

**Projeto Falésias**

PROJETO DE RISCO



# Projeto Falésias

**PROJETO: DIAGNÓSTICO DE RISCO DE  
DESMONORAMENTO DAS FALÉSIAS DE PIPA  
E BARRA DE TABATINGA - RN**



**Diagnóstico e apontamentos  
de medidas mitigadoras  
para o contexto de riscos nas  
falésias de Pipa e Barra de  
Tabatinga - RN**

**Prof. Dr. Rodrigo de Freitas Amorim  
Prof. Dr. Rubson Pinheiro Maia  
(Coordenadores)**

**Prof. Dr. Rodrigo de Freitas Amorim  
Prof. Dr. Rubson Pinheiro Maia  
(Coordenadores)**

**DIAGNÓSTICO E APONTAMENTOS DE  
MEDIDAS MITIGADORAS PARA O CONTEXTO  
DE RISCOS NAS FALÉSIAS DE PIPA E BARRA  
DE TABATINGA - RN**

**NATAL  
2021**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Sistema de Bibliotecas - SISBI

Catálogo de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes - CCHLA

Amorim, Rodrigo de Freitas.

Diagnóstico e apontamentos de medidas mitigadoras para o contexto de riscos nas falésias de Pipa e Barra de Tabatinga - RN / Rodrigo de Freitas Amorim; Rubson Pinheiro Maia (coordenadores). - Natal, 2021.

225f.: il.

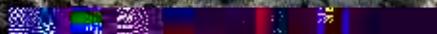
1. Falésias - Relatório. 2. Riscos - Relatório. 3. Medidas Mitigadoras - Relatório. II. Título.

RN/UF/BS-CCHLA

CDU 91(813.2)

# Projeto Falésias

2º Relatório





## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Eixos de fundamentação das perspectivas de análise.....	27
Figura 2: Metodologia síntese do Projeto GIDES (2018). ....	29
Figura 3: Metodologia de análise de perigo do Projeto GIDES (2018).....	30
Figura 4: Metodologia de análise de risco do Projeto GIDES (2018). ....	30
Figura 5: Metodologia de mapeamento de perigo e risco das Falésias de Pipa e Tabatinga/RN. ....	33
Figura 6: Fluxo de processamento aplicado aos dados GPR.....	37
Figura 7: Perfil de GPR apresentando três camadas distintas. ....	44
Figura 8: Perfil de GPR apresentando quatro camadas distintas.....	45
Figura 9: Características estratigráficas da área onde foram executados os levantamentos com GPR (Linhas 2 e 4) e Gama Ray.....	45
Figura 10: Perfil de GPR apresentando a homogeneidade litológica desse trecho...	47
Figura 11: Características estratigráficas da área onde foram executados os levantamentos com GPR (perfis 10 e 13) e Gama Ray. ....	48
Figura 12: Perfil de GPR apresentando grande diversidade de fáceis e com elevada concentração de sets de fraturas .....	49
Figura 13: Seção colunar 01, com perfilagem de raios gama, da falésia de Barra de Tabatinga. ....	51
Figura 14: Seção colunar 02, com perfilagem de raios gama, da falésia de Barra de Tabatinga. ....	54
Figura 15: Seção colunar 01, com perfilagem de raios gama, da falésia de Pipa. ....	56
Figura 16: Seção colunar 01, com perfilagem de raios gama, da falésia de Pipa. ....	58
Figura 17: Nuvem de pontos obtidos com Laser Scan de porção inicial da falésia na Praia do Centro (distrito de Pipa). ....	60
Figura 18: Visualização ortogonal da nuvem de pontos da falésia da Praia do Centro em Pipa. ....	60
Figura 19: Visualização frontal da nuvem de pontos da falésia de Barra de Tabatinga. ....	61
Figura 20: Visão em perspectiva NW-SE de Barra de Tabatinga. Detalhe para voçorocas a margem da RN063.....	64
Figura 21: Perfis topográficos das falésias de Barra de Tabatinga ±RN. ....	65

Figura 22: Tipologias de formas de voçorocas segundo Vieira (2008).....	66
Figura 23: Prancha apresentando as características das voçorocas de Tabatinga - RN.....	68
Figura 24: Voçorocas as margens da RN063.....	69
Figura 25: Compartimentos do relevo e áreas ocupadas por voçorocas. ....	70
Figura 26: Reentrância erosional da base da falésia em Barra de Tabatinga/RN.....	71
Figura 27: Elementos e processos erosivos em Falésia de Barra de Tabatinga ±RN. ....	72
Figura 28: Compartimentos do relevo em Barra de Tabatinga ±RN.....	73
Figura 29: Contato entre as unidades Tabuleiro e Duna semifixa.....	75
Figura 30: Bloco diagrama da Praia do Centro. ....	76
Figura 31: Falésia com blocos de laterita na base. Praia do Centro - Pipa/RN.....	77
Figura 32: Tabuleiro densamente ocupado na proximidade da falésia, Praia do Centro. ....	79
Figura 33: Sets de fraturas verticais e superfícies horizontais de discontinuidades gerando linhas de ruptura e colapso de blocos. ....	80
Figura 34: Densidade de fraturas na falésia onde ocorreu o colapso que vitimou uma família em novembro de 2020. ....	80
Figura 35: Fraturas verticais expostas em planos de lixiviação.....	81
Figura 36: Configuração geomorfológica da Baía dos Golfinhos. ....	83
Figura 37: Foto de Falésia na Formação Barreiras capeada por sedimentos dunares na Baía dos Golfinhos/RN. ....	84
Figura 38: Foto de Falésia modelada em sedimentos pós-barreiras. Baía dos Golfinhos/RN.....	85
Figura 39: Foto do promontório que divide Baía dos Golfinhos e a praia do Madero. Densa ocorrência de blocos de laterita protegem a base do promontório litorâneo..	86
Figura 40: Praia do Madero.....	87
Figura 41: Promontório que divide a praia do Madero e Cacimbinhas.....	88
Figura 42: Promontório que divide a praia do Madero e Cacimbinhas (Visão Frontal). ....	89
Figura 43: Praia de Cacimbinhas (Visão de sul para norte). ....	91
Figura 44: Falésia ravinada na praia de cacimbinhas (visão de sul para norte).....	92

Figura 45: Falésia ravinada apenas na superfície (Primeiro plano da fotografia) - Praia de Cacimbinhas (visão de norte para sul).....	93
Figura 46: Falésia em pacotes sedimentares lixiviados com depósitos sedimentares na base conferindo-lhe aspecto rampeado, (visão de norte para sul).....	94
Figura 47: Voçoroca circular em falésia na praia de cacimbinhas.....	95
Figura 48: Climograma para Barra de Tabatinga (2003-2020).....	99
Figura 49: Climograma para Pipa/RN (2003-2020).....	100
Figura 50: Distribuição da precipitação maior ou igual a 50 mm/dia para Barra de Tabatinga/RN. ....	101
Figura 51: Distribuição da precipitação maior ou igual a 50 mm/dia para o distrito de Pipa. ....	101
Figura 52: Perfis topográficos no ponto P1 entre fevereiro e outubro de 2021. ....	107
Figura 53: Rochas localizadas no sopé da falésia (Foto da esquerda) e ao longo do perfil P1 (Foto da direita). ....	107
Figura 54: Perfis topográficos no ponto P2 entre fevereiro e outubro de 2021. ....	108
Figura 55: Perfis topográficos no ponto P3 entre fevereiro e outubro de 2021. ....	108
Figura 56: Perfis topográficos no ponto P4 entre fevereiro e outubro de 2021. ....	109
Figura 57: Perfis topográficos no ponto P5 entre fevereiro e outubro de 2021. ....	110
Figura 58: Perfis topográficos no ponto P6 entre fevereiro e outubro de 2021. ....	110
Figura 59: Perfis topográficos no ponto P1 entre janeiro e outubro de 2021. ....	111
Figura 60: Fotos da área do perfil P1 nos meses de fevereiro (esquerda) e setembro (direita). ....	111
Figura 61: Perfis topográficos no ponto P2 entre janeiro e outubro de 2021. ....	112
Figura 62: Perfis topográficos no ponto P3 entre janeiro e outubro de 2021. ....	113
Figura 63: Perfis topográficos no ponto P4 entre janeiro e outubro de 2021. ....	113
Figura 64: Perfis topográficos no ponto P5 entre janeiro e outubro de 2021. ....	114
Figura 65: Perfis topográficos no ponto P6 entre janeiro e outubro de 2021. ....	115
Figura 66: Perfis topográficos no ponto P7 entre janeiro e setembro de 2021.....	115
Figura 67: Trecho da praia onde está localizado o perfil P1, durante a preamar de sizígia em 30/01/2021. ....	116
Figura 68: Fotomosaico mostrando os perfis praias e blocos lateritizados em porções da praia e sopé da falésia da praia de tabatinga. ....	118

Figura 69: Visão aérea do trecho do perfil P2 em Tabatinga durante o pico de preamar.....	119
Figura 70: Visão aérea do trecho da praia próximo ao perfil P3 em Tabatinga durante o pico de preamar. ....	119
Figura 71: Cemitério localizado em Pipa, próximo a borda da falésia.....	125
Figura 72: Critérios geomorfológicos para definição do perigo. ....	155
Figura 73: Esquema de demarcação de áreas de risco para a borda das falésias. ....	157
Figura 74: Exemplificação de faixa de risco na borda de falésia a ser respitada. ....	158
Figura 75: Tipos de risco identificados. ....	159
Figura 76: Identificação de intenso processo de ocupação da área.....	162
Figura 77: Configuração da ocupação no segmento 01.....	163
Figura 78: Segmento 02.....	165
Figura 79: Escarpa com presença de deslocamento em frente ao cemitério. ....	166
Figura 80: Trecho 3 ±Falésia parcialmente vegetada. ....	167
Figura 81: Semento 4 ±Falésia escalonada. ....	169
Figura 82: Promontório da Baía dos Golfinhos. ....	170
Figura 83: Baía dos Golfinhos. ....	170
Figura 84: Turistas esperando para embarcar nos passeios de lancha que saem da Praia do Centro. ....	179
Figura 85: Turistas na rua principal de Pipa (Av. Baía dos Golfinhos). ....	180
Figura 86: Modelo demonstrativo do padrão erosivo das falésias.....	183
Figura 87: Calha de drenagem da RN-003 lidando com direcionamento da água para a borda da falésia, no fim da calha formação de ravina. ....	188
Figura 88: Fotos do acidente ocorrido em março de 2012. ....	190
Figura 89: Veículos estacionados na borda da falésia. ....	191
Figura 90: Pessoa posando para foto ao lado de placa indicativa de risco.....	192
Figura 91: Escombros do antigo Hellenus. ....	193
Figura 92: Setas em vermelho indicando as construções que não estão mais em uso, localizadas na Borda da Falésia de Barra de Tabatinga, que precisam ser removidas.....	194
Figura 93: Falésias de Barra de Tabatinga, fotografia tirada na direção NW. ....	195
Figura 94: Falésias de Barra de Tabatinga, fotografia tirada na direção SE. ....	195
Figura 95: Turistas observando golfinhos e tartarugas no Mirante dos Golfinhos... ..	196

Figura 96: Centro de Artesanato de Barra de Tabatinga.....	197
Figura 97: Rendeira trabalhando no centro de artesanato de Barra de Tabatinga..	197
Figura 98: Lixo em terreno baldio ao lado do centro de artesanato. ....	198
Figura 99: Vista panorâmica da Praia do Madeiro. ....	202
Figura 100: Vista panorâmica da Praia do Madeiro. ....	203
Figura 101: Escoamento de água pluvial na borda da escarpa, praia do centro em Pipa. ....	204
Figura 102: Evidência da proteção contra a erosão em função do depósito de talus. A linha vermelha mostra a área onde as ondas atingem diretamente à base da falésia, em contraste com a área da linha amarela onde parte da energia das ondas é dissipada nos blocos de laterita. ....	207

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: documentos relacionados à ocupação na faixa de 100 metros da borda da Falésia de Tabatinga-RN.....	145
Quadro 2: Resumo das medidas mitigadoras. ....	209

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Uso e ocupação na faixa dos 10 metros em Pipa .....	124
Tabela 2: Uso e ocupação na faixa dos 10 metros em Barra de Tabatinga.....	124
Tabela 3: Uso e ocupação na faixa dos 33 metros em Pipa/RN .....	126
Tabela 4: Uso e ocupação na faixa dos 33 metros em Barra de Tabatinga.....	127
Tabela 5: Uso e ocupação na faixa dos 50 metros Pipa .....	128
Tabela 6: Uso e ocupação na faixa dos 50 metros em Barra de Tabatinga.....	128
Tabela 7: Uso e ocupação na faixa dos 100 metros em Pipa .....	130
Tabela 8:Uso e ocupação na faixa dos 100 metros em Barra de Tabatinga.....	131

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Localização da área de análise. A: Estado do Rio Grande do Norte, com quadrante vermelho indica B. B: Baías em forma de zeta, com quadrantes amarelos indicando as áreas de Barra de Tabatinga e Pipa.....	25
Mapa 2: Localização dos perfis GPR obtidos na praia de Barra de Tabatinga/RN. ...	35
Mapa 3: Localização dos perfis GPR obtidos na praia de Cacimbinhas/RN. ....	36
Mapa 4: Geomorfologia de Tabatinga ±RN.....	74
Mapa 5: Mapa Geomorfológico ±Praia do Centro ±Pipa/RN.....	82
Mapa 6: Geomorfologia da praia do Madero ±RN.....	90
Mapa 7: Geomorfologia de Cacimbinhas ±RN. ....	96
Mapa 8: Localização dos perfis praias realizados nas praias de Pipa e Tabatinga. ....	106
Mapa 9: Pontos para os quais foram feitas as projeções de elevação do nível do mar pelo IPCC. (acessado pela ferramenta Sea Level Projection Tool, em 27/10/2021). ....	121
Mapa 10: Cemitério localizado em Barra de Tabatinga, próximo a borda da falésia. ....	129
Mapa 11: Índice da área total mapeada em Pipa.....	132
Mapa 12: Índice da área total mapeada em Barra de Tabatinga.....	132
Mapa 13: Uso e cobertura da praia do Centro 01. ....	133
Mapa 14: Uso e cobertura da praia do Centro 02. ....	133
Mapa 15: Uso e cobertura da praia dos Golfinhos 01. ....	134
Mapa 16: Uso e cobertura da praia da Baía dos Golfinhos 02.....	134
Mapa 17: Uso e cobertura da praia de Golfinhos 03 e Madeiro 01. ....	135
Mapa 18: Uso e cobertura da praia do Madeiro 02. ....	135
Mapa 19: Uso e cobertura da praia de Madeiro 03. ....	136
Mapa 20: Uso e cobertura da praia de Cacimbinhas 01. ....	137
Mapa 21: Uso e cobertura da praia de Cacimbinhas 02. ....	138
Mapa 22: Uso e cobertura da praia Cacimbinhas 03. ....	139
Mapa 23: Uso e cobertura da praia de Barra Tabatinga 01. ....	140
Mapa 24: Uso e cobertura da praia de Barra Tabatinga 02. ....	140
Mapa 25: Uso e cobertura da praia de Barra Tabatinga 03. ....	141
Mapa 26: Uso e cobertura da praia de Barra Tabatinga 04. ....	142

Mapa 27: Uso e cobertura da praia de Barra Tabatinga 05. ....	143
Mapa 28: Setorização de risco na praia da Barra de Tabatinga, pela COPDEC (em fev/2019), identificando as áreas com riscos alto (R3) e muito alto (R4) de desastre no Ponto 01. ....	148
Mapa 29: Setorização de risco na praia da Barra de Tabatinga, pela COPDEC (em fev/2019), identificando as áreas com riscos alto (R3) e muito alto (R4) de desastre no Ponto 02. ....	149
Mapa 30: Setorização de risco na praia da Barra de Tabatinga, pela COPDEC (em fev/2019), identificando as áreas com riscos alto (R3) e muito alto (R4) de desastre no Ponto 03. ....	149
Mapa 31: Setorização de risco na praia da Barra de Tabatinga, pela COPDEC (em fev/2019), identificando as áreas com riscos alto (R3) e muito alto (R4) de desastre no Ponto 04. ....	150
Mapa 32: Localização dos pontos vistoriados em Barra de Tabatinga Relatório Nº 02 COPDEC/GAC/RN. ....	152
Mapa 33: Índice dos trechos mapeados. ....	161
Mapa 34: Massa de risco do segmento 2, Praia do Centro. ....	164
Mapa 35: Mapa de risco segmento 3, Praia Centro. ....	166
Mapa 36: Mapas de Risco (Demarcação na cor vermelha para a borda do tabuleiro e salmão para a base da falésia. ....	168
Mapa 37: Índice de mapeamento de risco. ....	171
Mapa 38: Risco 1 Barra de Tabatinga. ....	172
Mapa 39: Riscos Barra de Tabatinga segmento 2. ....	172
Mapa 40: Riscos Barra de Tabatinga segmento 3. ....	173
Mapa 41: Faixa de risco quanto a queda de pessoas e veículos da bora da falésia. ....	173
Mapa 42: Classificação de riscos de Cacimbinhas. ....	175
Mapa 43: Proposição de via alternativa para o tráfego de veículos pesados em Barra de Tabatinga. ....	185
Mapa 44: Trecho da RN-003 que tem sua drenagem pluvial direcionada para a borda da falésia. ....	186
Mapa 45: Trecho da RN-063 que precisa de retificação no escoamento das águas pluviais. ....	188

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP - Áreas de Preservação Permanente

ASAS - Alta Subtropical do Atlântico Sul

CIOPAER- Centro Integrado de Operações Aéreas

COPDEC ±Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil

EMPARN - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte

ENOS - El Niño Oscilação Sul

GEORADAR - Geological Radio Detection and Ranging

GNSS - Global Navigation Satellite System

GPR - Ground Penetrating Radar

GPS ±Global Positioning System

IDEMA ±Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

FIDE - Formulário de Informações de Desastre

LIDAR - Light Detection and Ranging/Laser Scanner

MDR ±Ministério do Desenvolvimento Regional

MPF - Ministério Público Federal

PMGC - Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro ±

PNGC - Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro

RN ±Rio Grande do Norte

SEC - Spherical and Exponential Compensation

SGB - Serviço Geológico do Brasil

SIG - Sistema de informações Geográficas

SIMPEDEC - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil

SNSH - Secretaria Nacional de Segurança Hídrica

TED - Termo de Execução Descentralizada

UFRN ±Universidade Federal do Rio Grande do Norte

9 § 17 ¶ Veículo aéreo não tripulado

# SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	20
1 OBJETIVO GERAL .....	24
1.1 Objetivos específicos .....	24
1.2 Localização das áreas de análise .....	24
.....	26
2 METODOLOGIA .....	27
2.1 Parâmetros utilizados na fase de levantamento de dados .....	34
2.1.1 Processamento e modelagem geofísica.....	34
2.1.2 Aquisição e interpretação de Seções Colunares e Gamaespectômetro.....	39
2.1.3 Levantamento geomorfológico.....	40
2.1.4 Morfodinâmica costeira.....	41
2.1.5 Mapeamento de uso e cobertura.....	41
3. DESCRIÇÃO GEOLÓGICA .....	44
3.1 Descrição com base nas linhas de GPR .....	44
3.2 Interpretação de Seções Colunares e Gamaespectômetro .....	49
3.3 Scaneamento das falésias .....	59
.....	62
4. GEOMORFOLOGIA .....	63
4.1 Barra de Tabatinga .....	63
4.1.1 Processos erosivos.....	65
4.1.2 Compartimentação Geomorfológica.....	73
4.2 Distrito de Pipa .....	75
4.2.1 Praia do Centro.....	75
4.2.2 Baía dos Golfinhos.....	82
4.2.3 Praia do Madero.....	86
4.2.3.1 Processos erosivos.....	87
4.2.4 Praia de Cacimbinhas.....	90
.....	98
5 PLUVIOSIDADE E EVENTOS MÁXIMOS .....	99
6 MORFODINÂMICA COSTEIRA .....	103
6.1 Panorama da Erosão no RN .....	103

<b>6.2 Resultados Preliminares .....</b>	<b>105</b>
6.2.1 Praia de Pipa.....	106
6.2.2 Praia de Tabatinga.....	111
<b>6.3 Considerações .....</b>	<b>115</b>
<b>7 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....</b>	<b>123</b>
<b>8 ANÁLISE DOCUMENTAL .....</b>	<b>145</b>
8.1 Ação Civil Pública (MPF) inquérito civil 1.28.000.001620/2016-03 .....	147
8.2 Relatório de vistoria técnica Nº 02/2019 (COPDEC).....	151
<b>9 ANÁLISE DE RISCO .....</b>	<b>155</b>
9.1 Tipologia dos riscos .....	158
9.2 Mapeamento e caracterização dos riscos .....	159
9.3.1 Mapeamento de riscos entre a Praia do Centro e Baía dos Golfinhos .....	160
9.3.2 Mapeamento de risco de Barra de Tabatinga.....	171
9.3.3 Análise de riscos em Cacimbinhas.....	175
<b>10 MEDIDAS MITIGADORAS .....</b>	<b>177</b>
10.1 Plano de desinvestimento .....	178
10.2 Medição da erosão (monitoramento) .....	182
10.3 Desvio de fluxo de veículos pesados em Barra de Tabatinga .....	184
10.4 Retificação da drenagem pluvial .....	185
10.5 Ordenamento de barracas de praia e ambulantes .....	189
10.6 Ordenamento nas falésias de Cacimbinhas .....	190
10.7 Instalação de painel com horários da maré na Praia do Centro, em Pipa .....	191
10.8 Remoção de construções interditadas na borda da falésia em Barra de Tabatinga .....	193
10.9 Plano de Aproveitamento Paisagístico (Barra de Tabatinga) .....	194
10.10 Cadastro Territorial Multifinalitário .....	200
10.11 Ordenamento dos usos na praia do Madeiro .....	202
10.12 Implantação de sistema integrado de drenagem pluvial .....	203

<b>10.13</b>	<b>Elaboração do plano de gestão integrada da orla para Tibau do Sul e Nísia Floresta .....</b>	<b>205</b>
<b>10.14</b>	<b>Treinamento e oficinas .....</b>	<b>205</b>
<b>10.15</b>	<b>Enrocamento com talus lateríticos <i>in situ</i> .....</b>	<b>206</b>
<b>11</b>	<b>PUBLICAÇÕES NA MÍDIA .....</b>	<b>212</b>
<b>12</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>214</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>220</b>

# Apresentação



## APRESENTAÇÃO

Em continuidade aos trabalhos do Termo de Execução Descentralizada (TED) Nº 10/2020/SNSH/MDR “Diagnóstico de risco de desmoronamento das Falésias Pipa e Barra de Tabatinga RN”, celebrado entre a Secretaria Nacional de Segurança Hídrica (SNSH/MDR) e a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), é apresentado o diagnóstico “Riscos e apontamentos para os riscos no contexto das falésias de Pipa e Barra de Tabatinga”.

Nessa fase, os trabalhos foram concentrados nos levantamentos de dados primários: escaneamento à *laser* das escarpas, imageamento de subsuperfície com *Ground Penetrating Radar* (GPR), segundo levantamento aerofotogramétrico com drone, descrição estratigráfica com emprego de rapel, perfilagem com *gama ray*, mapeamento de uso do solo e contagem de frequentadores das áreas de falésias.

A análise e mapeamento de riscos tomou como base as orientações metodológicas do Projeto GIDES (2018), considerando os critérios inerentes às condições geológicas, processos geomorfológicos, uso do solo, o conjunto de relatórios e análises de risco envolvendo as áreas, além de trabalhos acadêmicos disponíveis e do relato de moradores e pessoas que trabalham nos locais.

Diante da complexidade logística da coleta de dados e os perigos de inerentes às falésias condicionados pela variação das marés, realizou-se articulações com diferentes órgãos públicos: Defesa Civil do Rio Grande do Norte (RN), Ministério Público Federal, Secretaria da Segurança Pública e Defesa Social do RN, Centro Integrado de Operações Aéreas (CIOPAER), Corpo de Bombeiros do RN, com a finalidade de as ações minimizando os riscos. Os trabalhos ainda contaram com o apoio da Prefeitura Municipal de Tibau do Sul e Prefeitura Municipal de Nísia Floresta.

Concomitante ao levantamento físico em campo, foi realizado um trabalho de obtenção de informações oriunda dos donos de barracas, hotéis, pousadas, visitantes, guias de turismo, movimento ambiental. A finalidade era avaliar o contexto da importância das falésias para a identidade cultural local, o turismo e os riscos associados.

Observa-se que a natureza sistêmica dos riscos envolvendo as falésias demanda medidas de gestão do território que permitam executar diferentes ações

capazes de produzir os resultados esperados. Assim, observa-se que o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), Decreto Nº 5.300/2004, em seu art. 5º, inciso XI, destaca como um dos princípios “o comprometimento e a cooperação entre as esferas de governo, e dessas com a sociedade, no estabelecimento de políticas, planos e programas federais, estaduais e municipais” para ações na orla.

Ao longo da execução dos trabalhos, ficou evidente a importância das falésias para o desenvolvimento turístico no litoral oriental do Rio Grande do Norte, notadamente nas áreas em análises por terem um grande fluxo de visitantes diariamente. Assim, diferentes meios de comunicação buscaram informações sobre o Projeto Falésia, como resultado no período de 8 meses ocorreram 14 matérias sobre as ações do projeto, com escalas de circulação: local, regional e nacional.

É importante não perder de vista que a natureza de instabilidade das falésias não é um problema em si. Na realidade, ela gera as paisagens que atraem milhares de visitantes todos os anos. O problema está na forma como essas áreas são ocupadas e utilizadas, ou seja, não se trata de isolar essas áreas e impedir o seu acesso, mas sim de ordenar as formas de uso e que este ocorra de modo seguro.

O relatório está estruturado em 12 capítulos, sendo o primeiro constituído pelo objetivo geral e específicos. O segundo trata dos aspectos metodológicos, detalhando cada tema pesquisado, bem como a metodologia de risco e as adaptações às características da área. O terceiro capítulo apresenta o levantamento geológico e uma breve descrição das unidades identificadas; essas informações foram especialmente utilizadas na interpretação do contexto erosivo e de riscos. O quarto capítulo faz um detalhamento aprofundado dos compartimentos e processos geomorfológicos atuantes, destacando os tipos de feições que dissecam a litologia e os riscos associados.

O quinto capítulo trata da pluviosidade e os eventos máximos de chuva; essas precipitações são as que podem provocar desastres, como o que ocorreu no Bairro de Mãe Luiza, em Natal, no ano de 2014. O sexto capítulo trata da morfodinâmica, apresentando um panorama da erosão costeira no Rio Grande do Norte, juntamente com o cenário de mudança climática, elevação do nível do mar e a erosão costeira; destaca o comportamento do balaço de sedimentos nas praias em frente às falésias e a relação com o processo erosivo das escarpas. O sétimo capítulo detalha o uso e

ocupação do solo, em escala de detalhes, com os seus respectivos percentuais para diferentes faixas em relação à borda das falésias.

O oitavo capítulo apresenta uma breve análise da documentação que trata da ocupação no entorno das falésias de Barra de Tabatinga. O nono capítulo faz uma análise de detalhes das tipologias de riscos, mapeando e descrevendo os principais segmentos onde é necessária atenção mais pormenorizada em diferentes escalas de tempo. O décimo capítulo evidencia o conjunto de apontamentos para a redução dos riscos e gestão do território, levando em consideração os diferentes segmentos analisados nas duas áreas de estudo. O décimo primeiro parágrafo demonstra a importância do projeto para o Rio Grande do Norte, através das diferentes matérias publicadas na mídia. Por último, o décimo segundo capítulo finaliza com as considerações finais.

# 1 Objetivos



## 1 OBJETIVO GERAL

Realizar diagnóstico técnico-científico de caracterização e situação geomorfológica das falésias na paria de Pipa, município de Tibau do Sul e Barra de Tabatinga em Nísia Floresta no estado do Rio Grande do Norte, apontando soluções para o risco de desmoronamento, bem como indicadores para tomada de decisão e melhor governança ambiental da área.

### 1.1 Objetivos específicos

- Diagnóstico da pressão demográfica exercida pelos habitantes e turistas de Tibau do Sul e Nísia Floresta sobre o ambiente natural das falésias;
- Hierarquização tipológica das áreas de falésia que demandam mais uma maior atenção de imediato;
- Descrição estratigráfica das áreas com maior potencial de desmoronamento;
- Levantamento geofísico das áreas de falésia onde há uma maior dinâmica geomorfológica;
- Levantamento aerofotogramétrico e elaboração de modelos topográficos do relevo das áreas de análise;
- Diagnóstico da morfodinâmica costeira;
- Mapeamento de cobertura da terra e análise do uso do solo nas áreas mais críticas quanto ao desmoronamento; e
- Proposição de medidas para diminuir o risco de acidentes envolvendo moradores e turistas.

### 1.2 Localização das áreas de análise

A área de estudo compreende dois trechos da orla marítima: praias do distrito de Pipa, no município de Tibau do Sul/RN, e Barra de Tabatinga, em Nísia Floresta/RN (Mapa 1), ambos compreendem uma “seção da orla marítima abrangida por parte ou todo da unidade paisagística e geomorfológica da orla, delimitado como espaço de

intervenção e gestão”, conforme especifica o inciso XIII, Art. 2º do Decreto Nº 5.300/2004.

Mapa 1: Localização da área de análise. A: Estado do Rio Grande do Norte, com quadrante vermelho indica B. B: Baías em forma de zeta, com quadrantes amarelos indicando as áreas de Barra de Tabatinga e Pipa.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

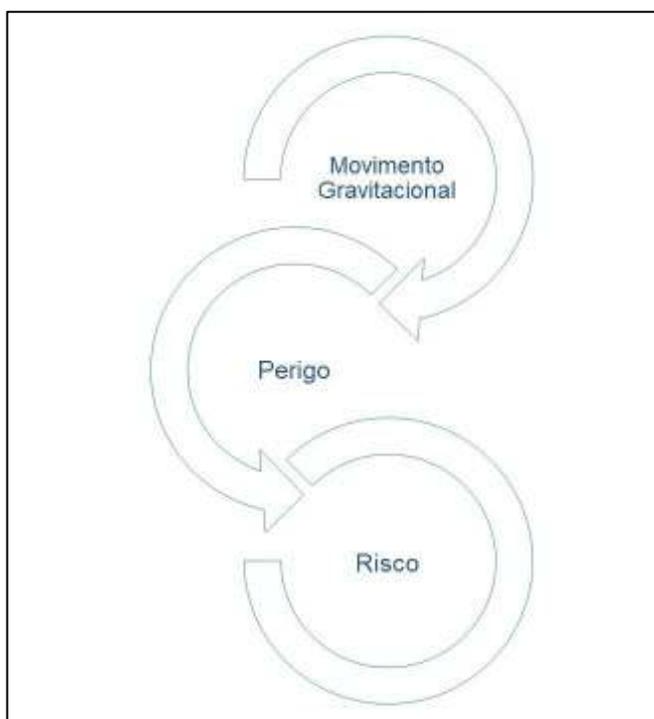
# 2 Metodologia



## 2 METODOLOGIA

No intuito de realizar o mapeamento de perigo e risco das Falésias de Pipa/RN e Tabatinga/RN, e tendo como base uma perspectiva sistêmica ancorada em uma abordagem *mult proxy*, as ações foram executadas a partir da coleta de dados com alta resolução, considerando diferentes abordagens e particularidades geológicas, geomorfológicas, dinâmica costeira, territorial, ambiental e cultural. A estruturação das atividades realizadas no âmbito deste projeto teve como base norteadora a relação condicional entre a iminência de ocorrência de movimentos gravitacionais, o perigo e consequentemente o risco (Figura 1), estabelecidos como eixos fundamentais nas análises propostas pelo Projeto GIDES (2018), implementado pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM).

Figura 1: Eixos de fundamentação das perspectivas de análise.



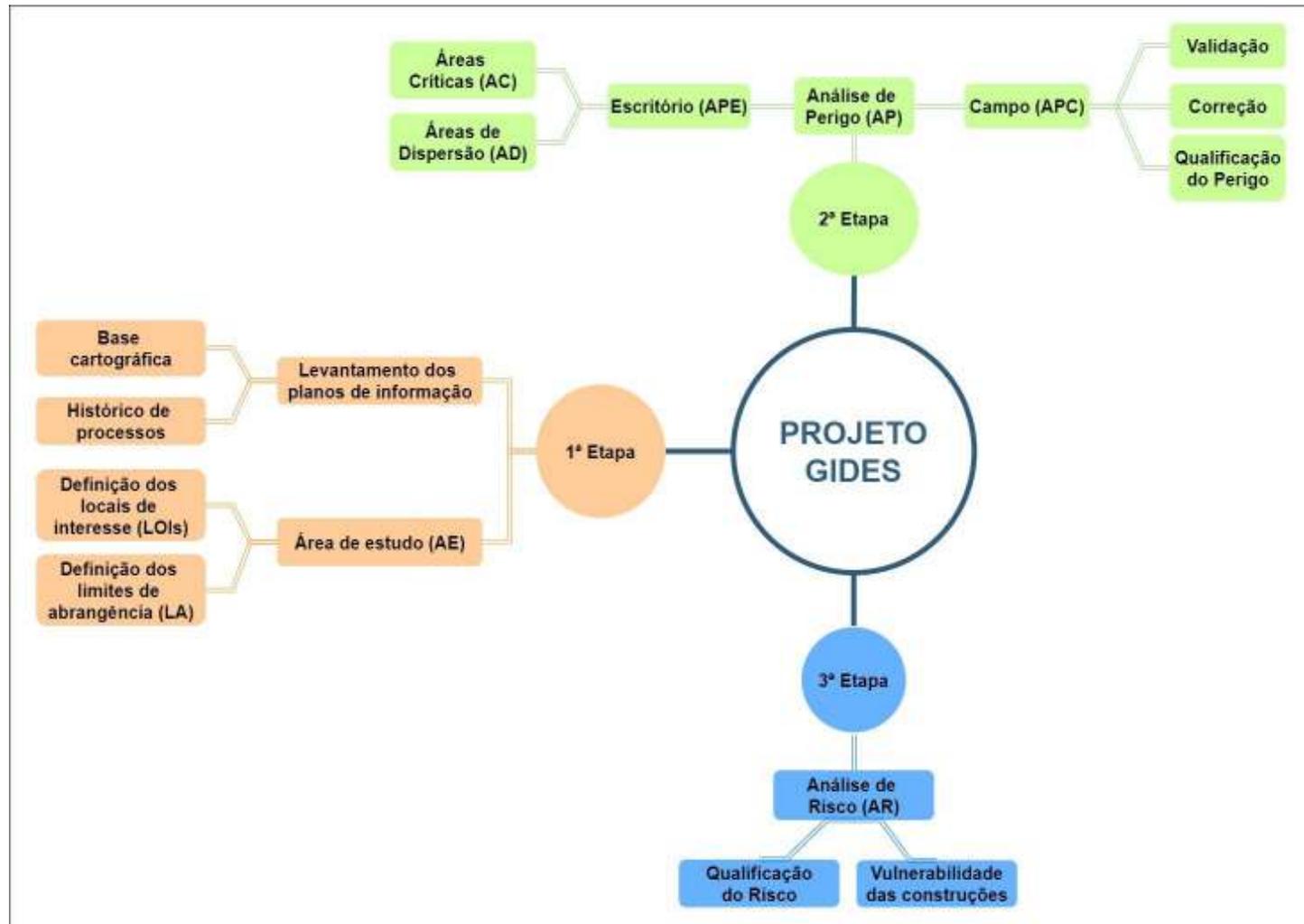
Fonte: Projeto GIDES (2018), elaborado pela equipe do Falésias.

