmico entre a Baía da Babitonga e as forçantes de vazão/enchente, foram identificadas as relações que levam à formação de giros em regiões pontuais. Esses giros se evidenciam de acordo com o padrão das forçantes de vazão e enchente, combinadas com a corrente de deriva litorânea. O padrão de ventos da região no período de 1985 a 2022, demonstrou-se tendência na direção do vento para OSO-ENE e com velocidade média de 1,0 m/s. Foram identificados 15 desastres ocorridos em Itapoá no período de 1998 a 2020. Entre esses eventos, em 2001, 2003, 2013, 2014 e 2018, ocorreram eventos diretamente relacionados a inundações e erosão costeira. Neste estudo não foi encontrada correlação entre as forçantes maré e vento, no entanto pode ser evidenciado que o vento (tempestades) está relacionado aos eventos que geraram alguma calamidade, assim como não é necessário eventos astronômicos para ocorrer processos de erosão intensa e apenas tempestades (de baixa intensidade) são capazes de gerar avanços significativos na erosão. A presença de sistemas dunares bem desenvolvidos não foi observada, indicando que o sedimento está sendo transportado para fora do sistema e entende que ação da dragagem também pode ser um fator para perda de sedimento ao longo dos anos. Outro fator que contribui para a erosão costeira em Itapoá é a ação antrópica, como a construção de edificações muito próximas à costa, que acabam comprometendo a estabilidade do terreno e o excesso de contenções providas desde 1996 pode ter contribuído para o não desenvolvimento das praias conforme a sazonalidade somada a falta de vegetação nativa.

Palavras-Chave: Erosão Costeira. Vulnerabilidade Costeira. Sensoriamento Remoto. Modelagem. Mudanças Climáticas.

ABSTRACT

Coastal vulnerability is evident along the coastline due to the high sensitivity of the environment and the complexity of its hydrodynamic and sedimentological processes. The main objective of this research is to understand the influence of hydrodynamic and meteorological factors on existing erosion processes in Itapoá's beaches and assess the behavior of coastal erosion from 1985 to 2022 to determine the causes and consequences based on the historical evolution of these processes. Itapoá beaches were divided into 9 points from north to south and visually characterized according to the erosion pattern. The DSAS analysis provided the rate of change over the years for the beaches and identified the evolution status of each beach. Meteorological data from EMA-A851 and tide data were used to analyze data from Disaster Declarations by the Civil Defense of Santa Catarina. The results of the MOHID modeling simulation were used to understand the hydrodynamic balance in the region. According to the results, four beach points showed intense erosion with alteration rates above 1000 m/year, four points were stable, and one point showed accretion. From the hydrodynamic balance between the Baía da Babitonga and the inflow/flood forces, relationships leading to gyre formation in specific regions were identified. These gyres become evident based on the pattern of inflow and flood forces, combined with the littoral drift current. The wind pattern in the region from 1985 to 2022 showed a prevailing trend in the direction of WSW-ESE with an average speed of 1.0 m/s. A total of 15 disasters were identified in Itapoá from 1998 to 2020, with events in 2001, 2003, 2013, 2014, and 2018 directly related to flooding and coastal erosion. In this study, no correlation was found between tidal and wind forces. However, it was evident that wind (storms) was related to events that caused calamities. It was also observed that significant erosion can occur without astronomical events, and even low-intensity storms can generate substantial advances in erosion. The presence of well-developed dune systems was not observed, indicating that sediment is being transported out of the system, and the dredging activity may also contribute to sediment loss over the years. Another factor contributing to coastal erosion in Itapoá is human activity, such as constructing buildings very close to the coast, which compromises the stability of the terrain. The excessive use of retaining structures since 1996 may have contributed to the lack of beach development according to seasonal patterns, compounded by the absence of native vegetation.

Keywords: Coastal Erosion. Coastal Vulnerability. Remote Sensing. Modeling. Climate Changes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Caracterização e definição do perfil praial.	5
Figura 2 - Fotos antigas da evolução da erosão em Itapoá-SC no setor Central.	8
Figura 3 - Comparação com a evolução da linha de costas dos anos de 1957, 1978 e 1995.	9
Figura 4 - Padrão médio de ventos ao longo do ano de Itapoá/SC, de acordo com o Meteoblue.	20
Figura 5 - Município de Itapoá-SC e subdivisão dos 9 pontos de praia.	23
Figura 7 - Divisão dos perfis em 6 pontos de praia escolhidos.	24
Figura 6 - Método de Balizamento descrito por Kowmann (1970).	24
Figura 8 - Escala de Beaufort (análise de ventos)	28
Figura 9 - Imagens dos 9 pontos de praias da área de estudo.	34
Figura 10 - Análise dos Perfis Topográficos (em 12 meses de análise: de agosto de 2020 a dezembro de 2021)	36
Figura 11 - Imagens do Satélite LANDSAT com corte específico para Análise de Variação da Linha de Costa de Itapoá ao longo dos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022.	38
Figura 12 - Resultado dos 284 Transectos obtidos a partir da análise da Taxa de Variação da Linha de Costa.	39
Figura 13 - Resultado dos 43 transectos obtidos do PONTO 01.	41
Figura 14 - Resultado dos 42 transectos obtidos do PONTO 02.	42
Figura 15 - Resultado dos 20 transectos obtidos do PONTO 03 e 12 transectos obtidos no PONTO 04.	42
Figura 16 - Resultado dos 27 transectos obtidos do PONTO 05.	43
Figura 17 - Resultado dos 42 transectos obtidos do PONTO 06.	43
Figura 18 - Resultado dos 37 transectos obtidos do PONTO 07, 18 transectos obtidos do PONTO 08 e 43 transectos obtidos do PONTO 09.	44
Figura 19 - Locais de Desembocadura	45
Figura 20 - Transectos Ponto 02.	46
Figura 21 - Transectos Ponto 04.	46
Figura 22 - Transectos Ponto 05.	47
Figura 23 - Transectos Ponto 06.	48
Figura 24 - Transectos Ponto 07 e 08.	48
Figura 25 - Análise de Frequência dos Ventos no Período de 2007 a 2022. Soprando de OSO para ENE; no gráfico de barras observa-se as Classes de Frequência de Distribuição dos Ventos em porcentagem.	49
Figura 26 - Padrão de Frequência dos Ventos do Período de 2014 a 2022. A – Soprando de SO para NE; no gráfico de barras observa-se as Classes de Frequência de Distribuição dos Ventos em porcentagem.	51
Figura 27 - Mapa dos municípios analisados no estado de Santa Catarina e as Decretações de Desastres para os municípios nordeste de Santa Catarina entre os anos de 1998 a 2020.	52
Figura 28 - Tipo de desastres que aconteceram em Itapoá entre 1998 e 2020.	52
Figura 29 - Quantidade de desastres que aconteceram em Itapoá entre 1998 e 2020 por ano.	53
Figura 30 - Quantidade de desastres que aconteceram na Região Nordeste representada entre 1998 a 2020.	53
Figura 31 - Padrão de Frequência dos Ventos do Período dos Desastres.	54
Figura 32 - Rajada de Vento (m/s) de 2008 e 2009.	58
Figura 33 - Rajada de Vento (m/s) 2010 e 2011.	59
Figura 34 - Rajada de Vento (m/s) 2013 e 2018.	60
Figura 35 - Rajada de Vento (m/s) 2020.	61
Figura 36 - Padrão de Frequência dos Ventos do Período de 2021. A – Soprando de NE para	

SO; no gráfico de barras observa-se as Classes de Frequência de Distribuição dos Ventos em porcentagem.....	62
Figura 37 – Simulação da velocidade hidrodinâmica em um dia específico de Verão (20 de janeiro de 2021 ao longo do dia).	64
Figura 38 - Simulação da variação de nível hidrodinâmico em um dia específico de Verão (20 de janeiro de 2021 ao longo do dia).	64
Figura 39 - Simulação da velocidade hidrodinâmica em um dia específico de Outono (20 de abril de 2021 ao longo do dia).	65
Figura 40 - Simulação da variação de nível hidrodinâmico em um dia específico de Outono (20 de abril de 2021 ao longo do dia).	65
Figura 41 - Simulação da velocidade hidrodinâmica em um dia específico de Inverno (20 de agosto de 2021 ao longo do dia).	66
Figura 42 - Simulação da variação de nível hidrodinâmico em um dia específico de Inverno (20 de agosto de 2021 ao longo do dia).	66
Figura 43 - Simulação da velocidade hidrodinâmica em um dia específico de Primavera (20 de outubro de 2021 ao longo do dia).	67
Figura 44 - Simulação da variação de nível hidrodinâmico em um dia específico de Primavera (20 de outubro de 2021 ao longo do dia).	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 2 - Divisão e caracterização das praias em Itapoá-SC.....	31
Tabela 3 - Teste de normalidade - Anderson Darling para todas as componentes individuais.	50
Tabela 4 - Resumo dos resultados e influência dos fatores externos.	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Indicadores e variáveis utilizadas para classificação do estado erosional das praias (baseado no estudo de Perinotto et al. 2012).	25
Quadro 2 - Resultado da caracterização do estado erosional dos 9 pontos de praia. Baseado no índice de Perinotto (2012), onde em vermelho são indicadores de erosão severa, em alaranjando são indicadores de erosão e em azuis indicadores de estabilidade.	37
Quadro 3 - Mínimo, máximo e médias verdadeiras das taxas de variação para cada ponto em metros. Obs. os possíveis outliers foram retirados da análise para que as taxas de alteração comparados com a erosão e não com outros processos sazonais do ambiente.....	40
Quadro 4 – Tendências de Velocidade e de Variação de Nível pela Simulação Hidrodinâmica do setor da Baía da Babitonga no modelo filho do Projeto "Sea Observatory".	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CHM - Centro de Hidrografia Marinha

CIRAM/EPAGRI - Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia de Santa Catarina

DSAS - Digital Shoreline Analysis System

EMA - Estação Meteorológica Automática

FURG - Universidade Federal do Rio Grande

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFSC - Instituto Federal de Santa Catarina

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IO - USP - Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

OMM – Organização Meteorológica Mundial

RIMPEX - Rede Integrada de Monitoramento e Previsão de Eventos Extremos na Região Sul

UFPR – Universidade Federal de Santa Catarina

VALE - Companhia Mineradora Vale

SUMÁRIO

1 Introdução	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i>	2
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	3
2 Revisão Bibliográfica	3
2.1 Erosão Costeira no Ambiente Praial	3
2.1.1 <i>Sedimentação no ambiente praial</i>	4
2.1.2 <i>Vulnerabilidade Costeira</i>	6
2.2 Histórico de Erosão em Itapoá - SC	7
2.3 O Estudo da Erosão Costeira	10
2.3.1 <i>Análise DSAS</i>	12
2.3.2 <i>Utilização da Modelagem MOHID para análise hidrodinâmica</i>	15
2.4 As Mudanças Climáticas e a Erosão Costeira	17
2.4.1 <i>Climatologia da Região</i>	18
2.4.2 <i>Eventos Extremos</i>	20
3 Metodologia	22
3.1 Área de estudo	22
3.2 Caracterização Perfil Praial	23
3.2.1 <i>Perfis Topográficos</i>	24
3.3 Índice de Vulnerabilidade Costeira	24
3.4 Série Temporal da Linha de Costa	25
3.5 Variabilidade Climática	26
3.5.1 <i>Decretações de Desastres</i>	27
3.5.2 <i>Marés</i>	27
3.5.3 <i>Ventos</i>	27
3.5.4 <i>Maré e Vento</i>	28
3.6 Simulação por meio da modelagem numérica MOHID	29
3.6.1 <i>Validação do Modelo</i>	29
4 Resultados	31
4.1 Caracterização das Praias	31
4.1.1 <i>Topografia da Praias</i>	35
4.2 Vulnerabilidade Costeira	37
4.3 Mudanças na Linha de Costa	37

4.4 Extremos Climáticos	49
4.4.1 Padrão de Ventos	49
4.4.2 Correlação do Vento e Maré	50
4.4.3 Decretações de Desastres	51
4.4.3.1 Padrão de Ventos e associação as Decretações de Itapoá	53
4.5 Balanço Hidrodinâmico	62
5 Discussão	68
6 Produtos Tecnológicos	82
7 Considerações Finais	90
Referências	93
ANEXO 1 - FOTOS PONTO 01	104
ANEXO 2 - FOTOS PONTO 02	105
ANEXO 3 - FOTOS PONTO 03	104
ANEXO 4 - FOTOS PONTO 04	106
ANEXO 5 - FOTOS PONTO 05	107
ANEXO 6 - FOTOS PONTO 06	108
ANEXO 7 - FOTOS PONTO 07	111
ANEXO 8 - FOTOS PONTO 08	113
ANEXO 9 - FOTOS PONTO 09	114
ANEXO 10 - MARÉGRAFO DA ILHA DA PAZ	115
ANEXO 11 - MARÉGRAFO DE ITAPOÁ	116
ANEXO 12 - MARÉGRAFO DE GUARATUBA	117
ANEXO 13 - IMAGEM SÁTELITE 1985	118
ANEXO 14 - IMAGEM SÁTELITE 1995	119
ANEXO 15 - IMAGEM SÁTELITE 2005	120
ANEXO 16 - IMAGEM SÁTELITE 2015	121
ANEXO 17 - IMAGEM SÁTELITE 2020	122
ANEXO 18 - RESULTADO TRANSECTOS PONTO 01 a PONTO 09	123
ANEXO 19 - RESULTADO DA ANÁLISE DSAS	136
ANEXO 20 - RESULTADO DA ANÁLISE DSAS PONTO 01	139
ANEXO 21 - RESULTADO DA ANÁLISE DSAS PONTO 02	140
ANEXO 22 - RESULTADO DA ANÁLISE DSAS PONTO 03	142
ANEXO 23 - RESULTADO DA ANÁLISE DSAS PONTO 04	143
ANEXO 24 - RESULTADO DA ANÁLISE DSAS PONTO 05	144
ANEXO 25 - RESULTADO DA ANÁLISE DSAS PONTO 06	145
ANEXO 26 - RESULTADO DA ANÁLISE DSAS PONTO 07	147
ANEXO 27 - RESULTADO DA ANÁLISE DSAS PONTO 08	149

ANEXO 28 - RESULTADO DA ANÁLISE DSAS PONTO 09	150
ANEXO 29 - DESASTRES OCORRIDOS NO PERÍODO DE 1998 A 2020	152

1 INTRODUÇÃO

A vulnerabilidade costeira se apresenta na costa litorânea em função da resposta pela alta sensibilidade do ambiente e devido à complexidade em seus processos hidrodinâmicos e sedimentológicos. Quando eventos de alta energia e/ou pelo avanço do nível relativo do mar, ou pelos eventos de maré astronômica e/ou meteorológica incidem sobre o sistema praial, ou até mesmo a junção de um ou mais destes processos, portanto, o ambiente costeiro sofre mudanças em seu perfil em virtude desta vulnerabilidade que o sistema enfrenta com as constantes mudanças (KLEIN e NICHOLLS, 1999).

A localização da faixa litorânea tem grande importância estratégica na sociedade, principalmente pelo transporte e obtenção de alimentos, mas também como base dos fluxos de circulação oceânica, como lugar de lazer, turismo, de valiosos recursos naturais ou ainda como suporte aos ecossistemas de alta relevância ambiental (MARENZI, 2004). Segundo Alexandrakis *et al*, (2015), às três principais características do impacto da erosão costeira é a perda de área com valor econômico significativo, a destruição do sistema de defesas naturais (como as dunas) e o comprometimento dos sistemas de proteção costeira artificiais (restinga), aumentando os riscos de inundação.

A erosão costeira é considerada como risco costeiro de grande relevância, devido a elevada densidade populacional, comparada as outras regiões e pela representatividade econômica no ambiente litorâneo. Todavia, quando a população se instala na região costeira, este ambiente sofre com a alteração da sua dinâmica natural, ocasionando diversos problemas (BIRD, 1985; MUEHE, 2006). Apesar dos riscos que a erosão costeira provoca, esse processo é um resultado natural da dinâmica hidrogeomorfológica das praias arenosas (GRIGGS, 1996).

Com os panoramas globais de aumento do nível médio relativo do mar, a erosão costeira se torna um emergente e preocupante risco, pois como já descrito a população presente na costa é maior comparada com outras regiões. Pode-se dizer que se trata de um problema público que somente tem sido freado com a construção de contenções, como por exemplo, molhes, espigões, enrocamentos rochosos, entre outros. No entanto, essas medidas de contenção, além de alterarem o perfil da praia, podem acarretar uma série de outros impactos, e o que é ainda mais preocupante, não solucionar o problema, mas sim agravá-lo. (GRACIA *et al.*, 2018). Segundo as estimativas do Painel Internacional de

Mudanças Climáticas apontam que a elevação do nível do mar poder chegar a taxas de 0,13 a 0,50 mm/ano até 2100 (IPCC, 2021) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2022) o aumento do nível do mar comparado aos registros do século XIX, foi de 4,5 cm e aumento da temperatura do planeta de 1,1°C. Como consequência desses acontecimentos, espera-se que os processos de erosão costeira sejam intensificados (BRUUN, 1962).

Em Santa Catarina, segundo Muehe (2006) a ocorrência da erosão costeira está fortemente ligada a presença de eventos extremos, que geralmente estão associadas a ciclones extratropicais no sul do Brasil. Os fenômenos climáticos no estado são monitorados, algo de extrema importância para se aliar com estudos hidrodinâmicos e geomorfológicos específicos de cada região, levando em conta que cada região tem sua geomorfologia e padrões únicos de circulação e, desta forma, pode-se obter padrões erosionais, para definir um plano de contenção com maior eficiência e menor degradação do perfil praial.

A erosão costeira é um fenômeno que causa um grande impacto no Brasil e no planeta, especialmente em zonas costeiras que são ambientes economicamente ativos e densamente povoados. Normalmente, os estudos sobre a erosão costeira são baseados em análises de vulnerabilidade a partir de modelos de complexidade reduzida e medições e/ou acompanhamento do avanço *in situ*. No entanto, o estudo da erosão costeira no Brasil ainda é limitado, mesmo com a extensão significativa da linha costeira do país. Neste estudo, com o uso da ferramenta Digital Shoreline Analyses System- DSAS para entender a variação da linha de costa aos longos dos anos e a junção de outras análises para os entendimentos dos processos existentes, torna-se possível obter resultados mais significativos para o tema. É importante destacar que a busca pelo histórico da erosão e a demonstração dos acontecimentos têm sido desafiadores, mas também fundamentais para estudos e diagnósticos futuros.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é entender a influência dos fatores hidrodinâmicos e meteorológicos nos processos de erosão existentes nas praias de Itapoá e avaliar o

comportamento da erosão costeira ao longo dos anos de 1985 a 2022 com a finalidade de determinar as causas e consequências a partir da evolução histórica desses processos.

1.1.2 *Objetivos Específicos*

1. Identificar e classificar o estado erosional de cada ponto de praia, com a finalidade de entender os processos existentes;
2. Classificar a vulnerabilidade costeira das praias;
3. Realizar diagnóstico dos processos hidrodinâmicos e sedimentares através da modelagem numérica;
4. Compreender o comportamento da linha de costa ao longo dos anos de 1985 a 2022, através da taxa de variação;
5. Identificar os eventos meteorológicos de grande intensidade que podem ser responsáveis pelo avanço da erosão ao longo deste período e compará-los.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Erosão Costeira no ambiente praial

Segundo Komar (1983) a erosão costeira é resultado da complexa interação das ondas, do nível do mar, correntes costeiras de “deriva litorânea” e do aporte sedimentar de cada região. Bem como, segundo Pilkey (2009) e Muehe (2011) a erosão costeira pode ser considerada um processo natural e pode ser entendida como a mudança no perfil praial, resultante na transgressão na linha de costa.

Em geral, diversos estudos (ALBINO *et al.*, 2004; ALMEIDA *et al.* 2004; ANGULO *et al.*, 2004; ARAÚJO *et al.*, 2004; CALLIARI e SPERANSKI, 2004; FREIRE, 2004; TESSLER *et al.*, 2004; VITAL, 2004) relatam que, em média, 40% da acreção ocorre no ambiente praial, mesmo assim diversas cidades litorâneas sofrem com os impactos da erosão.

As zonas costeiras estão entre os ambientes com maior densidade demográfica no mundo, contendo mais de 60 % da população situada em regiões com até 60 km da costa (AUGUSTINUS, 2009; NICHOLLS, 1995; BIRD, 1985 e 1981). No Brasil, segundo

Martinez *et al.* (2007), 48,6% da população vive na zona costeira. Enquanto que em Santa Catarina, segundo Polette *et al.* (1995), aproximadamente 68% da população vive na região costeira.

De acordo com Muehe (2011), a erosão costeira é um problema socioambiental relativamente recente, impulsionado pelo aumento populacional na região costeira e pelo constante crescimento urbano, com a construção de residências, ruas e acessos à praia.

No entanto, essas construções, em sua maioria, ignoram os processos hidrodinâmicos que moldam o perfil praial ao longo da linha de costa, resultando em diversos problemas socioambientais, especialmente quando combinados com eventos climáticos extremos

A erosão costeira é um fenômeno presente não só no Brasil, mas em todo o mundo. Segundo Bird (1985), entre 70% e 80% das regiões costeiras do mundo sofrem a retrogradação (recuo), por perda de areia para as dunas, para devolução da própria plataforma continental adjacente ou para a corrente de deriva litorânea (BIRD, 1985 e 1981; PILKEY *et al.*, 2009).

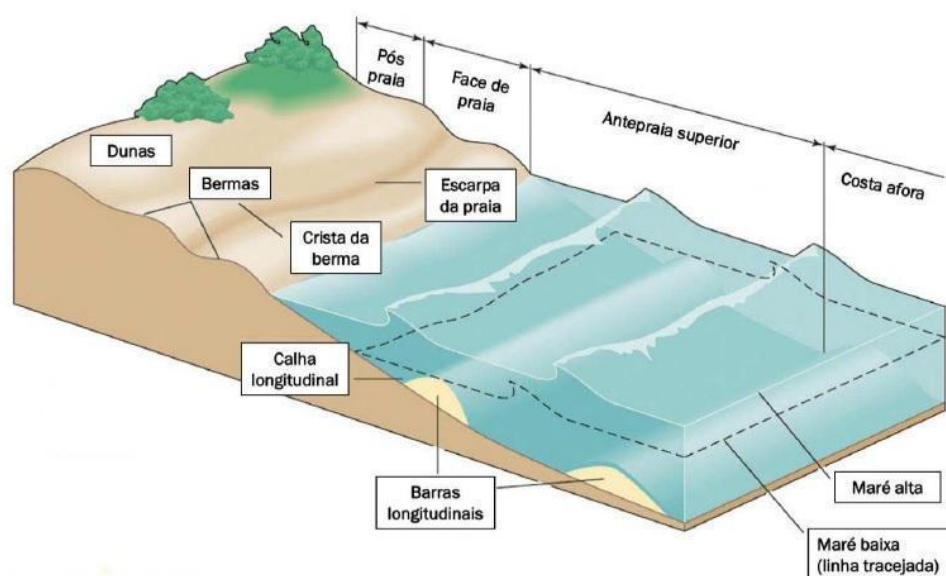
2.1.1 Sedimentação no ambiente praial

O ambiente costeiro é altamente complexo e sensível, decorrente da dinâmica entre o oceano, o continente e a atmosfera. Devido a esta dinâmica, o ambiente costeiro está sempre em processo de mudanças, essas causadas por processos naturais comuns, resultantes do padrão de ventos, corrente e ação das ondas. No entanto, as mudanças mais drásticas estão relacionadas a eventos meteorológicos, como por exemplo, tempestades, ciclones extratropicais, entre outros (FRENCH, 2001; GODSCHALK *et al.*, 2000; MUEHE, 2011). Estes agentes movem o sedimento na antepraia superior e zona intermarés de acordo com a subida e descida do nível do mar. Em consequência dessas forçantes hidrodinâmicas ocorre as mudanças constantes no perfil praial. Os sedimentos na praia recebem materiais mais finos e mais grossos e devido ao balanço hidrodinâmico, esses grãos ficam dispostos em vários padrões e por feições menores, como cristas, terraços e cúspides (HARDISTY, 1990). Portanto, os processos que ocorrem na antepraia desenham a morfologia da praia (KOMAR, 1976).

As correntes de deriva litorânea e as ondas geradas pelos ventos são dois dos processos naturais mais importantes que afetam o ambiente praial (CALLIARI *et al.*, 2003; DAVIDSON-ARNOTT, 2010). Segundo Bird (2008) a definição do perfil praial é estabelecida entre o limite da linha de maré baixa e o limite superior da ação das ondas,

em geral da base da falésia, das dunas ou da vegetação de restinga permanente, o qual a face da praia representa o setor que pode estar emerso ou submerso, conforme a ação das marés (Figura 1). No setor da antepraia superior, situa-se a região da zona de surfe e de espraçamento, área que pode ser alterada conforme as mudanças hidrodinâmicas (CALLIARI *et al.*, 2003). O início da zona de arrebentação faz o limite com a região de costa a fora (BIRD, 2008; CALLIARI *et al.*, 2003; DAVIDSON-ARNOTT, 2010; GARRISON, 2012; KOMAR, 1976).

Figura 1 - Caracterização e definição do perfil praial.



Fonte: Garrison, 2012.

As ondas geradas pelo vento podem ser definidas pelas ondas construtivas (deslizante, colapsante e ascendente) e destrutivas (mergulhante). As ondas construtivas levam os sedimentos para a praia, através de forte fluxo em diversas direções à praia, devido ao espraçamento (*swash*) daquela praia quanto maior a distância em comprimento, maior o espraçamento, com isso, o retorno desse sedimento é mais suave (*backwash*). Em contrapartida, as ondas destrutivas, produzem pequeno espraçamento e um vigoroso movimento de retorno, erodindo a face de praia (BIRD, 2008; DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

As praias arenosas são definidas por ondas que quebram próximo à costa possuem maior facilidade em retirar o material depositado na face da praia e devolver a plataforma, assim como as ondas geradas pelas tempestades, as quais aumentam as amplitudes das ondas, tornando-as capaz de carregar mais sedimento para fora do perfil, tanto para dentro

(pós praia), quando para fora dele (zona mais afora). As ondas de tempestades também são capazes de formar bernas e escarpas expostas na região da face e dos pós praia (Figura 1). As correntes também influenciam diretamente na deposição e acresção sedimentar, principalmente, em sua direção. As correntes podem ser geradas de diversos modos e terem diversas origens, sendo as mais usuais as correntes de retorno e as correntes geradas por ondas, as correntes de maré, as correntes oceânicas, correntes geradas pelo vento e correntes fluviais. A principal corrente que influencia diretamente a erosão costeira no ambiente litorâneo é a corrente de deriva litorânea que é caracterizada por correntes geradas por ondas que chegam longitudinais à costa. Assim como, outro ponto muito importante no ambiente litorâneo são os aportes sedimentares provindos do próprio continente, que são transportados e chegam na margem através de rios ou estuários pelas desembocaduras (BIRD, 2008).

Segundo Calliari *et al.* (2003) e Carter (1991) a disposição e o tipo dos grãos dispostos no ambiente praial são importantes para a definição da erosão ou acresção. Os grãos são transportados pelas ondas ou pelo vento de acordo com seu tamanho, tipo e peso, moldando-se conforme o processo de transporte e dependendo da energia hidrodinâmica para serem movidos. Grãos maiores e mais pesados não podem ser transportados pelo vento e requerem uma força hidrodinâmica mais forte.

2.1.2 Vulnerabilidade Costeira

De acordo com Tominaga *et al.*, (2018) e Andrade *et al.*, (2019) a definição para vulnerabilidade pode ser entendida como o conjunto de processos e condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais que estão associados aos processos existentes dentro de uma comunidade. Tais elementos podem trazer riscos econômicos, sociais, políticos, técnicos, culturais, educacionais e institucionais para determinada população.

Os autores Bevacqua *et al.*, (2018) consideram que realizar um modelo aplicado à vulnerabilidade dos ambientes costeiros é algo dificultado pela falta de dados observacionais. A vulnerabilidade costeira implica o grau de exposição e do risco em potencial causado pela perda ou destruição do espaço físico da linha de costa e da zona costeira. Os autores ressaltam que o conceito de vulnerabilidade costeira, quando aplicado de forma socioambiental, resulta em maior detalhamento da distribuição espacial da vulnerabilidade, o que permite a projeção de estratégias de gestão costeira mais eficientes.

2.2 Histórico de Erosão em Itapoá - SC

Em Santa Catarina, os processos erosivos na faixa litorânea são evidentes e vários impactos são reportados pela mídia local todos os anos. Segundo Rudorff e Bonetti (2010) e Angulo *et al.*, (2004), os maiores danos são, principalmente, agravados quando associados a ocorrência de marés de sizígia e/ou ciclones extratropicais.

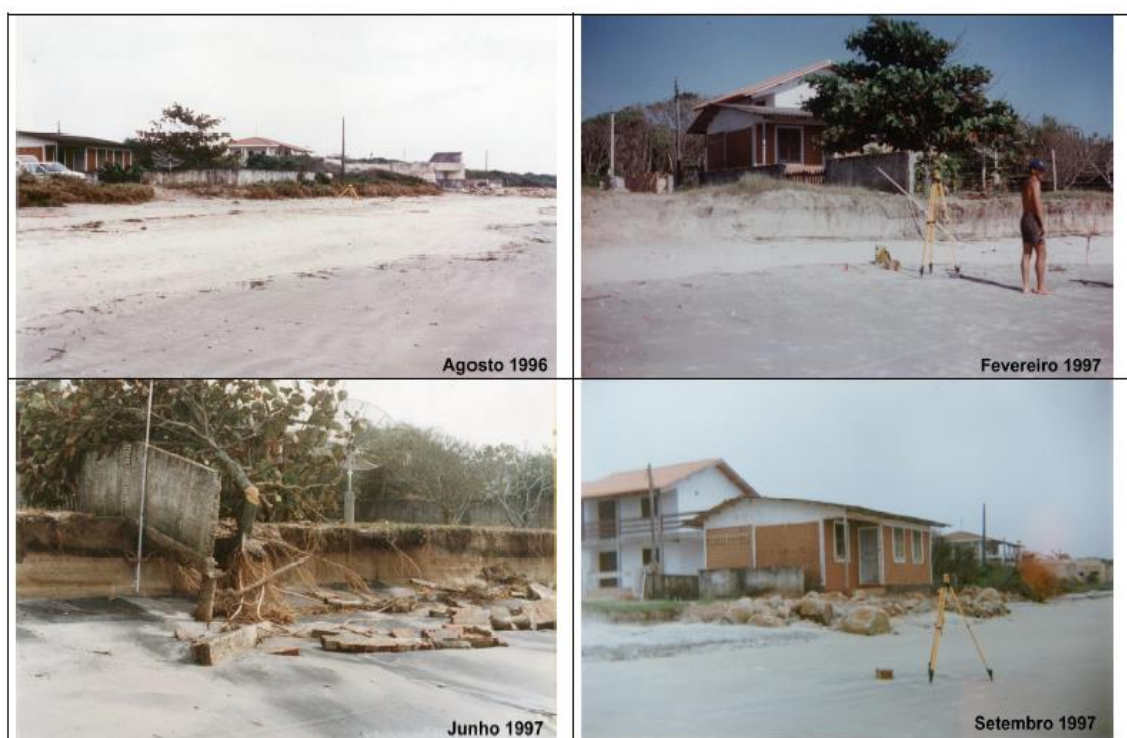
De acordo com os diversos relatórios de Estudo de Impacto Ambiental (Itapoá Saneamento – EIA/RIMA, 2015 e 2020; Regularização Fundiária da Glebas- EIA/RIMA, 2015; Porto de Itapoá – EIA/RIMA, 2013), o Município de Itapoá tem enfrentado graves problemas de erosão costeira nos últimos anos, resultando na deterioração e destruição de propriedades e infraestrutura urbana pública, além da descaracterização do perfil praial. Desde 1996, o laboratório Lacost/UFPR vem estudando o caso de erosão em Itapoá, utilizando dados desde 1957, e o monitoramento da região costeira próxima a Itapoá foi iniciado em 1970. O laudo técnico de 2002 (ÂNGULO *et al.*, 2002) dividiu as praias em duas categorias com base na geologia: "oceânicas" e "influenciadas por desembocadura", e delimitou três setores, definidos como Norte, Central e Sul, após seis anos de estudos da costa de Itapoá. Setor Norte – localizado entre as desembocaduras dos rios Saí-Guaçu e Saí-Mirim. Setor Central – localizado entre a desembocadura do rio Saí-Mirim e o Córrego das Palmeiras. Setor Sul – localizado entre o Córrego das Palmeiras e o balneário Figueira do Pontal.

O setor norte foi caracterizado pela migração da desembocadura do rio Saí-Mirim para o norte. Em alguns períodos do ano, as duas desembocaduras dos rios se encontram quando a descarga do rio está mais forte, o que leva à quebra do esporão formado na região. No setor Central, onde as praias oceânicas estão localizadas, o monitoramento realizado entre 1996 a 2002 indicou recuo médio da linha de costa de 10,91 m no período (1,78 m/ano). Também foi verificado déficit médio de 15,16 m³ de areia por metro linear de praia nesta região. A região central está caracterizada com aproximadamente 12,4 km de praia, o que totaliza um déficit de areia no período em torno de 200.000 m³ ao longo da costa, o que corresponde a uma perda de 30.600 m³ de areia por ano.

O setor Sul é a região diretamente afetada pela desembocadura da baía da Babitonga e do delta de maré vazante do Córrego da Palmeiras. Quando comparadas às fotografias aéreas de 1957 e 1978 verificou-se que próximo ao Pontal da Figueira a linha de costa se deslocou em direção ao mar em torno de 200 m, o qual resultou num acréscimo de área emersa de aproximadamente 15 ha. Entre 1978 e 1995 verificou-se intensa erosão,

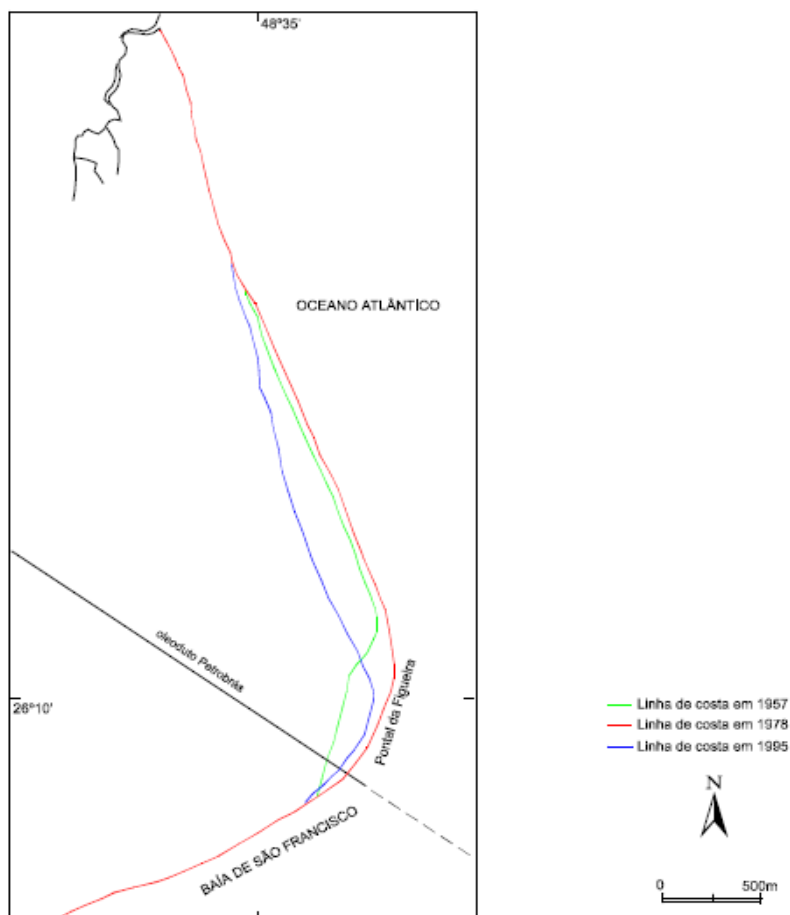
principalmente ao norte do pontal, onde a linha de costa recuou cerca de 250 m, resultando numa perda de área em torno de 38 ha (Figura 2). Neste setor, entre 1996 e 2002 o recuo médio da linha de costa apresentou 21,96 m (3,58 m/ano). Portanto, com o comprimento deste setor de 3,6 km, estima-se que a perda de areia foi de aproximadamente 400.000 m³ no período (67.700 m³/ano), como mostra na figura 3 (ÂNGULO, SOUZA, 2002).

Figura 2 - Fotos antigas da evolução da erosão em Itapoá-SC no setor Central.



Fonte: LASCOST/ UFPR, 2002.

Figura 3 - Comparação com a evolução da linha de costas dos anos de 1957, 1978 e 1995.



Fonte: LACOST/ UFPR, 2002.

No relatório de Laudo Técnico (ÂNGULO, SOUZA, 2002) foram levantadas algumas hipóteses do avanço da erosão costeira em Itapoá, como as praias do setor sul são fortemente afetadas pela desembocadura da Baía da Babitonga pelo delta de maré vazante que se forma, ocasionando diretamente mudanças nos perfis morfológicos. Em 1997 e 1998, a região sofreu com intenso processo na elevação da amplitude das ondas, o qual foi ocasionado pelo fenômeno El Niño na região, no entanto este relatório também evidencia que não ocorreu o balanço sedimentar em outros períodos e que o déficit sedimentar e a erosão costeira foram intensificadas neste período e continuou em proporções menores nos anos subsequentes. A erosão também foi evidenciada nos anos seguintes nas praias do setor Central. Foi constatado no presente laudo que as perdas significativas do volume praial não podem ser explicadas apenas pelas variações naturais decorrentes das mudanças na morfologia do delta ou provocadas por fenômenos tipo El Niño/La Niña. A principal hipótese levantada foi que os processos de dragagens no canal da Baía da Babitonga estão afetando diretamente o aporte sedimentar da região, pois os

valores de déficit sedimentar são muito próximos aos volumes dragados para o mesmo ano.

Em 2014, o Departamento de Gestão Territorial – DEGET, através do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, criou o Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes, Inundações e Movimentos de Massa para Itapoá – SC. Os dados resultantes deste trabalho emergencial são disponibilizados às defesas civis de cada município e os dados finais irão alimentar o banco nacional de dados do CEMADEN (Centro de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais). Neste relatório (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2014), foram identificados dois setores de alto risco de inundação desencadeados por processos sazonais. Historicamente, os maiores eventos de inundação ocorreram nos anos de 1994 e 2008 e os processos erosivos sempre foram constantes e intensificados em alguns momentos. Os locais mais afetados pela erosão são os balneários Brasília, Itapoá (Centro), Princesa do Mar e Uirapuru. Em outubro de 2013, algumas moradias foram atingidas e pontos da orla regrediram em até 7 metros. Estes documentos também ressaltam que a ocupação desordenada em Itapoá é responsável pelos problemas de erosão na cidade (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2014).

Atualmente em Itapoá acontecem os estudos e processos administrativos (licenciamento ambiental) para a engorda de praia, cuja finalidade é promover a reestruturação do perfil praiial e do turismo na região (PREFEITURA DE ITAPOÁ, 2022). Em 2022, o Ibama liberou o aprofundamento do canal da Baía da Babitonga de 14 metros (atuais) para 16 metros de profundidade.

2.3 O Estudo da Erosão Costeira

Diversos autores, como Leathermann (1988 e 2003), Crowel *et al.* (1991), Moore (2000), entre outros, obtiveram avanços e erros no tratamento de dados e, também, nos métodos de análises que abrangem as variações da linha de costa de curto a longo prazo.

O trabalho de Serafim e Bonetti (2017) apresenta uma alternativa metodológica para o mapeamento da vulnerabilidade costeira em relação aos eventos extremos de ondas e marés em SC, a partir da criação de um índice multicritério e na utilização de um sistema de informação geográfica, que foi baseado em 2 submodelos: o primeiro, referente a capacidade adaptativa que engloba as variáveis socioeconômicas. O segundo, a suscetibilidade, composto das variáveis do meio físico. Embora este estudo de Serafim e Bonetti (2017) tenha sido bastante eficiente na proposta do modelo utilizado, é importante

ressaltar que ele se limitou a caracterizar a vulnerabilidade costeira e não investigou suas causas e origens em escala regional. No entanto, o modelo foi eficaz para um estudo em escala estadual e para fatores climáticos extremos.

Já no trabalho de Santos *et al.* (2015), foi apresentada uma metodologia para a vulnerabilidade costeira e à elevação do nível do mar em escala local. Para isso, foi criado um índice de vulnerabilidade costeira com a combinação de quatro variáveis geológicas: geomorfologia, declividade, elevação e taxa de erosão/acreção na face de praia e três variáveis de processos físicos costeiros: taxa de elevação do nível médio do mar, altura significativa de onda e amplitude de maré média. Este estudo demonstrou bons resultados para aplicação na linha de costa e em escala local onde detalhes sejam necessários.

O estudo de Silva *et al.* (2013) teve o objetivo de modelar os dados de diversas maneiras, principalmente com o uso da Global Navigation Satellite Systems (GNSS) e do sensoriamento remoto para, posteriormente, identificar a espacialização da vulnerabilidade costeira à erosão utilizando a metodologia *fuzzy*. A lógica *fuzzy* consiste em conjuntos de Lukasiewicz (graus de pertinência sendo: 0, $\frac{1}{2}$ e 1, posteriormente expandiu um número infinito de valores entre 0 e 1). A metodologia é formada por três etapas: **a fuzzificação, a inferência e a defuzzificação**. Após análise, os níveis de vulnerabilidade à erosão costeira encontradas no litoral de Recife e Jaboatão dos Guararapes ao longo da linha de costa neste estudo foram: 33,33% da linha de costa possui vulnerabilidade baixa, 38,15% possuem vulnerabilidade moderada, 14,26% vulnerabilidade alta e 14,26% muito alta

Segundo Mazzer *et al.* (2008), o uso de uma metodologia combinada é mais eficiente no estudo da vulnerabilidade costeira, como a junção de parâmetros geomorfológicos, taxas de variação da linha de costa, variações do nível do mar, altura de ondas etc., que foi baseado em dois pressupostos o primeiro: nas células costeiras são unidades homogêneas de balanço sedimentar; o segundo: os processos costeiros que atuam na linha de costa operam em diversas escalas temporais. A partir disso, oito variáveis ligadas à morfodinâmica e duas taxas de variação da linha de costa (interanual e interdecadal) juntamente a uma análise de risco. Os resultados obtidos pelos autores foram que a inclinação da face litorânea e a altura de ondas são variáveis muito importantes no estudo da vulnerabilidade costeira. Os autores reforçam que a análise realizada por eles em associação com escalas espaciais pode fornecer bastante conhecimento para fins de gerenciamento costeiro.

Na Ilha de Santa Catarina, Rudorff e Bonetti (2010) analisaram a suscetibilidade

das praias a partir da junção metodológica que abrangia os geoindicadores (esses geoindicadores foram interpolados no sistema SIG - método Inverso do Quadrado da Distância (MIQD)). Também foi utilizado o modelo de elevação baseado na lógica difusa - teoria dos conjuntos difusos. Por fim, a distância entre a linha de costa foi adicionada a este índice. Portanto foram descritos dessa forma:

$$suscetibilidade = ((geoindicadores \times distância difusa) \times 0,8) + (MDE difuso \times 0,2)$$

Representado por 0,2 e 0,8 é o peso dado a elevação e geoindicadores $\times$ distância, respectivamente. No geral, os resultados entraram em conformidade com o estudo de Simón e Horn, quando os resultados apontaram “Alto Risco” como o resultado de “Ressacas”. No entanto, apesar de não diagnosticar as taxas de probabilidade de erosão, os geoindicadores permitiram avaliar eficientemente as variações de suscetibilidade das praias.

Diversas tecnologias foram apresentadas para análise da variação da linha de costa. Recentemente o uso do DGPS (GPS Diferencial) e Sensores Laser (LIDAR) e monitoramento realizados por imagens de satélites tem sido utilizado em estudos (LEATHERMANN, 2003). No entanto, mais recentemente, o uso da modelagem e na criação de algoritmos que monitorem e previnam acidentes e que possam demonstrar à população dados com mais precisão dos processos envolvidos nos processos de erosão tem ganhado muita força pelo mundo.

Por isso, a constante busca por técnicas e análises sobre o avanço do nível costeiro é importante para determinar os processos existentes que desencadeiam a erosão costeira, com a finalidade de mitigar os impactos pertinentes a este processo.

2.3.1 Análise DSAS – Utilizando a tecnologia Cassie Engine

O CASSIE aplica um algoritmo de detecção automática da linha de costa às imagens, o qual é realizado usando o *Normalized Difference Water Index (NDWI)* aplicado a cada uma das imagens selecionadas da seguinte forma:

$$NDWI = \frac{(NIR - VERDE)}{(NIR + VERDE)}$$

onde NIR e VERDE são as reflectâncias dos pixels na banda do infravermelho próximo (NIR) e na banda verde, respectivamente. A imagem gerada resulta em um histograma bimodal claro, o qual a terra e água devem registrar grandes contrastes entre o corpo de água e a terra e são classificados usando um algoritmo de limiarização de duas classes

dos pressupostos de Otsu (1979) (ALMEIDA *et al.*, 2021). O cálculo do DSAS envolve alguns passos principais: 1- Digitalização da linha de costa: a primeira etapa é a digitalização da linha de costa em imagens de satélite ou outras representações digitais da área costeira de interesse. Isso pode ser feito manualmente por um operador, usando um software de SIG (Sistema de Informação Geográfica) ou automática utilizando algoritmos de detecção de bordas; 2 - Construção de uma "Baseline": a "Baseline" é uma linha de referência fixa que representa uma seção reta da costa escolhida para servir como base para a análise de mudanças. Geralmente, é desenhada perpendicular à direção geral da costa e é estabelecida em um momento inicial de referência; 3 - Cálculo de distâncias: o DSAS calcula as distâncias entre a linha de costa digitalizada em diferentes momentos (por exemplo, entre uma imagem de satélite atual e uma imagem de satélite anterior). Essas distâncias podem ser medidas perpendicularmente à Baseline e são usadas para quantificar a erosão ou o avanço da costa; 4 - Análise estatística: com base nas distâncias calculadas, o DSAS realiza uma análise estatística para determinar as tendências de mudança da linha de costa ao longo do tempo. Isso pode incluir cálculos de taxa média de mudança, incertezas associadas, padrões sazonais e outras informações relevantes. A partir da análise a análise DSAS gera resultado com transectos ortogonais a uma linha de base determinada pelo usuário (baseline) em um espaçamento definido, assim as taxas de mudanças são calculadas através de métodos estatísticos distintos. O método adquirido para esse estudo foi o de regressão linear (LRR). Este método, calcula as taxas de recuo de linha de costa através de regressão linear simples, baseado nas variações entre traçados. Como resultado, os valores negativos apresentados pelo DSAS representam as áreas onde pôde ser constatado índices de erosão, enquanto os valores positivos demonstram tendências de deposição nas regiões estudadas.

Outras medidas resultantes da análise são: r^2 , SCE, NSM e EPR. 1 - R^2 (Coeficiente de Determinação): O R^2 é uma métrica que indica o quão bem os dados se ajustam à linha de tendência (baseline) utilizada na análise. É uma medida de quão bem a variabilidade dos dados é explicada pelo modelo. O valor do R^2 varia de 0 a 1, sendo 1 quando todos os pontos se ajustam perfeitamente à linha de tendência e 0 quando não há ajuste algum. Um valor mais próximo de 1 indica um bom ajuste do modelo aos dados; 2 - SCE (*Sum of Squares due to Error* - Soma dos Quadrados devido ao Erro): O SCE é a soma dos quadrados dos resíduos (diferenças entre os dados observados e os valores preditos pelo modelo) e é usado para avaliar o quão bem o modelo se ajusta aos dados. Quanto menor o valor do SCE, melhor é o ajuste do modelo; 3 - NSM (*Net Shoreline*

Movement - Movimento Líquido da Linha de Costa): O NSM é a métrica que representa a diferença entre o movimento da linha de costa em direção ao oceano e o movimento em direção à terra durante um determinado período de tempo. Ele indica o líquido deslocamento da linha de costa no período considerado. Valores positivos indicam progradação costeira, enquanto valores negativos indicam erosão; 4 - EPR (*End Point Rate - Taxa de Deslocamento Pontual*): O EPR é uma medida da taxa de deslocamento pontual da linha de costa. Ele é calculado pela diferença na posição da linha de costa em dois pontos de tempo dividida pelo período de tempo entre as duas medições. O EPR fornece uma estimativa da taxa de mudança local da linha de costa em um local específico. O sistema Cassie utiliza o banco de dados do Satélite LANDSAT que estão descritos a seguir:

1. O Satélite Landsat 5: O sensor MSS (*Multispectral Scanner System*) foi lançado a bordo dos cinco primeiros satélites da série Landsat e passou por algumas atualizações durante o tempo. Com exceção do L3 que foi projetado com a banda 8 termal, os demais foram desenhados com quatro canais dispostos nas regiões do visível e infravermelho próximo. Embora projetado com a banda 8, o sensor MSS a bordo do L3 também operou com quatro bandas devido à falha no sensor termal ter ocorrido após o lançamento. Algumas alterações verificadas entre as versões do MSS durante o tempo dizem respeito às próprias características dos satélites, que reduziram o tempo de revisita de 18 para 16 dias e aumentaram a acurácia no armazenamento dos dados de 6 para 8 bits.
2. O Satélite Landsat 6: O sensor ETM (*Enhanced Thematic Mapper*) foi projetado para ser levado a bordo do Landsat 6, no entanto, não entrou em operação devido à falha ocorrida no lançamento do satélite. Em relação ao seu antecessor, o sensor TM, foi incluída uma nova banda pancromática (banda 8) com 15 metros de resolução espacial e mantidas as demais configurações técnicas.
3. O Satélite Landsat 7: O sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*), a bordo do satélite Landsat 7, foi o sucessor operacional do instrumento TM e manteve configurações técnicas muito semelhantes a ele oferecendo a versatilidade e eficiência obtidas nas versões anteriores. Além disso, contribuiu para ampliar o uso dos produtos, pois conseguiu melhorar a acurácia do sistema, ampliou a resolução espacial da banda 6 (infravermelho termal) para 60 metros, além de

tornar a banda pancromática operante e permitir a geração de composições coloridas com 15 metros de resolução. Em 31/05/2003 o sensor apresentou problemas de funcionamento e a partir dessa data as cenas do Landsat 7 foram enviadas em modo SLC-Off para serem utilizadas necessitam de correções prévias e análise de acurácia no posicionamento e calibração dos pixels.

4. O Satélite Landsat 8: O sensor OLI (*Operational Land Imager*) possui bandas espectrais para coleta de dados na faixa do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, além de uma banda pancromática. Avanços tecnológicos demonstrados por outros sensores experimentais da NASA foram introduzidos no sensor OLI, que passou a ter quantização de 12 bits. A entrada em operação do sensor a bordo do Landsat 8, permite a continuidade dos trabalhos em sensoriamento remoto iniciados na década de 1970, com a missão Landsat. E, o sensor TIRS TIRS - (*Thermal Infrared Sensor*) possui bandas espectrais na faixa do infravermelho termal. Oferece continuidade à aquisição de dados captados pela banda 6 do TM e ETM+. Os dados do sensor TIRS possuem 100m de resolução espacial, com resolução radiométrica de 12 bits e correção com os dados oriundos do sensor OLI.

2.3.2 Utilização da Modelagem MOHID para análise hidrodinâmica

A modelagem numérica MOHID começou a ser utilizada no Brasil nos projetos atualmente desenvolvidos pelo projeto “*Sea Observatory and operational modelling system for the south-eastern Brazilian shelf*”, o qual aborda toda costa sudeste brasileira no monitoramento de desastres marítimos, como os derramamentos de óleo na intenção de identificar o trajeto percorrido e a sua origem (SEA OBSERVATORY, 2019).

O MOHID foi desenvolvido pelo Instituto Maretec em Portugal e no país é muito utilizado para diversos fins. A partir do relatório Zonas Costeiras e Mar (2020), a modelagem MOHID foi utilizada para determinar o efeito da elevação do nível médio do mar na hidrodinâmica do estuário e o seu reflexo no transporte e distribuição de salinidade. Os modelos hidrodinâmicos e de transporte são implementados usando o método dos volumes finitos numa malha computacional genérica sendo as equações de Navier-Stokes e de transporte resolvidas por um método ADI. A principal dificuldade encontrada nas simulações é a escolha da malha computacional com a finalidade de

proporcionar uma resolução espacial adequada ao estudo que se pretende realizar sem incorrer em tempos de cálculo excessivos (MARATEC, 2021).

O MOHID é um modelo numérico de simulação hidrodinâmica e de transporte de poluentes, amplamente utilizado para estudar sistemas aquáticos, como estuários, rios, lagos e oceanos. As variáveis de entrada e saída do MOHID podem variar dependendo da configuração do modelo e dos objetivos específicos da simulação. No entanto, algumas das variáveis de entrada e saída típicas incluem: Variáveis de entrada: 1- Geometria do domínio (topografia, batimetria, áreas de interesse); 2- Condições de contorno (marés, vazões de rios, temperatura e salinidade nas fronteiras); 3 - Características do solo (porosidade, coeficientes de permeabilidade); 4- Forçantes meteorológicas (vento, radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa, precipitação); 5 - Características dos poluentes (concentrações iniciais, fontes e sumidouros, coeficientes de dispersão). Variáveis de saída: 1- Hidrodinâmica: altura de onda, nível da água, correntes, transporte de sedimentos; 2 - Qualidade da água: concentrações de poluentes (por exemplo, nutrientes, materiais orgânicos, contaminantes) em diferentes locais e momentos; 3 - Parâmetros biológicos: distribuição de fitoplâncton, zooplâncton, peixes; 4 - Características do sedimento: espessura do sedimento, distribuição granulométrica; 5 - Processos ecológicos: produção primária, respiração, taxas de crescimento (MARATEC, 2021).

Segundo Sea Observatory (2019) um sistema operacional de modelagem hidrodinâmica para a plataforma sudeste brasileira, focando inicialmente nas costas dos estados do Paraná e de Santa Catarina, está em implementação para fornecer resultados de previsão com alta resolução espacial ao Observatório do Mar. Os resultados dos modelos hidrodinâmicos globais e costeiros poderão ser utilizados para a previsão da dispersão de óleo em casos de derrame e auxiliar em ações emergenciais, como exemplo. Na pesquisa de Franz (2017), sobre o balanço hidrodinâmico e geomorfológico da costa da Caparica em Portugal, o modelo MOHID conseguiu simular todos os fluxos correspondentes do local e, principalmente, os processos deposicionais e erosionais fornecendo bons resultados para o monitoramento do ambiente (SEA OBSERVATORY, 2019). Nesta pesquisa, a utilização dos resultados da simulação da modelagem MOHID no modelo filho (Baía da Babitonga) será um adicional aos demais resultados, tendo a principal finalidade de complementar a metodologia.

2.4 As Mudanças Climáticas e a Erosão Costeira

A série de recordes mundiais de extremos climáticos atualmente notificados por autoridades do clima como a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e nos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) do ano de 2021, refletem o agravamento de indicadores de extrema importância relacionados às mudanças climáticas. Os cientistas da agência das Nações Unidas alertam para a importância de adoção de medidas que revertam esse cenário, como a substituição do uso de combustíveis fósseis por fontes de energias renováveis. Segundo os especialistas, é necessário tomar medidas adequadas para a contenção de situações mais críticas e mais drásticas no futuro, que seriam capazes de conduzir a humanidade a uma catástrofe ambiental.

Segundo o OMM (2022), os dados de 2021 são alarmantes, principalmente sobre o aumento da temperatura, sendo que o aquecimento segue de 2,5°C a 3°C, ao invés de 1,5°C como estimado pelo protocolo de Paris. Segundo as estimativas do IPCC, os dados apontam para uma elevação do nível do mar que pode chegar a taxas de 0,13 a 0,50 mm/ano até 2100, pois o aumento do nível do mar para a última década foi de 4,5 cm, desencadeado pelo aumento da temperatura do planeta de 1,1°C (IPCC, 2021; OMM, 2022). O nível do mar varia em diversos sistemas em escalas temporais e espaciais, estas que podem ser divididas em três grandes categorias: o Nível Médio Global do Mar (GMSL); a variação regional sobre esta média; e a ocorrência de extremos do nível do mar associados a tempestades e marés. Segundo Church *et al.* (2013) o GMSL vem crescendo exponencialmente desde o final do século 19 e comprovadamente segundo os relatórios do IPCC (2021) e MMO (2022). Com o aumento da temperatura global, diversos problemas podem estar associados a erosão costeira, como por exemplo, problemas associados diretamente com a elevação do nível do mar (degelo das calotas polares) e o avanço da linha de costa, assim como o aumento de tempestades/ ciclones extratropicais entre outros eventos de grande intensidade, que exercem influência direta sobre a agitação marítima e costeira e, como consequência, maior força hidrodinâmica na costa possibilitando maior impacto sobre a erosão costeira.

2.4.1 Climatologia da Região

A região de Santa Catarina está localizada em uma área com condições oceanográficas e meteorológicas transicionais e de forte dinâmica. A região é frequentemente afetada pela passagem de frentes frias e ciclones extratropicais, que influenciam a ocorrência de marés meteorológicas e ondas de tempestade. Esses eventos podem resultar em danos materiais significativos para as comunidades costeiras, especialmente quando associados a marés astronômicas de sizígia (SERAFIM, BONETTI 2017).

A cidade de Itapoá possui um clima subtropical úmido, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano. As temperaturas médias anuais giram em torno de 20°C, enquanto a umidade relativa do ar é aproximadamente 87%. Em média, a cidade recebe 1.904 mm de precipitação anualmente (KNIE, 2003).

De acordo com os estudos de Monteiro e Mendonça (2007), o clima de Santa Catarina é frequentemente afetado por sistemas meteorológicos que trazem instabilidade. Dentre esses sistemas, destacam-se as baixas pressões e cavados na superfície (que podem gerar ciclones), juntamente com as influentes frentes frias (de origens polares). Além disso, a presença de vórtices ciclônicos, jatos em altitude e cavados contribuem para intensificar essas condições adversas.

Complementando as informações, é importante ressaltar que além dos sistemas meteorológicos mencionados anteriormente, a circulação marítima também desempenha um papel significativo na instabilidade do clima, resultando em chuvas costeiras. Na região de Itapoá, assim como em toda a costa norte catarinense, a instabilidade local é reforçada pela presença da Serra do Mar, que está localizada a oeste/noroeste do município. A altitude da Serra do Mar tem uma influência significativa na ocorrência de chuvas orográficas, adicionando mais complexidade às condições climáticas da região. Segundo Vanhoni e Mendonça (2008) o relevo presente na região nordeste de Santa Catarina em divisa com o estado do Paraná, contribui para padrões distintos em uma mesma área, assim como Maack (1981) explicou sobre a presença de chuvas orográficas em função da presença de barreiras físicas (Serra do Mar) somados a umidade trazida do litoral. No estudo de Silveira *et al.* (2016), foi constatado que não há um padrão exato na distribuição das chuvas no território de Itapoá durante os três eventos analisados. No entanto, a maioria dos casos apresentou uma tendência de os maiores índices de chuva

ocorrerem na direção oeste ou com inclinação para oeste, ou seja, em direção à Serra do Mar. Esses resultados evidenciam a influência significativa da orografia nas chuvas do extremo litoral norte catarinense. A presença da Serra do Mar exerce um papel importante ao atuar como um obstáculo para o fluxo de massas de ar úmidas, levando a um aumento da precipitação na região próxima à encosta da serra.

O clima da região litorânea é diferenciado das demais regiões, em decorrência, principalmente, pelas diferenças de pressão entre continente e oceano. Para estudar a Erosão Costeira é de extrema importância o conhecimento do clima costeiro, porque é a energia das ondas, a intensidade e a recorrência de tempestades que gerenciam o processo de erosão pelo transporte sedimentar (MUEHE, 1998; PILKEY *et al.*, 2009). Segundo Tessler e Goya (2005), o transporte sedimentar na linha de costa possui duas forçantes principais, o Clima de Ondas e o Regime de Marés. O clima de ondas é definido pelo produto de três sistemas atmosféricos: 1. ZCIT – Zona de Convergência Intertropical (Forma a circulação mais ao Norte do Brasil); 2. ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul (Centro de Alta Pressão, que influenciam as tempestades); 3. APM – Anticiclone Polar Migratório (Centros de Alta Pressão que formam os sistemas frontais). Na costa sul brasileira, as ondas que atingem a costa são forçadas pelos ventos alísios, no entanto, as ondas com maior capacidade de transporte sedimentar são as associadas aos sistemas frontais ou massas polares, que podem resultar em ondas de 1 até 4 metros de altura (TESSLER e GOYA, 2005).

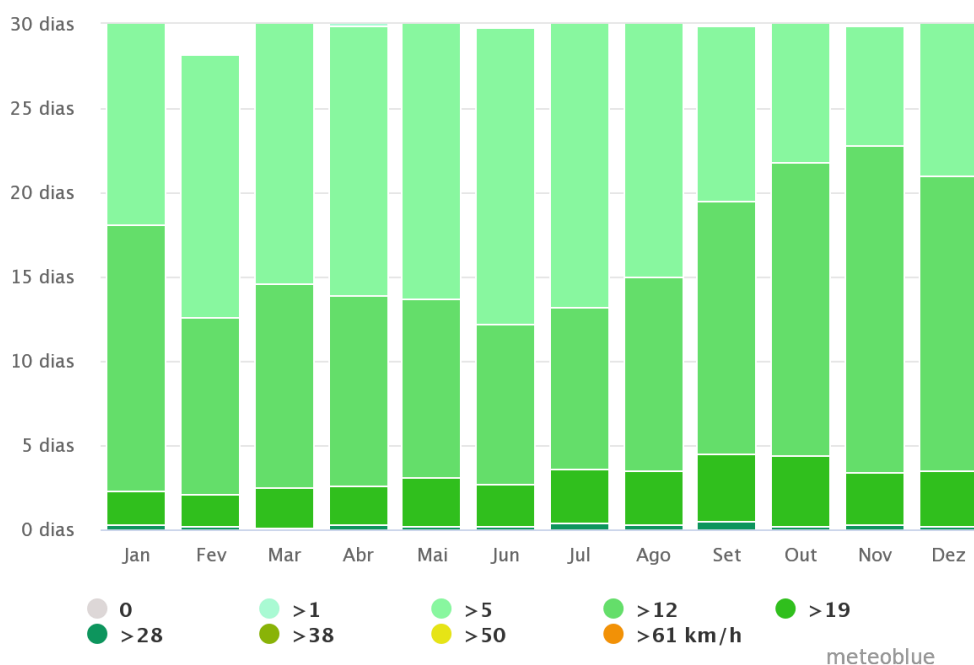
O regime de marés é um fator crucial que influencia a configuração da costa. Os níveis de Preamar (maré alta) e da Baixamar (maré baixa) são elementos fundamentais desse regime e desempenham um papel essencial na modelagem da linha costeira. A alternância desses níveis de maré ao longo do tempo molda a erosão e sedimentação nas áreas costeiras, contribuindo para a formação das características geográficas, como praias, costões rochosos e outros elementos que compõem o ambiente costeiro. O estudo detalhado desses níveis de maré é de extrema importância para uma compreensão abrangente da dinâmica costeira e para a gestão sustentável das áreas costeiras, considerando os impactos naturais e humanos. Na maior parte do litoral sul brasileiro essa mudança de nível ocorre até 2 metros, caracterizado pelas micromarés (TESSLER e GOYA, 2005). No entanto, compreende-se que o litoral sul do Brasil é uma região suscetível a anomalias locais e remotas nos registros das marés, em grande parte devido à sua proximidade com as zonas de geração dos sistemas frontais, que são trazidos pelo avanço de massas de ar polar (STECH & LORENZZETTI, 1992). Essas massas de ar

polar são responsáveis por influenciar diretamente o comportamento das marés nessa região, gerando variações e condições atípicas. Essa relação complexa entre sistemas frontais e marés torna essencial o estudo e monitoramento cuidadoso das condições climáticas nessa área costeira.

Na região costeira, os eventos extremos frequentes de oscilação do nível do mar estão estreitamente ligados às tempestades marinhas, que se destacam como um dos fenômenos mais intensos durante os meses de outono e inverno. Essas tempestades são desencadeadas por quedas abruptas na pressão atmosférica, resultando na rotação dos ventos para a direção do quadrante sul. Ambos os fenômenos contribuem para o aumento do nível do mar costeiro ao longo do litoral de Santa Catarina (TRUCCOLO *et al.*, 1996). Essa relação entre tempestades marinhas, pressão atmosférica e oscilação do nível do mar ressalta a importância de entender e monitorar esses eventos extremos para melhorar a previsão e mitigação de impactos na região costeira.

O padrão e regime de ventos predominantes em Itapoá, segundo *MeteoBlue* ao longo do ano e na maior parte dos dias ao longo do ano é entre 15 e 12 km/h (ou 1,38 m/s e 3,33 m/s) (Figura 4).

Figura 4 - Padrão médio de ventos ao longo do ano de Itapoá/SC, de acordo com o MeteoBlue.



2.4.2 Eventos Extremos

Segundo Muehe (2011), os processos erosivos na linha de costa estão mais relacionados aos eventos climáticos extremos, por isso, o monitoramento de eventos climáticos é de extrema importância. O estado de Santa Catarina evidenciou a presença de diversos eventos extremos ao longo dos anos (HERRMANN, 2014). No “Atlas de Desastres Naturais” de Herrmann (2014), pode ser encontrado um relatório de gastos públicos bem elevado no período de 1980 a 2010, o qual demonstra os principais desastres ao longo desses anos, em episódios de inundações graduais e bruscas, episódios de escorregamentos, episódios de estiagens, episódios de vendavais, episódios de precipitações de granizo, episódios de tornados e trombas d’água, episódios de marés de tempestade, episódios de geadas e neves. Nos episódios de inundações graduais e bruscas, durante o período de 1980 a 2010, as inundações foram às responsáveis pelo maior número de desabrigados e mortos. Dentre os anos em que elas sucederam, destacam-se os de 1983 e 1984, que correspondem também aos anos em que foram registrados os maiores números de municípios atingidos pelas inundações e um total de 67 mortes. Nos anos seguintes 1984, 1987, 1992 os números de mortes totais não chegam a 26. Mas em dezembro de 1995, ocorreram 40 mortes em decorrência das inundações bruscas e os escorregamentos, foram decorrentes das chuvas intensas oriundas da passagem de um sistema frontal, intensificada pela presença de um vórtice ciclônico no Rio Grande do Sul (CLIMANÁLISE, 1995). Já no período de 1997/98 foi novamente marcado pelo fenômeno meteorológico global El Niño, de forte intensidade, afetando o estado de Santa Catarina em distintos meses e ocasionando 9 mortes. Já durante o ano de 2008, novamente os eventos de inundações foram presentes, afetando 177 municípios em SC, neste período também ocorreram deslizamentos intensos na região do Vale do Itajaí. Em 2009 e 2010, ocorreram diversos eventos de inundações, principalmente em 2009, o qual gerou 1 morte e em 2010, foram 198 municípios atingidos. Em geral, esses episódios de inundações ao longo dos anos geraram inúmeros desabrigados e situações de calamidade pública e a cada eventos gerou prejuízos milionários, totalizando ao longo desse período, aproximadamente, oito bilhões e meio de reais (R\$ 8.500.000.000,00).

Nos episódios de marés de tempestade, ocasionaram muitos prejuízos aos municípios litorâneos de Santa Catarina. Entre 1997 a 2010 foram identificados 46 registros de marés de tempestade, que estiveram associados a vários eventos atmosféricos. Em maio de 2001, o ciclone extratropical que atingiu a costa, afetou 12 municípios, deixando o município de Barra Velha em estado de calamidade pública e os municípios de Balneário Barra do Sul, Balneário Camboriú, Bombinhas, Itapema, Itapoá

e Navegantes em estado de emergência (prejuízo de R\$ 11.355.632,00), onde o município de Itapoá que contabilizou o prejuízo de R\$ 6.546.000,00. No ano de 2010 também foi um dos mais impactantes, atingindo 12 municípios, do litoral catarinense o total de prejuízo estimado no ano de foi de R\$ 27.719.526,00. Os episódios de vendavais, de trombas d'água e demais episódios na região também geraram gastos públicos elevados.

Entre os ciclones tropicais de maior evidência no estado é o “Furacão Catarina” que aconteceu em 2004. Este episódio foi marcado por diversos desastres na região sul do Brasil (LOPES, ESPINDULA, 2015; CUNHA *et al.*, 2004). Assim como, em junho/julho de 2020 o episódio de um ciclone bomba que atingiu a região sul do Brasil (BINDA, *et al.*, 2022). Além dos impactos evidentes causados pelos ciclones tropicais, como o Furacão Catarina e o ciclone bomba na região sul do Brasil, é importante destacar que esses eventos extremos também contribuem significativamente para o processo de erosão costeira. O poderoso vento e as grandes ondas geradas por esses ciclones podem acelerar o desgaste das praias e das áreas costeiras, resultando em perdas de terra e ameaçando a integridade das comunidades litorâneas. A relação entre ciclones tropicais e erosão costeira torna-se ainda mais preocupante diante do cenário de mudanças climáticas.

3 METODOLOGIA

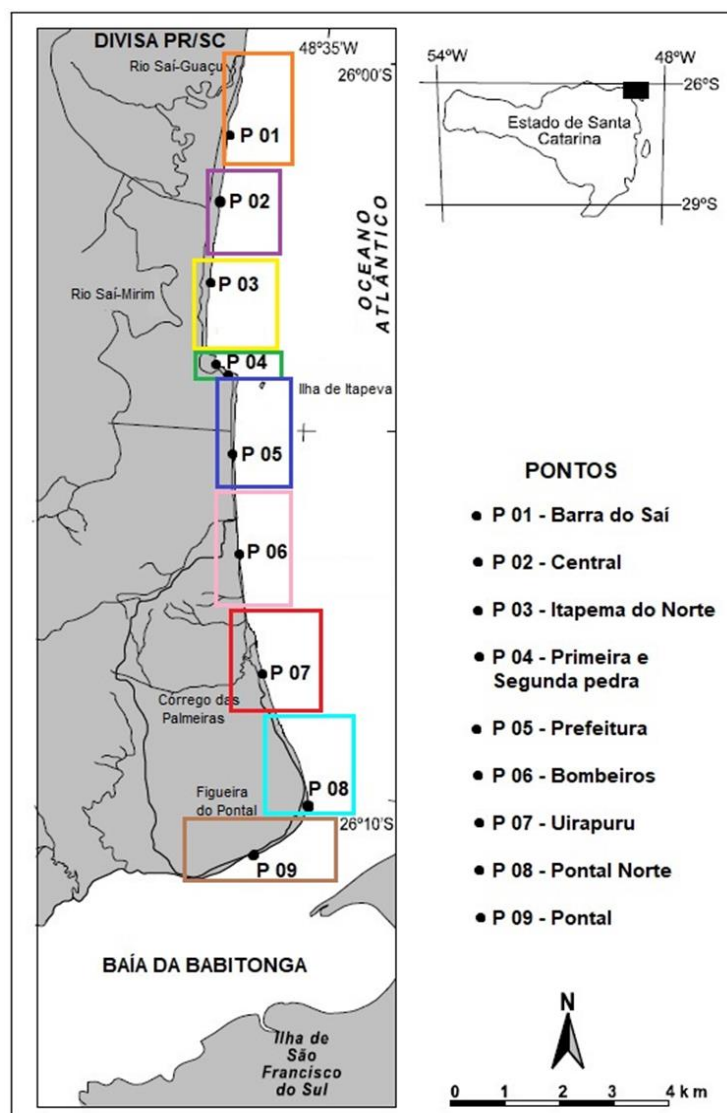
A metodologia foi dividida em 4 etapas: Levantamento do índice de vulnerabilidade costeira e caracterização das praias para a identificação do estado erosional atual; Levantamento dos dados e simulação por meio da modelagem numérica MOHID (Modelo Hidrodinâmico); Levantamento de série temporal junto aos bancos de dados e de imagens para análise da linha de costa; Levantamento de dados climáticos a partir das instituições que monitoram os eventos de grande intensidade na região. Dessa forma, as anomalias na série temporal da linha de costa serão analisadas e, posteriormente, relacionadas com eventos extremos ocorridos por meio de referências documentais.

3.1 Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido na cidade de Itapoá, localizada na costa norte do estado de Santa Catarina (Latitude 26°07'01” S e Longitude 48°36'58”W), na região Sul do Brasil. Itapoá possui aproximadamente 30 km de linha de praia (Figura 5). A população

estimada de Itapoá é de 21.177 habitantes para 2021 (IBGE, 2021). A área de estudo foi dividida em 9 (nove) pontos de praia, subdivididos de acordo com divisões geomorfológicas de norte a sul da cidade. Os pontos foram definidos a partir da análise de estado erosional prévia identificada através da caracterização dos perfis e por estudos anteriores, como por exemplo, no estudo de Angulo *et al.* (2002) e da Prefeitura de Itapoá (2021).

Figura 5 - Município de Itapoá-SC e subdivisão dos 9 pontos de praia.



Fonte: O autor (2022).

3.2 Caracterização do Perfil Praia

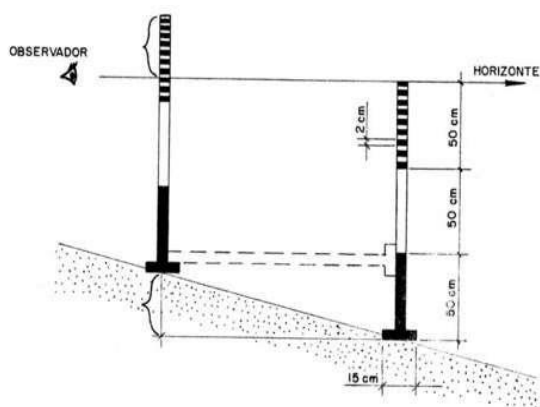
A caracterização do perfil praial e do estado erosional de cada ponto de praia foi obtida por meio de descrições dos perfis topográficos e análise visual em campo,

juntamente com a análise de fotos anteriores para a caracterização de cada perfil praiar. A caracterização do perfil praiar foi realizada em duas campanhas, em setembro de 2021 e junho de 2022, observando-se as características deposicionais para identificar o estado erosional de cada praia, incluindo a presença de enrocamentos, pavimentações, manguezais, restingas e outros aspectos gerais.

3.2.1 Perfil Topográfico das Praias

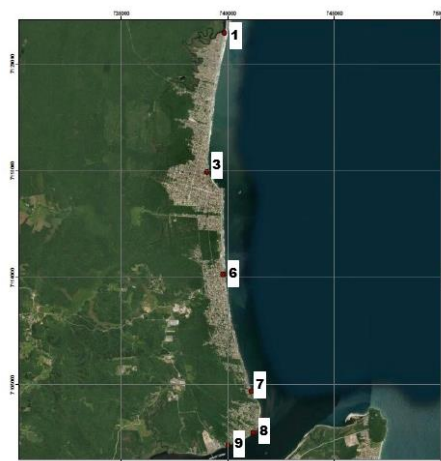
O Perfil topográfico das praias foi obtido através do monitoramento que atualmente é realizado pela Prefeitura de Itapoá/SC. O método de avaliação é baseado nas Balizas de *Emery*, que consiste em duas balizas (Figura 6) de 1,5 m de comprimento cada. A diferença entre elas é determinada como linha horizontal (KOWMANN, 1970). Devido os dados terem sido fornecidos pela Prefeitura de Itapoá, sob coordenação da equipe da Secretaria do Meio Ambiente, somente foram realizadas análises dos perfis dos pontos **P01, P03, P06, P07, P08, P09** (Figura 7). Não foram realizados perfis topográficos nos pontos **P02, P04 e P05**. No entanto, os 6 pontos que foram setorizados para a análise do perfil, representam os principais pontos identificados com sinais de erosão nas caracterizações *in-situ* iniciais.

Figura 7 - Método de Balizamento descrito por Kowmann (1970).



Fonte: Kowmann (1970).

Figura 6 - Divisão dos perfis em 6 pontos de praia escolhidos. 1-P01; 3-P03; 6-P06; 7-P07; 8-P08; 9-P09.



Fonte: Prefeitura de Itapoá (2021).

3.3 Índice de Vulnerabilidade Costeira

O índice de vulnerabilidade costeira adotado nesta análise foi baseado nos

geoindicadores apresentados no estudo de Perinotto *et al.* (2012), que levou em conta a caracterização do perfil praial e do estado erosional de cada praia a partir de descrições sobre a presença de enrocamentos, pavimentações, manguezais, restingas e outros aspectos gerais (Quadro 1). Esta análise foi realizada a partir de visualização em campo, bem como análise de fotos para caracterização de cada perfil praial.

Quadro 1 - Indicadores e variáveis utilizadas para classificação do estado erosional das praias (baseado no estudo de Perinotto *et al.* 2012).

Estado Erosional		Indicadores/Variáveis										Número de Identificação		
EROSÃO SEVERA	Escarpamento ativo por ondas no pós-praia frequente										1.1			
	Escarpamento de praia evidente (por ondas e marés)										1.2			
	Ausência de praia seca										1.3			
	Muitas propriedades ou estruturas impactadas e/ou com estruturas de contenção										1.4			
	Turfa e/ou lama expostos na praia ou ao longo da escarpa no pós-praia										1.5			
	Vegetação derrubada ou raízes expostas ao longo da escarpa no pós-praia										1.6			
EROSÃO	Trechos (pontuais) de escarpamento por ondas no pós-praia										2.1			
	Escarpamento de praia pontuais, esparsos										2.2			
	Faixa de praia seca estreita										2.3			
	Algumas propriedades ou estruturas impactadas, com estruturas de contenção										2.4			
	Estruturas de contenção pontuais										2.5			
ESTABILIDADE OU ACRESÇÃO	Duna frontal bem desenvolvida, alta e/ou com vegetação bem estabelecida										3.1			
	Faixa de praia seca estreita, larga e bem desenvolvida										3.2			
	Presença de berma bem desenvolvida na praia, sem escarpas ou erosão										3.3			
INDICADOR	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	
PESO	2	2	2	4	2	2	1	1	1	2	-2	-2	-2	

Fonte: O autor, 2022, adaptado de Perinotto *et al.* (2012).

A soma final desta pontuação foi aplicada para entender e caracterizar o estado erosional de cada ponto, a partir das seguintes determinações: soma maior que 5 = “erosão severa”; soma entre 2 e 5 = “erosão”; soma menor que 2 = “estabilidade ou acresção”.

3.4 Série Temporal da Linha de Costa

A linha completa da série de imagem d satélites dos anos 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022 foram escolhidas do banco do Sistema *Cassie* que é vinculado ao banco de dados do LANDSAT, a partir da base de dados dos satélites Landset 5, 6, 7 e 8. O sistema *Cassie* do *CassieEngine* foi utilizado para caracterização e variação da linha de costa ao longo

dos anos. O CASSIE é uma aplicação de código aberto que utiliza os serviços *Google Earth Engine* (GEE) para simplificar e auxiliar a análise de linhas de costa, sendo capaz de efetuar automaticamente a digitalização da posição de linhas de costa de imagens de satélite e providenciar uma análise estatística conforme especificações do *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS).

Basicamente, pode-se resumir nesta análise, SCE sendo a distância (em metros) entre a linha de costa mais distante e mais próxima da linha de referência (baseline) em cada transecto; NSM sendo a distância (em metros) entre a linha de costa mais antiga e mais recente em cada transecto; EPR sendo taxa de mudança da linha de costa (em metros por ano), calculada dividindo a distância de deslocamento da linha de costa pelo tempo decorrido entre a linha de costa mais antiga e a mais recente; LRR a taxa de mudança da linha de costa (em metros por ano), baseada na inclinação da linha de regressão linear, calculada ajustando uma linha de regressão de mínimos quadrados a todos os pontos da linha de costa em todos os transectos. Os resultados do LRR são classificados utilizando a classificação de erosão crônica de praia proposto por Esteves e Finkl (1998).

A partir desse sistema foram escolhidas 10 imagens (2 para cada ano) de satélite com até 2,5% em cobertura de nuvens, duas imagens para cada ano, considerando possíveis períodos sem detecção de maré meteorológica e configurando o processamento em transectos de 100 m de distância entre eles, com limiar nº 0 e extensão de 800m de comprimento para cada transecto.

Para o processamento das imagens, o software ***Qgis Desktop 3.28 Firenze*** foi utilizado. Para obtenção das imagens de satélite o ***Timelapse do Google Earth Engine*** foi utilizado como banco de satélite de análise da linha de costa no período de 1984 a 2020 em formato de imagem e vídeo para análise visual dos dados.

3.5 Variabilidade Climática

A variabilidade Climática foi analisada a partir de duas vertentes, da análise dos dados de eventos extremos que geraram algum tipo de calamidade pública (Decretações do Estado pela Defesa Civil), assim como, foram analisados os dados meteorológicos (vento) correlacionados com dados oceanográficos (maré).

3.5.1 Decretações de Desastres

Os dados de desastres foram obtidos a partir do site da Defesa Civil do Estado de Santa Catarina, a partir das Decretações de Situação de Emergência e de Estado de

Calamidade Pública dos anos de 1998 a 2020 (DEFESA CIVIL, 2023). Esses dados foram planilhados com auxílio do **Software Microsoft Excel (2019)**. Posteriormente, os dados que geram ou podem gerar erosão costeira foram selecionados (dados de **tempestades, chuvas, vendavais, enxurradas e ciclones**) da região do litoral norte de Santa Catarina (Garuva, Itapoá, Joinville, São Francisco do Sul, Barra do Sul, Araquari e Barra Velha). A partir dos dados reunidos, os mesmos foram quantificados por período para entender como a região vem evidenciando os eventos extremos, com a finalidade de interpretar se esses dados ou eventos podem estar exercendo alguma influência no aumento da erosão costeira na região de Itapoá.

3.5.2 Marés

Os dados dos marégrafos de Ilha da Paz (ANEXO 10), Itapoá (ANEXO 11) e Guaratuba (ANEXO 12) foram obtidos através da Marinha do Brasil, que disponibilizou de 1972 (Guaratuba), 1995 (Guaratuba e Ilha da Paz), 1999, 2002 e 2009 (Ilha da Paz), 2016 a 2019 (Ilha da Paz e Itapoá). A construção da série temporal dos dados de maré não pode ser realizada a partir da junção dos dados dos três marégrafos, pois não há disponibilidade dos dados completos e sem interrupção para a série de 30 anos, devido as diversas falhas que os sensores apresentaram ao longo dos anos e pela inexistência de dados. Por isso, foram utilizados dados de 2014 e 2022 do marégrafo de Itapoá para a análise, obtidos através da EPAGRI/CIRAM via pedido oficial de dados por e-mail.

O processamento dos dados obtidos foram planilhados com o auxílio do programa **Microsoft Office Excel (2019)**, e, posteriormente, processado no programa **Software Rstudio**. A normalidade dos Dados foi testada a partir do Teste de Normalidade de Anderson Darling.

3.5.3 Ventos

Os dados históricos meteorológicos de vento, foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) através da Estação Meteorológica Automática (EMA) A851 de Itapoá (Período de 2007 a 2022). Os dados de vento do período de 2007 a 2022 (assim como os períodos individuais) foram processados através do programa **Microsoft Office Excel (2019)** e do **Software WRplot View 8.0.2** e testados no **Software Rstudio**. Todavia, os dados de 2014 a 2022 foram correlacionados aos dados de maré do mesmo período. A normalidade dos dados foi testada a partir do Teste de Normalidade de *Anderson Darling*. Os dados de ventos/ rajadas foram analisados conforme escala de Beaufort, o qual é

descrito na figura 8.

Figura 8 - Escala de Beaufort (análise de ventos)

<i>m/s</i>	<i>Nomenclatura</i>	<i>Classe</i>
<0,3	Calmo	0
0,3-1,5	Aragem	1
1,6-3,3	Brisa Leve	2
3,4-5,4	Brisa Fraca	3
5,5-7,9	Brisa Moderada	4
8,0-10,7	Brisa Forte	5
10,8-13,8	Vento fresco	6
13,9-17,1	Vento forte	7
17,2-20,7	Ventania	8
20,8-24,4	Ventania forte	9
24,5-28,4	Tempestade	10
28,5-32,6	Tempestade violenta	11
>32,7	Furacão	12

Fonte: Defesa Civil, SP (2022; modificado).

3.5.4 Maré e Vento

A partir dos resultados dos testes de normalidade, os dados de vento (a componente zonal [u] e meridional [v]; e a velocidade do vento) e de maré meteorológica, observada e astronômica (2014 e 2022) foram processadas e correlacionadas a partir do *Coefficiente de Correlação de Postos de Spearman* no **Software R Studio** e no **Software Minitab**, o teste de correlação escolhido levou em conta a característica não paramétrica dos dados, obtida através dos testes de normalidade. Dentro das etapas, foram realizadas algumas filtrações dos dados, como os pressupostos do Percentil 80, o qual para análise foram utilizados os 20% dos dados extremos e, posteriormente, correlacionados, bem como os dados de ventos foram condicionado a cada quadrante (leste, oeste, norte e sul). O *coeficiente de correlação de postos de Spearman*, denominado pela letra grega ρ (rho), é uma medida de correlação não-paramétrica com hipóteses: **H_0** : As variáveis (maré met. e vento) não são correlacionadas ($p_s = 0$); **H^1** : As variáveis (maré met. e vento) são correlacionadas ($p_s \neq 0$). A fórmula bruta da correlação é apresentada por: $r_s = 1 - [(6 * \text{somatório}(d^2)) / (n * (n^2 - 1))]$, onde: r_s : é o coeficiente de correlação dos postos de Spearman; d : é a diferença entre os postos das duas variáveis para cada observação; n : é o número total de observações.

3.6 Simulação por meio da modelagem numérica MOHID

A partir dos resultados do modelo numérico computacional MOHID o perfil hidrodinâmico da região foi obtido (modelo MOHID implementado para a costa dos estados do Paraná e Santa Catarina pelo Centro de Estudos do Mar, no âmbito do projeto “*Sea Observer and operational modelling system for the south-eastern Brazilian shelf*” (BSO, 2021). O modelo filho selecionado foi o recorte da Baía da Babitonga, que abrange em sua maioria, a área de estudo do presente trabalho. Os dados que suprem esse modelo foram obtidos através da Marinha do Brasil (maré e batimetria); INMET (vento); Propriedade da água (analisados *in situ* pelo Programa). A metodologia empregada na simulação podem ser compreendidas mais detalhadamente neste relatório: https://brazilianseaobservatory.org/wp-content/uploads/2020/01/L2-FinalReport_update_v1.pdf (SEA OBSERVATORY, 2019).

A simulação do modelo utilizada para este estudo foi do período de 2021, com ênfase no verão e no inverno. Nesta etapa, foram analisados três pontos importantes da hidrodinâmica local: a direção de entradas e saídas de água; padrão da vazão/ enchente da Baía da Babitonga; a interação da vazão/ enchente da Baía da Babitonga com a corrente de deriva litorânea.

3.6.1 Validação do Modelo

A validação do Sistema de Modelagem Operacional foi realizada a partir Centro de Estudos do Mar (CEM) parte da Universidade Federal do Paraná (UFPR) - Brasil, apoiada pelo grupo MARETEC, um centro de investigação do Instituto Superior Técnico (IST – Universidade de Lisboa – Portugal). O objetivo foi fornecer resultados de previsão de parâmetros oceânicos diariamente para o Observatório do Mar brasileiro à escala costeira. A ferramenta numérica adotada é o sistema de modelagem MOHID, que tem sido aplicado em inúmeros projetos em diferentes países (www.mohid.com). A configuração do modelo em escala regional para a plataforma sudeste brasileira é o primeiro domínio do sistema de modelagem, abrangendo os litorais dos estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro, com resolução horizontal de aproximadamente 3 km x 3 km e vertical de 50 camadas, com menos de 1 m de espessura próximo à superfície. O sistema de modelagem MOHID permite adotar diferentes tipos de coordenadas verticais para uma melhor representação dos mecanismos que forçam a

hidrodinâmica. Neste caso, as coordenadas cartesianas foram usadas para as camadas mais profundas e as coordenadas Sigma para as camadas mais próximas da superfície e a batimetria do modelo em escala regional foi definida com base no banco de dados online GEBCO (<https://www.gebco.net/>). Para a validação, primeiramente, o modelo regional foi validado com satélites e medições *in-situ*. A comparação entre a temperatura da superfície do mar a partir de imagens de satélite e do modelo regional é apresentada para dias de verão e dias de inverno. Durante o inverno, mais frio a água entra pelo limite sul, enquanto no verão o padrão do vento muda e águas mais frias são observadas no limite Norte devido ao processo de ressurgência na costa do Rio de Janeiro. Água com menos salinidade no inverno também vem do Sul devido ao Rio de la Pluma del Plata. No entanto, as imagens de satélite têm uma resolução baixa para a salinidade da superfície do mar para uma adequada validação dos resultados do modelo. Medições *in-situ* de temperatura e salinidade de flutuadores de perfilamento à deriva fornecem mais informações sobre a precisão dos resultados do modelo dentro da coluna de água. No entanto, estes flutuadores normalmente coletam dados em oceano aberto e mares marginais não são bem cobertos. Para fins de calibração e validação, o ano de 2014 foi simulado devido à existência de medições locais *in situ* na foz do sistema estuarino de Paranaguá da costa brasileira Sistema de Monitoramento (SiMCosta), que é uma rede integrada de plataformas flutuantes ou fixas, dotados de instrumentos e sensores, com funcionamento autônomo e capacidade de regular e coletar variáveis oceanográficas e meteorológicas.

4 RESULTADOS

A partir da pré-caracterização *in situ* realizada em setembro de 2020 e junho de 2021 foram definidas e estabelecidas a divisão dos pontos que foram classificados de acordo com as características físicas apresentadas, pela extensão territorial, pela análise visual do estado erosional (quando os pontos possuíam maiores extensões) e baseado também em relatórios técnicos anteriores solicitados pela prefeitura (LAUDO TÉCNICO/UFPR, 2002) e no estudo de Perinotto *et al.* (2012), de norte a sul como: P 01 – Barra do Saí; P 02 – Central; P 03 – Itapema do Norte; P 04 – Primeira e Segunda pedra; P 05 – Prefeitura; P 06 – Bombeiros; P 07 – Uirapuru; P 08 – Pontal Norte; P 09 – Pontal. A divisão também pode ser analisada conforme a imagem (Quadro 1).

4.1 Caracterização das Praias

Após a divisão dos pontos foi realizado a caracterização de cada perfil praial a partir de análise em campo (*in situ*) inicialmente no dia 18 de setembro de 2021 em Itapoá (prévia) e no dia 16 de maio de 2022 a análise descritiva definitiva. A partir da definição dos pontos foram observadas as principais características de cada ponto, conforme resumo mostrado no quadro 2. As fotos ilustrativas de cada ponto podem ser observadas na figura 9 e também nos anexos 1 a 9.

Tabela 1 - Divisão e caracterização das praias em Itapoá-SC.

PON TO	LOCAL	DESCRIÇÃO
P01	Barra do Saí	Perfil misto/ intermediário (MASSELINK E SHORT, 1993) Praia Livre/ Aberta (GALLOP <i>et al.</i> , 2020) Influência de desembocadura dos rios Saí-Guaçu e Saí-Mirim Praia oceânica ou de mar aberto (ÂNGULO, SOUZA, 2002) Dominada por ondas (SHORT, JACKSON, 2013; SHORT, 1980; WRIGHT E SHORT 1984) Granulometria: Areia Fina (Pós-Praia; Face da Praia; Praia média) (PORPILHO, 2012)
P02	Central	Perfil refletivo (MASSELINK E SHORT, 1993) Praia Livre/ Aberta (GALLOP <i>et al.</i> , 2020) Alinhamento no relevo de praia Praia oceânica ou de mar aberto (ÂNGULO, SOUZA, 2002) Dominada por ondas (SHORT, JACKSON, 2013; SHORT, 1980; WRIGHT E SHORT 1984) Granulometria: Areia Fina (Pós-Praia; Face da Praia; Praia média) (PORPILHO, 2012)
P03	Itapema do Norte	Perfil refletivo (MASSELINK E SHORT, 1993) Praia de Enseada (GALLOP <i>et al.</i> , 2020)

		Praia com a presença de 1 pontal rochoso Praia oceânica ou de mar aberto (ÂNGULO, SOUZA, 2002) Dominada por ondas (SHORT, JACKSON, 2013; SHORT, 1980; WRIGHT E SHORT 1984) Granulometria: Areia Fina (Pós-Praia; Face da Praia; Praia média) (PORPILHO, 2012)
P04	Primeira Pedra e Segunda Pedra	Perfil misto/ intermediário (Masselink e Short, 1993) Praia de Bolso ou Enseada - (GALLOP <i>et al.</i> , 2020) Praia com arco praial (2 pontais rochosos) Praia oceânica ou de mar aberto (ÂNGULO, SOUZA, 2002) Dominada por ondas (SHORT, JACKSON, 2013; SHORT, 1980; WRIGHT E SHORT 1984) Granulometria: Areia Fina (Pós-Praia; Face da Praia; Praia média) (PORPILHO, 2012)
P05	Prefeitura	Perfil refletivo (MASSELINK E SHORT, 1993) Praia Enseada (GALLOP <i>et al.</i> , 2020) Praia possui a presença de um pontal rochoso Praia oceânica ou de mar aberto (ÂNGULO, SOUZA, 2002) Dominada por ondas (SHORT, JACKSON, 2013; SHORT, 1980; WRIGHT E SHORT 1984) Granulometria: Areia Fina (Pós-Praia; Face da Praia; Praia média) (PORPILHO, 2012)
P06	Bombeiros	Perfil refletivo (MASSELINK E SHORT, 1993) Praia Livre/ Aberta (GALLOP <i>et al.</i> , 2020) Alinhamento no relevo de praia Praia de desembocadura (ÂNGULO, SOUZA, 2002) Dominada por ondas (SHORT, JACKSON, 2013; SHORT, 1980; WRIGHT E SHORT 1984) Granulometria: Areia Fina (Pós-Praia; Face da Praia; Praia média) (PORPILHO, 2012)
P07	Uirapuru	Perfil refletivo (MASSELINK E SHORT, 1993) Praia Livre/ Aberta (GALLOP <i>et al.</i> , 2020) Alinhamento no relevo de praia Dominada por ondas (SHORT, JACKSON, 2013; SHORT, 1980) Granulometria: Areia Fina (Pós-Praia; Face da Praia; Praia média) (PORPILHO, 2012)
P08	Pontal Norte	Perfil misto a dissipativo (SHORT, JACKSON, 2013) Enseada - Praia de Baía (GALLOP <i>et al.</i> , 2020) Praia com influência direta da desembocadura estuarina (Baía da Babitonga) Praia de desembocadura (ÂNGULO, SOUZA, 2002) Modificada pela maré (SHORT, JACKSON, 2013, SHORT, 2006) Granulometria: Areia Fina (Pós-Praia; Face da Praia; Praia média) (PORPILHO, 2012)
P09	Pontal	Perfil dissipativo (MASSELINK E SHORT, 1993) Praia de Baía (abrigada) (GALLOP <i>et al.</i> , 2020) Praia abrigada com influência direta da desembocadura estuarina (Baía da Babitonga). Praia estuarina (ÂNGULO, SOUZA, 2002) Dominada por maré (SHORT, JACKSON, 2013, SHORT, 2006) Granulometria: Areia Fina (Pós-Praia; Face da Praia; Praia média) (PORPILHO, 2012)

Fonte: O autor, (2022).

Os pontos **P01 e P02** (Figura 9) apresentaram sintomas de erosão nulos ou muito leves, cujas praias possuem maior estabilidade em seu perfil praial e maiores faixas de areia. No **P02**, pode-se verificar a linha da vegetação de restinga bem estabilizada (Figura 9). Já no ponto **P03** (Figura 9), foi identificado extrema erosão costeira, com trechos sem faixa de areia e com muitas estruturas de contenção e com pavimentação e residências diretamente sendo afetadas. No ponto **P04** (Figura 9), as duas praias são caracterizadas pela formação de arcos definidos por pontais rochosos. Nessas duas praias ocorre erosão,

porém mais leve comparadas ao ponto **P03**. Já no **P05** (Figura 9) a intensidade da erosão diminui, demonstrando diversos pontos com estabilidade e/ ou acresção, com presença de vegetação de restinga estabilizada. Apenas em alguns locais foram encontrados faixas de enrocamentos rochosos próximos às casas (Figura 9). No **P06** (Figura 9) nota-se o avançado estágio de erosão costeira, com grande impacto direto sobre as residências e pavimentações, com a presença de enrocamentos rochosos como medida de contenção e altura dos enrocamentos na faixa de 2,5 m. Além disso, ocorre ruptura em alguns locais, formando pequenas praias de bolso. Na sequência o ponto **P07 e P08** (Figura 9) encontram-se sob maior estabilidade ao longo de toda extensão. Alguns locais no **P07** tem a presença de enrocamentos e destroços e, de escarpas evidentes (degraus) em seu perfil ocasionados pela ação da erosão. Por último, o **P09** (Figura 9), que é caracterizado pela ação direta da Baía da Babitonga, possui perfil estável e, de fato alguns locais possuem pouca faixa de areia, no entanto se trata de um local com menor força hidrodinâmica e apenas mais sensível às mudanças sazonais, como a maré.

Figura 9 - Imagens dos 9 pontos de praias da área de estudo. A – Ponto 01; B – Ponto 02; C – Ponto 03; D – Ponto 04; E – Ponto 05; F – Ponto 06; G e H – Ponto 07; I – Ponto 08; J – Ponto 09.



Fonte: O autor (2023).

4.1.1 *Topografia das Praias*

Os perfis topográficos dos pontos P01, P03, P06, P07, P08 e P09 (Figura 10), foram analisados a partir dos conceitos topográficos de perfis praias representados por Komar (1976).

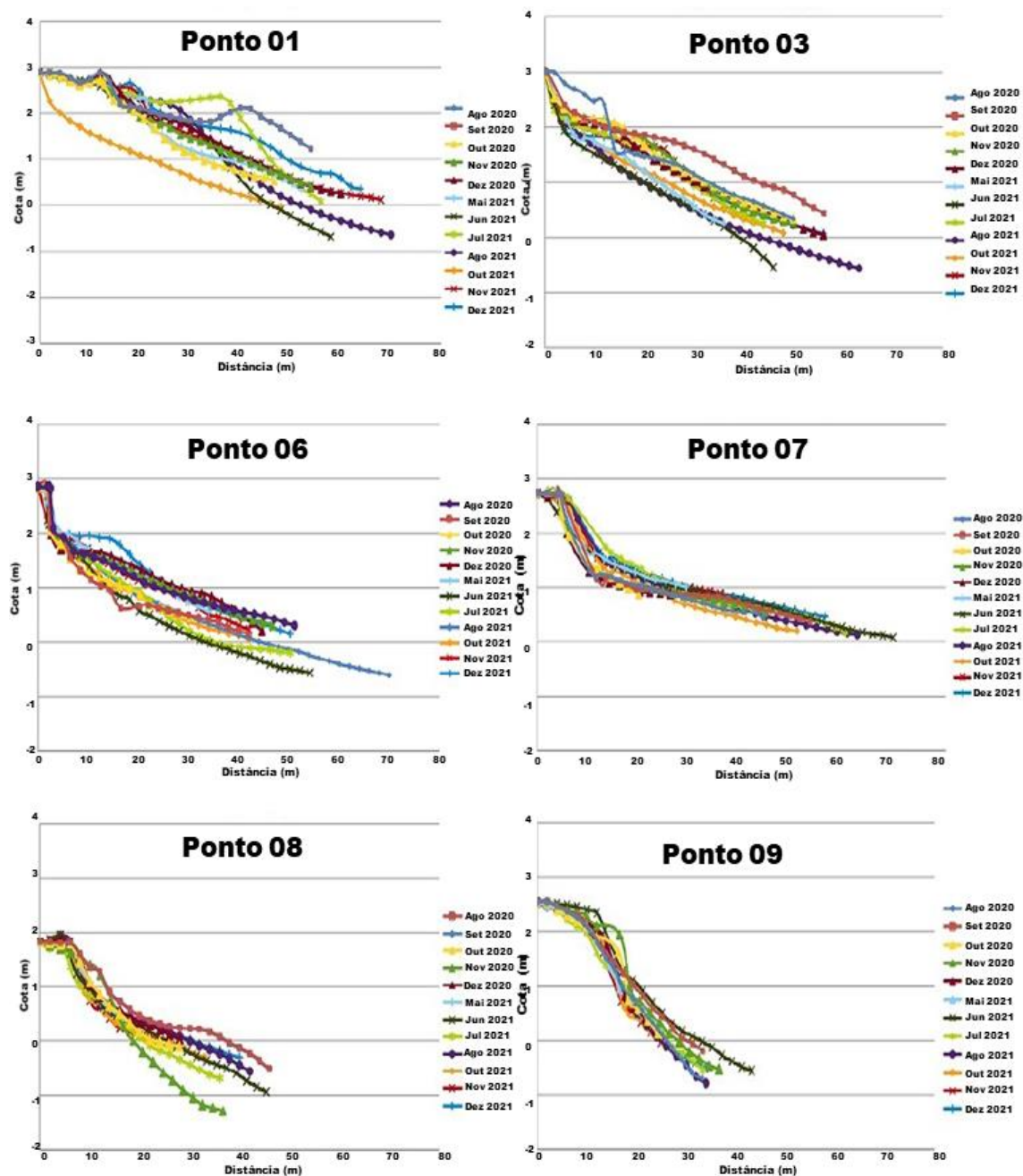
No ponto **P01**, este perfil demonstrou-se que variada variabilidade sazonal, apenas em outubro de 2021 ocorre uma desconstrução da Berna e nos demais meses com Berna melhor desenvolvida. O perfil representa em alguns meses perfil de tempestade e em alguns meses perfil de tempo bom e essa variação ocorre sazonalmente. No ponto **P03**, no mês de agosto de 2020 a Berna tende a ficar mais desenvolvida e com ausência nos outros períodos da análise. Entre as distâncias de 5m a 60m, variou até 1,20 entre os meses. Este perfil possui a tendência de perfil de tempestade. No ponto **P06**, ocorreram leves diferenças na construção da Berna em dezembro de 2021, e entre as distâncias de 10 m a 50 m as diferenças entre os meses foram de até 1 m entre construção e desconstrução. Este perfil, também demonstrou tendência de perfil de tempestade. No ponto **P07**, este perfil não obteve diferenças significativas em todo período analisado, no entanto a presença de Berna no perfil é pouco desenvolvida e a tendência de um perfil de tempestade. No ponto **P08**, nos meses de novembro e setembro de 2020, o perfil também tentou construir levemente a Berna, no entanto nos outros meses foi destruída e entre as distâncias de 20 m a 45 m da face da praia, as diferenças foram de até 1,20 m para perda de sedimento no perfil. No ponto **P09**, nos meses de junho de 2021 e novembro de 2020 o perfil tentou construir Berna levemente mais desenvolvida, mas no geral em todo o restante do período não obtiveram significativas variações. Nota-se um perfil típico de praia estuarina, o qual demonstra pouca variação na faixa de praia. Normalmente praias estuarinas, possuem pouca variação devido a principais características de mudanças estar conectado com a ação da maré e não das ondas. O perfil também possui maior declive em decorrência da maior profundidade do ambiente e não resultante de processos erosivos.

Os perfis dos pontos P09, P08 e P07 possuem pequena variação sazonal, e isto, pode ser justificado por se tratar de praias influenciadas diretamente pela desembocadura do estuário.

Em geral, pode ser entendido, pelos perfis topográficos que ocorre erosão ao longo de quase todo perfil praias, que há uma tendência maior de processos erosivos, que mesmo em perfis de tempo bom, não há presença da formação de Berna mais desenvolvida e não ocorre variação sazonal natural no ambiente, exceto nos Pf06. O perfil Pf06 (ponto P01),

foi o único perfil que demonstrou uma praia de tempo bom, com processos sazonais de acordo com a morfodinâmica praial e regime de impacto de transposição, o qual ao longo do ano possui capacidade de acresção ainda após os ciclos sazonais.

Figura 10 - Análise dos Perfis Topográficos (em 12 meses de análise: de agosto de 2020 a dezembro de 2021). Foram analisados os seis pontos de praia principais: Ponto 01, Ponto 03, Ponto 06, Ponto 07, Ponto 08 e Ponto 09. A cota (m) representa o nível: 0 representa o nível do mar; números positivos= praia emersa; números negativos= praia submersa. A distância (m) representa a e faixa de extensão de praia.



Fonte: O Autor (2023)

4.2 Vulnerabilidade Costeira

Conforme o quadro 2 podem ser observadas as pontuações obtidas em cada ponto determinado e seus respectivos cálculos e, com as somas finais, pode-se obter o padrão erosional de cada ponto. Foram encontrados a partir dessa análise, 2 pontos de estabilidade (P01 e P04), 4 pontos com erosão (P02, P05, P07 e P08), e 3 pontos com erosão severa (P03, P06 e P09). Pode ser observado no quadro 3 as pontuações das características individuais de cada ponto para obtenção da soma final. Nos pontos que apresentaram erosão severa, a erosão encontra-se em estado avançado (com exceção do ponto P09). Nos pontos com resultado de erosão, a erosão pode ser observada em trechos pontuais. Já os pontos que apresentaram estabilidade possuem leve estabilidade, assim como quase não ocorre a presença de dunas bem estabelecidas.

Quadro 2 - Resultado da caracterização do estado erosional dos 9 pontos de praia. Baseado no índice de Perinotto (2012), onde em vermelho são indicadores de erosão severa, em alaranjando são indicadores de erosão e em azuis indicadores de estabilidade.

INDICADOR	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	SOMA	Resultado Estado Erosional
PESO	2	2	2	4	2	2	1	1	1	2	2	-2	-2	-2		
Local/ Pontos	indicadores de erosão severa						indicadores de erosão				estabilidade					
P 01								1				-2	-2	-2	-5	Estabilidade
P 02							1	1					-2	-2	-2	Erosão
P 03	2	2	2	4							2	-2			10	Erosão severa
P 04													-2		-2	Estabilidade
P 05								1			2				3	Erosão
P 06	2	2	2	4							2				12	Erosão severa
P 07		2				2			1		2	-2	-2		3	Erosão
P 08		2					1		1	2	2	-2	-2		4	Erosão
P 09		2	2			2			1	2	2				11	Erosão severa

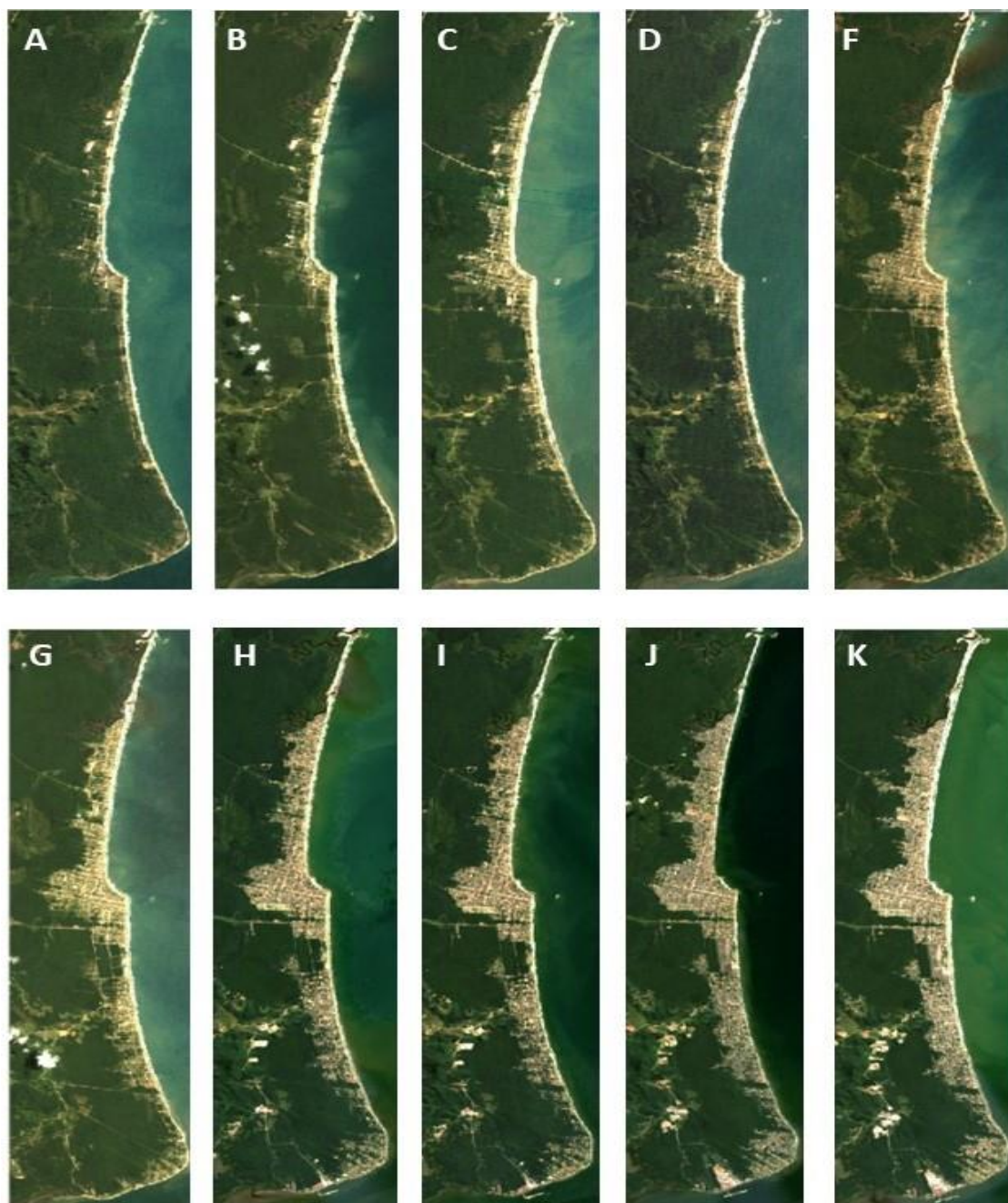
FONTE: O autor (2022), adaptado de Perinotto (2012).

4.3 Mudanças na Linha de Costa

A partir do geoprocessamento de dados de satélites foram obtidas as variações da linha de costa ao longo dos anos de 1985 a 2022 (ANEXOS 13 a 17). Foram escolhidas duas imagens de cada ano 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022 para análise DSAS (Figura 11). As imagens de satélite foram cuidadosamente escolhidas a partir de imagens que não tivessem muitas nuvens, porque as nuvens podem atrapalhar, devido o contraste das cores

serem muito importantes nas análises. O sistema identificou 102 imagens no total, que tinham até 2,5% da presença de nuvens, a partir dessa primeira análise as 20 imagens foram escolhidas manualmente para conferência e, também não ocorrer nenhum erro. Mas como trabalhou-se com imagens de satélites antigas, deve-se conferir cada ponto de outliers nos dados com a finalidade de verificação de possíveis erros da análise.

Figura 11 - Imagens do Satélite LANDSAT com corte específico para Análise de Variação da Linha de Costa de Itapoá ao longo dos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022. A - 1985 (05-09/07/1985 às 12:41); B - 1985 (30/09/1985 às 12:31); C - 1995 - (16/04/1995 às 12:20); D - 1995 (18/05/1995 às 12:18); F - 2005 (02/09/2005 às 12:59); G - 2005 (05/11/2005 às 12:59); H - 2015 (09/05/2015 às 13:10); I - 2015 (10/06/2015 às 13:10); J - 2022 (12/05/2022 às 13:11); K - 2022 (20/05/2022 13:10).

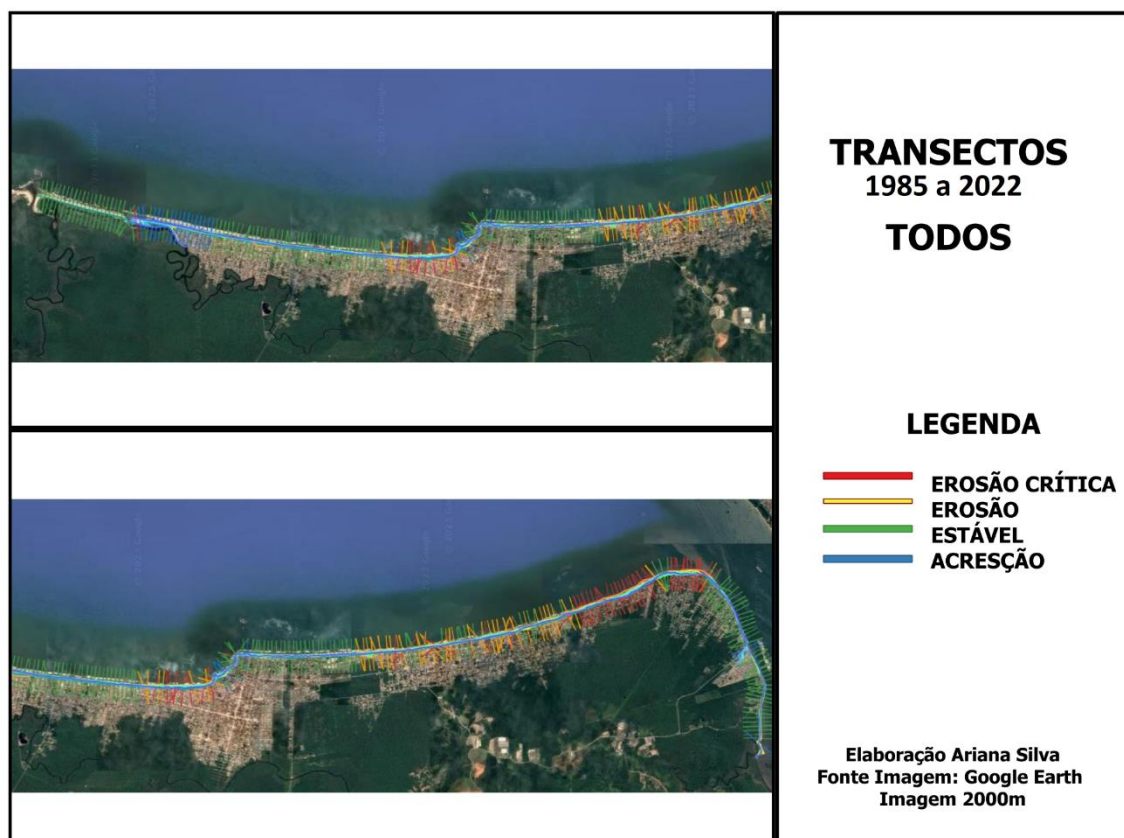


Fonte: O Autor (2022).

Conforme análise DSAS das praias de Itapoá, a taxa de variação ao longo do período de 1985 a 2022 foram observadas para todos os 284 transectos obtidos na análise (Figura 12). As cores dos transectos representam a maior tendência daquele determinado ponto: Verde - estável; Azul - Acresção; Amarelo - Erosão; Vermelho - Erosão Crítica. Já as linhas representam os anos ao longo de 1985 a 2022 da análise: 1985 (vermelha/alaranjado); 1995 (amarelo queimado/amarelo neon); 2005 (verdes); 2015 (azuis turquesa); 2022 (azuis); Linha de Base (azul pastel).

Os resultados dos transectos ao longo da linha de costa de Itapoá demonstraram padrões muito próximos da caracterização do perfil praiar. Foram evidenciados nos resultados dos transectos ao longo dos anos que os estados erosionais mais intensos estão localizados nos pontos P03, P06, P07 e P08. Nos pontos P01 e P02 foram observados perfis estáveis e/ou contendo acresção. Os pontos P05 e P09 apresentaram estabilidade em todo seu perfil.

Figura 12 - Resultado dos 284 Transectos obtidos a partir da análise da Taxa de Variação da Linha de Costa.



No quadro 3 pode-se verificar a representação do mínimo, máximo, média e o desvio padrão das taxas anuais de variação para cada ponto entre os anos de 1985 e 2022.

Os números negativos podem representar estabilidade ou perda de areia ao longo dos anos e os números positivos podem representar estabilidade e ou ganho de areia ao longo dos anos. As médias ao longo de cada ponto demonstraram que os pontos P01 e P09 sofreram acresção ao longo dos anos; o ponto P02 demonstrou estabilidade, apesar da média ser negativa e o máximo e o mínimo serem próximos; o ponto P04 também apresentou estabilidade; o ponto P05, apesar de média negativa, o mínimo e máximo variaram pouco e a partir dessas análises o ponto foi caracterizado por estabilidade. Já os pontos P03, P06, P07 e P08 demonstraram erosão com taxas altas de perda de sedimento ao longo dos anos. A maior variação dos pontos de acordo com o desvio padrão dos transectos foram no P01 (acresção), no P03 (erosão) e no P08 (erosão) ao longo dos anos de 1985 a 2022.

Os dados brutos de todos os transectos podem ser encontrados nas tabelas presentes nos ANEXOS 20 ao 28. Assim como, no ANEXO 19 pode ser exemplificado alguns gráficos e suas taxas correspondentes em todos os pontos.

Quadro 3 - Mínimo, máximo, médias e desvio padrão das taxas de variação para cada ponto em metros. Obs. os possíveis outliers foram retirados da análise para que as taxas de alteração comparados com a erosão e não com outros processos sazonais do ambiente.

RESULTADO DA TAXA DE ALTERAÇÃO - LRR						
TOTAIS	PONTO	Nº TRANSECTOS	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	DESV
	P01	43	-0,0954	6.264	698,40	1567,10
	P02	42	-0,0015	0,4702	-0,1000	0,2353
	P03	20	-7.2010	0,0000	-1075,00	1641,80
	P04	12	-0,0991	0,9524	0,21515	0,4066
	P05	27	-0,0999	0,5601	-0,10361	0,2200
	P06	42	-1.571	0,9946	-179,33	451,60
	P07	37	-2.710	-0,1130	-1099,02	992,90
	P08	18	-3.060	-0,0581	-1480,05	1119,80
	P09	43	-0,0084	4.680	108,78	713,60
	9 pontos	284 transectos	Resultados de LRR em m/ano			
OBS. Foram desconsiderados locais de desembocadura.						

Fonte: O autor (2023).

O ponto **P01** (Figura 13) com 43 locais (transectos) demonstrou-se estável em 26 locais e com um trecho de 16 locais em Acresção ao longo de todo percurso, variando apenas no trecho de desembocadura do Rio Saí Mirim. No ponto **P02** (Figura 14), foram identificados 42 locais (transectos) que demonstraram locais Estáveis, no entanto obteve mínimos negativos, o qual representa uma saída de sedimento. Todavia, como a análise é

sobre a taxa de variação, mesmo com saídas de sedimento, essas saídas demonstram pequenas mudanças ou mudanças sazonais ao longo do período. O ponto **P03** (Figura 15), já foi caracterizado por taxas de variação negativas maiores, representando um ponto com 20 locais (transectos), o qual 11 locais identificaram Erosão Crítica, 7 locais de Erosão e, 2 locais que demonstraram estável. O ponto **P04** (Figura 15) foi caracterizado por 12 locais (transectos), os quais 8 se demonstraram estável, 3 em acresção e 1 local em erosão crítica, esse último representa áreas de outliers. O ponto **P05** (Figura 16) foi determinado por 27 locais (transectos), os quais 26 locais demonstram-se estáveis e 1 local em acresção. O ponto **P06** (Figura 17) é representado por 42 locais (transectos), o qual representa o ponto onde mais variou os estágios da erosão, com 9 locais estáveis, 1 local em acresção, 26 locais em estado de erosão e 6 locais em estado de erosão crítica. O ponto **P07** (Figura 18) demonstrou-se como o ponto com mais trecho de erosão dos 37 locais (transectos) com 22 locais em erosão crítica, 9 em estado de erosão e 6 locais estáveis. O Ponto **P08** (Figura 18) com 18 locais (transectos), sendo 3 locais estáveis, 2 locais em erosão e 13 locais em erosão crítica. O ponto **P09** (Figura 18) foram 43 locais (transectos), com 40 locais em estado estável e 3 locais em acresção.

Figura 13 - Resultado dos 43 transectos obtidos do PONTO 01.

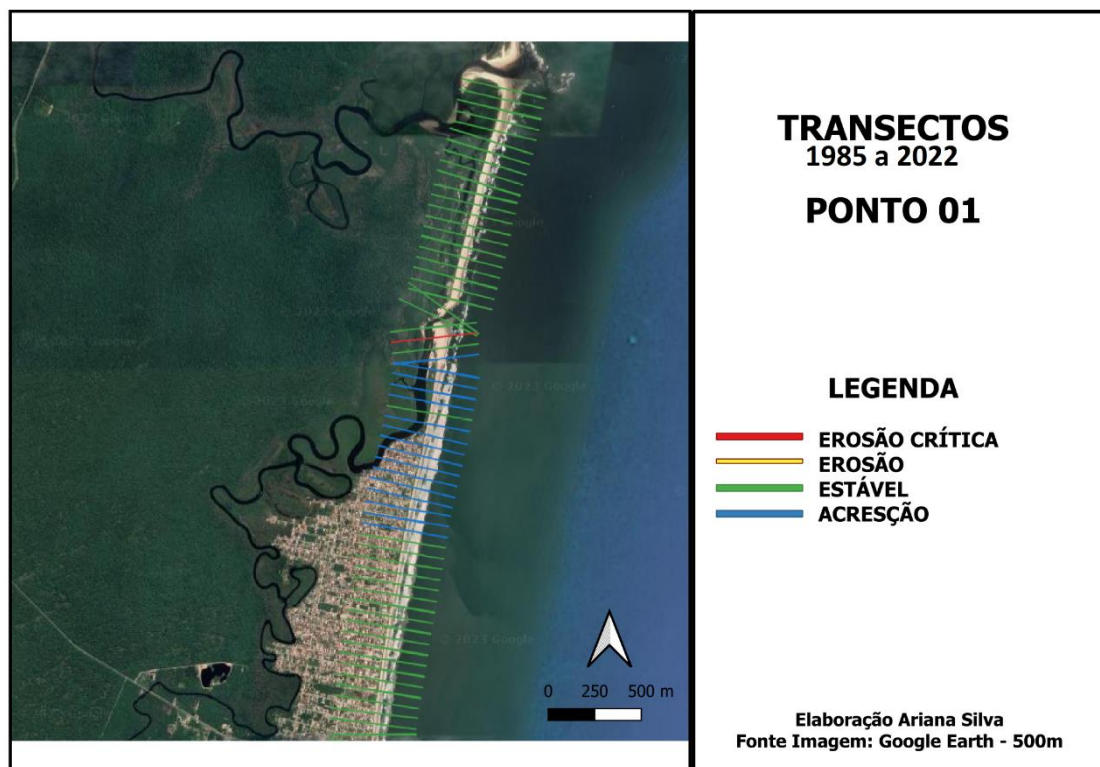


Figura 14 - Resultado dos 42 transectos obtidos do PONTO 02.

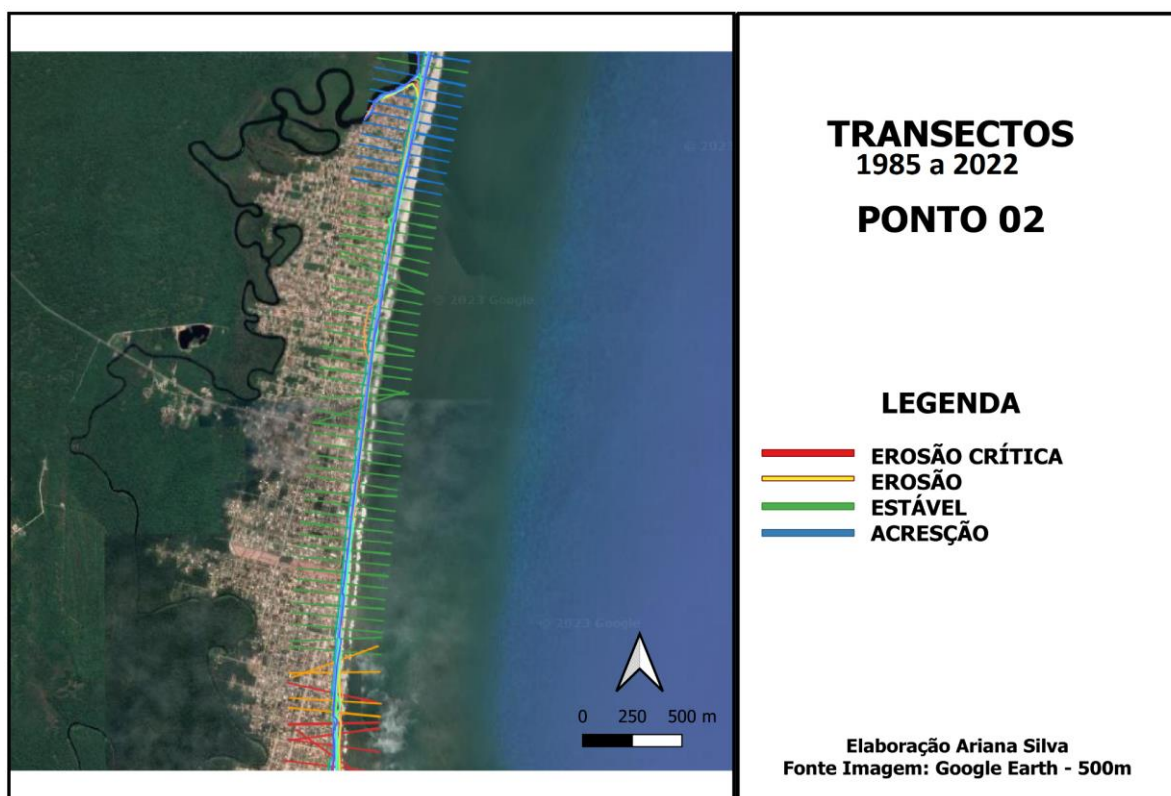


Figura 15 - Resultado dos 20 transectos obtidos do PONTO 03 e 12 transectos obtidos no PONTO 04.

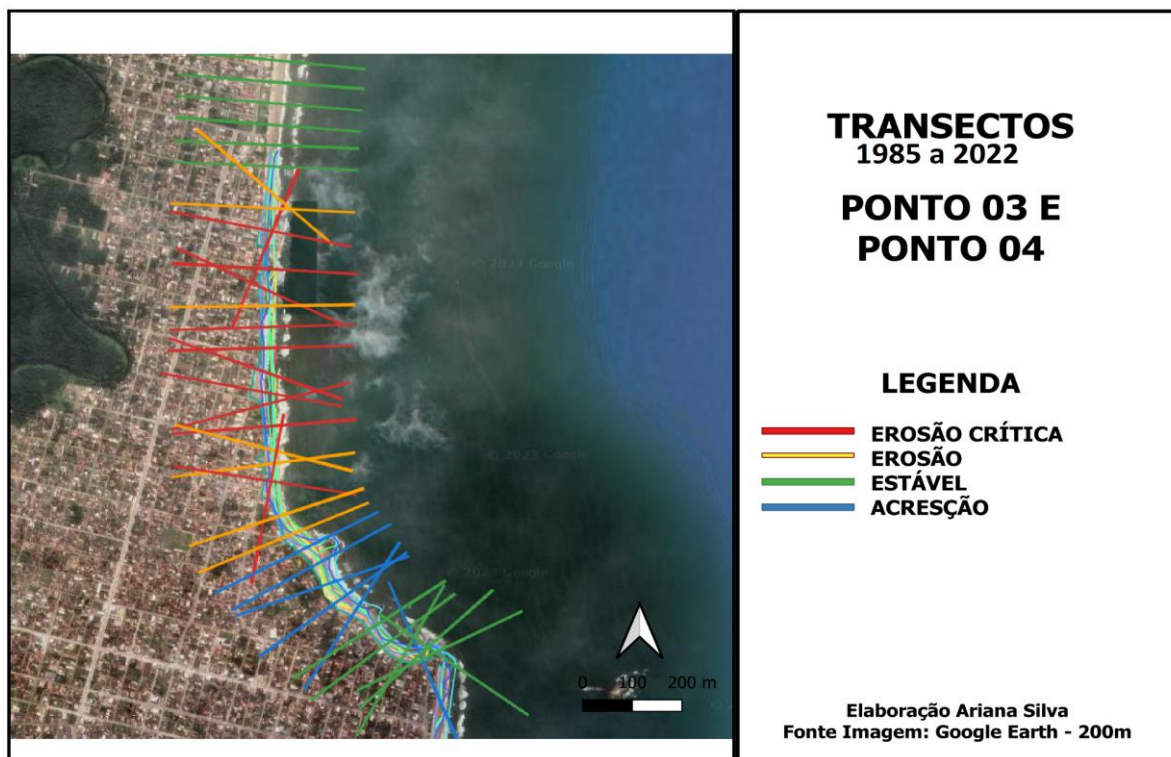


Figura 16 - Resultado dos 27 transectos obtidos do PONTO 05.

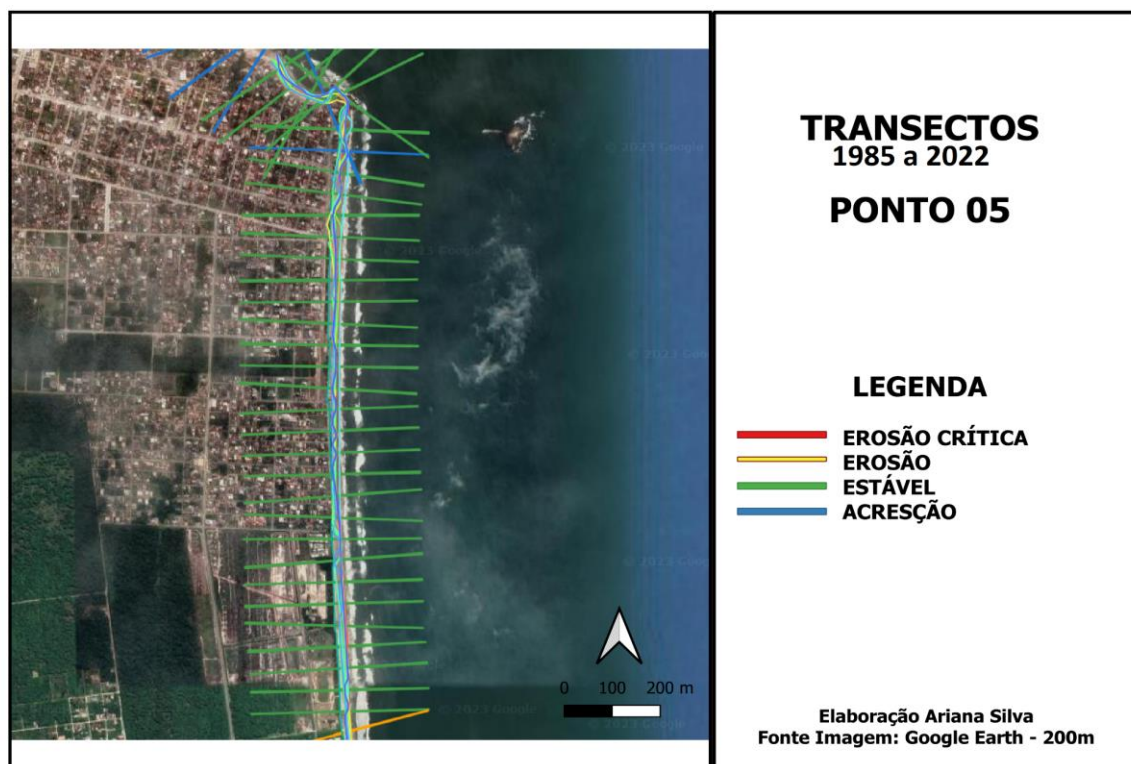


Figura 17 - Resultado dos 42 transectos obtidos do PONTO 06.