As etapas metodológicas empregadas no Projeto GIDES (2018), exemplificadas na Figura 2, proporcionaram a base para estruturação metodológica do Projeto Falésias, tendo sido necessário adaptações, tendo em vista o contexto de risco



inerentes às falésias e ao geossistema como um todo, onde se faz necessário considerar a importância cultural da feição geomorfológica e a dimensão econômica.

Figura 2: Metodologia síntese do Projeto GIDES (2018).



Fonte: Projeto GIDES (2018), adaptado pela equipe do Projeto Falésias.

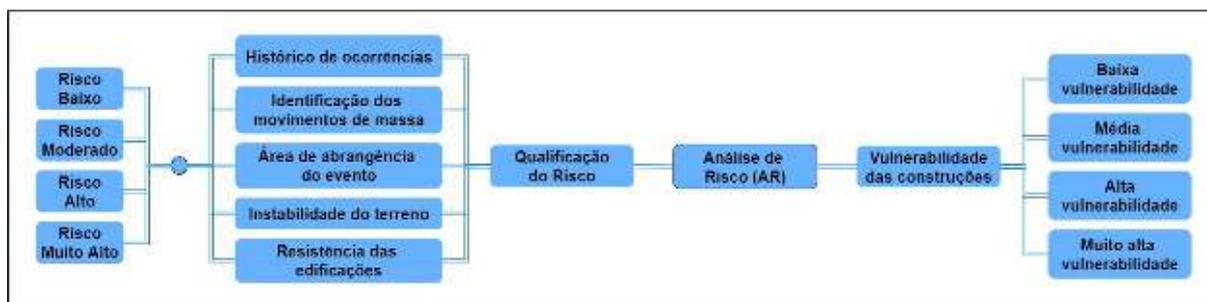
Dessa forma, foi possível realizar avaliar o perigo e risco (Figura 3 e 4), onde a análise de perigo ocorre da “caracterização dos indícios de instabilidade no terreno, concomitantes aos processos naturais de movimento gravitacional”, sendo proposto uma qualificação desse perigo em: Perigo 1, Perigo 2, Perigo 3, Perigo 4 (Projeto GIDES, 2018, p. 88). Ressalta-se que essa qualificação de observação das condições locais deve ser realizada mediante condições climatológicas normais, não considerando períodos de eventos extremos. Já a análise de risco fundamenta-se a partir de duas variáveis: “a vulnerabilidade e a qualificação do risco, considerando as consequências dos movimentos de massas para a sociedade” (Projeto GIDES, 2018, p. 88). Para a análise de vulnerabilidade, têm-se uma classificação em quatro níveis (baixa, média, alta e muito alta), considerando principalmente os tipos de edificação e seus potenciais danos a sua estrutura. Já a qualificação do risco segmenta as áreas em: Risco Baixo, Risco Moderado, Risco Alto e Muito Alto.

Figura 3: Metodologia de análise de perigo do Projeto GIDES (2018).



Fonte: Projeto GIDES (2018), adaptado pela equipe do Projeto Falésias.

Figura 4: Metodologia de análise de risco do Projeto GIDES (2018).



Fonte: Projeto GIDES (2018), adaptado pela equipe do Projeto Falésias.

Nesse sentido, partindo da perspectiva de análise do Projeto GIDES (2018), os procedimentos metodológicos para analisar o perigo e risco nas falésias do RN foi segmentado em quatro fases (Figura 5): Levantamento de dados; Análise de perigo; Análise de risco e Proposição de medidas mitigadoras.

A primeira fase refere-se à coleta *in loco* das informações que darão suporte às análises e proposições, sendo: aerolevantamento com veículo aéreo não tripulado (VANT's), mapeamento de cobertura e uso da terra, medições de parâmetros subsuperficiais com uso de GPR, medição morfológica das falésias com uso de *Light Detection and Ranging/Laser Scanner (LIDAR)*, levantamento estratigráfico com uso de *Gamma Ray*, descrição estratigráfica, medição de parâmetros estruturais usando bússola, medição da dinâmica costeira usando receptor GNSS L1/L2. Paralelamente, foi realizada uma profunda análise documental de relatórios e pareceres de órgão ambientais e da defesa civil relacionados às áreas de estudo.

Todos os parâmetros específicos para utilização desses equipamentos no levantamento de dados das falésias são descritos nos tópicos a seguir deste documento e aplicados as seguintes áreas de análise: Praia de Barra de Tabatinga (Nísia Floresta), Praia do Centro Pipa, Praia da Baía dos Golfinhos, e Falésias de Cacimbinhas (Tibau do Sul).

A segunda fase compreendeu o tratamento das informações, de maneira a possibilitar a delimitação e qualificação do perigo nos recortes espaciais em análise. A partir desse direcionamento é realizado na terceira fase a qualificação dos riscos. Para ambas as análises nas fases 2º e 3º, considerou-se como ponto inicial a delimitação de faixas horizontais em relação à escarpa da falésia, sendo adotados os seguintes valores:

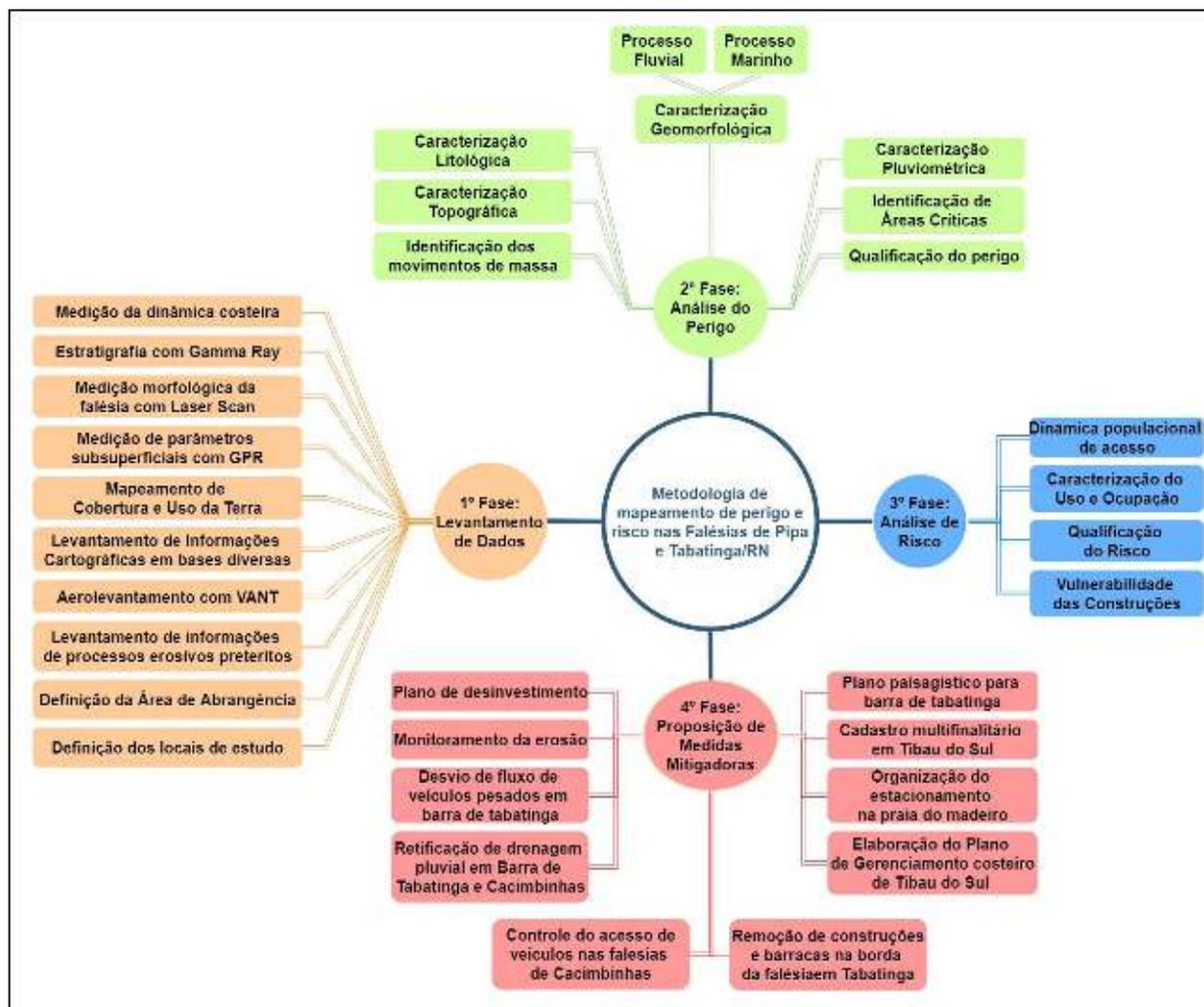
- 10 metros em direção ao continente, a partir da borda superior, considerando o conjunto de parâmetros medidos e as observações de Pacheco, Freitas Neto e Severo (2007, p. 93);
- 15 metros em direção ao continente, a partir da borda superior, para as áreas de tabuleiros com cobertura de material eólico friável, bem como as observações de Pacheco, Freitas Neto e Severo (2007, p. 93);
- 10 metros de distância horizontal da base da falésia, considerando a possibilidade de um movimento de massa atingir pessoas paradas ou

caminhando na praia, nos locais onde as escarpas estão ativas e com ângulos de 90°;

- 5 metros de distância horizontal da base da falésia, considerando a possibilidade de um movimento de massa atingir pessoas paradas ou caminhando na praia, nos locais onde as escarpas são escalonadas e com cobertura vegetal.

Por fim, na quarta fase, com base na caracterização e qualificação do perigo e risco existentes nas áreas de falésia, foi possível realizar a proposição de medidas mitigadoras para todos os contextos analisados.

Figura 5: Metodologia de mapeamento de perigo e risco das Falésias de Pipa e Tabatinga/RN.



Fonte: Projeto GIDES (2018), adaptado pela equipe do Projeto Falésias.

## 2.1 Parâmetros utilizados na fase de levantamento de dados

### 2.1.1 Processamento e modelagem geofísica

Para a coleta de informações acerca das características geológicas e geofísicas das falésias e seu entorno, foram utilizados métodos clássicos de descrição e caracterização sedimentar como, por exemplo, o levantamento de seções colunares, aliadas ao uso de técnicas sofisticadas com o auxílio de tecnologia *LIDAR*, *GPR* e perfilagem de raios gama.

Para o planejamento do levantamento geofísico, foi realizada uma visita às áreas selecionadas e utilizado os produtos de detalhes obtido com o imageamento com o VANT. Escolhidos os locais de aquisição, foram definidos os parâmetros de aquisição da antena, em seguida traçadas as linhas GPR, sendo todas elas posicionadas com receptor GNSS L1/L2, compreendendo 976 metros nas falésias da Praia de Tabatinga/RN e 2.671 metros nas falésias de Cacimbinhas/RN, totalizando 3.647 metros.

A técnicas de uso do *GPR* aplica tecnologia *Geological Radio Detection and Ranging* (*GEORADAR*), também conhecida como Radar de Penetração do Solo, para a descrição não destrutiva de subsuperfície. Ela permite a modelagem digital das estruturas rasas em subsuperfície, gerando imagens que representam o tempo de ida e volta de pulsos eletromagnéticos produzidos em uma antena emissora, refletidos nas discontinuidades elétricas em subsuperfície, e recebidos na antena receptora.

A partir do tempo de ida e volta do pulso, é possível converter a informação em profundidade. Com isso, identifica-se estruturas rasas em subsuperfície, obtendo profundidade, tamanho, forma, espessura etc. A emissão de um pulso pelo sistema GPR é denominado de *Scan*, o registro das amostragens correspondente à energia refletida é denominado de traço. Sucessivos *scans* são empilhados lado a lado formando uma imagem contínua denominada radargrama, que é um produto gráfico da tecnologia *GEORADAR* (ANNAN, 2001; PORSANI, 2001; DANIELS, 2004; NEAL, 2004; JOL, 2009).

Nos Mapas 2 e 3 é representado as localizações das linhas adquiridas pelo GPR em Barra de Tabatinga/RN e em Cacimbinhas/RN, respectivamente. Essas linhas

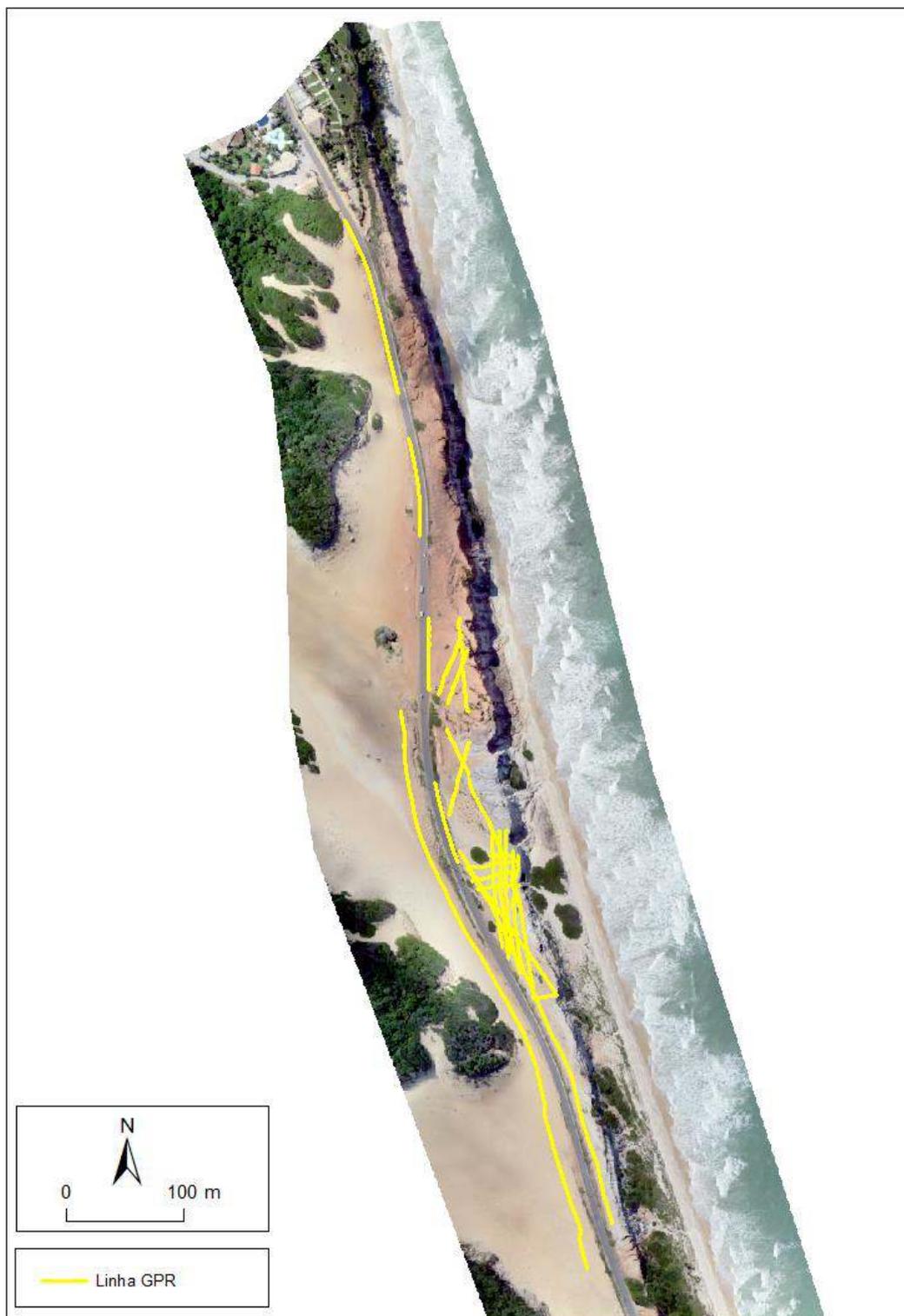
foram posicionadas, após uma análise visual das condições geológicas encontradas e em função da localização dos pontos onde foram descritas as seções colunares, com o objetivo de permitir correlações entres diferentes tipos de dados obtidos.

Mapa 2: Localização dos perfis GPR obtidos na praia de Barra de Tabatinga/RN.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

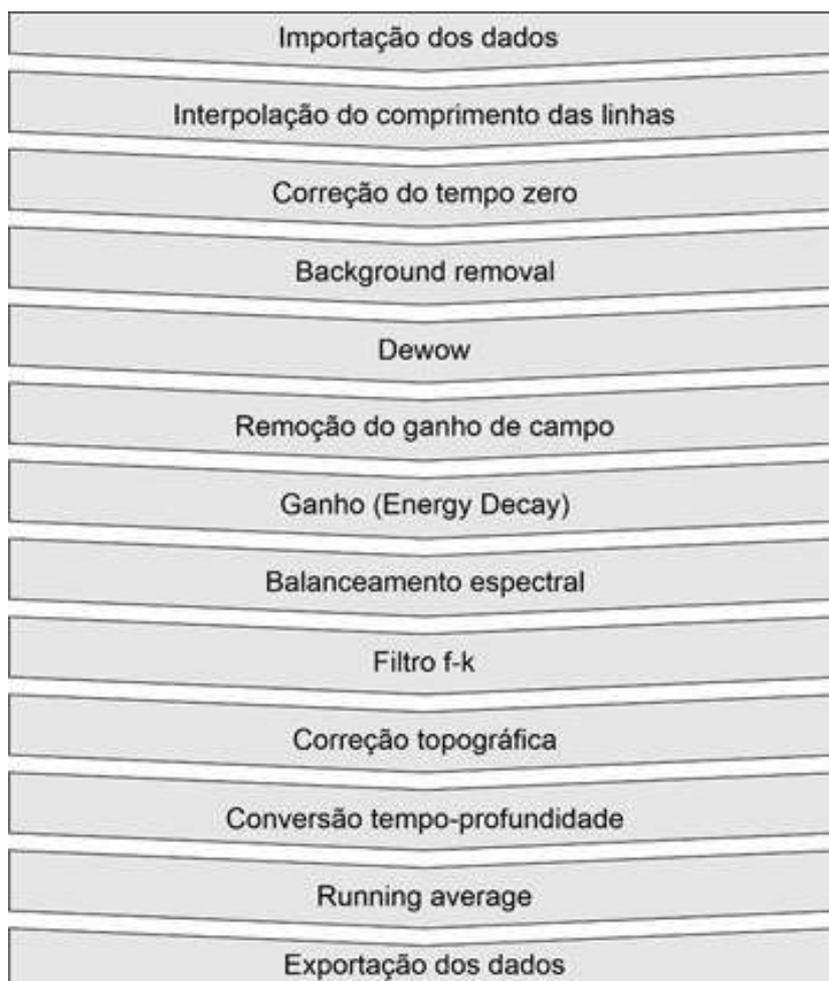
Mapa 3: Localização dos perfis GPR obtidos na praia de Cacimbinhas/RN.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

O processamento das linhas GPR foi realizado com uso do *software* ReflexW, versão 9.5.6 (SANDMEIER, 2020). Os dados foram importados e, após a realização de testes, definiu-se um fluxo de processamento que foi aplicado em todas as linhas buscando a melhora visual do dado e da razão sinal/ruído. O fluxo de processamento utilizado no presente trabalho é composto por 11 etapas (Figura 6).

Figura 6: Fluxo de processamento aplicado aos dados GPR.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Após os dados serem importados no ReflexW as coordenadas (x, y e z) são inseridas no cabeçalho dos dados para que, durante o processamento, as linhas estejam georreferenciadas. A primeira etapa do processamento compreende a interpolação dos pontos adquiridos com o receptor GNSS L1/L2, para manter a

equidistância entre os traços e corrigir a diferença entre o comprimento da linha medido no odômetro do GPR e o receptor GNSS L1/L2.

Em sequência, foi efetuada a correção do “tempo zero” para compensar o atraso na primeira chegada da onda na antena receptora e, com base na primeira quebra do traço, a parte inicial do dado é cortado, alinhando a primeira quebra dos traços com o tempo zero (BIANCHINI CIAMPOLI *et al.*, 2019). O dado de saída passa então pela remoção das ondas diretas, aplicando-se o *background removal*. Esta etapa do processamento remove, principalmente, os ruídos de alta frequência produzidos pelas ondas diretas aéreas e terrestres (SZYMCZYK; SZYMCZYK, 2013).

Após a remoção dos ruídos ocasionados pelas ondas diretas é aplicado o filtro 1D denominado *dewow*. Este filtro elimina os ruídos de baixa frequência gerados pelo sistema GPR, relacionado à indução eletromagnética (SZYMCZYK; SZYMCZYK, 2013; BIANCHINI CIAMPOLI *et al.*, 2019). Este filtro é considerado como passa-alta, uma vez que “corta” o dado no domínio da frequência, eliminando os componentes de baixa frequência do sinal.

Em seguida, é realizada a remoção do ganho de campo. Este ganho é aplicado durante a aquisição para que seja possível a visualização do dado em tempo real. Após a remoção do ganho é necessária a aplicação de um ganho adequado para a recuperação do sinal atenuado. Foi aplicado o ganho denominado de Energy Decay, que é do tipo *Spherical and Exponential Compensation (SEC-gain)*, um ganho esférico e exponencial que atua por meio da aplicação de duas funções: uma de ganho linear e outra de ganho exponencial. Este ganho atua tanto na correção da atenuação, devido ao espalhamento geométrico, quanto na “compensação da perda de intensidade do sinal”, ocasionado pela absorção (SANDMEIER, 2020).

Após a aplicação do ganho o dado passa por um balanceamento espectral (*Spectral Whitening*), tendo como valores de corte as frequências 120-500 MHz. No domínio da frequência, valores menores que 120 MHz e maiores que 500 MHz são cortados. Essa etapa do processamento elimina ruídos de alta e baixa frequência, centralizando a frequência do dado em um valor mais próximo à frequência central da antena, preservando as características de amplitude dos traços originais (LECKEBUSCH, 2005; SANDMEIER, 2020).

Foi aplicado ainda o filtro f-k, que trabalha no domínio frequência-número de onda. Este filtro é aplicado com o objetivo de suprimir ondas de interferência com base nas diferenças entre a onda significativa e a onda de interferência (ADIZUA *et al.*, 2015; VILAS BOAS *et al.*, 2015). Após a aplicação do filtro f-k foi realizada a correção topográfica seguida da conversão tempo-profundidade. Para a correção de tempo-profundidade foram usadas velocidades obtidas por adaptação de hipérboles, obtendo-se valores de 0,133 m/ns e 0,126 m/ns, para os dados de Cacimbinhas/RN e Tabatinga/RN, respectivamente. Apenas uma linha GPR obtida em Cacimbinhas apresentou uma variação de velocidade, o Perfil 03, o qual apresentou o valor de velocidade de 0,141 m/ns.

Por fim, visando suavizar horizontalmente os refletores, reduzindo quebras e deslocamentos dos refletores, e obter uma melhora visual foi aplicado o *Running average*. Esta etapa do processamento toma como base uma quantidade de traços determinados, neste caso foram 4, e realiza uma média que é aplicada no radargrama. Após todas as etapas de processamento aplicadas, os dados foram exportados em formato .bmp para posterior interpretação.

### **2.1.2 Aquisição e interpretação de Seções Colunares e Gamaespectrômetro**

A radiação natural é um indicativo litológico importante e, com o uso do gamaespectrômetro, é possível realizar uma medição direta da porcentagem de radiação associada a presença de K, U e Th, além de medir a radiação total da rocha (KLAJA; DUDEK, 2016).

O perfil de raios gama gerado com base nas medições realizadas em campo é uma ferramenta essencial para a correlação de subsuperfície e interpretação dos sistemas deposicionais (SELLEY, 1978; CANT, 1992; BRISTOW; WILLIAMSON, 1998). Sendo assim, no presente trabalho, as medições de raios gama foram realizadas concomitantes à descrição sedimentológica das rochas das falésias, possibilitando a elaboração de seções colunares associadas aos perfis de raios gama.

As aquisições com o gamaespectrômetro foram realizadas nas paredes das falésias, com pontos de amostragens a cada 40 cm e tempo amostral de 90 s. Ao final, foram obtidos os valores de K (%), U (ppm) e Th (ppm) e dose total - DR (nGy/h).

### 2.1.3 Levantamento geomorfológico

O trabalho foi ancorado em levantamentos de campo, aerofotogrametria de precisão, descrição das estruturas geológicas-geomorfológicas, em que se buscou descrever a morfologia, fraturas e sets de juntas na falésia. Além disso, foram realizadas análises da morfologia praial, levantamento bibliográfico, interpretação e montagem de um modelo qualitativo e correção como os dados geológicos.

A aerofotogrametria de alta resolução foi realizada com um VANT tipo quadrimotor modelo *Phantom 4 Pro*, que resultou em uma série de fotografias aéreas (Cerca de 5.000 fotografias obtidas em voos de 80 metros de altitude com 80% de sobreposição frontal e lateral), que permitiram a elaboração de ortomosaicos de alta resolução, com pixels de 4 cm, e posteriormente a confecção de um modelo digital de elevação. Esses dados serviram para interpretar a variação morfológica da escarpa e a relação escarpa-nível de maré, a partir da detecção do contato da base da falésia com a sedimentação da praia.

Nos trabalhos de campo, foram empregados métodos expedidos para descrever detalhadamente o contexto estrutural da escarpa, incluindo identificação e interpretação dos sets de fraturas e sua correlação com processos de cimentação/lixiviação/crescimento de raízes *in locu*. A elaboração dos blocos diagrama se deu através da representação gráfica das feições observadas em campo em *software* de desenho. Esses blocos diagrama foram de fundamental importância no auxílio da interpretação evolutiva das falésias através da correlação forma-processo.

Por fim, as feições e os processos erosivos e de movimentos de massa foram analisados à luz do conceito de perigo: “condição ou fenômeno com potencial para causar uma consequência desagradável dentro de um certo período de tempo” (Projeto GIDES, 2018); e risco: relação entre a probabilidade de ocorrer um movimento de massa e a magnitude dos danos ou consequências à sociedade. Assim, “considera-se o risco como uma função do perigo, da vulnerabilidade e dano potencial” (TOMINAGA, 2012, p. 151 apud GIDES, 2018).

#### **2.1.4 Morfodinâmica costeira**

O levantamento de informações acerca da morfodinâmica costeira foi realizado a partir do acompanhamento das variações no perfil praial utilizando-se o Sistema Global de Navegação por Satélite (*Global Navigation Satellite System – GNSS*), permitindo o entendimento da morfodinâmica local e sua relação com variações sazonais na hidrodinâmica nas zonas de estudo das falésias.

#### **2.1.5 Mapeamento de uso e cobertura**

Tendo como objetivo o entendimento da dinâmica de ocupação nas áreas próximas das falésias dos municípios de Nísia Floresta e Tibau do Sul/RN, mais precisamente nas praias de Barra de Tabatinga, Cacimbinhas, Madeiro, Baía dos Golfinhos e Centro, foi efetuado o mapeamento do uso e cobertura da terra dessas localidades. Salienta-se que, nos dias de hoje, a análise e entendimento da situação do uso e cobertura da terra de uma determinada localidade é de extrema importância para o planejamento e nas escolhas das melhores providências a serem tomadas (LEITE; ROSA, 2012).

Por sua vez, este mapeamento teve como base imagens geradas a partir do uso de VANT, do modelo *Phantom 4 Pro*. Tais imagens foram utilizadas na identificação das classes de uso e ocupação da terra, visando o entendimento de como essas classes estão distribuídas nas proximidades das falésias e a determinação do impacto desse ordenamento. Quanto aos voos, estes ocorreram de forma autônoma, por meio da criação de planos específicos para cada localidade. Os voos aconteceram a 80 metros do solo, com 80% de sobreposição frontal e lateral, possibilitando a geração de imagens com resolução máxima de 4 centímetros.

A classificação dessas áreas foi realizada de forma supervisionada, utilizando o *software ArcMap 10.8*. Esse mapeamento foi efetuado por meio de vetorização de cada componente presente nas imagens, sua posterior classificação e tipificação. As classes puderam ser determinadas a partir da interpretação visual, possibilitada pela alta resolução das imagens utilizadas. Dessa forma, foram identificadas as seguintes classes: arruamentos, dunas, escadas, edificações, estacionamentos, cemitério,

falésias, faixa de praia, guarda-sol, piscinas, rodovia, tendas, vegetação e vegetação rasteira.

Após a vetorização das áreas de atuação do projeto, foram elaborados os mapas de uso e ocupação da terra para todas as praias abrangidas neste estudo, prevendo a identificação dos aportes antrópicos existentes nas áreas de risco. Além das imagens geradas pelo VANT, também foram utilizadas bases cartográficas oriundas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e imagens *Rapideye*, disponíveis gratuitamente no site da *Planet* (<https://www.planet.com>). Esses dados também foram empregados na elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra.

# 3 Descrição Geológica



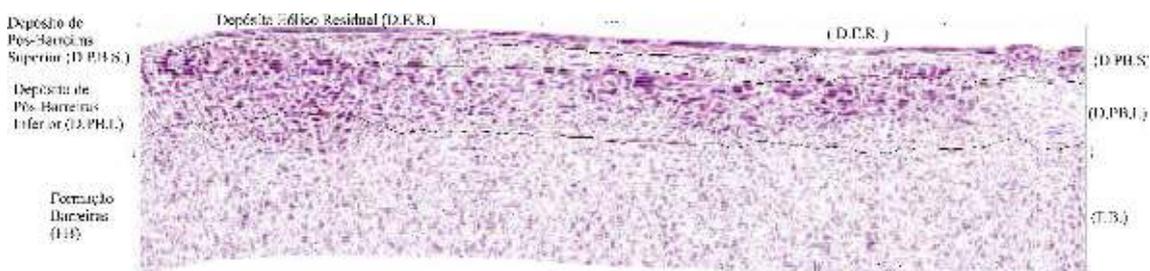
### 3. DESCRIÇÃO GEOLÓGICA

#### 3.1 Descrição com base nas linhas de GPR

As interpretações do perfil GPR L8, obtido em Cacimbinhas, com os segmentos 1, 2, 3, 4 e 5, com aproximadamente 512 metros; e, em Tabatinga, os perfis 2, 4, 10 e 13, com aproximadamente 292 metros, total de 804 metros de linhas GPR, permitiu a apresentação da arquitetura do pacote sedimentar.

Os perfis GPR (02, 04, 10 e 13), em Barra de Tabatinga, coincidem com os locais de descrição sedimentar e perfilagem de raios gama. No perfil GPR 02 (50 metros de comprimento), situado mais a norte da praia de Barra de Tabatinga e em frente ao local onde foi descrita a seção colunar, com direção aproximada N-NW, foram interpretados delgados depósitos eólicos residuais (espessura submétrica), e rochas siliciclásticas da unidade litoestratigráfica denominada, informalmente, de Pós-Barreiras (aqui subdividida em depósitos de Pós-Barreiras superior e inferior, com espessura total máxima da ordem de 6 metros) e da Formação Barreiras. Apesar de ambas as rochas apresentarem fraturadas, é notório a maior intensidade de sets de fraturas nas rochas da Formação Barreiras, como pode ser visto na Figura 7.

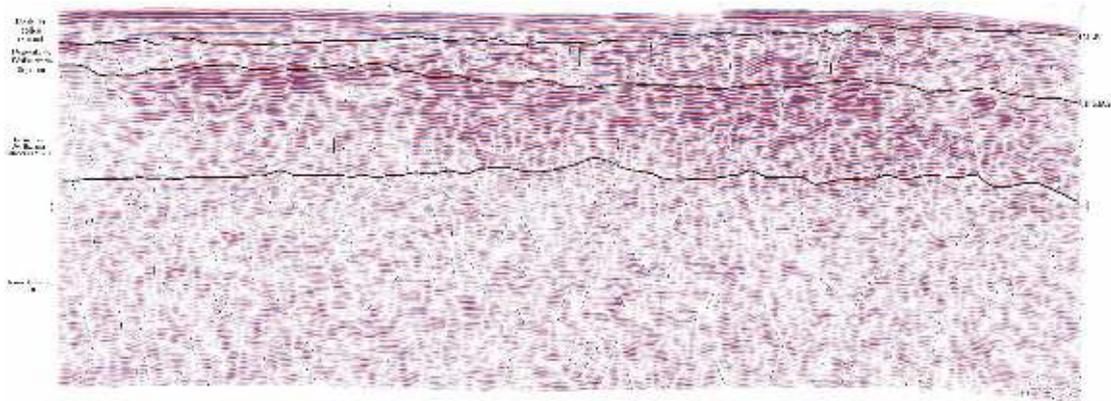
Figura 7: Perfil de GPR apresentando três camadas distintas.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

No perfil 04, com direção N-S, situado a sul do Perfil 2, com pouco mais de 30 metros de comprimento, são encontrados depósitos eólicos mais espessos (até 1 metro), Pós-Barreiras com espessura em torno de 4 metros, com características estruturais semelhantes nos dois perfis Figura 8.

Figura 8: Perfil de GPR apresentando quatro camadas distintas.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

As fácies identificadas nas linhas de GPR estão condizentes com as características litoestratigráficas visualizadas nas fácies da escarpa, conforme pode ser identificado na Figura 9.

Figura 9: Características estratigráficas da área onde foram executados os levantamentos com GPR (Linhas 2 e 4) e Gama Ray.



Fonte: Projeto Falésias.

Nos perfis de GPR 10 e 13, situados ao sul dos anteriormente descritos, o maior com mais de 140 metros de comprimento, difere dos anteriores por não mostrar depósitos eólicos e relativa menor densidade de fraturas, aqui também foram interpretados depósitos de rochas consideradas como Pós-Barreiras superior e inferior, com espessuras respectivas de 2,2 metros e 2,6 metros (Figura 10). Esse perfil apresenta uma menor quantidade de fácies de deposição, o que resulta em uma maior homogeneidade do pacote sedimentar, aliado a um maior grau da presença de lateritas no perfil e menor densidade dos sets de fraturas.

Figura 10: Perfil de GPR apresentando a homogeneidade litológica desse trecho.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

O trecho levantado com GPR, perfis 10 e 13 compreendem o Mirante dos Golfinhos, tem uma estratigrafia mais homogênea, menor quantidade de fratura e fácies mais laterizada (Figura 11). Como resultado demonstra uma maior resistência os processos erosivos da escarpa, em comparação com a área do perfil 04.

Figura 11: Características estratigráficas da área onde foram executados os levantamentos com GPR (perfis 10 e 13) e Gama Ray.



Fonte: Projeto Falésias.

O perfil GPR 8, segmentos 01, 02, 03, 04 e 05 obtidos na praia de Cacimbinhas, representativo dessa área estudada, com direção aproximada N-S, foram interpretados depósitos eólicos e rochas da unidade Pós-Barreiras e Formação Barreiras (Figura 12). A característica principal desse segmento é a grande intensidade de sets de fraturas, fato correspondente com a concentração de feições de erosão pluvial que se desenvolvem preferencialmente nas discontinuidades.