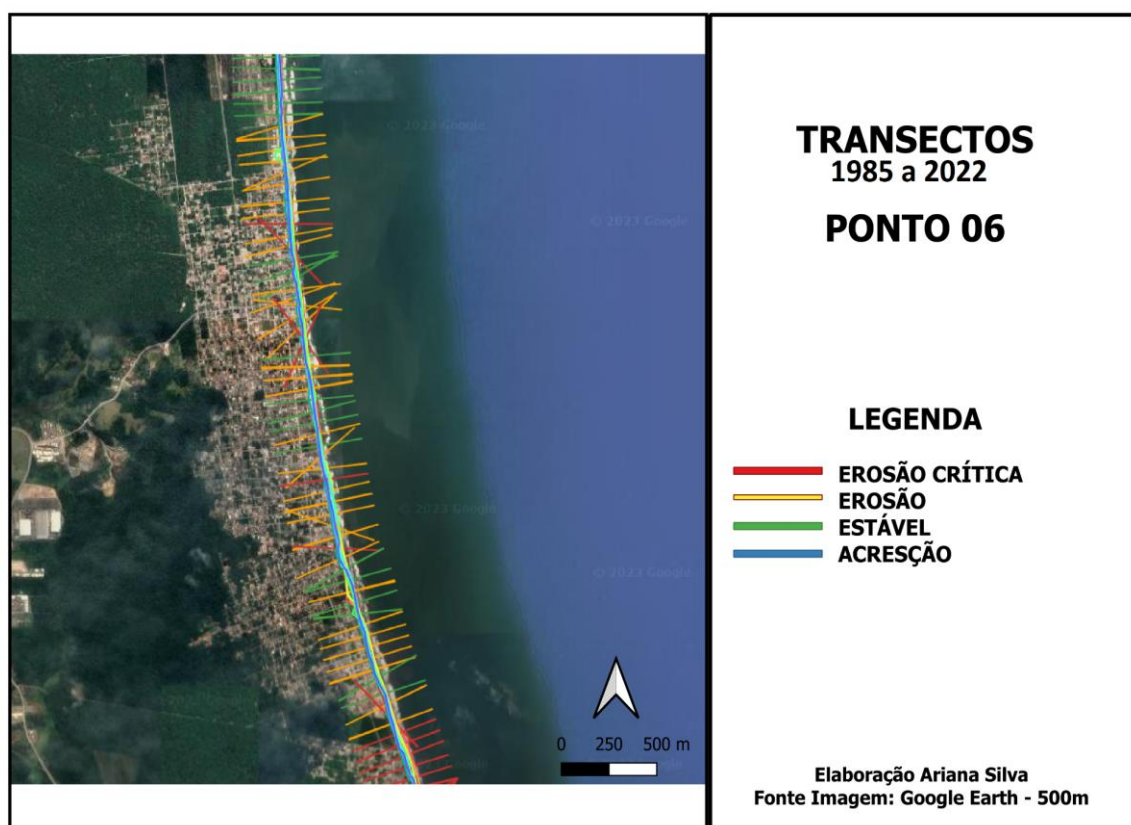
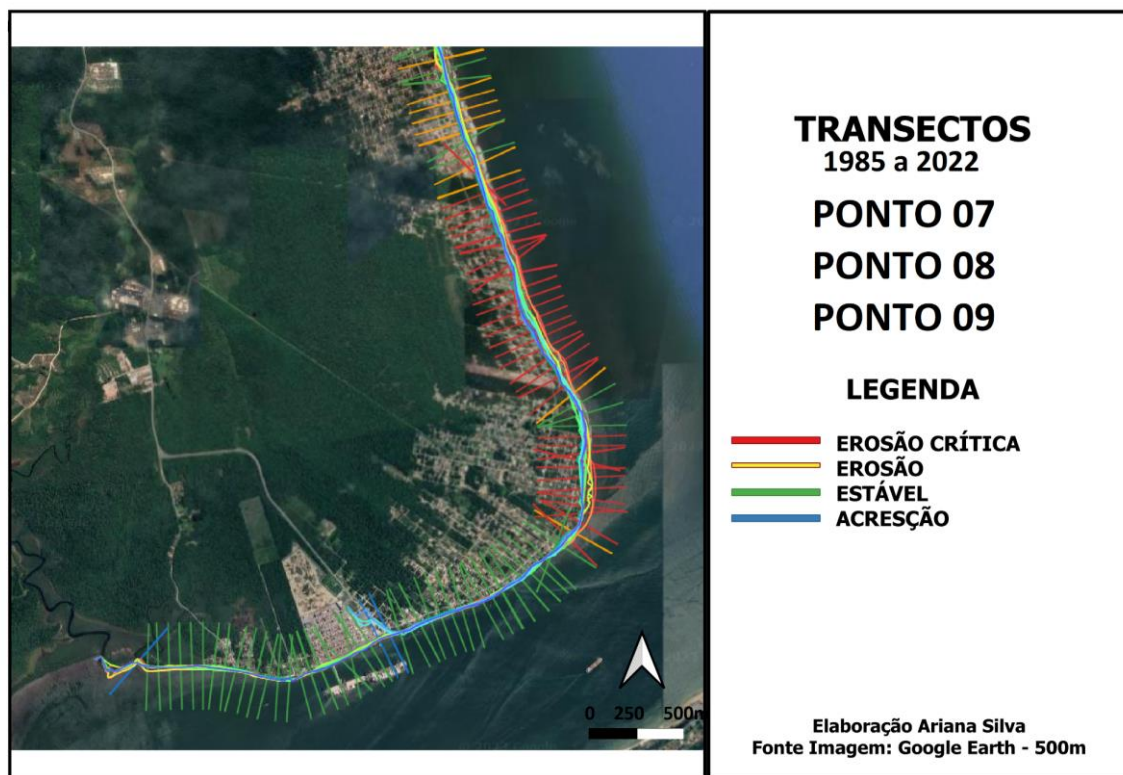
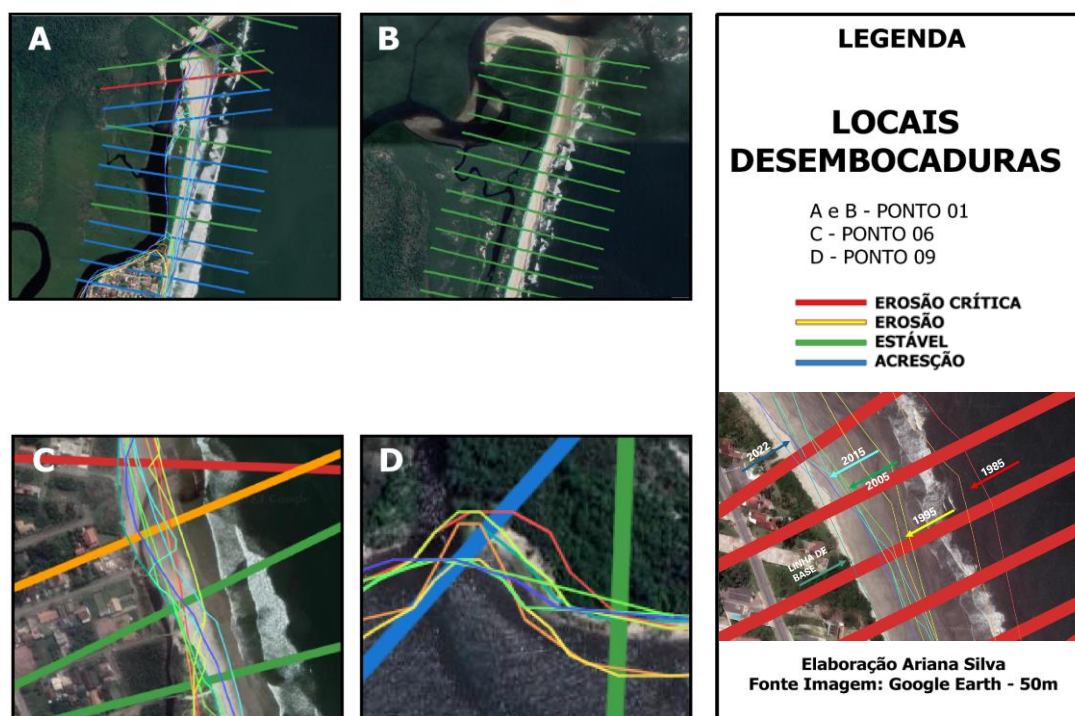


Figura 18 - Resultado dos 37 transectos obtidos do PONTO 07, 18 transectos obtidos do PONTO 08 e 43 transectos obtidos do PONTO 09.



Observações sobre a figura 19 revelam que os locais próximos às desembocaduras não foram considerados como pontos em erosão devido à dinâmica sazonal que ocorre frequentemente nesses ambientes. Embora a taxa de variação nesses locais seja alta, o que poderia ser interpretado como erosão, eles não necessariamente indicam estados erosionais. Na imagem da figura 19-A, um transecto em vermelho é mostrado, aparentando indicar erosão crítica, mas, na verdade, representa apenas a perda de areia em algum período sazonal, resultando nesse transecto. Observa-se também um certo acúmulo de areia ao redor, evidenciando a acreção nessa área. Na figura 19-B, transectos em verde indicam estabilidade, embora este ponto específico tenha gerado alguns erros na imagem que tendem a zero na análise DSAS, devido à região ter permanecido estável ao longo dos anos. Na figura-C, nota-se uma variação natural ao longo dos anos, influenciada pela presença da desembocadura, assim como na figura 19-D, embora nesse ponto específico a ação da maré tenha uma forte influência.

Figura 19 - Locais de Desembocadura



Na figura 20, pode-se observar uma variação significativa no ponto P02, representada pela linha alaranjada correspondente ao ano de 1985. Essa variação não é considerada um outlier, pois encontra-se dentro do contexto geral das mudanças na linha de costa ao longo desse período. De fato, naquele ano específico (1985), a região representada pelo ponto P02 representava a linha de costa, conforme pode ser confirmado pelas imagens de satélite mostradas nas figuras 11-A e 11-B, que pertencem ao mesmo ano.

No ponto P04, foi identificado um transecto que indica um local de erosão crítica, porém, esse ponto foi desconsiderado na análise devido ao fato de se tratar de um pontal rochoso. Esses pontais rochosos são caracterizados por serem formações geológicas fixas e, ao longo dos anos, não apresentam grandes alterações na sua configuração. Essa decisão de excluir o ponto P04 da análise é fundamentada na compreensão de que os processos erosivos e sedimentares atuam de maneira diferente em áreas rochosas em comparação com áreas sedimentares mais suscetíveis a mudanças na linha de costa (Figura 21).

Figura 20 - Transectos Ponto 02

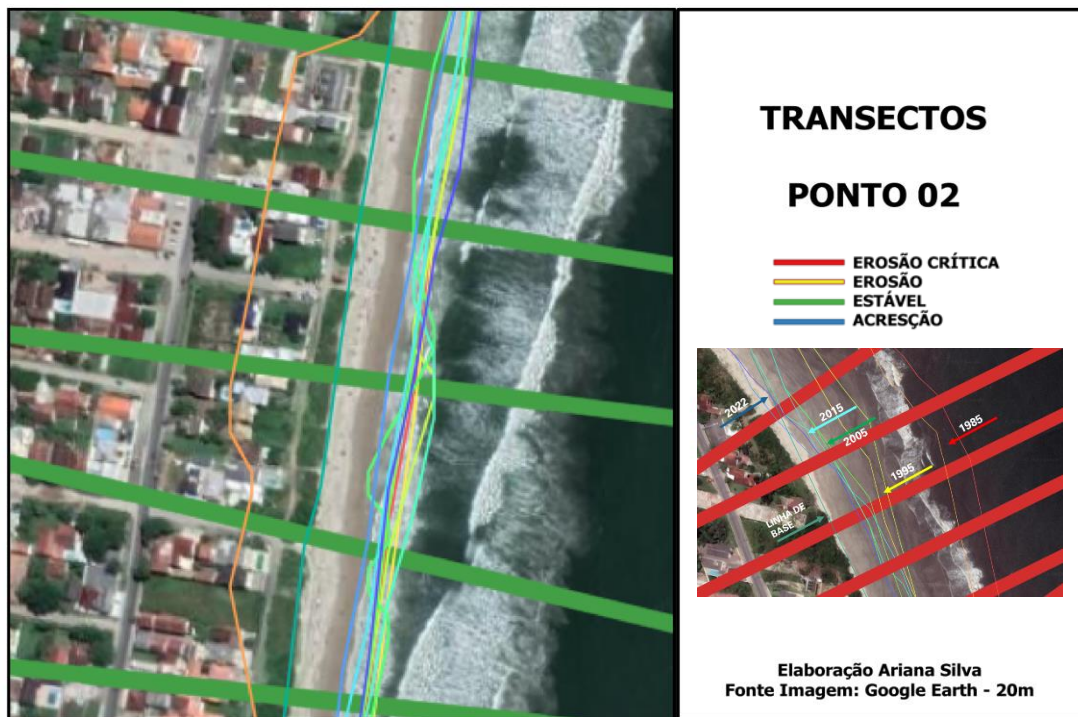
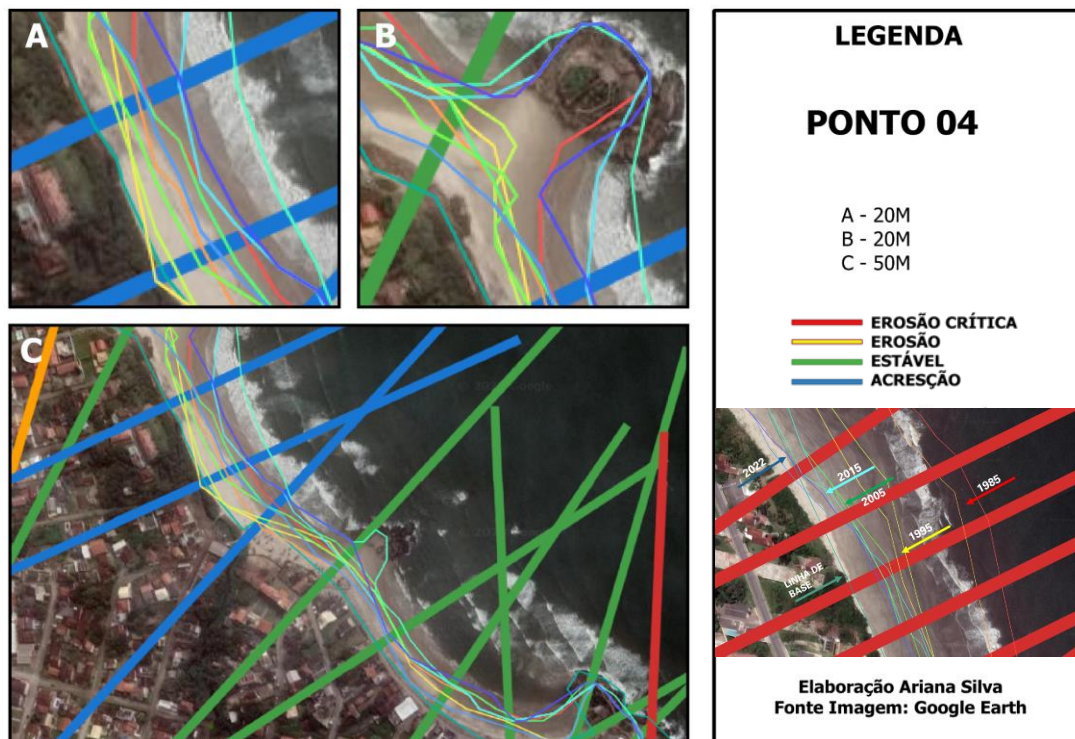
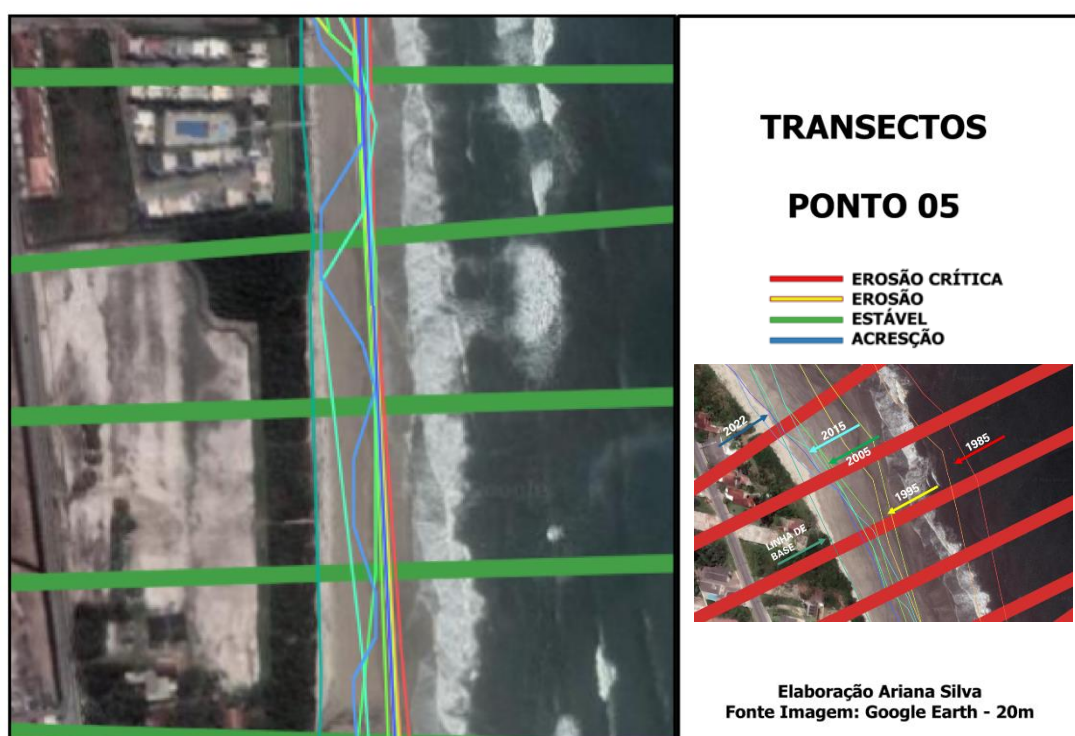


Figura 21 - Transectos Ponto 04.



Na figura 22, podemos observar o ponto P05, o qual exhibe maior estabilidade ao longo do perfil costeiro, representado em uma escala menor para facilitar a visualização. Nessa análise, é possível identificar alguns perfis com um movimento ondulatório ao longo do espaço, o que está relacionado à influência da sazonalidade. A estabilidade desse ponto P05 ao longo do perfil costeiro sugere que as mudanças sazonais têm um impacto menor nessa região específica. Em contraste, os perfis com movimentos ondulatórios podem indicar áreas mais suscetíveis às flutuações sazonais, onde os processos de erosão e sedimentação são mais pronunciados durante diferentes épocas do ano.

Figura 22 - Transectos Ponto 05



Nas figuras 23 e 24, apresentamos resultados ampliados para permitir uma visualização mais detalhada das variações nos pontos P06, P07 e P08. Na figura 23, é possível observar claramente o avanço da linha de costa e a degradação da erosão que afetou as áreas onde casas e ruas estão situadas no ponto P06. Já na figura 24, a distância entre as linhas destaca as perdas de areia ao longo dos anos nos pontos P07 e P08, evidenciando uma erosão crítica nessas regiões. Esses resultados indicam que esses pontos são mais suscetíveis a processos erosivos que têm causado uma diminuição significativa da praia ao longo do tempo. Os demais resultados específicos dos transectos podem ser vistos no ANEXO 18.

Figura 23 - Transectos Ponto 06

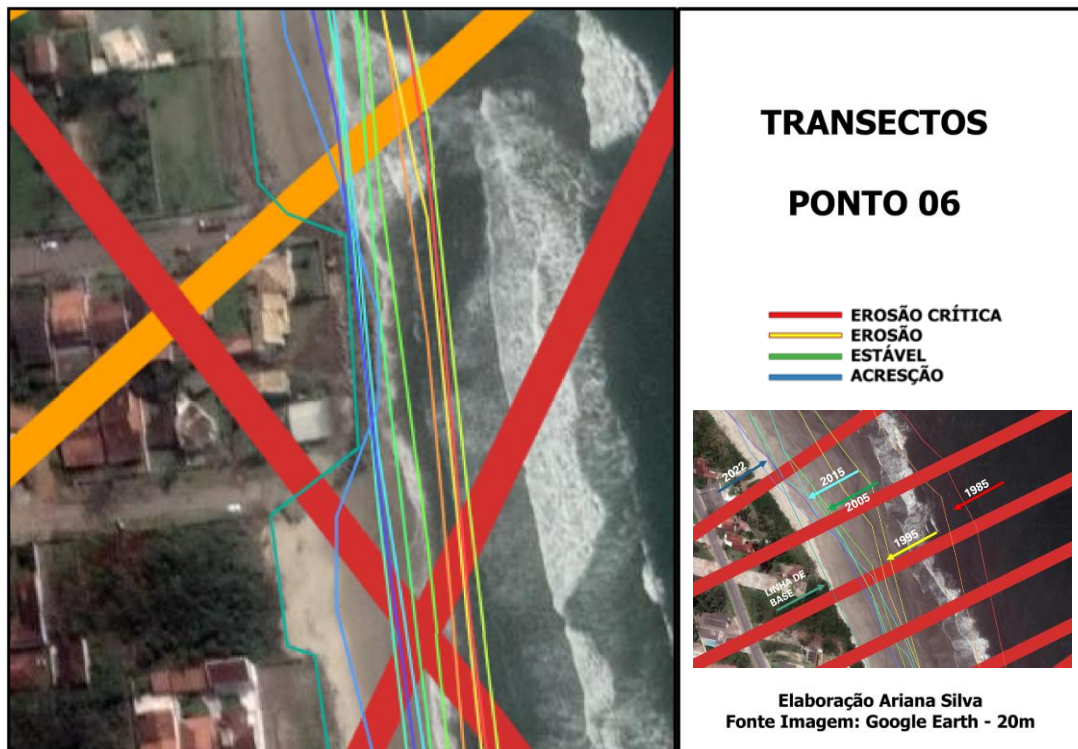
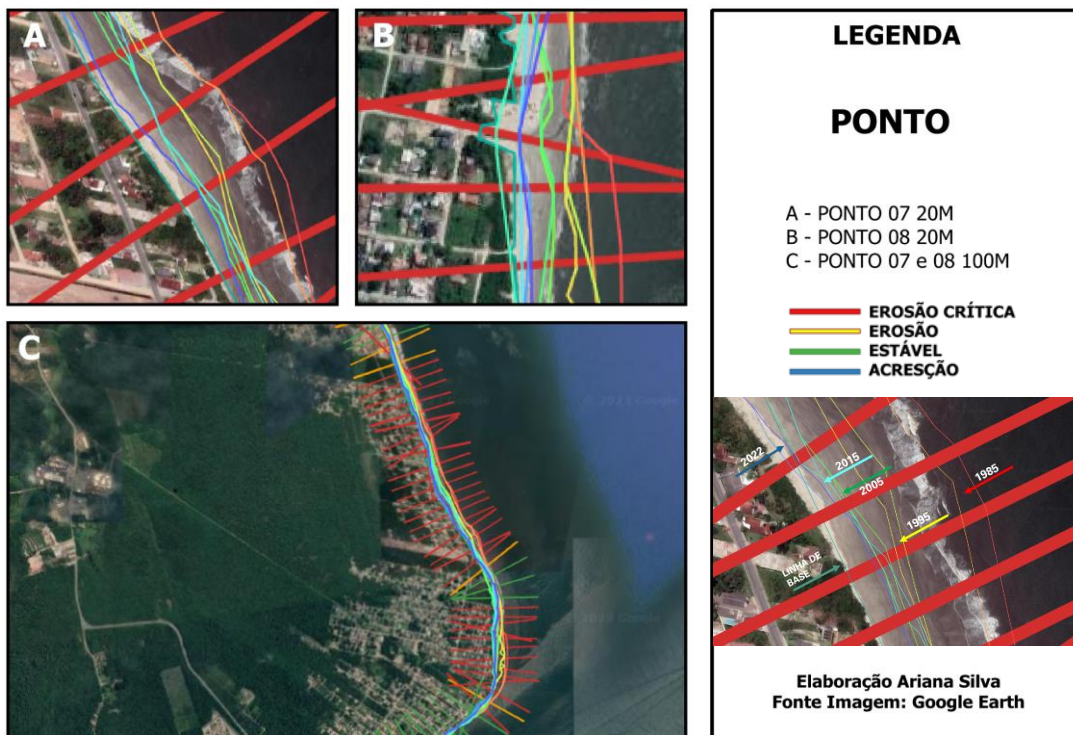


Figura 24 - Transectos Ponto 07 e 08

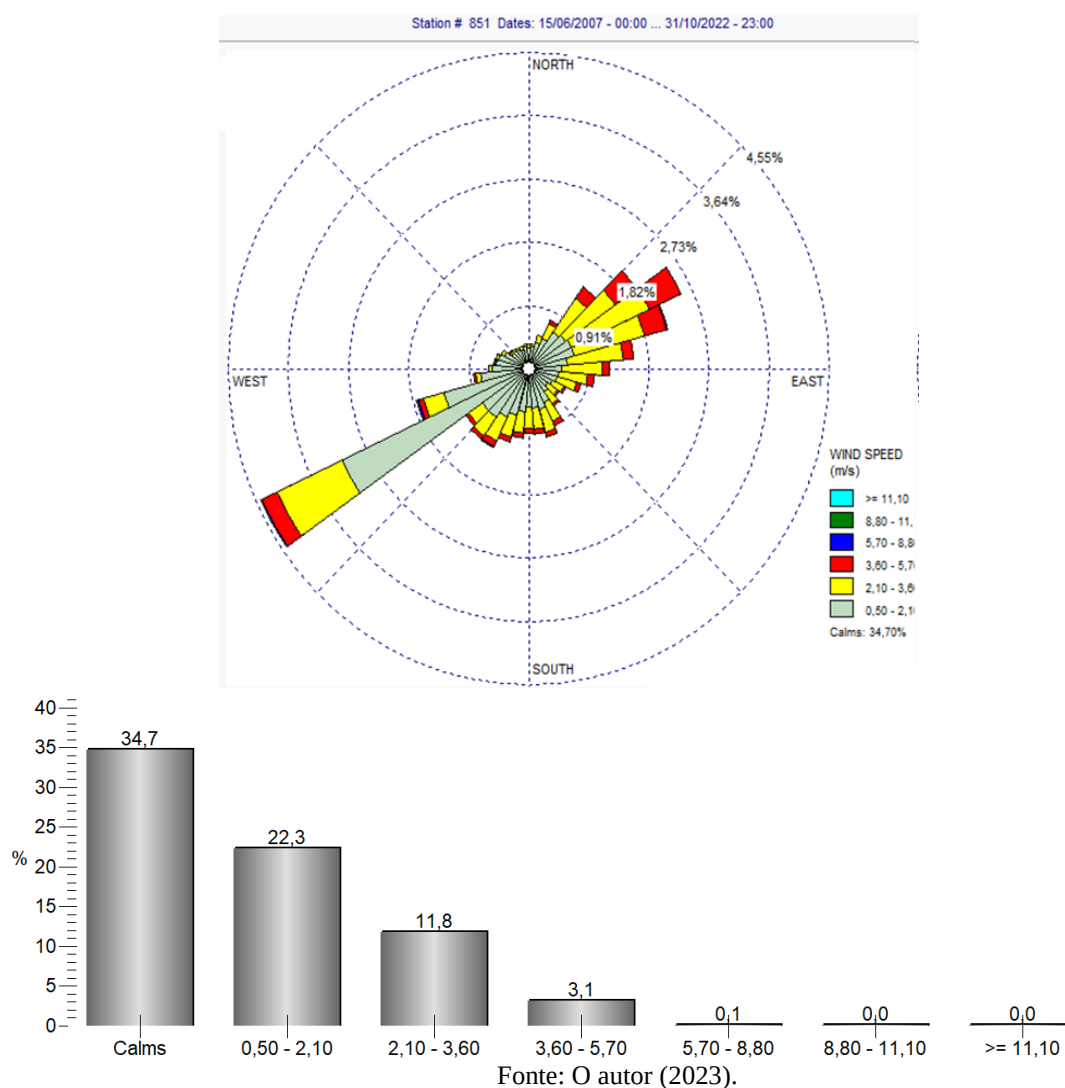


4.4 Extremos Climáticos

4.4.1 Padrão de Ventos

A partir da análise de frequência dos ventos do período de 2007 a 2022 (Figura 25) pode ser observado uma maior tendência na direção do vento para OSO-ENE (quadrantes Leste-Oeste). Assim como, as classes de tendência de distribuição do vento podem ser evidenciadas, o qual 34,7% representaram períodos de calmaria, 22,3% com ventos de 0,50 a 2,10 m/s, 11,8% com ventos de 2,10 a 3,60 m/s, 3,1% foram ventos entre 3,60 e 5,70 m/s e 0,1% ventos entre 5,70 e 8,80 m/s. A velocidade média do vento foi de 1,0 m/s para este período analisado.

Figura 25 - Análise de Frequência dos Ventos no Período de 2007 a 2022. Soprando de OSO para ENE; no gráfico de barras observa-se as Classes de Frequência de Distribuição dos Ventos em porcentagem.



4.4.2 Correlação do Ventos e Maré

A partir dos dados das componentes do vento (u e v) e velocidade do vento, assim como a maré observada, a maré meteorológica e a maré astronômica foram testadas a partir da normalidade do teste de *Anderson Darling*, o qual as séries de dados se demonstraram não normais com P -valores menores que 0,05 para todas as séries de dados (Tabela 3).

Tabela 2 - Teste de normalidade - *Anderson Darling* para todas as componentes individuais.

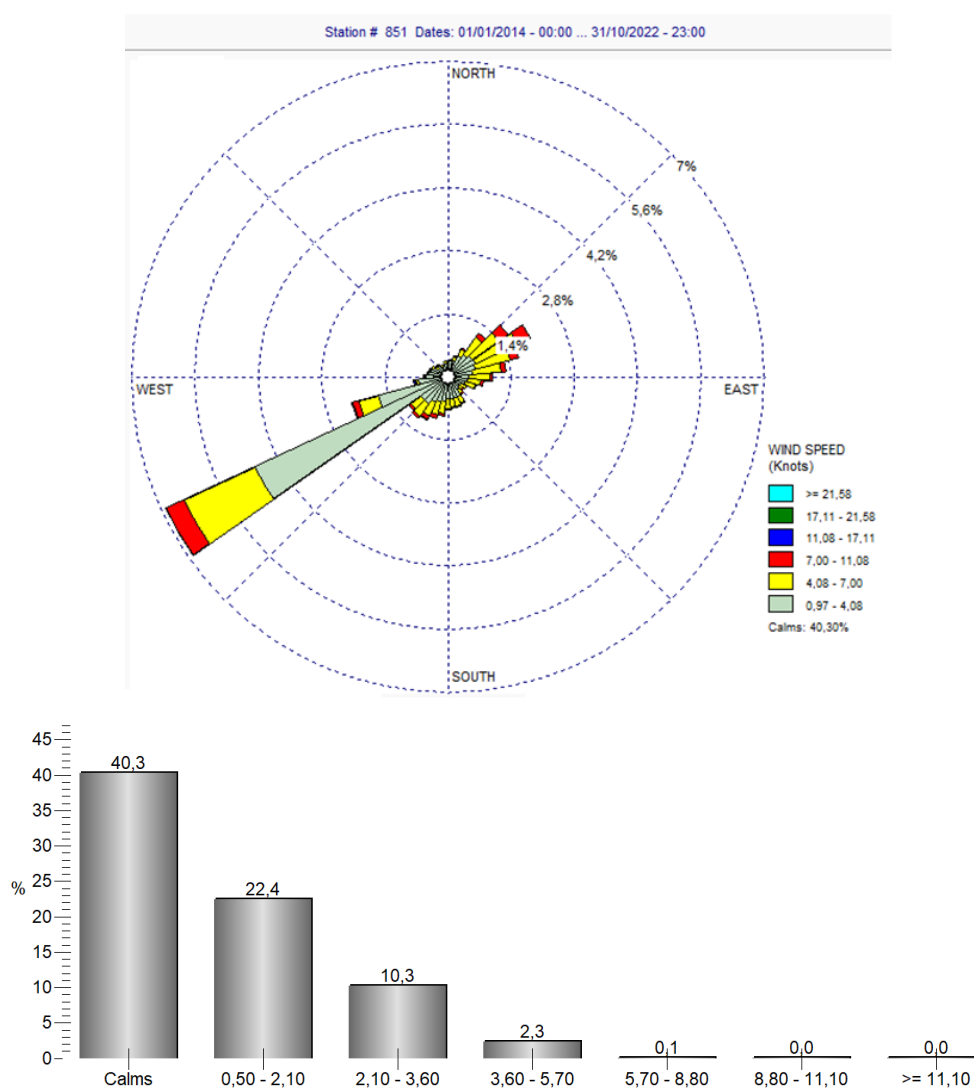
Teste de normalidade de <i>Anderson Darling</i>	
velocidade do vento	$A = 20793, p - \text{valor} < 2.2e - 16$
componente u	$A = 20794, p - \text{valor} < 2.2e - 16$
componente v	$A = 20748, p - \text{valor} < 2.2e - 16$
maré astronômica	$A = 27.5, p - \text{valor} < 2.2e - 16.$

Fonte: O autor (2023).

Devido a não normalidade dos dados, então prosseguiu-se para o *Coefficiente de Correlação de Postos de Spearman*. A correlação mais representativa entre os dados foram os dados de maré astronômica correlacionado com a velocidade do vento com Rho de 0,056 e $p - \text{valor}$ de 0,00, as demais correlações foram opostas ou não puderam ser utilizadas na análise pelo valor- p muito alto. Entretanto, os dados de velocidade do vento foram separados por quadrantes e reduzidos as séries de maré em percentil 80, para utilizar somente os 20% dos dados mais extremos, mas ainda assim não foi possível obter um resultado conclusivo para esta análise. Por isso, entende-se que mesmo utilizando a série de maré astronômica e velocidade, os quais foram mais representativos não há correlação entre esses dados mesmo após sua filtragem.

Na frequência dos ventos do período de 2014 a 2022 pode ser observado uma maior tendência na direção do vento OSO-ENE (quadrantes leste-oeste), a mesma registrada no período de 2007 a 2022. De acordo com as classes de tendência de distribuição do vento, 40,3% representaram períodos de calmaria, 22,4% com ventos de 0,50 a 2,10 m/s, 10,3% com ventos de 2,10 a 3,60 m/s, 2,3% foram ventos entre 3,60 e 5,70 m/s; 0,1% foram entre 5,70 e 8,80 m/s e menos que 0% de ventos até 11,10 m/s. A velocidade média do vento foi de 0,84 m/s para este período analisado (Figura 26).

Figura 26 - Padrão de Frequência dos Ventos do Período de 2014 a 2022. A – Soprando de SO para NE; no gráfico de barras observa-se as Classes de Frequência de Distribuição dos Ventos em porcentagem.



Fonte: O autor (2023).

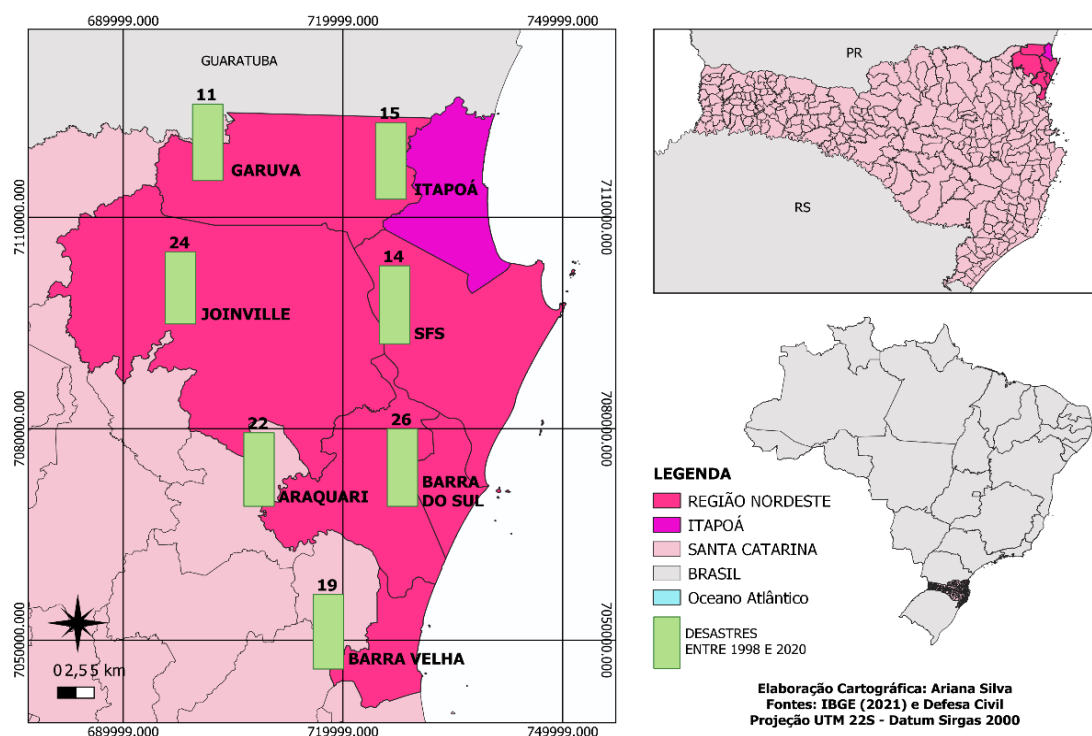
4.4.3 Decretações de Desastres

A partir dos dados da Defesa Civil do Estado de Santa Catarina foi possível identificar 15 eventos potenciais de erosão costeira na cidade de Itapoá entre 1998 a 2020. No total para região nordeste do estado foram de 133 decretações com um crescente nos anos de 2007 a 2011 e nos municípios litorâneos da região nordeste obtiveram: SFS 14 desastres; Barra do Sul 26 desastres e Barra Velha 20 desastres (Figura 27).

Em Itapoá, no período de 1998 a 2020, 67% dos eventos são referentes à Enxurradas e 26% representam problemas direto com a erosão costeira (Figura 28) e durante os anos de 2008 a 2011 foi identificado o dobro dos eventos, comparado aos demais anos (Figura 29). Nota-se que para todos os municípios da região nordeste de

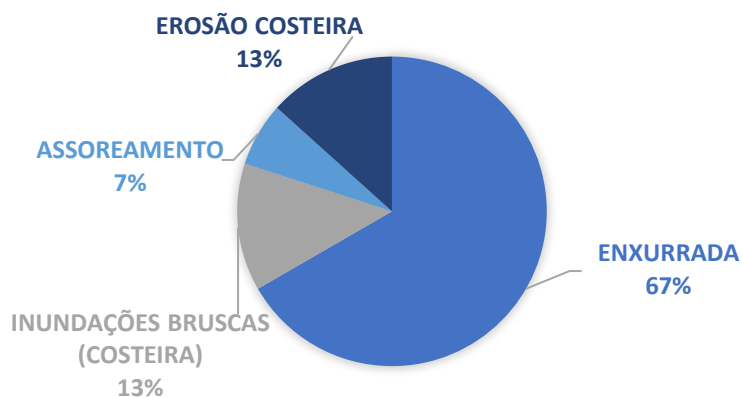
Santa Catarina, entre 2008 e 2011, ocorreu um crescente no número de registros de eventos que geraram algum desastre (Figura 30). As tabelas com todos os dados individuais, para cada decreto, podem ser vistas no ANEXO 29.

Figura 27 - Mapa dos municípios analisados no estado de Santa Catarina e as Decretações de Desastres para os municípios nordeste de Santa Catarina entre os anos de 1998 a 2020.



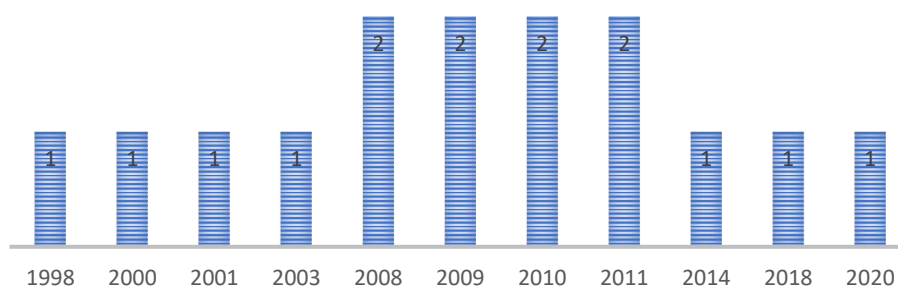
Fonte: O autor (2023).

Figura 28 - Tipo de desastres que aconteceram em Itapoá entre 1998 e 2020.



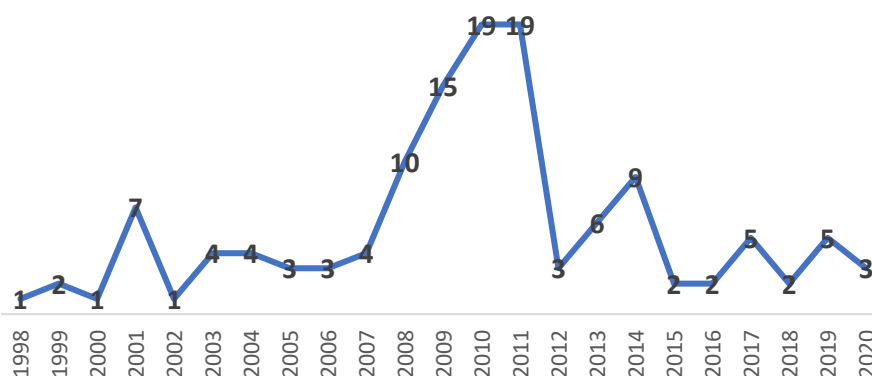
Fonte: O autor (2023).

Figura 29 - Quantidade de desastres que aconteceram em Itapoá entre 1998 e 2020 por ano.



Fonte: O autor (2023).

Figura 30 - Quantidade de desastres que aconteceram na Região Nordeste representada entre 1998 a 2020.



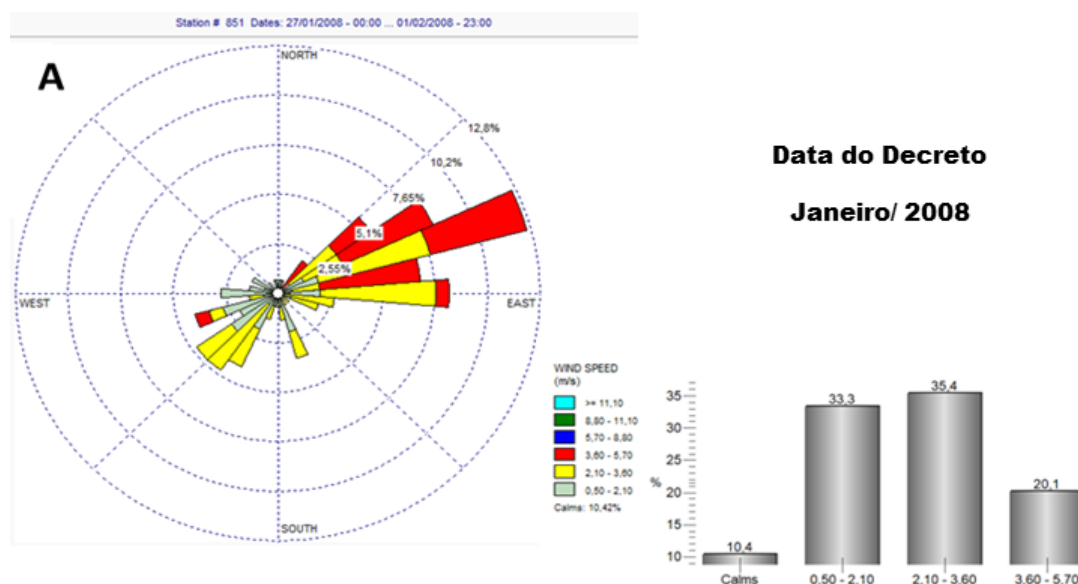
Fonte: O autor (2023).

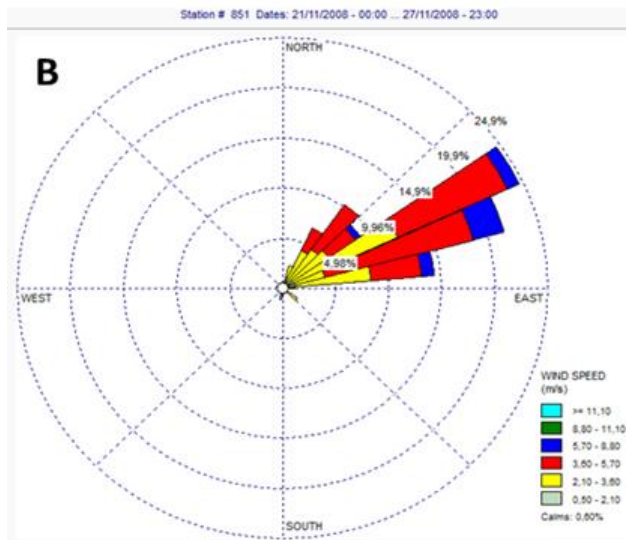
4.4.3.1 Padrão de Ventos e associação as Decretações de Itapoá

A partir das datas dos decretos (possíveis eventos climáticos) estabeleceu-se o padrão de distribuição dos ventos para cada período desses eventos. Em 2008, o período que ocorreu as decretações no mês janeiro e no mês de novembro, representavam as fases da lua de quadratura. Neste período em 2008, a direção predominante dos ventos era no quadrante ENE-OSO (quadrantes Leste-Oeste) (Figura 31 – A e B, respectivamente) e com velocidades máximas de 8,7 m/s e 10 m/s, respectivamente (Figura 32). Em 2009, nos meses de fevereiro e junho representavam as fases da lua de quadratura e sizígia, respectivamente. Já os padrões de ventos predominantes foram de SO-ENE (quadrantes Leste-Oeste, com tendência ao norte) para o período do decreto em fevereiro e para junho foi SSO-NNE (quadrantes mais favoráveis de sul para norte) (Figura 31 – C e D, respectivamente) e com velocidades máximas de 11,9 m/s e 6,5 m/s, respectivamente

(Figura 32). Em 2010, a fase da lua estava em período de quadratura e os ventos predominantes para o período foram de SSO-NNE (quadrantes de sul para norte) (Figura 31 – E) e velocidade máximas de 14,9 m/s (Figura 33). Já em 2011, a fase da lua estava em período de sizígia e os ventos predominantes para o período variaram entre SO-NE e de NE-SO (variou bastante no quadrante Leste-Oeste) (Figura 31 – F) e velocidades máximas de 16,2 m/s (Figura 33). No período dos desastres em 2013, a fase da lua era de quadratura e velocidades máximas de 8,9 m/s (Figura 34). No período do desastre em 2018, a fase da lua também estava em quadratura e os ventos predominantes foram de OSO-ENE (quadrante Leste-Oeste) (Figura 31 – G) e velocidades máximas de 7,7 m/s (Figura 34). No período do desastre em 2020, a fase da lua estava indo de quadratura para sizígia e os ventos predominantes ENE-OSO (quadrante Leste-Oeste) (Figura 31 – H) e velocidades máximas de 13,4 m/s (Figura 35). As figuras 32 a 35, pode se observar os resultados das rajadas de vento ao longo dos anos de 2008, 2009, 2010, 2011, 2018, 2020. Os demais anos dos desastres não puderam ser analisados pela ausência de dados. Os dados de distribuição do vento para o período dos eventos em 2013 não foram possíveis serem apresentados, devido a erro na série de dados de direção o vento.

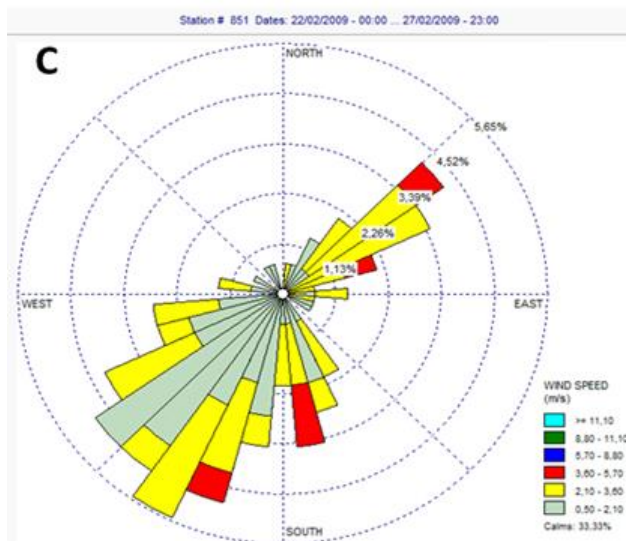
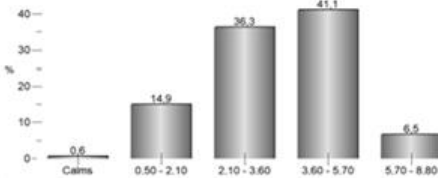
Figura 31 - Padrão de Frequência dos Ventos do Período dos Desastres. A e B- 2008; C e D -2009; E- 2010; F- 2011; G- 2018; H- 2018. No gráfico pode-se observar a análise de Frequência dos Ventos no para cada período do decreto (5 dias); o gráfico de barras observa-se as Classes de Frequência de Distribuição dos Ventos em porcentagem.





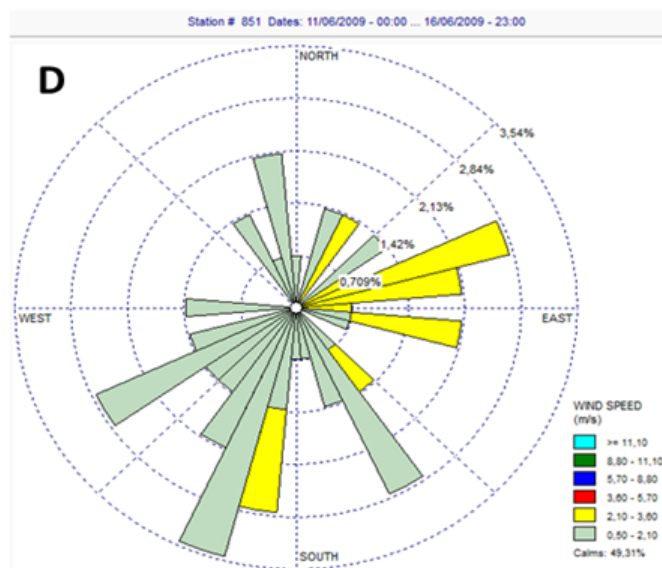
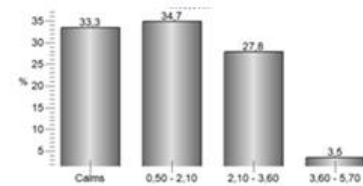
Data do Decreto

Novembro/ 2008



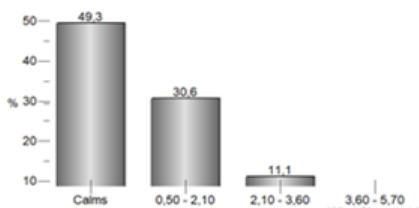
Data do Decreto

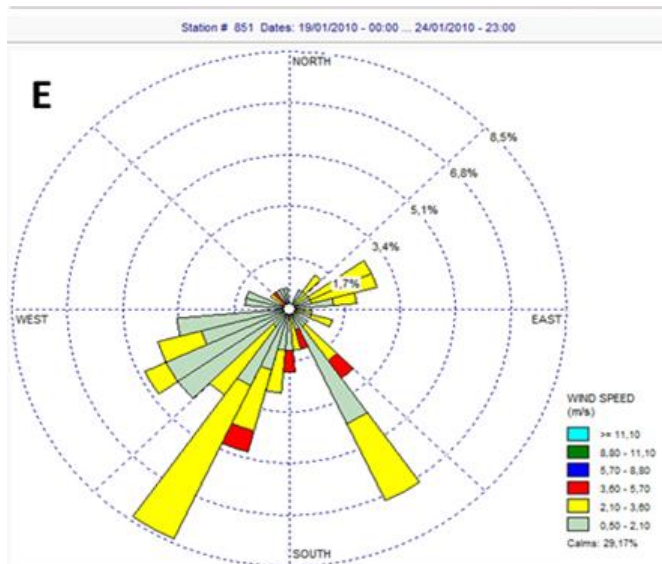
Fevereiro/ 2009



Data do Decreto

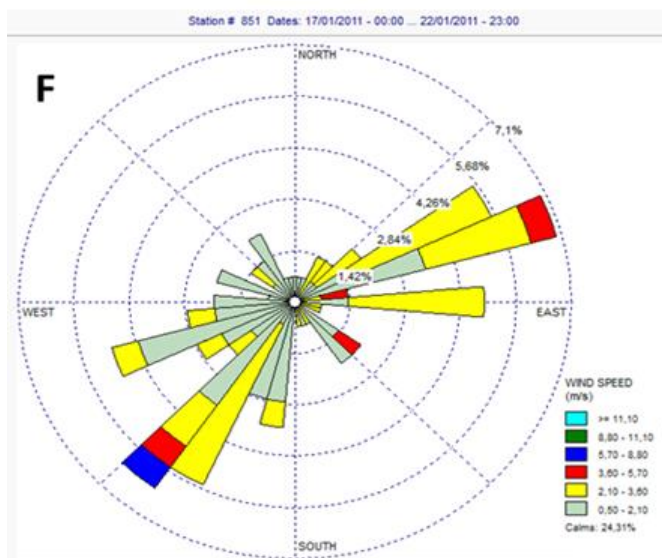
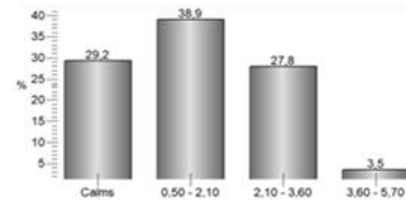
Junho/ 2009





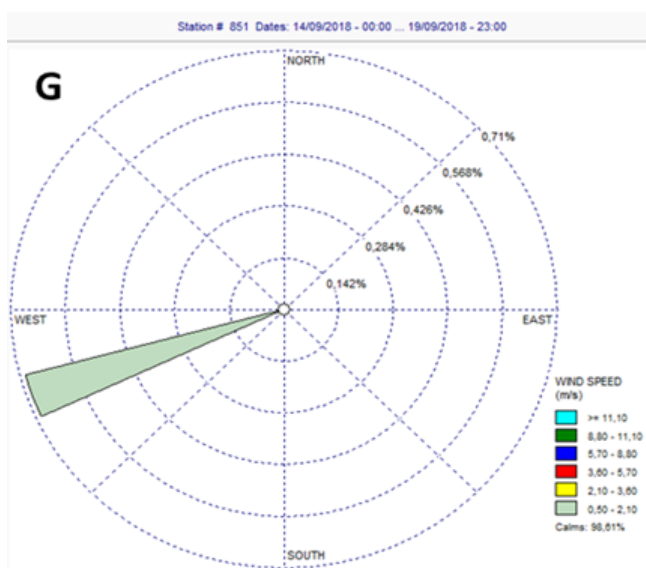
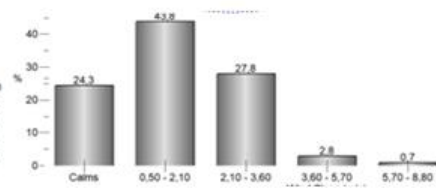
Data do Decreto

Janeiro/ 2010



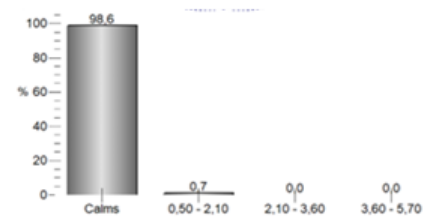
Data do Decreto

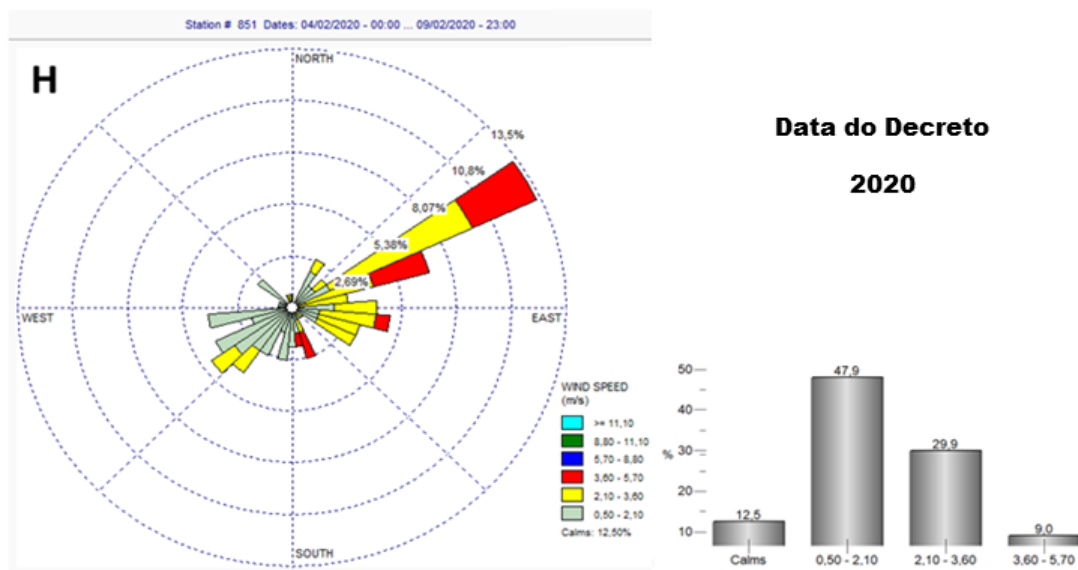
Janeiro/ 2011



Data do Decreto

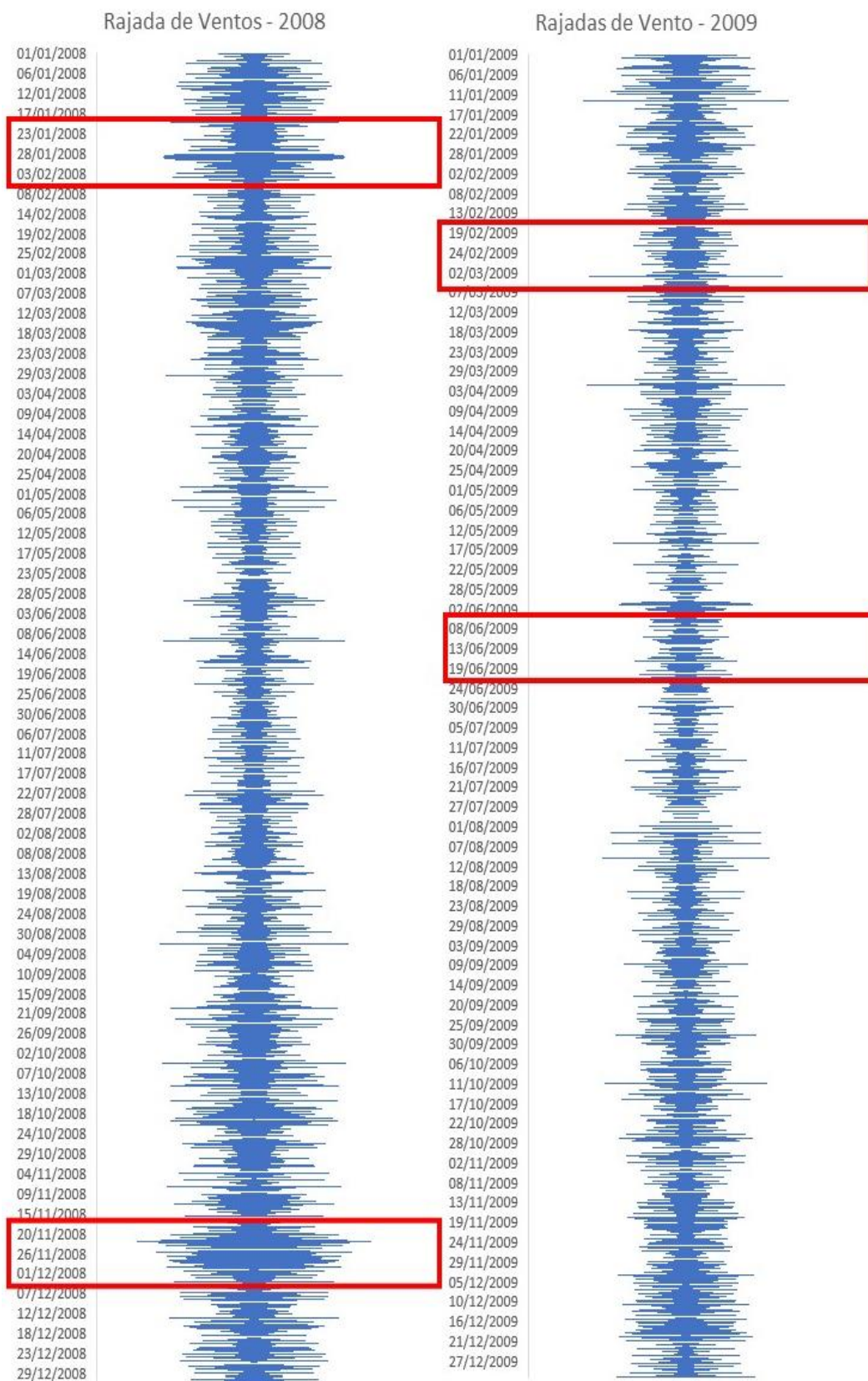
2018





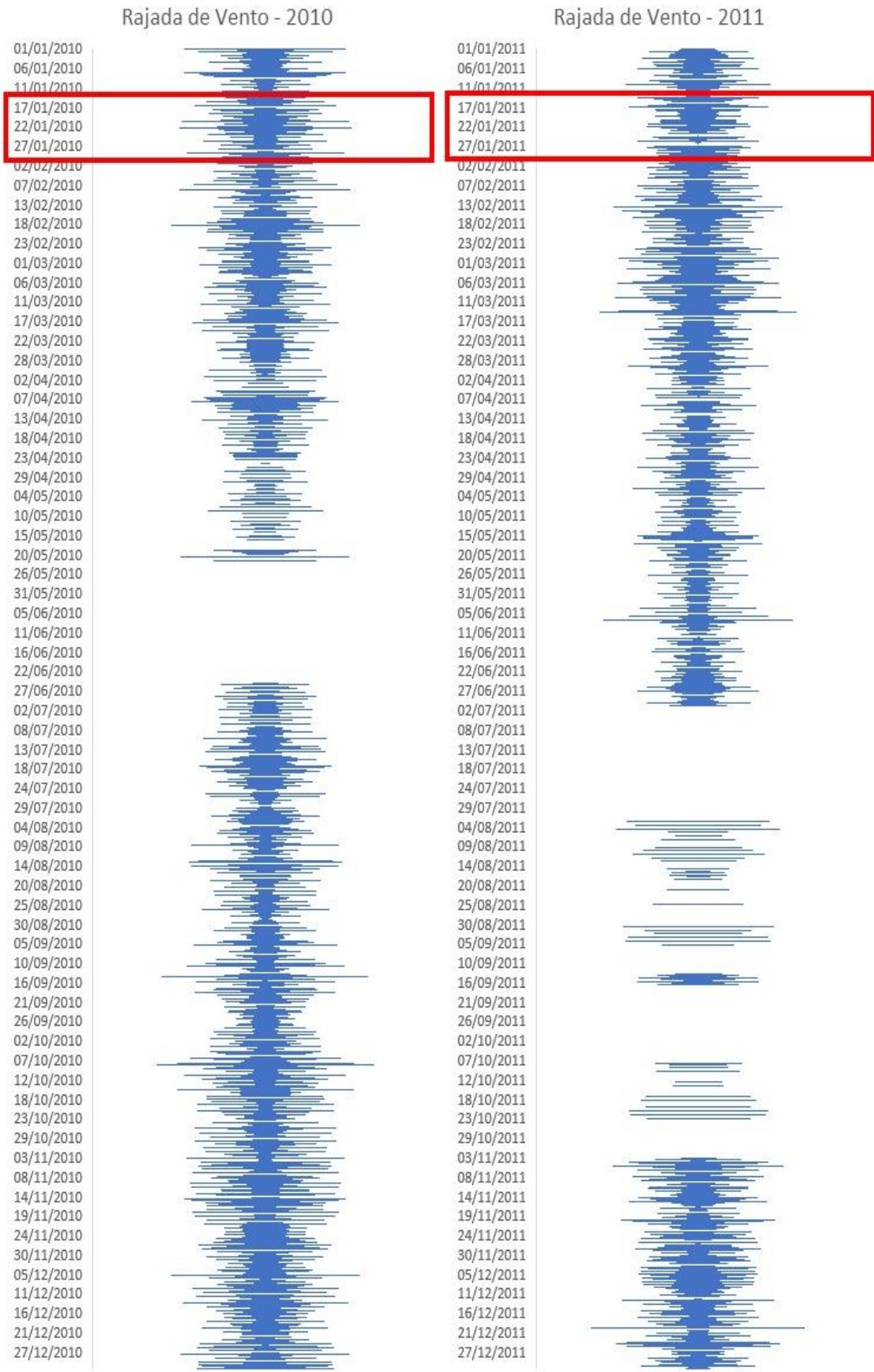
Fonte: O autor (2023).

Figura 32 - Rajada de Vento (m/s) de 2008 e 2009. A caixa em vermelho seleciona o período do dia do desastre e dias próximos para comparação com o ano.



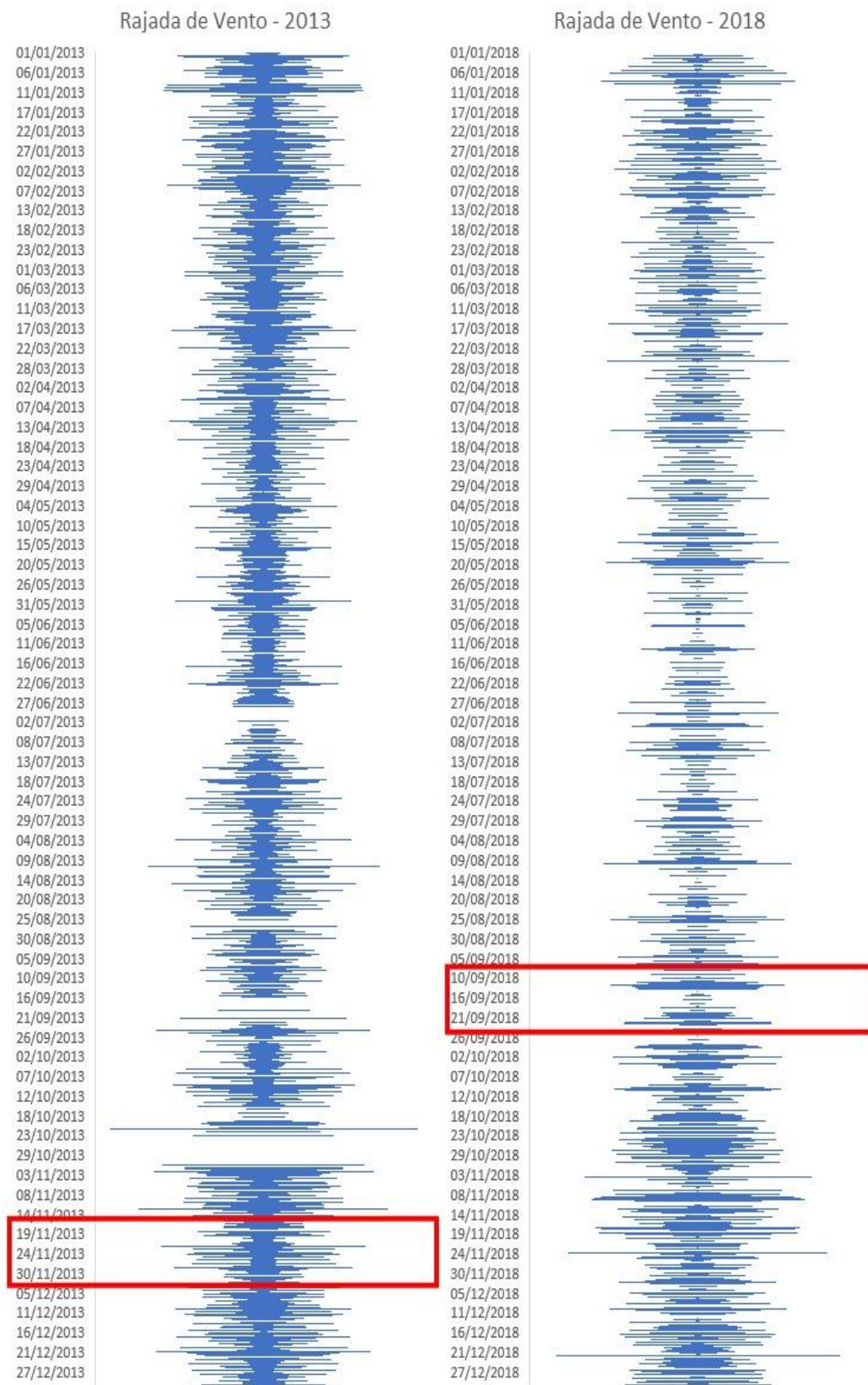
Fonte: O autor (2023).

Figura 33 - Rajada de Vento (m/s) 2010 e 2011.



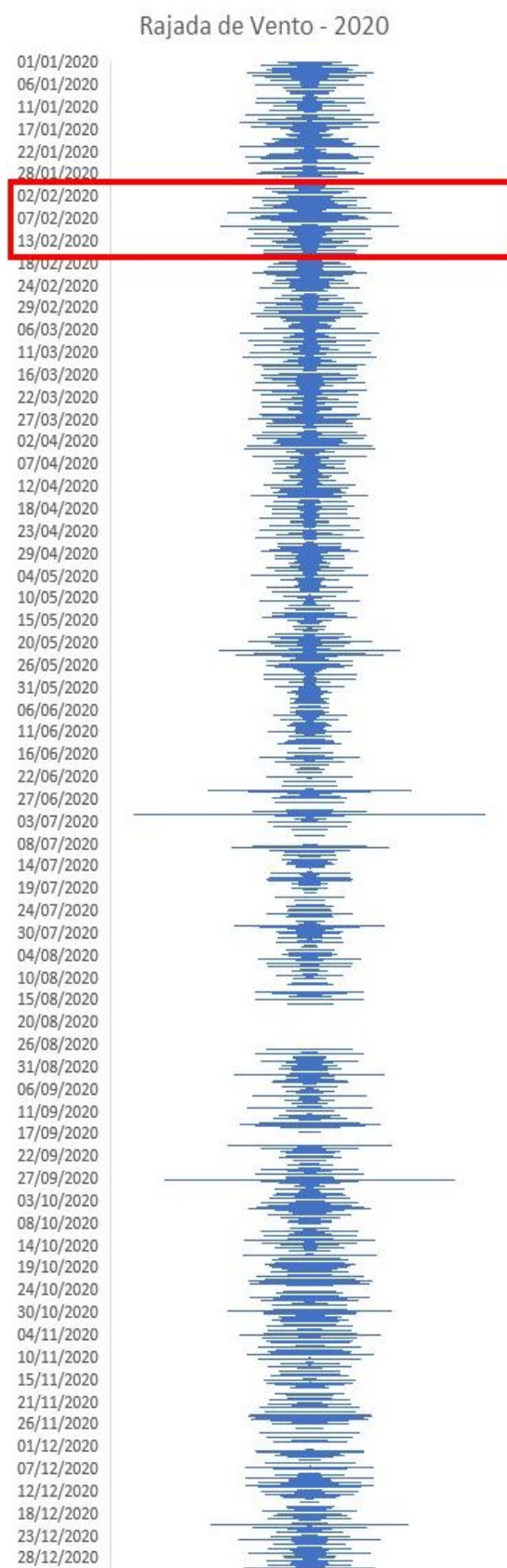
Fonte: O autor (2023).

Figura 34 - Rajada de Vento (m/s) 2013 e 2018.



Fonte: O autor (2023).

Figura 35 - Rajada de Vento (m/s) 2020.



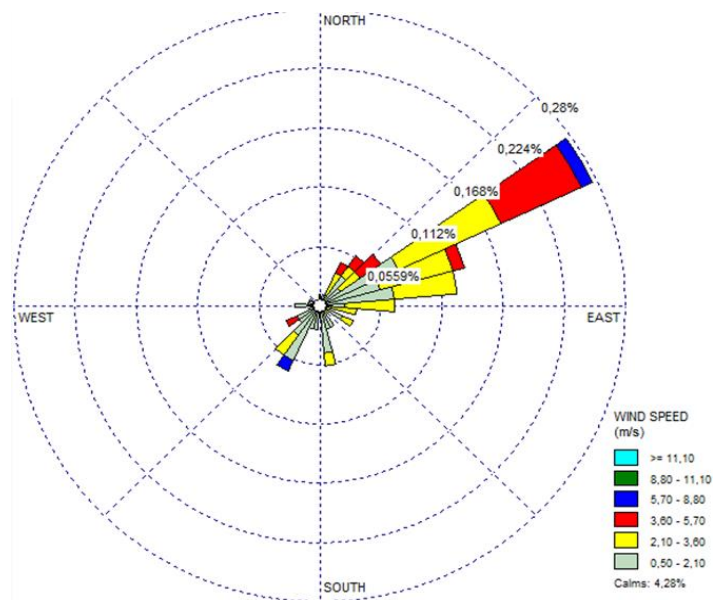
Fonte: O autor (2023).

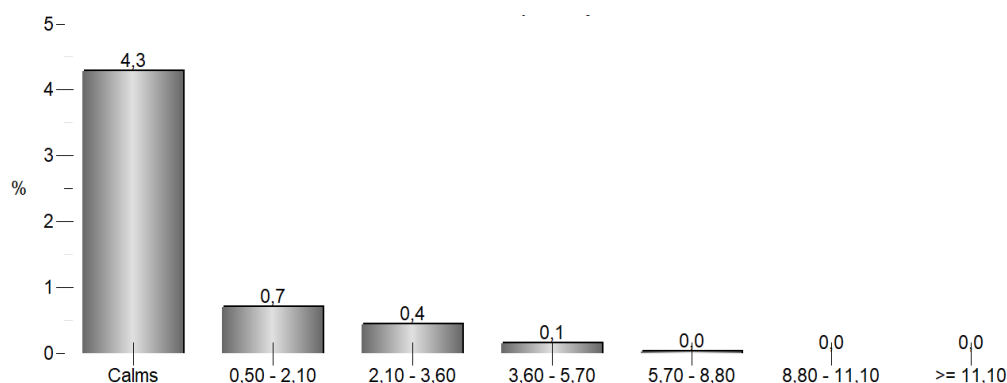
4.5 Balanço Hidrodinâmico

Através da modelagem foi possível identificar e confirmar os padrões hidrodinâmicos locais e da Baía da Babitonga, a qual representa uma das forçantes principais que influenciam nos padrões hidrodinâmicos da região.

Ao longo das 4 estações do ano (verão, outono, inverno e primavera), as forçantes hidrodinâmicas da deriva litorânea e vazão da Baía da Babitonga possuem uma tendência de direção conforme as descargas fluviais, do volume de precipitação e ação da maré, assim como a deriva litorânea tem sua direção conforme a predominância no padrão de ventos da região, o qual variaram conformes as estações do ano. Na figura 36, pode ser observado o padrão de ventos para o mesmo período da análise hidrodinâmica (ano de 2021). Os ventos na região no ano de 2021 possuiu maior tendência de direção a nordeste e sudoeste (ENE-OSO). A distribuição de velocidades resultou em 4,3% foram de períodos de calmaria e 0,7% representaram velocidades de 0,50 até 2,10 m/s, 0,4% foram de ventos com velocidades de 2,10 até 3,60 m/s e 0,1%, ou menos, representaram os ventos de 3,60 até 8,80 m/s. A velocidade média do vento neste período de 2021 foi de 0.48 m/s.

Figura 36 - Padrão de Frequência dos Ventos do Período de 2021. A – Soprando de NE para SO; no gráfico de barras observa-se as Classes de Frequência de Distribuição dos Ventos em porcentagem.





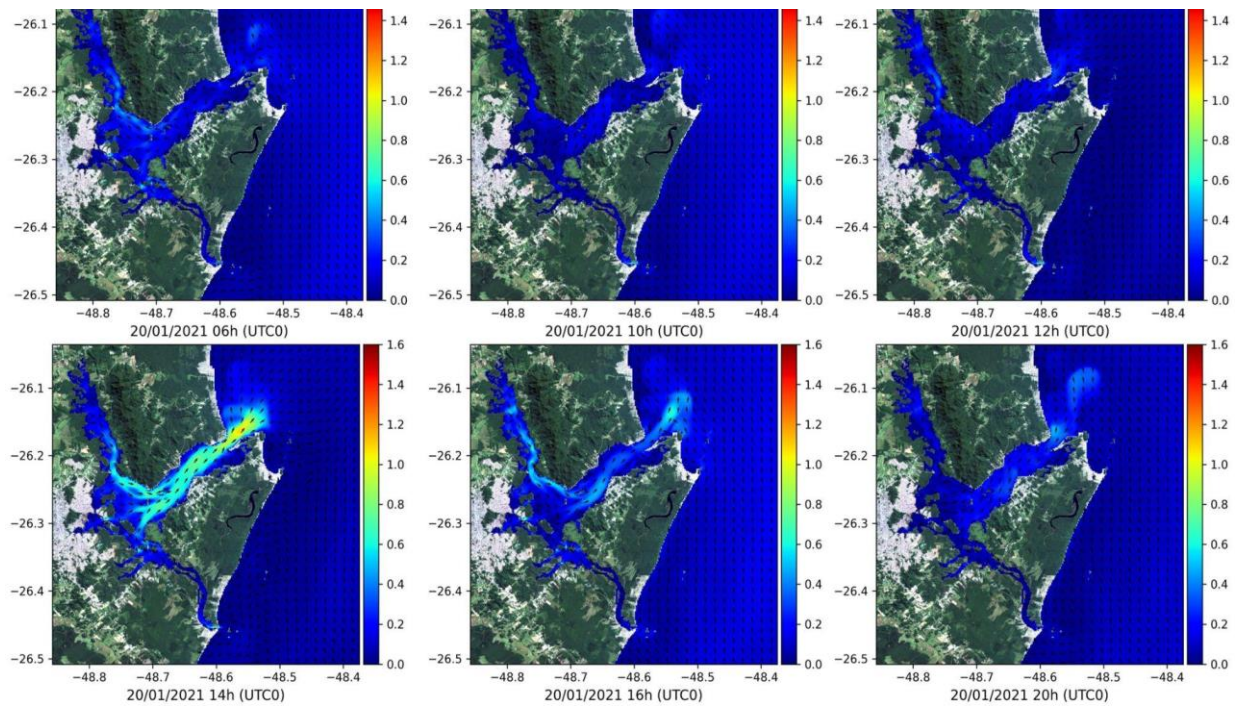
Fonte: O Autor (2023)

Na maioria do tempo a tendência hidrodinâmica acontece no sentido norte durante o outono e inverno é quando podem ocorrer mudanças de direção com tendência para sul. As forças de maré vazante e maré enchente na Baía da Babitonga atuam com uma velocidade de até 1,4 m/s e com variação de nível de aproximadamente até 2,0 m. A região de maior variação e maiores velocidades foram no setor da baía da Babitonga e na zona do canal frequentemente dragado. Ao longo das estações do ano, a tendência hidrodinâmica na maré vazante, o curso da água segue com o padrão normal da região da Baía em sentido norte, que acompanha o padrão da direção da deriva litorânea da região.

Quadro 4 – Tendências de Velocidade e de Variação de Nível pela Simulação Hidrodinâmica do setor da Baía da Babitonga no modelo filho do Projeto "Sea Observatory".

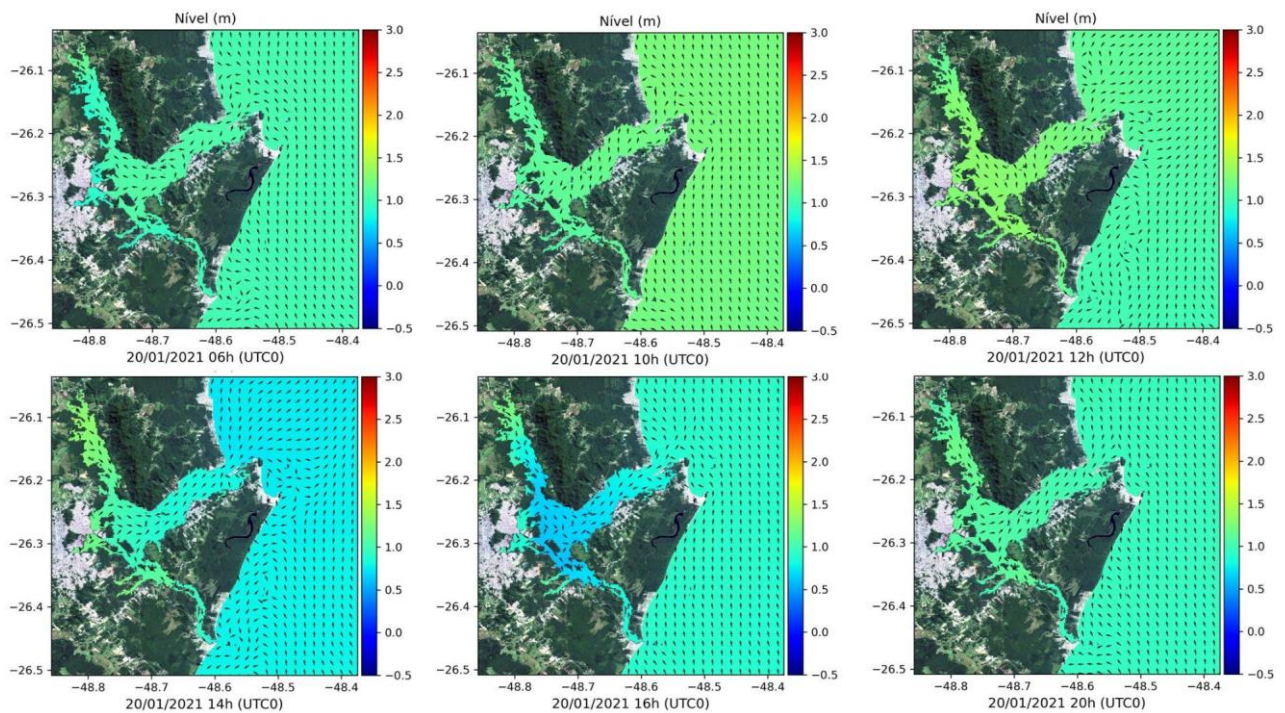
Período	Velocidade (m/s)	Velocidade na região de desembocadura(m/s)	Variação de Nível (m)	Figuras
Verão	0,0 a 1,2	1,0 a 1,2	0,2 m a 1,5 m	Figura 37 e 38
Outono	0,0 a 0,8	0,6 a 0,8 m/s	0,5 m a 1,5 m.	Figura 39 e 40
Inverno	0,0 a 1,2	0,6 a 1,2 m/s	0,5 m a 2,0	Figura 41 e 42
Primavera	0,0 a 0,8	0,4 a 1,4	0,5 m a 2,0	Figura 43 e 44

Figura 37 – Simulação da velocidade hidrodinâmica em um dia específico de Verão (20 de janeiro de 2021 ao longo do dia).



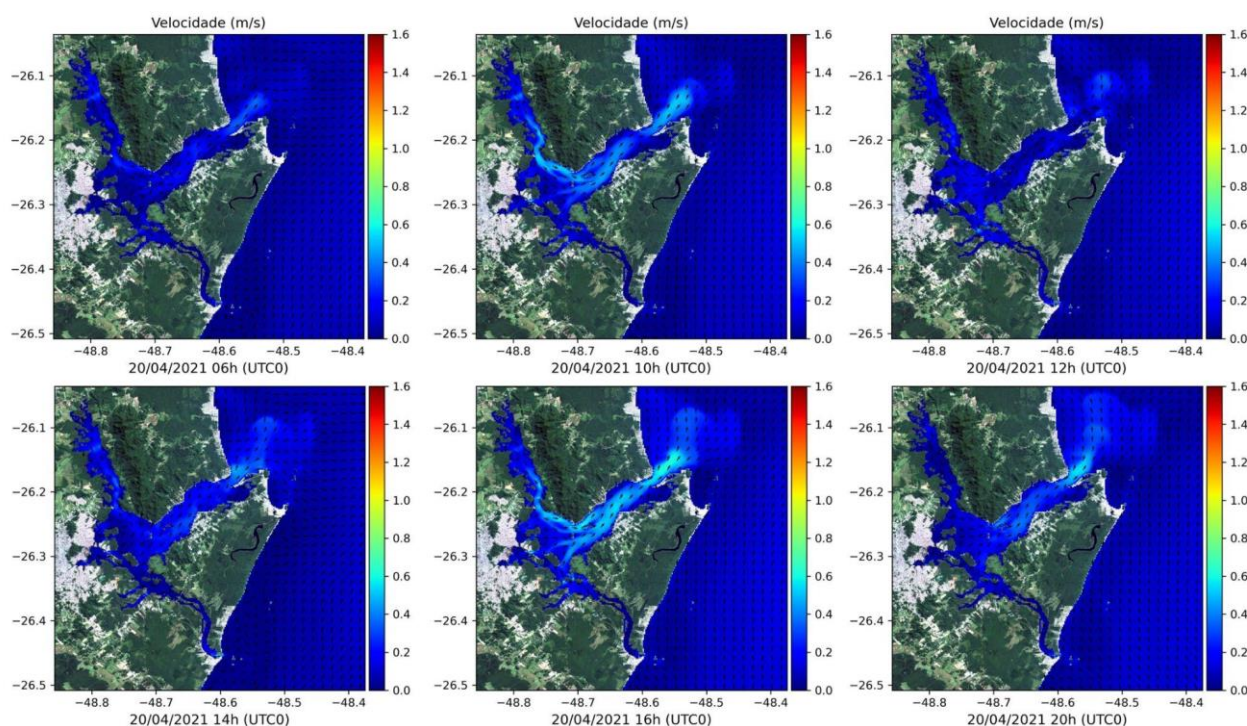
Fonte: O Autor (2022); Dados Programa BSO 2021.

Figura 38 - Simulação da variação de nível hidrodinâmico em um dia específico de Verão (20 de janeiro de 2021 ao longo do dia).



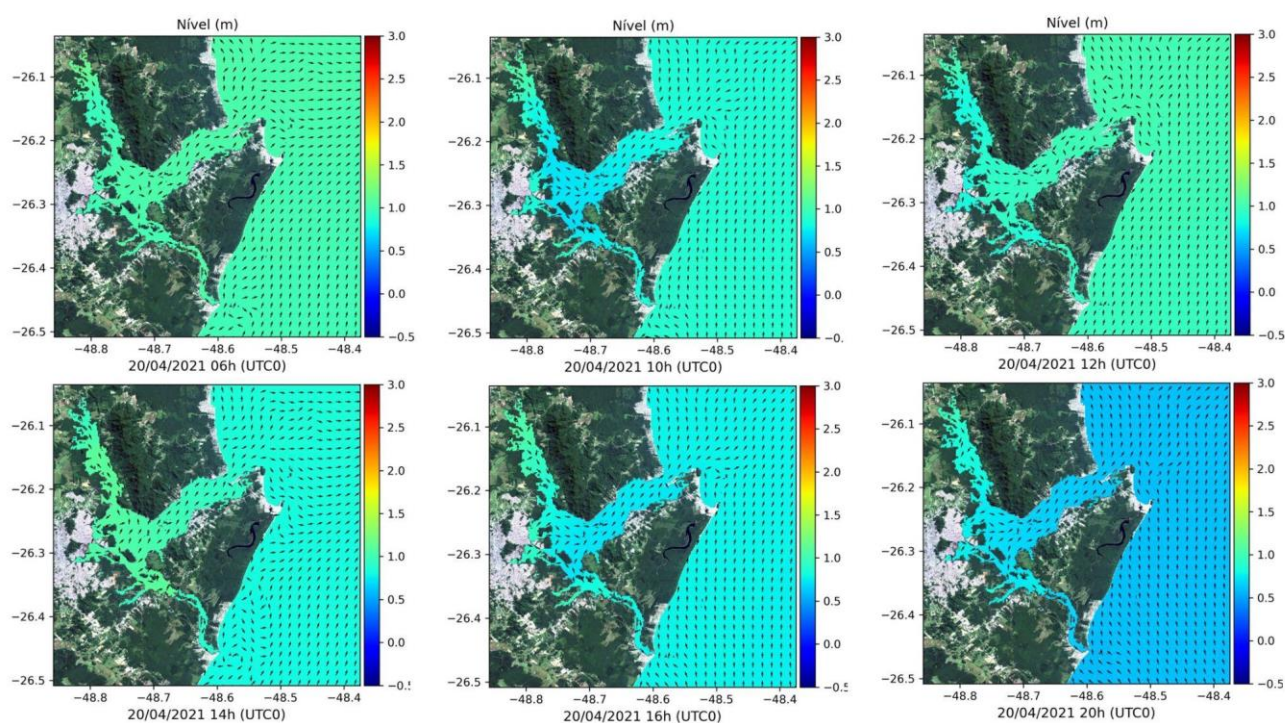
Fonte: O Autor (2022); Dados Programa BSO 2021

Figura 39 - Simulação da velocidade hidrodinâmica em um dia específico de Outono (20 de abril de 2021 ao longo do dia).



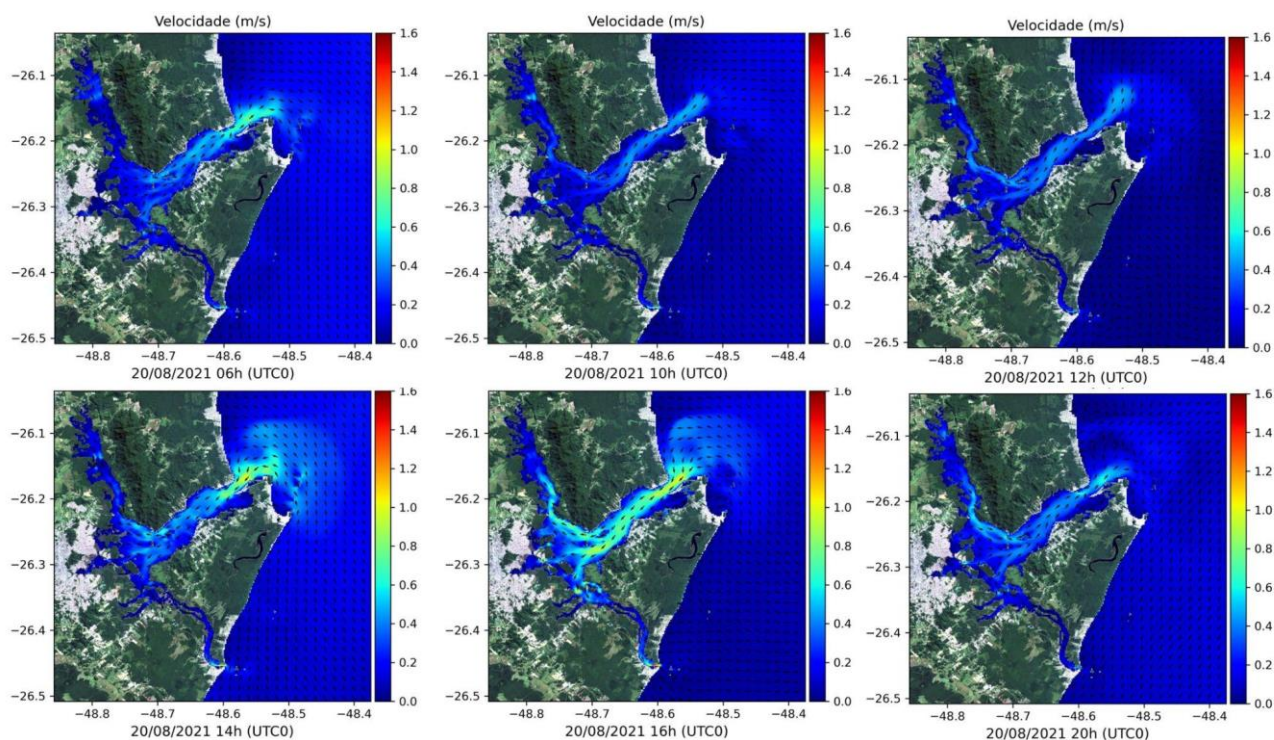
Fonte: O Autor (2022); Dados Programa BSO 2021

Figura 40 - Simulação da variação de nível hidrodinâmico em um dia específico de Outono (20 de abril de 2021 ao longo do dia).



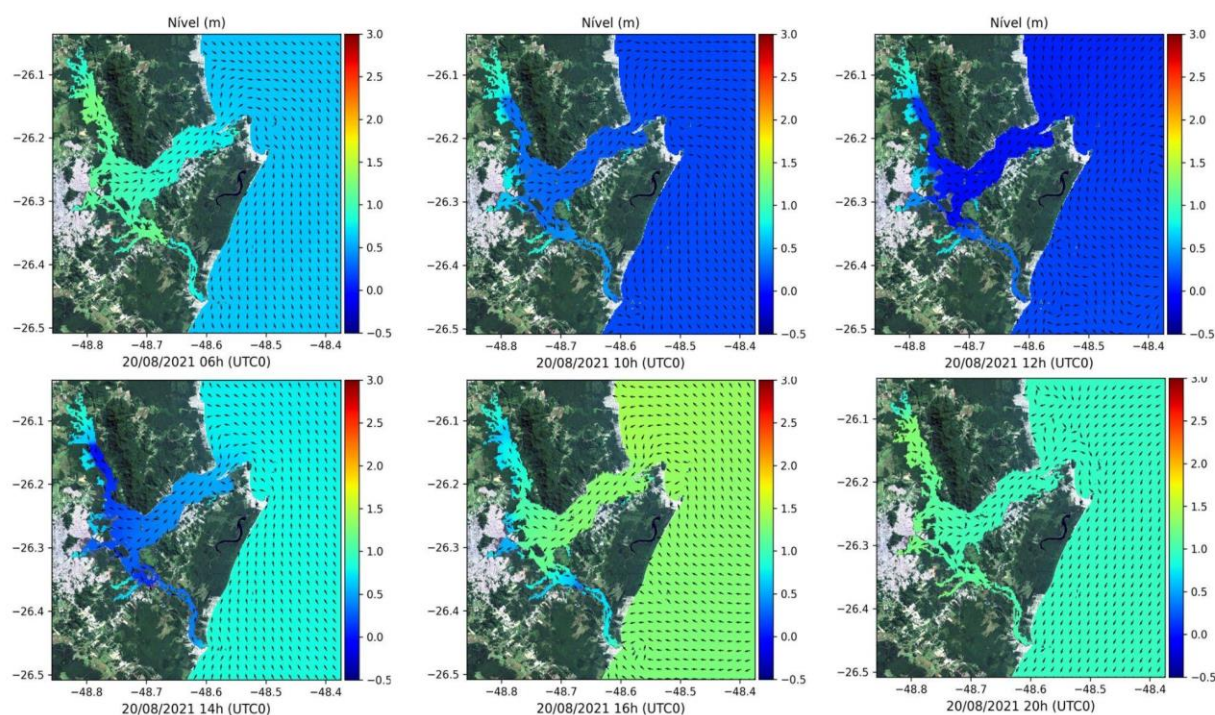
Fonte: O Autor (2022); Dados Programa BSO 2021

Figura 41 - Simulação da velocidade hidrodinâmica em um dia específico de Inverno (20 de agosto de 2021 ao longo do dia).



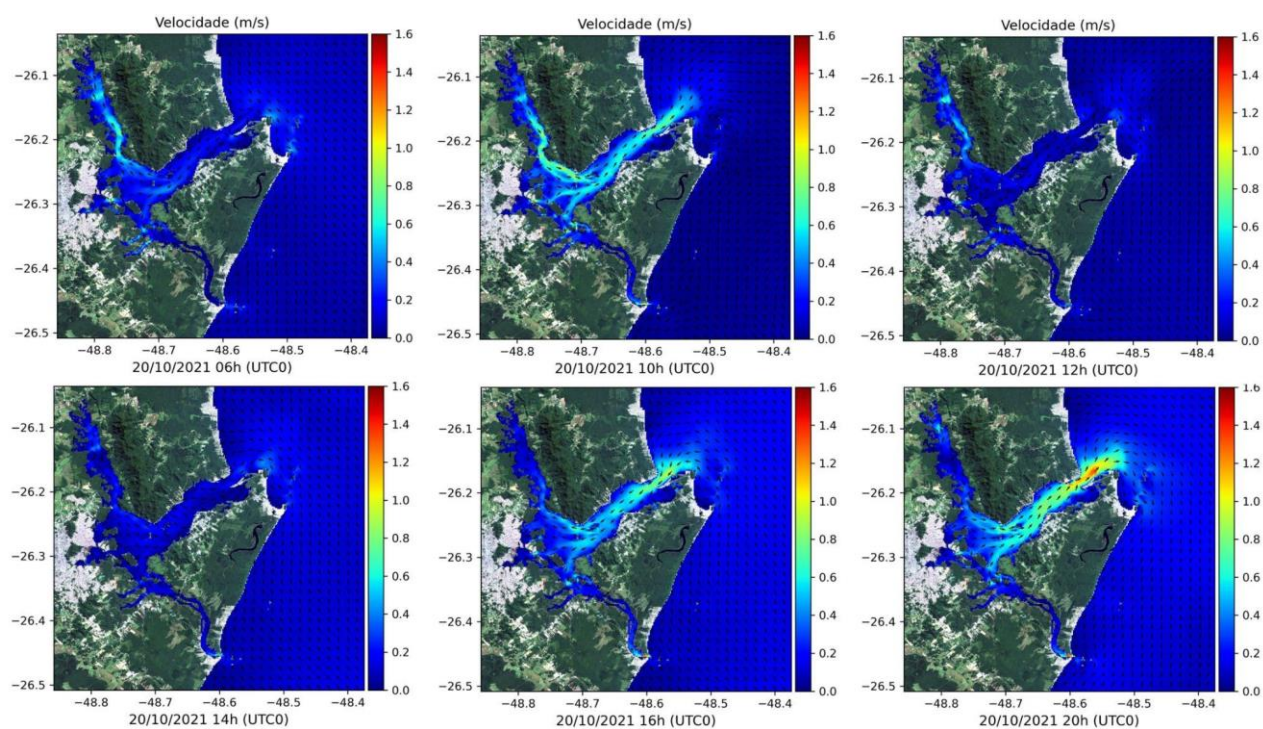
Fonte: O Autor (2022); Dados Programa BSO 2021

Figura 42 - Simulação da variação de nível hidrodinâmico em um dia específico de Inverno (20 de agosto de 2021 ao longo do dia).



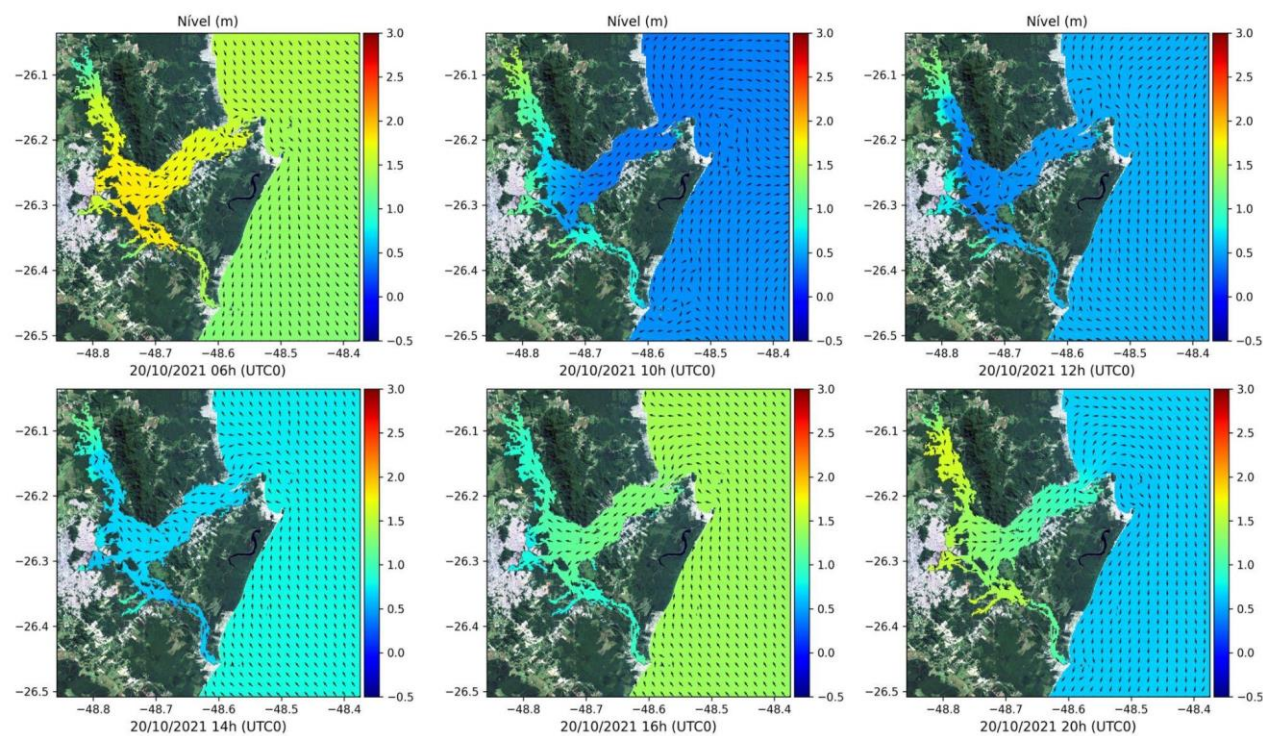
Fonte: O Autor (2022); Dados Programa BSO 2021

Figura 43 - Simulação da velocidade hidrodinâmica em um dia específico de Primavera (20 de outubro de 2021 ao longo do dia).



Fonte: O Autor (2022); Dados Programa BSO 2021

Figura 44 - Simulação da variação de nível hidrodinâmico em um dia específico de Primavera (20 de outubro de 2021 ao longo do dia).



Fonte: O Autor (2022); Dados Programa BSO 2021.

5. DISCUSSÃO

O fato de que a caracterização realizada pelo Índice de Vulnerabilidade Costeira-IVC e pelos Perfis Topográficos apresentou resultados semelhantes entre si e aos observados *in situ* é uma constatação extremamente satisfatória, pois indica que as metodologias empregadas foram eficazes na avaliação da vulnerabilidade costeira da região em estudo. A análise *in situ* é uma análise direta e detalhada realizada na área de interesse, enquanto as metodologias utilizadas no estudo podem ser consideradas análises indiretas e, quando unidas obtém resultados semelhantes e fornecem maior confiabilidade aos dados.

Na análise DSAS, alguns pontos demonstram padrões diferenciados das demais análises, no entanto a análise DSAS demonstrou a evolução da vulnerabilidade aos longos das quase 4 décadas analisadas, já o IVC e os Perfis Topográficos analisaram o padrão de erosão que atualmente acontece em Itapoá. Os pontos P01, P03, P04 e P06 demonstram os mesmos padrões sedimentares, tanto ao longo das décadas, quanto ao que se encontra atualmente, ou seja, o P01 e P04, encontram-se estáveis ao longo dos anos e alguns locais em acreção. No P01 alguns transectos resultaram em taxas muito altas de padrão de acreção e, isso ocorre pela influência das desembocaduras do Rio Saí-Guaçu e Rio Saí-Mirim, o qual conforme a sazonalidade pode ser alterada na posição de desague e influenciar diretamente nas análises, mesmo assim a região encontra-se estável. No P03 e no P06, ao longo dos anos o padrão foi de erosão severa e mantém os padrões atualmente. Já os pontos P02, P05, P07, P08 e P09 obtiveram padrões diferenciados ao longo dos anos, comparados aos dias atuais. No P02 e no P05, é possível observar sinais de erosão em diferentes áreas. No entanto, mesmo que essa erosão ainda esteja presente atualmente, as análises ao longo dos anos indicam que não houve progressão significativa desse processo. Dessa forma, o padrão de erosão nesse ponto parece estar estável ao longo do tempo. No ponto P07 e P08, na análise IVC foi constatado erosão em muitos locais, mas na análise DSAS estes pontos representaram estado de erosão crítica ao longo dos anos, ou seja, esses pontos vêm demonstrando erosão há muito tempo e, atualmente, a erosão não se encontra tão severa na maioria dos locais, porém em alguns locais do ponto P07 há erosão severa acontecendo atualmente, principalmente, quando se aproxima do P06. O P08 em específico, foi o ponto de maior perda significativa de sedimentos ao longo dos anos, mas não é um ponto que demonstra, atualmente, erosão severa e isso se dá, por não existir tantas construções e, sim, mais áreas de vegetação e maior zona de

espraçamento nessa região. Outro fato importante do P08 é que o mesmo fica situado na região do “pontal” da desembocadura da baía da Babitonga e, é fortemente influenciado pela enchente e vazão da baía. Por isso, essa grande diferença ao longo dos anos nos padrões erosivos que é natural do ambiente. Já o P09, demonstrou padrões de erosão severa na análise atual, contudo este ponto encontra-se estável ao longo dos anos e visualmente estável nos dias de hoje. O P09 representa uma praia diretamente relacionada a ação da Baía, possui hidrodinâmica muito tranquila, por isso, neste ponto, em exceção, mesmo que tenha apresentado erosão severa no Índice de Vulnerabilidade, foi entendido, através da análise DSAS, que ao longo dos anos a praia se encontra estável.

A erosão costeira é um problema cada vez mais presente em diversas partes do mundo, podendo ter consequências significativas para a infraestrutura e as comunidades, como observadas nos pontos P03, P06, P7 e P08, os quais em muitos locais em cada ponto encontra-se em estado avançado de erosão. Por outro lado, os pontos de estabilidade e acreção indicam áreas onde a costa pode estar em equilíbrio ou mesmo ganhando sedimentos, o que pode ser uma boa notícia para as comunidades locais, principalmente nos pontos P01, P02, P04, P05 e P09. Contudo, é importante lembrar que a costa é um sistema dinâmico e pode mudar rapidamente em resposta a eventos extremos, como tempestades e mudanças climáticas.

Segundo Castle e Masselink (2022), as praias arenosas costumam manter seu equilíbrio e ser persistentes ao longo do tempo, permanecendo no mesmo local por longos períodos. Isso permite que, no curto a médio prazo (de dias a anos), essas praias sejam consideradas como sistemas que oscilam em torno de um estado de equilíbrio estático subjacente, permitindo uma melhor compreensão do ambiente em equilíbrio, como destacado por Hunt *et al.* (2023). A afirmação de que as praias arenosas costumam manter seu equilíbrio e ser persistentes ao longo do tempo não significa que todas as praias sejam imutáveis. Elas podem sofrer mudanças devido a vários fatores, como a ação do mar, ventos, correntes, tempestades, entre outros. Além disso, outros fatores humanos, como a urbanização e o turismo, podem contribuir para a alteração do ambiente costeiro. Portanto, é possível que os processos de erosão e acreção em Itapoá estejam relacionados a esses fatores, e não necessariamente a um desequilíbrio natural de longo prazo. Algumas referências que podem ser utilizadas para corroborar com a ideia de que a resposta do ambiente em Itapoá tem sido mais severa devido aos processos ocorrendo há muito tempo são os estudos de Ângulo *et al.* (2002), Ângulo, 2004, Ângulo e Souza 2004 e Silveira *et al.* (2019) que investigaram os eventos erosivos e a dinâmica da linha de costa na região

de Itapoá, e concluíram que a intensificação dos processos erosivos é resultado de uma combinação de fatores naturais e antrópicos ao longo de décadas. Uma característica das propriedades dos processos morfodinâmicos diz respeito ao *feedback* cíclico (*looping*) (positivo – autorregulação, ou negativo – auto-organização) entre topografia e dinâmica dos fluídos que dirigem o transporte sedimentar, produzindo mudanças na morfologia (COWELL; THOM, 1994; HARDISTY, 1990; KOMAR, 1976). Nas últimas 32 décadas, tem havido intensa discussão acerca do conceito de auto-organização, que se refere ao desenvolvimento de feições morfológicas com determinada forma e espaçamento que possam ter surgido de mútuas interações entre forma e processo (COCO, 2003; MASSELINK; GEHRELS, 2014; WERNER; FINK, 1993).

Segundo Cowell e Thom (1994) a evolução das formas costeiras são inerentemente não linear e dependente do tempo como consequência dos efeitos combinados do *feedback* morfodinâmico e da introdução de incertezas ao sistema (comportamento Markoviano). Assim, os detalhes da evolução costeira são imprevisíveis, irrepetíveis e irreversíveis. Neste sentido, este complexo sistema geomorfológico tem o desenvolvimento de suas feições de relevo influenciadas tanto por forçantes naturais como antrópicas (VAN MAANEN *et al.*, 2016). Logo, o conhecimento dessas forçantes permitirá compreender melhor a variabilidade morfodinâmica presente nestes sistemas ao longo do tempo, desde a escala temporal de longo prazo, quanto de curto prazo, possibilitando a previsão de sua evolução futura. Isso se confirma de acordo com o resultado da análise DSAS, o qual entende-se que ao longo dos anos de 1985 a 2022 há perdas significativas de sedimento ao longo dos anos (maiores nos pontos de erosão severa) e que os sedimentos em Itapoá realmente estão se aprisionando para fora do sistema.

De acordo com Pethick (1984), alguns trabalhos clássicos, como os de Bascom, (1953) e Shepard e Inman (1950), demonstraram a relação entre tipos de ondas e gradiente do perfil praial, em que ondas menos energéticas, contribuem para construção da berma e progradação da face de praia em direção ao mar (perfil de tempo bom), encontrado no P01 e no P02. Durante condições de ondas de tempestade, ocorre a erosão da face da praia e o sedimento é transportado em direção ao mar, formando barras longitudinais e alargando o perfil praial (perfil de tempestade), encontrados na maioria dos pontos em estado de erosão ou erosão severa.

Os estudos realizados por Bittencourt *et al.* (1982), Dominguez *et al.* (1982) e Suguio *et al.* (1982) evidenciaram o impacto das oscilações do nível do mar durante o

período Quaternário na formação dessas características geológicas. Além disso, foi observado que a redução de aproximadamente 5 metros desse nível nos últimos 5000 anos (MARTIN *et al.*, 1980) expôs grandes quantidades de sedimentos na plataforma continental, sendo esse o principal fator responsável pelo avanço da linha costeira nessas áreas. Nesse contexto, as desembocaduras dos rios desempenham um papel secundário no fornecimento de sedimentos para a formação das planícies costeiras. A deriva litorânea tem uma função muito relevante na criação dessas planícies de areia (DOMINGUEZ *et al.*, 1982). Por isso, vale lembrar que os sedimentos provindos da Baía da Babitonga, não são o principal suporte de areia das praias de Itapoá, e que a maioria da areia presente no ambiente já estava no mesmo ambiente após os processos eustáticos e isostáticos que ocorreram. Por essa razão, é importante destacar que a progradação costeira não ocorreu somente a partir dos sedimentos expostos durante a última regressão nas proximidades das planícies costeiras, mas também graças aos sistemas de correntes geradas pelas ondas que atuam na zona litorânea. Portanto, o principal motor que equilibra os sedimentos ao longo da praia são as correntes de deriva litorânea e em menor parte os sedimentos provindos do continente.

A partir da modelagem hidrodinâmica, foi possível observar que os pontos identificados como locais de erosão severa neste estudo (P06 e P07) sofrem influência direta da ação oceânica, o que já era esperado com base na caracterização *in situ*. Durante as diferentes estações do ano, a tendência hidrodinâmica na maré vazante segue o padrão normal da região da Baía, com a direção da água seguindo em direção norte, acompanhando a direção da deriva litorânea da região durante esse período. Ao analisar, a partir do ponto P06, pode ser entendido que na maré vazante, a hidrodinâmica fica mais forte em direção ao norte da costa, pois com o fluxo vazando da Baía da Babitonga em união com o fluxo da deriva litorânea tende com maior força para norte. Já na maré enchente da Baía da Babitonga, há uma influência de rotação (sentido anti-horário) hidrodinâmica próximo ao P06 e ao P03 de norte para sul. Essa tendência nos padrões hidrodinâmicos, podem explicar o fato do P06 e o P03 não conseguirem manter a sedimentação. Entende-se que, há um fluxo rotacional ao longo das estações do ano próximo a região do P06, além de geograficamente esse ponto estar situado ao meio de um longo perfil de uma praia linear, o qual aos poucos ao longo dos anos pode apresentar a tendência de formação de arco praial (NASCIMENTO JR; ARAÚJO, 2016) e, isso pode ser uma das causas da intensa erosão que vem acontecendo nesse local. Já no P03, essa força em junção a posição geográfica a jusante do fluxo pode estar influenciando no

avanço da erosão. Embora a hidrodinâmica da região exerça sua influência nos padrões de sedimentação e erosão, como em qualquer praia, o fato de que 2/3 das praias apresentaram sinais de erosão em algum ponto ao longo do percurso, incluindo o P02 e P05, indica uma falha no sistema sedimentar.

Os resultados da velocidade da vazão na desembocadura da Babitonga são importantes no equilíbrio dinâmico da região, pois a zona influencia diretamente nos padrões de circulação dos pontos P09, P08, P07, P06 e P05. Todavia, esse eixo ocasionado pelo fluxo de maré enchente e maré vazante ao longo dos meses é uma importante forçante na sedimentação da região. Em alguns pontos próximos e influenciados diretamente pela enchente da Baía da Babitonga o curso muda desde a região próxima ao ponto P05, o qual possui uma tendência de variação para sul, principalmente no mês de setembro. Os pontos P01, P02, P03 e P04 podem sofrer, indiretamente, a influência da desembocadura da baía da Babitonga.

De acordo com Gobbi (1997), as ondas na região do litoral norte de Santa Catarina atuam, principalmente, na direção ENE e SSE/SE e se observa que os ventos paralelos à costa são o principal agente motriz da maré meteorológica (MELO FILHO, 2017). Por isso, as trocas de sedimentos apresentam uma tendência de sul para norte, com alguns períodos de norte a sul, porém a predominância é para o norte (na maioria das estações do ano), como pode ser observado nos resultados da circulação hidrodinâmica, por isso, os perfis dos pontos P01, P02, P04 e P05, são mais estáveis, pois estão mais ao norte e em junção da geologia das praias possuem essa tendência deposicional maior que a erosão podendo suprir o balanço sedimentar entre os eventos sazonais. O ponto P05 encontra-se próximo ao ponto P04, local onde forma um “degrau” na linearidade da praia. Considera-se que o P05 possui padrão de deposição estável pela sua localização geológica e disposição ao longo da praia. O P04, refere-se a duas praias em arco, formada por pontais rochosos. Praias em arco ou de enseada possuem uma tendência de deposicional diferente, devido a incidência das ondas não serem lineares e estarem relacionadas com o aspecto que pode ser de variados tipos, mas normalmente ocorre associada ao padrão de refração e difração que as ondas sofrem de acordo com a disposição dos promontórios rochosos (BULHÕES, 2011; BULHÕES E FERNANDEZ, 2011; BULHÕES *et al.*, 2011). A partir do P03 pode-se entender um padrão de tendência natural do ambiente, pois a linha de costa possui um “degrau” em relação a direção da deriva continental. Isso ocorre, principalmente pela geologia local, o qual essa interferência ocasionada por dois pontais rochosos (nomeados de 1º e 2º pedra) ocasionam em padrão de depósito sedimentar a

montante do fluxo (referente ao P05) e uma tendência de erosão a jusante do fluxo (referente ao P03). Claramente, esse padrão poderia ser minimizado na presença de aporte sedimentar robusto. Por isso, quando o sistema não possui um aporte sedimentar razoável, ou por outros motivos, está perdendo sedimento, a geologia passa a ser a principal definição da sedimentação naquela região somadas à hidrodinâmica local (LEATHERMAN, 1988). Além disso, essas praias de Itapoá tendem a possuir zonas de espraiamento e pós-praia extensas e com suas origens associadas à presença de restingas, que são formas de proteção natural da praia. Caso essas praias não fossem habitadas e não houvesse construções próximas e, ainda mantivessem a proteção da restinga, a tendência seria que não ocorresse erosão no pontos mais afetados, pois os sedimentos tenderiam a se manter mais apriacionado na costa (ZASSO *et al.*, 2013). Nota-se também, que pontos como P01, P02 e vários locais do P05 possuem vegetação pouco desenvolvida na costa, visto que esses pontos também possuem maior estabilidade no perfil. A depredação das restingas para construções ou fins turísticos, também pode contribuir para erosão costeira, porque as restingas são as principais formas de defesa natural do ambiente em relação a erosão e a inundações costeiras (FALKENBERG, 1999; ROSUMEK *et al.*, 2007). Segundo o MapBiomias a geologia local, já é por si só uma forçante controladora da disposição e da formação das praias, inclusive é a geologia local que controla as formas de energia que as ondas exercem sobre a costa (GALLOP *et al.*, 2020). Por essa razão, quando a costa é altamente controlada pela ação humana na construção de contenções/casas etc., a erosão também é a resposta do ambiente em relação as forçantes físicas. Conforme estudo realizado por Porpilho (2012), as praias de Itapoá apresentam uma sedimentologia predominantemente composta por areia fina, tanto na região de pós-praia, face da praia e na praia média. O diâmetro médio dos grãos é de 0,18 mm no pós-praia e face da praia, e 0,16 mm na praia média. Ao longo da praia, observa-se uma granulometria de areia fina, variando de 0,125 mm a 0,25 mm, com um aumento do tamanho de grão de sul para norte e uma variação de moderadamente selecionado a bem selecionado. A deposição de sedimentos levemente maiores na região norte (P01 e P02) de Itapoá ocorre devido à capacidade de transporte ser mais direcionada para essa direção, o que resulta em um aumento gradual do tamanho dos grãos em direção ao norte da praia, outro aporte de sedimento importante do P01 são as desembocaduras dos rios Saí-Mirim e Saí-Guaçu. As praias de Itapoá, assim como descrito acima, possuem a granulometria média de 0,18 mm e, segundo a classificação de Hegge *et al.* (1996), as praias planas possuem as mais largas faces praias, bem como as mais extensas e planas zonas de espraiamento e surfe,

os sedimentos são mais finos a médios, menos permeáveis e bem selecionados. Logo, as praias de Itapoá, em geral deveriam seguir uma zona de espraimento e pós praia com grandes extensões, no entanto isso não ocorre em todos os pontos, invés disso, alguns pontos ocorrem a erosão e erosão severa. No entanto, não é somente isso que define a disposição e a erosão, segundo King (1973) a energia das ondas é muito importante pela capacidade transporte na disposição geral dos grãos, geralmente praias com hidrodinâmica maior tende a possuir grãos maiores e praias menos intensas na hidrodinâmica tende a estar associado a sedimentos mais finos. Outros fatores, como o empolamento, a refração, a difração e a fricção influenciam diretamente na circulação e, conseqüentemente, no transporte sedimentar da zona costeira (BATISTA NETO, *et al.*, 2004).

Na desembocadura da Baía da Babitonga, há formação do delta de maré vazante, comumente encontrado no lobo frontal do delta, o que resulta em águas mais rasas e provocam arrebentação propiciando o transporte de sedimentos (ANGULO *et al.*, 2002). Por isso, nas praias estuarinas, por mais que haja erosão e pouca largura no perfil praial no ponto P09 encontra-se mais estável na maioria do perfil praial e os P08 e P07, por mais perdas de areia que venha acontecendo, ainda possui um aporte sedimentar próximo ao perfil. Esse delta formado pela sedimentação, resulta em aporte sedimentar para o balanço desses pontos, ocorrendo maior equilíbrio sedimentar pela troca e refúgio de sedimentos. No entanto, devido a localização do canal dragado ser relativamente próxima, pode estar influenciando no refúgio dos sedimentos, mesmo quando há formação de delta de maré vazante muito próximo ou pela fraca hidrodinâmica não ser capaz de direcionar o sedimento para praia. Outra característica importante, refere-se a alguns locais no P09 próximo a plataforma de navios do Porto de Itapoá, que se notou sinais de acreção em locais próximos que funciona como uma forma de contenção do sedimento. É importante salientar que a hidrodinâmica avaliada nesta pesquisa apenas resultou no estado de circulação da hidrodinâmica local e não da ação das ondas. Inclusive, os modelos de ondas são essenciais para um estudo em escalas menores para entender a morfologia de praias.

Segundo Angulo e Souza (2003), quando tem a presença de um canal profundo, seja natural ou pela ação da dragagem, a tendência é que os sedimentos trazidos pela deriva continental se afugentam no canal ou sejam transportados para regiões mais longes da plataforma, ocasionando um déficit na região praial. O histórico de dragagem na região iniciou-se com o início da construção do Porto de São Francisco em meados de 1950 e

até os dias de hoje o Canal da Baía da Babitonga possui dragagens constantes para manter a profundidade do canal, e isto ocorre justamente porque o sedimento tende a voltar para o canal. Com a intensa ação da dragagem que acontece na região o aporte sedimentar segundo estudos do Ângulo *et al.* (2002) e outros relatórios (MME, 2014; EIA-RIMAS de 2011, 2015 e 2020; EPAGRI, 2020; MMA, 2018) o looping da região encontra-se negativo ao passar dos anos, pois o sedimento está tendendo a ficar aprisionado para fora da plataforma, desta forma o sedimento não consegue retornar para o sistema. Alguns pontos como, o P05 foi evidenciado a formação de pequenos e pouco desenvolvidos de sistemas dunares, o que demonstra que o que não fica preso para fora da plataforma, aprisiona-se no sistema dunar. Neste sentido, este complexo sistema geomorfológico tem o desenvolvimento de suas feições de relevo influenciadas tanto por forças naturais como antrópicas.

Neste estudo, das 133 decretações da região nordeste de Santa Catarina, 15 delas foram acionadas por Itapoá, os quais no ano de 2001, 2003, 2013, 2014 e 2018 são diretamente relacionadas a eventos de inundação e erosão ocasionados pela ação do mar. No entanto, segundo o trabalho de Leal *et al.* (2021), entre o período dos anos de 1998 e 2020 foram verificados 134 desastres no estado de Santa Catarina, o qual Itapoá encontra-se em 2º lugar com 11 desastres no total para este período e o litoral norte e central são os mais afetados pelos desastres em relação a todo Estado. Na pesquisa de Leal *et al.* (2021) foi concluído que estes desastres em sua maioria ocorreram em períodos que somavam eventos meteorológicos como ciclones e a eventos astronômicos como a marés de Sízígia e foi verificado que a partir de 2016 ocorre uma tendência de aumento na recorrência dos eventos e que as estações de outono, inverno e primavera interferem mais nesses eventos. No entanto, foram identificados que para Itapoá há uma diversidade na origem dos eventos, os quais resultaram nos decretos.

A análise realizada nesta pesquisa apontou que os ventos apresentam maior tendência na direção do vento para OSO-ENE (quadrantes Leste-Oeste) no período de 2007 a 2022, isso significa que a maior parte do tempo os ventos sopram do quadrante oeste para o quadrante leste. De acordo com Bigarella *et al.* (1978), a dinâmica dos ventos sobre a região de Itapoá é majoritariamente influenciada pelo Anticiclone do Atlântico Sul e pelo Anticiclone Migratório Polar. Ângulo (1992) realizou medições em Paranaguá, cidade vizinha a Itapoá, entre 1966 e 1983, indicando que os ventos predominantes eram de sul (22,8%) nos setores leste e sudeste (20,3%), enquanto os ventos continentais do sudoeste, oeste e noroeste ocorriam com frequência de 33,2%. Dados emitidos pela

estação meteorológica da Escola Técnica Tupy para o período de 1995 a 1999 na região de Itapoá revelam que os ventos de leste (26,5%) e nordeste (16,4%), este último com maior presença no verão, são predominantes. Durante o inverno, os ventos do quadrante sul (13,4%), sudeste (14,7%) e sudoeste (16,4%) são mais frequentes. Os demais ventos ocorrem em menor frequência: norte (5,4%), oeste (4,4%) e noroeste (2,3%). Dessa forma, durante o verão, a direção predominante dos ventos é do quadrante Norte/Nordeste, enquanto durante o inverno, os ventos sopram do quadrante Sul/Sudeste (NOBRE *et al.*, 1986). De acordo com Melo Filho (2017), ventos do quadrante Sul tendem a elevar o nível do mar na costa, enquanto ventos do quadrante Norte tendem a rebaixá-lo. A associação entre a variação do nível do mar e as forças atmosféricas locais, incluindo intensidade e direção do vento e pressão na costa S/SE brasileira, é confirmada estatisticamente em eventos de "baixa frequência" (periodicidade superior a 55 horas). Com base na compreensão que os padrões de ventos variam conforme o ano e ao longo dos anos em Itapoá, ao analisar o padrão de ventos específico de cada período do decreto a partir de 2007, pode ser entendido uma variação no padrão de ventos conforme os decretos, em 2008 e 2020 nos períodos de decretos foram observados ventos de ENE para OSO, o qual o vento sopram de leste para oeste, ocasionando um empolamento da água e com isso as ondas chegam com maior intensidade na costa e, por isso, possui maior capacidade de erodir a costa. Todavia, os ventos quando forçados a essa intensidade possuem maior capacidade de erosão. Em 2010, ação de marés de sizígia não ocorriam no mesmo período, mas em 2020 a maré estava possivelmente em sizígia (estava mudando de quadratura para sizígia), fator que influencia diretamente no avanço da linha d'água sobre a linha de costa e está muito relacionada a eventos erosivos. Já em 2009, o processo do vento estava inverso, sendo pouco provável que o vento possua alguma ligação com possíveis eventos de erosão costeira. Neste ano, o decreto era para enxurradas e alagamentos, no entanto, o excesso de chuvas também pode ser uma força motriz de processos erosivos, principalmente na região de estudo o qual possui diversos canais de desagüe diretamente nos perfis praias. Neste ano, nos dois decretos apenas um deles havia ação da maré sizígia, o que pode ter contribuído no período para a evolução da erosão. O excesso de chuvas também ocasiona maior vazão na baía da Babitonga. Em 2010, o vento oscilou para diversas direções nesse período do decreto, isso mostra uma certa instabilidade e momentos de tempestade na região, inclusive as rajadas de vento variaram até 14,9 m/s. Em 2011, os ventos ficaram oscilando no quadrante leste-oeste nos dois sentidos, também demonstrando instabilidade no padrão de ventos e somados a maré

de sizígia no momento e rajadas de vento até 16,2 m/s, podem ter contribuído com intensa ação da erosão sobre a costa e nos principais pontos de vulnerabilidade. Em 2008, 2009, 2010, 2013 e 2018 no momento dos decretos eram luas de quadratura, o qual resultam na ação da água em maior distância da linha de costa. Isto demonstra que outros fatores, como tempestades (mesmo com ventos relativamente menores do que esperados em tempestades), seja mesmo isolados de maré astronômica são capazes de erodir a costa de Itapoá. Como por exemplo, em 2018, a direção era OSO-ENE e bem fraco, o que é representado no estudo de Silveira *et al.* (2019), em 18 e 22 de setembro de 2018, o qual representou eventos de intensa erosão e avanço na linha de costa em Itapoá, o autor com base nas informações apresentadas pela NOAA, determinou que a causa da erosão não foi uma maré de tempestade (*storm tide*), mas sim um aumento repentino do nível do mar provocado por uma *storm surge*. Essa conclusão se baseia no fato de que, durante o evento, a maré apresentava uma condição de quadratura e não de sizígia, o que contradiz o conceito de maré de tempestade. Em 2018, ocorreram as decretações provindas da erosão costeira e, ficou evidenciado que uma tempestade isoladamente de outros fatores, como a maré meteorológica, já foi suficiente para alterar o perfil praiial e ocasionar grande deterioração na linha de costa nos P03, P06 e P07. A presença de eventos isolados na região, também pode ser entendido pela não relação entre a maré meteorológica e as componentes *u* e *v* dos ventos e nem com as demais componentes testadas, o qual resultaram como inconclusivas. No entanto, pela relação maré astronômica com velocidade dos ventos pode ser entendida que não há uma relação positiva entre o fator motriz maré com a velocidade ou com a direção dos ventos. Lembrando que a *correlação de postos de Spearman* é particularmente útil quando as variáveis não possuem uma distribuição normal ou quando há presença de outliers. Além disso, ela é adequada para lidar com dados que não possuem uma relação linear, pois representa uma medida de correlação não-paramétrica. Ao contrário do coeficiente de correlação de Pearson não requer a suposição que a relação entre as variáveis e, por isso, é linear. Assim como, as variáveis podem ou não serem quantitativas e pode ser usado para as variáveis medidas no nível ordinal (PIRES *et al.*, 2018). No entanto, em diversos estudos, como Li, *et al.* (2019), Vitorino *et al.* (2004) e Yin *et al.* (2018) relatam que as marés em geral, são influenciadas pela ação e intensidade dos ventos, mas como existem outros fatores diretamente relacionados com ação da maré na costa, como a gravidade, as fases da Lua, a topografia, as correntes oceânicas, assim como os ventos locais afetam a distribuição da água (NOAA, 2021; FENTRESS, 2017). Por isso, os testes realizados podem ter sido

negativos em virtude de outros fatores para a série analisada. Todavia, a maré meteorológica é influenciada tanto pela componente de direção leste-oeste, quanto pela componente de direção norte-sul do vento (GOBBI, 1997; MELO FILHO, 2017). Portanto, pode ser entendido que a componente da maré meteorológica também é um agente motriz capaz de modificar o ambiente praial, como visto para os padrões de erosão ou acresção evidenciados através das técnicas de IVC, Perfis e DSAS. No estudo de Vedana *et al.* (2021) que correlacionou a maré meteorológica e vento para os anos de 2014 a 2019, verificou que entre a maré meteorológica e a componente meridional do vento (v) com $\rho = 0.2488515$ e com a componente zonal do vento (u) com $\rho = 0.114626$ demonstrou também baixa correlação positiva entre os fatores. Mesmo com a fraca correlação, pode ser entendido que nesta análise ocorreu correlação entre a maré meteorológica e o vento, e fica evidenciado que mas que outros fatores também influenciam a ação da maré meteorológica e não somente o vento.