Figura 12: Perfil de GPR apresentando grande diversidade de fácies e com elevada concentração de sets de fraturas



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

### 3.2 Interpretação de Seções Colunares e Gamaespectrômetro

As aquisições com o gamaespectrômetro foram realizadas nas paredes das falésias, com pontos de amostragens a cada 40 centímetros e tempo amostral de 90 segundos. Foram obtidos os valores de K (%), U (ppm) e Th (ppm) e dose total - DR (nGy/h). Com base na descrição geológica realizada no mesmo intervalo da aquisição de dados com o gamaespectrômetro foi possível elaborar seções colunares com os respectivos perfis de raios gama.

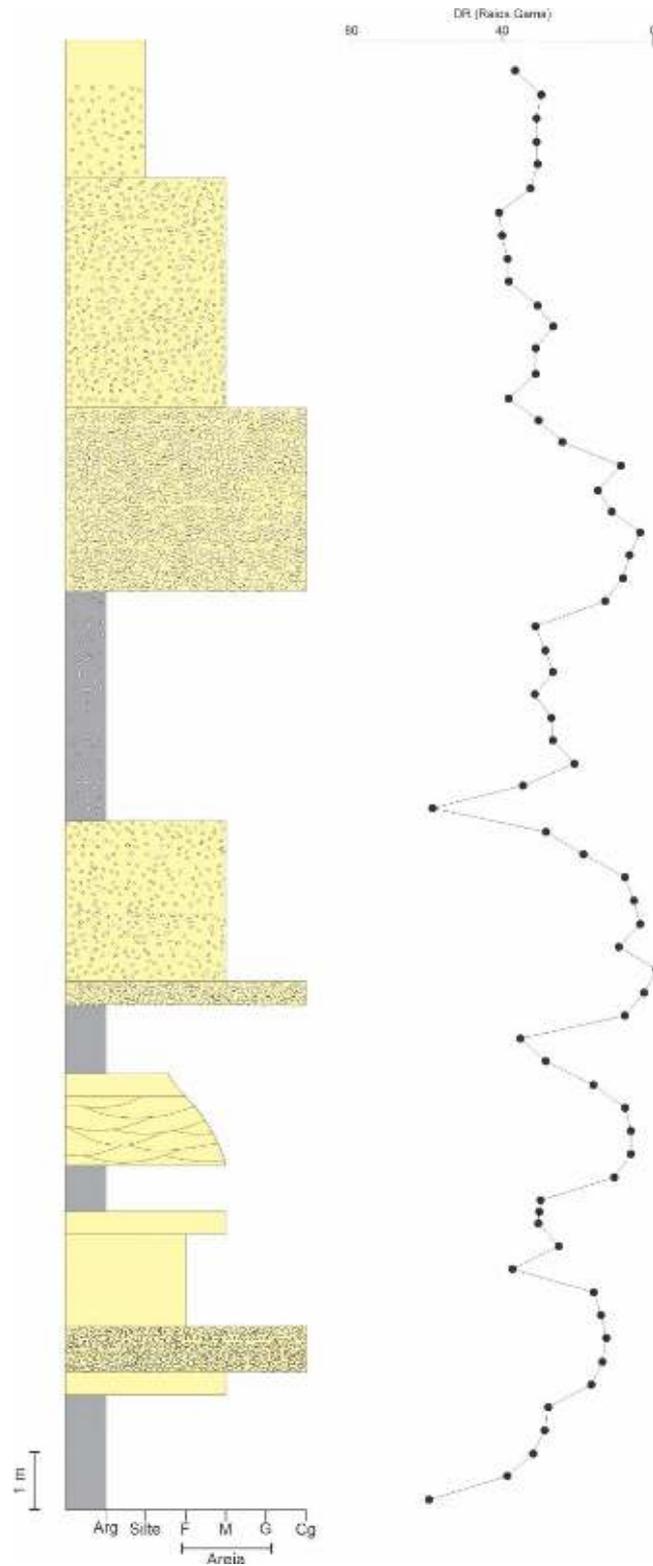
Foram levantadas 4 seções colunares com perfilagem de raios gama, sendo 2 em Pipa/RN e 22 em Barra de Tabatinga/RN, totalizando 75 metros de seção colunar. Após a elaboração das seções colunares, os valores de DR foram associados aos seus respectivos pontos da seção colunar, possibilitando a associação das litologias descritas com as suas assinaturas espectrais.

A seção estratigráfica 01 (coordenadas 266738,73 m O e 9330491,77 m S) localizada na porção mais ao norte da Falésia de Tabatinga, com 24,8 metros, 64 descrições e medições, sendo possível identificar 15 camadas, com elevada densidade de fraturamento (Figura 13). As camadas estão dispostas em ciclos de granodecrescência ascendente, típicos de sistema fluvial, iniciando com fácies conglomeráticas gradando para texturas mais finas até argilas. Da base para o topo as camadas apresentam as seguintes características:

1. Argilito maciço de coloração creme, com presença de concreções ferruginosas de diferentes dimensões;
2. Arenito maciço de textura média com matriz argilosa com coloração creme;
3. Conglomerados com seixos de quartzo angulosos, predominantemente, alguns arredondados e subarredondados de coloração amarelada. Matriz de areia grossa e grânulos indicando uma deposição fluvial;

4. Arenito fino, com coloração variando de amarela e roxa e muitas concreções de óxido de ferro;
5. Argilito maciço com coloração variando de roxa a amarela;
6. Arenito de textura média com estratificação cruzada, de cor amarelada (cimento de óxido de ferro), intercalado com níveis (2-3 cm) de arenito grosso;
7. Argilito maciço de coloração roxo-púrpura (sem estrutura), apresentando um contato brusco-erosivo com o conglomerado da camada superior;
8. Conglomerado com seixos <3cm, apresentando uma matriz lamosa, grânulos dispersos e uma coloração avermelhada. Destaca-se o contato brusco com a camada inferior;
9. Arenito com grânulos dispersos e matriz lamosa, apresentando uma coloração avermelhada com mosqueados de tons alaranjados. Grânulos angulosos a subangulosos, com seixos arredondados espaços;
10. Argilito de coloração amarelo-alaranjada com clastos e grânulos dispersos na matriz;
11. Nível conglomerático, aumento da quantidade de seixos (com 0,8-1 e 3-4 cm) predominante arredondados, Coloração amarelada com mosqueado de cor alaranjada;
12. Arenito com matriz lamosa, apresentando seixos dispersos e algum mosqueados de coloração alaranjada;
13. Arenito médio de matriz lamosa com seixos angulosos a subangulosos de quartzo dispersos; contato entre supra-barreiras e Formação Barreiras;
14. Areia fina bem selecionada com cimento incipiente de óxido de ferro (rocha friável), sem estrutura primária. Material característico supra-barreiras ou pós-barreiras, apresentando um leve aumento na quantidade de grânulos;
15. Camada de areia fina bem selecionada com cimentação incipiente (rocha friável), sem estrutura primária. Localizada a quatro metros da superfície, que apresenta um depósito depósitos eólicos coberto por gramíneas.

Figura 13: Seção colunar 01, com perfilagem de raios gama, da falésia de Barra de Tabatinga.



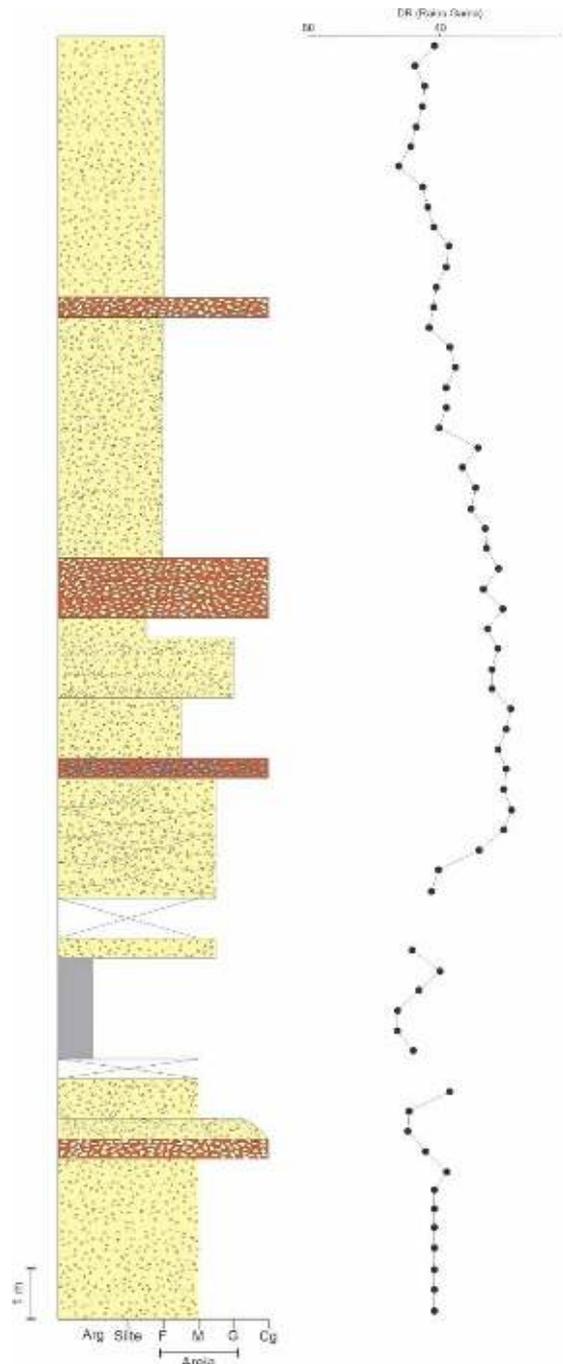
Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

A seção estratigráfica 02 (coordenadas 267075,59 m O e 9330142,29 m S) localizada na central da Falésia de Tabatinga, em frente ao Mirante dos Golfinhos. Foram descritos 25 metros, com um total de 64 medições, sendo possível identificar 12 camadas, com ausência de fraturas visíveis no perfil. O pacote sedimentar apresenta elevado grau de laterização na maioria dos níveis descritos (Figura 14). Da base para o topo, as camadas apresentam as seguintes características:

1. Arenito de textura média com grânulos dispersos e matriz lamosa com elevada quantidade de blocos de lateritas;
2. Conglomerado com seixos predominantemente de quartzo de 2,5-3 cm (eixo maior) arredondados, subordinadamente subarredondados. Matriz arenosa com grânulos e granodecrescência ascendente;
3. Arenito de textura média com clastos de feldspato dispersos em matriz lamosa. Elevado grau diagenético da formação de lateritas, o que dificultou a descrição;
4. Material coluvial (talus) suspenso o que impediu a leitura e descrição diretamente da rocha;
5. Argilito maciço com coloração variada (branco-amarelo-roxo).
6. Material coluvial (talus) suspenso o que impediu a leitura e descrição diretamente da rocha;
7. Arenito de textura média com estratificação cruzada incipiente, clastos de quartzo e feldspato, matriz diagenética. Coloração amarelada com mosqueados de tons alaranjados. Aumento na quantidade de seixos dispersos, níveis de quartzo e feldspato, variando em 1-3 cm no eixo maior;
8. Conglomerado formado a partir de clastos de quartzos em matriz lamosa, seixos de quartzo angulosos associados e granodecrescência ascendente;
9. Arenito com textura variando de fina a média em matriz lamosa, com alguns clastos de quartzo dispersos (seixos arredondados e grânulos);
10. Arenito com textura variando de fina a grossa, grânulos dispersos e matriz lamosa, clastos de quartzos arredondados com até 3 cm;
11. Conglomerado com seixos predominante de quartzo (2 cm) e eventualmente seixos de feldspato; matriz lamosa e grânulos dispersos. Seixos angulosos e subangulosos, com diferente maturidade;

12. Arenito fino com matriz argilosa com grânulos e seixos dispersos (<1 cm), e eventualmente maiores (2-2,5 cm). A rocha apresenta pouquíssimas fraturas e significativo aumento das concreções ferruginosas (concreções pós-deposicionais);
13. Conglomerado com seixos de quartzo arredondados a subarredondados (predomínio: 2 cm - eixo maior), matriz arenosa com grânulos dispersos e sem estrutura sedimentar;
14. Arenito fino com matriz argilosa com grânulos dispersos (maciço), mosqueado com tons alaranjados e bioturbações, poucos seixos de quartzo angulosos dispersos. Início da ocorrência de concreções ferruginosas. Aparecimento de seixos de quartzo de até 5 cm no eixo maior e grânulos dispersos.

Figura 14: Seção colunar 02, com perfilagem de raios gama, da falésia de Barra de Tabatinga.



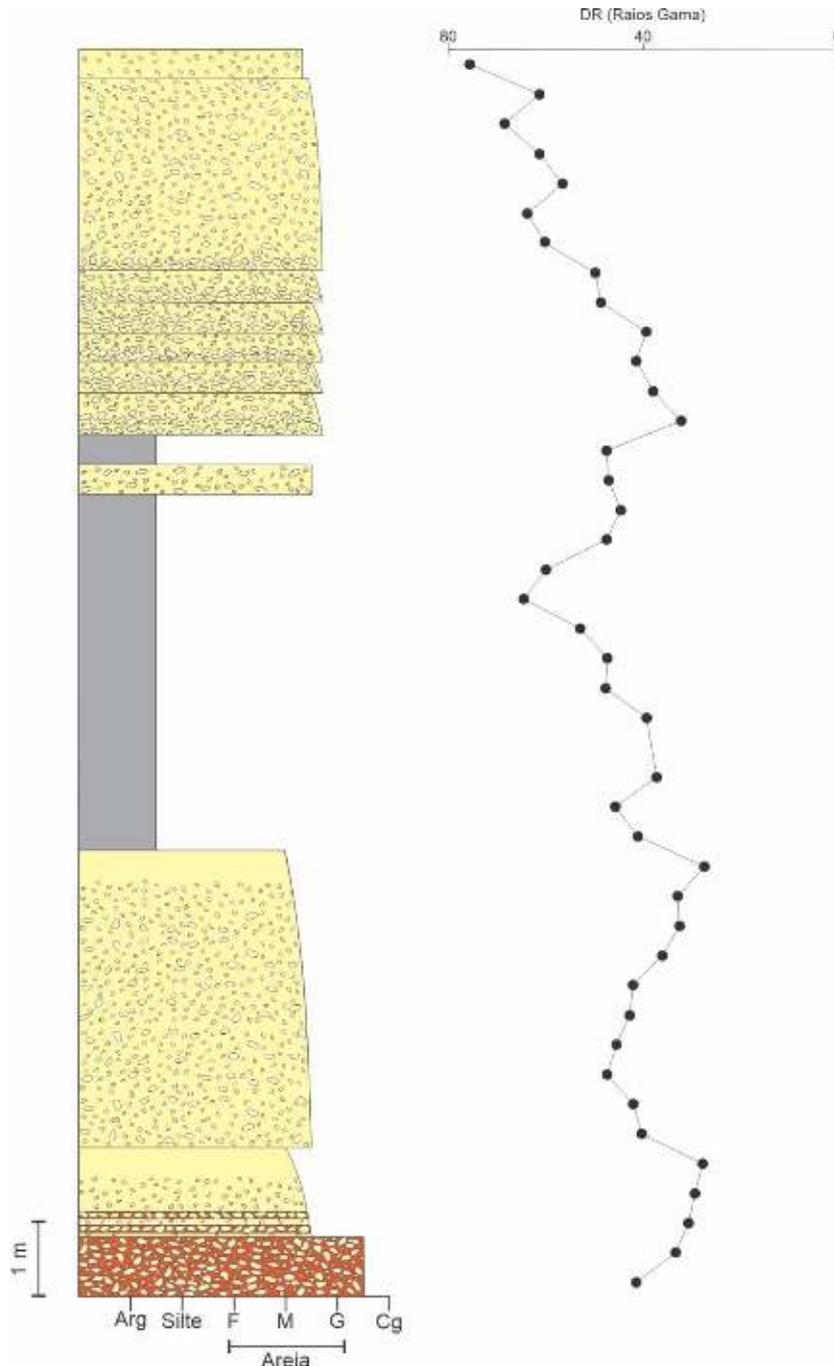
Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Seção estratigráfica 03 (coordenadas 272948,45 m O e 9311195,83 m S) localizada na Falésia da Praia do Centro, distrito de Pipa, ao lado do cemitério. Foram descritos 16,40 metros com um total de 42 medições, sendo possível identificar 5 camadas, com presença de pequenas fraturas visíveis ao longo do perfil. O pacote

sedimentar apresenta baixo grau de laterização, com exceção da base (Figura 15). Da base para o topo as camadas apresentam as seguintes características:

1. Conglomerado de matriz lamosa, com seixos de quartzo, feldspato e concreções ferruginosa, sendo possível identificar fraturas verticais com intensa lixiviação;
2. Arenito de textura média com matriz lamosa e grânulos de quartzo, mosqueado em tons alaranjados;
3. Arenito de textura média com matriz lamosa, coloração amarelada com mosqueados avermelhados, com grânulos e seixos angulosos de quartzo e feldspato (alterando para caulim), dispersos e planos de fratura mais claros indicando a lixiviação do óxido de ferro com aumento das concreções ferruginosas;
4. Lamito maciço, com presença de fraturas verticais e ortogonais, de coloração creme com mosqueado arroxeadas;
5. Arenito de textura média, com de matriz lamosa, baixa concentração de grânulos, seixos angulosos de quartzo e feldspato dispersos, coloração branca indicativa de intenso lixiviamento.

Figura 15: Seção colunar 01, com perfilagem de raios gama, da falésia de Pipa.



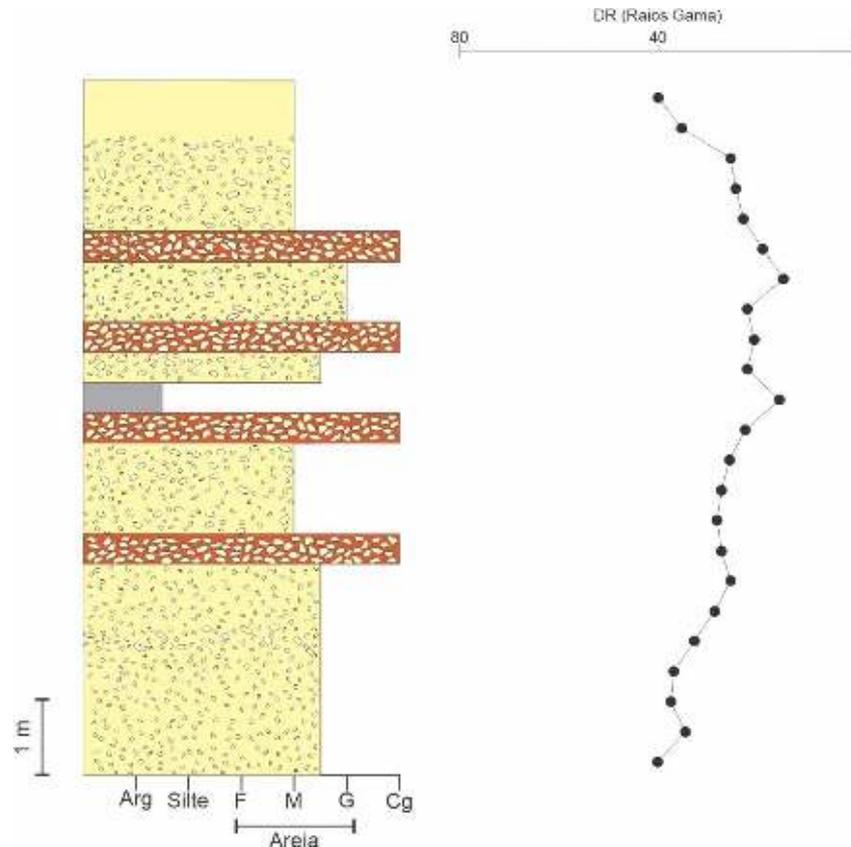
Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Seção estratigráfica 04 (coordenadas 273076,80 m O e 9311145,97 m S) localizada na Falésia da Praia do Centro, distrito de Pipa, ao lado de onde ocorreu o desmoronamento que vitimou a família, em novembro de 2020. Foram descritos 8,80 metros com um total de 23 medições, sendo possível identificar 10 camadas, com

presença de fraturas visíveis ao longo do perfil. O pacote sedimentar apresenta elevado grau de laterização, em diferentes níveis do perfil (Figura 16). Da base para o topo as camadas apresentam as seguintes características:

1. Arenito variando de fino a médio em matriz lamosa, com grânulos dispersos e presença de blocos lateríticos;
2. Arenito variando de médio a grosso com grânulos dispersos e matriz lamosa, presença de blocos lateríticos e coloração alaranjada;
3. Conglomerado com seixos de quartzo angulosos e subangulosos, com matriz silticoargilosa, cimento ferruginoso de coloração alaranjada. Destacam-se microfraturas verticais com planos significativamente lixiviados e presença de bioturbação ao longo dos planos;
4. Arenito de textura média em matriz lamosa, com grânulos e seixos dispersos, predominantemente de quartzo e coloração alaranjada. Destacam-se microfraturas verticais com planos significativamente lixiviados e presença de bioturbação ao longo dos planos;
5. Conglomerado com seixos de quartzo angulosos a subangulosos, em matriz silticoargilosa e cimento ferruginoso de coloração alaranjada. Destacam-se microfraturas verticais com planos significativamente lixiviados e presença de bioturbação ao longo dos planos;
6. Lamito maciço de coloração esbranquiçada com presença de bioturbação (predominantemente raízes);
7. Conglomerado com seixos de quartzo angulosos a subangulosos com matriz silticoargilosa. Destacam-se microfraturas verticais com planos significativamente lixiviados e presença de bioturbação ao longo dos planos;
8. Arenito de textura média em matriz lamosa, com seixos e grânulos angulosos a subangulosos dispersos, de coloração amarelada;
9. Conglomerado com seixos de quartzo e feldspato subangulosos com granodecrescência ascendente até areia média, em matriz lamosa;
10. Arenito de textura média, seixos dispersos em matriz lamosa, com blocos de laterita, com coloração amarelada e mosqueadas de tonalidades alaranjadas.

Figura 16: Seção colunar 01, com perfilagem de raios gama, da falésia de Pipa.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Os perfis estratigráficos (01, 02, 03, 04) apresentam um padrão de empilhamento vertical demonstrando grande variabilidade textural de fácies, típicas de sistemas deposicionais fluvial meandrante e entrelaçado. Nesse caso, a arquitetura estratigráfica é caracterizada por gradação sucessiva de depósitos grossos compostos por níveis de cascalhos e finos, por níveis argilosos.

Essas características, demarcam as variações de energia do sistema deposicional, que resultam dos períodos de umidade e secura. No aspecto geral, não há uma assinatura geomorfológica regional para essa variação textural, sendo que a morfologia da escarpa em escalas métricas, não exhibe de forma clara, níveis erosivos em patamares expressivos. Isso ocorre porque a velocidade do processo erosivo por colapso se sobrepõe a velocidade da erosão diferencial.

Contudo, é importante destacar que, na análise de detalhe, observa-se pequenas variações nas feições do modelado que exprimem um incipiente condicionamento erosivo comandado sobretudo pela textura e grau de

laterização. Nesse caso, observa-se níveis horizontais recuados associados a camadas argilosas e níveis projetados em texturas cascalhosas. Essa distinção, embora pouco impercetível a olho nu, demonstra a diferença de suscetibilidade a processos erosivos segundo as características dos materiais constituintes. Camadas menos laterizadas também são mais susceptíveis a processos erosivos enquanto camadas mais laterizadas dependem da ocorrência de fraturas.

### 3.3 Scaneamento das falésias

O *Laser Scanner* foi posicionado utilizando o sistema de coordenadas SIRGAS 2000, em 22 locais diferentes (estação do *scanner*), empregando 60 pontos (*targets*) para ancoragem das nuvens de pontos (Tabatinga e Pipa). Foi necessário a utilização de 10 dias de campo, intercalados considerando sempre o período das marés, com média de 7 horas de trabalho por dia. Ao final, foram levantados 1.120 metros de escarpas, em Tabatinga, e 1.460 metros, em Pipa, gerando um arquivo com 32.3 GB de dados obtidos em campo e 42.3 GB, depois de registrado.

A nuvem de pontos obtida foi utilizada para identificar com precisão a borda da escarpa, descontinuidades na face da escarpa, tais como contatos entre camadas, fraturas e medição de volumes de material mobilizado. A Figura 17 apresenta a área na Praia do Centro (distrito de Pipa) onde ocorreu o desmoronamento que vitimou a família, em novembro de 2020.

Figura 17: Nuvem de pontos obtidos com Laser Scan de porção inicial da falésia na Praia do Centro (distrito de Pipa).



Fonte: Projeto Falésias.

Outro parâmetro medido compreendem a morfologia das escarpas, especificamente no que tange a diferença erosiva das camas (Figuras 18 e 19). Todas as medições têm por finalidade compreender os processos erosivos das falésias e os seus riscos associados.

Figura 18: Visualização ortogonal da nuvem de pontos da falésia da Praia do Centro em Pipa.



Fonte: Projeto Falésias.

Figura 19: Visualização frontal da nuvem de pontos da falésia de Barra de Tabatinga.



Fonte: Projeto Falésias.

# 4 Geomorfologia



## 4. GEOMORFOLOGIA

### 4.1 Barra de Tabatinga

A praia de Barra de Tabatinga é caracterizada por uma enseada com estreita faixa arenosa, limitada em toda sua extensão, do lado continental, por altas falésias modeladas na Formação Barreiras e Dunas. São 1.070 metros de falésias, com até 30 metros de altura e 670 metros de dunas móveis. A enseada forma uma concavidade de 1.800 metros de extensão com recuo da linha de costa de 350 metros. Com direção da linha de costa NW, essa parcela do litoral, apresenta topografia de praia plana, limitada por escarpas desprovidas de cobertura vegetal, ocorrendo apenas extratos herbáceos nas camadas de arenosas de topo e porte arbustivo como franjas na borda do tabuleiro. Não há a ocorrência de contínuos depósitos em sua base, exceto blocos de laterita.

A face da falésia exibe laterização com mosqueado gradando de vermelho a marrom e se observa como níveis verticais não sendo possível observar camadas horizontalizadas bem-marcadas. Quanto a face praial, o pouco ou inexistente desenvolvimento da planície denotam mais tendência à erosão que à sedimentação, conforme evidenciado pela presença constante de falésias de rochas mais antigas, de depósitos de paleopraias quaternárias, na forma de terraços de construção marinha, e de paleodunas.

Ao norte do promontório do mirante (Figura 20), em um trecho de 430 m, uma camada sedimentar mais friável, recobre a Formação Barreiras de maneira concordante, com uma espessura de até 10 metros. Sobre essas camadas, os primeiros estudos relacionados aos depósitos eólicos litorâneos já aventavam a hipótese de existência de diferentes gerações de dunas eólicas (NOGUEIRA *et al.*, 1975) e esboçavam sucessões de idades relativas e inferências paleoclimáticas (PERRIN; COSTA, 1982) baseadas em contrastes de coloração das areias, de posição relativa à linha de costa atual e de feições morfológicas (BARRETO *et al.*, 2004).

Figura 20: Visão em perspectiva NW-SE de Barra de Tabatinga. Detalhe para voçorocas a margem da RN063.

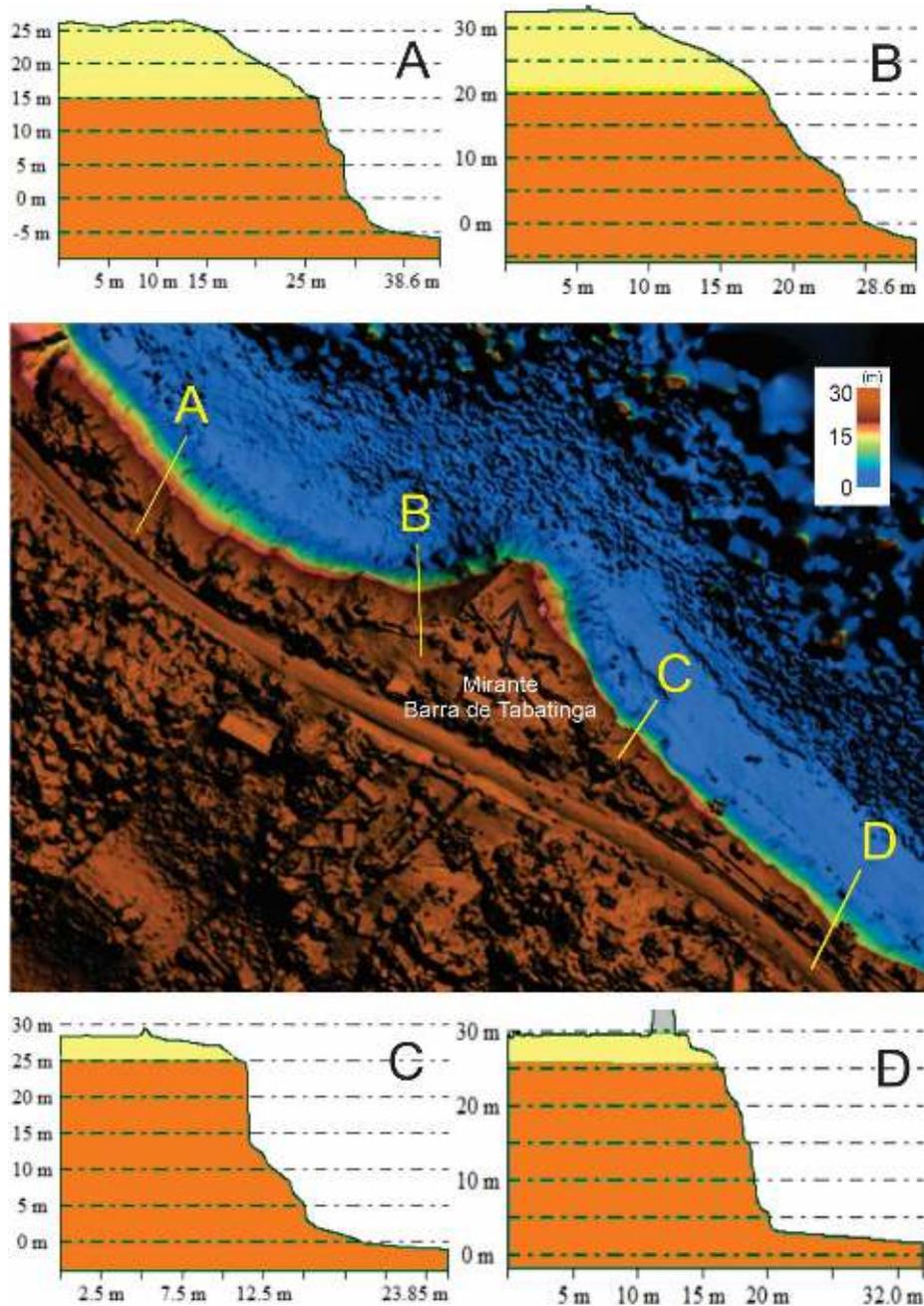


Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

### 4.1.1 Processos erosivos

Na camada arenosa, friável (Figura 21) a declividade da escarpa, diminui entre 40 e 50% mostrado que a ausência de diagênese e laterização dificultam a manutenção da declividade que varia entre  $80^\circ$  quando a escarpa se desenvolve em litótipos da Formação Barreiras e  $35^\circ$ , quando ocorre em sedimentos friáveis.

Figura 21: Perfis topográficos das falésias de Barra de Tabatinga – RN.

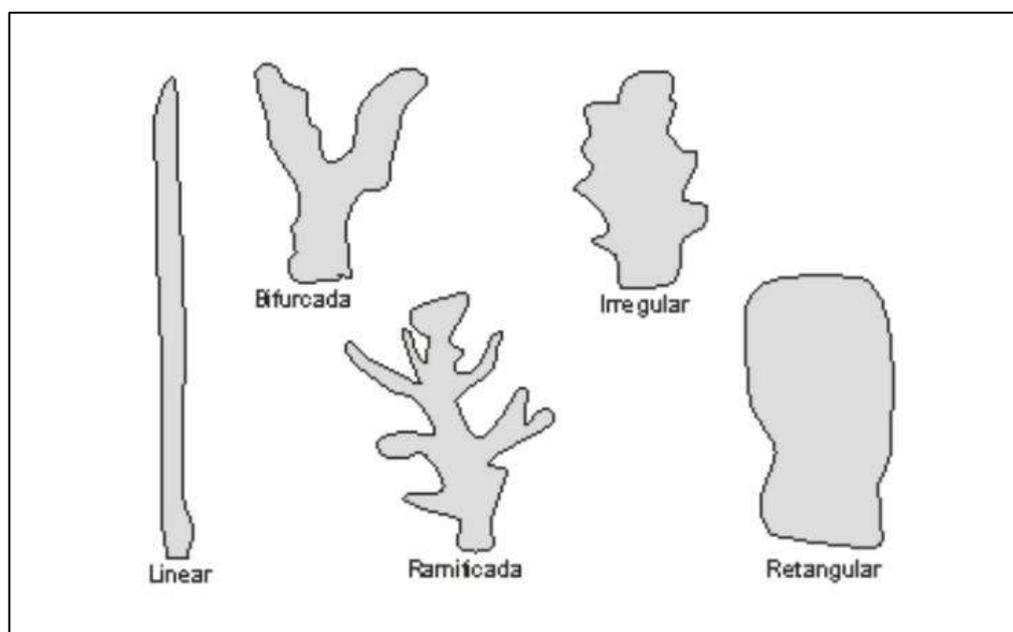


Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Como se observa na Figura 21, perfil A e B, a camada arenosa friável não sustenta uma escarpa íngreme e origina uma rampa em direção ao topo do tabuleiro. Esses depósitos inconsolidados são mais espessos do lado esquerdo do promontório onde se localiza o mirante de Barra de Tabatinga. Na base da escarpa, rampas de colúvio e reentrâncias erosionais demonstram sua atividade erosiva. Nesse caso, um duplo fator erosivo, uma vez que há erosão pluvial no topo do tabuleiro, que origina as voçorocas, e na base da falésia, pela abrasão marinha, as reentrâncias erosionais.

Assim, muitas voçorocas se desenvolvem nesse setor, canalizando as águas pluviais e aumentando o potencial erosivo na escarpa. Voçorocas (Figura 22) são feições erosivas, geralmente associadas a solos ou a sedimentos incoesos onde a saturação, pelo escoamento superficial, leva à remoção de materiais formando feições erosivas ativas, que passam a canalizar as águas pluviais. Em um curto intervalo de tempo, as voçorocas podem remover grandes volumes de solo ou sedimentos na forma de um canal estreito (POESEN *et al.*, 2011). Além disso, são canais com vazão efêmera, com presença de escoamento durante e imediatamente após eventos de chuva devido ao escoamento superficial e/ou subsuperficial via drenagem. Segundo Vieira (2008), podem ter as seguintes formas:

Figura 22: Tipologias de formas de voçorocas segundo Vieira (2008).