Segundo a NOAA, NASA e IPCC, o El Niño é um fenômeno climático que ocorre periodicamente no Oceano Pacífico tropical e pode durar vários meses. Não há um conjunto específico de anos em que o El Niño ocorre, pois sua ocorrência é variável. No entanto, alguns dos anos em que houve eventos El Niño significativos incluem: 2015-2016; 2009-2010; 2002-2003; 1997-1998. Conforme as decretações de desastres, foram caracterizadas principalmente em anos de El Niño, como em 2001, entre os anos de 2008 e 2011, registrados alto índices de desastres pela região nordeste de Santa Catarina e podem estar relacionado diretamente com a predominância do El Niño. Vale lembrar que o El Niño não é um evento isolado, mas sim um fenômeno que faz parte de um ciclo maior de variação climática conhecido como Oscilação Sul El Niño (ENSO, na sigla em inglês). Em relação ao clima, 2013 e 2014 foram anos com condições meteorológicas distintas em Itapoá e Santa Catarina. Em 2013, o estado de Santa Catarina teve um verão com chuvas acima da média, o que causou enchentes e deslizamentos em diversas regiões, incluindo Itapoá. Em janeiro daquele ano, por exemplo, houve uma grande enchente na cidade que deixou diversas ruas alagadas e causou muitos danos gerais (EPAGRI/CIRAM, 2014; DEFESA CIVIL, 2013). Já em 2014, o verão foi marcado por uma forte estiagem em Santa Catarina, com chuvas abaixo da média e temperaturas elevadas. É importante destacar que o clima é um fenômeno complexo e que pode variar bastante de ano para ano, inclusive dentro de uma mesma região.

A erosão costeira em Itapoá está marcada por diversos momentos de progressão, devido a vulnerabilidade, principalmente nos pontos P03, P06, P07 e P08. A cada evento

de tempestade, com o passar dos anos, a erosão costeira avançou de forma significativa em Itapoá, resultando em perda de solo e impactos negativos para a infraestrutura e comunidades locais. Embora o processo de erosão possa progredir de maneira mais lenta e mais rápida em diferentes anos, a degradação continua e pode ser agravada por fatores de dimensões maiores, como a elevação do nível do mar e mudanças climáticas globais.

A costa de Itapoá evidenciou que se encontra totalmente desprotegida a eventos de intensidade (moderados a mais intensos) nos pontos que já estão em estado de erosão severa, o qual é muito preocupante, pois com o aumento do nível do mar em virtude das mudanças climáticas, deixará a costa ainda mais vulnerável. Todavia, em junção da densidade demográfica na costa ser muito alta e muito próxima do perfil, a falta de sedimentos desencadeada por anos de atividade de dragagem na região e pelo avanço do nível do mar e aumento na recorrência de eventos climáticos, acontece a erosão em 6 praias (6 pontos), do qual 3 praias (3 pontos) encontram-se em estado de erosão severa e necessitam de algum modelo de contenção ou realocação das construções/casas. Assim, é preciso realizar uma avaliação mais criteriosa da engorda de praia, especialmente nos pontos P03, P06 e P07, que apresentam um alto nível de avanço, antes de considerar qualquer modelo de suprimento de sedimento para a região. Como por exemplo, o estudo da modelagem das ondas/ hidrodinâmica seria uma estratégia valiosa para determinação da suplementação sedimentar e da construção de barreiras físicas. Portanto, para garantir a segurança das comunidades locais e preservar o meio ambiente costeiro é necessário a monitoramento constante da costa para gerar dados mais confiáveis e poder desenvolver modelos numéricos de mais precisão ao ambiente, incluindo modelação de *Runup*, para poder compreender melhor os fluxos das praias (VAN MAANEN *et al.*, 2016).

Na praia de Itapoá, desde 1996 (ou até anos antes), é constatado a presença de contenções providas de diversos materiais para o bloqueio do avanço da erosão. No entanto, segundo Angulo & Souza (2003) essas contenções são muito prejudiciais ao ambiente e para os próprios processos de erosão, que ao ser colocado sedimentos de dureza ou maiores granulometrias a tendência é aumentar o déficit sedimentar da região e provocar intensas erosões em áreas adjacentes. A engorda do perfil praial em Itapoá está em processos licitatórios conforme informações da Prefeitura do município, no entanto esta medida tem caráter provisório levando em consideração os panoramas globais. Segundo Schmidt *et al.* (2012) a região do litoral norte de Santa Catarina é responsável por 11,4% do total de obras costeiras de barragem no Brasil para conter a erosão costeira, assim como potencializou a influência de desembocadura (dragagem dos

portos de São Francisco do Sul e Itapoá) e a ocupação antrópica da linha de costa como as principais causas do avanço da erosão na região de Itapoá.

A falta de sedimento na região e as forçantes meteorológicas removem do sistema de feedback cíclico da região, ocasionando a erosão evidenciado a cada ano a evolução da erosão costeira na região. Não somente a dragagem na região, mas a larga ocupação urbana muito próximo ou dentro do perfil praial, tem sido o principal problema enfrentado pela cidade de Itapoá. Considerando os novos dados climáticos e de avanço do nível do mar, em específico a cidade de Itapoá/ SC deve tomar medidas de contenção e/ou de realocação de residências de imediato nos pontos P03, P06 e P07 entre os próximos 30 anos. Como no relatório do IPCC (2021) e OMM (2022) a projeção do aumento no nível relativo do mar para 0,13 a 0,50 cm/ano até 2100, ou seja, em 30 anos essas medidas podem chegar até 15 cm. Dessa forma, é importante acompanhar as informações meteorológicas atualizadas e estar preparado para enfrentar eventuais situações de risco decorrentes de condições climáticas adversas.

O quadro 5 mostra o resumo das técnicas e métodos utilizados e seus respectivos resultados par cada ponto da área de estudo. No caso do Ponto 01, foi observado que os resultados obtidos através de diversas técnicas foram similares, indicando que a praia apresenta um padrão de estabilidade/acresção consistente, e que sua configuração natural não sofre influência direta da Baía da Babitonga. Além disso, em dias de tempestade, a costa parece ser menos impactada. Vale ressaltar que as construções na região estão localizadas a certa distância do perfil da praia.

Tabela 3 - Resumo dos resultados e influência dos fatores externos.

PONTOS	DSAS HISTÓRICA 1985-2022	IVC 2021-2022	DERIVA LITORÂNEA/ HIDRODINÂMICA - 2021	MARÉ/VENTO = AGITAÇÃO 2014-2022	VAZANTE DA BABITONGA	PROXIMIDADE DE CONSTRUÇÕES	CONCLUSÃO EM DIAS NORMAIS	CONCLUSÃO EM DIAS DE TEMPESTADE
P01	ESTÁVEL E ACRESÇÃO	ESTABILIDADE	DEPOSITA SEDIMENTO	BALANÇO NATURAL	NÃO INFLUENCIA	MÉDIA	ESTÁVEL E EM ACRESÇÃO	BAIXO IMPACTO
P02	ESTÁVEL	EROSÃO	DEPOSITA SEDIMENTO	BALANÇO NATURAL	NÃO INFLUENCIA	MUITO PRÓXIMA	ESTÁVEL	MÉDIO IMPACTO
P03	EROSÃO CRÍTICA	EROSÃO SEVERA	ERODE A AJUDA A ERODIR	ERODE A AJUDA A ERODIR	NÃO INFLUENCIA	DENTRO DO PERFIL	EROSÃO SEVERA	ALTO IMPACTO
P04	ESTÁVEL	ESTABILIDADE	MANTÉM O SEDIMENTO	ERODE A AJUDA A ERODIR	NÃO INFLUENCIA	MUITO PRÓXIMA	ESTÁVEL	ALTO IMPACTO
P05	ESTÁVEL	EROSÃO	DEPOSITA E RETIRA SEDIMENTO	ERODE A AJUDA A ERODIR	INFLUENCIA POUCO	MUITO PRÓXIMA	ESTÁVEL	MÉDIO IMPACTO
P06	EROSÃO CRÍTICA	EROSÃO SEVERA	AJUDA A ERODIR	AJUDA A ERODIR	INFLUENCIA POUCO	DENTRO DO PERFIL	EROSÃO SEVERA	ALTO IMPACTO
P07	EROSÃO CRÍTICA	EROSÃO	AJUDA A ERODIR	AJUDA A ERODIR	INFLUENCIA DIRETO NA EROSÃO	DENTRO DO PERFIL	EROSÃO SEVERA	ALTO IMPACTO
P08	EROSÃO CRÍTICA	EROSÃO	AJUDA A ERODIR	AJUDA A ERODIR	INFLUENCIA DIRETO NA EROSÃO	MUITO PRÓXIMA	EROSÃO	MÉDIO IMPACTO

Sugestões de Ações e Trabalhos Futuros

Com base nas informações apresentadas, podem ser sugeridos alguns produtos de gestão que podem auxiliar no avanço da erosão costeira na região de Itapoá:

1. Sistema de monitoramento de dragagem: é essencial implementar um sistema de monitoramento adequado da dragagem, com o objetivo de controlar a qualidade do sedimento retirado e verificar se as áreas de deposição estão sendo respeitadas. Esse sistema pode incluir a utilização de câmeras e sensores de qualidade da água para garantir que o sedimento está sendo depositado de forma adequada.
2. Monitoramento do ambiente através de vídeo-monitoramento com a finalidade de entender a morfodinâmica praial e escolher melhores formas de contenção respeitando os limites do ambiente.
3. Unificação de dados: é importante realizar um esforço conjunto para unificar os dados existentes e coletar novos dados relacionados à erosão costeira na região. Esses dados podem ser utilizados para alimentar modelos de previsão e planejamento, permitindo que sejam tomadas medidas preventivas e corretivas de forma mais eficiente. Assim como, obter dados para esta pesquisa foi extremamente desafiador, já que as informações são fornecidas pelos órgãos de forma demorada ou, em alguns casos, simplesmente não são disponibilizadas.
4. Sistema de realocação de sedimento: é necessário implementar um sistema de realocação de sedimento que leve em consideração o ponto hidrodinâmico de sedimentação para que o sedimento seja depositado de forma natural, sem afetar o desenvolvimento da praia. Esse sistema pode incluir o uso de técnicas de testes de coloração para identificar o ponto ideal de assentamento do grão, para assim realizar o remanejo adequado.
5. Medidas compensatórias: é importante que as autoridades responsáveis pela licença da dragagem incluam medidas compensatórias para a erosão costeira, garantindo que os impactos negativos sejam minimizados. Essas medidas podem incluir ações de restauração da costa, como a construção de barreiras de areia ou a realocação de sedimento em áreas vulneráveis e replantio nas áreas de restingas,

bem como, garantir que os recursos utilizados sejam provindos de empresas privadas e não públicas.

6. Aplicação, Integralização e Otimização do Projeto PROCOSTA (PROCOSTA, 2018) em definição ao Projeto GLOSS-Brasil, que possa ser eficiente a cidades adjacentes a grandes empreendimentos costeiros, como é o caso de Itapoá.

Esses produtos de gestão podem ser implementados de forma integrada para garantir a solução do problema de erosão costeira na região. É importante lembrar que essas soluções devem ser adaptadas às particularidades locais e que devem ser baseadas em informações científicas atualizadas para garantir sua efetividade.

6. PRODUTOS DESENVOLVIDOS

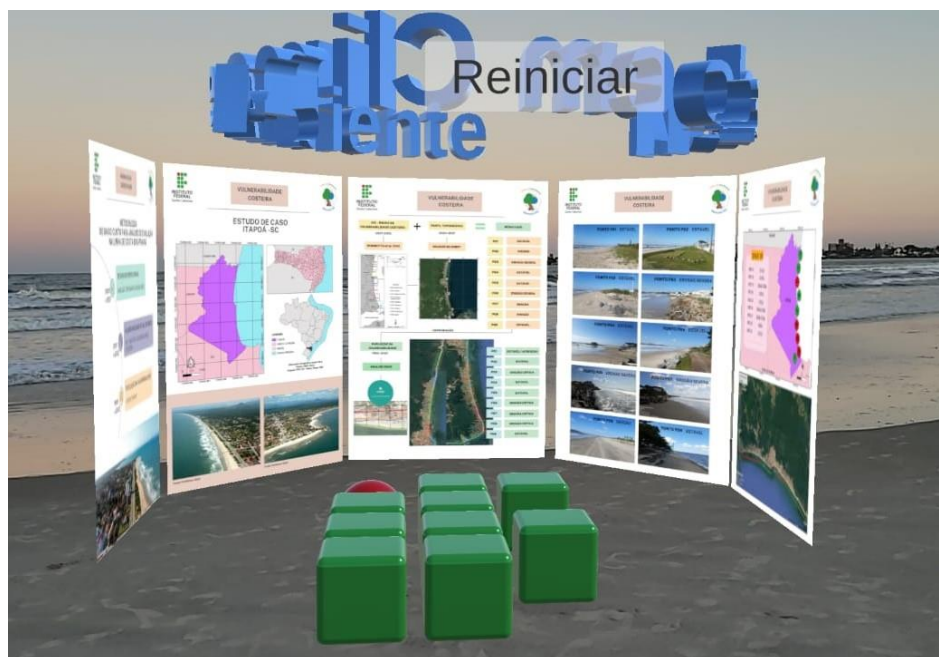
Produto 1. *Aplicativo Apk desenvolvido para Android. Disponível em: <https://www.androidauthority.com/how-to-install-apks-31494/>*

O aplicativo foi desenvolvido com o objetivo de proporcionar o acesso dos resultados encontrados no presente estudo à população em geral.

O usuário necessita apenas estar em um espaço aberto a fim de que o aplicativo possa detectar linhas ou planos a fim de gerar as imagens dos resultados por meio de realidade aumentada (Figura 1).

Este aplicativo representa uma ferramenta para disseminação do estudo científico e do conhecimento tanto para o público em geral quanto para a comunidade local.

FIGURA 1 – RESULTADO DA REALIDADE AUMENTADA NO APP APK.

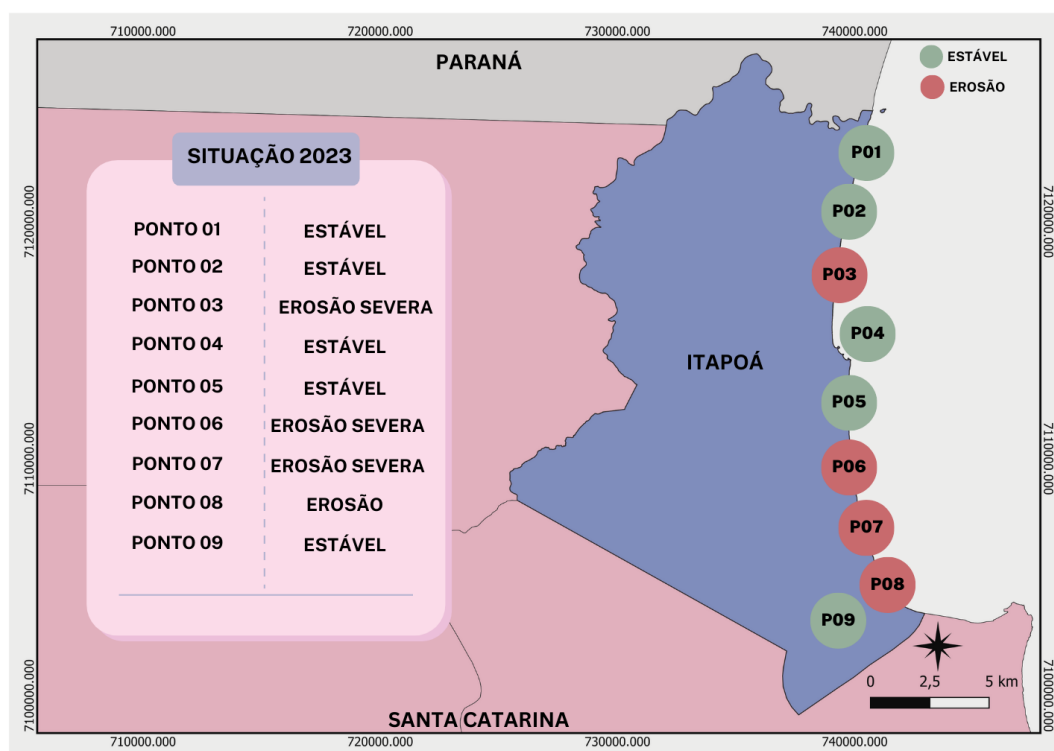


Produto 2. Mapa de risco de erosão costeira

Por meio dos resultados do estudo foi possível gerar um Mapa de risco de erosão costeira (Figura 2), onde pode-se observar os pontos em vermelho com erosão ou erosão severa e os pontos em verde com estabilidade.

FIGURA 2 – MAPA DE RISCO DA ÁREA DE ITAPOÁ





Produto 3. Relatório técnico simplificado

O presente relatório técnico apresenta um resumo do estudo realizado na dissertação de mestrado da aluna Ariana Pereira Barboza da Silva, desenvolvido pelo Programa de Mestrado em Clima e Ambiente do Instituto Federal de Santa Catarina.

O relatório teve como área de estudo as praias de Itapoá (figura 4) onde, a partir da união de técnicas de análise de vulnerabilidade costeira de baixo custo, foi constatado que o uso combinado da análise dos perfis topográficos, caracterização e Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC), juntamente com a análise DSAS (figura 5) possibilitou gerar resultados com boa confiabilidade, com identificação e classificação do estado erosional de cada ponto de praia, assim como uma classificação da vulnerabilidade costeira das praias.

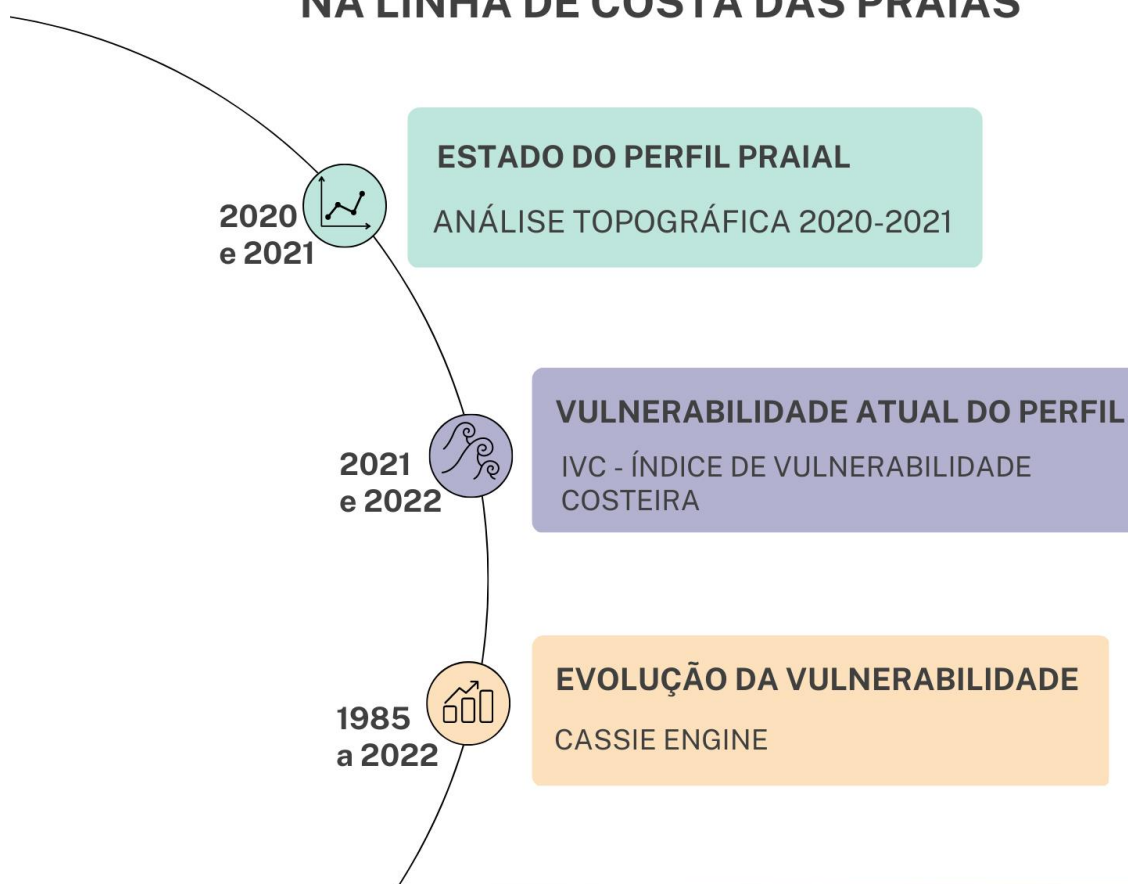
Nas figuras 5 e 6 é possível visualizar os resultados das técnicas separadamente, apresentando a caracterização do estado atual de erosão e sua evolução ao longo dos anos. Com base nesses resultados, o mapa de risco da figura 7 destaca as áreas de risco em vermelho, que correspondem aos pontos P03, P06, P07 e P08. Portanto, pode-se concluir que essa metodologia permite uma análise precisa da vulnerabilidade costeira de forma acessível e eficiente.

FIGURA 3 – METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA

ARIANA SILVA
CÁSSIO SUSKI



METODOLOGIA DE BAIXO CUSTO PARA ANÁLISE DE EVOLUÇÃO NA LINHA DE COSTA DAS PRAIAS



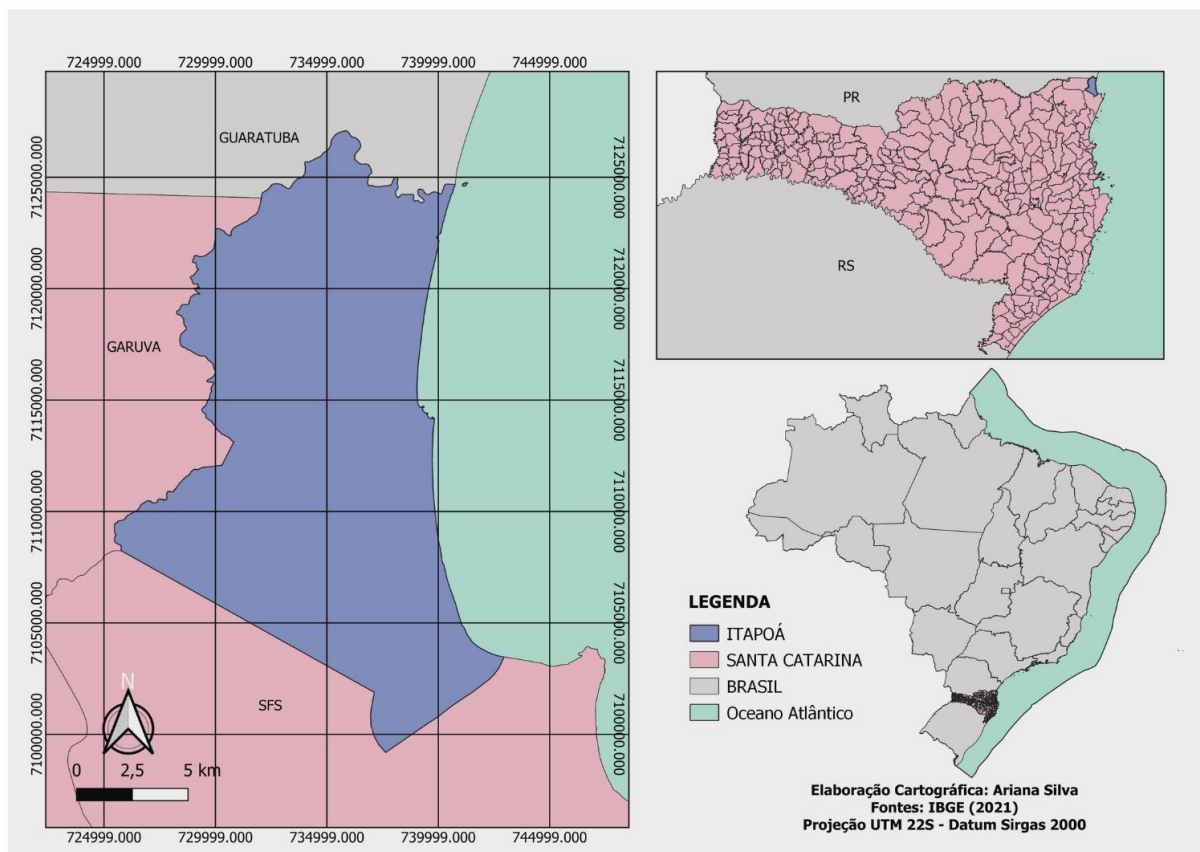
Fonte: Prefeitura, 2022

FIGURA 4 – ÁREA DE ESTUDO

VULNERABILIDADE COSTEIRA



ESTUDO DE CASO ITAPOÁ - SC



Fonte: Prefeitura, 2022.



Fonte: Prefeitura, 2022.

FIGURA 5 –JUNÇÃO DE TÉCNICAS E RESULTADOS

VULNERABILIDADE COSTEIRA

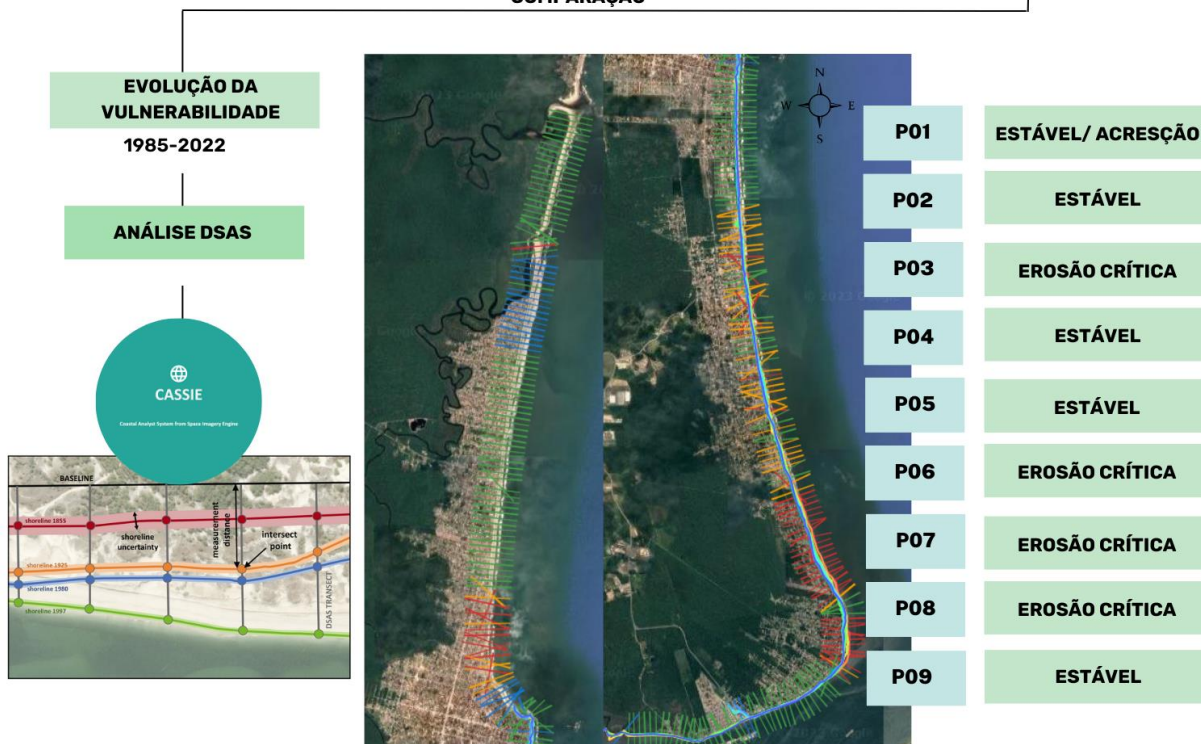
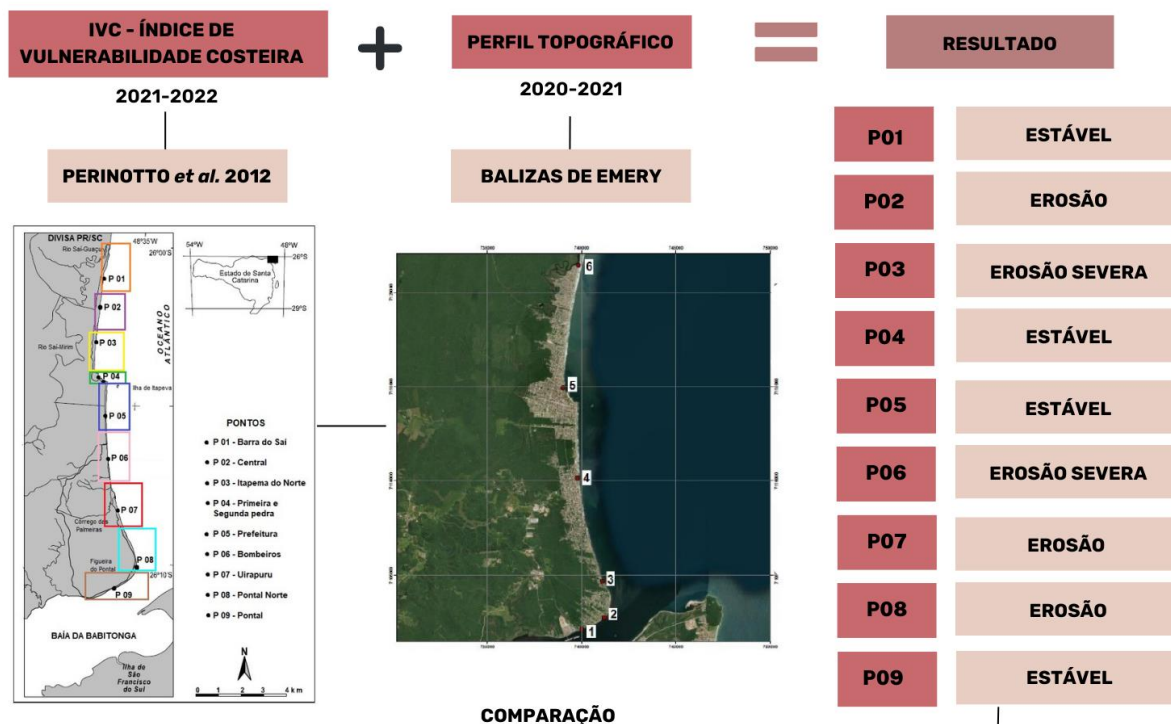


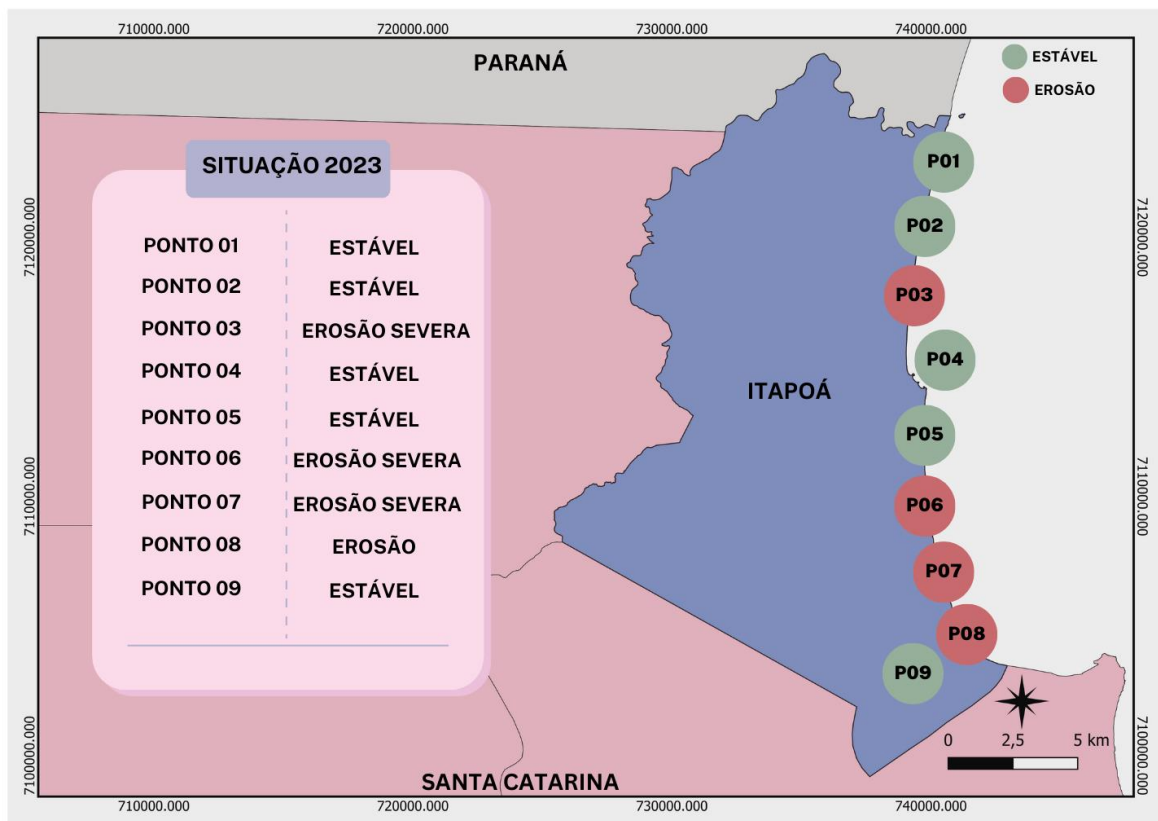
FIGURA 6 – RESULTADOS

VULNERABILIDADE COSTEIRA



FIGURA 7 – MAPA DE RISCO

**VULNERABILIDADE
COSTEIRA**



Produto 4 – Resumo Expandido

Análise espaço-temporal da evolução da vulnerabilidade costeira em Itapoá – Santa Catarina: Uma Perspectiva Hidrogeomorfológica e Climática. Revista Estrabão (DOI: 10.53455/re.v2i.51).

Produto 5 – Resumo expandido

Perspectiva Nacional de Gerenciamento Costeiro sobre a Erosão Costeira em função das Mudanças Climáticas Globais. (Congremet – Congresso Argentino de Meteorologia - 2022)

Produto 6 – Resumo expandido

Análise espaço-temporal da evolução da vulnerabilidade costeira em Itapoá – Santa Catarina: Uma Perspectiva Hidrogeomorfológica e Climática – Jornada em Clima e Ambiente IFSC (2022).

Produto 7 – Resumo expandido

Análise Histórica da Evolução Linha de Costa de Itapoá-SC (IX ESBmet – Encontro Sul Brasileiro de Meteorologia - 2023)

Produto 8 – Artigo

Perspectiva Nacional Sobre la Gestión de la Erosión Costera en Función de los Cambios Climáticos Globales – Revista Costas (em andamento – fase de submissão - 2023).

Produto 9 – Artigo

Análise espaço-temporal da evolução da vulnerabilidade costeira em Itapoá – Santa Catarina: Uma Perspectiva Hidrogeomorfológica e Climática - Revista Ocean & Coastal Management (em andamento – fase de submissão - 2023).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A erosão costeira nas praias de Itapoá-SC é influenciada por uma série de fatores. Os processos naturais existentes na região têm um papel importante nesse processo, assim como as tempestades frequentes que afetam praticamente todo o estado do Paraná e Santa Catarina. Além disso, a dragagem da região pode afugentar sedimentos para fora da plataforma continental interna, contribuindo para o déficit sedimentar na costa e contribuir para a erosão.

No entanto, o fato de que os resultados obtidos evidenciaram o avanço da erosão

ao longo dos anos e que as análises foram contundentes, indicam que as metodologias utilizadas foram capazes de fornecer informações precisas e confiáveis sobre a vulnerabilidade costeira da área, o que é muito importante para o planejamento e gestão costeira. Além disso, a união da utilização de metodologias como o Índice de Vulnerabilidade Costeira, os Perfis Topográficos e a análise DSAS podem fornecer informações sobre a vulnerabilidade costeira em uma escala mais ampla, permitindo a comparação de áreas costeiras e auxiliando na tomada de decisões em relação à gestão costeira em nível regional de maneira rápida e com baixo custo. De fato, ter identificado 3 pontos de erosão severa (P03, P06, P07) e outros 3 pontos (P02, P05 e P08) com sinais de erosão é preocupante e deve ser considerado nas políticas de gerenciamento costeiro da região, pois apenas 2 pontos de praias (P01 e P09), encontram-se com perfis aceitáveis do ponto de vista do gerenciamento costeiro.

Em resumo, o ponto P01 possui o padrão de acresção, devido possuir vegetação nativa, as construções estão mais longe do perfil e há zona de duas descargas fluviais que dão aporte sedimentar a região, somados a sua posição mais ao norte, que são os pontos onde a deriva continental tende a levar mais o sedimento. A diferença entre o ponto P01 e ponto P02, são as construções próximas ao perfil e ausência de resinga em várias áreas, por isso, apesar da região ter resultado em padrão estável, há sinais de erosão. Já o ponto P03 é resultado de severa erosão por estar situado a jusante do fluxo da deriva continental, onde o sedimento tende a aprisionar nos pontos P05 e P04. O ponto P04, são praias de em arco e possuem estabilidade no perfil, por se tratar de uma praia geologicamente muito controlada, tende a se manter em equilíbrio ao longo dos anos. O ponto P05, demonstrou-se com padrão estável ao longo dos anos e muito parecido ao ponto P02, possui sinais de erosão e pouca vegetação nativa, por ser o último ponto antes do “degrau”, tende a manter o padrão de sedimentação equilibrado. Já no ponto P06 e P07, são praias lineares, com construções muito próximas e muitas já dentro do perfil de impacto, em muitas áreas não há mais presença de areia seca e ao longo dos anos, as forças hidrodinâmicas tendem a formar um leve arco, principalmente na localização do P06. Nos pontos P07 e P08, evidenciou-se um padrão erosivo avançado ao longo dos anos, no entanto em muitos locais nessa região há extensas faixas de areia, isso dá-se pela hidrodinâmica nessa região ser menos agressiva. Assim, como a zona do pontal no ponto P08, está localizado na desembocadura da Babitonga e, é diretamente influenciado pela movimentação hidrodinâmica da área. O ponto P09, zona tranquila, por se tratar de praia estuarina e por mais que não haja faixa extensa de praia a zona encontra-se estável e com pontos de

acresção, principalmente, na zona paralela ao trapiche do Porto de Itapoá.

A hidrodinâmica do ambiente costeiro de Itapoá é influenciada pelo padrão de ventos através das correntes de deriva litorânea e da Baía da Babitonga, sendo que as praias mais abrigadas são menos afetadas pela ação do mar e as mais expostas sofrem influência direta. Apesar da erosão ser um processo natural em praias, aquelas que estão diretamente expostas às forças oceânicas são mais suscetíveis a esse fenômeno. Entretanto, na região, a ocupação desordenada da costa é um dos principais fatores que contribuem para agravar a erosão costeira. Isso ocorre porque a retirada de formas naturais de proteção, como a restinga, pode deixar a costa desprotegida e mais vulnerável aos efeitos das tempestades e outras forças meteorológicas que intensificam a força das ondas. É importante destacar que a erosão costeira só se torna um problema quando a ocupação da costa é feita de forma desordenada e sem planejamento adequado. Quando o ambiente possui proteções naturais, como a restinga, e é permitido seguir seu desenho praial em diferentes formas, conforme sua sazonalidade, a erosão é apenas um dos processos naturais que moldam o ambiente. Assim como o excesso de enrocamentos rochosos, além de modificar o perfil praial podem intensificar a erosão ao longo dos anos. Todavia, com as mudanças climáticas globais em curso, esses processos tendem a ser acelerados e intensificados, o que pode agravar ainda mais os problemas já existentes na região. Portanto, é importante que haja um planejamento adequado da ocupação da costa, a fim de minimizar os efeitos da erosão costeira e preservar os ecossistemas naturais da região, principalmente, nos pontos P03, P06 e P07 a costa encontra-se completamente exposta às tempestades, por isso, ao longo dos anos conforme as mudanças nos perfis há uma tendência a voltar ao seu estado de equilíbrio, no entanto, a colocação de contenções inapropriadas somadas ao déficit sedimentar, muitas vezes, impedem do perfil retornar ao seu estado de equilíbrio acarretando a longo prazo em cada vez mais padrões erosivos, por isso, a tendência é que a cada tempestade a erosão avançará um pouco mais, principalmente, nos pontos em que já sofrem com estados avançados de erosão.

Diante desses problemas é preciso que haja uma gestão integrada e sustentável da zona costeira, que leve em consideração a complexidade dos processos hidrodinâmicos e sedimentológicos da região.

REFERÊNCIAS

- ALBINO, J.; GIRARDI, G.; NASCIMENTO, A.K.; SANTOS, F. Atlas de erosão e progradação costeira do litoral do Espírito Santo. **Technical Report**. Atlas de Erosão e Progradação do litoral do Brasil, 2004.
- ALEXANDRAKIS, G.; MANASAKIS, C.; KAMPANIS, N. A. Valuating the effects of beach erosion to tourism revenue. A management perspective. **Ocean & Coastal Management**, v. 111, p. 1–11, 2015.
- ALMEIDA, E.S.B.; LIMA, S.F.; TOLDO Jr., E.E. Estimativa da capacidade de transporte de sedimentos a partir de dados de ondas para a costa do Rio Grande do Sul. **Technical Report**. Atlas de Erosão e Progradação do litoral do Brasil, 2004.
- Almeida, P.A.; Oliveira, I.E.O.; Lyra, R., Dazzi, R.L.S.; Martins, V.G.; Klein, A.H.F. Coastal Analyst System from Space Imagery Engine (CASSIE): Shoreline management module. Environmental Modelling and Software, Rio Grande, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105033>.
- ANDRADE, T. S.; SOUSA, P.H.G.O.; SIEGLE, E. Vulnerability to beach erosion based on a coastal processes approach, **Applied Geography**, São Paulo, v. 102, p. 12-19, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.11.003>.
- ÂNGULO, R. J. Geologia da planície costeira do estado do Paraná. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. **Instituto de Geociências**. São Paulo. 1992.
- ÂNGULO, R. J. Aspectos físicos das dinâmicas de ambientes costeiros, seus usos e conflitos. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Editora UFPR, n. 10, p. 175-185, jul./dez. 2004
- ÂNGULO, R.J.; SOARES, C.R.; MARONE, E.; SOUZA, M.C.; ODRESKI, L.L.R. e NOERNBERG, M.A. Atlas de erosão costeira do estado do Paraná. **Técnica Report**. Atlas de Erosão e Progradação do litoral do Brasil, 2004.
- ÂNGULO, R. J.; SOUZA, M. C. Laudo Técnico: Diagnóstico sobre os Problemas de Erosão Costeira no Município de Itapoá, Litoral Norte do Estado de Santa Catarina. Prefeitura Municipal de Itapoá, Curitiba, 2002.
- ÂNGULO R. J.; SOUZA M. C. Coastal erosion problems induced by dredging in the channel acces of Paranaguá and São Francisco harbor, southern Brazil. **In. 5th International Symposium on Coastal Engineering and Science Coastal Sediments Processes**, St. Petersburg, Flórida, USA, 2003.
- ÂNGULO, R. J.; SOUZA, M.C. Mapa Geológico da Planície Costeira Entre o Rio Saí-Guaçu e a Baía de São Francisco, Litoral Norte do Estado de Santa Catarina. **Boletim Paranaense de Geociências**, Editora UFPR, n. 55, p. 09-23, 2004.
- ARAÚJO, T.C.M.; SANTOS, R.C.A.L.; SEOANE; J.C.S.; MANSO, V.A.V. Atlas de erosão e progradação costeira do litoral do estado de Alagoas. **Technical Report**. Atlas de Erosão e Progradação do litoral do Brasil, 2004.

AUGUSTINUS, P.G.E.F. Coastal systems. In: Sala, M. **Geography Oxford**. Reino Unido, p. 305-318, 2009.

BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, A.; SICHEL, V. R.A. **Métodos Diretos e Indiretos de Investigação do Fundo Oceânico**. Introdução a Geologia Marinha. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 279p., 2004).

BASCOM, W. H. Characteristics of natural beaches. In: Conference on Coastal Engineering, 4., 1953, Chicago. Anais... Chicago: **Council on Wave Research**, 1953. p. 163-180.

BEVACQUA, A; YU, D; ZHANG, Y. Coastal vulnerability: Evolving concepts in understanding vulnerable people and places, *Environmental Science & Policy*, v. 82, p. 19-29, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.01.006>.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; MATOS, D. J.; WERNER, A. A Serra do Mar e a Porção Oriental do Estado do Paraná - Um problema de segurança ambiental e nacional. Secretaria de Estado do Planejamento e Associação de Defesa e Educação Ambiental, Curitiba, 1978.

BINDA, A.L.; GIRARDI, G.L.; AGUIAR, M. A história de um desastre natural: foi um ciclone bomba que atingiu a região sul do Brasil em junho/julho de 2020? **GeoTextos**, vol. 18, n. 2, p.177-199, dezembro 2022.

BIRD, E.C.F. Recent changes on the world's Sandy shorelines. Coastal dynamics and scientific sites. In: BIRD, E. C. F. & KOIKE, K. **Departamento of Geography**, Kowazawa University. Japão. p.5-30, 1981.

BIRD, E.C.F. Coastline changes: a global review. **John Wiley-Interscience, Chichester**. Nova Iorque, p.219, 1985.

BIRD, E. **Coastal geomorphology: an introduction**. Chichester: John Wiley and Sons, 2008.

BITTENCOURT. A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTÍN. L.; FERREIRA, I.A. - Dados preliminares sobre a evolução do delta do rio São Francisco (SE; AL) durante o Quaternário: influência das variações do nível do mar. In: K. Suguio et al. (eds.), **Atas do IV Simpósio do Quaternário no Brasil**, Rio de Janeiro: p. 49-68, 1982.

BRUUN, P. M. Sea level rise as a cause of shore erosion. *Am. Soc. Civil Engineers Proc., Jour. Waterways and Harbors Div.* 88, 117-130, 1962.

BSO (Brazilian Sea Observatory). **Observatório Marinho Brasileiro**. Disponível em: <<http://brazilianseaobservatory.org/pt/>>. Acesso em: 14 set. 2021.

BULHÕES, E. Exposição de Praias, Clima de Ondas e Processos Físicos em Praias de Enseada: Exemplos e Aplicações em Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brasil. (Tese de Doutorado). Instituto de Geociências. Universidade Federal Fluminense. Niterói, 230p. 2011.

BULHÕES, E; ESTRADA, A.F.D. Distribuição e Transporte de Sedimentos Costeiros em Ambiente de Baixa Energia. Enseada da Ferradura, Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Gravel**, Vol. 9 (1), p. 41-56, 2011.

BULHÕES, E.; FERNANDEZ, G.B. Analysis of Shallow Water Wave Propagation and Coastal Response in Embayed Beaches. Case Study in Cape Buzios, Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 64, p. 2022-2026, 2011.

CALLIARI, L.; SPERANSKI, N. Padrões de refração para a costa do Rio Grande do Sul e erosão costeira. **Technical Report**. Atlas de Erosão e Progradação do litoral do Brasil, 2004.

CALLIARI, L. J.; MUEHE, D.; HOEFEL, F. G.; TOLDO JR., E. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 51, p. 63–78, 2003.

CARTER, R.W.G. Near-future sea level impacts on coastal dune landscapes. **Landscape Ecol.** N.6, p. 29-39, 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00157742>.

CASTELLE, B.; MASSELINK, G. Morphodynamics of wave-dominated beaches. **Research Group, School of Biological and Marine Sciences**, pp. 1-13, University of Plymouth, Plymouth, UK, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/cft.2022.2>

CHURCH, J.A.; CLARK, P.U.; CAZENAVE, A.; GREGORY, J.M.; JEVREJEVA, S.; LEVERMANN, A.; MERRIFIELD, M.A.; MILNE, G.A.; NEREM, R.S.; NUNN, P.D.; PAYNE, A.J.; PFEFFER, W.T.; STAMMER, D.; UNNIKRISHNAN, A.S. Sea level change. **Digital Respository Service (DRS)**, 2013. Disponível em: <http://drs.nio.org/drs/handle/2264/4605>.

CLIMANÁLISE. Boletim de Monitoramento e Análise Climática, v. 10, n. 12, 1995.

COCO, G. Test of self-organization in beach cusp formation. **Journal of Geophysical Research**, v. 108, n. C3, p. 1–11, 2003.

COWELL, P. J. THOM, B. G. **Coastal Evolution - Late quaternary shoreline morphodynamics**. In: Morphodynamics of Coastal Evolution. **Cambridge**, Reino Unido, p. 33-86, 1994.

CROWELL, M.; LEATHERMAN, S.P.; BUCKLEY, M.K. Historical shoreline change: error analysis and mapping accuracy. **Journal of Coastal Research**, v. 7, n. 3, p. 839-852, 1991.

CUNHA, G.R.; PIRES, J.L.F.; PASINATO, A. Uma discussão sobre o conceito de hazards e o caso do furacão/ciclone Catarina. Embrapa, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2004.

DAVIDSON-ARNOTT, R. **An introduction to coastal processes and geomorphology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

DOMINGUEZ. J.M.L.; BITTENCOURT. A.C.S.P.; MARTIN. L. LIMA, R.C.C.; COSTA. I.V.G. - 19826 - Roteiro de excursão geológica a planície costeira do rio Jequitinhonha e turfeiras associadas. **XXII Congr. Bras. Geol. Salvador**, Boletim n. 3,

p.201-235, 1982.

DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. Evolução paleogeografia do delta do rio Jequitinhonha durante o Quaternário: influência das variações do nível do mar. In: K. Suguio *et al.* (eds.). **Atas do IV Simpósio do Quaternário no Brasil**, Rio de Janeiro: p.69-82, 1982.

DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA. Decretação de Situações de Emergência e Estado de Calamidade Pública. Disponível em: <<https://www.defesacivil.sc.gov.br/municipios/decretacao-se-ecp/>>. Acesso em 10 de fevereiro de 2023.

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. In: Previsão do Tempo. Florianópolis, 2020. Disponível em <<https://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php/solucoes/solicitacao-de-dados/>>. Acesso em: 12 out. 2021; <https://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php/maregrafos/>. Acesso em 24 fev 2022.

Esteves, L.S., Finkl, C.W. The problem of critically eroded areas (CEA): an evaluation of Florida beaches. *J. Coast Res.* SI 26, 11–18, 1998.

FALKENBERG, D.B. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Insula** **28**: 1-30, 1999. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/insula/article/view/21771/19743>.

FENTRESS, J. How Do Tides Work? Live Science, 2017 Disponível em: <https://www.livescience.com/37670-how-do-tides-work.html>. Acesso em: 09/04/2023.

FRANZ, G. Numerical modelling of hydrodynamics and sediment transport in coastal systems. **Research Gate**, Lisboa/ Portugal, 150p., 2017. Disponível em: DOI - 10.13140/RG.2.2.11485.82403

FREIRE, G.S.S. Atlas de erosão costeira do estado do Ceará. **Technical Report**. Atlas de Erosão e Progradação do litoral do Brasil, 2004.

FRENCH, P.W. Coastal Defences: Processes, Problems And Solutions. **Taylor & Francis**. Londres, p. 384, 2001.

GALLOP, S.L.; KENNEDY, D.M.; LOUREIRO, C.; NAYLOR, L.A.; MUÑOZ-PÉREZ, J.J.; JACKSON, D.W.T.; FELLOWES T.E. Geologically controlled sandy beaches: Their geomorphology, morphodynamics and classification, **Science of The Total Environment**, v. 731, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139123>.

GARRISON, T. **Fundamentos de oceanografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

GOBBI, E. F. Gerenciamento costeiro: análise de casos do litoral do Paraná sob a perspectiva da engenharia costeira. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Oceânica) - Programa em Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 277 p. 1997.

GODSCHALK, D. R.; NORTON, R.; RICHARDSON, C. & SALVENSEN, D. Avoiding Coastal Hazard Areas: Best State Mitigation Practices. **Environmental Geosciences**, v. 7, n.1, p. 13-22, 2000.

GOOGLE. Timelapse. Google Earth Engine. Análise de Satélite mundial por período anual. Disponível em: <<https://earthengine.google.com/timelapse/>>. Acesso em: 20 set. 2022.

GRACIA, A.; RANGEL-BUITRAGO, N.; OAKLEY, J. A.; WILLIAMS, A. T. Use of ecosystems in coastal erosion management. **Ocean & Coastal Management**, v. 156, p. 277– 289, 2018.

GRIGGS, G. B. California's Coastal Hazards. **Journal of Coastal Research**, Special Issue, v.12, p. 1–15, 1996.

HARDISTY, J. **Beaches**: Form and Process. London: Unwin Hyman, 1990.

HEGGE, B.; ELIOT, I., HSU, J. Sheltered Sandy Beaches of Southwestern Australia. *Journal of Coastal Research*, Fort Lauderdale, Florida, v. 12, n.3, p.748-760, 1996.

HERRMANN, M. L. P. Levantamento dos desastres naturais causados pelas adversidades climáticas no Estado de Santa Catarina período de 1980 a 2010. Florianópolis: IOESC, 2014. 36 p.

HUNT, E.; DAVIDSON, M.; STEELE, E.C.C.; AMIES, J.D.; SCOTT, T.; RUSSELL, P. **Shoreline modelling on timescales of days to decades**. Cambridge Prisms: Coastal Futures, Londres, Inglaterra, 2023. Disponível em: DOI. 10.1017/cft.2023.

IBGE. Cidades: panorama. s/d. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/itapoa/panorama>>. Acesso em: 20 set. 2021.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF, 2021.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. In: Catálogo de Imagens. Brasil. 2017. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 20 set. 2021.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. UNEP, EUA, 2021. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/>; https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter_08.pdf>. Acesso em: 24 set. 2022.

KING, C.A.M. Dynamics of beach accretion. In: D.R. Coastes (Editor), **Coastal Geomorphology. Libr. Congr. Publ.**, New York, p. 73-98, 1973.

KLEIN R.; NICHOLLS, R. Assessment of Coastal Vulnerability to Climate Change. **Ambio**, v. 28, p.182-187, 1999.

KNIE, J.L.W. Atlas ambiental da região de Joinville: complexo hídrico da Baía da Babitonga. 2ª ed. Florianópolis, SC: FATMA/GTZ. 152p., 2003.

KOMAR, P. D. Handbook of coastal processes and erosion. **Boca Raton**: CCR, p. 304,

1983.

KOMAR, P. D. **Beach processes and sedimentation**. New Jersey: Englewood Cliffs, 1976.

KOWMANN, R. Variações de curto e longo prazo de um perfil da praia de Copacabana, Rio de Janeiro. **Publicação do Instituto de Pesquisas da Marinha**, Rio de Janeiro, v. 39, p.16, 1970.

LEAL, K. B., ROBAINA, L. E. S., KORTING, T. S., DUTRA, R. C. Desastres Naturais Associados À Erosão E Inundação Costeira: Um Levantamento Para O Estado De Santa Catarina, Brasil. Encontro Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia, 2021.

LEATHERMAN, S. P. Shoreline change mapping and 134 management along the U.S. East Coast. **Journal of Coastal Research**, (38): 5-13, 2003.

LEATHERMAN, S. P. **Barrier Island Handbook**. University of Maryland, College Park. 3 ed, 152p., 1988.

LI, X.; CHENG, Y.; LI, D.; WANG, D.; ZHOU, J. Effect of wind stress on the tidal dynamics in the Bohai Sea. *Acta Oceanologica Sinica*, 38(3), 51-57, 2019.

LOPES, A. R.S.; ESPÍNDOLA, M.A. O Furacão Catarina: A transformação na percepção ambiental em Santa Catarina-Brasil. Projeto CAPES/PRODOC Desastres Ambientais e Políticas Públicas em Santa Catarina, 2015.

MAACK, R. Geografia física do estado do Paraná. 2. ed. Curitiba: BADEP/UFPR/IBPT, 1981.

MARENZI, C. R. Ecologia da paisagem da morraria da praia Vermelha (SC): subsídio à conservação da biodiversidade de uma área costeira. Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p .216, 2004.

MARETEC. **MOHID - Water Modelling System**. Disponível em: <<http://www.mohid.com/>>. Acesso em: 14 set. 2021.

MARINHA DO BRASIL. Ministério da Defesa. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/dadosabertos>. Acesso em: 20 set 2022.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILAS BOAS, G.S. Le Quaternaire marin Brésilien (Littoral Pauliste, Sud Fluminense et Bahianais). *Cuh. O.R.S. T.O.M., Ser. Géol.* v. 11, n. 1, p.95-124, 1980.

MARTÍNEZ, M. L.; INTRALAWAN, A.; VÁZQUEZ, G.; PÉREZ-MAQUEO, O.; SUTTON, P.; LANDGRAVE, R. The coasts of our world: Ecological, economic and social importance. **Ecological Economics**. v. 63, p. 254-272. 2007.

MASSELINK, G.; GEHRELS, R. Coastal Environments and Global Change. Nova Jersey: **John Wiley & Sons**, Ltd, 2014.

MASSELINK, G.; SHORT, A. D. The Eff ect of Tide Range on Beach Morphodynamics

and Morphology. *Journal of Coastal Research*, v. 9, n. 3, p. 785–800, 1993.

MAZZER, A.M.; DILLENBURG, S. R.; SOUZA, C.R.G. Proposta de método para análise de vulnerabilidade à erosão costeira no sudeste da ilha de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências** v.38(2), p. 278-294, junho de 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/303299490>.

MELO FILHO., E. Maré Meteorológica na Costa Brasileira, Tese Professor Titular, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Rio Grande, 328 p, abril 2017.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Brasília: MMA, 2018. 759 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br>.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes, Inundações e Movimentos de Massa, Itapoá – SC**, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral Serviço Geológico do Brasil – CPRM Departamento de Gestão Territorial - DEGET 2014.

MONTEIRO, M.A.; MENDONÇA, M. Dinâmica atmosférica do estado de Santa Catarina. In: HERRMANN, M.L.P. (org). *Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: IOESC, 146 p., 2007.

MOORE, L.J. Shoreline mapping techniques. **Journal Coastal Research**, v.16(1), p.111-124, 2000.

MUEHE, D. Estado morfodinâmico praial no instante da observação: uma alternativa de identificação. **Revista Brasileira de Oceanografia**. São Paulo. 46(2), p157-169, 1998.

MUEHE, D. **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**: Rio Grande do Sul. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental. Brasília, DF: MMA, 2006.

MUEHE, D. 2011. Erosão Costeira – Tendência ou Eventos Extremos? O Litoral entre Rio de Janeiro e Cabo Frio, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management*, Lisboa, Portugal v. 11, n. 3, p. 315-325, 2011.

NASA. National Aeronautics and Space Administration NASA Official: Brian Dunbar. Disponível em <<https://www.nasa.gov/>; https://www.nasa.gov/mission_pages/omsf/news/el-nino-2015.html>.

NASCIMENTO JÚNIOR, W. R.; ARAÚJO, D. C. Arcos praias: caracterização e fatores condicionantes. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 17(1), 131-144, 2016.

NICHOLLS, R, J. Coastal megacities and climate change. *GeoJournal* 37, 369-379, 1995.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration: In: Climate Prediction Center. Maryland, 2020. Disponível em <<https://www.noaa.gov/>; <https://www.climate.gov/enso>>.

NOAA. Tides and Water Levels, 2021. Disponível em: <https://tidesandcurrents.noaa.gov/>. Acesso em: 10/04/2023.

NOBRE, C. A.; CAVALCANTI, I. F. A.; GAN, M. A.; NOBRE, P. A.; KAYANO, M. T.; RAO, V. B.; BONATTI, J. P.; SATYMURTY, P. UVO, C. B.; COHEN, J. C. Aspectos de Climatologia Dinâmica do Brasil. **Climanálise**, 1986.

OMM., 2022: Organização Meteorológica Mundial. Nações Unidas. Disponível em: <[http:// public.wmo.int/en/](http://public.wmo.int/en/)>. Acesso em: 10 junho 2022.

Otsu, N. A threshold selection method from gray-level histograms. IEEE.Trans. Syst.Man Cybern SMC-9, 1979.

PERINOTTO, R. R. C., CAMPOS, A. V., BONETTI, J., RUDORFF, F. M. Avaliação do Estado Erosional das Praias de Santa Catarina com base na Análise de Geoindicadores. **Congresso Brasileiro sobre Desastres Naturais**. Rio Claro. Maio, 2012.

PETHICK, J. **An introduction to coastal geomorphology**. New York: Oxford University Press, 1984.

PILKEY, O.H.; NEAL, W.J.; BUSH, D.M. Coastal Erosion. In: Isla, F.I. & Iribarne, O. (Eds), **Coastal Zone and Estuaries**, EOLSS, UNESCO, pp. 32-42. 540p, 2009.

PIRES, M.C.; CASTRO, M.B.; LIEBER, Z.V.; MENEZES, T.P.; AOKI, R.Y.S. Estatística não paramétrica básica no software R: uma abordagem por resolução de problemas. Departamento de estatística. Universidade Federal de Minas Gerais, 2018.

POLETTE, M.; SOUZA, J. G.; MAZZER, A. M.; MORO, L. F. R. Geocologia da Paisagem Costeira do Estado de Santa Catarina. In: Regional Conference of Latin American and Caribbean Countries - **International Geographical Union**. Havana/Cuba. p. 200-200, 1995.

PORPILHO, D. Análise da Sedimentologia, variação da linha de costa e perfil praial de Itapoá-SC, Brasil. Dissertação de Mestrado. Itajaí, 84p. 2012. Disponível em: <http://siaibib01.univali.br/pdf/Diego%20Porpilho.pdf>

PREFEITURA DE ITAPOÁ. Portal do Município de Itapoá. Disponível em: <<https://www.itapoa.sc.gov.br/>>.

PROCOSTA, 2018: Programa Nacional de Conservação da Linha de Costa. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/images/arquivos/gestao_territorial/Procosta/PROCOSTA-versao_digital.pdf

RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL. EIA-RIMA. Porto de Itapoá, 2011. Disponível em: <file:///C:/Users/Di/Desktop/ultimos%20artigos/RIMA%20porto.pdf>. Acesso em: 20/01/2023.

RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL. EIA-RIMA. Regularização Fundiária das Glebas, 2015. Disponível em:

file:///C:/Users/Di/Desktop/ultimos%20artigos/2323205_EIA_RIMA_GLEBAS_I_e_I.pdf. Acesso em: 20/01/2023.

RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL. EIA-RIMA. Tratamento de águas - Saneamento, 2015. Disponível em: file:///C:/Users/Di/Desktop/ultimos%20artigos/465399_RIMA_ETA_Itapoa_Saneamento_01_02_15.pdf. Acesso em: 20/01/2023.

RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL. EIA-RIMA. Tratamento de águas - Saneamento, 2020. Disponível em: file:///C:/Users/Di/Desktop/ultimos%20artigos/EIA%20SES%20ITAPO%C3%81.pdf. Acesso em: 20/01/2023.

ROSUMÉK, F.B.; CANTO, L. M.; FARIA, P.E.P.; MOZERLE, H.B.; MATOS, J.J.; FARIA JÚNIOR, E.; GONÇALVES, F.O.; RIZZATO, G.A. Associação entre *Liolaemus Occipitalis* (Squamata: Tropiduridae) e a Vegetação de Restinga, e sua Importância para a Conservação, nas Dunas da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, Sul do Brasil. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu – MG, set 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/242171009>.

RUDORFF, F. M.; BONETTI, J. Avaliação da Suscetibilidade à Erosão Costeira de Praias da Ilha de Santa Catarina. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.** Florianópolis. v. 14, n.1, p. 9-20, 2010.

SANTOS, M. S. T.; AMARO, V. E.; FERREIRA, A.T.S.; BARBOZA A.A.; FIGUEIREDO, M. C.; ARAÚJO, A.G. Metodologia Para Mapeamento de Vulnerabilidade Costeira à Elevação do Nível Médio do Mar (NMM) Em Escala Local. **Bol. Ciênc. Geod.**, sec. Artigos, Curitiba, v. 21, n. 4, p.691-705, out-dez, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702015000400040>.

SCHMIDT, A.D.; HORN FILHO, N.O.; ESTEVAM, C.N. Estratégias adotadas para conter a erosão costeira no litoral de Santa Catarina, Brasil. Engenharia e proteção costeira, 2012.

SEA OBSERVATORY. Sea Observatory and operational modelling system for the south-eastern Brazilian shelf. Observatório do Mar. Dez, 2019. Disponível em: file:///C:/Users/Di/Downloads/L2'-FinalReport_update_v1.pdf.

SERAFIM, M. B.; BONETTI, J. Vulnerabilidade das Praias do Estado de Santa Catarina e Eventos de Erosão e Inundação Costeira: Proposta Metodológica Baseada em Índice Multicritérios. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v.8, n.2, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/abequa.v8i2.47281>.

SHEPARD, F. P.; INMAN, D. L. Near-shore circulation related to bottom topography. Transactions of the American Geophysical Union, v. 31, n. 4, p. 555–565, 1950.

SHORT, A. D.; JACKSON, D. W. T. Beach Morphodynamics. In: SHRODER, J.; SHERMAN, D. J. (Eds.). Treatise on Geomorphology. 1. ed. San Diego, CA: Academic Press, 2013. v. 10p. 106–129.

SHORT, A. D. Beach response to variations in breaker height. 17th International

Conference on Coastal Engineering, p. 1016–1035, 1980.

SHORT, A. D. Australian Beach Systems-Nature and Distribution. *Journal of Coastal Research*, v. 45, n. 1, p. 11–27, 2006.

SILVA, L.M.; GONÇALVES, R.M.; LIRA, M.M.S.; PEREIRA, P. S. Modelagem Fuzzy Aplicada na Detecção da Vulnerabilidade à Erosão Costeira. **Bol. Ciênc. Geod.**, sec. Artigos, Curitiba, v. 19, n. 4, p.746-764, out-dez, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-217020130004000014>.

SILVEIRA, R.B.; ALVES, M. P. A.; BITENCOURT, V. J. B. Erosão Costeira e Storm Surge em Itapoá - SC: Uma Análise Episódica. **Geografia Física e as Mudanças Globais**, Fortaleza, 2019.

SILVEIRA, R.B; BITENCOURT, V.J.B.; ALVES, M.P.A.; FRANKE, A.E. Distribuição das Chuvas nos Casos de Eventos Extremos no Município de Itapoá/SC. I Congresso Brasileiro de Redução de Riscos de Desastres. Curitiba, outubro de 2016.

SIMCOSTA. Portal SiMCosta. Monitoramento dos Complexos Estuarinos de Paranaguá e da costa brasileira Sistema de Monitoramento. Disponível em: <https://simcosta.furg.br/home>. Acesso em: 01 set 2022.

STECH JL & LORENZZETTI JA. The response of the South Brazil Bight to the Passage of Wintertime Cold Fronts. **Journal of Geophysical Research**, 97, C6, 9507- 9520, 1992

SUGUIO, K., MARTIN. L. e DOMINGUEZ, J.M.L. Evolução do delta do rio Doce (ES), durante o Quaternário: influência das flutuações do nível do mar. In: K. Suguió *et al.*, (eds.), Simpósio do Quaternário no Brasil, Rio de Janeiro, p. 93-116, 1982.

TESSLER, M. G., GOYA, S. C. Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro. **Revista Departamento de Geografia**. São Paulo. v. 17, p. 11-23, 2005.

TESSLER, M.G.; GOYA, S.C.; YOSHIKAWA, P.S. e HURTADO, S.N., 2004. **Atlas de Erosão e Progradação Costeira do Litoral do Estado de São Paulo**. Technical Report. Atlas de Erosão e Progradação do litoral do Brasil, 2004.

TOMINAGA, Y.; OKAZE, T.; MOCHIDA, A. Wind tunnel experiment and CFD analysis of sand erosion/deposition due to wind around an obstacle, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, v.182, p.262-271, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2018.09.008>.

TRUCCOLO, E. C.; MELO FILHO, E.; SCHETTINI, C. A. F. Oscilação do nível do mar em resposta à forçantes meteorológicas em São Francisco do Sul–SC: Evento de julho de 1996. In: *Proceedings of the Symposium of Oceanography*. p. 381, 1996.

USGS. Earth Explorer. US. Departament of the interior. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em 20 de setembro de 2022.

VAN MAANEN, B. NICHOLLS, J. R. FRENCH, J. R. BARKWITH, A. BONALDO, D. BURNINGHAM, H. MURRAY, A. B. PAYO, A. SUTHERLAND, J. THORNHILL, G. TOWNEND, M. H. VAN DER WEGEN, M. WALKDEN, M. J. A. Simulating

mesoscale coastal evolution for decadal coastal management: A new framework integrating multiple, complementary modelling approaches. Reino Unido. **Geomorphology**, v. 256 p. 68-80, 2016.

VANHONI, F.; MENDONÇA, F. O clima do litoral do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3/4, p. 49-63, 2008.

VEDANA, J.; PAIOTTI, M.; SCHVAMBACH, A. Relação da intensidade e direção do vento com a maré meteorológica. **Revista Metodologias do Aprendizado**, v. 4, 2021. Disponível em: DOI: 10.21166/metapre.v1i.1455

VITAL, H., 2004. **Atlas de erosão e progradação costeira do litoral do estado do Rio Grande do Norte**. Technical Report. Atlas de Erosão e Progradação do litoral do Brasil. 2004.

VITORINO, J.; BERTIN, X.; ALMEIDA, A.; DIAS, J. The influence of wind on tidal propagation and sea level variability in a shallow estuary. *Continental Shelf Research*, 24(17), 2251-2266, 2004.

WERNER, B. T.; FINK, T. M. Self-Organized Patterns. **Science**, v. 260, p. 968–971, 1993.

WRIGHT, L. & SHORT, ANDREW. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. *Marine Geology - MAR GEOLOGY*, 1984. DOI: 56. 93-118. 10.1016/0025-3227(84)90008-2.

YIN, B.; CHEN, M.; ZHANG, X.; LI, Z. Wind-induced sea level variations and their impacts on tide-surge residuals in the Bohai Sea, China. *Ocean Dynamics*, 68(5), 659-673, 2018.

ZASSO, L.A.; BARBOSA, E.G; GRUBER, N.L.S. Alterações na Deriva Litorânea e no Balanço Sedimentar Adjacências do Molhes do Rio Mampituba/ RS-SC. Porto Alegre, **Gravel**, v. 11, n. 1, p. 1-17, 2013.

ANEXO 1 – PONTO 01



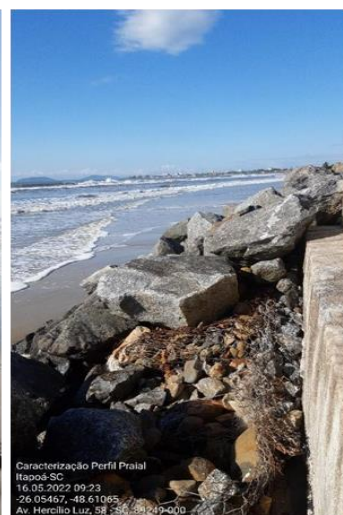
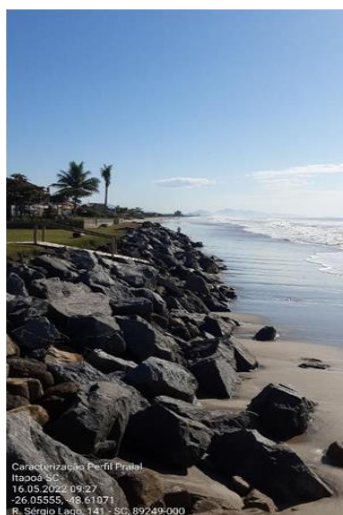
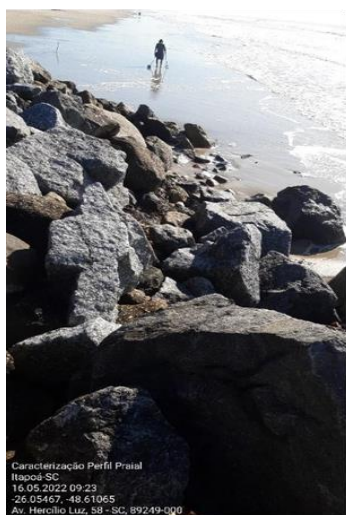
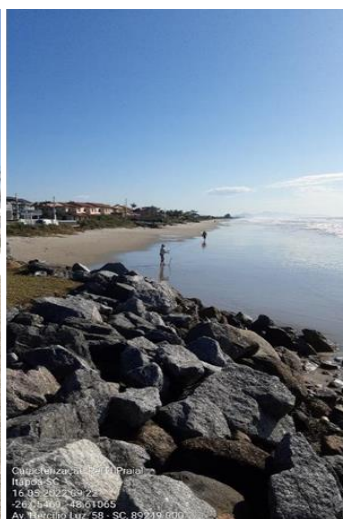
FONTE: O autor (2022)

ANEXO 2 - PONTO 02



FONTE: O autor (2022)

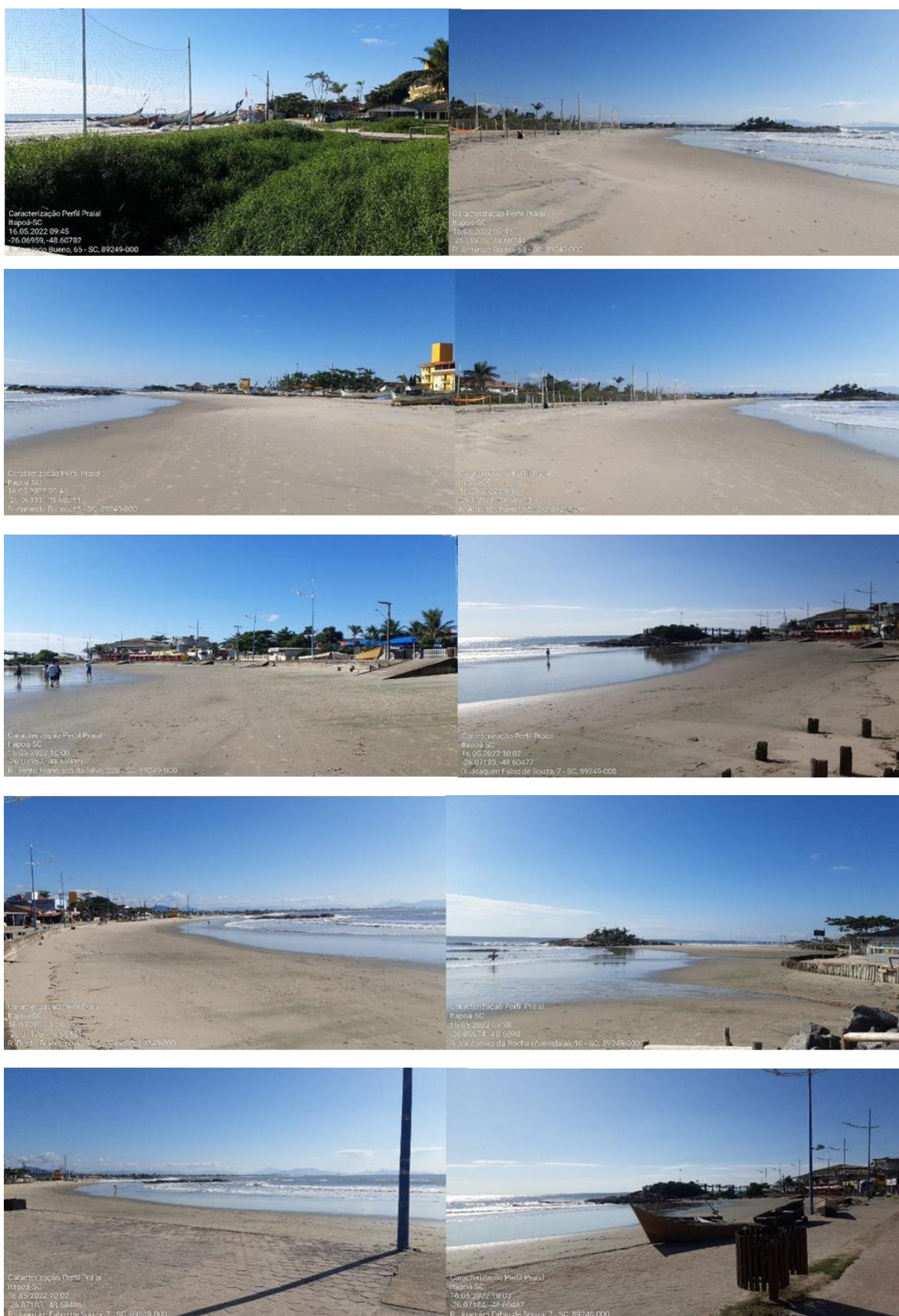
ANEXO 3 - PONTO 03





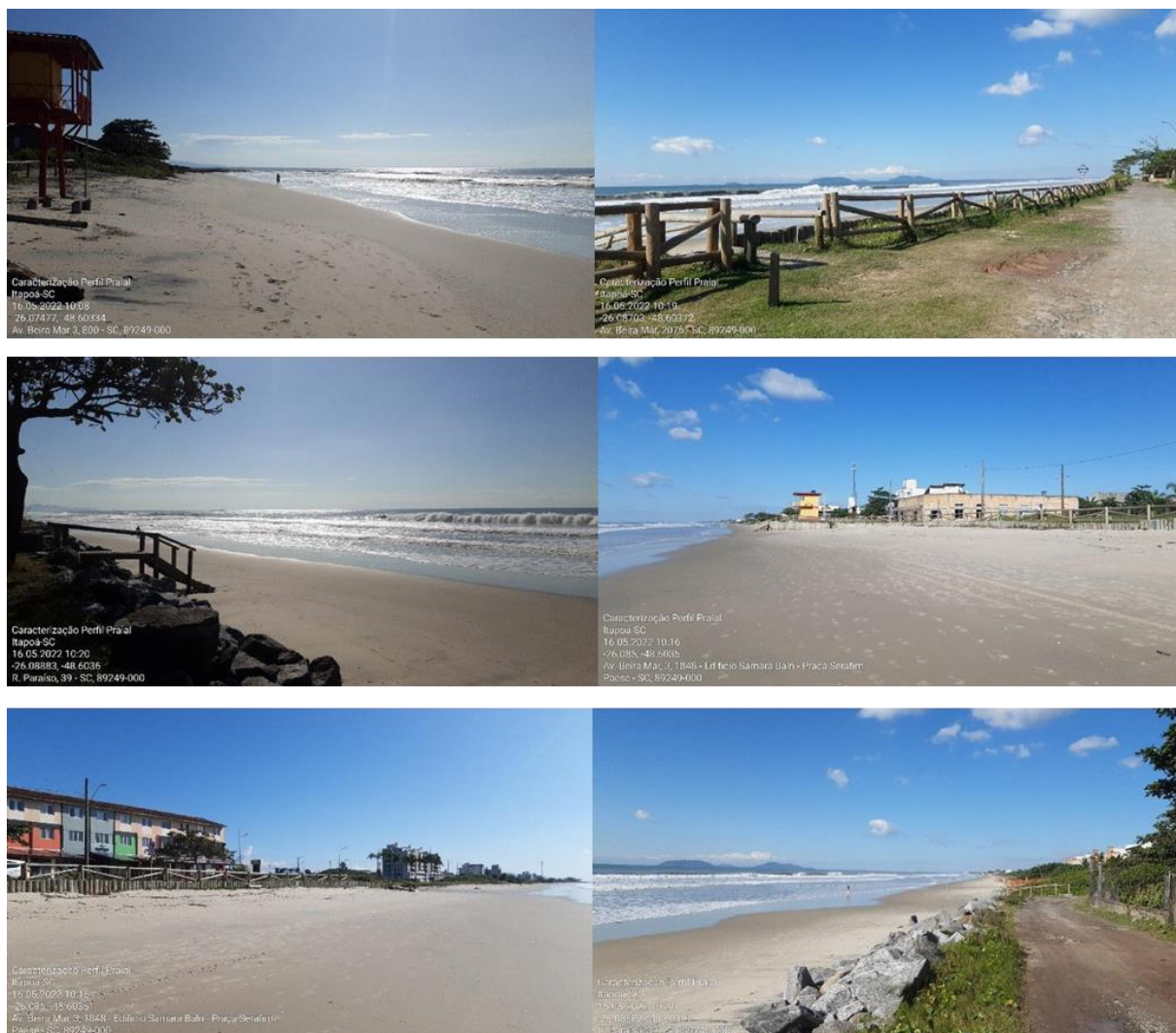
FONTE: O autor (2022)

ANEXO 4 - PONTO 04



FONTE: O autor (2022)

ANEXO 5 - PONTO 05



FONTE: O autor (2022)

ANEXO 6 - PONTO 06







FONTE: O autor (2022)

ANEXO 7- PONTO 07





ANEXO 8 - PONTO 08



FONTE: O autor (2022)

ANEXO 9 - PONTO 09



FONTE: O autor (2022)

ANEXO 10 - MARÉGRAFO DA ILHA DA PAZ

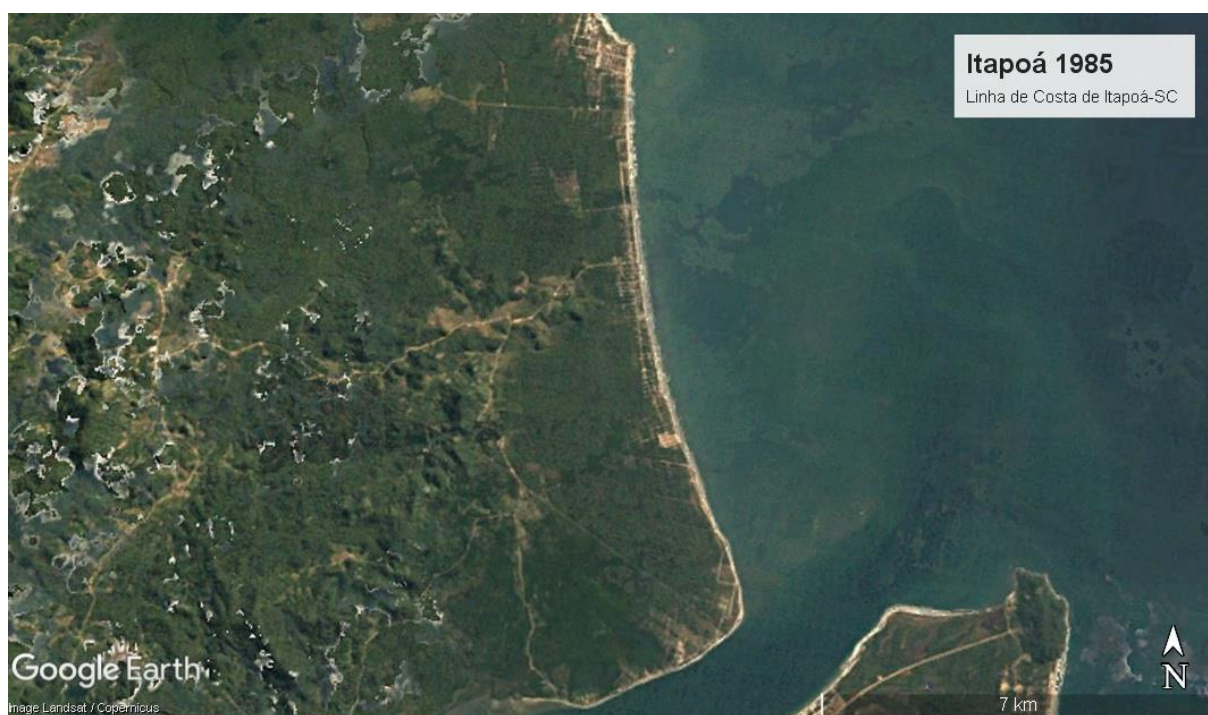
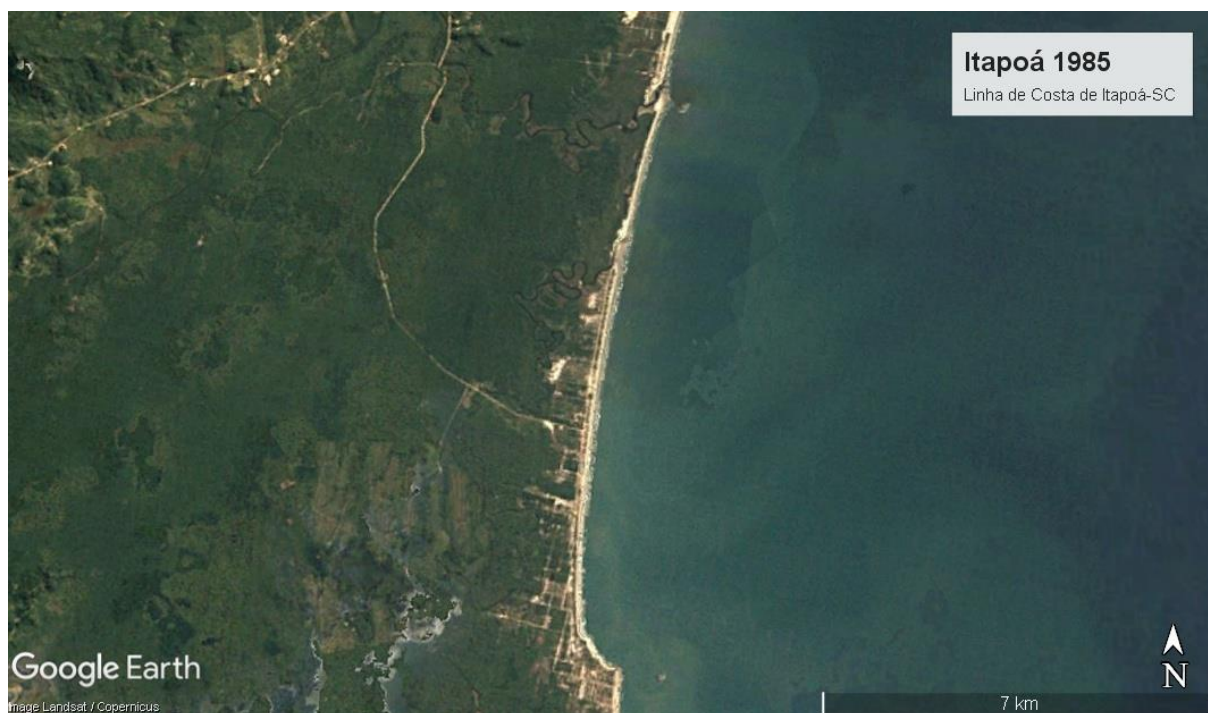
		60208 F-41		F41 - Padrão - ILHA DA PAZ - 60208 - Versão 1/2020	
DESCRIÇÃO DE ESTAÇÃO MAREGRÁFICA					
Estação: ILHA DA PAZ LH Carta: 1804 - Porto de São Francisco do Sul		Estado: SC Localidade: São Francisco do Sul Navio: DHN-30		Ano: 1972	
Coordenadas geográficas Lat: 29° 10' 7 S Long: 048° 29' 1 W Datum Fuso: +03		O nível de redução está 86,55 centímetros acima do zero da régua. Fonte de informação: Análise estatística e harmônica de 608 dias de observação da maré Tipo de mareógrafo: Radar OTT Zero do mareógrafo: está a 79,4 cm acima do zero da régua			
Descrição da régua de marés Régua maregráfica de PVC, padrão Hidromex, com 4 m de comprimento e dividida em seções de 1m, graduações de 1 em 1 cm. As seções estão afixadas em uma base de madeira, totalizando 408,5 cm acima do zero da régua, que por sua vez, foi instalada na extremidade do pier de acesso à ilha, próximo ao radar. Esta ficha foi compilada do modelo DHN-5503 de 1972, das F-41-1804-001/81, F-41-1804-002/94, F-41-1804-002/02, F-41-1804-001/18, F-41-1804-001/19. Atualizada em 27/07/2020.		Descrição das referências de nível RN HT 1 - Cilindro de Alumínio, análogo a RN padrão DHN, concretizada em uma pedra próxima a ponte de acesso. RN-4 DHN - Cravada sobre uma pedra à direita do pier. Implantada em 1994. RN1-DHN - Fixada sobre um pilar de concreto, de 40 cm d altura, localizado no lado esquerdo do trapiche, no sentido de quem vai para o farol. Citada a partir de 1972. RN HT 2 - Cilindro de Alumínio, análogo a RN padrão DHN, instalada na rampa de acesso à garagem de barcos. A rampa encontra-se inoperante por danos na extremidade próxima ao mar. RN-2 DHN 1994 - Cravada no piso à esquerda do portão do galpão dos barcos. Implantada em 1994. RN-3 DHN - Situada numa base de cimento sobre uma pedra distante cerca de 8 m da garagem de barcos, no lado oposto da RN1-DHN. Implantada em 1994. RN-2 DHN 1981 - RN2-DHN - Situada numa base de cimento, com uma seção circular de PVC com 5 cm de diâmetro e 10 cm de raio, localizado sobre uma pedra distante cerca de 8 m da garagem de barcos, no lado oposto da RN1-DHN. Citada a partir de 1981. RN HT 3 - Cilindro de Alumínio, análogo a RN padrão DHN, instalada em um bloco de concreto, instalado na lateral direita da garagem de barcos (visão de frente). RN-2 DHN 1972 - Situada em uma pedra a aproximadamente 35 m da RN1-DHN do mesmo lado a caminho do Farol. Citada a partir de 1972			
DHN-6016-A		Arquivo Técnico a ser preenchido no CHM Documento de referência: LH-014/81 - LH-008/94 LH-005/02 - RA-029/02 RA 343/18 RA 197/2020		Observações 1. Período de observação para obtenção dos elementos de maré: 01/01/2017 a 31/08/2018. 2. A análise foi efetuada utilizando o método harmônico, sendo os dados processados pelo BNDO. 3. O offset de 388,4 cm no mareógrafo radar foi informado pela EPAGRI. 4. ESTAÇÃO ATIVA	

ANEXO 11 - MARÉGRAFO DE ITAPOÁ

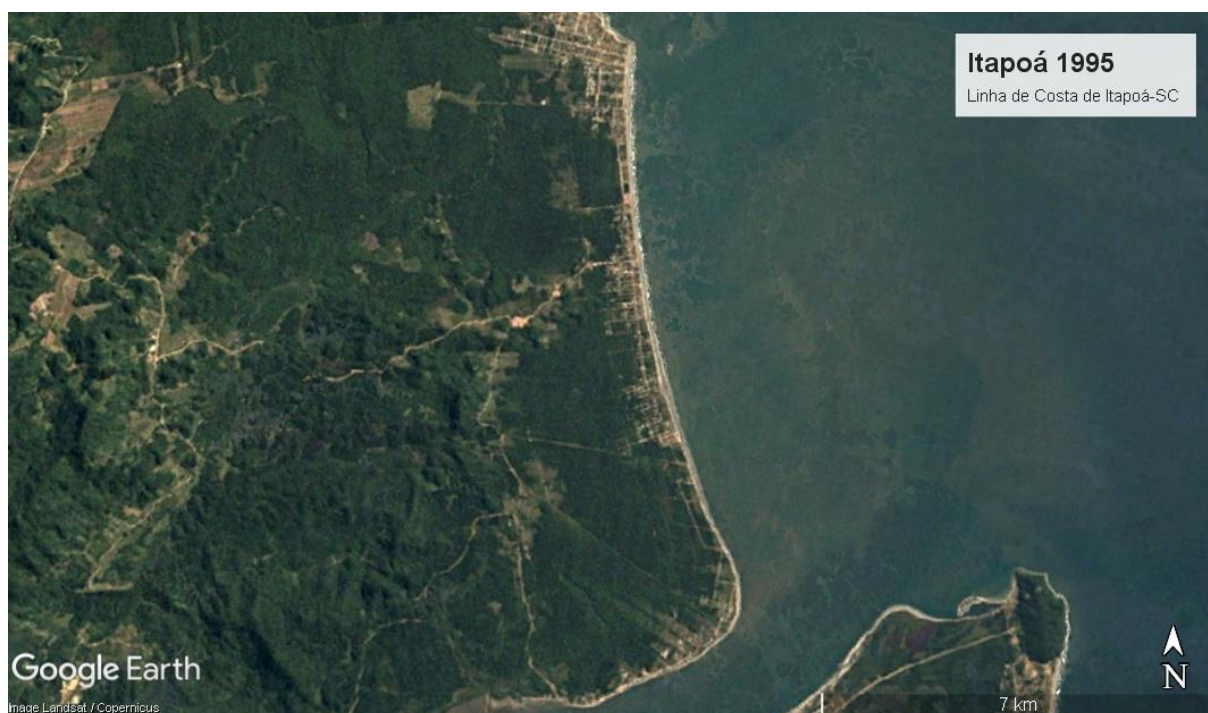
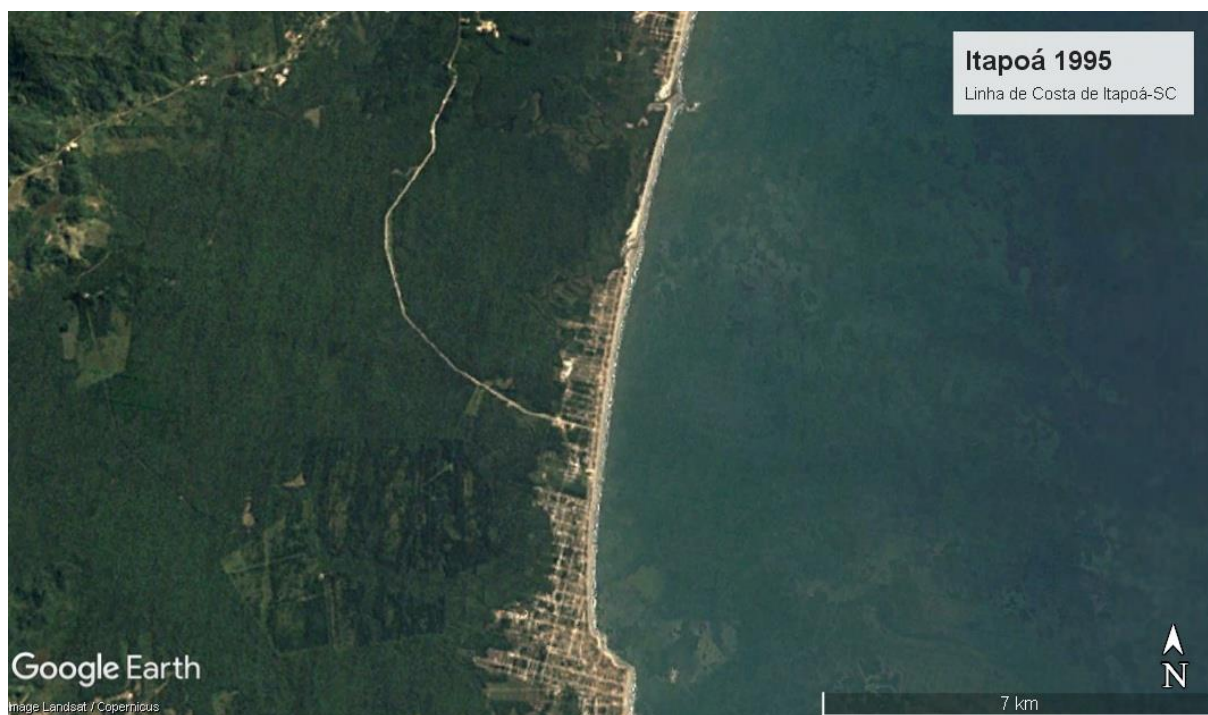
		60219 F-41		F41 - Padrão - PORTO DE ITAPOÁ - 60219 - Versão 1/2019 F-41 - 1804 - 001/18	
DESCRIÇÃO DE ESTAÇÃO MAREGRÁFICA					
Estação: PORTO DE ITAPOÁ LH Carta: 1804 Porto de São Francisco do Sul		Estado: SC Localidade: Itapoá Navio: HIDROTOP Ano: 2018			
Coordenadas geográficas Lat: 26° 11' 1 S Long: 048° 36' 4 W Datum Fuso: +03		O nível de redução está 61,79 centímetros acima do zero da régua. Fonte de informação: Análise estatística e harmônica de 608 dias de observação Tipo de mareógrafo: Radar - OTT Zero do mareógrafo: está a 56,1 cm acima do zero da régua			
Descrição da régua de marés Régua maregráfica de PVC, padrão Hidromec, com 4 m de comprimento e dividida em seções de 1m, graduações de 1 em 1 cm. As seções estão fixadas em uma base de madeira, totalizando 400,0 cm acima do zero da régua, que por sua vez, foi fixada no tubo tranquilizador da estação.		Descrição das referências de nível RN 2 DHN - RN padrão DHN, cravada no piso do corredor esquerdo de passagem de pedestre da ponte de acesso ao calis, a cerca de 29 m depois da RN 1(DHN). RN 1 DHN - RN padrão DHN, cravada no piso do corredor esquerdo de passagem de pedestre, da ponte de acesso ao calis, a cerca de 27 m depois da estação maregráfica HT 2 - Cilindro de Alumínio, análogo a RN padrão DHN, cravada em 2018, no piso do corredor de passagem de pedestre na ponte de acesso ao calis, na altura da estação maregráfica (lado oposto). HT 1 - Cilindro de Alumínio, análogo a RN padrão DHN, cravada em 2018, no piso do corredor de passagem de pedestre da ponte de acesso ao calis (esquerdo de quem entra), a cerca de 30 m antes da estação maregráfica. Radar - Nivelado a face inferior do radar localizado na ponte de acesso ao calis do lado esquerdo de quem entra. VE 1385 - Chapa metálica, com as inscrições Vector VE 1385, instalada no início da ponte de acesso ao calis, próximo a mureta de proteção, a esquerda de quem entra.			
Arquivo Técnico a ser preenchido no CHM Documento de referência: RA 343_2018 DHN-6016-A		Observações 1. Período de observação para obtenção do Nível de Redução : 01/01/2017 a 31/08/2018. 2. A análise harmônica foi feita utilizando-se o software Pacmaré. 3. Offset do mareógrafo (581,8 cm) informado pela EPAGRI.			

ANEXO 12 - MARÉGRAFO DE GUARATUBA

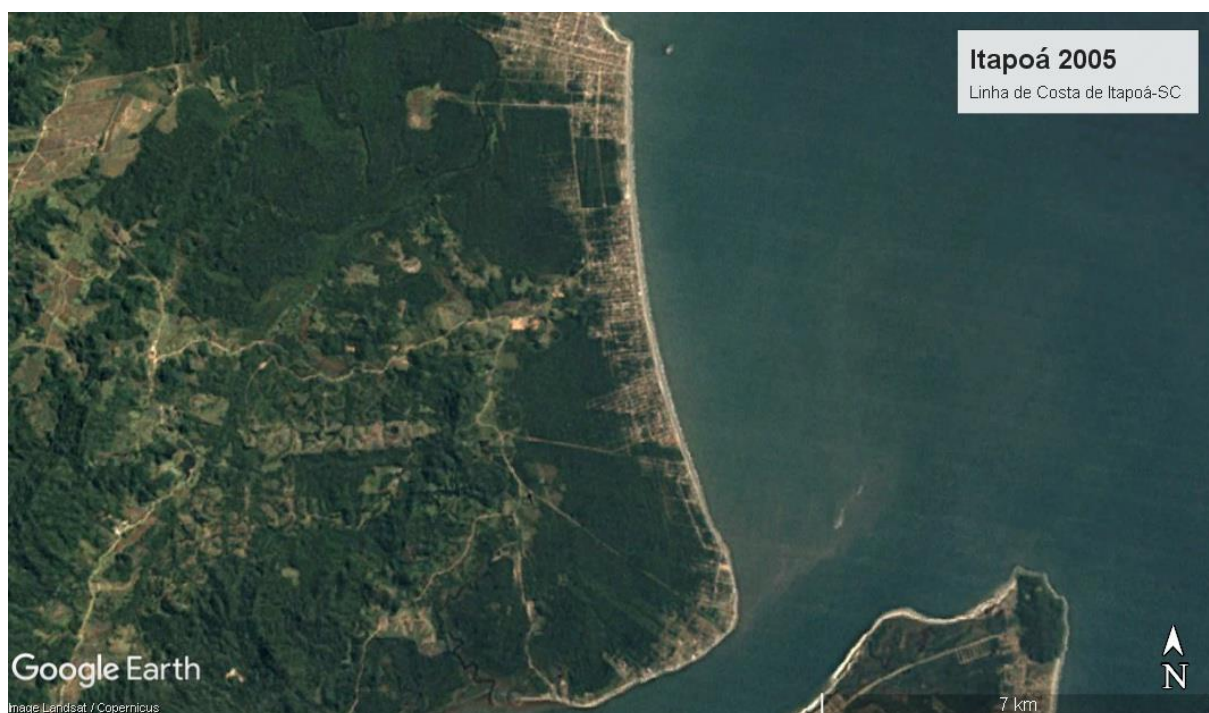
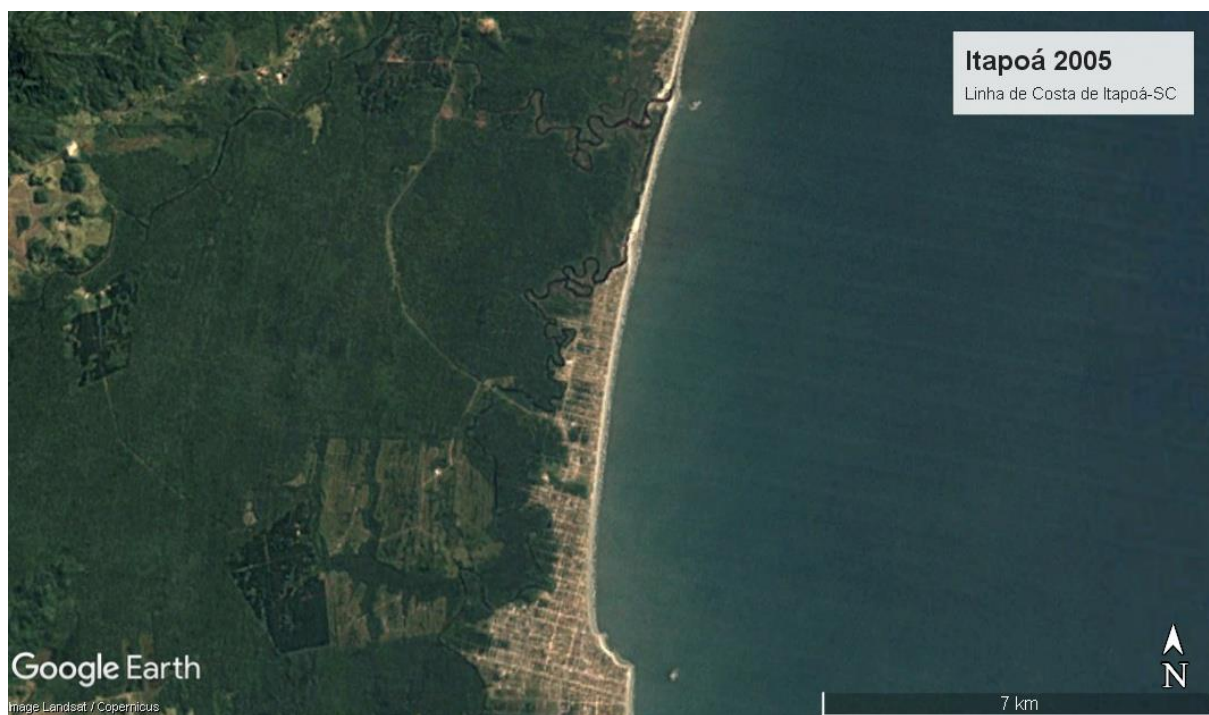
		60 100 F-41		F-41 – Padrão – Guaratuba Iate Clube – Versão 1/2011	
Estação Guaratuba Iate Clube LH 018/95		Estado PR Carta N.º 1803 – Baía de Guaratuba		Localidade Baía de Guaratuba Navio LHFC-CAHO/95 Ano 1995	
Coordenadas geográficas Lat 25° 52' 43" S Long 048° 34' 52" W Datum Fuso +3		DESCRIÇÃO DE ESTAÇÃO MAREGRÁFICA O nível de redução está 254,2 cm centímetros acima do zero da régua 1995. Fonte de informação: Análise estatística e Harmônica de 29 dias de observação de maré. Tipo de mareógrafo: HIDROLOGIA DIÁRIO ESC. – 1:20 Zero do mareógrafo: Coincide do zero da régua.			
Descrição das régua de marés Régua de marés graduada de 10 cm em 10 cm, com 5 metros de comprimento, modelo DHN. Esta ficha foi compilada da F-41-1830-001/95. Atualizada em 27/09/2011.		Descrição das referências de nível RN1-DHN – Localizado ao lado do salão do "Bar dos Meninos", (posicionando-se de frente para o mar, localiza-se no lado esquerdo do lado de fora do bar). Implantada em 1995. RN2-DHN – Localizado no interior da casa do guincho, em frente a rampa dos barcos. Implantada em 1995. RN3-DHN – Localizado entre as grangas de barcos n.º 70 e 71 (posicionando-se de costas para o mar, seguir em frente voltando a rampa dos barcos). Implantada em 1995. MT-60030 – Localizado no piso. Sem descrição. Implantado em 1995.			
DHN-6016-A	Arquivo Técnico a ser preenchida no CHM Recebida em:	Pessoal que tomou parte na montagem Prof. Geraldo 1Ten L. de Almeida - 1Ten R. Sampaio 1Ten L. Cláudio - 1Ten Carvalho Chefe da equipe: 1Ten Linhares			
Documento de referência: LH-018/95 – RA-077/95					

ANEXO 13 - IMAGEM DE SATÉLITE LANDSAT 1985

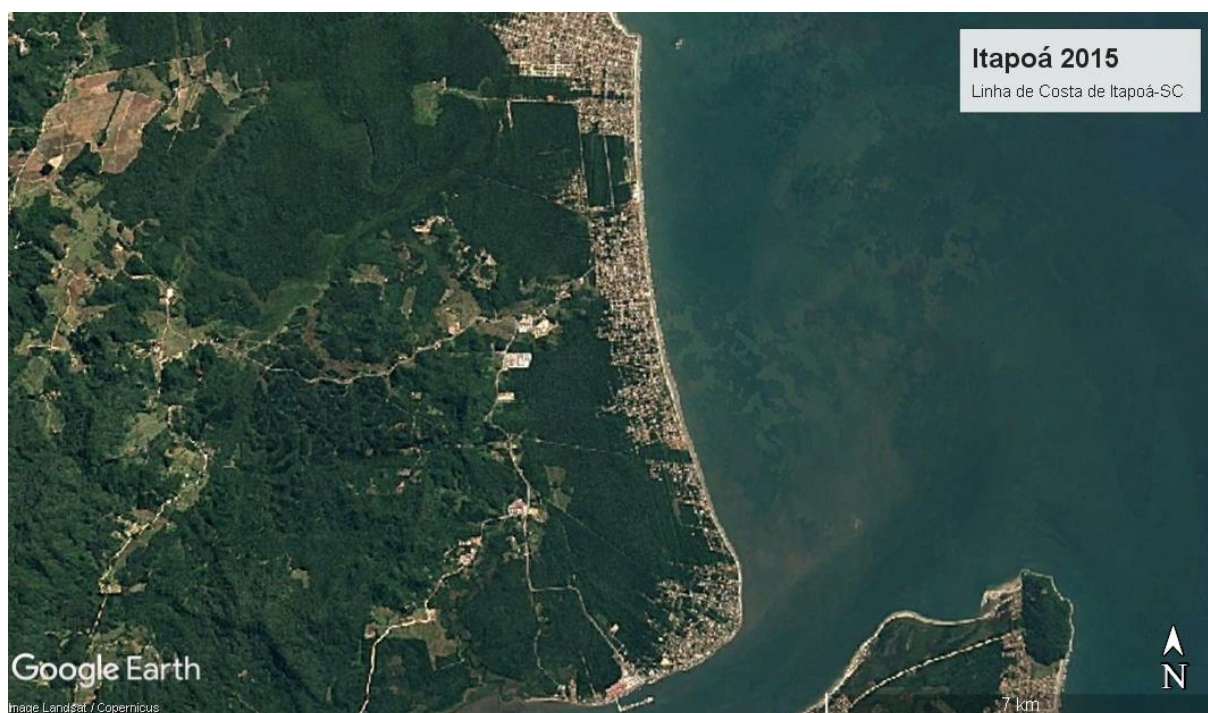
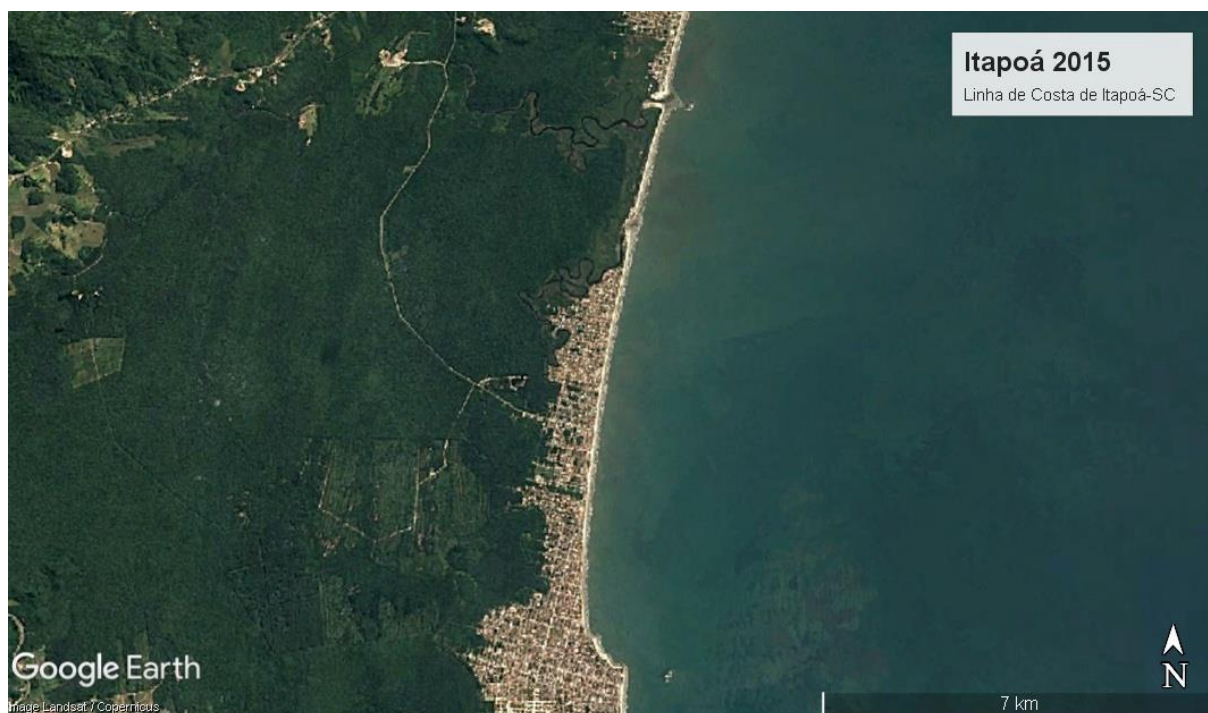
ANEXO 14 - IMAGEM DE SATÉLITE LANDSAT 1995



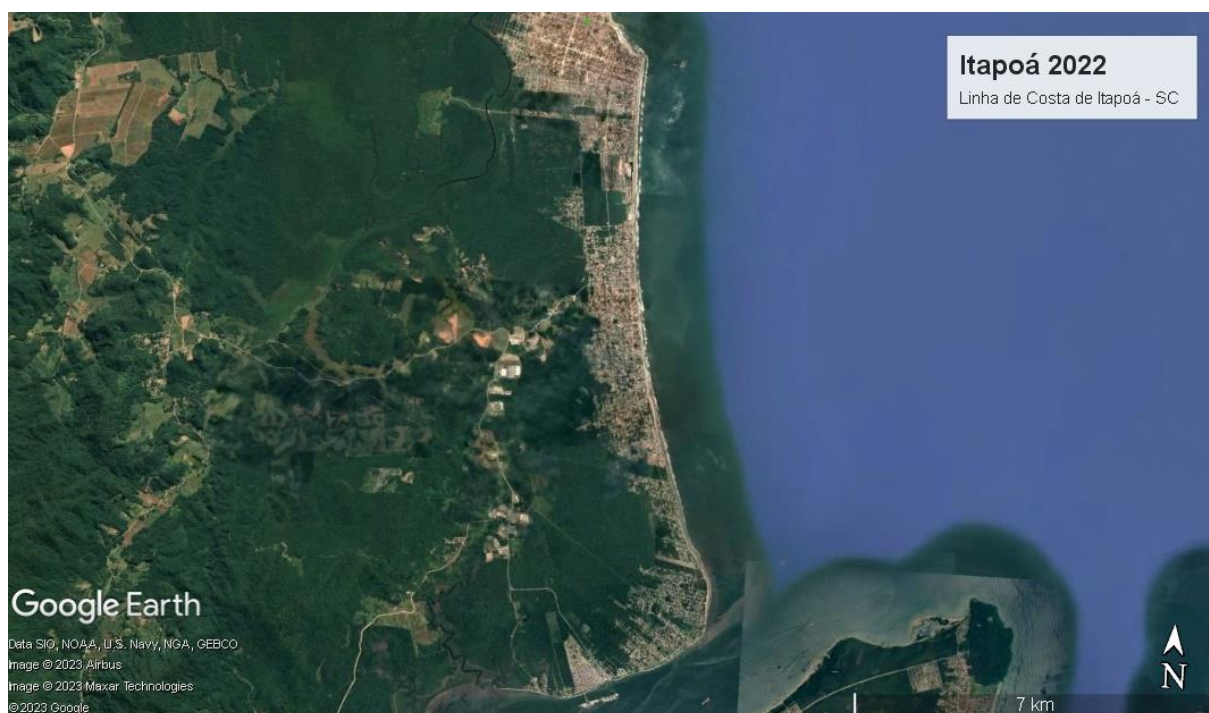
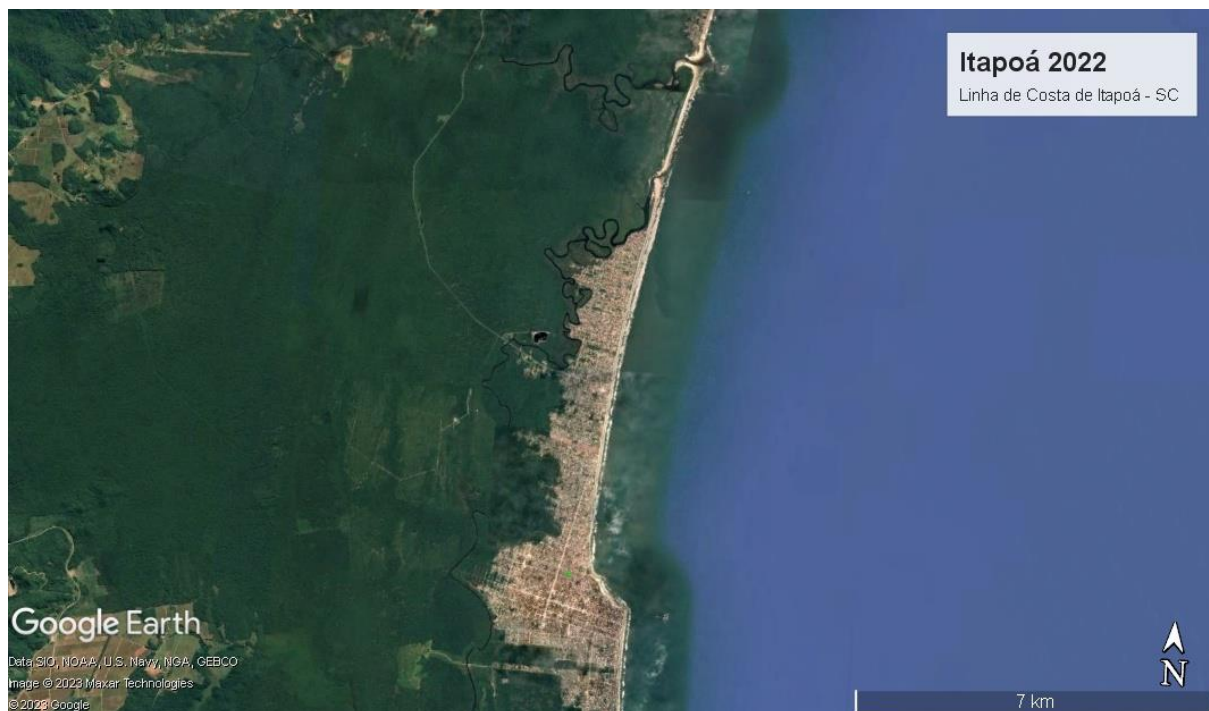
ANEXO 15 - IMAGEM DE SATÉLITE LANDSAT 2005



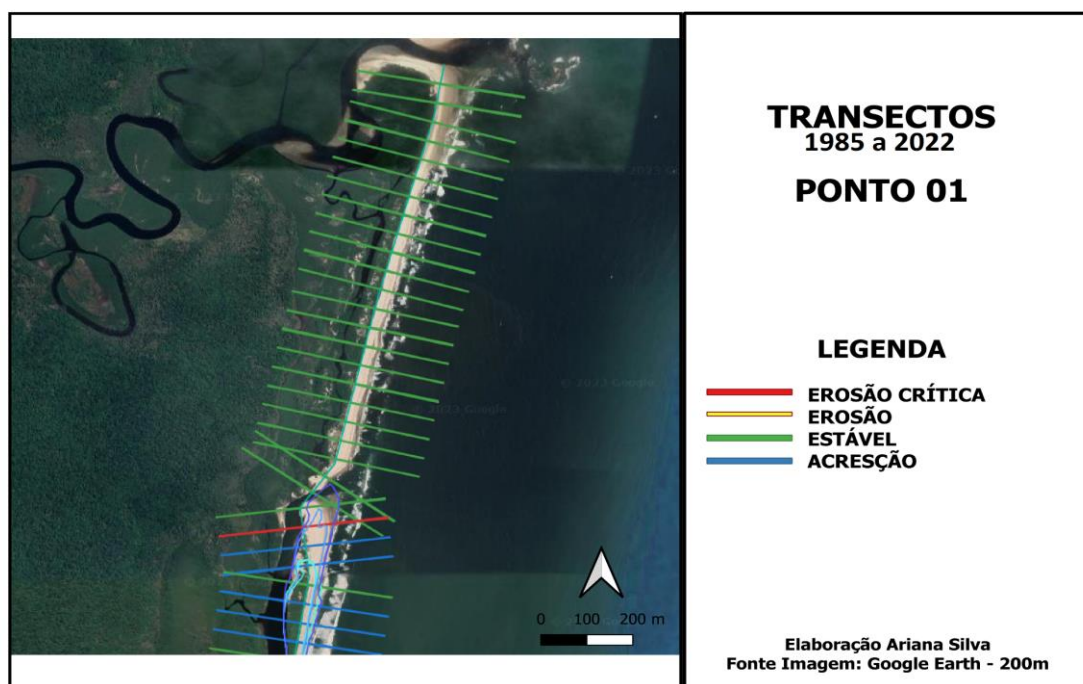
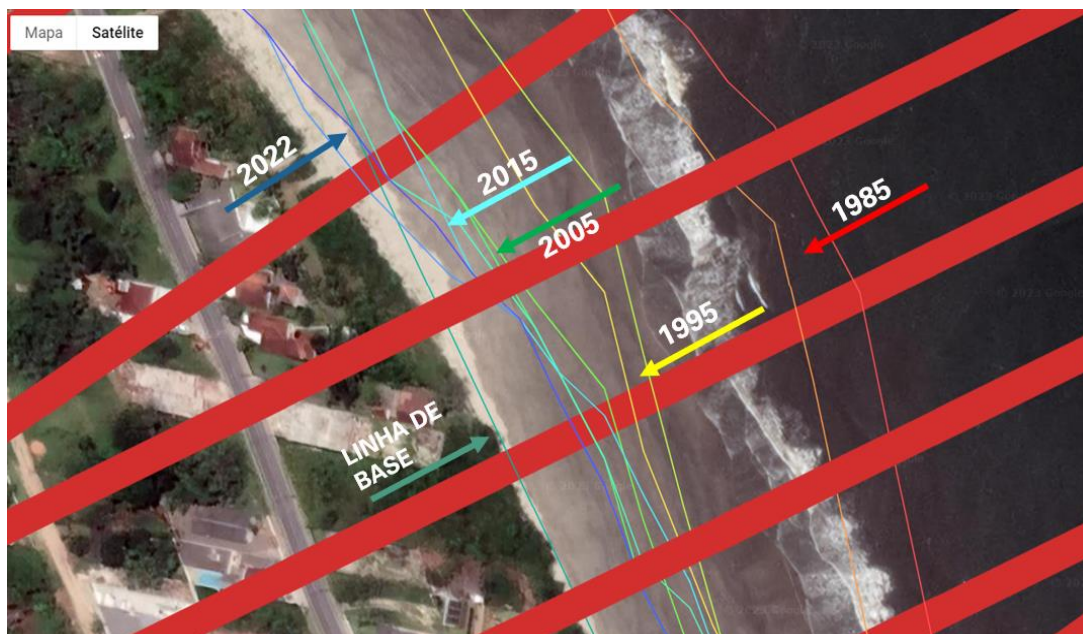
ANEXO 16 - IMAGEM DE SATÉLITE LANDSAT 2015

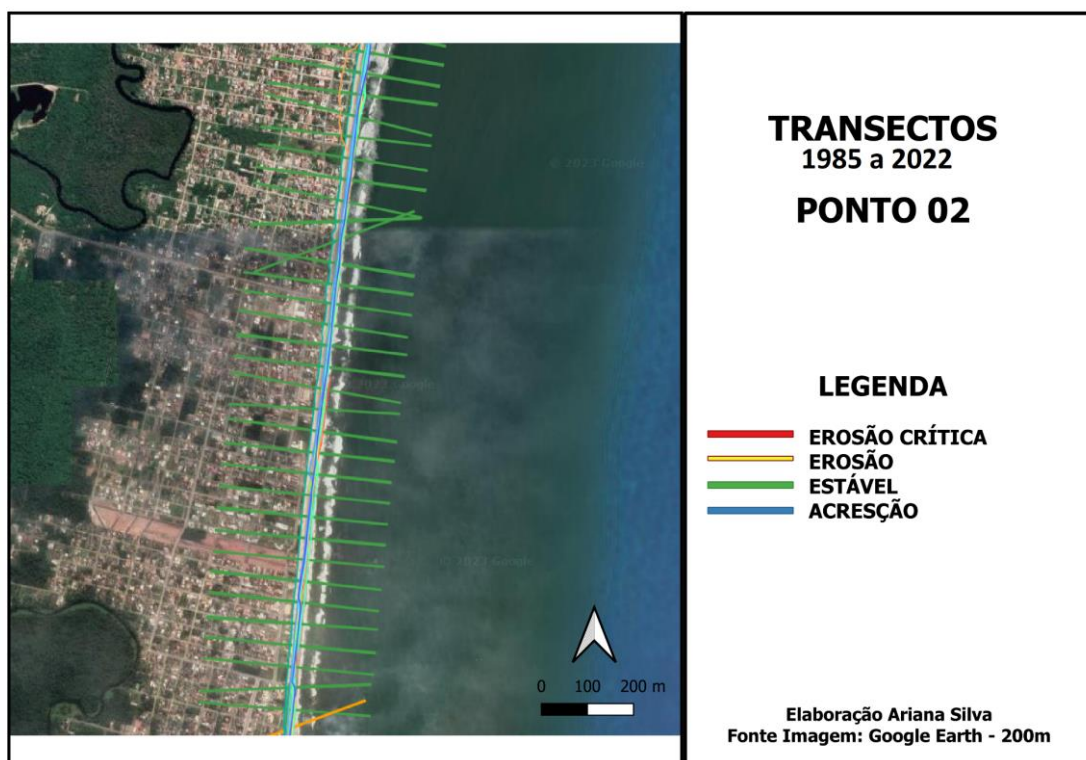
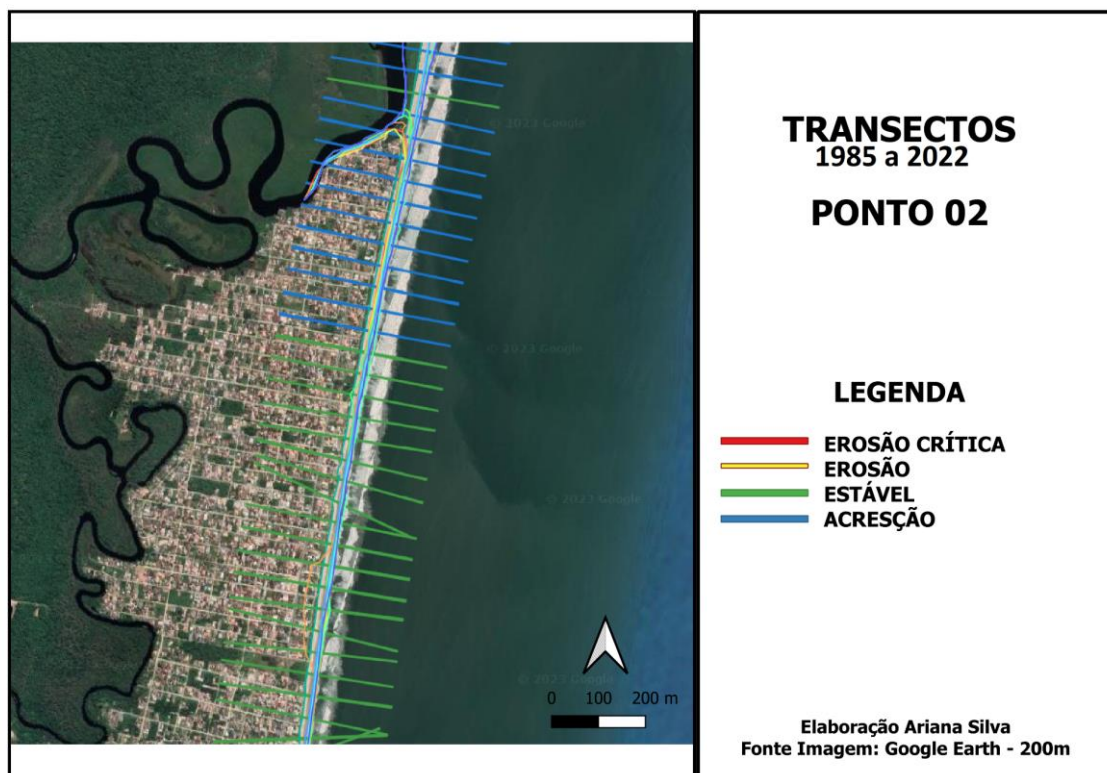


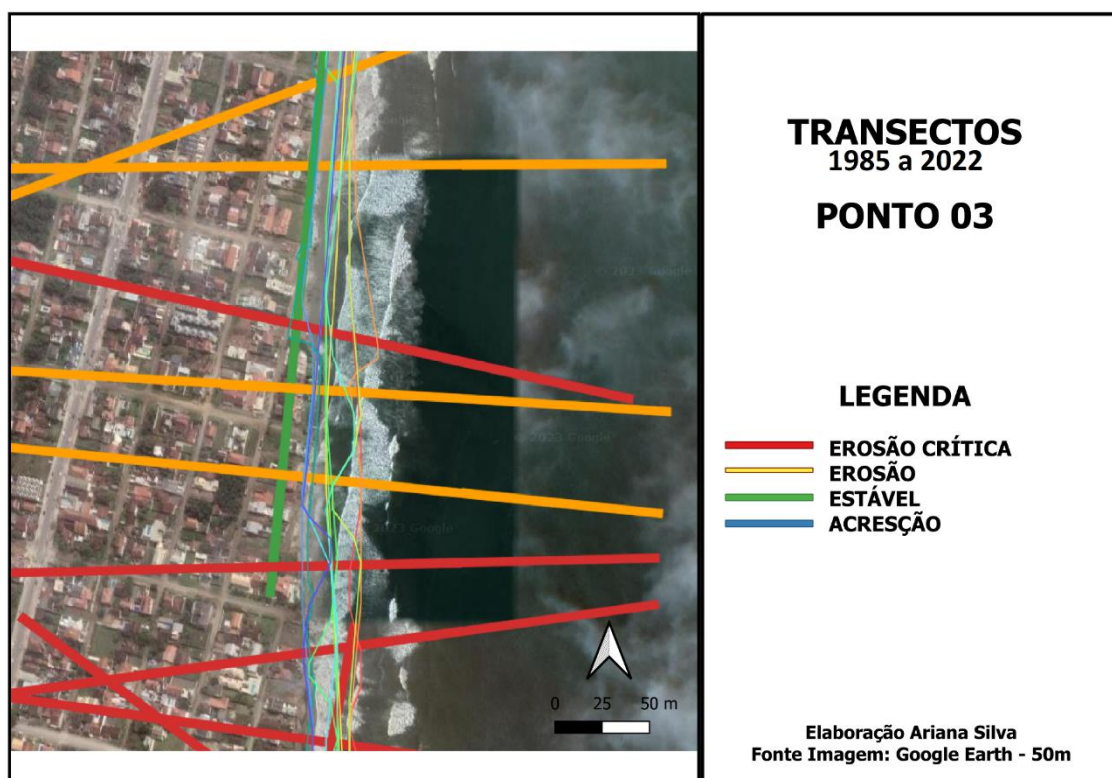
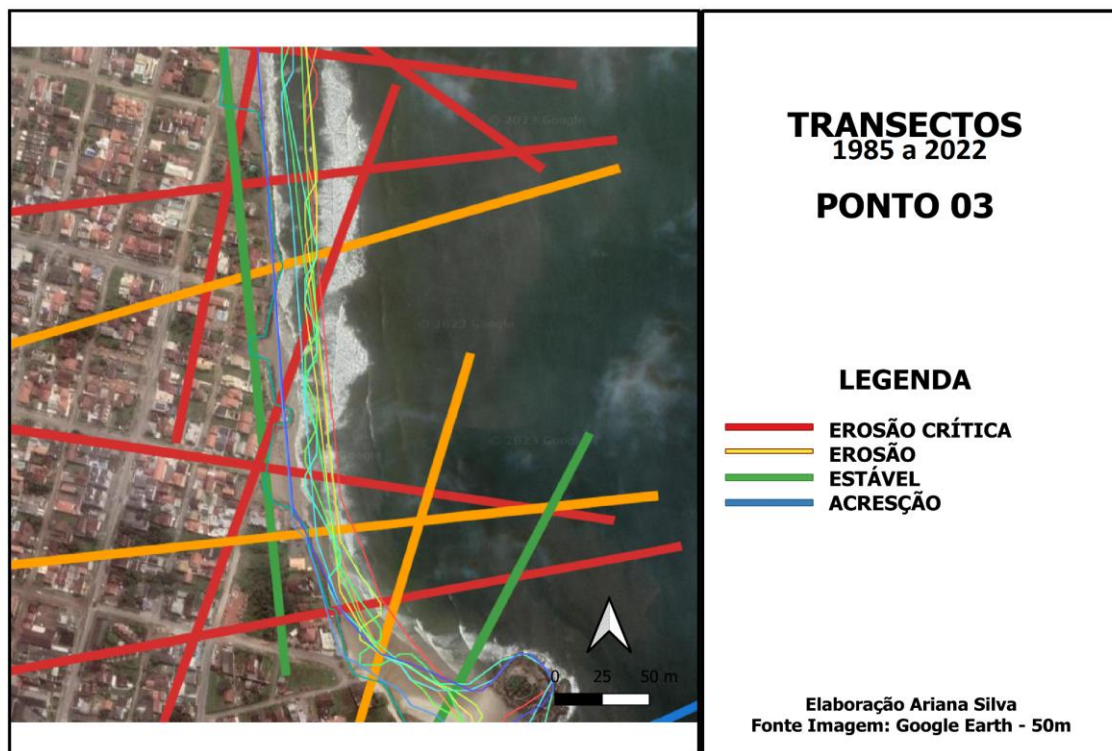
ANEXO 17 - IMAGEM DE SATÉLITE LANDSAT 2022