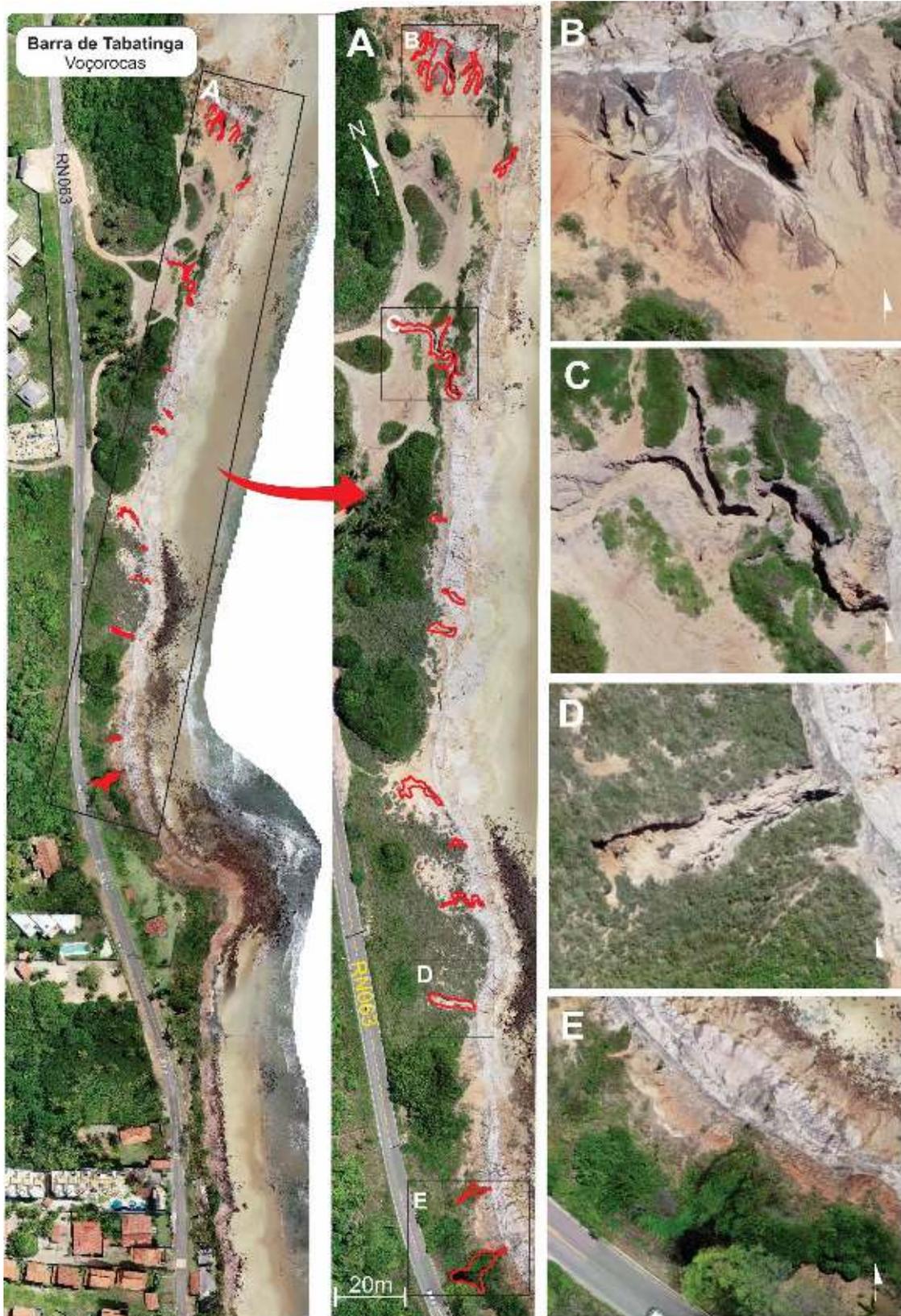
Fonte: Vieira (2008).

Nos casos em que a voçoroca se situa em áreas com elevado declive, o potencial

erosivo aumenta uma vez que a competência erosional das correntes fluviais é diretamente proporcional a declividade da escarpa. Na falésia de Barra de Tabatinga, considerando a quantidade de energia potencial da camada friável, alçada cerca de 20 metros do nível de base geral, o risco é elevado e as consequências podem ser catastróficas, se as medidas de contenção e atenuamento da erosão não forem tomadas.

Nesse trecho, algumas voçorocas apresentam rápido avanço sendo que uma delas, teve recuo de 1 metro em apenas 10 meses de monitoramento deste projeto. Isso se dá em virtude de três fatores a saber: 1) gradiente topográfico; 2) Baixa diagênese e coesão do depósito; e, 3) Drenagem pluvial da rodovia RN063 direcionando o escoamento para a voçoroca. Em conjunto, esses três fatores elevam a competência erosiva, favorecendo a erosão (Figura 23).

Figura 23: Prancha apresentando as características das voçorocas de Tabatinga - RN.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

As voçorocas situadas próximas do mirante, tiveram o aprofundamento da dissecação mais expressivo fazendo com que seu talvegue atingisse a camada sobreposta. Isso se deve ao fato de que nesse setor, as voçorocas recebem diretamente as drenagens provenientes das calhas pluviais da RN-063. O aumento do aporte de deflúvio superficial acarretou o maior desenvolvimento dessa voçoroca em particular, que possui sua cabeceira situada às margens da RN-063. A Figura 24 apresenta um detalhe interpretativo, com bloco diagrama na base da fotografia, onde é possível visualizar as feições erosivas, um ônibus passando na via ao lado.

Figura 24: Voçorocas as margens da RN063.

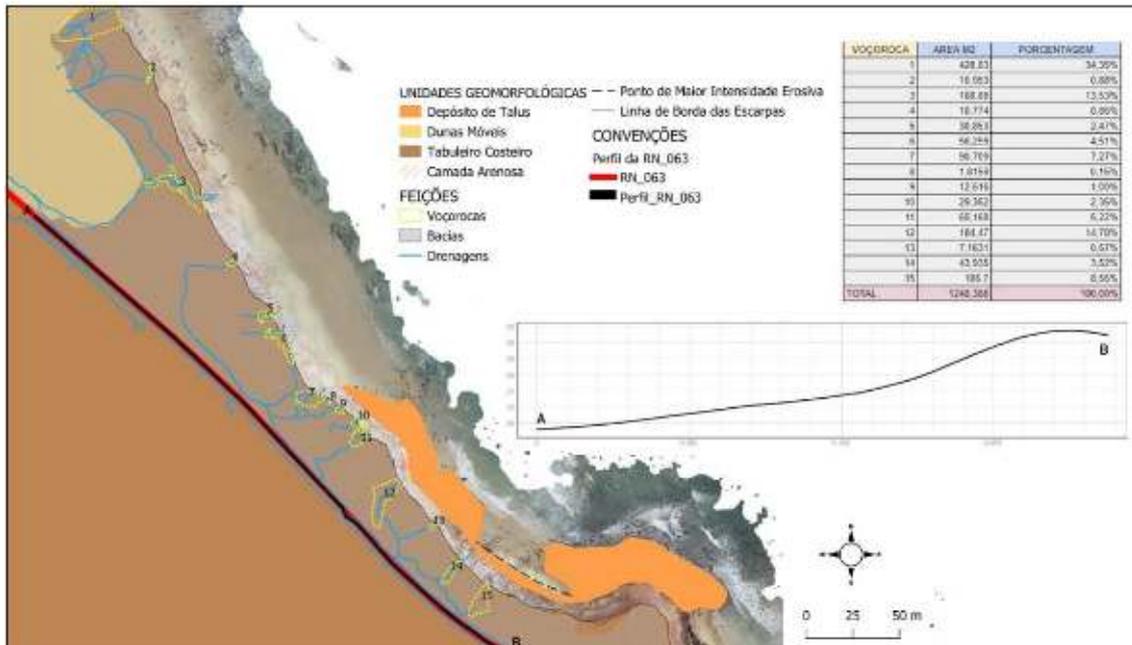


Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Como se observa na Figura 24, o talvegue da voçoroca as margens da estrada, ultrapassou o topo da camada laterizada, menos friável e mais resistente. À medida que a voçoroca aprofunda seu talvegue, na camada superior, as escarpas vão se alargando e as cabeceiras adentrando o tabuleiro, segundo o modelo de erosão remontante.

Nesse caso específico, a RN-063 passa a poucos metros de distância da falésia e está na eminência de ser atingida pelo voçorocamento, onde há um aumento no número de feições erosivas, com ocorrência de 15 voçorocas que ocupam uma área de um pouco mais de 100 m<sup>2</sup>, aumentando assim, o fator de risco (Figura 25).

Figura 25: Compartimentos do relevo e áreas ocupadas por voçorocas.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Os setores menos laterizados e mais friáveis são os que apresentam maior suscetibilidade, originando rampas de colúvio de sedimentos inconsolidados na base da escarpa. Esses depósitos são rapidamente removíveis no período de preamar, pela ação marinha; resultando na manutenção do ângulo abrupto da escarpa. Nos trechos da falésia onde a natureza do material e o tempo de deposição possibilitaram uma maior cimentação e diagênese, o movimento de massa corre por colapso de blocos.

A maior coesão entre os grãos da massa rochosa resulta na maior ocorrência dos sets de fraturas, uma vez que o caráter rúptil do depósito favorece o fraturamento, que é melhor identificado, em camadas com maior grau de diagênese e laterização. Isso pode influenciar o processo erosivo da base da falésia, acelerando-o no caso de camadas mais friáveis ou retardando-o, no caso das camadas mais laterizadas.

Nesse ponto, é importante ressaltar que é comum a ocorrência de reentrâncias

erosionais na base da escarpa, resultante da abrasão marinha, através do impacto das ondas e da corrasão frontal. A forma negativa resultante retira o sustentáculo da parte superior levando ao colapso de blocos (Figura 26).

Figura 26: Reentrância erosional da base da falésia em Barra de Tabatinga/RN.



Fonte: Projeto Falésias.

A suscetibilidade à erosão resulta do grau de diagênese, declividade, grau de antropismo e taxas de precipitação. O grau de diagênese é possível ser visualizado nos diferentes tons de cores da escarpa, uma vez que o cimento ferruginoso cria tons diferentes segundo o grau de laterização (Figura 27).

Figura 27: Elementos e processos erosivos em Falésia de Barra de Tabatinga – RN.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Em toda a área de estudo, foram observados cinco tipos de manifestação de cor aparente da escarpa: 1) camada creme com mosqueado marrom; 2) camadas vermelhas - vinho muito laterizadas; 3) camadas laranja com colunas de laterita; 4) camadas brancas lixiviadas; e, 5) camadas laranja homogênea. Todas essas variações sustentam escarpamento íngreme, embora os processos erosivos sejam diferentes. Essa arquitetura estratigráfica associada ao grau de diagênese, à altura da escarpa, ao grau de fraturamento e à presença de lateritas e de material friável, constituem os principais condicionantes do grau de instabilidade da falésia.

A conjunção dessas características pode tornar a falésia mais ou menos instável a processos erosivos. Por exemplo, falésias íngremes modeladas em rochas lixiviadas ou com diagênese incipiente, indicam processos erosivos constantes e recentes enquanto fácies ou camadas menos tenras, tendem a formar níveis escalonados com escarpas menos íngremes.

#### 4.1.2 Compartimentação Geomorfológica

A compartimentação geomorfológica fora realizada objetivando uma análise pormenorizada e, portanto, em escala de detalhe do fator de instabilidade e risco a cada unidade do relevo associada (Figura 28). Os macrocompartimentos do relevo regional são: Tabuleiros costeiros, Dunas Fixas, Semifixas e Móveis, Promontórios litorâneos e face praial. Nesses macrocompartimentos, unidades menores, de distribuição restrita desenvolvem-se e ornamentam as formas de relevo. É o caso das escarpas, voçorocas, rampas de dejeção de sedimentos, terraços etc.

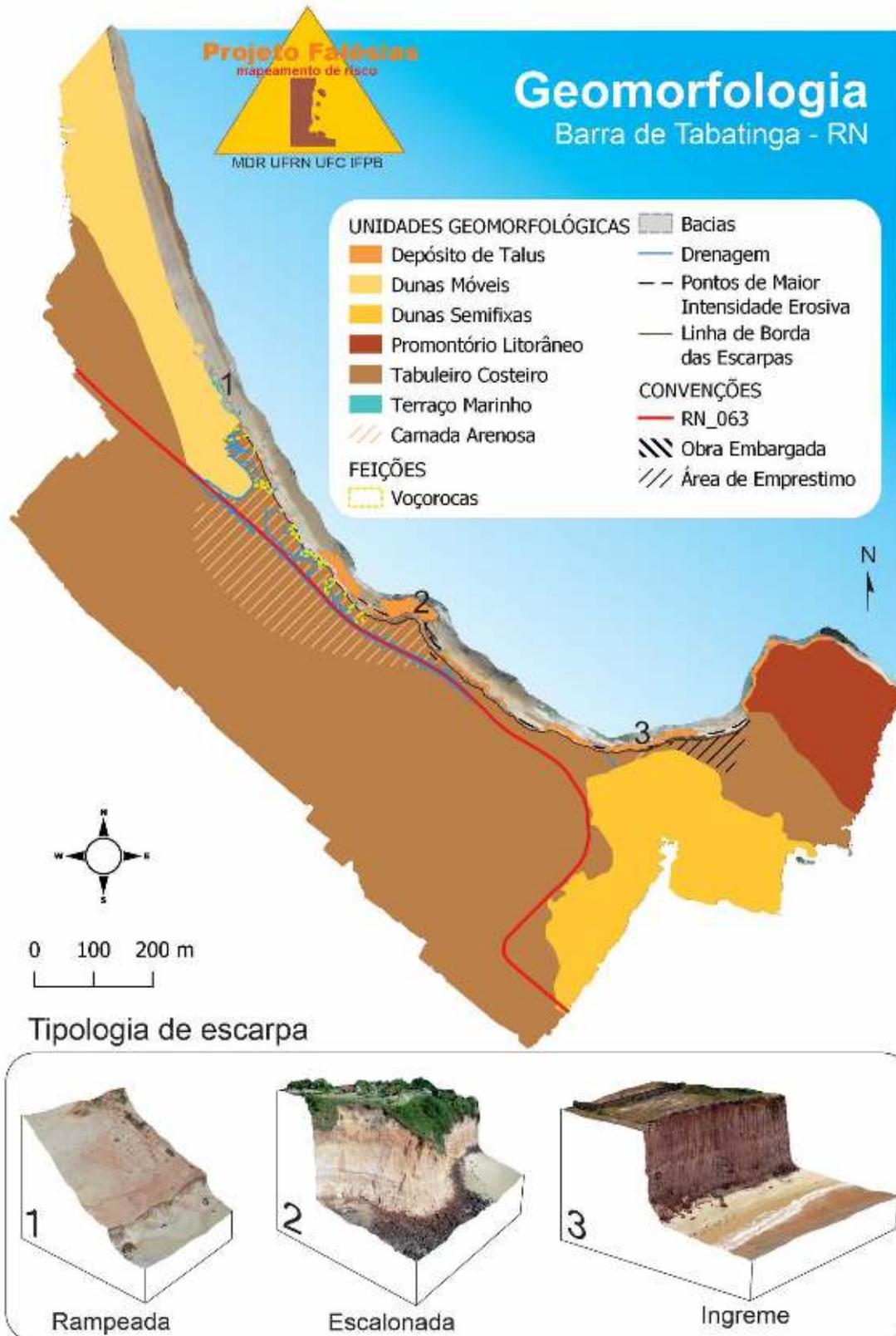
Figura 28: Compartimentos do relevo em Barra de Tabatinga – RN.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Essa compartimentação levou em consideração a definição de zonas homólogas em uma escala de 1:10.000 e resultou em um mapa de compartimentos geomorfológicos (Mapa 4).

Mapa 4: Geomorfologia de Tabatinga - RN.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

O contato entre as unidades varia entre pouco perceptível e bem marcado, quando a assinatura geomorfológica de cada unidade tem clara repercussão em superfície. É o caso das unidades Tabuleiro costeiro e face praial, delimitado pela falésia (Figura 29).

Figura 29: Contato entre as unidades Tabuleiro e Duna semifixa.



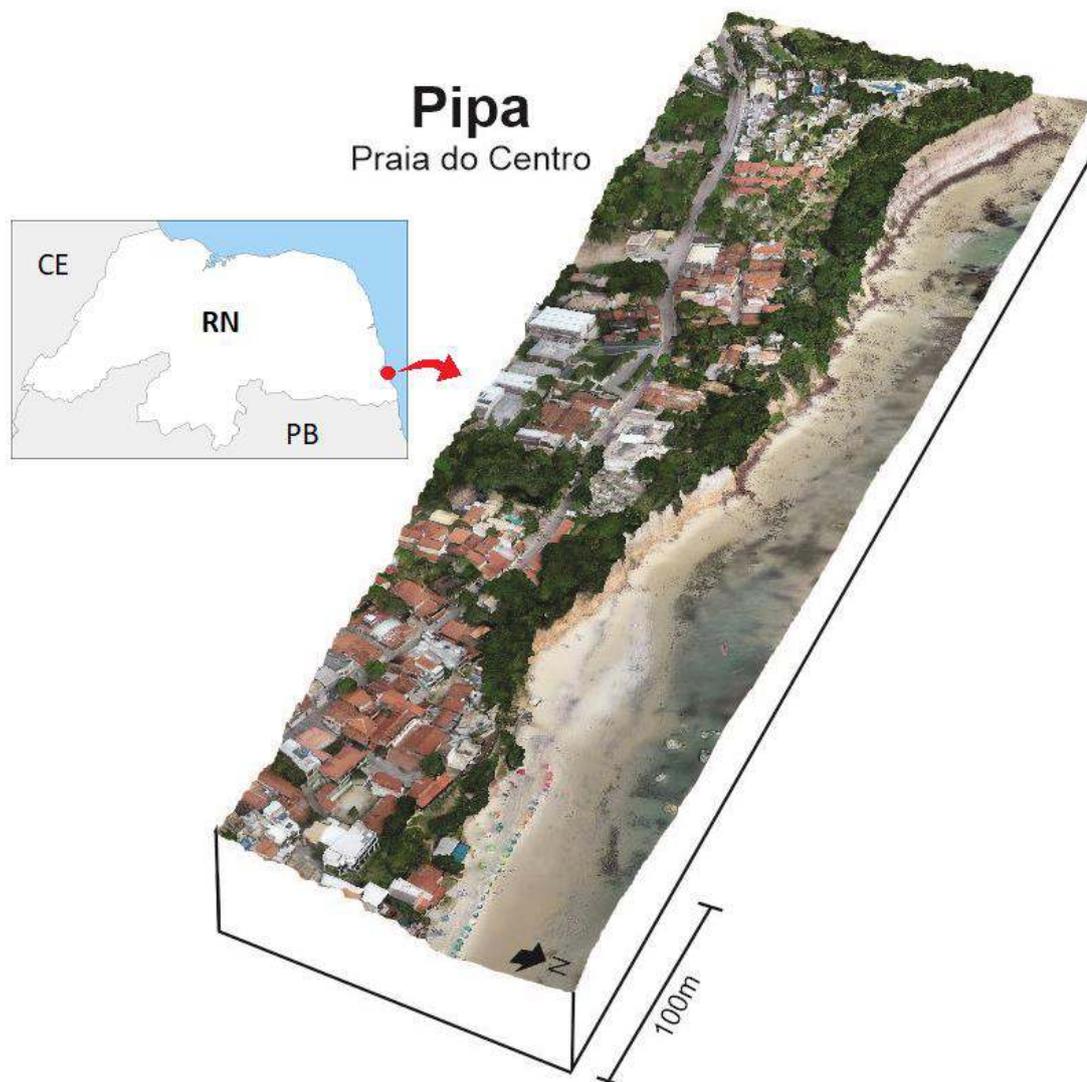
Fonte: Projeto Falésias.

## 4.2 Distrito de Pipa

### 4.2.1 Praia do Centro

Na Praia do Centro, em Pipa, as falésias são ativas em toda sua extensão (800 metros), com a vegetação bordejante do topo do tabuleiro por vezes encobrindo a secção superior da escarpa (Figura 30).

Figura 30: Bloco diagrama da Praia do Centro.



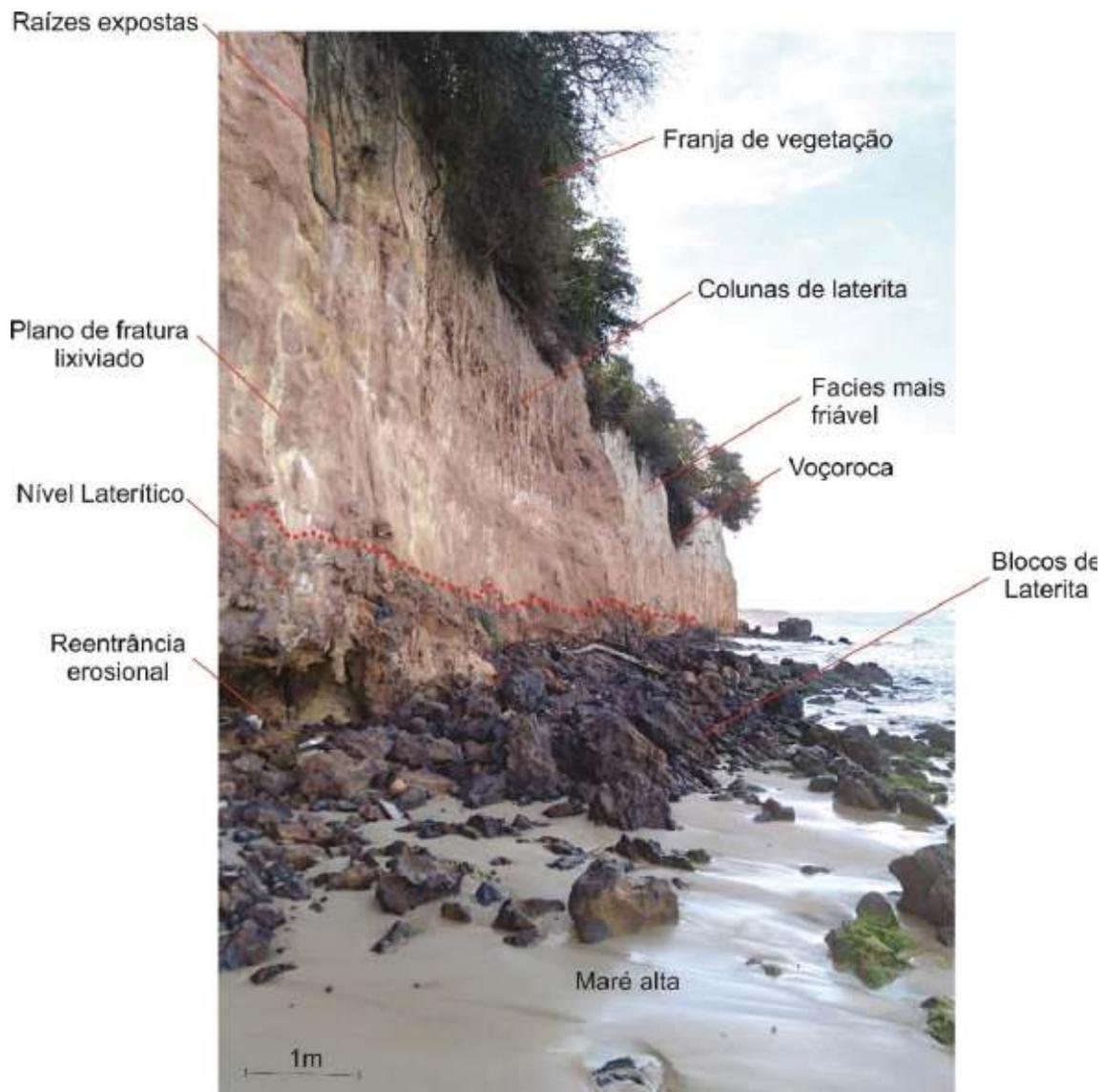
Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Na parte da escarpa exposta, é possível visualizar diferentes níveis de laterização, por vezes acompanhados de blocos colapsados que repousam na base das falésias (Figura 31). Os níveis lateríticos se formam pela agregação de camadas de óxidos de ferro principalmente resultantes do baixo PH e da variação do lençol freático (PENTEADO, 1980). O processo tem origem nos elevados níveis de precipitação e percolação da água no Barreiras, permitindo a mobilização de íons de forma vertical e horizontal no perfil, resultando na remoção de álcalis devido à grande velocidade de lixiviação, levando a aumento dos conteúdos de Fe e/ou Al e diminuição

dos de Si (SIQUEIRA *et al.*, 2014).

Estes lateritos, dispostos em crosta são sub-horizontais, com espessuras variáveis, parte exposta chegando até 3 metros, podendo ser encontrados em diferentes níveis. O padrão apresenta um contato brusco ondulado com o horizonte basal arenítico, podendo ocorrer de forma não contínua com estruturas colunares prismáticas, comumente de escala métrica e posicionadas em níveis horizontais.

Figura 31: Falésia com blocos de laterita na base. Praia do Centro - Pipa/RN.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Como é possível observar na Figura 31, a face da escarpa exhibe variações de tons de cores laranja, vermelho, amarelo e branco. Isso reflete provavelmente os materiais que a compõe e os diferentes níveis de cimentação de óxidos de  $Fe_2O_3$ . As manchas esbranquiçadas verticais, representam zonas de lixiviação ao longo de fraturas. As fraturas, aumentando a permeabilidade da rocha, através da criação de porosidade secundária, conseqüentemente a velocidade de percolação da água da chuva. Como na parte superior há vegetação, a decomposição da serrapilheira (material orgânico formado por folhas mortas depositadas na superfície) aumenta a acidez da água, elevando o potencial de solubilidade de argilominerais ao longo do perfil.

Em toda a extensão da praia do centro, os tabuleiros são densamente ocupados, sendo que a maioria das construções mantem uma distância de 10 metros da borda da escarpa, com a face de praia plana e estreita (Figura 32). A altura das escarpas vai aumentando progressivamente do limite sul em direção a norte, saindo de aproximadamente 10 metros indo até 24,8 metros, no promotório da Baía dos Golfinhos.

Figura 32: Tabuleiro densamente ocupado na proximidade da falésia, Praia do Centro.

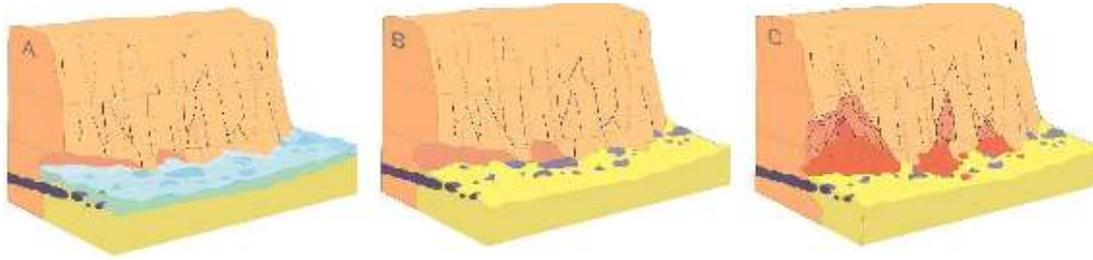


Fonte: Projeto Falésias.

#### 4.2.1.1 Processos erosivos

Foram observados diversos pontos de formação de reentrâncias, que são resultantes dos períodos de máximas marés, onde a base da escarpa é atingida vigorosamente pela incidência direta das ondas. O recuo da escarpa resulta na formação de depósitos de talus, blocos de lateritas, colapsados que dispersam a energia das ondas e diminuem seus efeitos erosivos na base da escarpa. Os locais onde não são observados ampla distribuição desses blocos, correspondem aos pontos mais erosivos, pois sem a proteção na base da escarpa e com reentrâncias erosionais, o colapso das camadas sobrepostas é eminente. A Figura 33 apresenta um esquema de síntese ser descreve o processo de queda de blocos e a formação dos depósitos de talus na base da escarpa.

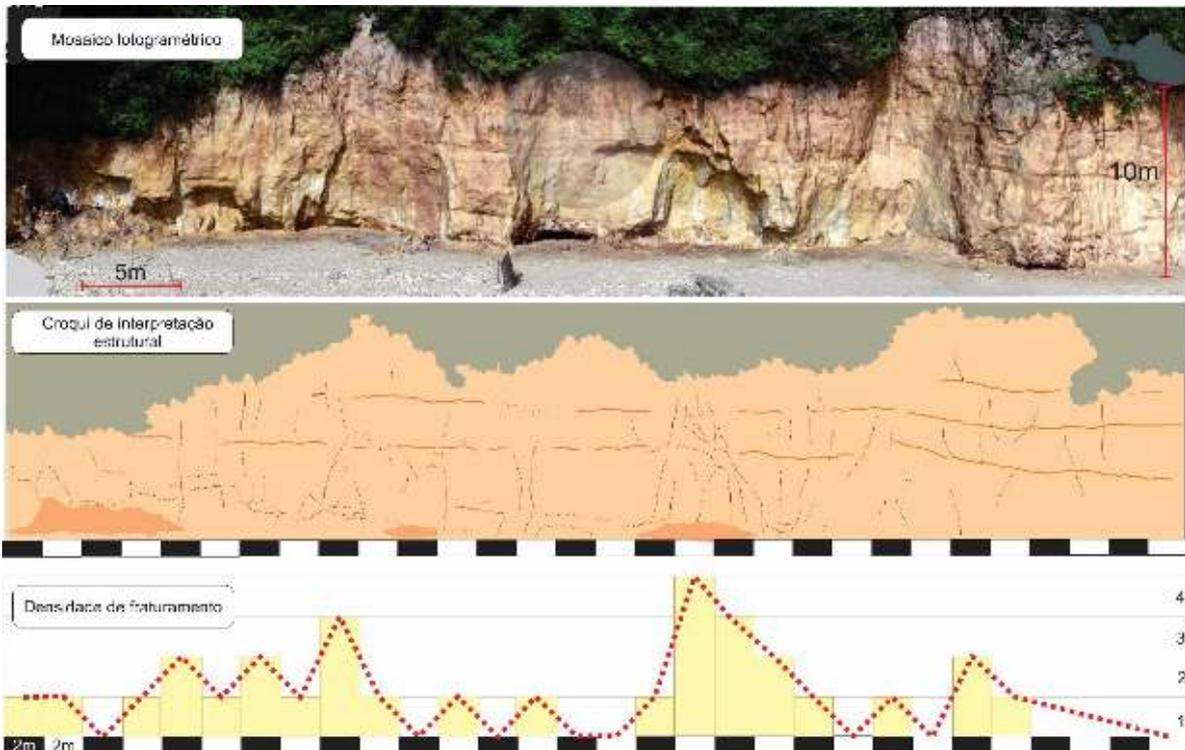
Figura 33: Sets de fraturas verticais e superfícies horizontais de descontinuidades gerando linhas de ruptura e colapso de blocos.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

A conjugação de sets de fraturas cria zonas de alta permeabilidade formando condutos verticais planares, por onde ocorre o fluxo de percolação e lixiviação. A maior circulação de fluidos ao longo das fraturas cruzadas favorece a diminuição da coesão da rocha e forma blocos no formato de prismas que colapsam do meio para a base da escarpa, conforme apresentado na Figura 34.

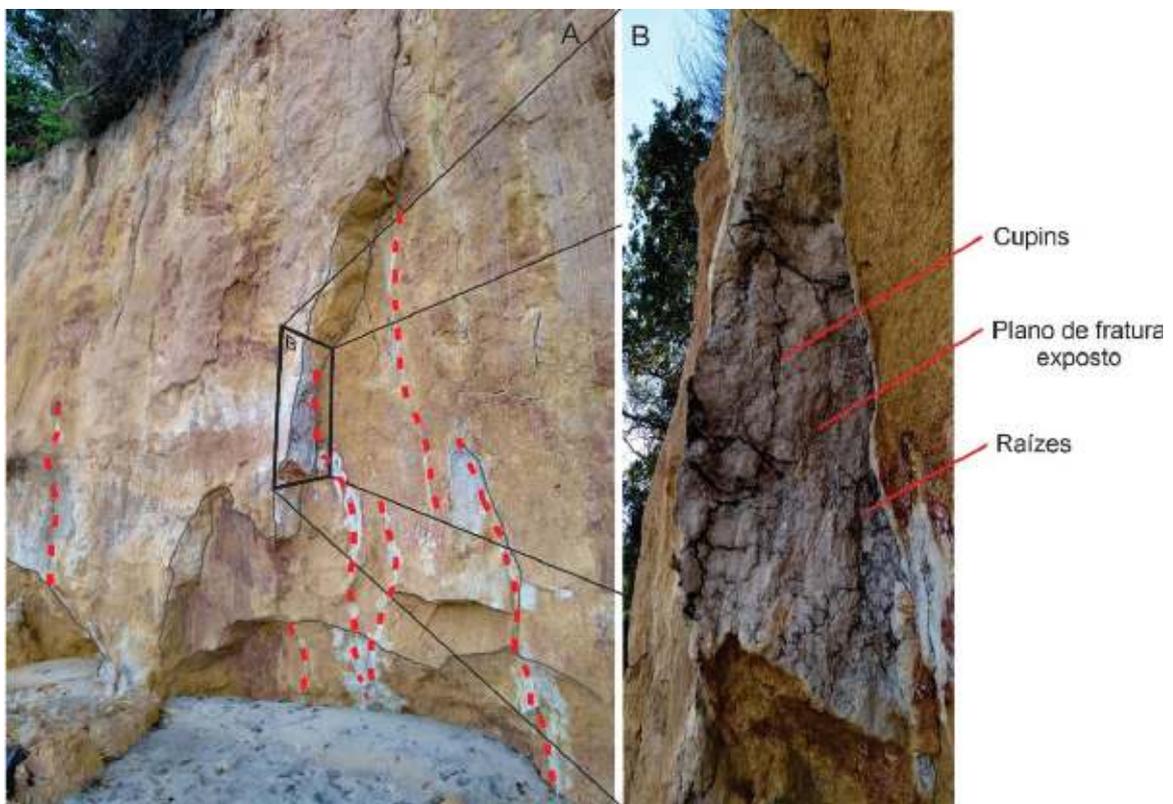
Figura 34: Densidade de fraturas na falésia onde ocorreu o colapso que vitimou uma família em novembro de 2020.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

As fraturas favorecem o desenvolvimento de raízes que, por sua vez, contribuem para o desprendimento e colapso de blocos. Isso porque a permeabilidade do solo arenoso e a existência de fraturamentos na rocha contribuem para o aumento do peso na borda da escarpa, o que eleva o fator de ruptura do material. Ao mesmo tempo, a percolação da água nas fraturas dissolve os cimentos que ligam os grãos da rocha e aumenta a lubrificação das descontinuidades internas, promovendo a decomposição química das rochas. No detalhe da Figura 35, nota-se a atividade biológica no plano de fratura exposto.

Figura 35: Fraturas verticais expostas em planos de lixiviação.