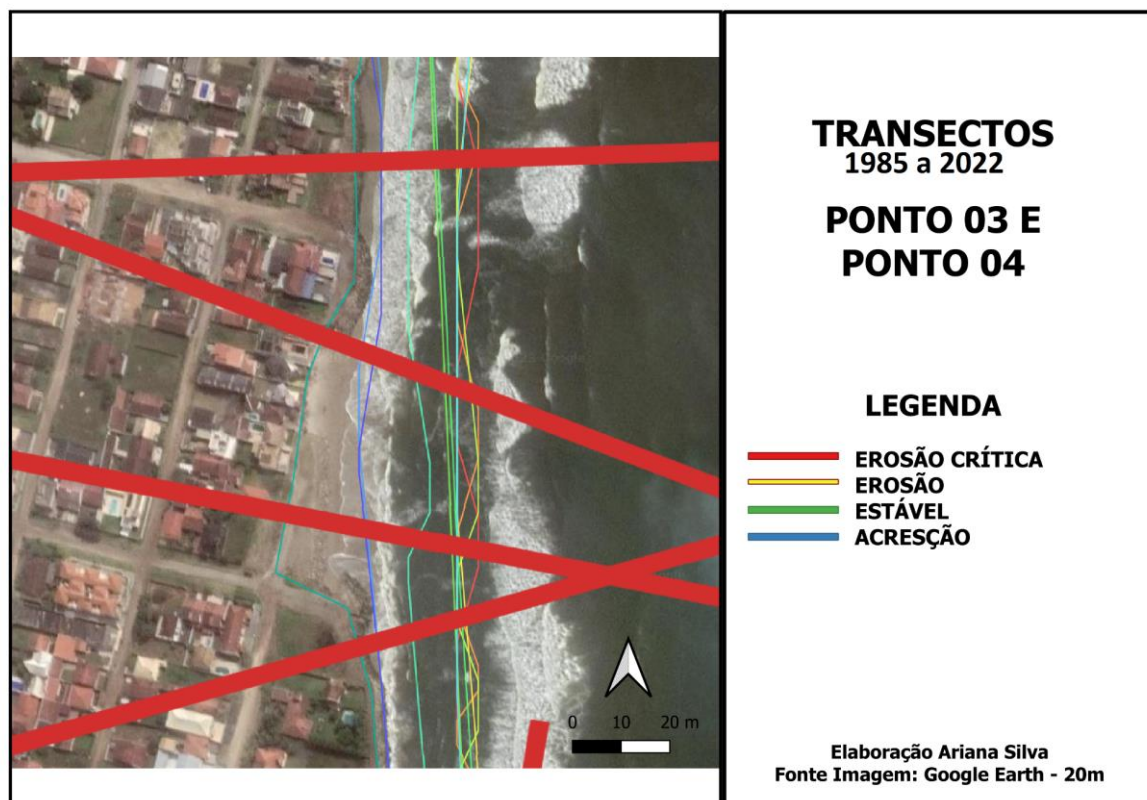
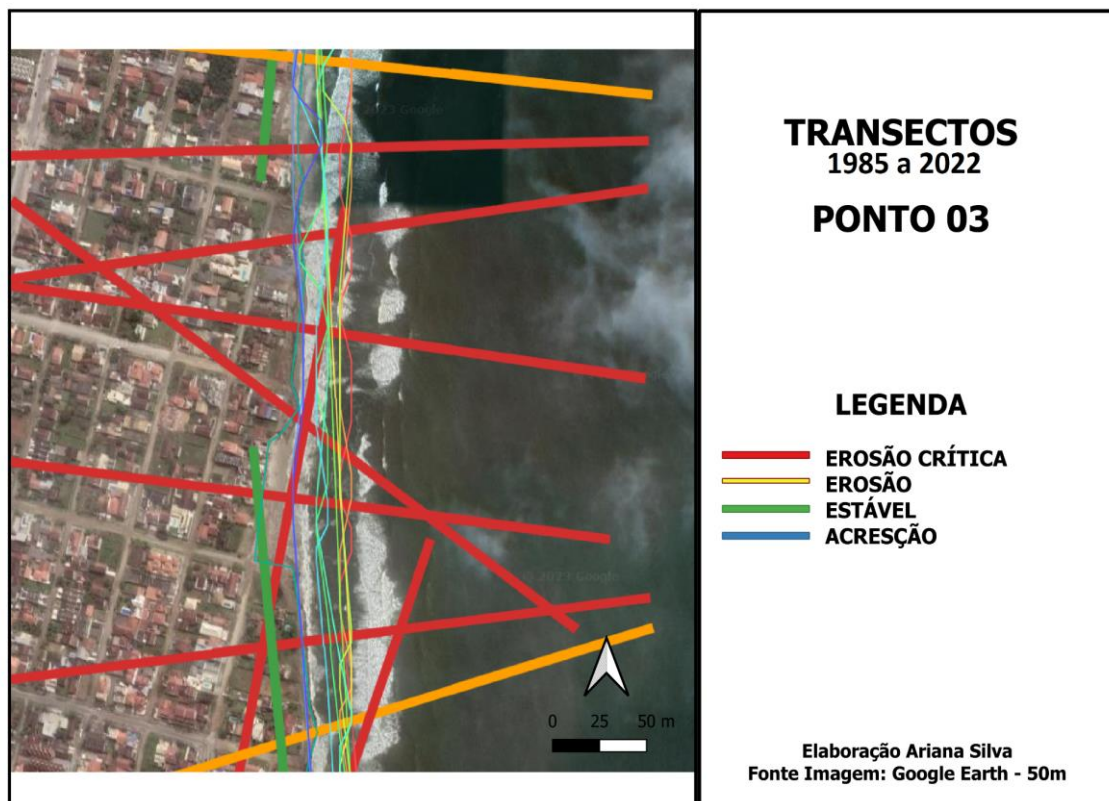


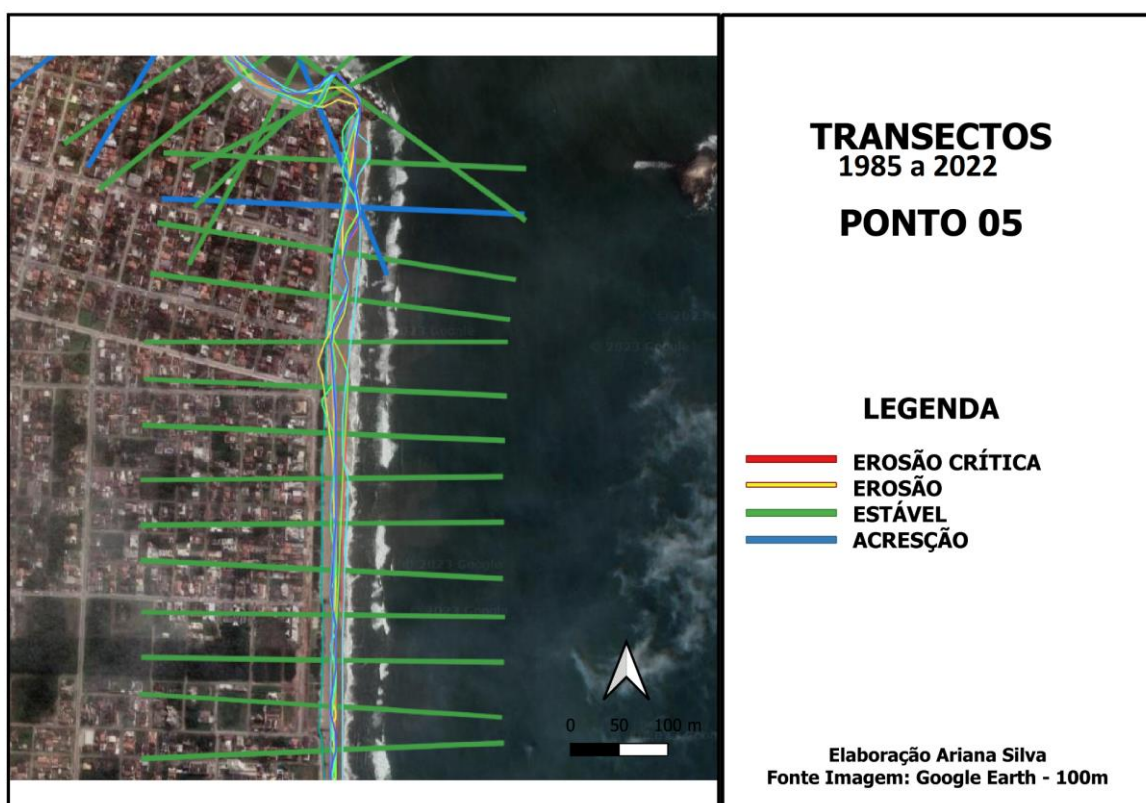
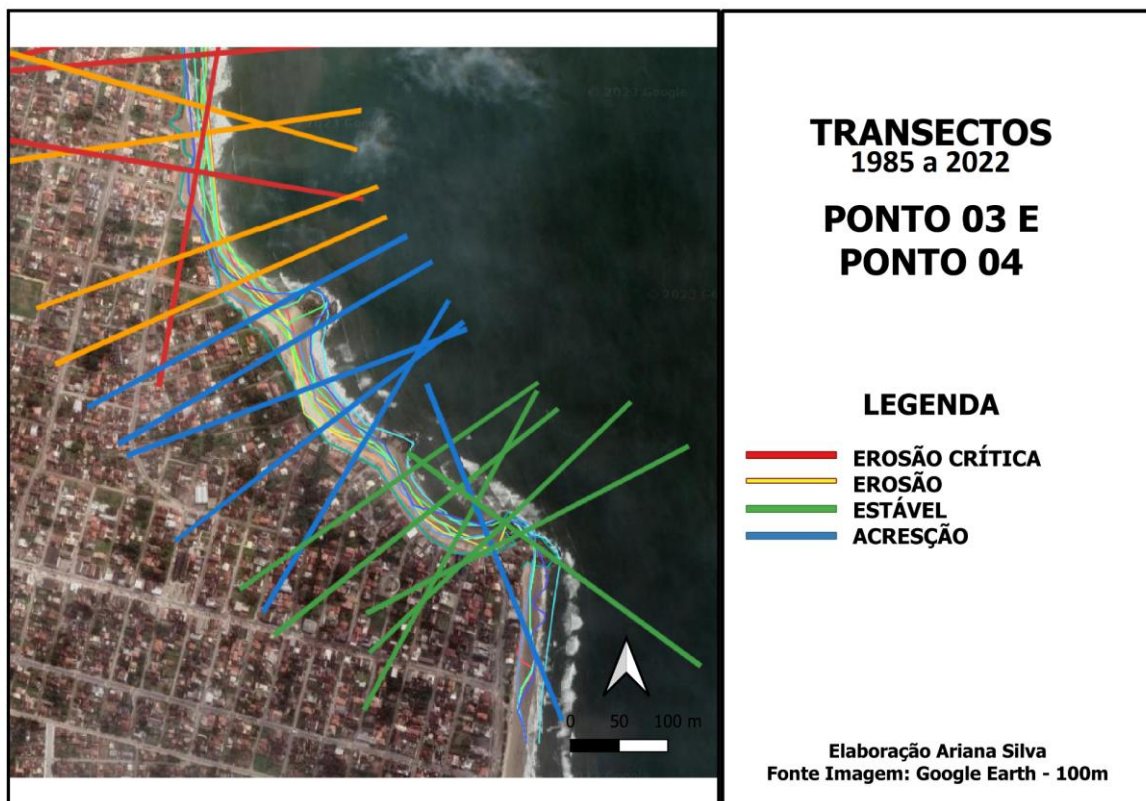
ANEXO 18 - Resultado dos Transectos do PONTO 01 ao PONTO 09 em diferentes escalas.

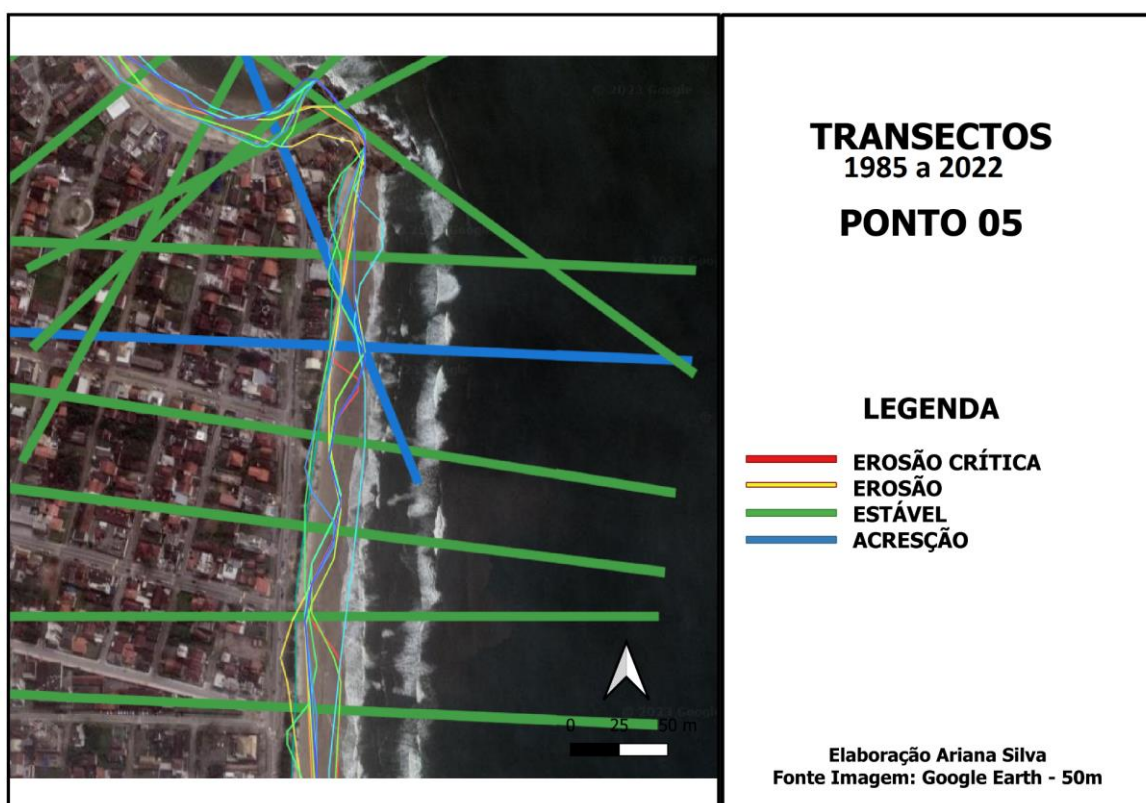
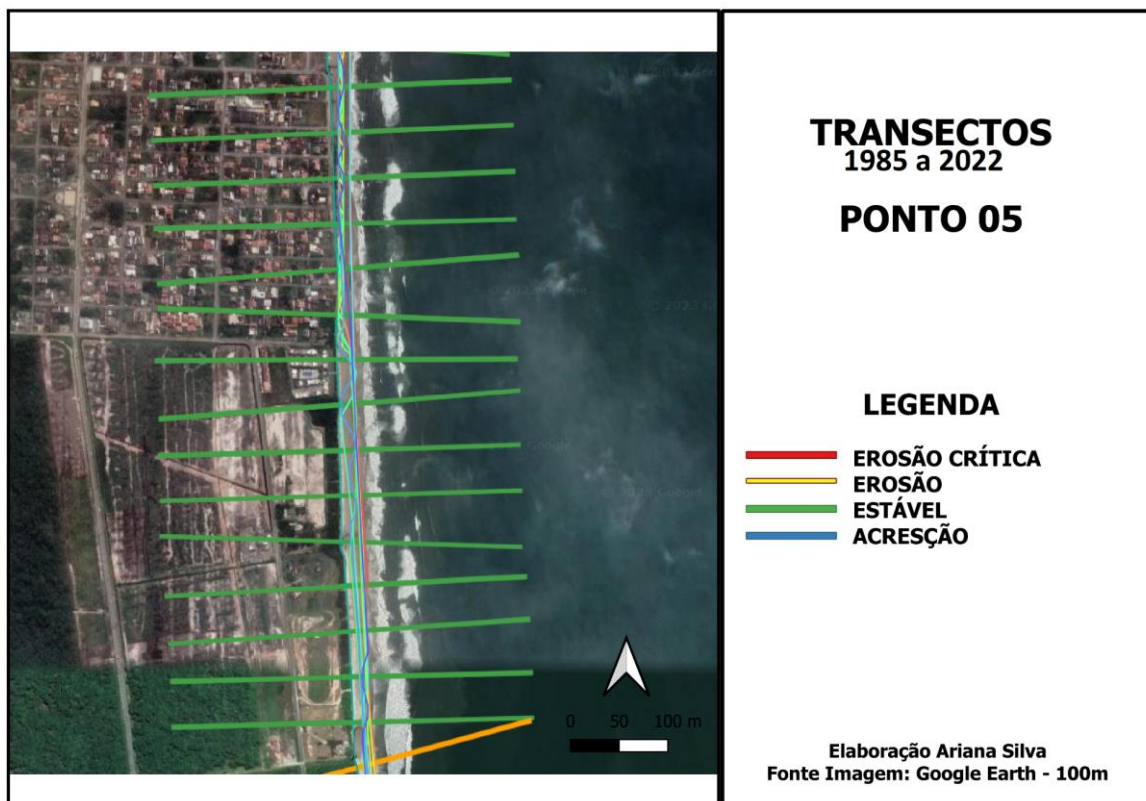


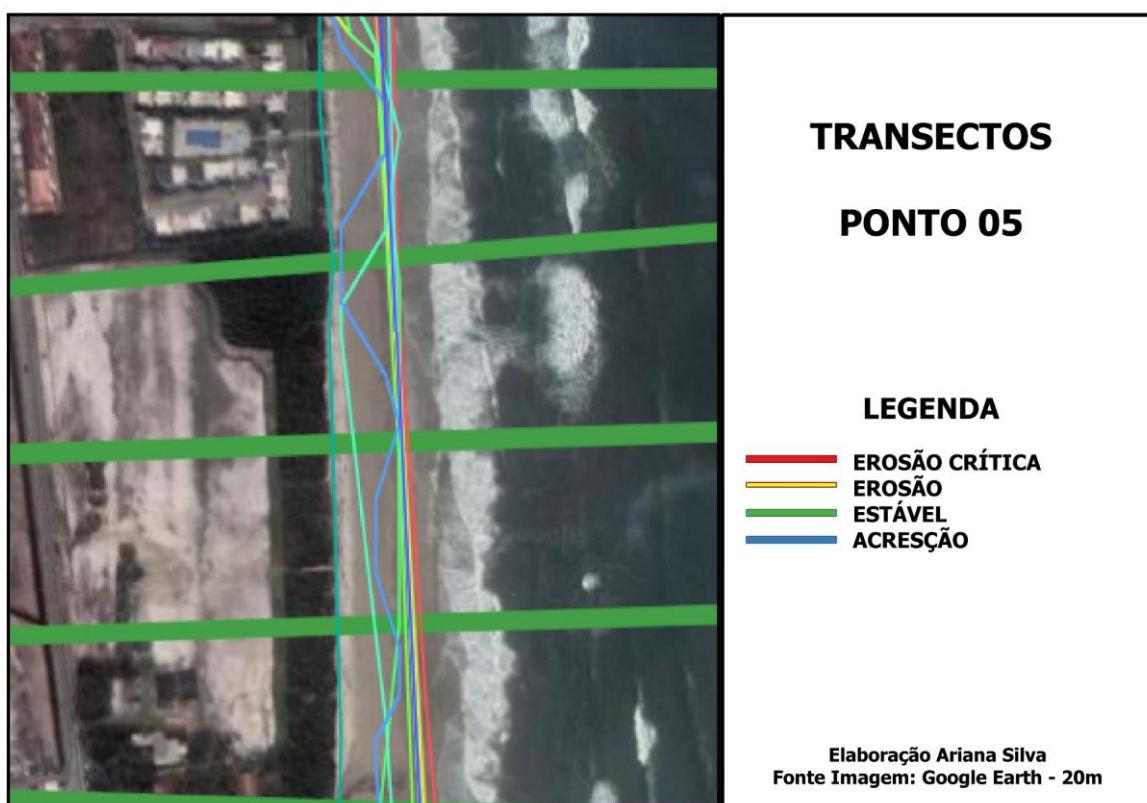
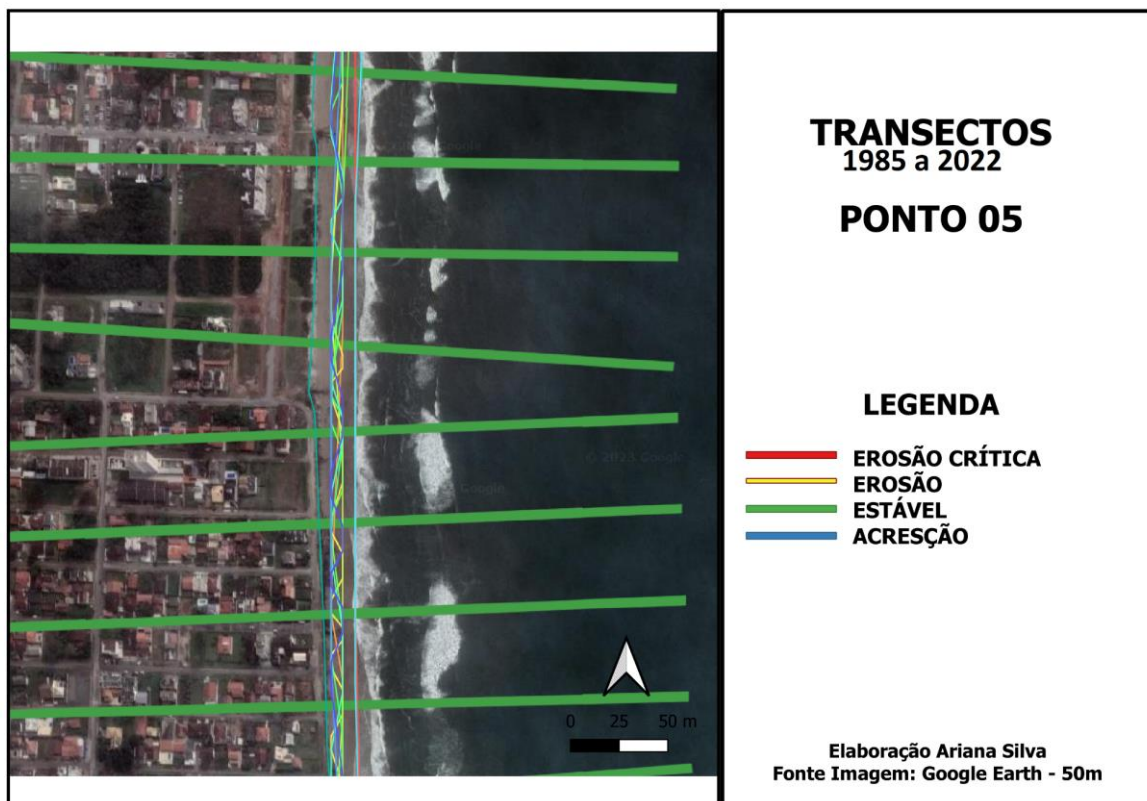


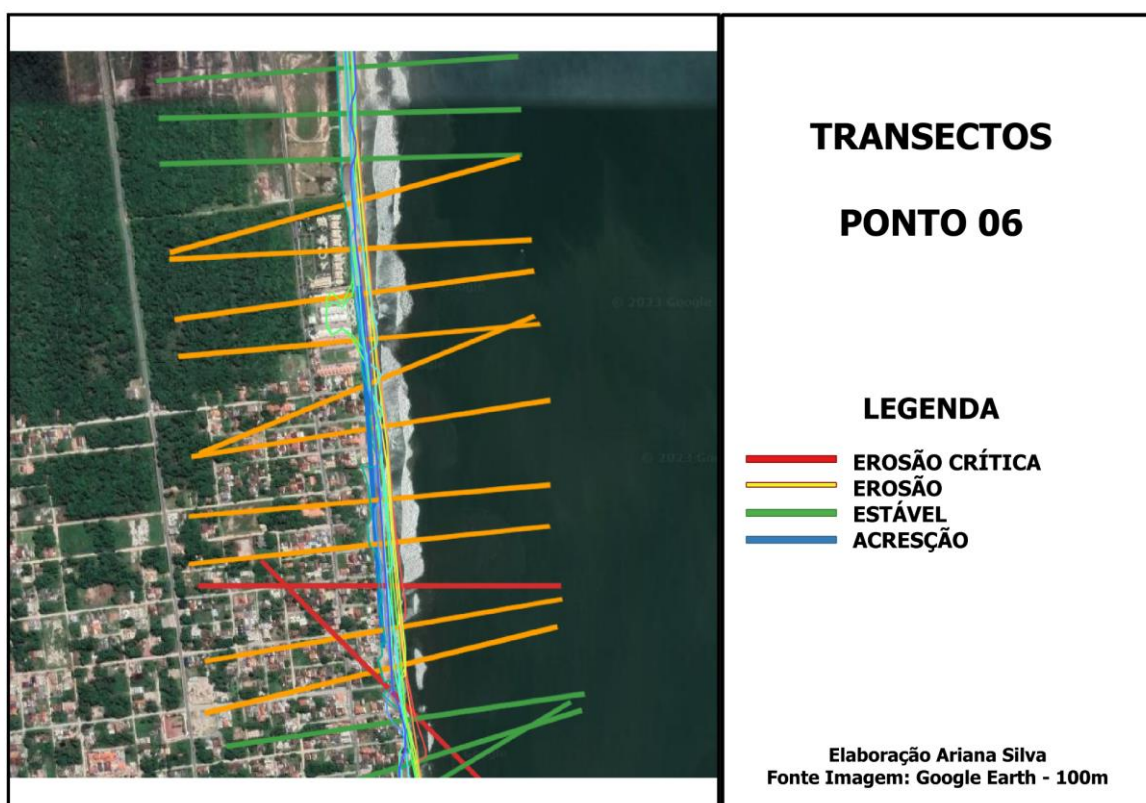
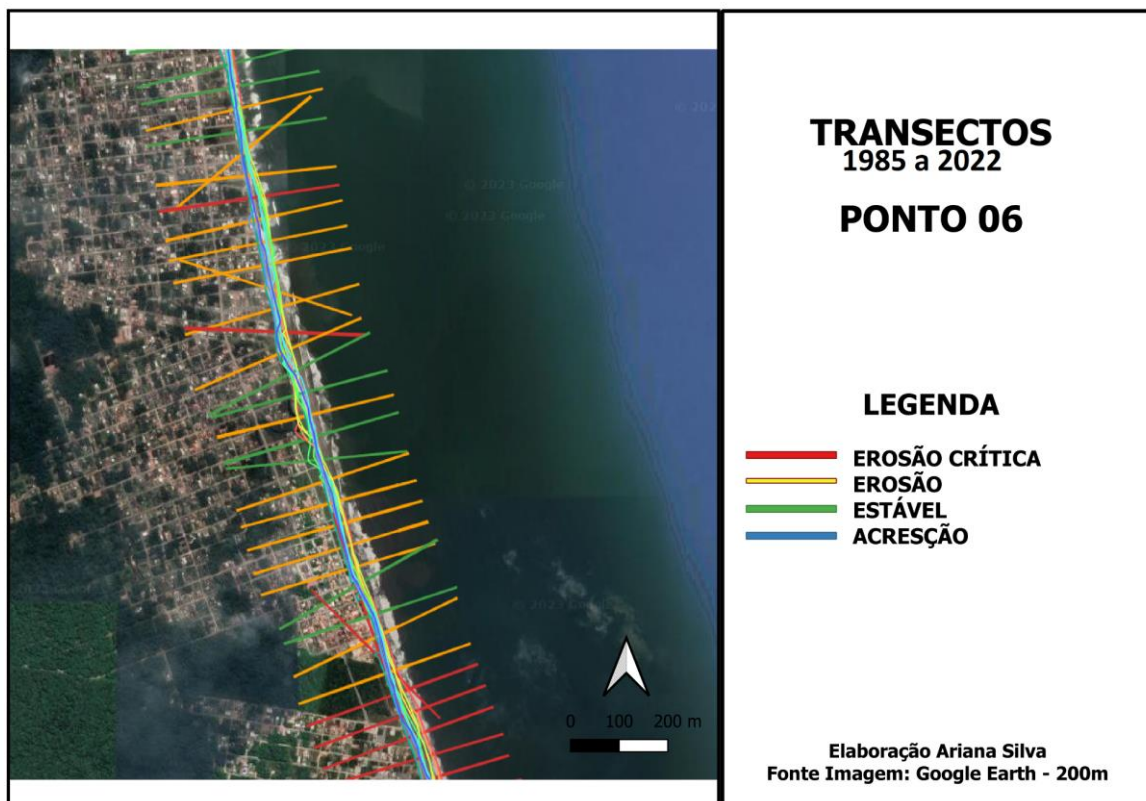


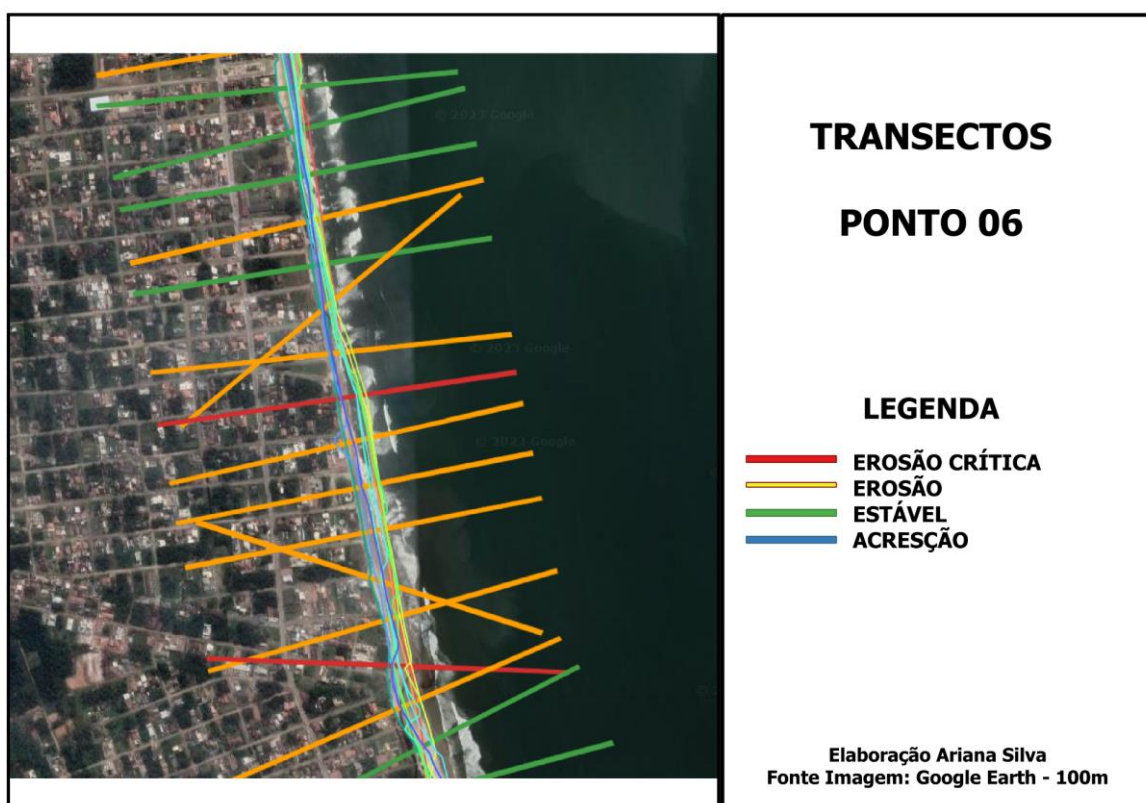
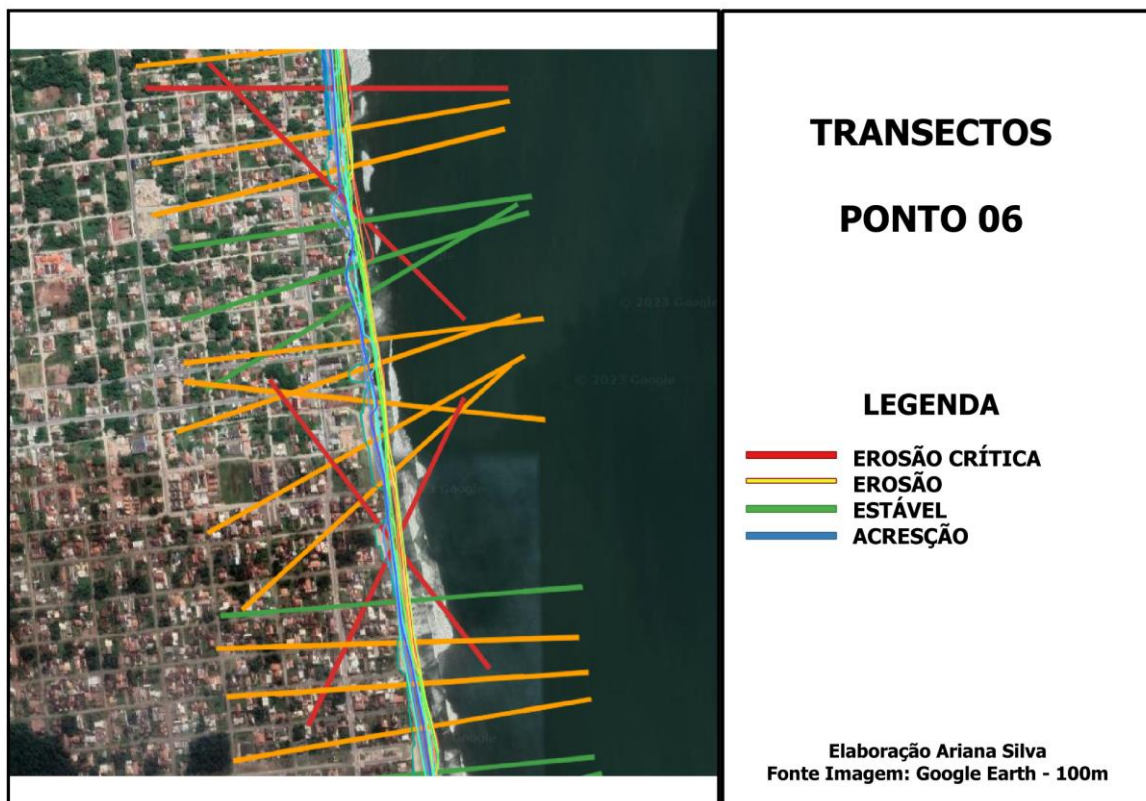


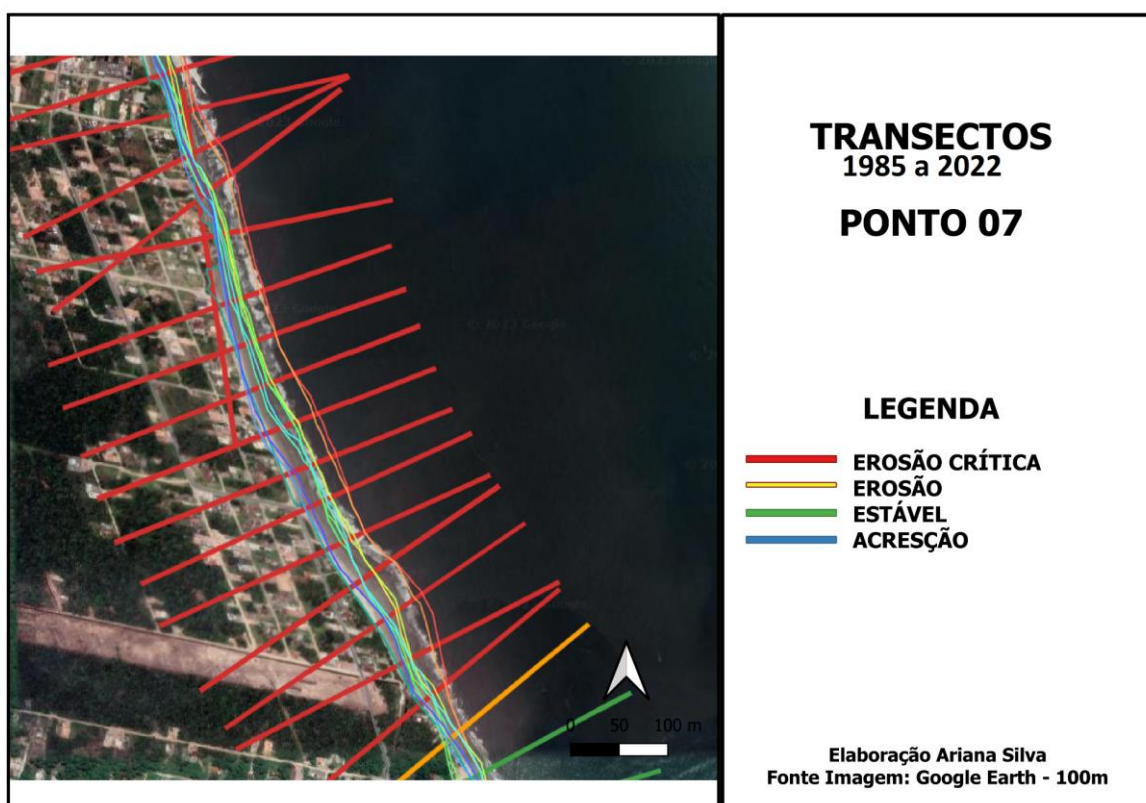
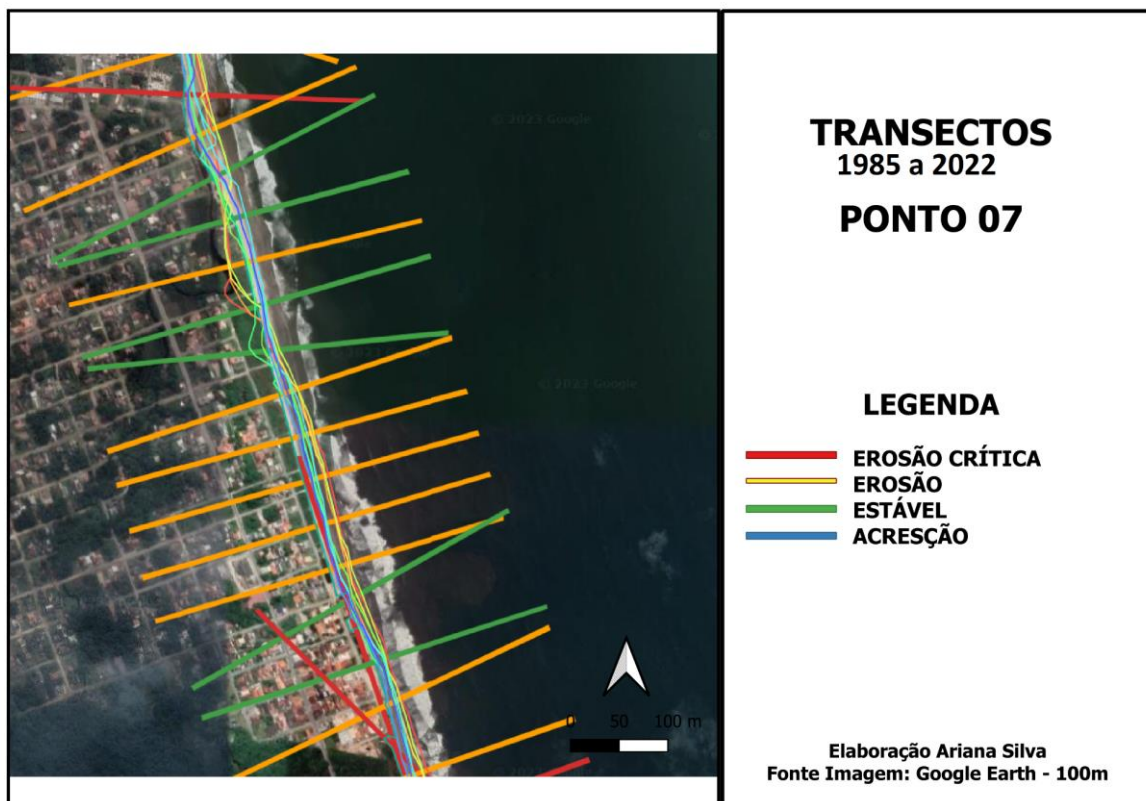


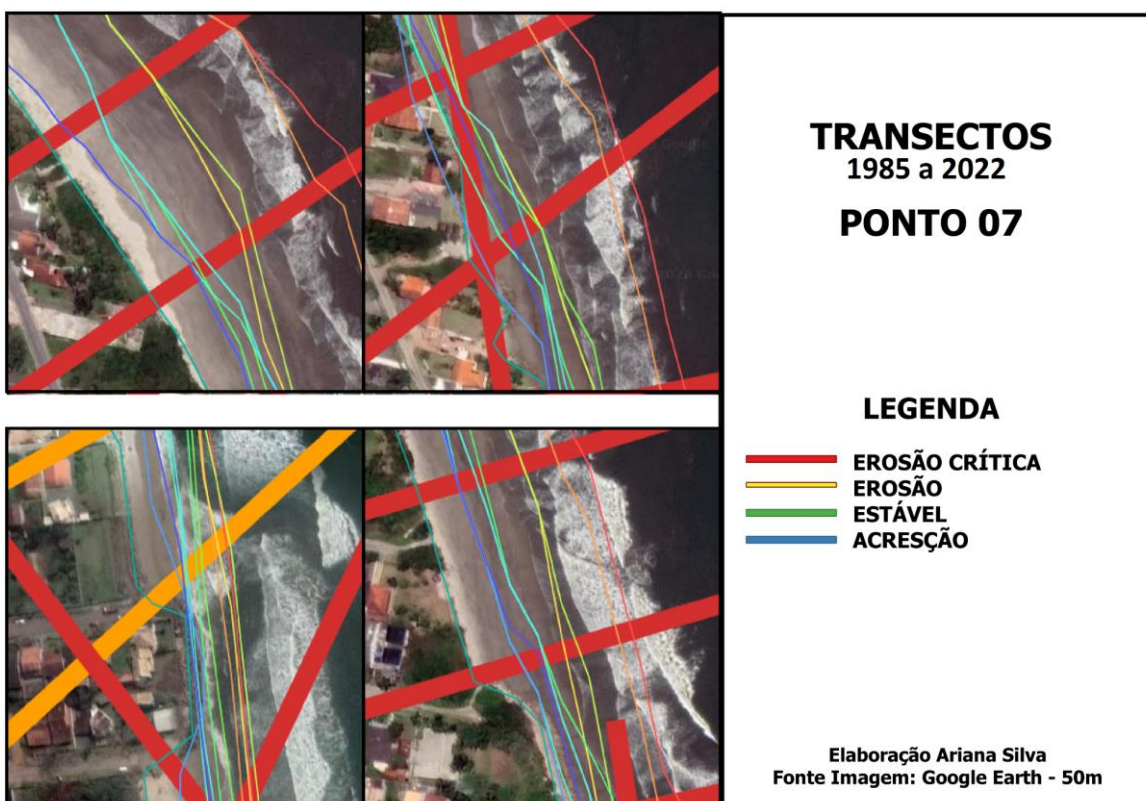
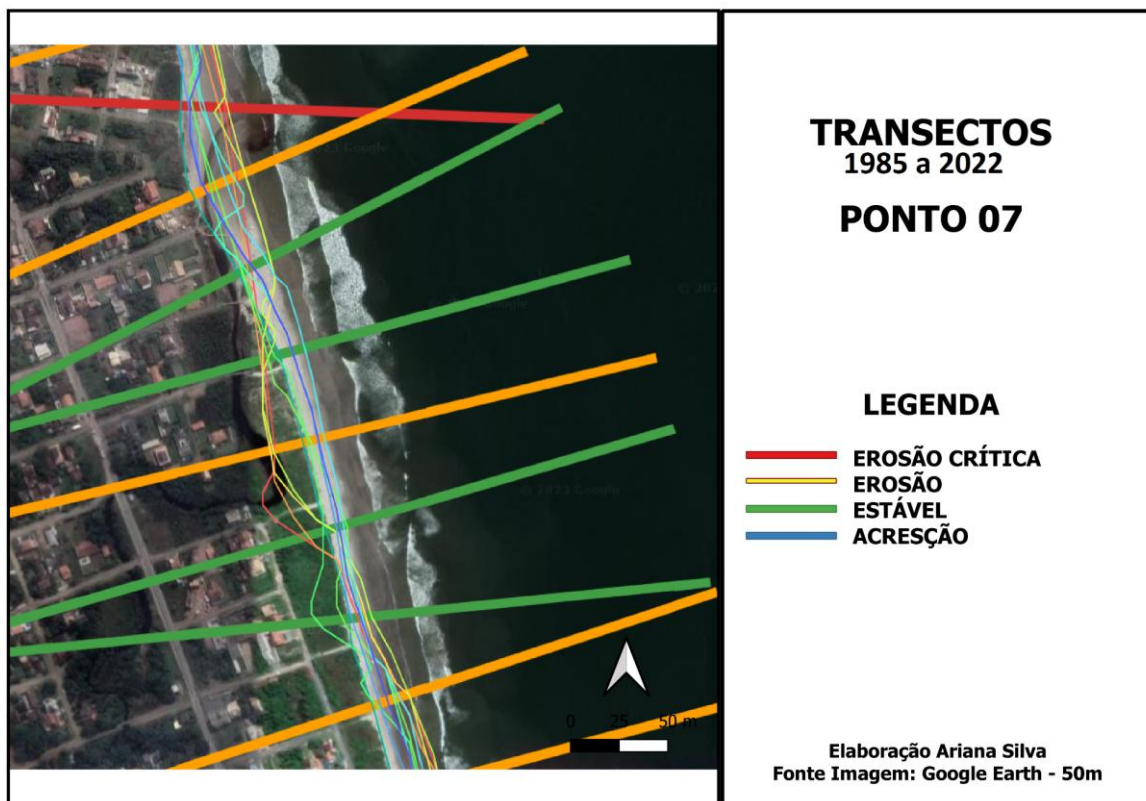


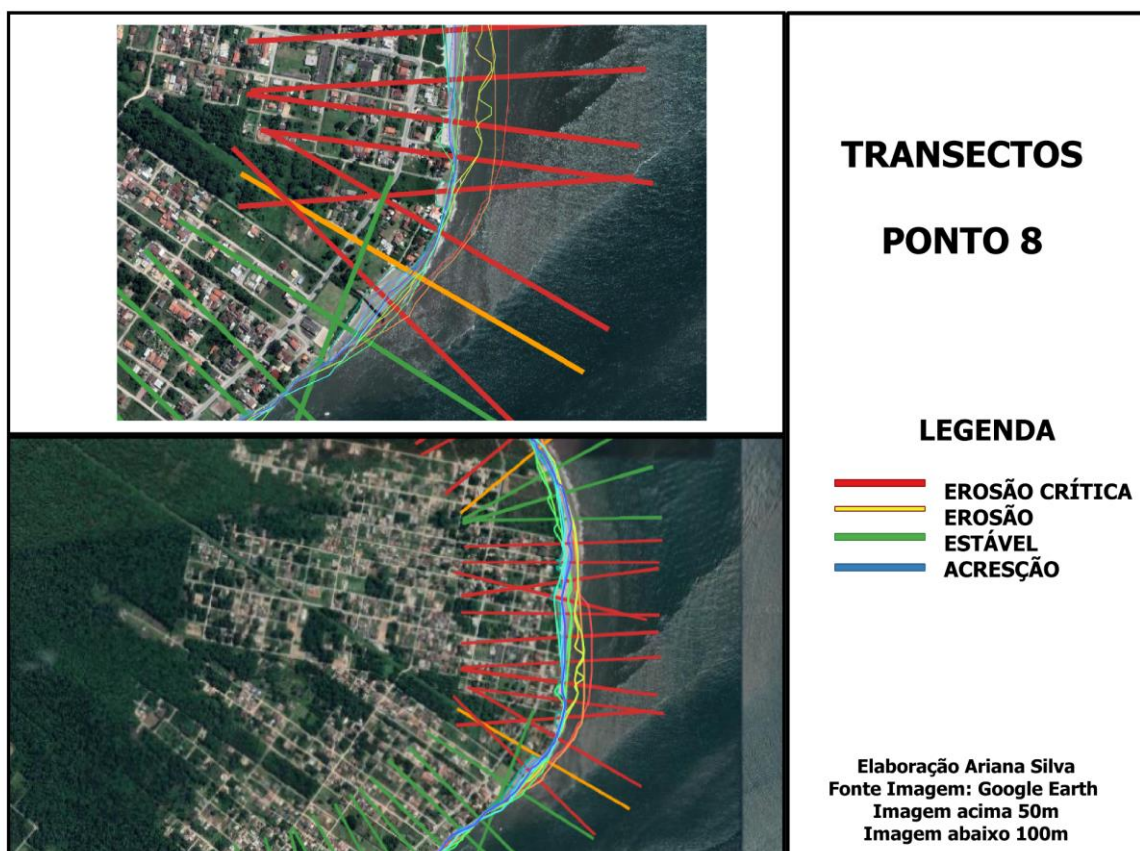
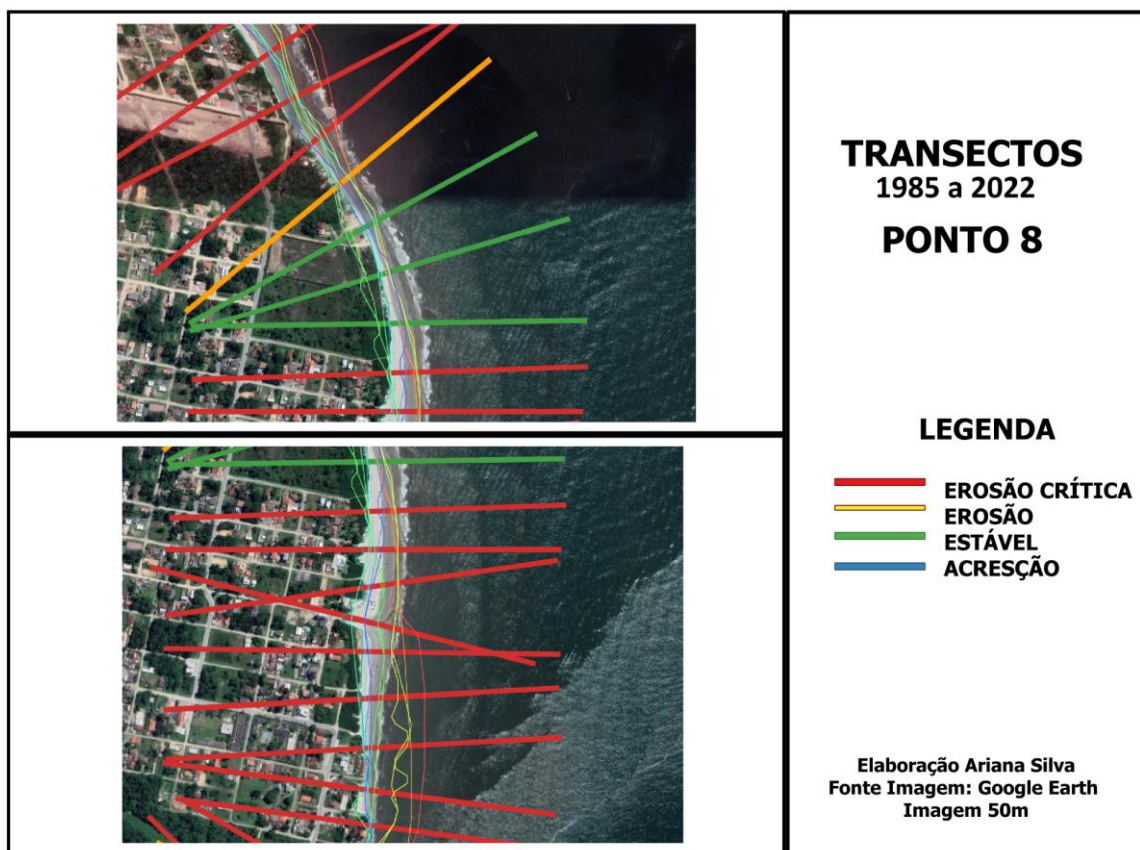


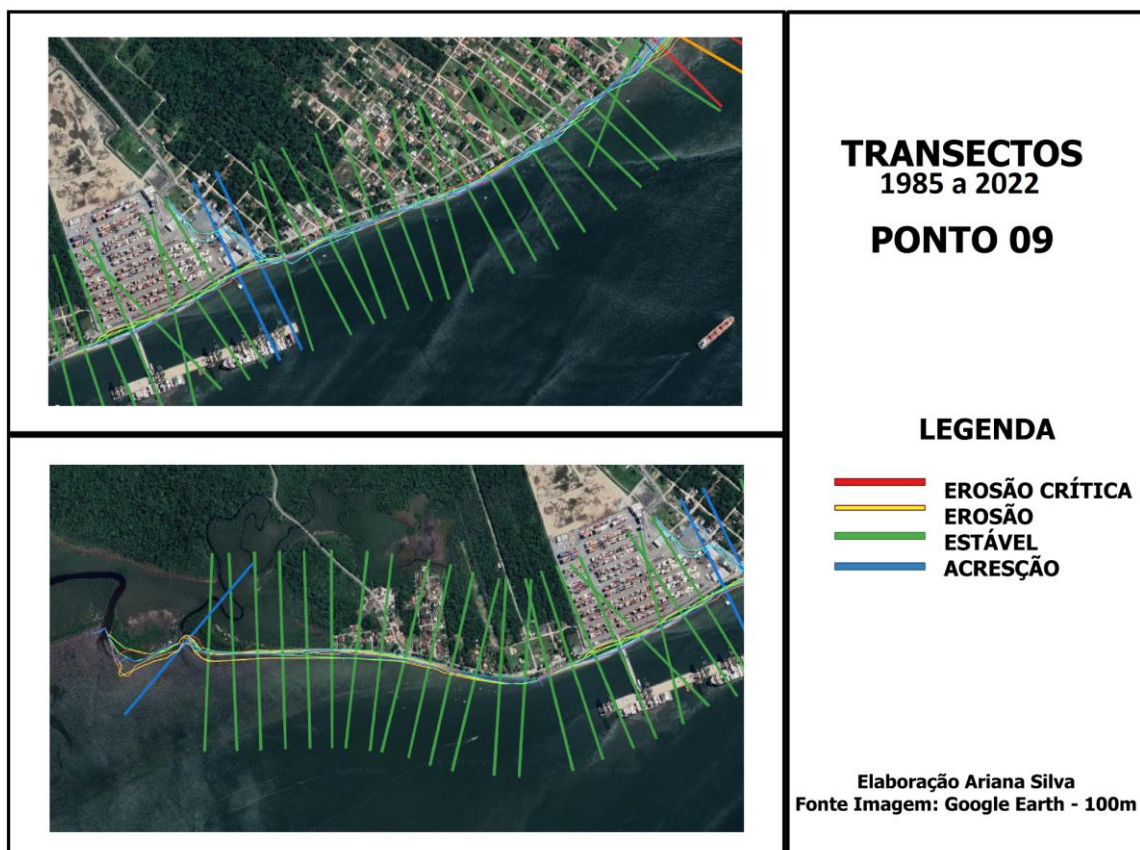




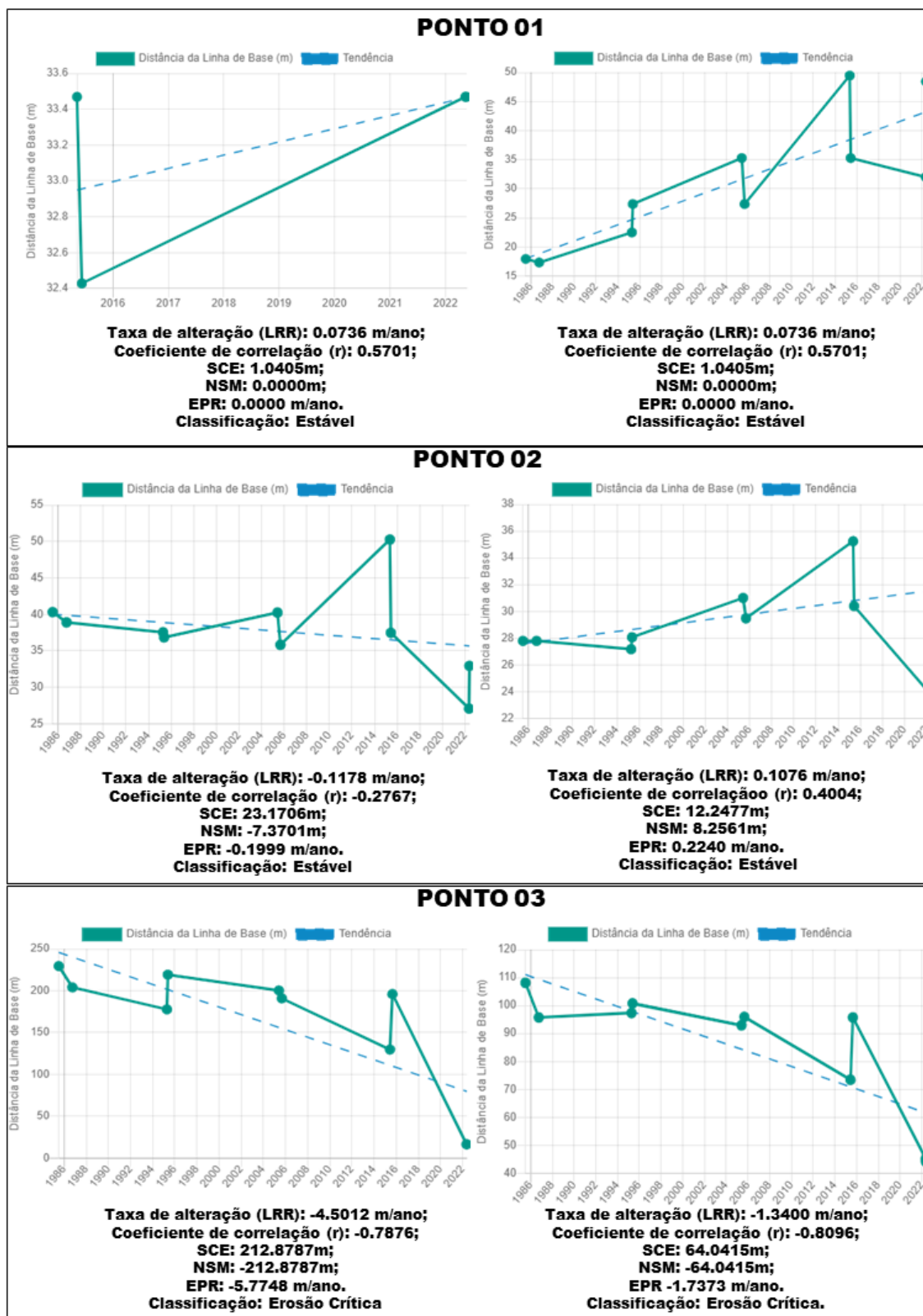


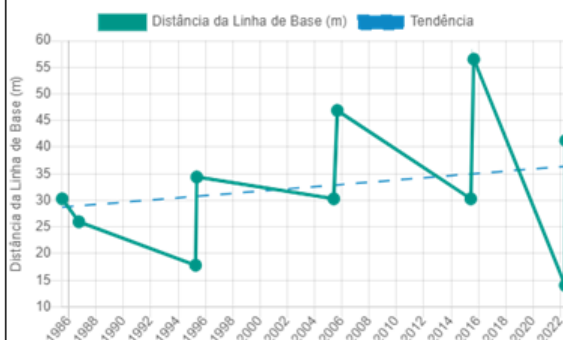






ANEXO 19 – RESULTADO DA ANÁLISE DSAS – escolhidos alguns Transectos de todos os pontos de praia para demonstração conforme resultados: **Acresção**; **Estável**; **Erosão**, **Erosão Crítica**. LRR – Taxa de Alteração; r^2 - Coeficiente de Correlação; SCE – Soma dos Quadrados devido ao Erro; NSM – Movimento Líquido da Linha de Costa; **EPR** - Taxa de Deslocamento Pontual.

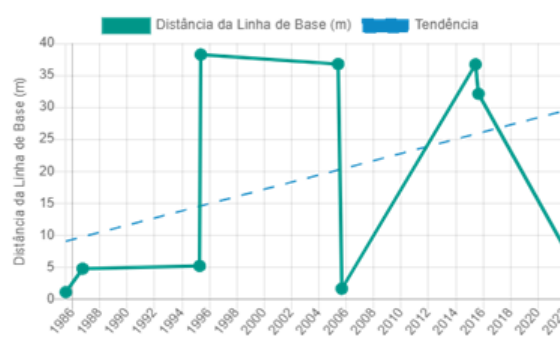


PONTO 04

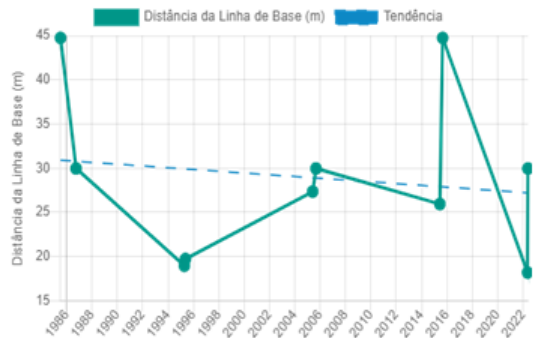
Taxa de alteração (LRR): 0.2081 m/ano;
Coefficiente de correlação (r): 0.2252;
SCE: 42.4790 m;
NSM: 10.9443m;
EPR: 0.2969 m/ano.
Classificação: Estável



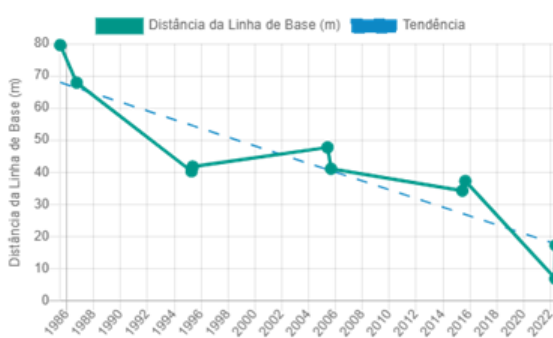
Taxa de alteração (LRR): 0.9443 m/ano;
Coefficiente de correlação (r): 0.6245;
SCE: 69.4944m;
NSM: 29.1275m;
EPR: 0.7901 m/ano.
Classificação: Acréscio

PONTO 05

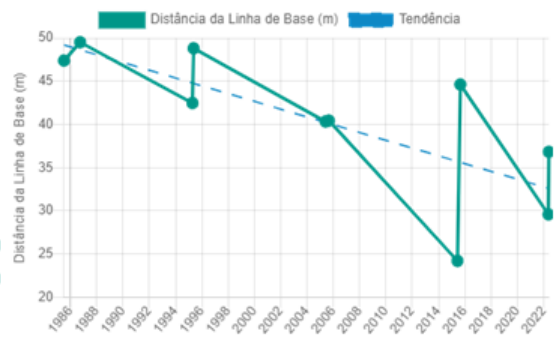
Taxa de alteração (LRR): 0.5601 m/ano;
Coefficiente de correlação (r): 0.4525;
SCE: 37.1460m;
NSM: 35.6094m;
EPR: 0.9660 m/ano.
Classificação: Acréscio



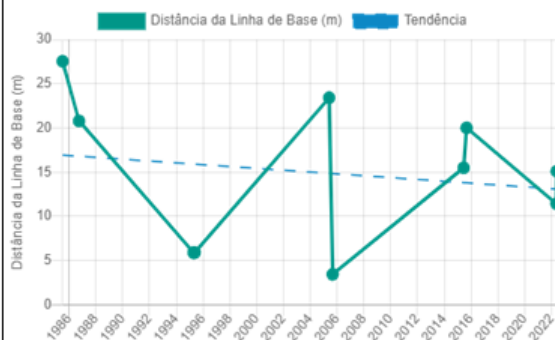
Taxa de alteração (LRR): -0.2580 m/ano;
Coefficiente de correlação (r): -0.1456;
SCE: 26.5546m;
NSM: -14.7803m;
EPR: -0.4010 m/ano.
Classificação: Estável

PONTO 06

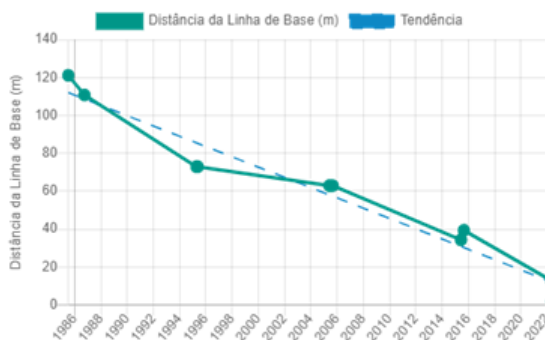
Taxa de alteração (LRR): -1.3635 m/ano;
Coefficiente de correlação (r): -0.8914;
SCE: 72.7184m;
NSM: -62.3445m;
EPR: -1.6912 m/ano.
Classificação: Erosão Crítica



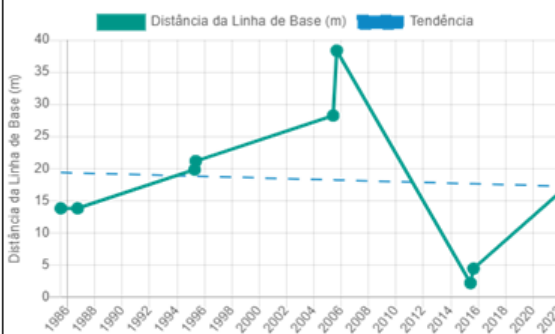
Taxa de alteração (LRR): -0.4498 m/ano;
Coefficiente de correlação (r): -0.7535;
SCE: 25.2928m;
NSM: -10.5597m;
EPR: -0.2865 m/ano.
Classificação: Estável

PONTO 07

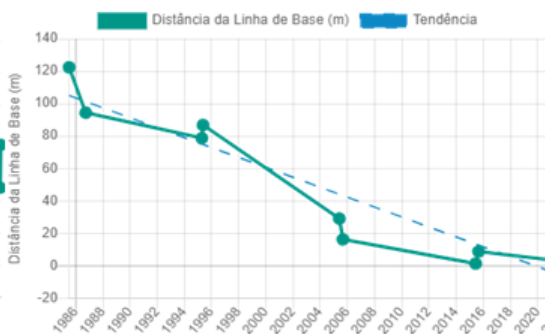
Taxa de alteração (LRR): -0.1041 m/ano;
Coefficiente de correlação (r): -0.1769;
SCE: 24.1019m;
NSM: -12.4314m;
EPR: -0.3372 m/ano.
Classificação: Estável



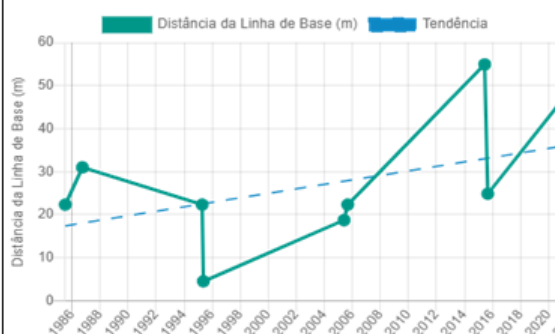
Taxa de alteração (LRR): -2.7104 m/ano;
Coefficiente de correlação (r): -0.9754;
SCE: 119.1171m;
NSM: -119.1171m;
EPR: -3.2313 m/ano.
Classificação: Erosão Crítica

PONTO 08

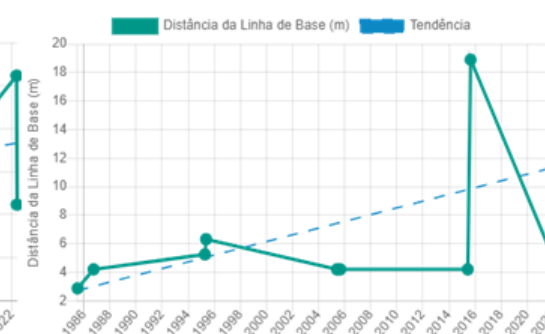
Taxa de alteração (LRR): -0.0581 m/ano;
Coefficiente de correlação (r): -0.0751;
SCE: 36.163 m;
NSM: 9.8816m;
EPR: 0.2681 m/ano.
Classificação: Estável



Taxa de alteração (LRR): -3.0597 m/ano;
Coefficiente de correlação (r): -0.9382;
SCE: 121.0211m;
NSM: -108.3266m;
EPR: -2.9386 m/ano.
Classificação: Erosão Crítica

PONTO 09

Taxa de alteração (LRR): 0.5208 m/ano;
Coefficiente de correlação (r): 0.4730;
SCE: 50.3735m;
NSM: 0.0000m;
EPR: 0.0000 m/ano.
Classificação: Acresção



Taxa de alteração (LRR): 0.2360 m/ano;
Coefficiente de correlação (r): 0.5311;
SCE: 16.0135m;
NSM: 16.0135m;
EPR: 0.4344 m/ano.
Classificação: Estável

ANEXO 20 – RESULTADO DA ANÁLISE DSAS (CADA ID REPRESENTA UM TRANSECTO) – PONTO 01

ID	Latitude inicial	Longitude inicial	Latitude final	Longitude final	Data inicial	Data final	Intercepto	Inclinação	r ²	LRR	SCE	NSM	EPR	Classe
1	-259.778	-485.923	-259.765	-486.001	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
2	-259.787	-485.924	-259.774	-486.003	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
3	-259.799	-485.927	-259.780	-486.004	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
4	-259.808	-485.930	-259.788	-486.007	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
5	-259.816	-485.933	-259.797	-486.010	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
6	-259.825	-485.935	-259.806	-486.013	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
7	-259.834	-485.938	-259.814	-486.015	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
8	-259.842	-485.941	-259.823	-486.018	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
9	-259.851	-485.944	-259.832	-486.021	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
10	-259.860	-485.946	-259.840	-486.023	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
11	-259.868	-485.949	-259.849	-486.026	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
12	-259.877	-485.952	-259.857	-486.029	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
13	-259.884	-485.954	-259.868	-486.032	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
14	-259.893	-485.956	-259.877	-486.034	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
15	-259.902	-485.958	-259.885	-486.036	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
16	-259.911	-485.961	-259.894	-486.039	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
17	-259.919	-485.963	-259.903	-486.041	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
18	-259.928	-485.965	-259.912	-486.043	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
19	-259.937	-485.968	-259.920	-486.045	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
20	-259.946	-485.970	-259.929	-486.048	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
21	-259.954	-485.972	-259.938	-486.050	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
22	-259.975	-485.984	-259.933	-486.049	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
23	-259.982	-485.989	-259.941	-486.055	20/05/2022	20/05/2022	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable

24	-259.964	-485.988	-259.973	-486.067	20/05/2022	20/05/2022	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
25	-259.973	-485.987	-259.982	-486.066	12/05/2022	20/05/2022	1.079.016.360	-24.139	0.0000	-8.810.690	193.104	-193.104	-8.816.543	Critically Eroded
26	-259.982	-485.986	-259.991	-486.065	12/05/2022	20/05/2022	-250.084.142	0.5605	0.0000	2.045.828	44.839	44.839	2.047.187	Accreted
27	-259.991	-485.984	-260.000	-486.064	09/05/2015	20/05/2022	-6.999.356	0.0172	0.9135	62.635	548.557	548.557	78.020	Accreted
28	-260.011	-485.985	-259.999	-486.064	09/05/2015	20/05/2022	565.525	-0.0003	0.0008	-0.0954	288.470	-57.787	-0.8219	Stable
29	-260.020	-485.986	-260.007	-486.065	09/05/2015	20/05/2022	-1.334.693	0.0042	0.1020	15.441	423.526	164.031	23.330	Accreted
30	-260.028	-485.988	-260.016	-486.067	09/05/2015	20/05/2022	-827.834	0.0030	0.0916	10.944	314.746	114.368	16.266	Accreted
31	-260.037	-485.990	-260.025	-486.069	09/05/2015	20/05/2022	-469.434	0.0021	0.0786	0.7618	235.659	44.698	0.6357	Accreted
32	-260.046	-485.991	-260.034	-486.070	09/05/2015	20/05/2022	244.551	0.0002	0.3250	0.0736	10.405	0.0000	0.0000	Stable
33	-260.057	-485.993	-260.042	-486.072	29/05/2005	20/05/2022	-1.953.815	0.0053	0.8147	19.166	345.744	345.744	20.368	Accreted
34	-260.065	-485.996	-260.051	-486.074	09/07/1985	20/05/2022	-828.915	0.0029	0.7854	10.485	480.861	480.861	13.044	Accreted
35	-260.074	-485.998	-260.059	-486.076	09/07/1985	20/05/2022	-316.178	0.0017	0.6420	0.6327	297.593	267.489	0.7256	Accreted
36	-260.083	-486.000	-260.068	-486.078	09/07/1985	20/05/2022	-379.340	0.0019	0.5814	0.6811	370.782	370.782	10.058	Accreted
37	-260.092	-486.002	-260.077	-486.080	09/07/1985	20/05/2022	-344.570	0.0018	0.4605	0.6627	436.924	331.578	0.8995	Accreted
38	-260.101	-486.004	-260.086	-486.082	09/07/1985	20/05/2022	-286.400	0.0016	0.5067	0.5937	339.141	281.613	0.7639	Accreted
39	-260.109	-486.006	-260.095	-486.084	09/07/1985	20/05/2022	-405.656	0.0019	0.7085	0.6842	321.315	304.981	0.8273	Accreted
40	-260.118	-486.008	-260.103	-486.086	09/07/1985	20/05/2022	-364.551	0.0017	0.8524	0.6383	295.009	275.048	0.7461	Accreted
41	-260.127	-486.010	-260.112	-486.088	09/07/1985	20/05/2022	-296.502	0.0016	0.7494	0.5831	301.503	222.741	0.6042	Accreted
42	-260.135	-486.012	-260.122	-486.090	09/07/1985	20/05/2022	-265.980	0.0015	0.6252	0.5640	325.522	212.031	0.5752	Accreted
43	-260.144	-486.014	-260.131	-486.092	09/07/1985	20/05/2022	-277.440	0.0016	0.5488	0.5782	344.286	215.444	0.5844	Accreted

ANEXO 21 – RESULTADO DA ANÁLISE DSAS (CADA ID REPRESENTA UM TRANSECTO) – PONTO 02

ID	Latitude inicial	Longitude inicial	Latitude final	Longitude final	Data inicial	Data final	Intercepto	Inclinação	r²	LRR	SCE	NSM	EPR	Classe
44	-260.153	-486.015	-260.140	-486.094	09/07/1985	20/05/2022	-158.823	0.0013	0.3608	0.4702	367.224	161.544	0.4382	Stable
45	-260.162	-486.017	-260.148	-486.096	09/07/1985	20/05/2022	-43.148	0.0010	0.3301	0.3684	307.026	160.790	0.4362	Stable

46	-260.171	-486.019	-260.157	-486.098	09/07/1985	20/05/2022	-40.000	0.0009	0.1832	0.3280	390.843	176.413	0.4786	Stable
47	-260.179	-486.021	-260.167	-486.100	09/07/1985	20/05/2022	35.871	0.0007	0.2079	0.2623	293.286	115.585	0.3136	Stable
48	-260.188	-486.022	-260.176	-486.101	09/07/1985	20/05/2022	67.287	0.0006	0.2813	0.2307	206.719	105.301	0.2857	Stable
49	-260.199	-486.025	-260.182	-486.103	09/07/1985	20/05/2022	94.834	0.0006	0.2683	0.2147	166.880	139.386	0.3781	Stable
50	-260.208	-486.026	-260.189	-486.103	09/07/1985	20/05/2022	183.756	0.0003	0.1603	0.1076	122.477	82.561	0.2240	Stable
51	-260.223	-486.031	-260.192	-486.104	09/07/1985	20/05/2022	231.543	0.0005	0.1037	0.1804	258.980	83.000	0.2252	Stable
52	-260.223	-486.029	-260.209	-486.108	09/07/1985	20/05/2022	321.095	0.0001	0.0155	0.0470	175.289	43.461	0.1179	Stable
53	-260.232	-486.031	-260.218	-486.110	09/07/1985	20/05/2022	170.142	0.0006	0.1566	0.2135	260.239	67.403	0.1828	Stable
54	-260.240	-486.032	-260.228	-486.111	09/07/1985	20/05/2022	404.379	-0.0000	0.0000	-0.0015	224.426	55.485	0.1505	Stable
55	-260.249	-486.034	-260.237	-486.113	09/07/1985	20/05/2022	683.728	-0.0007	0.2262	-0.2448	244.368	47.096	0.1278	Stable
56	-260.256	-486.035	-260.247	-486.115	09/07/1985	20/05/2022	846.599	-0.0010	0.2913	-0.3505	291.901	-13.281	-0.0360	Stable
57	-260.269	-486.038	-260.252	-486.116	09/07/1985	20/05/2022	518.577	-0.0002	0.0180	-0.0608	210.876	-24.894	-0.0675	Stable
58	-260.274	-486.038	-260.266	-486.118	09/07/1985	20/05/2022	417.277	0.0000	0.0002	0.0094	316.077	-28.517	-0.0774	Stable
59	-260.284	-486.040	-260.273	-486.119	09/07/1985	20/05/2022	531.016	-0.0003	0.0682	-0.0994	156.117	-0.7741	-0.0210	Stable
60	-260.292	-486.041	-260.283	-486.120	09/07/1985	20/05/2022	698.142	-0.0008	0.4164	-0.2868	215.010	0.0000	0.0000	Stable
61	-260.304	-486.042	-260.289	-486.121	09/07/1985	20/05/2022	609.940	-0.0006	0.2946	-0.2016	174.347	-0.5081	-0.0138	Stable
62	-260.304	-486.043	-260.307	-486.123	09/07/1985	20/05/2022	675.149	-0.0007	0.3419	-0.2459	207.096	-26.680	-0.0724	Stable
63	-260.301	-486.046	-260.326	-486.121	09/07/1985	20/05/2022	717.112	-0.0008	0.4247	-0.2938	209.101	-75.548	-0.2049	Stable
64	-260.328	-486.046	-260.316	-486.125	09/07/1985	20/05/2022	790.178	-0.0009	0.4162	-0.3141	222.282	-69.615	-0.1888	Stable
65	-260.336	-486.046	-260.326	-486.126	09/07/1985	20/05/2022	715.379	-0.0009	0.3353	-0.3113	222.352	-110.080	-0.2986	Stable
66	-260.345	-486.047	-260.334	-486.126	09/07/1985	20/05/2022	527.819	-0.0005	0.1993	-0.1852	174.140	-60.382	-0.1638	Stable
67	-260.354	-486.049	-260.342	-486.128	09/07/1985	20/05/2022	700.223	-0.0007	0.2072	-0.2644	217.920	-56.345	-0.1528	Stable
68	-260.361	-486.049	-260.353	-486.129	09/07/1985	20/05/2022	535.000	-0.0005	0.1737	-0.1677	186.212	-51.915	-0.1408	Stable
69	-260.370	-486.051	-260.361	-486.130	09/07/1985	20/05/2022	503.494	-0.0004	0.0902	-0.1409	212.205	-0.5421	-0.0147	Stable
70	-260.381	-486.052	-260.368	-486.131	09/07/1985	20/05/2022	743.066	-0.0009	0.2243	-0.3448	297.542	-212.761	-0.5772	Stable
71	-260.386	-486.053	-260.382	-486.133	09/07/1985	20/05/2022	845.754	-0.0012	0.5469	-0.4302	268.007	-176.658	-0.4792	Stable
72	-260.398	-486.054	-260.388	-486.134	09/07/1985	20/05/2022	854.675	-0.0012	0.6272	-0.4556	268.028	-173.722	-0.4713	Stable
73	-260.406	-486.055	-260.398	-486.135	09/07/1985	20/05/2022	829.334	-0.0012	0.6447	-0.4379	264.935	-105.221	-0.2854	Stable

74	-260.415	-486.056	-260.407	-486.136	09/07/1985	20/05/2022	743.077	-0.0009	0.2089	-0.3299	383.836	-87.634	-0.2377	Stable
75	-260.423	-486.058	-260.416	-486.137	09/07/1985	20/05/2022	443.269	-0.0002	0.0224	-0.0633	225.425	-65.124	-0.1767	Stable
76	-260.432	-486.059	-260.425	-486.138	09/07/1985	20/05/2022	501.136	-0.0003	0.0766	-0.1178	231.706	-73.701	-0.1999	Stable
77	-260.441	-486.059	-260.434	-486.139	09/07/1985	20/05/2022	482.904	-0.0004	0.0691	-0.1285	245.547	-94.888	-0.2574	Stable
78	-260.450	-486.060	-260.443	-486.140	09/07/1985	20/05/2022	473.848	-0.0004	0.0780	-0.1325	242.371	-82.581	-0.2240	Stable
79	-260.460	-486.061	-260.452	-486.141	09/07/1985	20/05/2022	573.758	-0.0007	0.1945	-0.2475	261.006	-138.665	-0.3762	Stable
80	-260.468	-486.062	-260.460	-486.142	09/07/1985	20/05/2022	371.207	-0.0002	0.0137	-0.0658	262.024	-22.062	-0.0598	Stable
81	-260.476	-486.063	-260.471	-486.143	09/07/1985	20/05/2022	261.952	0.0001	0.0091	0.0521	242.351	-0.2384	-0.0065	Stable
82	-260.486	-486.064	-260.479	-486.144	09/07/1985	20/05/2022	249.799	0.0000	0.0004	0.0111	244.121	-37.836	-0.1026	Stable
83	-260.495	-486.065	-260.488	-486.145	09/07/1985	20/05/2022	575.789	-0.0008	0.4541	-0.2776	168.296	-71.109	-0.1929	Stable
84	-260.499	-486.066	-260.502	-486.146	09/07/1985	20/05/2022	411.366	-0.0002	0.0162	-0.0694	246.804	62.669	0.1700	Stable
85	-260.512	-486.066	-260.506	-486.146	09/07/1985	20/05/2022	705.245	-0.0010	0.1787	-0.3513	327.839	-95.164	-0.2582	Stable

ANEXO 22 – RESULTADO DA ANÁLISE DSAS (CADA ID REPRESENTA UM TRANSECTO) – PONTO 03

ID	Latitude inicial	Longitude inicial	Latitude final	Longitude final	Data inicial	Data final	Intercepto	Inclinação	r²	LRR	SCE	NSM	EPR	Classe
86	-260.506	-486.069	-260.531	-486.144	09/07/1985	20/05/2022	856.763	-0.0014	0.3510	-0.5198	355.069	-134.728	-0.3655	Eroded
87	-260.527	-486.067	-260.527	-486.147	09/07/1985	20/05/2022	1.072.907	-0.0021	0.6639	-0.7617	430.241	-187.906	-0.5097	Eroded
88	-260.571	-486.112	-260.499	-486.104	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
89	-260.551	-486.071	-260.535	-486.149	09/07/1985	20/05/2022	2.088.118	-0.0041	0.7440	-14.916	795.187	-386.569	-10.487	Critically Eroded
90	-260.552	-486.066	-260.548	-486.146	09/07/1985	20/05/2022	1.057.779	-0.0022	0.4661	-0.8210	394.130	-379.502	-10.295	Eroded
91	-260.562	-486.067	-260.555	-486.147	09/07/1985	20/05/2022	1.289.248	-0.0027	0.6517	-0.9982	456.322	-456.322	-12.379	Eroded
92	-260.567	-486.068	-260.569	-486.148	09/07/1985	20/05/2022	1.429.254	-0.0028	0.6818	-10.392	543.755	-253.301	-0.6871	Critically Eroded
93	-260.572	-486.068	-260.582	-486.147	09/07/1985	20/05/2022	1.498.260	-0.0031	0.6640	-11.440	518.855	-473.858	-12.854	Critically Eroded
94	-260.591	-486.068	-260.581	-486.147	09/07/1985	20/05/2022	1.506.295	-0.0031	0.8688	-11.249	473.405	-473.405	-12.842	Critically Eroded
95	-260.615	-486.076	-260.573	-486.140	09/07/1985	20/05/2022	2.222.439	-0.0046	0.9125	-16.662	690.039	-604.662	-16.403	Critically Eroded

96	-260.606	-486.072	-260.598	-486.151	09/07/1985	20/05/2022	2.332.851	-0.0042	0.8168	-15.191	649.979	-568.173	-15.413	Critically Eroded
97	-260.574	-486.102	-260.644	-486.118	09/07/1985	20/05/2022	10.281.521	-0.0197	0.7657	-72.013	3.069.868	-3.069.868	-83.277	Critically Eroded
98	-260.612	-486.067	-260.621	-486.147	09/07/1985	20/05/2022	1.665.601	-0.0034	0.7059	-12.547	558.092	-470.250	-12.757	Critically Eroded
99	-260.615	-486.067	-260.636	-486.144	09/07/1985	20/05/2022	903.339	-0.0016	0.4574	-0.5936	311.824	-311.824	-0.8459	Eroded
100	-260.669	-486.105	-260.597	-486.113	01/01/1970	01/01/1970	NaN	NaN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Stable
101	-260.606	-486.092	-260.674	-486.119	09/07/1985	20/05/2022	3.684.519	-0.0072	0.6260	-26.323	1.321.703	-1.279.478	-34.709	Critically Eroded
102	-260.653	-486.068	-260.641	-486.147	09/07/1985	20/05/2022	2.038.069	-0.0038	0.8879	-14.025	580.611	-562.227	-15.252	Critically Eroded
103	-260.650	-486.063	-260.658	-486.142	09/07/1985	20/05/2022	1.261.604	-0.0027	0.8130	-0.9673	495.270	-495.270	-13.435	Eroded
104	-260.655	-486.060	-260.669	-486.139	09/07/1985	20/05/2022	1.313.654	-0.0028	0.5886	-10.371	502.118	-502.118	-13.621	Critically Eroded
105	-260.635	-486.084	-260.704	-486.106	09/07/1985	20/05/2022	1.147.135	-0.0021	0.3155	-0.7668	738.549	-476.814	-12.935	Eroded

ANEXO 23 – RESULTADO DA ANÁLISE DSAS (CADA ID REPRESENTA UM TRANSECTO) – PONTO 04

ID	Latitude inicial	Longitude inicial	Latitude final	Longitude final	Data inicial	Data final	Intercepto	Inclinação	r²	LRR	SCE	NSM	EPR	Classe
106	-260.643	-486.070	-260.708	-486.107	09/07/1985	20/05/2022	638.515	-0.0003	0.0077	-0.0991	464.871	0.0000	0.0000	Stable
107	-260.668	-486.048	-260.699	-486.120	09/07/1985	20/05/2022	-604.638	0.0026	0.3096	0.9524	780.582	223.153	0.6054	Accreted
108	-260.676	-486.043	-260.706	-486.116	09/07/1985	20/05/2022	-483.351	0.0023	0.2253	0.8254	759.197	57.821	0.1569	Accreted
109	-260.669	-486.046	-260.722	-486.100	09/07/1985	20/05/2022	-518.686	0.0019	0.4009	0.6911	423.173	158.405	0.4297	Accreted
110	-260.675	-486.038	-260.728	-486.092	09/07/1985	20/05/2022	-120.583	0.0011	0.1797	0.4004	409.951	217.598	0.5903	Stable
111	-260.689	-486.026	-260.728	-486.093	09/07/1985	20/05/2022	297.674	-0.0002	0.0138	-0.0639	242.923	-78.194	-0.2121	Stable
112	-260.685	-486.031	-260.745	-486.075	09/07/1985	20/05/2022	373.439	-0.0002	0.0085	-0.0624	334.410	81.363	0.2207	Stable
113	-260.683	-486.046	-260.755	-486.042	09/07/1985	20/05/2022	427.184	-0.0003	0.0707	-0.0943	165.652	-11.972	-0.0325	Stable
114	-260.736	-486.069	-260.699	-486.000	09/07/1985	20/05/2022	41.706	-0.0000	0.0698	-0.0115	19.055	0.0000	0.0000	Stable
115	-260.677	-486.024	-260.746	-486.046	09/07/1985	20/05/2022	189.586	-0.0001	0.0138	-0.0319	112.484	-54.833	-0.1487	Stable
116	-260.691	-485.999	-260.742	-486.056	09/07/1985	20/05/2022	129.891	0.0002	0.2153	0.0756	56.604	37.574	0.1019	Stable
117	-260.758	-486.030	-260.686	-486.026	30/09/1986	20/05/2022	3.013.265	-0.0031	0.0845	-11.214	1.387.608	64.788	0.1818	Critically Eroded

ANEXO 24 – RESULTADO DA ANÁLISE DSAS (CADA ID REPRESENTA UM TRANSECTO) – PONTO 05

ID	Latitude inicial	Longitude inicial	Latitude final	Longitude final	Data inicial	Data final	Intercepto	Inclinação	r ²	LRR	SCE	NSM	EPR	Classe
118	-260.731	-485.992	-260.728	-486.072	09/07/1985	20/05/2022	-19.611	0.0005	0.0359	0.1833	477.790	85.610	0.2322	Stable
119	-260.740	-485.993	-260.737	-486.073	09/07/1985	20/05/2022	-388.743	0.0015	0.2048	0.5601	371.460	356.094	0.9660	Accreted
120	-260.753	-485.995	-260.742	-486.074	09/07/1985	20/05/2022	0.1581	0.0004	0.0277	0.1623	488.782	0.0000	0.0000	Stable
121	-260.761	-485.996	-260.752	-486.075	09/07/1985	20/05/2022	265.055	0.0001	0.0022	0.0460	560.371	0.0000	0.0000	Stable
122	-260.766	-485.996	-260.766	-486.076	09/07/1985	20/05/2022	-75.091	0.0006	0.0493	0.2262	516.701	-66.401	-0.1801	Stable
123	-260.776	-485.997	-260.773	-486.077	09/07/1985	20/05/2022	258.839	-0.0000	0.0001	-0.0107	438.077	-304.031	-0.8248	Stable
124	-260.785	-485.997	-260.782	-486.077	09/07/1985	20/05/2022	335.964	-0.0001	0.0009	-0.0254	367.545	-223.739	-0.6069	Stable
125	-260.793	-485.997	-260.793	-486.077	09/07/1985	20/05/2022	448.070	-0.0002	0.0107	-0.0848	323.724	-193.956	-0.5261	Stable
126	-260.802	-485.997	-260.802	-486.077	09/07/1985	20/05/2022	389.465	-0.0001	0.0039	-0.0479	361.715	-165.395	-0.4487	Stable
127	-260.813	-485.997	-260.809	-486.077	09/07/1985	20/05/2022	556.221	-0.0006	0.0985	-0.2148	300.033	-233.919	-0.6346	Stable
128	-260.820	-485.997	-260.819	-486.077	09/07/1985	20/05/2022	454.219	-0.0004	0.0646	-0.1573	239.237	-192.036	-0.5209	Stable
129	-260.829	-485.997	-260.828	-486.077	09/07/1985	20/05/2022	394.542	-0.0003	0.0212	-0.0999	265.546	-147.803	-0.4010	Stable
130	-260.840	-485.998	-260.836	-486.078	09/07/1985	20/05/2022	644.083	-0.0009	0.1836	-0.3208	270.177	-270.177	-0.7329	Stable
131	-260.845	-485.997	-260.848	-486.077	09/07/1985	20/05/2022	440.337	-0.0004	0.0463	-0.1352	269.860	-147.920	-0.4013	Stable
132	-260.854	-485.997	-260.857	-486.077	09/07/1985	20/05/2022	354.255	-0.0004	0.0289	-0.1338	269.858	-162.536	-0.4409	Stable
133	-260.863	-485.996	-260.866	-486.076	09/07/1985	20/05/2022	226.022	-0.0001	0.0019	-0.0328	269.829	-147.903	-0.4012	Stable
134	-260.873	-485.996	-260.875	-486.076	09/07/1985	20/05/2022	515.091	-0.0008	0.2247	-0.3097	266.852	-266.852	-0.7239	Stable
135	-260.880	-485.996	-260.886	-486.075	09/07/1985	20/05/2022	269.904	-0.0004	0.0305	-0.1313	293.136	-170.541	-0.4626	Stable
136	-260.893	-485.995	-260.891	-486.075	09/07/1985	20/05/2022	19.767	0.0003	0.0097	0.0924	318.067	-82.493	-0.2238	Stable
137	-260.901	-485.996	-260.901	-486.076	09/07/1985	20/05/2022	413.241	-0.0002	0.0547	-0.0670	139.202	-51.182	-0.1388	Stable
138	-260.907	-485.995	-260.913	-486.075	09/07/1985	20/05/2022	682.844	-0.0010	0.2833	-0.3707	311.464	-27.135	-0.0736	Stable
139	-260.918	-485.995	-260.920	-486.075	09/07/1985	20/05/2022	622.320	-0.0007	0.1797	-0.2572	295.478	-32.912	-0.0893	Stable
140	-260.927	-485.995	-260.929	-486.075	09/07/1985	20/05/2022	693.810	-0.0008	0.3438	-0.3082	249.658	-49.170	-0.1334	Stable

141	-260.938	-485.995	-260.936	-486.075	09/07/1985	20/05/2022	868.967	-0.0012	0.3408	-0.4509	301.797	-77.304	-0.2097	Stable
142	-260.944	-485.994	-260.948	-486.074	09/07/1985	20/05/2022	772.316	-0.0011	0.2915	-0.4151	338.253	-91.878	-0.2492	Stable
143	-260.952	-485.993	-260.957	-486.073	09/07/1985	20/05/2022	507.532	-0.0005	0.0970	-0.1832	230.730	63.095	0.1712	Stable
144	-260.963	-485.992	-260.965	-486.073	09/07/1985	20/05/2022	617.545	-0.0009	0.3858	-0.3110	185.892	-106.221	-0.2881	Stable
145	-260.972	-485.992	-260.974	-486.072	09/07/1985	20/05/2022	750.849	-0.0011	0.6823	-0.4164	183.576	-106.652	-0.2893	Stable

ANEXO 25 – RESULTADO DA ANÁLISE DSAS (CADA ID REPRESENTA UM TRANSECTO) – PONTO 06

ID	Latitude inicial	Longitude inicial	Latitude final	Longitude final	Data inicial	Data final	Intercepto	Inclinação	r²	LRR	SCE	NSM	EPR	Classe
146	-260.972	-485.993	-260.991	-486.070	09/07/1985	20/05/2022	873.749	-0.0015	0.6645	-0.5655	260.107	-231.167	-0.6271	Eroded
147	-260.989	-485.990	-260.993	-486.070	09/07/1985	20/05/2022	978.312	-0.0020	0.5853	-0.7373	360.829	-218.255	-0.5921	Eroded
148	-260.995	-485.990	-261.004	-486.069	09/07/1985	20/05/2022	913.137	-0.0018	0.4967	-0.6428	323.307	-197.391	-0.5355	Eroded
149	-261.005	-485.988	-261.012	-486.068	09/07/1985	20/05/2022	821.567	-0.0016	0.3488	-0.5665	334.005	-185.482	-0.5032	Eroded
150	-261.004	-485.989	-261.031	-486.064	09/07/1985	20/05/2022	875.621	-0.0018	0.5655	-0.6649	304.350	-228.561	-0.6200	Eroded
151	-261.021	-485.986	-261.032	-486.065	09/07/1985	20/05/2022	876.283	-0.0017	0.7445	-0.6336	274.338	-274.338	-0.7442	Eroded
152	-261.070	-486.023	-260.998	-486.028	29/05/2005	12/05/2022	-465.621	0.0027	0.4566	0.9946	271.686	271.686	16.026	Accreted
153	-261.037	-485.986	-261.044	-486.066	09/07/1985	20/05/2022	1.144.285	-0.0020	0.9027	-0.7374	277.009	-266.872	-0.7240	Eroded
154	-261.045	-485.986	-261.053	-486.066	09/07/1985	20/05/2022	1.359.536	-0.0024	0.8089	-0.8668	427.692	-301.430	-0.8177	Eroded
155	-261.057	-485.984	-261.057	-486.064	09/07/1985	20/05/2022	1.351.372	-0.0028	0.9462	-10.109	449.424	-354.068	-0.9605	Critically Eroded
156	-261.060	-485.983	-261.072	-486.062	09/07/1985	20/05/2022	1.157.648	-0.0023	0.8458	-0.8410	362.396	-233.961	-0.6347	Eroded
157	-261.065	-485.984	-261.082	-486.062	09/07/1985	20/05/2022	1.314.132	-0.0023	0.8829	-0.8533	318.047	-295.565	-0.8018	Eroded
158	-261.103	-485.993	-261.052	-486.050	09/07/1985	20/05/2022	1.846.220	-0.0037	0.7946	-13.635	727.184	-623.445	-16.912	Critically Eroded
159	-261.079	-485.978	-261.089	-486.058	09/07/1985	20/05/2022	150.116	-0.0002	0.0061	-0.0557	276.896	-178.797	-0.4850	Stable
160	-261.082	-485.979	-261.103	-486.056	09/07/1985	20/05/2022	410.884	-0.0006	0.2020	-0.2280	240.728	-68.272	-0.1852	Stable
161	-261.080	-485.981	-261.117	-486.050	09/07/1985	20/05/2022	117.024	0.0001	0.0100	0.0401	148.399	68.994	0.1872	Stable
162	-261.103	-485.976	-261.112	-486.055	09/07/1985	20/05/2022	990.668	-0.0021	0.8579	-0.7753	300.245	-296.806	-0.8052	Eroded

163	-261.102	-485.981	-261.125	-486.057	09/07/1985	20/05/2022	1.527.425	-0.0024	0.8087	-0.8674	382.492	-302.849	-0.8215	Eroded
164	-261.123	-485.976	-261.115	-486.055	09/07/1985	20/05/2022	1.222.757	-0.0023	0.8331	-0.8432	373.766	-204.050	-0.5535	Eroded
165	-261.110	-485.980	-261.145	-486.050	09/07/1985	20/05/2022	1.388.087	-0.0025	0.8919	-0.9224	369.226	-325.962	-0.8842	Eroded
166	-261.112	-485.983	-261.161	-486.042	09/07/1985	20/05/2022	1.277.351	-0.0024	0.8787	-0.8799	346.278	-300.224	-0.8144	Eroded
167	-261.172	-485.988	-261.115	-486.036	09/07/1985	20/05/2022	2.232.684	-0.0043	0.7941	-15.708	774.434	-425.751	-11.549	Critically Eroded
168	-261.119	-485.993	-261.184	-486.028	09/07/1985	20/05/2022	2.035.705	-0.0040	0.8132	-14.779	696.858	-406.632	-11.031	Critically Eroded
169	-261.156	-485.967	-261.162	-486.047	09/07/1985	20/05/2022	263.815	-0.0005	0.2192	-0.1656	145.296	-81.558	-0.2212	Stable
170	-261.166	-485.968	-261.168	-486.048	09/07/1985	20/05/2022	836.343	-0.0016	0.6477	-0.5679	313.422	-155.946	-0.4230	Eroded
171	-261.173	-485.966	-261.178	-486.046	09/07/1985	20/05/2022	904.044	-0.0018	0.6640	-0.6394	309.435	-163.537	-0.4436	Eroded
172	-261.178	-485.965	-261.191	-486.044	09/07/1985	20/05/2022	1.084.055	-0.0020	0.6564	-0.7170	358.246	-219.483	-0.5954	Eroded
173	-261.190	-485.965	-261.197	-486.044	09/07/1985	20/05/2022	876.831	-0.0012	0.5678	-0.4498	252.928	-105.597	-0.2865	Stable
174	-261.193	-485.963	-261.211	-486.041	09/07/1985	20/05/2022	771.663	-0.0013	0.6281	-0.4770	296.197	-228.892	-0.6209	Stable
175	-261.204	-485.960	-261.217	-486.039	09/07/1985	20/05/2022	685.562	-0.0013	0.5613	-0.4571	329.396	-210.515	-0.5711	Stable
176	-261.211	-485.959	-261.228	-486.037	09/07/1985	20/05/2022	721.936	-0.0014	0.5721	-0.5258	317.912	-215.385	-0.5843	Eroded
177	-261.223	-485.957	-261.234	-486.036	09/07/1985	20/05/2022	752.830	-0.0013	0.5873	-0.4878	291.981	-220.028	-0.5969	Stable
178	-261.214	-485.964	-261.260	-486.026	09/07/1985	20/05/2022	1.006.302	-0.0019	0.5709	-0.7002	366.618	-322.929	-0.8760	Eroded
179	-261.242	-485.953	-261.249	-486.032	09/07/1985	20/05/2022	995.756	-0.0019	0.5246	-0.7038	443.753	-293.302	-0.7956	Eroded
180	-261.249	-485.952	-261.260	-486.031	09/07/1985	20/05/2022	1.551.176	-0.0029	0.6249	-10.628	561.188	-419.885	-11.390	Critically Eroded
181	-261.256	-485.950	-261.271	-486.028	09/07/1985	20/05/2022	1.394.145	-0.0025	0.6604	-0.9009	440.260	-368.743	-10.003	Eroded
182	-261.265	-485.948	-261.279	-486.027	09/07/1985	20/05/2022	1.343.131	-0.0024	0.5687	-0.8795	444.742	-323.964	-0.8788	Eroded
183	-261.274	-485.946	-261.288	-486.025	09/07/1985	20/05/2022	1.188.397	-0.0021	0.6061	-0.7657	400.601	-230.723	-0.6259	Eroded
184	-261.301	-485.946	-261.279	-486.022	09/07/1985	20/05/2022	1.528.684	-0.0027	0.5741	-0.9997	508.873	-238.652	-0.6474	Eroded
185	-261.289	-485.943	-261.309	-486.020	09/07/1985	20/05/2022	1.029.460	-0.0020	0.6173	-0.7124	418.931	-146.303	-0.3969	Eroded
186	-261.309	-485.940	-261.306	-486.020	09/07/1985	20/05/2022	1.348.812	-0.0028	0.7010	-10.250	436.009	-382.284	-10.370	Critically Eroded
187	-261.302	-485.942	-261.331	-486.015	09/07/1985	20/05/2022	1.358.550	-0.0025	0.4934	-0.9220	466.884	-373.390	-10.129	Eroded

ANEXO 26 – RESULTADO DA ANÁLISE DSAS (CADA ID REPRESENTA UM TRANSECTO) – PONTO 07

ID	Latitude inicial	Longitude inicial	Latitude final	Longitude final	Data inicial	Data final	Intercepto	Inclinação	r ²	LRR	SCE	NSM	EPR	Classe
188	-261.308	-485.938	-261.340	-486.009	09/07/1985	20/05/2022	307.836	-0.0003	0.0135	-0.1130	352.448	13.662	0.0371	Stable
189	-261.323	-485.930	-261.341	-486.008	09/07/1985	20/05/2022	231.299	-0.0002	0.0227	-0.0632	214.270	-37.454	-0.1016	Stable
190	-261.332	-485.927	-261.349	-486.005	09/07/1985	20/05/2022	838.887	-0.0016	0.4501	-0.5804	325.856	-161.869	-0.4391	Eroded
191	-261.339	-485.925	-261.360	-486.002	09/07/1985	20/05/2022	258.453	-0.0003	0.0313	-0.1041	241.019	-124.314	-0.3372	Stable
192	-261.355	-485.921	-261.362	-486.001	09/07/1985	20/05/2022	356.869	-0.0005	0.0839	-0.1928	321.549	32.084	0.0870	Stable
193	-261.356	-485.921	-261.378	-485.997	09/07/1985	20/05/2022	950.556	-0.0018	0.4434	-0.6445	378.068	-234.413	-0.6359	Eroded
194	-261.366	-485.917	-261.385	-485.995	09/07/1985	20/05/2022	1.185.300	-0.0022	0.8122	-0.7998	327.235	-274.711	-0.7452	Eroded
195	-261.375	-485.915	-261.394	-485.992	09/07/1985	20/05/2022	1.334.278	-0.0026	0.8140	-0.9530	385.797	-371.152	-10.068	Eroded
196	-261.383	-485.912	-261.403	-485.989	09/07/1985	20/05/2022	1.270.600	-0.0025	0.8473	-0.9169	332.843	-332.843	-0.9029	Eroded
197	-261.391	-485.909	-261.412	-485.986	09/07/1985	20/05/2022	1.266.749	-0.0026	0.8380	-0.9327	366.552	-327.331	-0.8880	Eroded
198	-261.390	-485.908	-261.425	-485.978	09/07/1985	20/05/2022	542.721	-0.0012	0.3608	-0.4214	269.456	-210.296	-0.5705	Stable
199	-261.379	-485.955	-261.447	-485.929	12/05/2022	20/05/2022	259.443.823	-0.5802	0.0000	-2.117.641	46.412	-46.412	- 2.119.048	Critically Eroded
200	-261.409	-485.900	-261.431	-485.976	09/07/1985	20/05/2022	617.734	-0.0011	0.3866	-0.4053	279.372	-188.688	-0.5119	Stable
201	-261.413	-485.899	-261.444	-485.971	09/07/1985	20/05/2022	846.361	-0.0015	0.6993	-0.5561	301.949	-181.450	-0.4922	Eroded
202	-261.461	-485.907	-261.410	-485.964	09/07/1985	20/05/2022	3.220.841	-0.0059	0.7947	-21.450	1.102.988	-848.050	-23.005	Critically Eroded
203	-261.431	-485.894	-261.455	-485.969	09/07/1985	20/05/2022	1.333.191	-0.0026	0.8089	-0.9645	444.626	-365.572	-0.9917	Eroded
204	-261.439	-485.890	-261.464	-485.966	09/07/1985	20/05/2022	1.755.041	-0.0037	0.8855	-13.564	674.252	-614.474	-16.669	Critically Eroded
205	-261.448	-485.887	-261.472	-485.962	09/07/1985	20/05/2022	2.423.091	-0.0054	0.9494	-19.602	844.432	-830.962	-22.542	Critically Eroded
206	-261.456	-485.883	-261.481	-485.959	09/07/1985	20/05/2022	1.967.058	-0.0040	0.9265	-14.458	622.917	-547.343	-14.848	Critically Eroded
207	-261.467	-485.879	-261.487	-485.956	09/07/1985	20/05/2022	2.159.002	-0.0045	0.9046	-16.401	667.208	-666.430	-18.078	Critically Eroded
208	-261.475	-485.876	-261.496	-485.953	09/07/1985	20/05/2022	1.907.053	-0.0037	0.8224	-13.591	605.196	-505.226	-13.705	Critically Eroded
209	-261.485	-485.871	-261.500	-485.949	09/07/1985	20/05/2022	1.476.785	-0.0032	0.7583	-11.703	583.955	-505.023	-13.700	Critically Eroded

210	-261.485	-485.871	-261.517	-485.943	09/07/1985	20/05/2022	1.647.871	-0.0038	0.5406	-13.751	759.789	-700.752	-19.010	Critically Eroded
211	-261.488	-485.872	-261.532	-485.936	09/07/1985	20/05/2022	2.311.751	-0.0050	0.7393	-18.148	918.245	-733.657	-19.902	Critically Eroded
212	-261.510	-485.861	-261.524	-485.940	09/07/1985	20/05/2022	1.868.885	-0.0042	0.8165	-15.338	705.705	-687.645	-18.654	Critically Eroded
213	-261.559	-485.896	-261.488	-485.907	16/04/1995	20/05/2022	2.662.176	-0.0048	0.3402	-17.384	939.379	-142.315	-0.5253	Critically Eroded
214	-261.519	-485.861	-261.542	-485.937	09/07/1985	20/05/2022	2.505.624	-0.0053	0.8386	-19.261	870.118	-837.665	-22.724	Critically Eroded
215	-261.527	-485.858	-261.551	-485.934	09/07/1985	20/05/2022	2.658.721	-0.0058	0.8491	-20.996	939.654	-912.517	-24.754	Critically Eroded
216	-261.535	-485.855	-261.561	-485.930	09/07/1985	20/05/2022	2.919.723	-0.0064	0.8610	-23.486	1.034.274	-1.034.274	-28.057	Critically Eroded
217	-261.543	-485.851	-261.569	-485.926	09/07/1985	20/05/2022	3.439.129	-0.0074	0.9514	-27.104	1.191.171	-1.191.171	-32.313	Critically Eroded
218	-261.551	-485.848	-261.578	-485.922	09/07/1985	20/05/2022	3.063.917	-0.0062	0.8495	-22.601	1.118.420	-1.006.386	-27.301	Critically Eroded
219	-261.556	-485.844	-261.586	-485.917	09/07/1985	20/05/2022	2.718.956	-0.0057	0.8255	-20.973	1.003.619	-887.822	-24.084	Critically Eroded
220	-261.564	-485.839	-261.594	-485.912	09/07/1985	20/05/2022	2.627.682	-0.0055	0.8525	-19.914	856.774	-856.774	-23.242	Critically Eroded
221	-261.566	-485.837	-261.607	-485.904	09/07/1985	20/05/2022	3.130.145	-0.0068	0.8918	-24.924	991.506	-991.506	-26.897	Critically Eroded
222	-261.574	-485.832	-261.614	-485.898	09/07/1985	20/05/2022	2.930.866	-0.0063	0.7748	-22.908	998.837	-998.837	-27.096	Critically Eroded
223	-261.585	-485.824	-261.618	-485.896	09/07/1985	20/05/2022	2.281.832	-0.0049	0.6502	-18.006	900.219	-900.219	-24.421	Critically Eroded
224	-261.587	-485.824	-261.633	-485.886	09/07/1985	20/05/2022	1.927.637	-0.0041	0.7319	-14.902	675.589	-675.589	-18.327	Critically Eroded

ANEXO 27 – RESULTADO DA ANÁLISE DSAS (CADA ID REPRESENTA UM TRANSECTO) – PONTO 08

ID	Latitude inicial	Longitude inicial	Latitude final	Longitude final	Data inicial	Data final	Intercepto	Inclinação	r ²	LRR	SCE	NSM	EPR	Classe
225	-261.594	-485.818	-261.640	-485.879	09/07/1985	20/05/2022	953.822	-0.0020	0.6625	-0.7296	304.633	-280.670	-0.7614	Eroded
226	-261.607	-485.808	-261.642	-485.879	09/07/1985	20/05/2022	725.461	-0.0013	0.4171	-0.4787	344.845	-134.931	-0.3660	Stable
227	-261.623	-485.802	-261.643	-485.879	09/07/1985	20/05/2022	243.478	-0.0002	0.0056	-0.0581	361.636	98.816	0.2681	Stable
228	-261.641	-485.798	-261.642	-485.878	09/07/1985	20/05/2022	530.490	-0.0008	0.1332	-0.2940	368.004	97.756	0.2652	Stable
229	-261.650	-485.798	-261.652	-485.878	09/07/1985	20/05/2022	1.334.926	-0.0028	0.3936	-10.150	552.263	-226.920	-0.6156	Critically Eroded
230	-261.658	-485.799	-261.658	-485.879	09/07/1985	20/05/2022	1.873.948	-0.0038	0.6273	-13.892	580.142	-305.885	-0.8298	Critically Eroded
231	-261.660	-485.800	-261.670	-485.879	09/07/1985	20/05/2022	2.378.597	-0.0051	0.8556	-18.496	685.605	-477.249	-12.946	Critically Eroded
232	-261.678	-485.804	-261.661	-485.882	09/07/1985	20/05/2022	3.838.598	-0.0079	0.8744	-28.967	1.386.977	-1.109.344	-30.093	Critically Eroded
233	-261.677	-485.799	-261.676	-485.879	09/07/1985	20/05/2022	3.058.365	-0.0068	0.8959	-24.674	1.118.771	-1.066.159	-28.922	Critically Eroded
234	-261.683	-485.799	-261.687	-485.880	09/07/1985	20/05/2022	3.528.046	-0.0079	0.8835	-28.705	1.230.344	-1.079.334	-29.279	Critically Eroded
235	-261.692	-485.799	-261.696	-485.879	09/07/1985	20/05/2022	3.668.463	-0.0084	0.8802	-30.597	1.210.211	-1.083.266	-29.386	Critically Eroded
236	-261.706	-485.800	-261.696	-485.880	09/07/1985	20/05/2022	3.491.008	-0.0078	0.8540	-28.613	1.151.343	-1.137.254	-30.851	Critically Eroded
237	-261.713	-485.797	-261.703	-485.877	09/07/1985	20/05/2022	2.499.476	-0.0058	0.8049	-21.111	891.468	-887.450	-24.074	Critically Eroded
238	-261.711	-485.801	-261.717	-485.881	09/07/1985	20/05/2022	2.548.669	-0.0054	0.6293	-19.638	913.040	-862.606	-23.400	Critically Eroded
239	-261.739	-485.806	-261.703	-485.876	09/07/1985	20/05/2022	1.472.402	-0.0034	0.5692	-12.391	591.073	-531.513	-14.419	Critically Eroded
240	-261.747	-485.812	-261.711	-485.881	09/07/1985	20/05/2022	978.608	-0.0021	0.6748	-0.7827	434.281	-325.452	-0.8829	Eroded
241	-261.756	-485.825	-261.706	-485.883	09/07/1985	20/05/2022	2.012.799	-0.0039	0.7482	-14.249	776.028	-375.401	-10.184	Critically Eroded

ANEXO 28 – RESULTADO DA ANÁLISE DSAS (CADA ID REPRESENTA UM TRANSECTO) – PONTO 09

ID	Latitude inicial	Longitude inicial	Latitude final	Longitude final	Data inicial	Data final	Intercepto	Inclinação	r ²	LRR	SCE	NSM	EPR	Classe
242	-261.758	-485.826	-261.719	-485.894	09/07/1985	20/05/2022	908.299	-0.0013	0.3370	-0.4842	405.377	-74.399	-0.2018	Stable
243	-261.778	-485.879	-261.711	-485.850	09/07/1985	20/05/2022	338.984	-0.0002	0.0043	-0.0559	338.809	-107.286	-0.2910	Stable
244	-261.776	-485.844	-261.725	-485.900	09/07/1985	20/05/2022	16.545	0.0001	0.0637	0.0347	52.243	20.003	0.0543	Stable
245	-261.779	-485.851	-261.729	-485.909	09/07/1985	20/05/2022	472.977	-0.0007	0.1364	-0.2587	289.130	-37.260	-0.1011	Stable
246	-261.786	-485.858	-261.736	-485.916	09/07/1985	20/05/2022	262.472	-0.0003	0.0396	-0.1238	269.608	-14.530	-0.0394	Stable
247	-261.794	-485.868	-261.740	-485.921	09/07/1985	20/05/2022	-59.069	0.0005	0.0799	0.1816	273.941	0.4255	0.0115	Stable
248	-261.802	-485.881	-261.742	-485.925	09/07/1985	20/05/2022	-108.667	0.0004	0.2195	0.1529	119.849	0.0000	0.0000	Stable
249	-261.808	-485.892	-261.745	-485.931	09/07/1985	20/05/2022	117.964	-0.0002	0.0655	-0.0630	92.282	31.414	0.0852	Stable
250	-261.812	-485.901	-261.749	-485.939	09/07/1985	20/05/2022	-174.523	0.0006	0.2821	0.2360	160.135	160.135	0.4344	Stable
251	-261.817	-485.910	-261.754	-485.948	09/07/1985	20/05/2022	102.586	-0.0001	0.0045	-0.0337	189.519	-78.816	-0.2138	Stable
252	-261.824	-485.926	-261.755	-485.949	09/07/1985	20/05/2022	297.163	-0.0005	0.2234	-0.1952	159.872	-159.872	-0.4337	Stable
253	-261.826	-485.936	-261.757	-485.959	09/07/1985	20/05/2022	115.304	-0.0002	0.0179	-0.0554	127.289	-127.289	-0.3453	Stable
254	-261.827	-485.943	-261.760	-485.971	09/07/1985	20/05/2022	378.926	-0.0004	0.3895	-0.1567	112.002	0.0000	0.0000	Stable
255	-261.830	-485.952	-261.763	-485.981	09/07/1985	20/05/2022	308.211	-0.0003	0.0985	-0.1104	143.579	53.706	0.1457	Stable
256	-261.833	-485.962	-261.766	-485.990	09/07/1985	20/05/2022	223.867	-0.0000	0.0014	-0.0121	115.267	27.113	0.0736	Stable
257	-261.835	-485.967	-261.771	-486.004	09/07/1985	20/05/2022	49.944	0.0003	0.0259	0.0923	293.310	67.481	0.1831	Stable
258	-261.839	-485.975	-261.775	-486.012	09/07/1985	20/05/2022	-181.588	0.0008	0.1989	0.2879	281.378	138.222	0.3750	Stable
259	-261.845	-485.991	-261.777	-486.015	09/07/1985	20/05/2022	113.418	-0.0000	0.0012	-0.0114	135.725	38.494	0.1044	Stable
260	-261.845	-485.995	-261.780	-486.031	09/07/1985	20/05/2022	-271.291	0.0014	0.2237	0.5208	503.735	0.0000	0.0000	Stable
261	-261.848	-486.004	-261.784	-486.040	09/07/1985	20/05/2022	-4.221.027	0.0128	0.4118	46.798	2.825.853	0.0000	0.0000	Stable
262	-261.851	-486.010	-261.790	-486.052	09/07/1985	20/05/2022	-18.990	0.0004	0.0834	0.1415	191.963	81.520	0.2211	Stable
263	-261.856	-486.017	-261.796	-486.061	09/07/1985	20/05/2022	-92.803	0.0005	0.2110	0.1651	97.879	95.203	0.2583	Stable
264	-261.866	-486.038	-261.795	-486.056	09/07/1985	20/05/2022	291.032	-0.0005	0.0972	-0.1749	157.259	-157.259	-0.4266	Stable
265	-261.859	-486.028	-261.808	-486.084	09/07/1985	20/05/2022	-0.3265	0.0002	0.0273	0.0710	136.475	-15.052	-0.0408	Stable

266	-261.871	-486.049	-261.805	-486.081	09/07/1985	20/05/2022	415.272	-0.0007	0.2293	-0.2423	143.206	-129.045	-0.3501	Stable
267	-261.874	-486.059	-261.808	-486.090	09/07/1985	20/05/2022	520.266	-0.0010	0.4150	-0.3496	225.969	-123.153	-0.3341	Stable
268	-261.878	-486.071	-261.810	-486.096	09/07/1985	20/05/2022	44.632	-0.0000	0.0028	-0.0084	38.497	-38.497	-0.1044	Stable
269	-261.883	-486.083	-261.813	-486.102	09/07/1985	20/05/2022	117.541	-0.0003	0.1507	-0.0994	90.407	-82.463	-0.2237	Stable
270	-261.885	-486.105	-261.813	-486.100	09/07/1985	20/05/2022	485.126	-0.0008	0.5637	-0.2914	135.173	-135.173	-0.3667	Stable
271	-261.884	-486.115	-261.813	-486.110	09/07/1985	20/05/2022	421.658	-0.0005	0.6504	-0.1882	90.267	-55.755	-0.1512	Stable
272	-261.883	-486.132	-261.813	-486.113	09/07/1985	20/05/2022	352.790	-0.0006	0.4173	-0.2341	133.858	-38.140	-0.1035	Stable
273	-261.881	-486.141	-261.811	-486.123	09/07/1985	20/05/2022	147.856	-0.0001	0.0050	-0.0324	188.869	74.027	0.2008	Stable
274	-261.878	-486.150	-261.808	-486.133	09/07/1985	20/05/2022	-0.7203	0.0004	0.0831	0.1580	203.711	135.408	0.3673	Stable
275	-261.876	-486.161	-261.806	-486.141	09/07/1985	20/05/2022	125.524	0.0001	0.0063	0.0391	160.241	83.262	0.2259	Stable
276	-261.875	-486.165	-261.804	-486.156	09/07/1985	20/05/2022	165.530	0.0001	0.0010	0.0283	263.722	130.119	0.3530	Stable
277	-261.874	-486.175	-261.803	-486.166	09/07/1985	20/05/2022	228.784	0.0000	0.0000	0.0008	313.213	86.119	0.2336	Stable
278	-261.874	-486.181	-261.803	-486.181	09/07/1985	20/05/2022	546.953	-0.0009	0.1035	-0.3432	298.584	15.359	0.0417	Stable
279	-261.875	-486.189	-261.803	-486.192	09/07/1985	20/05/2022	360.073	-0.0005	0.0279	-0.1727	298.737	49.015	0.1330	Stable
280	-261.875	-486.199	-261.803	-486.202	09/07/1985	20/05/2022	299.813	-0.0004	0.0207	-0.1379	298.733	134.979	0.3662	Stable
281	-261.875	-486.210	-261.803	-486.212	09/07/1985	20/05/2022	295.594	-0.0004	0.0268	-0.1589	301.248	106.698	0.2894	Stable
282	-261.875	-486.219	-261.804	-486.222	09/07/1985	20/05/2022	558.085	-0.0012	0.1567	-0.4305	304.872	44.487	0.1207	Stable
283	-261.876	-486.232	-261.804	-486.229	09/07/1985	20/05/2022	520.801	-0.0011	0.1293	-0.3965	340.286	15.002	0.0407	Stable
284	-261.862	-486.265	-261.807	-486.213	09/07/1985	20/05/2022	-327.242	0.0014	0.4353	0.5040	245.872	89.000	0.2414	Stable

ANEXO 29 - Resultado dos Desastres ocorridos no período de 1998 a 2020.

DECRETAÇÃO DE DESASTRES PELA DEFESA CÍVIL					
MÚNICÍPIOS (ARAQUARI/ BARRA DO SUL/ BARRA VELHA/ GARUVA/ ITAPOÁ/ JOINVILLE/ SÃO FRANCISCO DO SUL)					
1	2020	Balneário Barra do Sul	09/02/2020	Chuvas Intensas	SE
2	2020	Itapoá	08/02/2020	Chuvas Intensas	SE
3	2020	São Francisco do Sul	07/02/2020	Chuvas Intensas	SE
4	2019	Joinville	27/03/2019	Chuvas Intensas	SE
5	2019	Araquari	17/02/2019	Chuvas Intensas	SE
6	2019	Balneário Barra do Sul	17/02/2019	Chuvas Intensas	SE
7	2019	Barra Velha	17/02/2019	Alagamentos	SE
8	2019	Joinville	27/03/2019	Chuvas Intensas	SE
9	2018	Itapoá	18/09/2018	Erosão Costeira	SE
10	2018	Joinville	29/01/2018	Chuvas Intensas	SE
11	2017	Balneário Barra do Sul	25/03/2017	Erosão Costeira	SE
12	2017	Barra Velha	29/05/2017	Ressacas	SE
13	2017	Barra Velha	25/09/2017	Erosão Costeira	SE
14	2017	Joinville	02/02/2017	Chuvas Intensas	SE
15	2017	São Francisco do Sul	10/10/2017	Erosão Costeira	SE
16	2016	Balneário Barra do Sul	31/10/2016	Ressacas	SE
17	2016	Garuva	23/02/2016	Chuvas Intensas	SE
18	2015	Balneário Barra do Sul	27/07/2015	Erosão Costeira	SE
19	2015	Balneário Barra do Sul	28/12/2015	Inundação	SE
20	2014	Araquari	10/03/2014	Enxurrada	SE
21	2014	Araquari	08/06/2014	Enxurrada	PSE
22	2014	Araquari	13/06/2014	Enxurrada	SE
23	2014	Balneário Barra do Sul	17/02/2014	Erosão Cost	SE
24	2014	Balneário Barra do Sul	18/05/2014	Erosão Costeira	PSE
25	2014	Balneário Barra do Sul	13/06/2014	Enxurrada	SE
26	2014	São Francisco do Sul	14/02/2014	Erosão Costeira	SE
27	2014	São Francisco do Sul	15/05/2014	Erosão Costeira	PSE
28	2013	Araquari	15/05/2013	Alagamentos	SE
29	2013	Araquari	22/12/2013	Enxurrada	SE
30	2013	Balneário Barra do Sul	28/05/2013	Enxurrada	SE
31	2013	Balneário Barra do Sul	13/06/2013	Erosão	SE
32	2013	Barra Velha	09/07/2013	Enxurrada	SE
33	2013	Barra Velha	07/10/2013	Enxurrada	PSE
34	2013	Itapoá	29/11/2013	Erosão	SE
35	2013	São Francisco do Sul	24/12/2013	Lib. Química	SE
36	2011	Araquari	13/06/2011	Enxurrada	SE
37	2011	Araquari	19/07/2011	Enxurrada	PSE
38	2011	Araquari	11/09/2011	Enxurrada	PSE
39	2011	Araquari	08/12/2011	Enxurrada	SE

40	2011	Araquari	22/02/2012	Enxurrada	PSE
41	2011	Balneário Barra do Sul	24/04/2011	Enxurrada	SE
42	2011	Balneário Barra do Sul	19/07/2011	Enxurrada	PSE
43	2011	Balneário Barra do Sul	08/12/2011	Enxurrada	SE
44	2011	Balneário Barra do Sul	04/03/2012	Enxurrada	PSE
45	2011	Balneário Barra do Sul	12/03/2012	Granizo	SE
46	2011	Barra Velha	21/04/2011	Enxurrada	SE
47	2011	Barra Velha	19/07/2011	Enxurrada	PSE
48	2011	Barra Velha	28/08/2011	Ressaca	SE
49	2011	Itapoá	21/01/2011	Enxurrada	SE
50	2011	Itapoá	20/04 e 19/07/2011*	Enxurrada	PSE
51	2011	Joinville	21/04/2011	Enxurrada	SE
52	2011	Joinville	14/06/2011	Enxurrada	SE
53	2011	Joinville	18/07/2011	Enxurrada	PSE
54	2011	Joinville	12/09/2011	Enxurrada	PSE
55	2011	São Francisco do Sul	21/04/2011	Enxurrada	SE
56	2011	São Francisco do Sul	19/07/2011	Enxurrada	PSE
57	2010	Araquari	14/04/2010	Enxurrada	SE
58	2010	Araquari	13/07/2010	Enxurrada	PSE
59	2010	Araquari	16/08/2010	Enxurrada	SE
60	2010	Araquari	14/11/2010	Enxurrada	PSE
61	2010	Balneário Barra do Sul	25/07/2010	Enxurrada	SE
62	2010	Balneário Barra do Sul	30/08/2010	Ressaca	SE
63	2010	Balneário Barra do Sul	21/10/2010	Enxurrada	PSE
64	2011	Balneário Barra do Sul	23/02/2011	Ressaca	SE
65	2010	Barra Velha	26/07/2010	Enxurrada	SE
66	2010	Barra Velha	12/08/2010	Ressaca	SE
67	2010	Barra Velha	24/10/2010	Enxurrada	PSE
68	2010	Barra Velha	10/11/2010	Enxurrada	PSE
69	2010	Garuva	14/11/2010	Vendaval	SE
70	2010	Itapoá	23/01/2010	Enxurrada	SE
71	2010	Itapoá	23/04 e 22/07/2010*	Enxurrada	PSE
72	2010	Joinville	28/04/2010	Enxurrada	SE
73	2010	Joinville	11/05/2010	Vendaval	SE
74	2010	Joinville	26/07/2010	Enxurrada	PSE
75	2010	São Francisco do Sul	02/05/2010	Enxurrada	SE
76	2010	São Francisco do Sul	22/07/2010	Enxurrada	PSE
77	2009	Araquari	20/05/2009	Enxurrada	PSE
78	2009	Araquari	07/12/2009	Vendaval	SE
79	2009	Balneário Barra do Sul	05/05/2009	Enxurrada	SE
80	2009	Balneário Barra do Sul	01/06/2009	Enxurrada	PSE
81	2009	Balneário Barra do Sul	18/10/2009	Enxurrada	SE
82	2009	Balneário Barra do Sul	11/01/2010	Enxurrada	PSE
83	2009	Barra Velha	13/04/2009	Enxurrada	SE
84	2009	Barra Velha	28/05/2009	Enxurrada	PSE

85	2009	Barra Velha	07/12/2009	Vendaval	SE
86	2009	Garuva	21/05/2009	Enxurrada	PSE
87	2009	Itapoá	26/02/2009	Enxurrada	PSE
88	2009	Itapoá	15/06/2009	Enxurrada	SE
89	2009	Joinville	13/05/2009	Enxurrada	PSE
90	2009	São Francisco do Sul	20/04/2009	Enxurrada	SE
91	2009	São Francisco do Sul	03/06/2009	Enxurrada	PSE
92	2009	São Francisco do Sul	19/07/2009	Enxurrada	PSE
93	2008	Araquari	23/11/2008	Enxurrada	SE
94	2008	Balneário Barra do Sul	23/11/2008	Enxurrada	SE
95	2008	Barra velha	23/11/2008	Enxurrada	SE
96	2008	Garuva	24/11/2008	Enxurrada	SE
97	2008	Itapoá	31/01/2008	Enxurrada	SE
98	2008	Itapoá	26/11/2008	Enxurrada	ECP
99	2008	Joinville	03/03/2008	Enxurrada	SE
100	2008	Joinville	28/11/2008	Enxurrada	SE
101	2008	São Francisco do Sul	01/02/2008	Enxurrada	SE
102	2008	São Francisco do Sul	21/11/2008	Enxurrada	SE
103	2007	Garuva	26/02/2007	Enxurrada	SE
104	2007	Garuva	24/05/2007	Enxurrada	PSE
105	2007	Joinville	23/02/2007	Enxurrada	SE
106	2007	Joinville	17/05/2007	Enxurrada	PSE
107	2006	Araquari	02/10/2006	Alagamentos	SE
108	2006	Joinville	17/03/2006	Vendaval	SE
109	2005	Joinville	08/12/2006	Enchentes	SE
110	2005	Barra Velha	10/08/2005	Ciclone	SE
111	2005	Garuva	10/08/2005	Ciclone	SE
112	2005	Joinville	26/07/2005	Granizo	SE
113	2004	Araquari	29/03/2004	Erosão Laminar	SE
114	2004	Garuva	27/02/2004	Granizo	SE
115	2004	Garuva	26/05/2004	Vendaval ou Tempestades	SE
116	2004	Joinville	03/03/2004	Granizo	SE
117	2003	ITAPOÁ	27/01/2003	Enxurrada ou Inundações Bruscas	SE
118	2003	GARUVA	28/01/2003	Enxurrada ou Inundações Bruscas	SE
119	2003	JOINVILLE	29/01/2003	Enxurrada ou Inundações Bruscas	SE
120	2003	ARAQUARI	30/01/2003	Enxurrada ou Inundações Bruscas	SE
121	2002	BARRA VELHA	09/01/2002	Granizo	SE
122	2002	BARRA VELHA	14/10/2002	Relacionados c/ riscos de colapso de sobrecarga do sistema de coleta de lixo	SE
123	2001	ARAQUARI	10/02/2001	Enxurrada ou Inundação Brusca	SE
124	2001	GARUVA	14/02/2001	Enxurrada ou Inundação Brusca	SE
125	2001	JOINVILLE	21/02/2001	Enxurrada ou Inundação Brusca	SE

126	2001	SÃO FRANCISCO DO SUL	28/03/2001	Enxurrada ou Inundação Brusca	SE
127	2001	BARRA VELHA	06/05/2001	Inundações Litorâneas Provocadas pela Brusca Invasão do Mar	SE
128	2001	ITAPOÁ	06/05/2001	Inundações Litorâneas Provocadas pela Brusca Invasão do Mar	SE
129	2001	BALNEÁRIO DE BARRA DO SUL	06/05/2001	Inundações Litorâneas Provocadas pela Brusca Invasão do Mar	SE
130	2000	ITAPOÁ	16/08/2000	ACOMODAÇÃO DO SOLO (Assoreamento)	SE
131	1999	JOINVILLE	29/01/1999	ENCHENTES OU INUNDAÇÕES GRADUAIS	SE
132	1999	JOINVILLE	10/03/1999	ENCHENTES OU INUNDAÇÕES GRADUAIS	SE
133	1998	ITAPOÁ	25/02/1998	Todo o Município (chuvas fortes)	SE

***NÃO UTILIZADOS NA ANÁLISE**

LEGENDA

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA	SE
ESTADO DE CALAMIDADE PÚBLICA	ECP
PRORROGAÇÃO SE	PSE