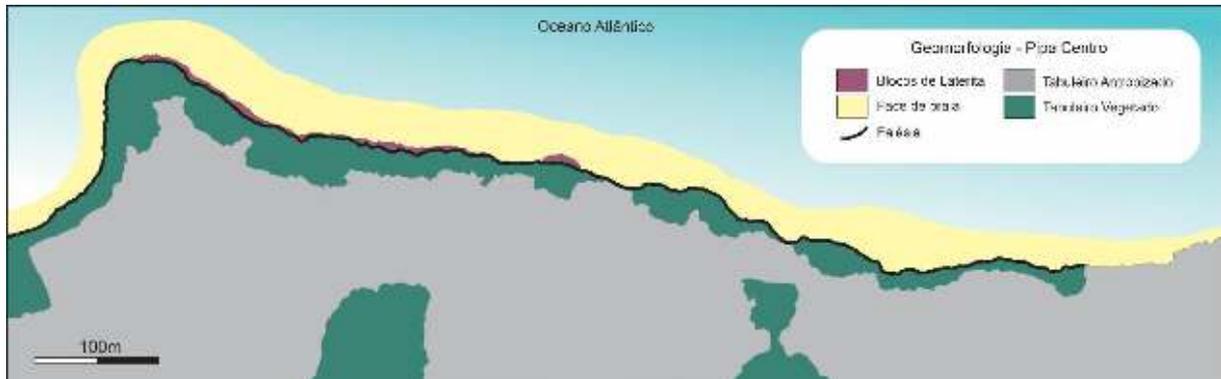
Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

#### 4.2.1.2 Compartimentação Geomorfológica

Com um relevo marcado pela face de praia estreita limitada por falésias íngremes, os compartimentos geomorfológicos da Praia do Centro são: tabuleiro, unidade geomorfológica densamente habitada com franjas de vegetação em estreita faixa limítrofe com a falésia (Mapa 5). Face de praia, predominantemente plana,

arenosa e sem a presença de bermas. Blocos de laterita, com pontos de concentração na base da escarpa e a falésia em si, como escarpas com ângulos variando.

Mapa 5: Mapa Geomorfológico – Praia do Centro – Pipa/RN.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

#### 4.2.2 Baía dos Golfinhos

A Baía dos Golfinhos compreende uma enseada de 1200 metros, com concavidade recuando 320 metros em sua parte central. As falésias são expostas e vegetação de topo mais preservadas quando comparadas às outras praias da área de estudo. No setor norte, o tabuleiro é coberto por dunas fixas e semifixas, criando uma extensão vertical de menor declividade da escarpa. O contexto geomorfológico é diferente da Praia do Centro, as fácies de praia são mais alongadas, a presença de blocos de laterita só ocorre nos promotórios que delimita a enseada e há a formação de bermas trecho mais ao norte (Figura 36).

Figura 36: Configuração geomorfológica da Baía dos Golfinhos.



Fonte: Projeto Falésias.

#### 4.2.2.1 Processos erosivos

Nesse setor, não se observa a presença de feições de dissecação pluvial ou mesmo canais fluviais erodindo o depósito. Tal fato se deve à permeabilidade da Formação Barreiras associada ao baixo gradiente topográfico e à preservação da vegetação.

Além da Formação Barreiras, a falésia se desenvolve também em trechos de sedimentos de cor branca e cinza-claro, aparentemente lixiviados. A ausente laterização, comum na Formação Barreiras, não é observada, o que faz desses depósitos, possíveis representantes dos sedimentos pós-barreiras (Figura 37 e 38). Na escala da escarpa como um todo, não chega a haver um padrão de dissecação diferenciado sendo que ambas as unidades sustentam escarpas íngremes e estando sujeitas aos mesmos tipos de riscos que as demais áreas em análise. Por outro lado,

na escala de detalhe métrica e submétricas ocorrem significativas variações em termos erosivos. Marcas de colapso de blocos e rampas de colúvio, pontualmente localizadas são possíveis de serem observadas e atestam os efeitos ativos da erodibilidade da falésia.

Figura 37: Foto de Falésia na Formação Barreiras capeada por sedimentos dunares na Baía dos Golfinhos/RN.



Fonte: Projeto Falésias.

Figura 38: Foto de Falésia modelada em sedimentos pós-barreiras. Baía dos Golfinhos/RN.



Fonte: Projeto Falésias.

Uma densa distribuição de blocos de laterita, concentrados à frente dos promontórios, os resguardam dos impactos da energia das ondas, em toda a base da escarpa chegando a formar uma rampa de talus (Figura 39). Essa proteção evita que as ondas removam os materiais erodidos da falésia que permanecem em sua base conferindo-lhe um perfil de escarpa mais côncavo.

Figura 39: Foto do promontório que divide Baía dos Golfinhos e a praia do Madero. Densa ocorrência de blocos de laterita protegem a base do promontório litorâneo.



Fonte: Projeto Falésias.

#### 4.2.2.2 *Compartimentação Geomorfológica*

A morfologia côncava associada à abrasão marinha faz da enseada da Baía dos Golfinhos o lócus da erosão diferencial, uma vez que o processo de difração de ondas tende a gerar maior erosão da concavidade em comparação à área dos promontórios. Os compartimentos geomorfológicos são tabuleiros vegetados, dunas fixas, face de praia, incluindo uma estreita berma. Com exceção dos promontórios, não há a presença de bloco de laterita na base da falésia.

#### 4.2.3 *Praia do Madero*

Com escarpas escalonadas e vegetadas, a praia do Madero difere das demais praias do entorno por possuir escarpa menos íngreme, recoberta por manto de intemperismo e vegetação de porte arbóreo. A enseada é separada da praia de

cacimbinhas por um pequeno promontório (Figura 40). Ao todo, possui 4.000 metros de extensão por 700 metros de recuo de concavidade na sua parte central. Mais recuada e com a presença de bermas, constitui a praia com a maior estabilidade quanto a processos erosivos de escarpa. A presença da vegetação em si, diminui a velocidade de fluxo do escoamento superficial e retém parte da água no solo, onde a umidade associada a matéria orgânica e as argilas vão contribuir para a coesão e estabilidade do conjunto.

*Figura 40: Praia do Madero.*



Fonte: Projeto Falésias.

#### **4.2.3.1 Processos erosivos**

A presença da vegetação de porte arbustivo e arbóreo constitui um indicador da estabilidade da falésia. Esta estabilidade é assegurada pela presença de um berma que evita que a base da falésia sofra abrasão marinha direta.

Por ser uma escarpa com solo e vegetação, não se observa colapso de blocos, tampouco movimentos do tipo deslizamento planares ou rotacionais. Embora os deslizamentos rotacionais sejam os tipos de deslizamentos mais frequentes em escarpas íngremes com solo (Projeto GIDES, 2018). Nos promontórios que dividem

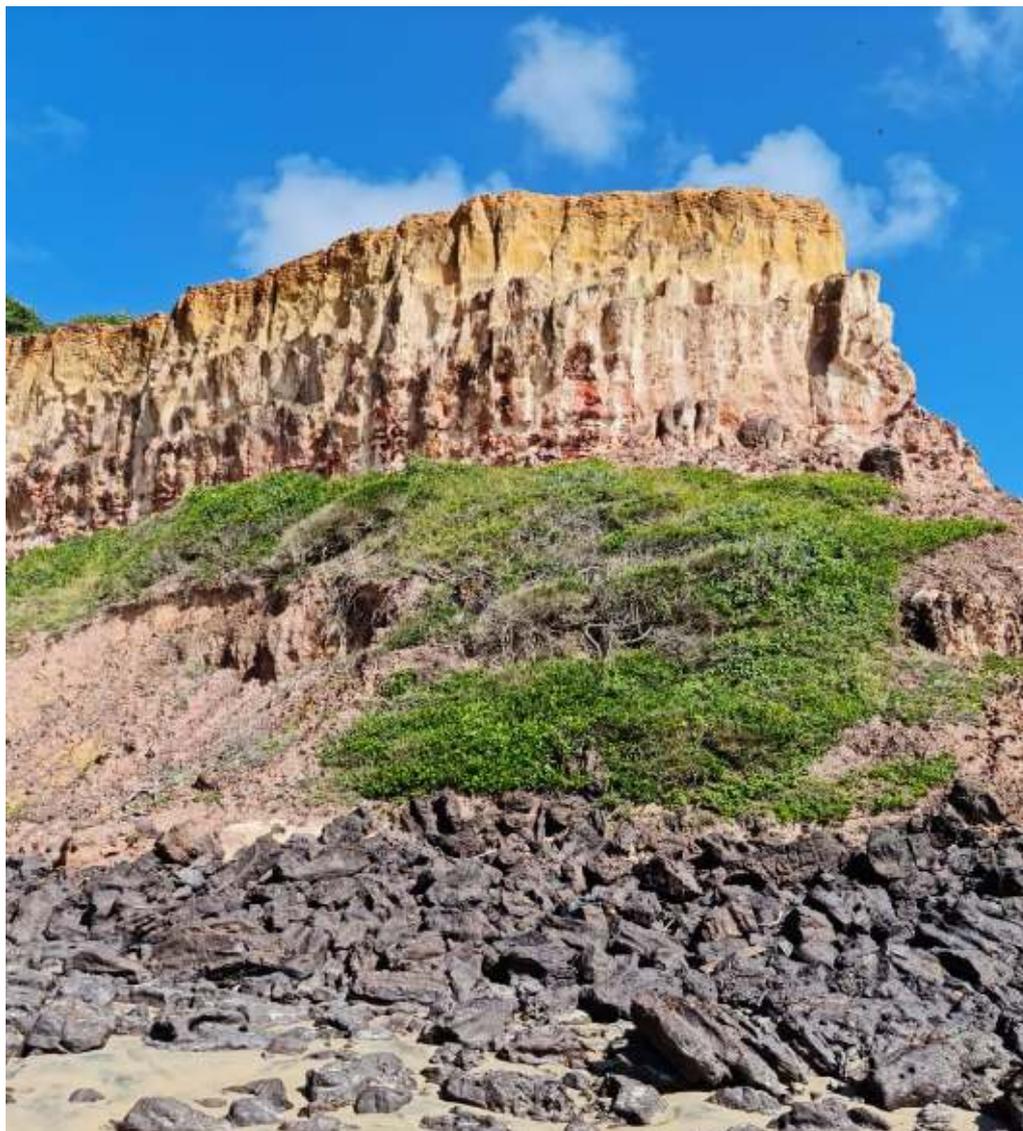
as enseadas, rampas de colúvios e blocos de laterita colapsada repousam na base da escarpa. Esses materiais conferem um perfil mais concavo a morfologia da escarpa, que nesse caso difere do perfil mais retilíneo íngreme das falésias nas enseadas (Figura 41 e 42).

Figura 41: Promontório que divide a praia do Madero e Cacimbinhas.



Fonte: Projeto Falésias.

Figura 42: Promontório que divide a praia do Madero e Cacimbinhas (Visão Frontal).

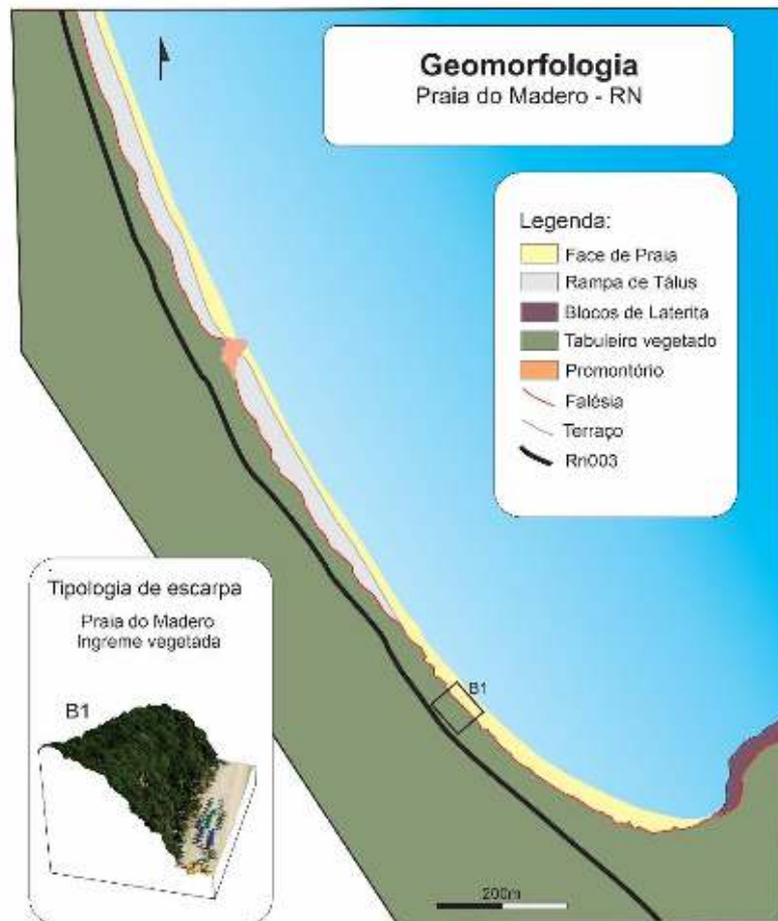


Fonte: Projeto Falésias.

#### 4.2.3.2 *Compartimentação Geomorfológica.*

Na praia do Madero os compartimentos geomorfológicos são: tabuleiro vegetado, face de praia compondo um berma de cerca de 30 metros, promontório e rampas de tálus. Esse último forma um terraço que resguarda a base da falésia de abrasão marinha direta (Mapa 6).

Mapa 6: Geomorfologia da praia do Madero – RN.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

#### 4.2.4 Praia de Cacimbinhas

No setor da praia de Cacimbinhas, ocorre a transição das falésias vegetadas, no segmento que conecta com a Praia do Madero, ao sul, com a parte de falésias expostas, modeladas pela erosão pluvial (Figura 43). Trata-se de falésias íngremes modeladas em rochas sedimentares mais friáveis quando comparadas as que ocorrem nas demais áreas a sul.

Figura 43: Praia de Cacimbinhas (Visão de sul para norte).



Fonte: Projeto Falésias.

#### 4.2.4.1 Processos erosivos

O trecho que compreende a Praia de Cacimbinhas é o que possui a maior diversidade de feições geomorfológicas associadas a um contexto geológico igualmente diversificado. No trecho norte, falésia íngremes se desenvolvem ravinas. Uma rede de ravinamentos situa-se exatamente em uma camada ou fácies mais

friável, de textura arenosa, mais homogênea e coloração laranja. Essas ravinas, quando atingem a escarpa, passam a desenvolver traçado vertical, tornando a escarpa do tipo íngreme ravinada. Atualmente, o sistema de drenagem pluvial proveniente da estrada (RN-003) alimenta as ravinas que se conectam e formam voçorocas no limite da escarpa. Todo o pacote sedimentar que sustenta a escarpa é menos laterizado do que as falésias de Pipa e Barra de Tabatinga, por esse motivo, menos resistente à erosão e ao escoamento superficial. A escarpa é modelada em pacotes sedimentares maciços, de cores claras, gradando do branco ao creme e ao laranja (Figura 44 e 45). Na base, rampas de colúvios diminuem a declividade da escarpa dando-lhe um aspecto rampeado.

Figura 44: Falésia ravinada na praia de cacimbinhas (visão de sul para norte).



Fonte: Projeto Falésias.

Figura 45: Falésia ravinada apenas na superfície (Primeiro plano da fotografia) - Praia de Cacimbinhas (visão de norte para sul).



Fonte: Projeto Falésias.

No trecho sul, as falésias são mais baixas e modeladas em pacotes sedimentares aparentemente lixiviados, o que lhe conferem cores em tons de cinza claro. Na base, a sucessão de cones de dejeção de sedimentos forma rampas com declive em direção à praia, atualmente escarpadas por níveis de terraços marinhos. Esses depósitos, com até 5 metros de espessura no contato com a falésia, resguardam a base da escarpa, fazendo desse setor um compartimento de falésias inativas do ponto de vista da abrasão marinha (Figura 46).

Figura 46: Falésia em pacotes sedimentares lixiviados com depósitos sedimentares na base conferindo-lhe aspecto rampeado, (visão de norte para sul).



Fonte: Projeto Falésias.

A definição clássica de falésia, segundo o IBGE (1992), diz que é a “escarpa originada pela erosão marinha e ainda sob a influência destes agentes, implicando necessariamente na existência de porções continentais soerguidas e/ou rebaixamentos eustáticos para sua formação”, também define falésia morta como “rebordo costeiro, íngreme ou suavizado, resultante da erosão marinha que não mais está atuando no local, devido à formação de uma planície marinha ou fluviomarinha”.

Esse setor apresenta feições erosivas mais associadas à erosão pluvial e ao escoamento superficial, como voçorocas semicirculares na borda da escarpa. Esse tipo de feição adentra poucos metros a superfície do tabuleiro sendo caracterizada por uma morfologia em U (Figura 47).

Figura 47: Voçoroca circular em falésia na praia de cacimbinhas.

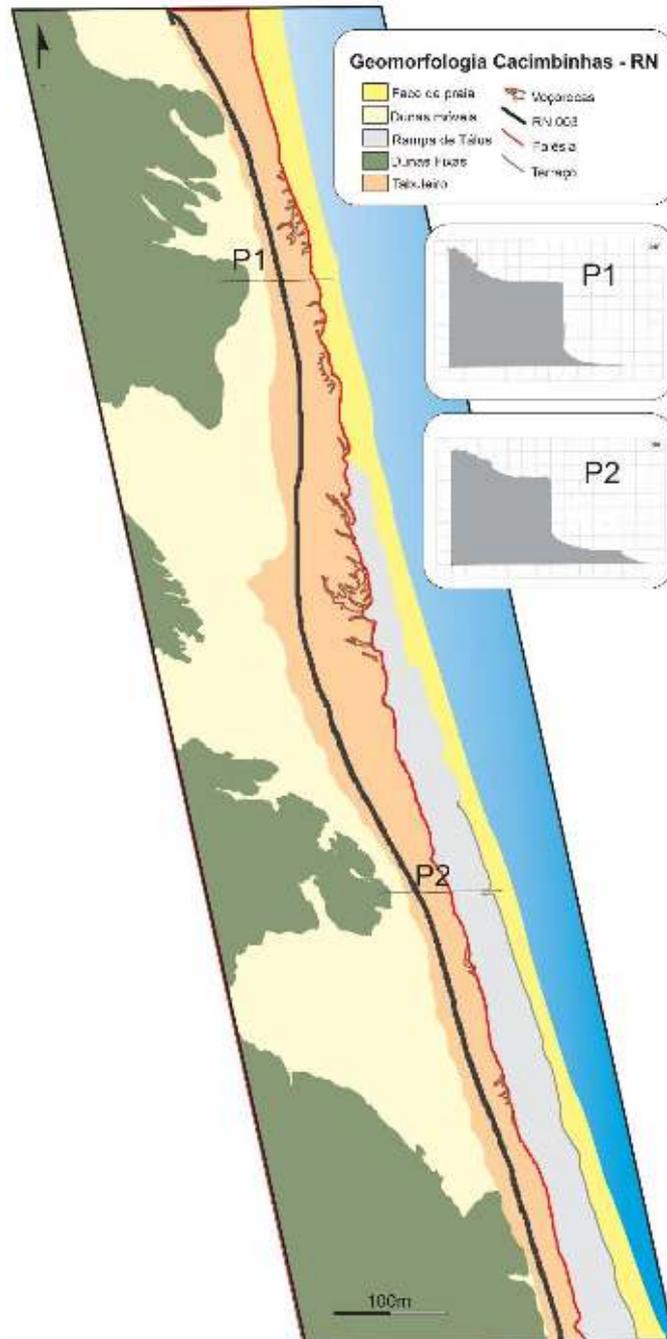


Fonte: Projeto Falésias.

#### 4.2.4.2 *Compartimentação Geomorfológica*

Em Cacimbinhas, os compartimentos geomorfológicos são tabuleiros expostos, duna fixa e semifixa, rampa de tálus e face de praia. Os limites do tabuleiro formam falésias, com até 30 metros de altura, enquanto os limites da rampa de tálus com a face de praia formam baixos níveis de terraços marinhos (Mapa 7).

Mapa 7: Geomorfologia de Cacimbinhas – RN.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

#### 4.2.4.3 Suscetibilidade à erosão

Evidencia-se que os setores menos laterizados e mais friáveis são os que apresentam maior suscetibilidade à erosão e formam rampas de colúvio de sedimentos inconsolidados na base da escarpa. Esses depósitos são rapidamente removíveis no período de preamar, pela ação marinha; resultando na manutenção do ângulo abrupto da escarpa. Nos trechos da falésia onde a natureza do material e o tempo de deposição possibilitaram uma maior cimentação e diagênese, o movimento de massa corre por colapso de blocos.

A maior coesão entre os grãos da massa rochosa resulta na maior ocorrência dos sets de fraturas, uma vez que o caráter rúptil do depósito favorece o fraturamento, que é mais bem identificado, em camadas com maior grau de diagênese e laterização. Isso pode influenciar o processo erosivo da base da falésia, acelerando-o no caso de camadas mais friáveis ou retardando-o, no caso das camadas mais laterizadas.

# 5 Pluviosidade e Eventos Máximos



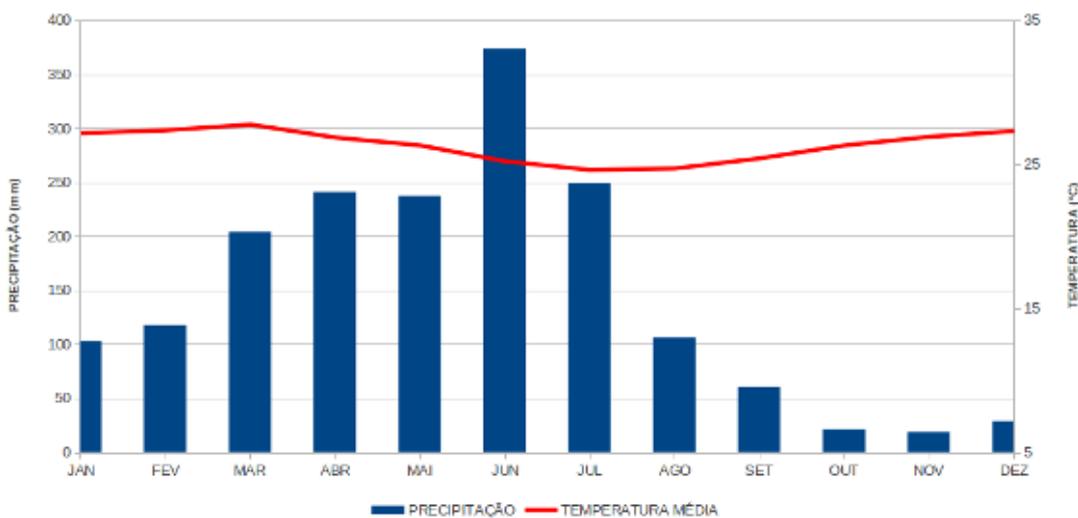
## 5 PLUVIOSIDADE E EVENTOS MÁXIMOS

O comportamento da precipitação, notadamente no que tange aos eventos máximos, tem uma relação direta com a análise de risco aqui tratada. Nesse sentido, realizou-se uma caracterização do comportamento da precipitação da área de Barra de Tabatinga e distrito de Pipa.

Para a localidade de Barra de Tabatinga, foram utilizados dados de precipitação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da estação localizada na UFRN, distante 25,8 km da área de estudo. Para o distrito de Pipa, os dados de precipitação são da estação da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), situada no município de Baía Formosa/RN, distante 20,6 km, ambas medidas feitas em linha reta. Foram utilizados também dados de temperatura do INMET da estação convencional de Natal/RN.

Tendo em vista a melhor série de dados, foram selecionados dados no período de 2003 a 2020 e realizada a média mensal de precipitação. Observou-se para localidade de Barra de Tabatinga que os meses mais chuvosos são de março a julho, com médias de chuva de 373 mm e temperatura de 25,2 °C no mês de junho. Já o período de estiagem é de outubro a dezembro, com médias de chuva de até 18,9 mm e temperatura de 26,9 °C no mês de novembro (Figura 48).

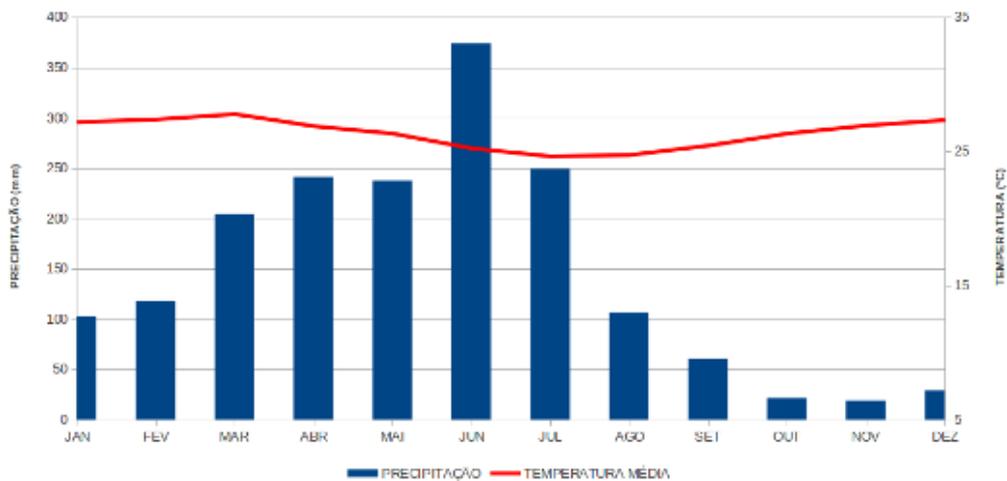
Figura 48: Climograma para Barra de Tabatinga (2003-2020).



Fonte: INMET (2021).

No distrito de Pipa, observou-se que o período chuvoso é, entre os meses de março a julho, com médias de chuva de 296,3 mm e temperatura de 25,2 °C, no mês de junho. O período de seco é de outubro a dezembro, com médias de chuva de 13 mm e temperatura de 26,9 °C no mês de novembro (Figura 49).

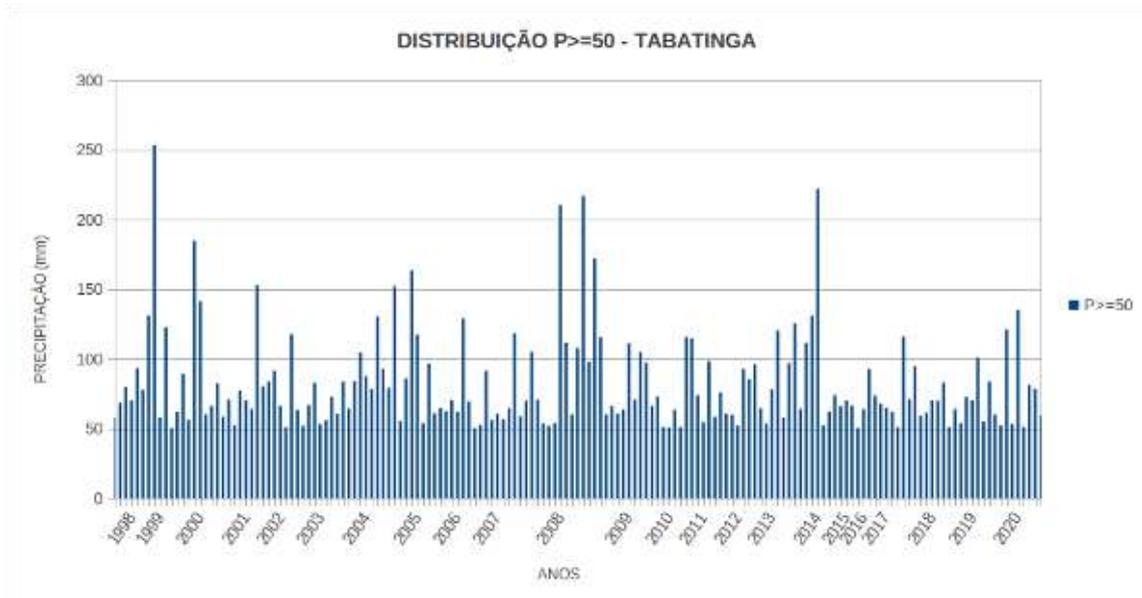
Figura 49: Climograma para Pipa/RN (2003-2020).



Fonte: INMET (2021).

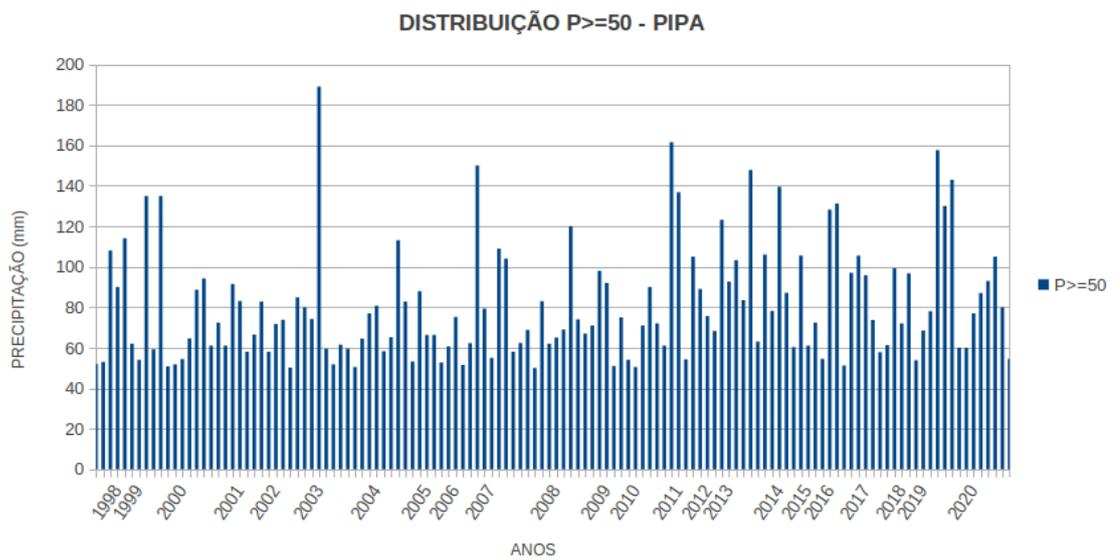
No tocante aos eventos máximos de precipitação, foram considerados aqueles com volume superior a 50 mm, em 24 horas. Entre os anos de 1998 e 2020, foram identificados um total de 128 eventos para Tabatinga, além de 26 eventos com precipitação igual ou superior a 100 mm/dia (Figura 50). Já na localidade de Pipa foram identificados 163 eventos, com precipitação igual ou superior a 50 mm/dia, e 34 eventos com precipitação maior ou igual a 100 mm/dia (Figura 51).

Figura 50: Distribuição da precipitação maior ou igual a 50 mm/dia para Barra de Tabatinga/RN.



Fonte: INMET (2021).

Figura 51: Distribuição da precipitação maior ou igual a 50 mm/dia para o distrito de Pipa.



Fonte: INMET (2021).

# 6 Morfodinâmica Costeira



## 6 MORFODINÂMICA COSTEIRA

Foi considerada como condição inicial a configuração morfológica do perfil praiial observado no mês de fevereiro, para a Praia de Pipa, e janeiro, para Tabatinga. Algumas situações causaram a não realização da aquisição dos dados em alguns meses, a exemplo do mês de março, período crítico da pandemia do Covid-19 no RN, e julho, decorrente de chuvas.

Para possibilitar uma quantificação volumétrica do sedimento presente no perfil praiial, foi considerada uma faixa de 1 m de largura ao longo do perfil. Além disso, o volume foi calculado apenas para cotas superiores a cota de 0 metros.

### 6.1 Panorama da Erosão no RN

A zona costeira do Estado do Rio Grande do Norte tem aproximadamente 410 km de extensão, constituída predominantemente por praias arenosas e falésias ativas, sendo em geral subdividida em dois setores distintos, em função da sua localização geográfica, sendo estes: o litoral Leste, ou Oriental (de direção preferencial da linha de costa na direção Norte-Sul) e o Litoral Norte, ou Setentrional (ou ainda Equatorial) (de direção preferencial da linha de costa Leste-Oeste). Esses apresentam diferenças climáticas e tectônicas que, por sua vez, influenciam o regime de direção dos ventos e padrão de circulação oceânica, que contribuem para modelar o litoral norte-rio-grandense (VITAL *et al.*, 2018).

As praias de Barra de Tabatinga e Pipa, objeto de estudo, estão inseridas no litoral Oriental, tal litoral é delimitado ao Sul pela praia do Sagi, município de Baía Formosa (divisa do RN com PB), e ao Norte pelo Cabo Calcanhar, município de Touros (VITAL *et al.*, 2018). Esse setor apresenta 166 km de extensão e representa 41% do litoral do RN, assim distribuídos: 101 km (61%) de praias arenosas planas e estreitas e 65 km (39%) de falésias ativas (ocorrendo quando os tabuleiros costeiros da Formação Barreiras afloram na linha de costa).

O litoral Oriental tem um clima tropical quente, úmido e sub-úmido, tipo AF de Köppen (NIMER, 1989). Os ventos apresentam uma proveniência predominante do

quadrante SE, com velocidade variando entre 3,8 e 4,5 m/s, na estação de Natal, geram uma deriva litorânea que durante quase todo o ano transporta sedimentos no sentido de S para N (VITAL *et al.*, 2018).

Os indicadores mais comuns da erosão costeira ao longo da costa do Estado do Rio Grande do Norte são descritos por Vital (2006) e Vital *et al.* (2003, 2006), nos quais seguiram os critérios definidos por Souza *et al.* (2005), tais indicadores são:

1. Pós-praia muito estreita ou inexistente devido à inundação pelas preamares de sizígia (praias urbanizadas ou não);
2. Retrogradação geral da linha de costa nas últimas décadas, com franca diminuição da largura da praia, em toda a sua extensão ou mais acentuadamente em determinados locais dela (praias urbanizadas ou não);
3. Intensa erosão de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejam as praias, provocando o desenvolvimento de falésias com alturas de até dezenas de metros (praias urbanizadas ou não);
4. Destruição de faixas frontais de vegetação de restinga ou de manguezal, presença de raízes e troncos em posição de vida soterrados na praia, devido à erosão e/ou ao soterramento causado pela retrogradação/migração da linha de costa;
5. Exumação e erosão de depósitos paleolagunares, turfeiras, arenitos de praia ou terraços marinhos holocênicos e pleistocênicos, sobre o estirâncio e/ou a face litorânea atuais, devido à remoção das areias praias por erosão costeira e déficit sedimentar extremamente negativo (praias urbanizadas ou não);
6. Destruição de estruturas artificiais construídas sobre os depósitos marinhos ou eólicos holocênicos, a pós-praia, o estirâncio, a face litorânea e/ou a zona de surfe;
7. Presença de concentrações de minerais pesados em determinados trechos da praia, em associação com outras evidências erosivas (praias urbanizadas ou não);
8. Desenvolvimento de embaíamentos formados pela presença de correntes de retorno concentradas e de zona de barlamar ou centros de divergência de células de deriva litorânea localizados em local(is) mais ou menos fixo(s) da linha de costa.

Observam-se registros atuais de erosão costeira presentes em muitos trechos do litoral norte-riograndense, com ênfase para 245 km (60%) da linha de costa sob erosão ou ação de processos erosivos, enquanto 165 km (40%) encontra-se estável (muito pouco em deposição) (VITAL *et al.*, 2018). Apesar disso, esses processos de erosão no Estado do Rio Grande do Norte já haviam sido notados por Diniz e Dominguez (1999) e Diniz (2002), através da constatação da quase ausência dos terraços sedimentares costeiros do Holoceno e Pleistoceno no Setor Oriental.

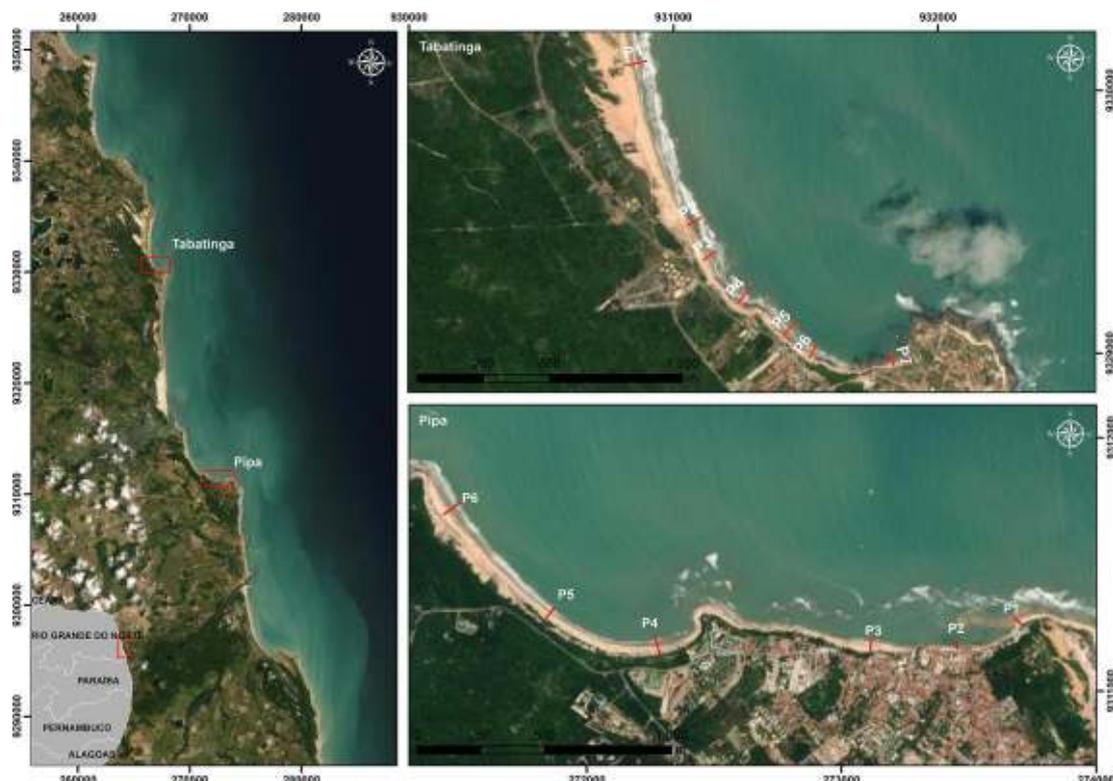
As principais causas e fatores da erosão costeira observados no Rio Grande do Norte estariam principalmente relacionados a: i) dinâmica da circulação costeira; ii) evolução holocênica da planície costeira; iii) suprimento sedimentar ineficiente; iv) construção de estruturas de concreto perpendiculares a linha de costa na zona de praia; e v) fatores tectônicos (VITAL *et al.*, 2018).

Áreas de erosão ao longo do setor Norte são mais relacionadas a morfologia do substrato oceânico adjacente; enquanto ao longo do setor Leste a erosão é relacionada a morfologia costeira de grande escala. Riscos naturais neste litoral são associados a fortes correntes de retorno e de deriva litorânea, e topografia associada a presença de *beachrocks* e pontais rochosos, que ampliam o potencial de erosão. Riscos antropogênicos, por sua vez, são relacionados principalmente a construções urbanas diretamente na linha de costa (por vezes ocupando o pós-praia) e construção de barragens ao longo dos rios, bem como a exploração das praias pelo turismo, carcinicultura e indústria energéticas (exploração da energia eólica, óleo e gás) (VITAL *et al.*, 2018).

## 6.2 Resultados Preliminares

Foram selecionados dois trechos do litoral do oriental do RN para serem objetos deste estudo, ambos, trechos onde ocorre na interação do sistema paria-falésia, localizados nas praias de Pipa e Tabatinga (Mapa 8).

Mapa 8: Localização dos perfis praias realizados nas praias de Pipa e Tabatinga.

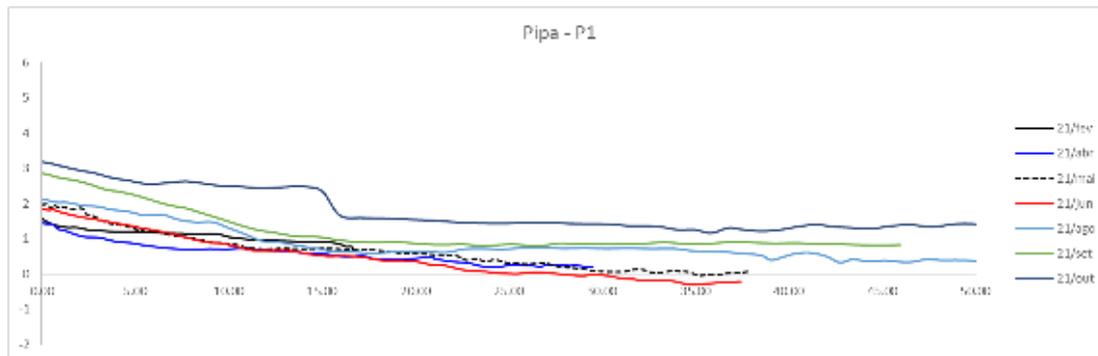


Fonte: Elaboração do Projeto Falésias.

### 6.2.1 Praia de Pipa

O perfil P1 sofreu grandes variações de cota entre fevereiro e outubro (Figura 52), evidenciando que há grandes movimentações de sedimento, apesar de estar rochas em seu entorno. Nessa porção da praia de Pipa, não há pós-praia e a falésia é protegida da ação direta das ondas por rochas presentes no sopé da falésia, bem como no entorno do perfil (Figura 53). Entre fevereiro e abril, observou-se um rebaixamento no perfil causado pela remoção de sedimento nesse período. A partir do mês de abril, foi observada grande sedimentação ao longo do perfil ocasionando a elevação de sua cota. À exceção de maio e junho, quando houve relativa estabilidade, observou-se intensa deposição na porção superior do estirâncio.

Figura 52: Perfis topográficos no ponto P1 entre fevereiro e outubro de 2021.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Figura 53: Rochas localizadas no sopé da falésia (Foto da esquerda) e ao longo do perfil P1 (Foto da direita).

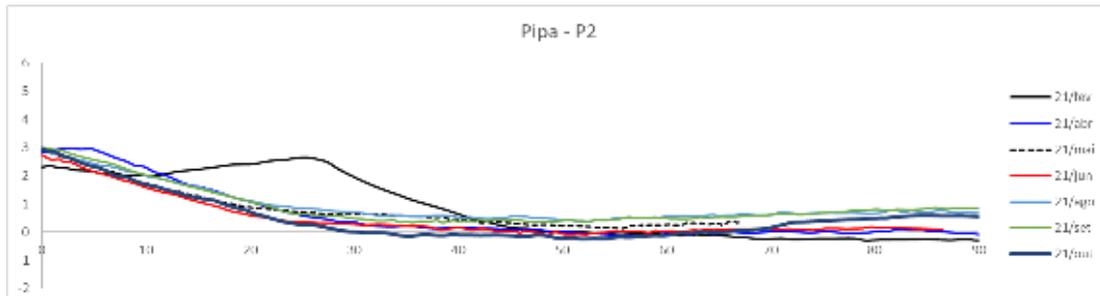


Fonte: Projeto Falésias.

No perfil P2 (Figura 54), observou-se remoção de sedimento, entre fevereiro e junho, quando ocorreu uma grande redução na área de pós-praia, sendo observado o rebaixamento da cota de todo o perfil, em especial do estirâncio superior. A partir de junho, ocorreu sedimentação ao longo do perfil, apesar dos meses de agosto e setembro não apresentarem variações significativas entre os seus perfis. A maior

parte da sedimentação ocorrida a partir de junho se deu, principalmente, na porção do estirâncio inferior. A inclinação do estirâncio variou entre o máximo de 8,0°, em fevereiro, e o mínimo de 5,0°, em agosto.

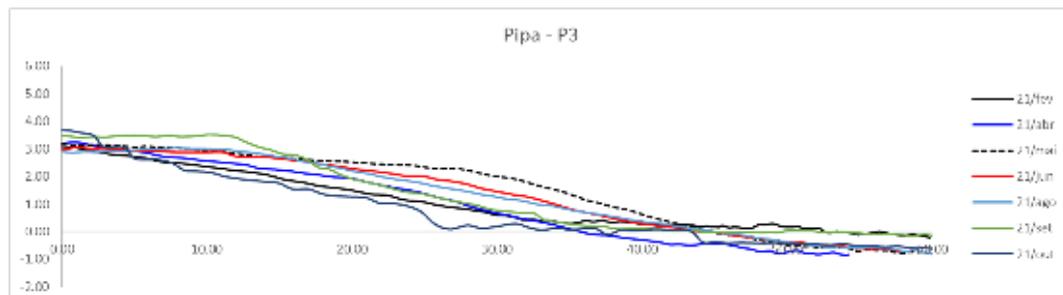
Figura 54: Perfis topográficos no ponto P2 entre fevereiro e outubro de 2021.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Foi observada progressiva sedimentação no perfil P3, entre fevereiro e maio, quando foi observado um incremento de aproximadamente 32,6 m<sup>3</sup> (de 62,1 m<sup>3</sup> para 94,7 m<sup>3</sup>). Essa sedimentação resultou no desenvolvimento da pós-praia nesse perfil, passando de aproximadamente 2 m para 24 m (Figura 55). O estirâncio teve um aumento na sua inclinação, passando de 4,7° para 9,2°. Entre maio e junho, houve uma redução no volume de sedimento presente no perfil, bem como da sua pós-praia, passando de 24 m para 15,8 m, respectivamente. Além disso, a inclinação do estirâncio diminuiu de 9,2° para 5,5°. A partir de junho, até outubro (última medição), houve um rebaixamento na cota do perfil com remoção de sedimento ocorrendo principalmente na seção do estirâncio inferior. Com isso, a pós-praia teve sua extensão reduzida para aproximadamente 4 m, similarmente ao observado em fevereiro.

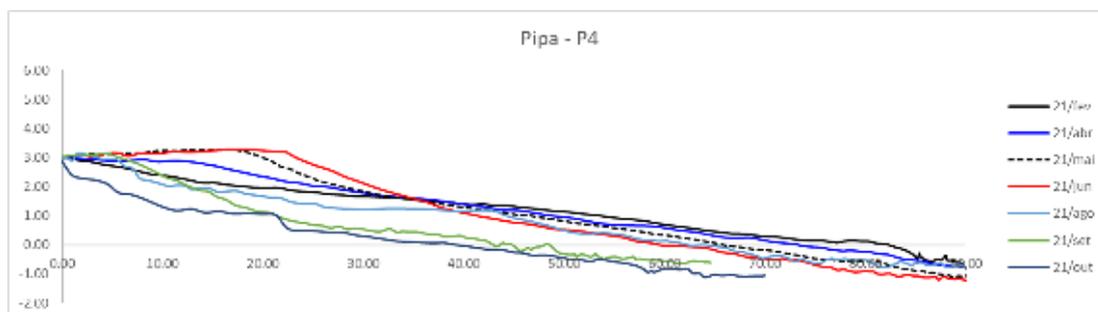
Figura 55: Perfis topográficos no ponto P3 entre fevereiro e outubro de 2021.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

O trecho da praia está localizado o perfil P4 (Figura 56) é o que apresentou maiores modificações no perfil entre os meses monitorados (fevereiro e outubro). Esse perfil apresentou uma variação entre os volumes máximos e mínimos calculados de 85,9 m<sup>3</sup>, respectivamente, observados nos meses de maio e setembro. A comparação dos perfis de praia, entre os meses de fevereiro e junho de 2021, mostram que na região do perfil P4 há uma progressiva deposição de sedimento na porção do pós-praia e estirâncio superior, ao passo que houve remoção de sedimento na porção do estirâncio inferior e antepraia. Foi observado um aumento no volume do perfil entre fevereiro e maio, com um incremento de 9,3 m<sup>3</sup>, e um decréscimo entre maio e junho de aproximadamente 2,4 m<sup>3</sup>. Observa-se que a pós-praia nesse trecho se desenvolveu entre fevereiro e junho, atingindo o máximo de aproximadamente 22 m. A partir de junho, ocorreu intensa remoção de sedimento no estirâncio superior e pós-praia, tornando-a incipiente (aproximadamente 1 m). Dessa forma, a partir de outubro, a base da falésia ficou mais susceptível a ação direta nos períodos de preamar.

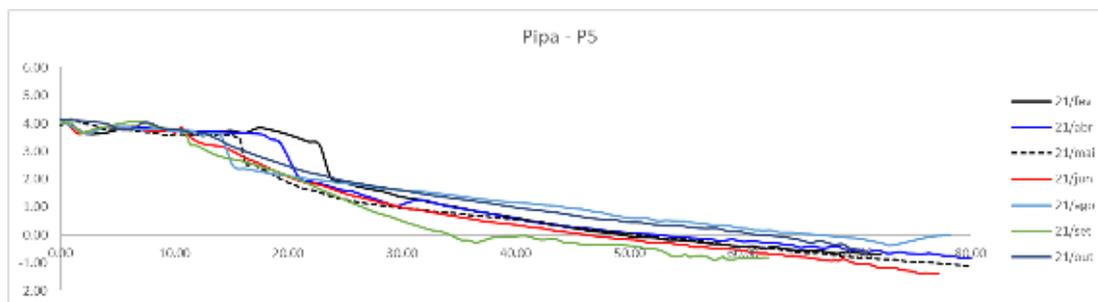
Figura 56: Perfis topográficos no ponto P4 entre fevereiro e outubro de 2021.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Em fevereiro, no perfil P5 (Figura 57), havia uma faixa de pós-praia (aproximadamente 22 m), bem como uma berma em desenvolvida, estando topograficamente elevada o suficiente para prevenir que a água alcance o sopé da falésia, mesmo com a incidência de ondas. Entre fevereiro e junho, ocorreu a redução dessa faixa de pós-praia para aproximadamente 11,4 m, e um pequeno rebaixamento de cota no estirâncio. Entre junho e agosto, houve expressiva sedimentação ao longo do estirâncio e antepraia, além de crescimento da área de pós-praia. Em setembro foi observada a cota mais baixa ao longo do perfil praiar e a maior inclinação do estirâncio com 9,3°, sendo o perfil recomposto no mês seguinte.

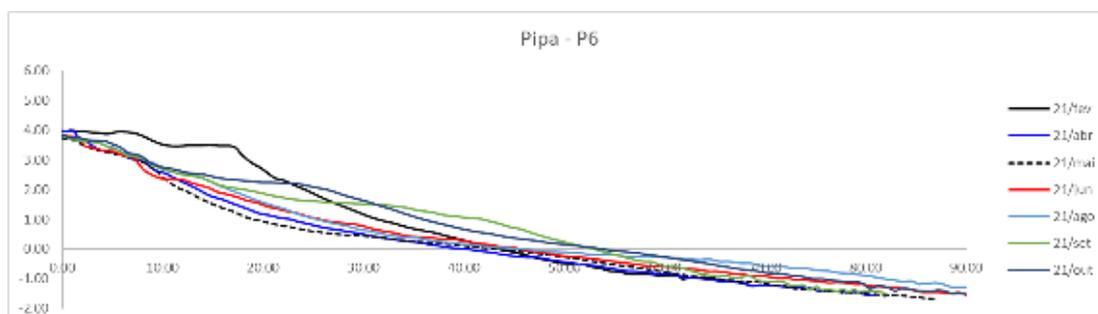
Figura 57: Perfis topográficos no ponto P5 entre fevereiro e outubro de 2021.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

A região do perfil P6 (Figura 58) apresentou comportamento similar ao perfil P5, onde ocorreu uma redução na extensão do pós-praia e obliteração da berma observada em fevereiro (Figura 58). Entretanto, nesse trecho da praia as variações ocorreram principalmente no estirâncio médio e superior. Entre fevereiro e maio, ocorreu um progressivo rebaixamento na cota do perfil e redução no volume do perfil (96,8 m<sup>3</sup>, 59,9 m<sup>3</sup> e 55,6 m<sup>3</sup>, respectivamente). A partir de junho, ocorreu sedimentação no estirâncio inferior e médio, o que ocasionou a elevação da cota do perfil sequencialmente nesses locais. Foi observado ainda o aumento no volume do perfil, chegando a cerca de 92,8 m<sup>3</sup> em outubro. Nos meses em que prevaleceu remoção de sedimento, a inclinação do estirâncio foi mais elevada, variando entre 5,5° e 6,8°. Por outro lado, nos meses em que prevaleceu sedimentação (junho a outubro) a inclinação do estirâncio foi menor, variando entre 2,5° e 5,1°.

Figura 58: Perfis topográficos no ponto P6 entre fevereiro e outubro de 2021.



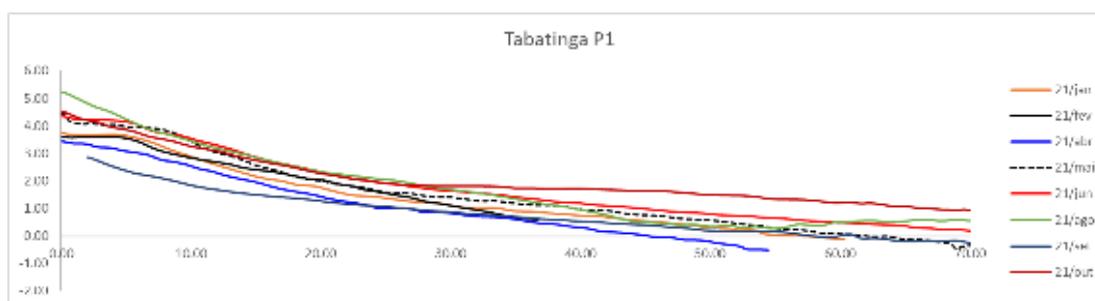
Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

## 6.2.2 Praia de Tabatinga

Para a praia de Tabatinga, foi reduzido o número de perfis a serem feitos, resultando em 7 perfis de monitoramento (Mapa 8).

No perfil P1 (Figura 59), entre janeiro e maio, ocorreu uma sucessiva remoção de sedimento do perfil praiar ( $29,6 \text{ m}^3$ ), e sedimentação entre maio e agosto ( $32,1 \text{ m}^3$ ). No mês de setembro, ocorreu uma expressiva remoção de sedimento (Figura 60) causando o rebaixamento em todo o perfil praiar, sendo esse recomposto no mês de outubro. Em outubro, a maior parte da sedimentação ocorreu no estirâncio inferior. Em média, a inclinação do estirâncio foi de  $4,2^\circ$ , em setembro, foi observada menor inclinação com  $2,7^\circ$  e a maior em janeiro ( $5,4^\circ$ ).

Figura 59: Perfis topográficos no ponto P1 entre janeiro e outubro de 2021.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

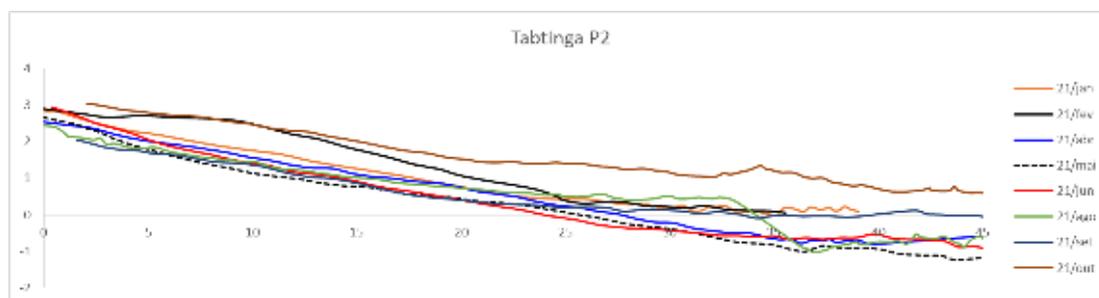
Figura 60: Fotos da área do perfil P1 nos meses de fevereiro (esquerda) e setembro (direita).



Fonte: Projeto Falésias.

No perfil P2 (Figura 61), entre janeiro e fevereiro, ocorreu grande sedimentação no estirâncio, resultando em um aumento na inclinação de  $5,4^\circ$  para  $8,1^\circ$ . Entre fevereiro e maio, por outro lado, houve uma significativa remoção de sedimento com uma diferença de aproximadamente  $22,9 \text{ m}^3$  entre eles, coincidindo com as maiores diferenças de inclinação do estirâncio ( $8,13^\circ$  e  $4,27^\circ$ , respectivamente). Ocorreram poucas variações entre maio de agosto, porém sendo observado sedimentação na porção do estirâncio inferior. Similarmente ao ocorrido no perfil P1, em setembro houve remoção de sedimento do perfil praiar, entretanto não tão expressiva, e deposição de sedimento no mês de outubro.

Figura 61: Perfis topográficos no ponto P2 entre janeiro e outubro de 2021.

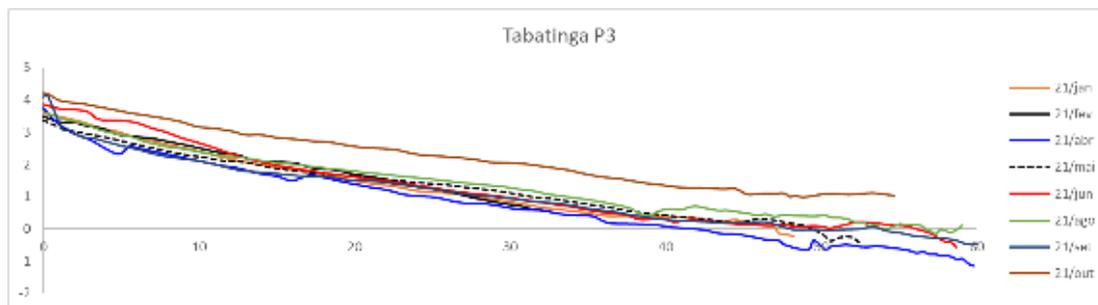


Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Poucas variações foram observadas nos perfis P3 (Figura 62) e P4 (Figura 64) entre janeiro e agosto, e janeiro e junho, respectivamente. Ambos os perfis apresentaram condições similares de baixa inclinação do estirâncio. No perfil P3, foi medido inclinação máxima no estirâncio de  $4,65^\circ$  em fevereiro, e mínimo de  $3,19^\circ$  em maio. Nesse local, foi calculada uma variação de volume para o perfil aproximadamente entre  $53,8 \text{ m}^3$  e  $79,2 \text{ m}^3$ , para os meses de abril e agosto, respectivamente. Essa diferença representa uma sedimentação de aproximadamente  $25,4 \text{ m}^3$  ocorrida entre abril e agosto. Em setembro, foi observada remoção de sedimento causando um rebaixamento do perfil na porção superior do estirâncio. Em outubro, foi observada expressiva sedimentação ao longo do perfil. O perfil P4 apresenta a menor inclinação do estirâncio dentre todos os perfis analisados, variando entre  $3,3^\circ$  e  $2,5^\circ$ . Pode-se dizer que não ocorreram variações nesse perfil, de acordo com a variação no volume de sedimento do perfil entre janeiro e junho, que foi de  $0,84$

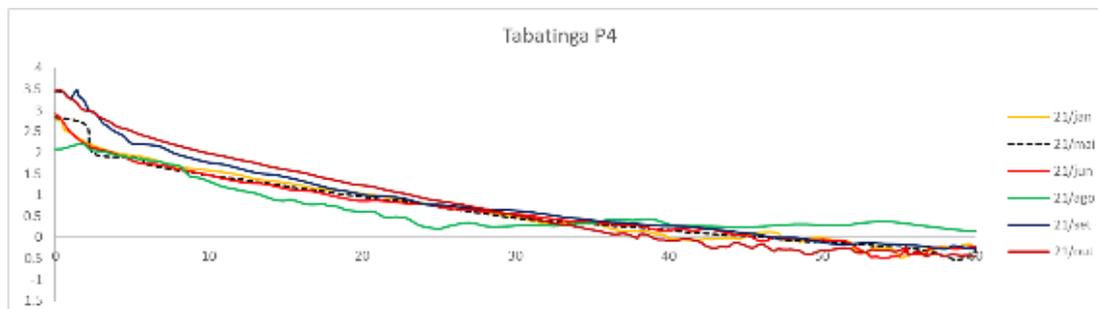
m<sup>3</sup> (41,8 m<sup>3</sup> e 40,9 m<sup>3</sup>, respectivamente, para os meses de janeiro e junho). Ao contrário do observado nos perfis anteriores, entre junho e agosto, ocorreu remoção de sedimento do perfil praial, causando rebaixamento do perfil principalmente no estirâncio inferior e sedimentação na porção da antepraia. A recomposição do perfil ocorreu sucessivamente entre agosto e outubro, quando foi observada sedimentação principalmente na porção superior do estirêncio.

Figura 62: Perfis topográficos no ponto P3 entre janeiro e outubro de 2021.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Figura 63: Perfis topográficos no ponto P4 entre janeiro e outubro de 2021.

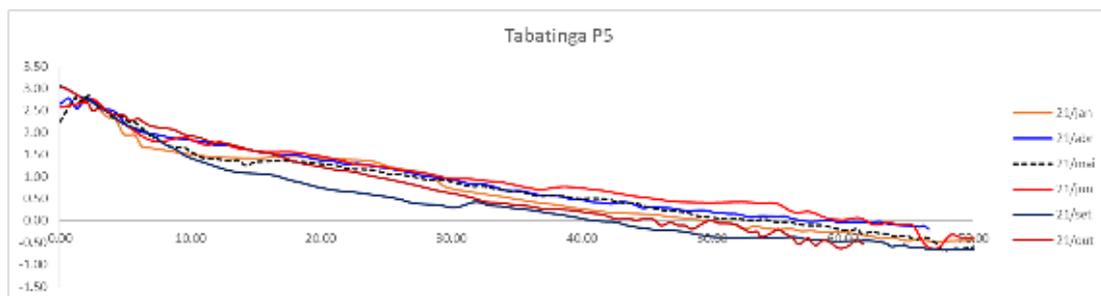


Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Entre janeiro e junho, de maneira geral, foi observado maior sedimentação em contraponto à remoção de sedimento do perfil praial no perfil P5 (Figura 64), apesar de ter sido observado remoção de sedimento nos meses de abril e maio. O volume calculado de sedimento para esse perfil aumentou em aproximadamente 20 m<sup>3</sup> nesse período, passando de 45,1 m<sup>3</sup> para 65,1 m<sup>3</sup>. Entre janeiro e abril, a sedimentação ocorreu predominantemente no estirâncio superior e inferior. Entre abril e maio, ocorreu um rebaixamento no perfil praial na porção do estirâncio superior e uma

diminuição do volume de sedimento calculado de 61,2 m<sup>3</sup> para 55,8 m<sup>3</sup>. Entre junho e setembro, ocorreu remoção de sedimento causando um rebaixamento do perfil praiar na porção do estirâncio inferior, sendo o perfil totalmente recomposto no mês de outubro. A inclinação média do estirâncio sofreu pouca variação, tendo um mínimo de 1,7° e 3,7° para os meses de maio e outubro, respectivamente.

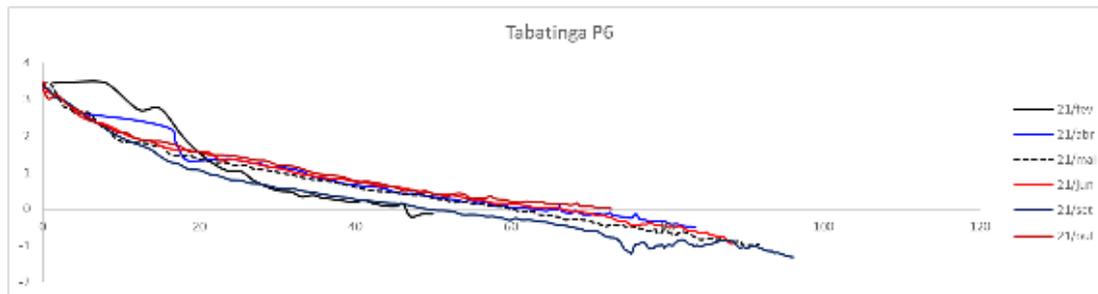
Figura 64: Perfis topográficos no ponto P5 entre janeiro e outubro de 2021.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

No perfil P6 (Figura 65), a porção mais superior do perfil praiar foi bastante modificada, ocorrendo remoção de sedimento e obliteração da berma entre fevereiro e maio. Em fevereiro, o estirâncio superior apresentava uma inclinação de 6,2° e o inferior de 2,3°. A inclinação do estirâncio superior foi suavizada com a remoção de sedimento dessa seção do perfil. A inclinação do estirâncio sofreu pouca variação entre abril e outubro, sendo observado o valor mínimo de 2,2° (maio) e máximo de 3,0° (setembro). Considerando o período entre fevereiro e junho, houve predominância de deposição no perfil com aumento de aproximadamente 14,1 m<sup>3</sup> de sedimento (passando de 64,6 m<sup>3</sup> para 78,7 m<sup>3</sup>). Assim como em outros perfis, houve expressiva remoção de sedimento em setembro, causando um rebaixamento em todos os compartimentos do perfil praiar, a exceção do estirâncio superior. Em outubro, a deposição de sedimento ocasionou a recomposição do perfil estando similar ao observado em junho.

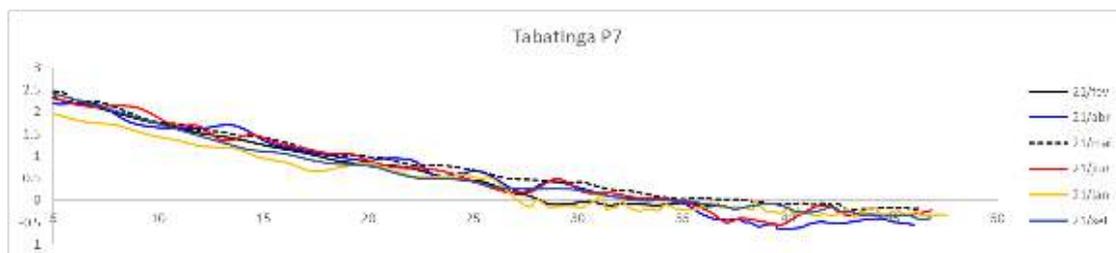
Figura 65: Perfis topográficos no ponto P6 entre janeiro e outubro de 2021.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

No perfil P7 (Figura 66), houve sedimentação na porção do estirâncio superior entre janeiro e junho, causando um aumento na cota dessa seção do perfil. De maneira geral, houve sedimentação, entre janeiro e junho, com um aumento de 8,8 m<sup>3</sup>. Entretanto, entre maio e junho, ocorreu uma remoção de sedimento do perfil. A inclinação do estirâncio se manteve aproximadamente constante entre janeiro e maio (4,6° e 4,3°, respectivamente), tendo aumentado entre maio e junho (5,3°). Em setembro, foi observada uma pequena variação no perfil praiar, assim como em outros perfis, entretanto, essas não foram significativas.

Figura 66: Perfis topográficos no ponto P7 entre janeiro e setembro de 2021



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

### 6.3 Considerações

Entre fevereiro e outubro, na praia de Pipa, observou-se uma alternância entre sedimentação e remoção nos trechos monitorados. De maneira geral, os perfis P1, P3 e P4, onde o sistema praia-falésia é mais dinâmico (a ausência de pós-praia, ou esta é bastante insipiente) prevaleceu sedimentação ao longo do perfil praiar entre

fevereiro e junho. Apesar disso, no perfil P1, a sedimentação foi continuada até outubro, mês da última medição. Nesses perfis, a sedimentação ocorreu preferencialmente nas porções superiores do perfil praial (estirâncio superior e pós-praia). O que proporcionou uma elevação na cota do perfil próximo à falésia, minimizando a ação das ondas no seu sopé nos períodos de preamar (YOUNG *et al.*, 2014). Por outro lado, a remoção de sedimento que inicialmente ocorre no estirâncio e se estende gradativamente na direção da pós-praia, causa o rebaixamento da cota do perfil, permitindo que a água chegue ao sopé da falésia nas preamares de sizígia (Figura 67).

Figura 67: Trecho da praia onde está localizado o perfil P1, durante a preamar de sizígia em 30/01/2021.



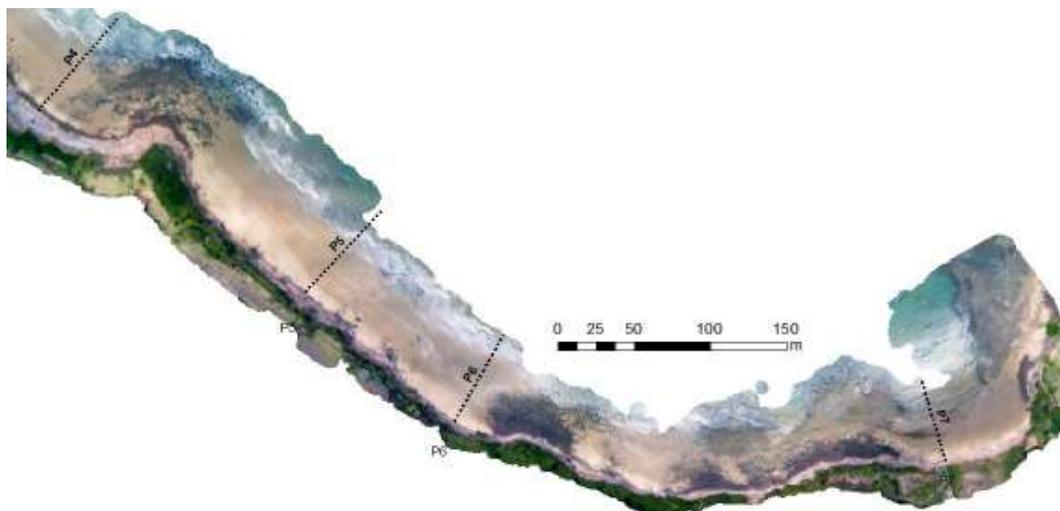
Fonte: Projeto Falésias.

Os perfis P2, P5 e P6 apresentaram comportamento morfodinâmico antagônico aos anteriormente mencionados. Nesses, entre fevereiro e junho, prevaleceu remoção de sedimento, ocorrendo rebaixamento da cota do perfil e diminuição nas áreas de pós-praia nesses locais, sendo em maio e junho observadas as menores cotas ao longo do perfil praial. Dentre esses, em decorrência da topografia do perfil, não foi observado alcance da água ao sopé da falésia mesmo nas preamares de sizígia. A partir do mês de agosto, é observada sedimentação ao longo do perfil, iniciando a recomposição de sua topografia. Nesses, a sedimentação inicialmente ocorre no

estirâncio inferior e antepraia, passando gradativamente às porções mais superiores do perfil praial. Portanto, o monitoramento feito indica que há uma ciclicidade entre períodos de sedimentação e erosão ao longo do ano. Além disso, o comportamento morfodinâmico de cada trecho da praia depende das características geológico-geomorfológicas das adjacências, tais como: presença de pós-praia, rochas aflorantes ao longo do perfil e no sopé da falésia, presença de rochas atuando como quebra mar e topografia da porção submersa do perfil.

Na praia de Tabatinga, a análise dos perfis, entre janeiro e junho, mostra que, nos perfis P3 e P5 a P7, tiveram uma tendência geral onde prevaleceu a deposição de sedimento no perfil praial, similarmente ao observado na Praia de Pipa. As maiores modificações ocorreram na porção do estirâncio superior e relativa estabilidade no estirâncio inferior e antepraia. Esses perfis têm como característica ausência de pós-praia (ou sendo esse insipiente). Os maiores déficits ocorreram nos perfis P5 e P6, onde há ausência de pós-praia (ou este é insipiente) e são confinados lateralmente por blocos lateritizados (Figura 68). Entre junho e setembro, é observada remoção de sedimento em todos os perfis, exceto no perfil P4 o qual mostra sedimentação nesse período. O perfil P1 foi o que apresentou maiores variações de cota ao longo perfil, nos meses monitorados. Uma intensa erosão observada em setembro, que provocou a exposição de blocos de rocha colocados pelos moradores locais, a parcial recomposição do perfil praial em outubro (último mês monitorado) mostra que a dinâmica sedimentar é bastante intensa nesse trecho da praia. Por outro lado, o trecho do perfil P7 é o que sofreu menos variações ao longo dos meses, provavelmente por ser uma porção mais abrigada por um promontório (DALY *et al.*, 2014). Tais promontórios são feições comumente observada ao longo do litoral, em especial onde há presença de falésias.

Figura 68: Fotomosaico mostrando os perfis praiais e blocos lateritizados em porções da praia e sopé da falésia da praia de tabatinga.



Fonte: Projeto Falésias.

Nos períodos de preamar, a água alcança mais facilmente os blocos lateritizados e a base das falésias nos locais onde não há pós-praia (Figura 69), sendo esse efeito reduzido nos locais onde o perfil praiial está mais bem desenvolvido (Figura 70).

Observa-se que, em ambas as praias, existe uma morfodinâmica que promove, anualmente, alternância entre períodos de sedimentação e remoção de sedimento nos trechos da praia. Ficando claro que há uma variação sazonal da morfologia do perfil praiial nos diferentes trechos das praias estudadas, o que é comum em praias arenosas sob o regime de mesomares (ALEGRÍA-ARZABURU *et al.*, 2017). O controle sazonal na morfodinâmica praiial apresenta comportamento diferente (quase antagônico) a depender da configuração do sistema praiial em cada trecho, o qual sugere haver uma relação com o grau de desenvolvimento da pós-praia.

Figura 69: Visão aérea do trecho do perfil P2 em Tabatinga durante o pico de preamar.



Fonte: Projeto Falésias.

Figura 70: Visão aérea do trecho da praia próxima ao perfil P3 em Tabatinga durante o pico de preamar.



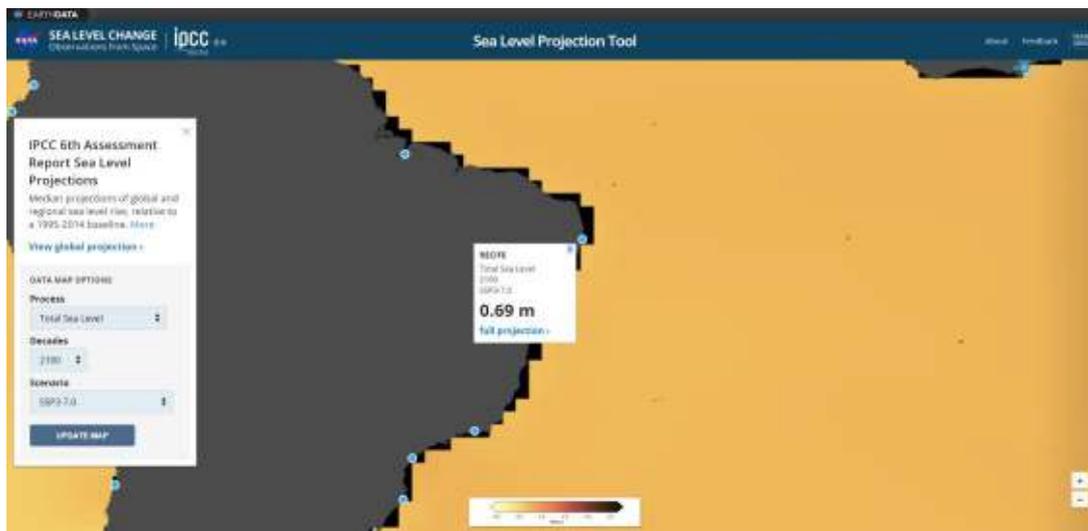
Fonte: Projeto Falésias.

Os dados indicam que há uma relação entre o grau de desenvolvimento da pós-praia, sua configuração geológico-geomorfológica e a morfodinâmica do trecho (HAMON-KERIVEL *et al.*, 2020). Além disso, pode-se observar que para o mesmo

período do ano as praias de Pipa e Tabatinga apresentam comportamento morfodinâmico semelhante quando comparados trechos dessas praias com a mesma configuração do perfil praiial. É importante ressaltar que ambas se encontram no litoral oriental do RN, portanto, no mesmo contexto fisiográfico, geológico e meteorológico. Assim, a diferença no padrão morfodinâmico de trechos semelhantes dessas praias sugere uma influência da batimetria das poções mais rasas (mais próximas da linha de costa) na morfodinâmica da praia. Portanto, sugere-se que seja feito um levantamento topo-batimétrico para o melhor entendimento dos fatores que controlam a morfodinâmica dessas praias. Além disso, tal informação permitirá a utilização de modelos de simulação numérica para estudar como os fatores hidrodinâmicos influenciam esses locais.

Foi observado que há meses em que há uma elevação na cota dos perfis que reduz a ação das ondas no sopé das falésias, fazendo com que essas atinjam as falésias apenas em condições de preamar de sizígias, e por curtos períodos (algumas horas). O monitoramento sugere que essas variações de cota ocorrem de forma sazonal, sendo em média em torno de 1 m (podendo chegar a cerca de 2 metros em alguns locais, como é o caso do perfil P4 na praia de Pipa). Dessa forma, os trechos monitorados são regiões de alto risco tendo em vista as condições atuais de mudanças climáticas e elevação do nível dos oceanos. De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC), são projetadas elevações do nível do oceano de 0,69 m (Figura 71) (as projeções variam entre 0,39 m e 0,90 m) até o ano de 2100 (IPCC, 2021).

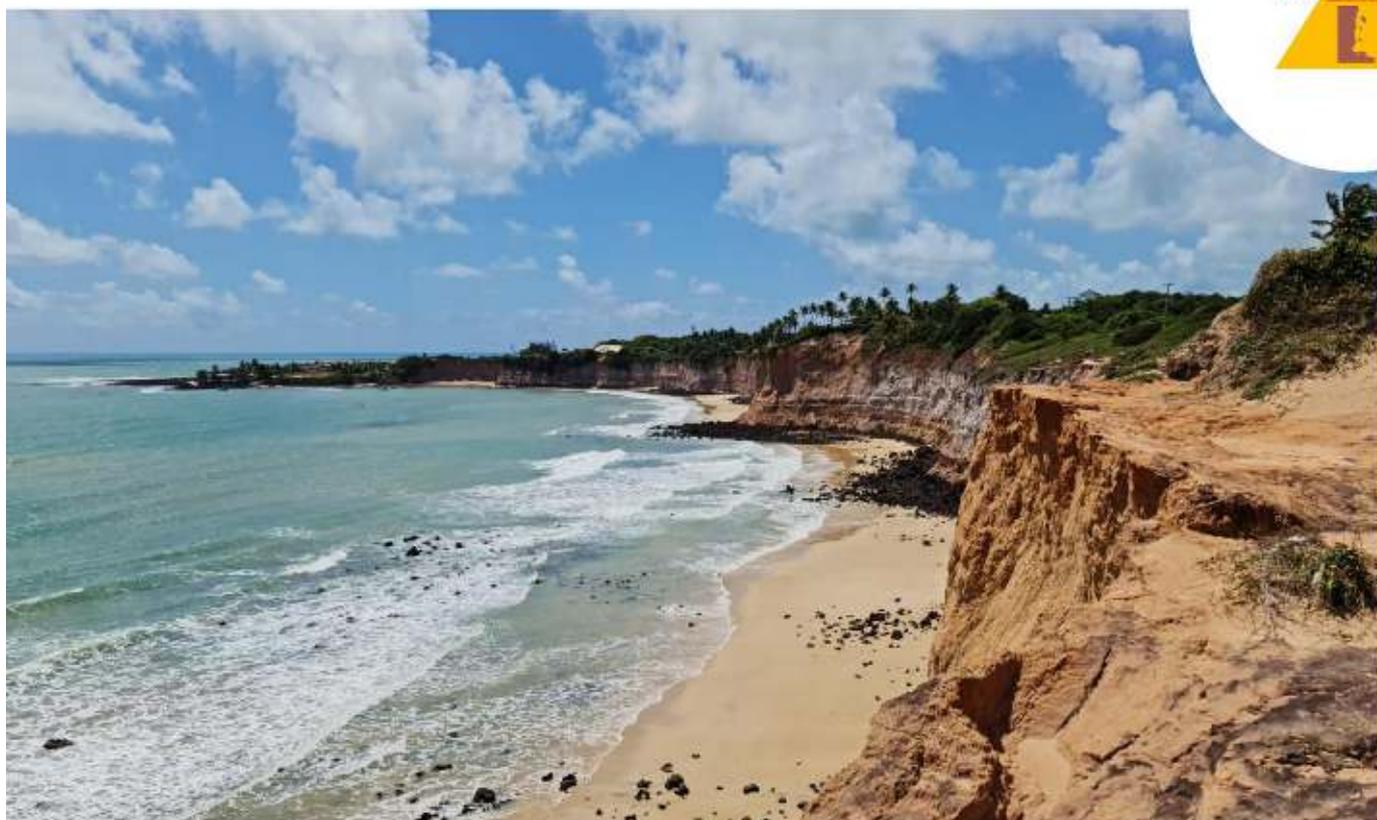
Mapa 9: Pontos para os quais foram feitas as projeções de elevação do nível do mar pelo IPCC. (acessado pela ferramenta Sea Level Projection Tool, em 27/10/2021).



Fonte: Sea Level Projection Tool (2021).

No cenário projetado pelo IPCC, toda a zona costeira do RN será severamente afetada, principalmente os trechos de falésia (PETERSON *et al.*, 2021; YOUNG *et al.*, 2014). Hoje, nas praias de Pipa e Tabatinga, as ondas atingem o sopé das falésias essencialmente nas preamares de sizígia. Entretanto, com a elevação prevista de 0,69 m, mesmo as preamares dos períodos de quadratura a água seriam capazes de atingir a base das falésias (considerando que a diferença média entre a altura da preamar de sizígia e quadratura é em torno de 0,7 m). Dessa forma, o processo de recuo das falésias seria largamente intensificado (PETERSON *et al.*, 2021), assim como a erosão ao longo dos demais pontos do litoral.

# 7 Uso e ocupação do solo



## 7 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

De posse do mapeamento de uso e cobertura da terra para toda a área de estudo das duas localidades, foram determinadas áreas de proximidade das falésias para observar a forma como o terreno é ocupado nas áreas próximas à crista das falésias. Em Barra de Tabatinga e Pipa, foi delimitado o detalhamento da cobertura e uso da terra nas distâncias da crista de dez metros, 33 metros; 50 metros e 100 metros.

A delimitação dessa área foi realizada em ambiente de Sistema de informações Geográficas (SIG). A partir do mascaramento do mapa de uso e cobertura da terra para os recortes de distância da crista, foi calculada a área em hectares e em quilômetros quadrados para cada classe de uso, sendo: Acostamento, Área Edificada, Arruamentos, Calçadas, Cemitério, Construções, Dunas, Escadas, Estacionamentos, Faixa de Praia, Guarda-Sol, Piscinas, Solo Exposto, Tendas, Vegetação e Vegetação Rasteira.

Salienta-se que as ocupações localizadas na faixa de dez metros são as mais próximas das bordas das falésias e conseqüentemente representam as áreas de maiores riscos, já que essas formações sofrem com a erosão constante. Tanto em Pipa, como em Barra de Tabatinga, existem empreendimentos localizados nesta faixa, nas Tabelas 1 e 2 encontra-se os resultados encontrados para a extensão dos dez metros da borda (crista) das falésias. Os dez metros correspondem ao limite da faixa de risco e representam áreas que deveriam ser destinadas para formar uma faixa de segurança.

Tabela 1: Uso e ocupação na faixa dos 10 metros em Pipa.

Classe	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	%
Área Edificada	0,0103	0,000103	0,17
Cemitério	0,0255	0,000255	0,42
Construções	0,0602	0,000602	0,99
Escadas	0,0046	0,000046	0,08
Estacionamentos	0,0016	0,000016	0,03
Faixa de Praia	0,0077	0,000077	0,13
Piscinas	0,0005	0,000005	0,01
Solo Exposto	1,5284	0,015284	25,19
Tendas	0,0020	0,000020	0,03
Vegetação Arbórea	4,1431	0,041431	68,29
Vegetação Rasteira	0,2828	0,002828	4,66
<b>TOTAL</b>	<b>6,0667</b>	<b>0,060667</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Tabela 2: Uso e ocupação na faixa dos 10 metros em Barra de Tabatinga

Classe	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	%
Área Edificada	0,05862	0,00059	3,89
Arruamentos	0,00308	0,00003	0,20
Construções	0,10635	0,00106	7,05
Dunas	0,00071	0,00001	0,05
Escadas	0,00515	0,00005	0,34
Solo exposto	0,33385	0,00334	22,14
Vegetação	0,71247	0,00712	47,25
Vegetação Rasteira	0,28762	0,00288	19,07
<b>TOTAL</b>	<b>1,50784</b>	<b>0,01508</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Percebe-se que, em Pipa, a faixa dos dez metros possui um número maior de classes (11), do que as encontradas em Barra de Tabatinga (8). Dando destaque ao Cemitério da Praia do Centro, que está localizado nesta área, evidenciando o uso múltiplo de um espaço que deveria ser preservado (Figura 71).

Figura 71: Cemitério localizado em Pipa, próximo a borda da falésia.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Em Tabatinga, as construções correspondem a 0,1 ha (7,05%) da totalidade das classes na faixa dos dez metros, já em Pipa, essa tipificação é só de 0,06 ha (0,99%). Sendo assim, há em número absoluto poucas construções que ocupam essa faixa mais próxima das falésias, no entanto, não se constitui uma área insignificante.

A classe com maior índice, tanto em Pipa como em Barra de Tabatinga, foi a de vegetação, evidenciando que uma boa parte das bordas das falésias ainda estão vegetadas, em Pipa, as vegetações arbóreas e rasteira ocupam aproximadamente 73% da área. Por sua vez, em Barra de Tabatinga, os diferentes tipos de vegetação ocupam 66,3% da área.

Contudo, deve-se evidenciar a presença da classe Piscinas, na tabela correspondente à área de Pipa, mesmo que com área ocupada muito pequena, a existência dessas estruturas em uma localidade tão imprevisível e complexa, deve ser avaliada, pois o risco de um colapso é alto.

A faixa dos 33 metros se constitui em áreas de domínio da União instituídas no art. 20 da Constituição de 1988, mais precisamente no inciso VII, o qual institui como

bens da União os terrenos de marinha e seus acrescidos. A descrição dos terrenos da marinha está presente no Decreto-Lei nº 9.760, de 5 de setembro de 1946, que dispõe sobre os bens imóveis da União e dá outras providências. No art. 2 desse decreto, está previsto que os terrenos da marinha são as áreas localizadas em uma profundidade de trinta e três metros, medidos horizontalmente, em direção à parte da terra, da posição da linha do preamar-médio de 1831. Nas tabelas 3 e 4, pode ser a área ocupada por cada classe de uso e cobertura da terra na faixa de 33 metros.

Tabela 3: Uso e ocupação na faixa dos 33 metros em Pipa/RN.  
Continua

Classe	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	%
Acostamento	0,10	0,001	0,50
Área Edificada	0,11	0,001	0,57
Arruamentos	1,13	0,011	5,63
Calçadas	0,11	0,001	0,57
Cemitério	0,11	0,001	0,54
Construções	0,97	0,010	4,83
Dunas	0,25	0,002	1,24
Escadas	0,01	0,000	0,03
Estacionamentos	0,16	0,002	0,82
Faixa de Praia	0,03	0,000	0,14
Guarda-sol	0,00	0,000	0,01
Piscinas	0,03	0,000	0,15
Solo Exposto	3,94	0,039	19,69
Tendas	0,00	0,000	0,02
Vegetação	11,49	0,115	57,37
Vegetação Rasteira	1,58	0,016	7,91
<b>TOTAL</b>	<b>20,02</b>	<b>0,200</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Tabela 4: Uso e ocupação na faixa dos 33 metros em Barra de Tabatinga.

Classe	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	%
Acostamento	0,0975	0,000975	1,935
Área Edificada	0,1234	0,001234	2,447
Arruamentos	0,4591	0,004591	9,106
Construções	0,2690	0,002690	5,335
Dunas	0,1177	0,001177	2,334
Escadas	0,0052	0,000052	0,102
Estacionamento	0,0138	0,000138	0,274
Piscinas	0,0001	0,000001	0,002
Solo Exposto	0,8340	0,008340	16,540
Vegetação	1,8531	0,018531	36,751
Vegetação Rasteira	1,2692	0,012692	25,172
<b>TOTAL</b>	<b>5,0422</b>	<b>0,050422</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Na faixa de 33 metros da borda da falésia, Pipa atingiu dezesseis classes e, Tabatinga, onze. Novamente, as classes mais presentes foram vegetação, solo exposto e vegetação rasteira. Todavia, outras tipificações tornam-se mais evidenciadas, como no caso dos arruamentos, área edificada e das dunas.

Nessa nova faixa, a classe de construções possui um considerável acréscimo em Pipa, saindo dos 0,99% para 4,83% (aproximadamente 1 ha). Por sua vez, Tabatinga atinge os 0,26 ha (5,34%) nesta mesma classe. Dessa forma, as duas localidades de estudo possuem construções em áreas da União. Além disso, o Plano Diretor do município de Nísia Floresta, onde está localizada Barra de Tabatinga, considera 33 primeiros metros da falésia como “*non-edificandi*”, que são locais onde não se pode ter construções.

Outro fato importante que ocorre em Barra de Tabatinga diz respeito a proximidade da rodovia RN 063 com a borda da falésia. Nesta faixa de extensão, os arruamentos de Tabatinga já representam mais de 9% da totalidade mapeada, uma área de 0,45 ha.

Por sua vez, a faixa dos 50 metros, têm-se como esperado o aumento da área ocupada por classes não naturais (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5: Uso e ocupação na faixa dos 50 metros Pipa.

Classe	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	%
Acostamento	0,43	0,004	1,43
Área Edificada	0,18	0,002	0,60
Arruamentos	2,01	0,020	6,65
Calçadas	0,23	0,002	0,76
Cemitério	0,11	0,001	0,36
Construções	2,02	0,020	6,67
Dunas	1,38	0,014	4,56
Escadas	0,01	0,000	0,02
Estacionamentos	0,26	0,003	0,88
Faixa de praia	0,06	0,001	0,21
Guarda-sol	0,01	0,000	0,02
Piscinas	0,09	0,001	0,29
Solo Exposto	4,40	0,044	14,53
Tendas	0,00	0,000	0,01
Vegetação	16,34	0,163	54,00
Vegetação Rasteira	2,72	0,027	9,01
<b>TOTAL</b>	<b>30,25</b>	<b>0,303</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Tabela 6: Uso e ocupação na faixa dos 50 metros em Barra de Tabatinga.

Classe	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	%
Acostamento	0,155	0,00155	2,00
Área Edificada	0,158	0,00158	2,04
Arruamentos	0,770	0,00770	9,96
Construções	0,403	0,00403	5,21
Cemitério	0,001	0,00001	0,02
Dunas	0,244	0,00244	3,16
Escadas	0,005	0,00005	0,07
Estacionamentos	0,023	0,00023	0,30
Piscinas	0,011	0,00011	0,14
Solo exposto	1,021	0,01021	13,20
Vegetação	2,588	0,02588	33,46
Vegetação Rasteira	2,355	0,02355	30,45
<b>TOTAL</b>	<b>7,734</b>	<b>0,07734</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Na faixa dos 50 metros, nota-se a diminuição da classe de vegetação em Tabatinga, a qual atinge a menor ocupação relativa (33,46%). Em Pipa, esta tipificação continua constante, representando 54% da totalidade. As construções aumentam em Pipa, atingindo a marca dos 2 ha (6,65%) e seguem quase equiparadas

em Barra de Tabatinga, continua sendo uma área pequena em valores absolutos, computando 0,4 ha (5,21%). É importante ressaltar que, na faixa dos 50 metros, Tabatinga também apresenta a ocorrência de área de cemitério (Mapa 10).

Mapa 10: Cemitério localizado em Barra de Tabatinga, próximo a borda da falésia.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Por fim, na faixa dos 100 metros (Tabelas 7 e 8), novamente temos a expansão da classe de construções, Pipa atinge 4,3 ha (7,16%) e Tabatinga 1 ha (6,11%). A tipificação de vegetação continua muito expressiva em Pipa (56,53%) e constante em Tabatinga (36,11%). A classe de piscina teve mais um acréscimo nesta nova faixa de extensão, tanto em Pipa, como em Barra de Tabatinga, atingindo os números mais significativos de toda extensão de análise, com 0,17 ha e 0,03 ha respectivamente. Este fato contraria o Código Florestal de 2012 (Lei nº 12.651/2012), seu art. 4º, o qual dispõe sobre as Áreas de Preservação Permanente (APP), e inciso VIII, que prevê a não ocupação das áreas de bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a cem metros em projeções horizontais (BRASIL, 2012).

Sendo assim, entende-se que tais áreas não deviam ter ocupação humana, pois são protegidas por diversos aparatos legais. Todavia, esse não é o cenário disposto nas localidades estudadas, visto a descrição das ocupações elencadas aqui.

Portanto, é de suma importância levantar a função e finalidade de tais ocupações, considerando a dinâmica imposta pelas falésias nestas localidades. Só assim, poderá ser efetivado um real entendimento da relação entre ocupação e risco.

Tabela 7: Uso e ocupação na faixa dos 100 metros em Pipa.

Classe	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	%
Acostamento	0,67	0,007	1,11
Área Edificada	0,48	0,005	0,80
Arruamentos	3,27	0,033	5,42
Calçada	0,50	0,005	0,83
Cemitério	0,11	0,001	0,18
Construções	4,32	0,043	7,16
Dunas	5,18	0,052	8,58
Escadas	0,01	0,000	0,01
Estacionamentos	0,40	0,004	0,66
Faixa de praia	0,28	0,003	0,47
Guarda-sol	0,02	0,000	0,03
Piscinas	0,17	0,002	0,28
Solo Exposto	4,47	0,045	7,41
Tendas	0,01	0,000	0,01
Vegetação	34,10	0,341	56,53
Vegetação Rasteira	6,34	0,063	10,51
<b>TOTAL</b>	<b>60,32</b>	<b>0,603</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

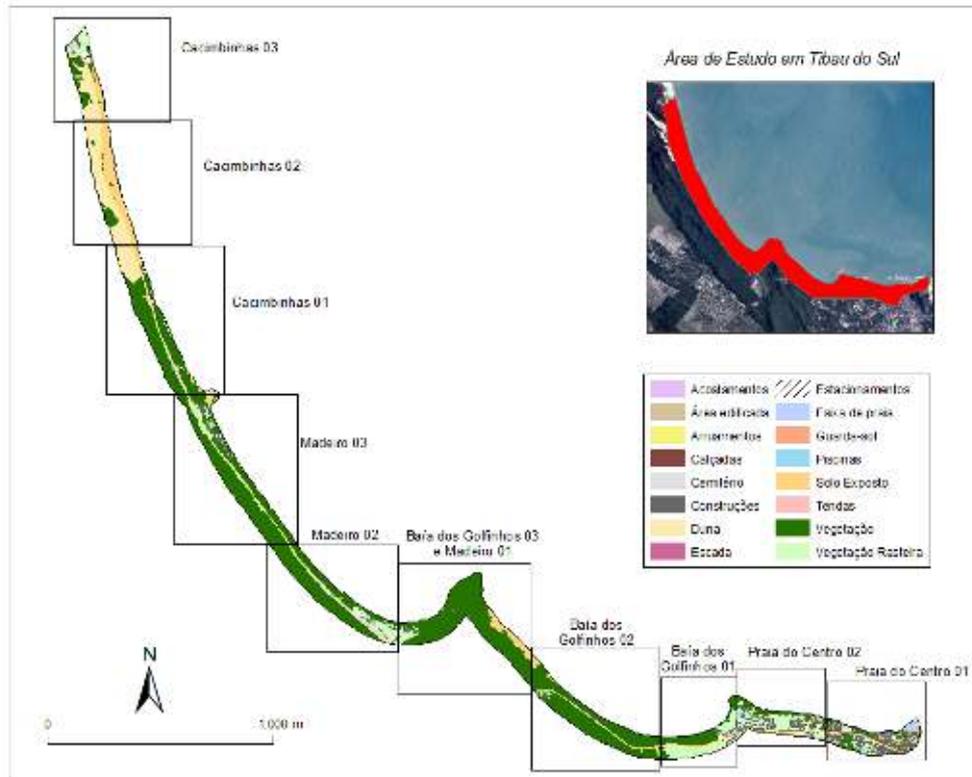
Tabela 8: Uso e ocupação na faixa dos 100 metros em Barra de Tabatinga.

Classe	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	%
Acostamento	0,18	0,0018	1,14
Área Edificada	0,30	0,0030	1,85
Arruamento	1,32	0,0132	8,21
Construções	0,99	0,0099	6,11
Cemitério	0,08	0,0008	0,48
Dunas	0,53	0,0053	3,31
Escada	0,01	0,0001	0,03
Estacionamentos	0,02	0,0002	0,14
Piscinas	0,03	0,0003	0,18
Solo expostos	1,18	0,0118	7,29
Vegetação	5,83	0,0583	36,11
Vegetação rasteira	5,67	0,0567	35,15
<b>TOTAL</b>	<b>16,14</b>	<b>0,1047</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

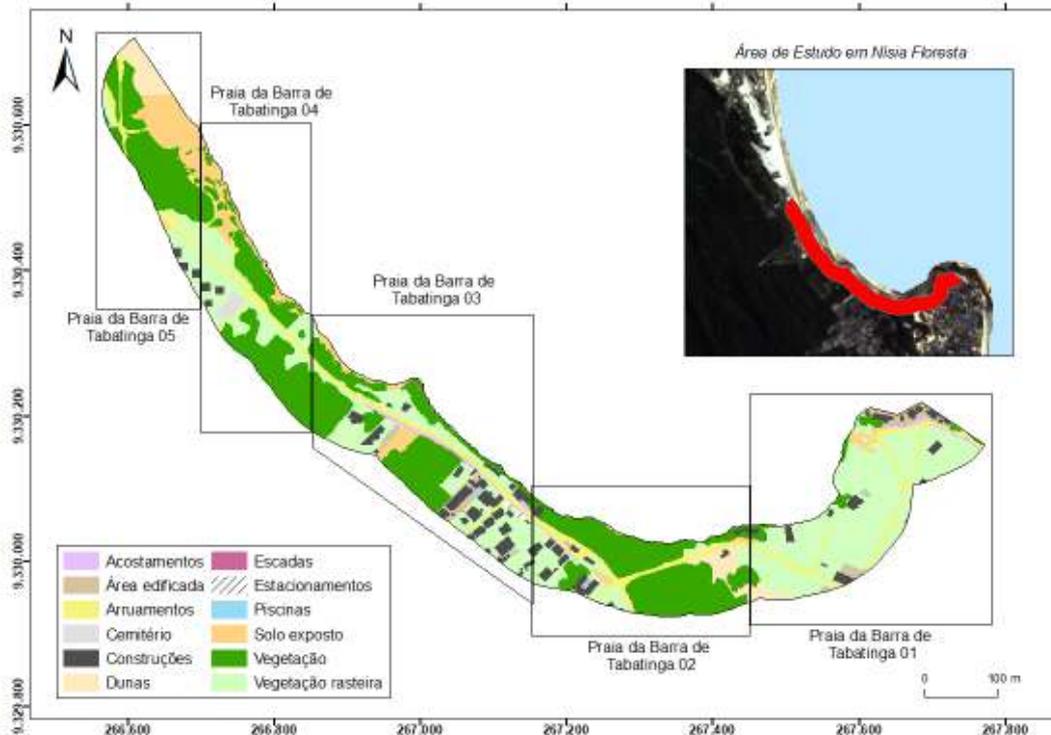
Para gerar mapas em detalhe, foi necessário criar diferentes pranchas para cada localidade, nos Mapas 11 e 12, têm-se o esquema do índice dos mapas de uso e cobertura para as áreas de estudo Pipa e Barra de Tabatinga. Para configuração do *layout* dos mapas, prevendo uma visualização satisfatória das classes elencadas, foi necessário setorizar o mapeamento de Pipa em dez pranchas, por sua vez, para que o mapeamento de Barra de Tabatinga fosse completamente representado foram criadas cinco pranchas. As pranchas em conformidade com o índice, com os mapas na escala 1:1.500.00 podem ser observadas do Mapa 13 ao Mapa 27.

Mapa 11: Índice da área total mapeada em Pipa.



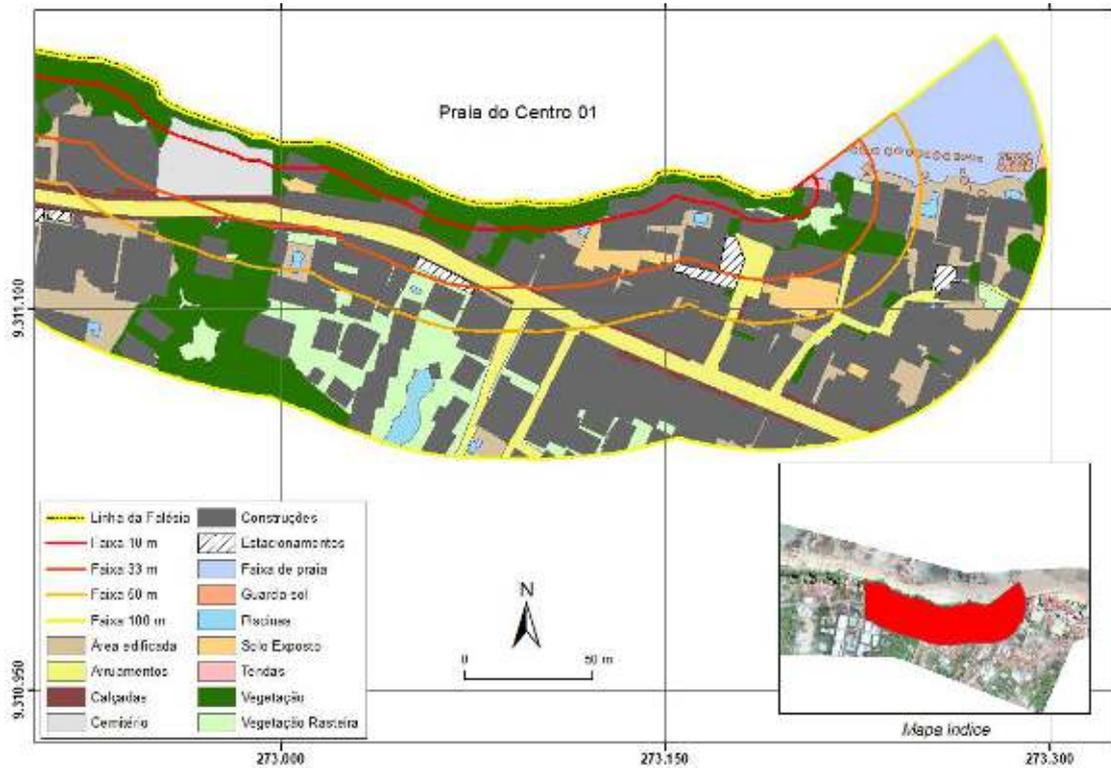
Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Mapa 12: Índice da área total mapeada em Barra de Tabatinga.



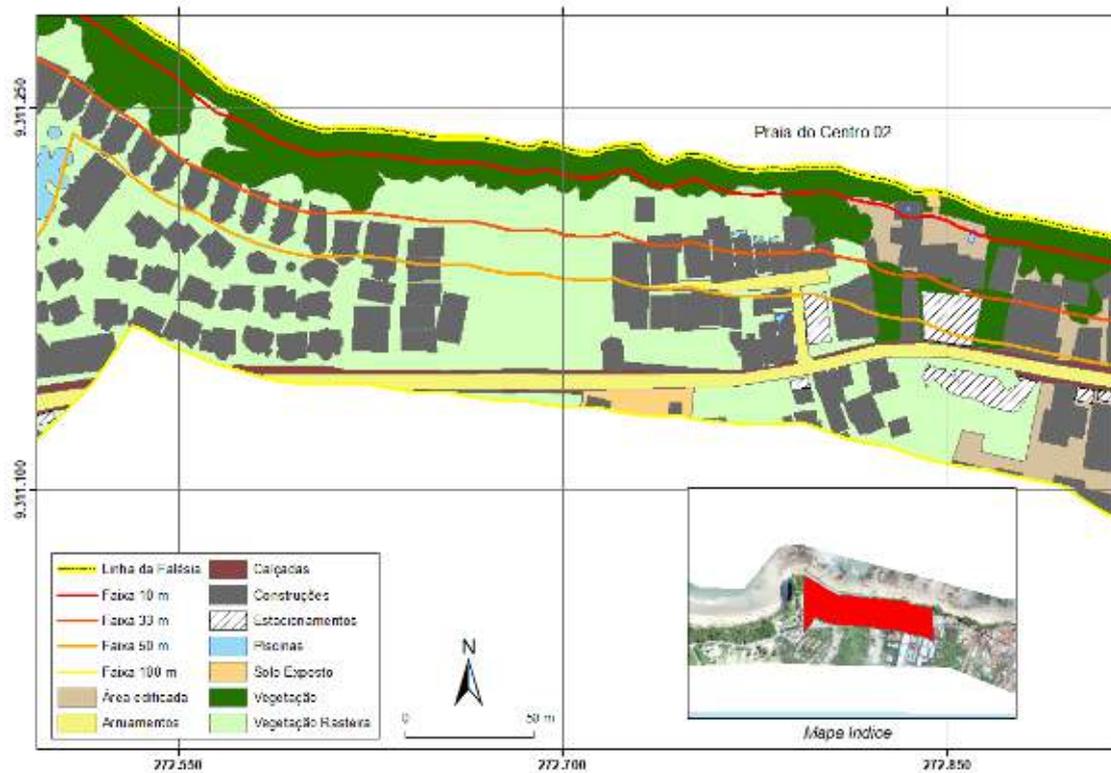
Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Mapa 13: Uso e cobertura da praia do Centro 01.



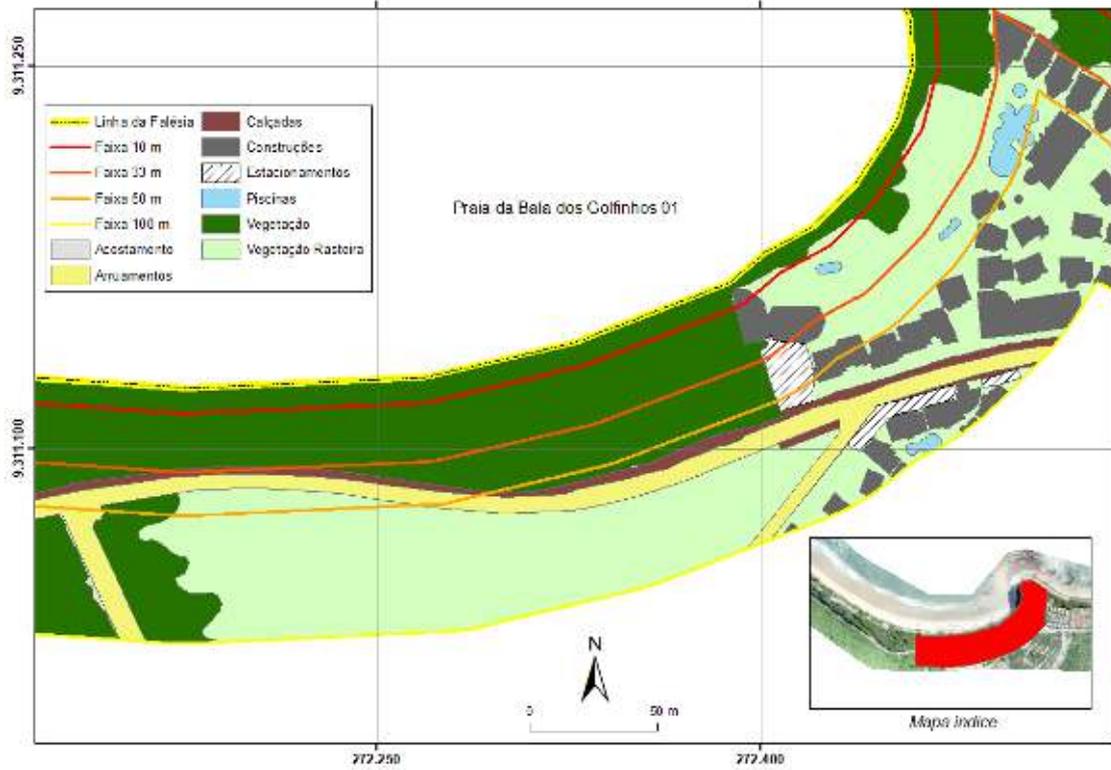
Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Mapa 14: Uso e cobertura da praia do Centro 02.



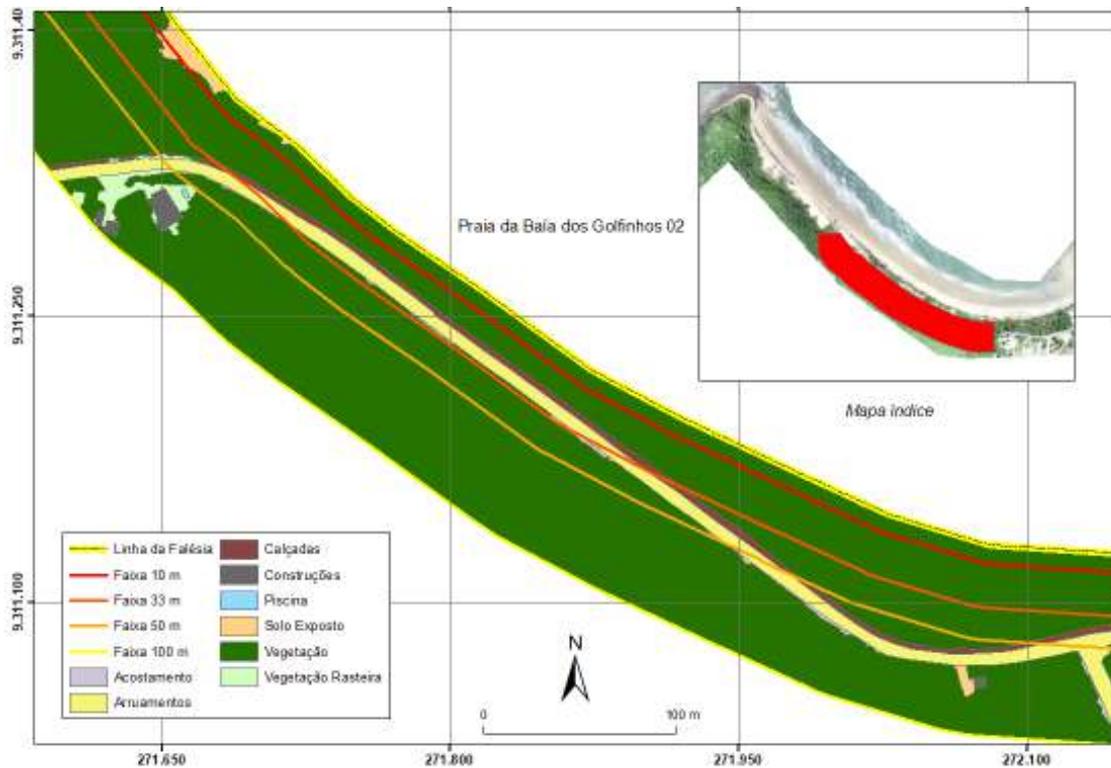
Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Mapa 15: Uso e cobertura da praia dos Golfinhos 01.



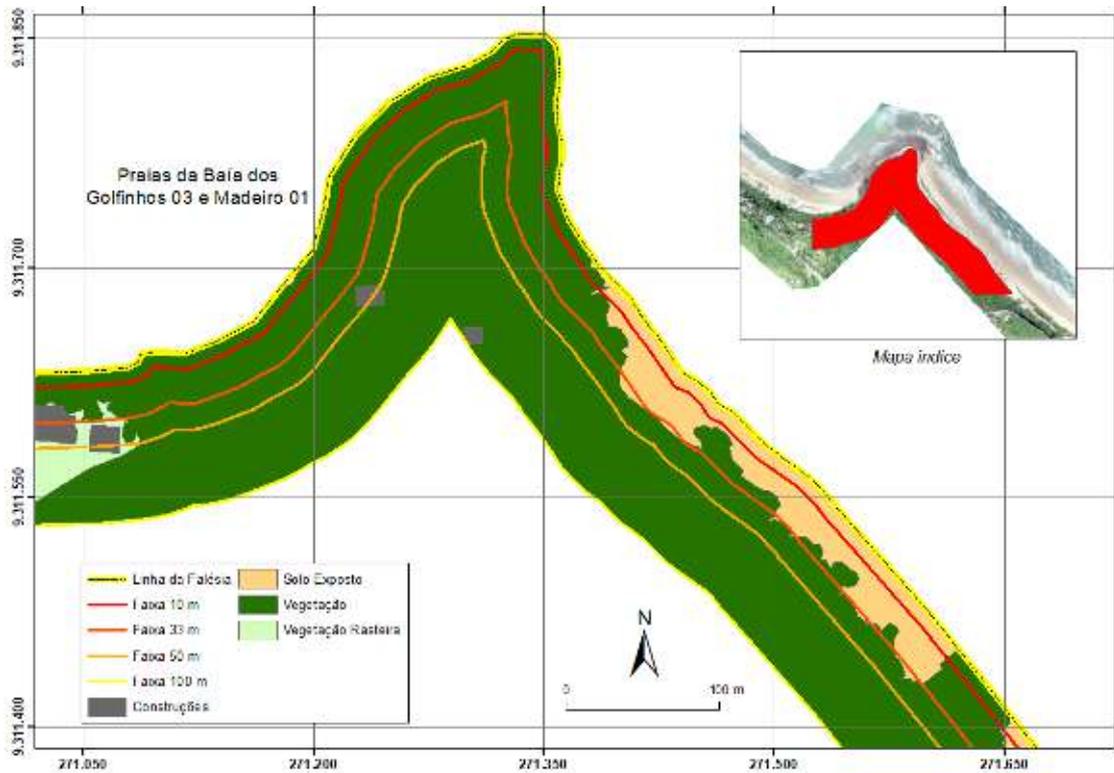
Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Mapa 16: Uso e cobertura da praia da Baía dos Golfinhos 02.



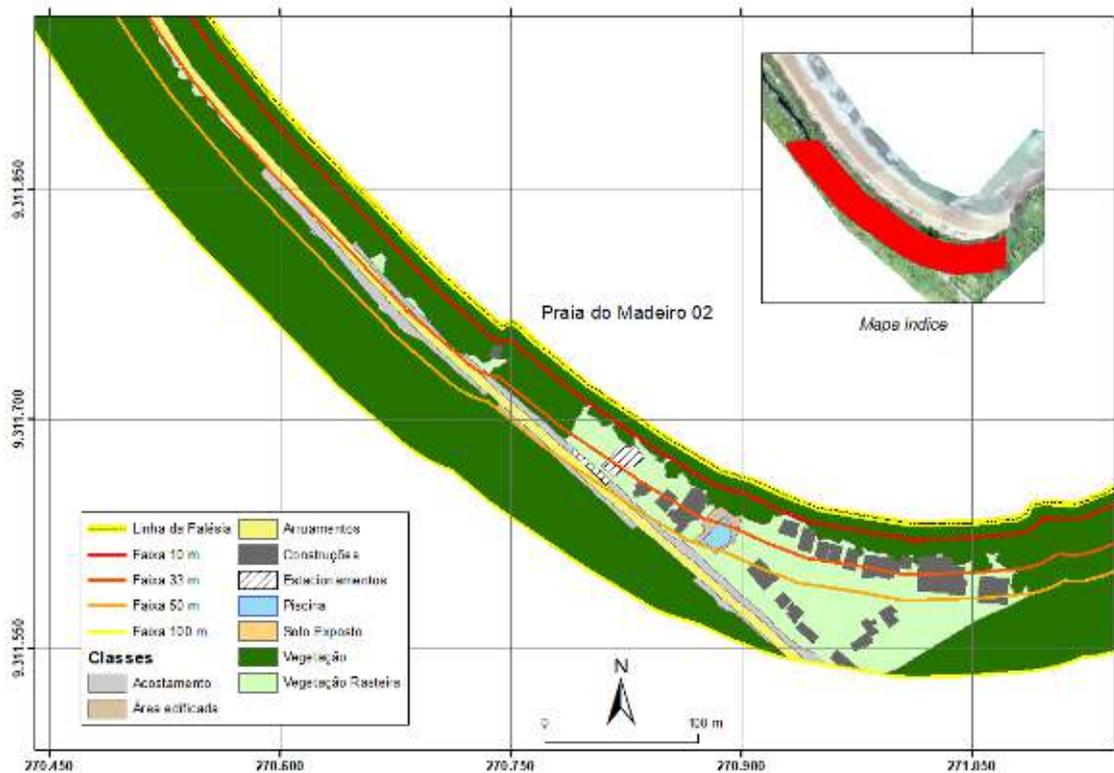
Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Mapa 17: Uso e cobertura da praia de Golfinhos 03 e Madeiro 01.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Mapa 18: Uso e cobertura da praia do Madeiro 02.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Mapa 19: Uso e cobertura da praia de Madeiro 03.



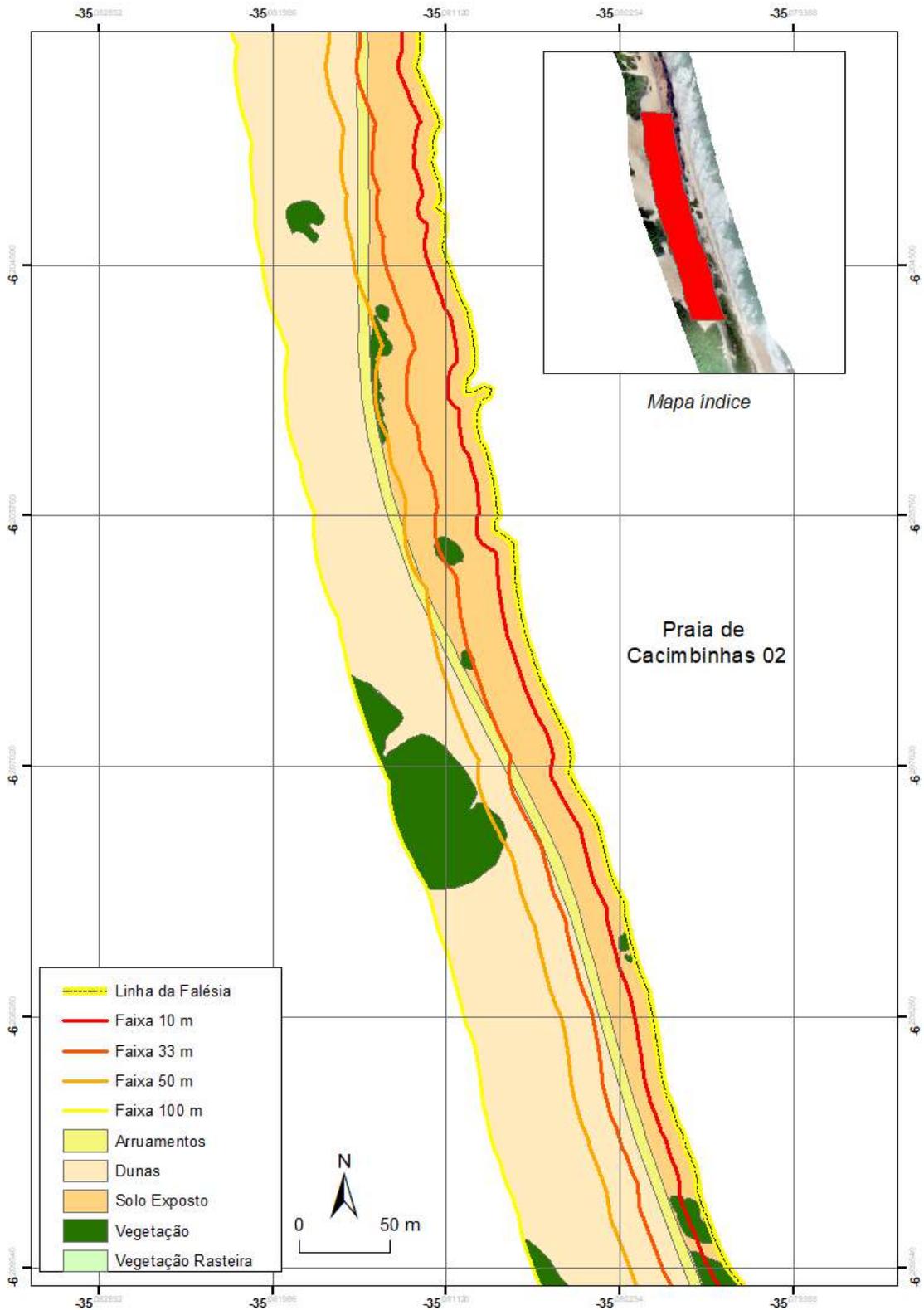
Fonte: Elaboração do Projeto Falésias.

Mapa 20: Uso e cobertura da praia de Cacimbinhas 01.



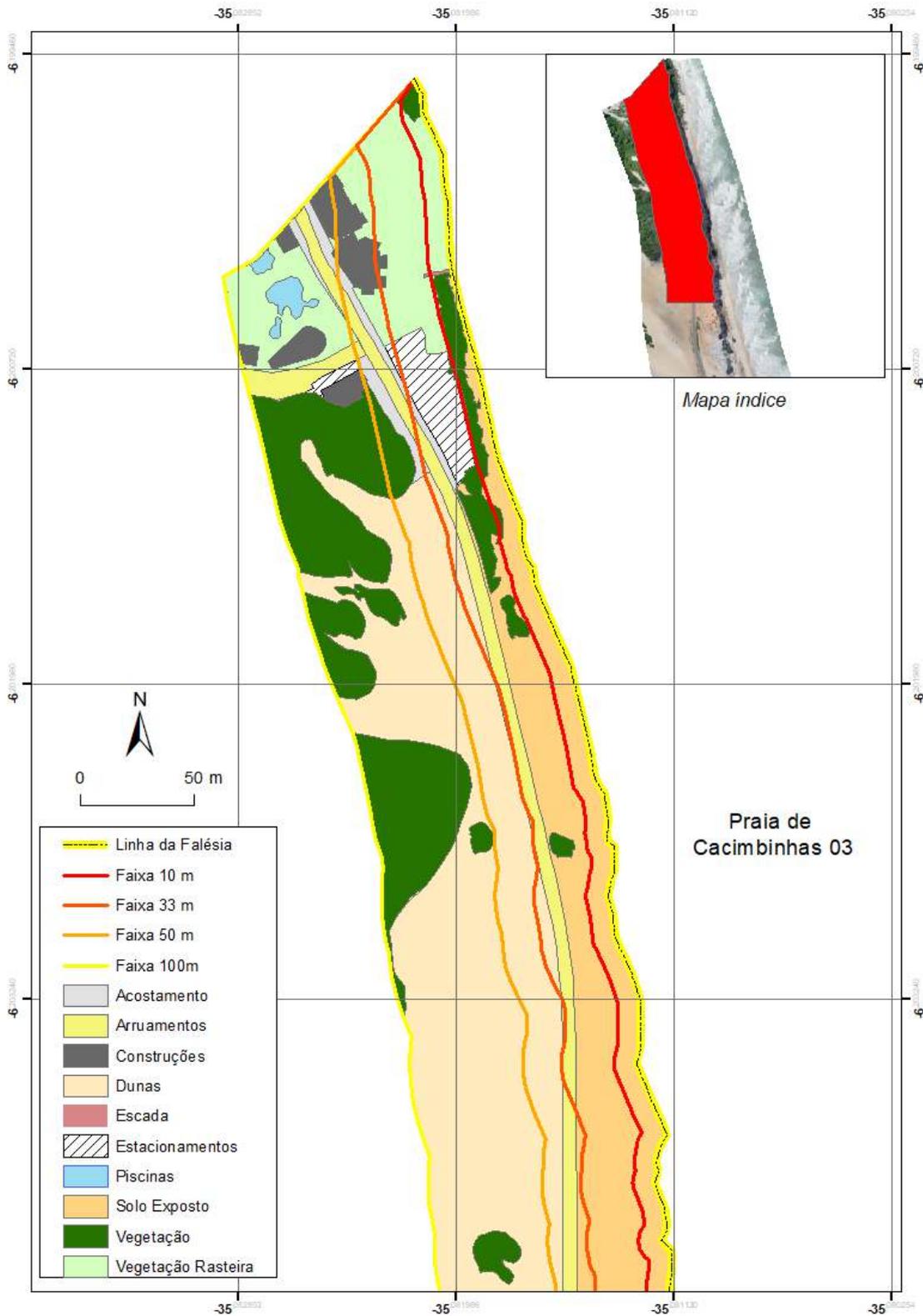
Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Mapa 21: Uso e cobertura da praia de Cacimbinhas 02.



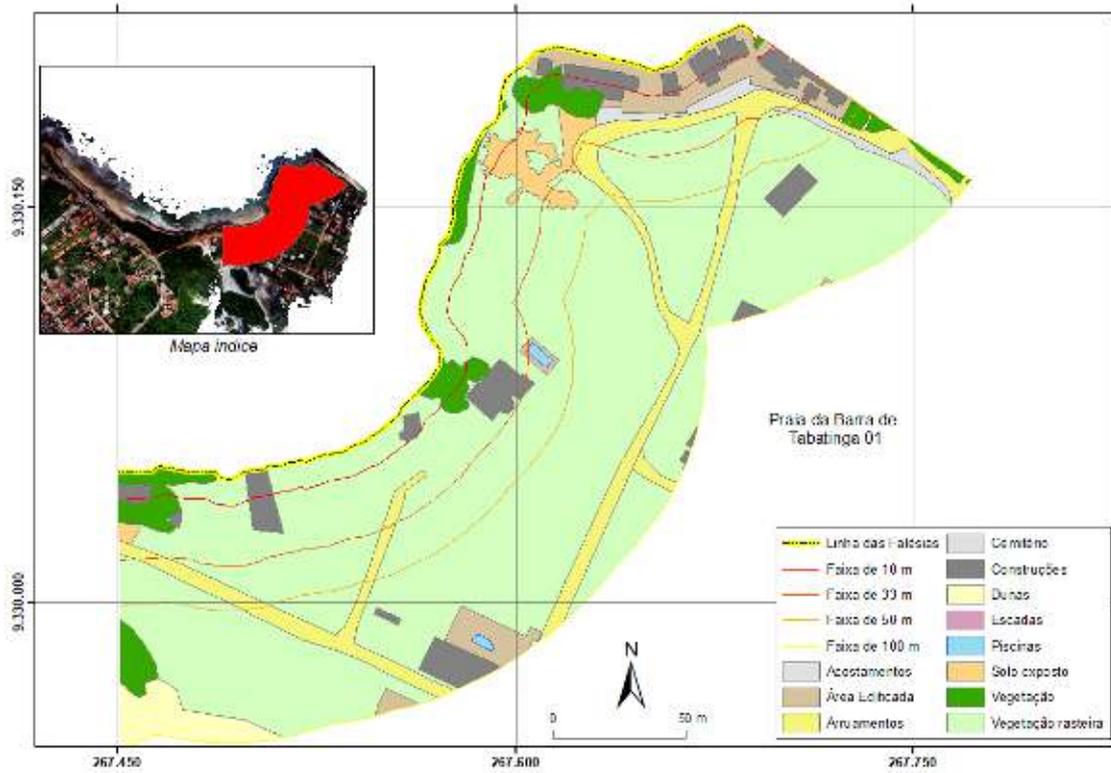
Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Mapa 22: Uso e cobertura da praia Cacimbinhas 03.



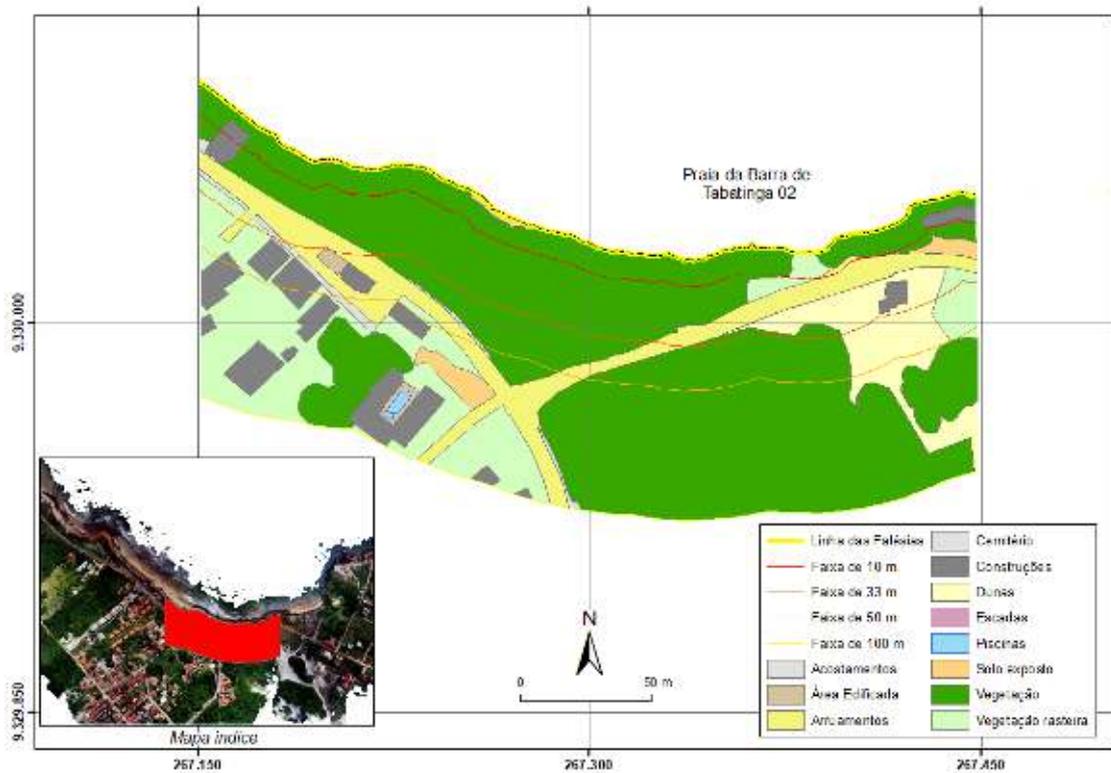
Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Mapa 23: Uso e cobertura da praia de Barra Tabatinga 01.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Mapa 24: Uso e cobertura da praia de Barra Tabatinga 02.



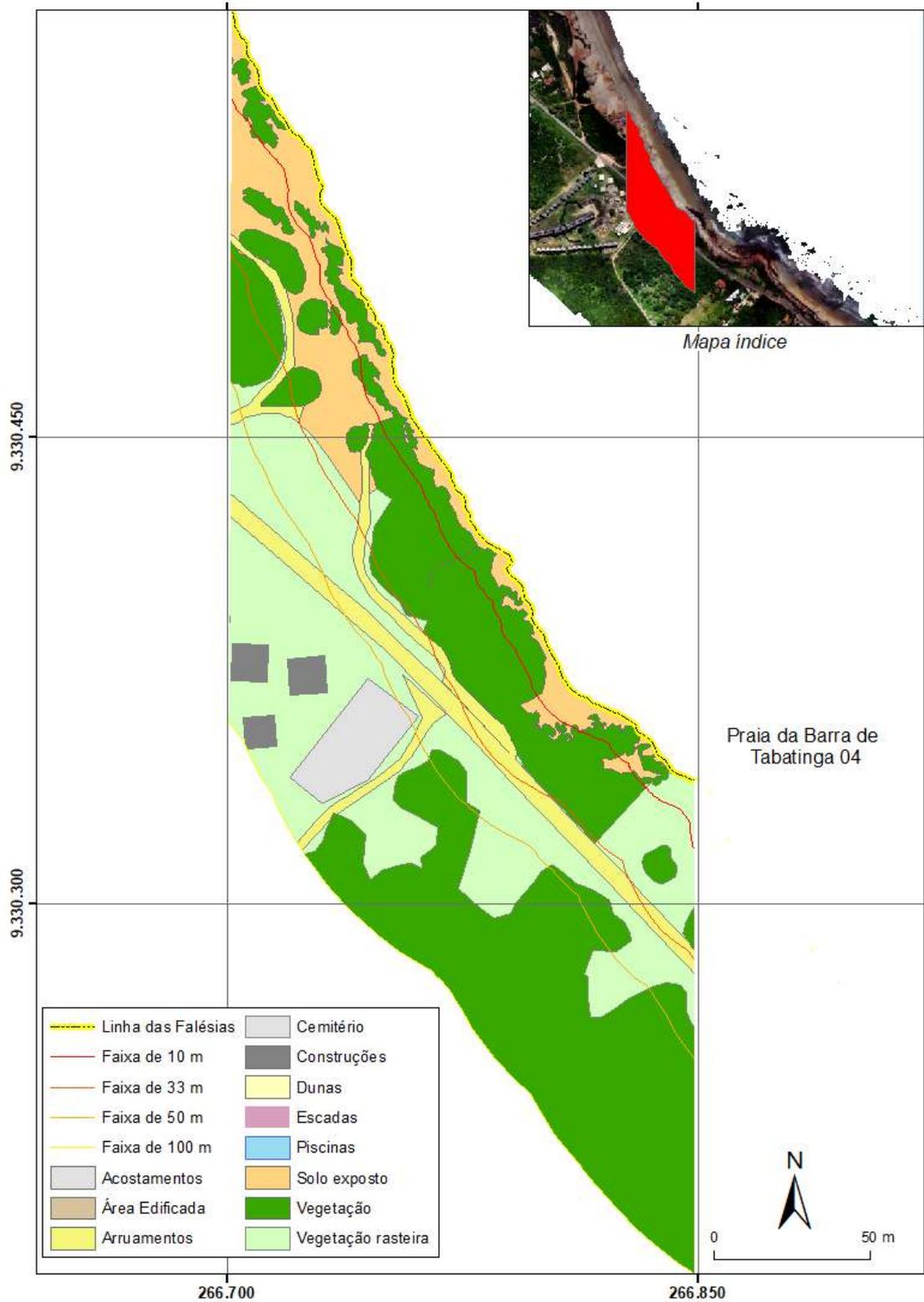
Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Mapa 25: Uso e cobertura da praia de Barra Tabatinga 03.



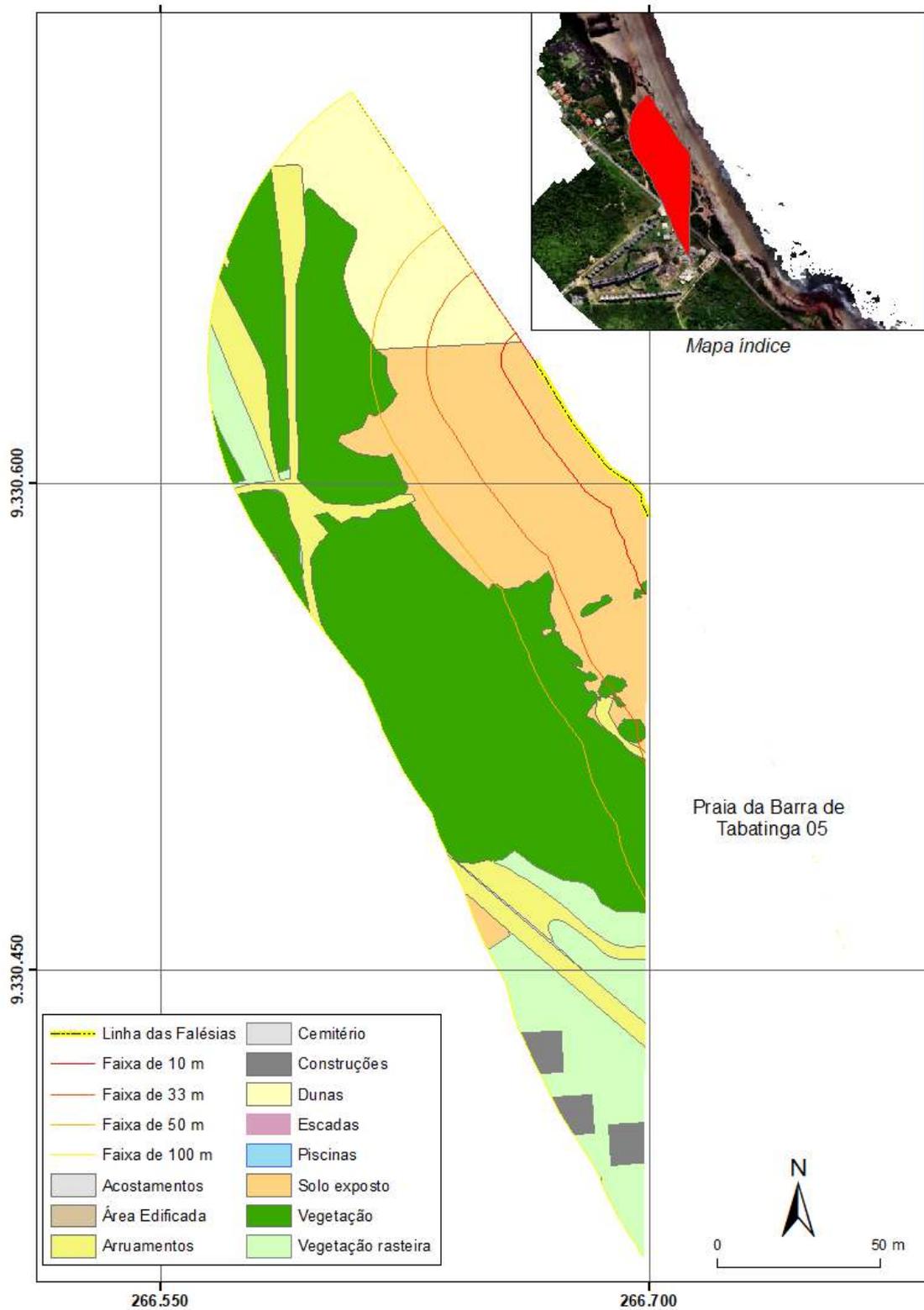
Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Mapa 26: Uso e cobertura da praia de Barra Tabatinga 04.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Mapa 27: Uso e cobertura da praia de Barra Tabatinga 05.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

# 8 Análise Documental



## 8 ANÁLISE DOCUMENTAL

Este capítulo vai dar continuidade à análise documental já realizada no Relatório 1, item 8.1, o qual apresentou um resumo de 24 documentos (nota técnica, informação técnica, termo de liberação, auto de infração, TAC, relatórios, ação civil pública, termo de liberação provisória, notificação). Será apresentado um resumo dos 14 documentos levantados, os quais não foram tratados no relatório anterior, ressaltando-se a possibilidade de existência de outros relatórios. O objetivo é trazer à baila a problemática de ocupação da borda das Falésias de Tabatinga e os riscos gerados, evidenciada com base em relatórios de fiscalização e judicialização, que vem acontecendo nos últimos 11 anos. O Quadro 1 apresenta os documentos levantados em diferentes órgãos que tratam sobre a ocupação da faixa de 100 metros da borda da falésia.

Quadro 1: documentos relacionados à ocupação na faixa de 100 metros da borda da Falésia de Tabatinga-RN.

Continua			
DOCUMENTO e/ou PROCEDIMENTO	DATA	ASSUNTO e/ou PROCESSO	ÓRGÃO RESPONSÁVEL
ACP de Improbidade Administrativa	19/10/2010	Termo de Autuação (Processo nº 0007309-67.2010.4.05.8400)	MPF (PR-RN)
Nota Técnica nº 19/2014/SUGERCO	07/05/2014	Avaliação de área costeira no município de Nísia Floresta/RN, em decorrência de solicitação do Núcleo de Construção Civil NCC (Processo nº 2007-008186/TEC/DL-0248)	IDEMA - SUGERCO
Nota Técnica Nº 75/2015/SUGERCO	21/08/2015	Avaliação ambiental da área ocupada pelo empreendimento (Processo nº 2014073831/TEC/LS-0121)	IDEMA - SUGERCO
Nota Técnica nº 19/2016	23/03/2016	Solicitação da Assessoria Jurídica sobre o posicionamento desta especializada em relação aos danos ao meio ambiente que a eventual retirada do empreendimento pode provocar no presente caso. (Processo nº: 2014-073831/TEC/LS-0121-MT-LIC)	IDEMA - SUGERCO

DOCUMENTO e/ou PROCEDIMENTO	DATA	ASSUNTO e/ou PROCESSO	ÓRGÃO RESPONSÁVEL
Nota Técnica nº 12/2017	03/03/2017	Atendimento ao Ofício nº 830/2016/CAACM/PR-RN (onde o MPF requer informações complementares referentes aos estabelecimentos situados em toda a faixa costeira do município de Nísia Floresta)	IDEMA - SUGERCO
Nota Técnica nº 48/2017/SUGERCO	23/08/2017	Prestar informações sobre o empreendimento Hellenu's, Nísia Floresta/RN; complementando informações do setor de Geoprocessamento (Processo nº: 2016-099845/TEC/DOEXT-0839)	IDEMA - SUGERCO
Relatório de Vist. Técnica nº 002/2019/COPDEC/GAC/RN	06/02/2019	Em atendimento à solicitação do MPF/RN, formulada através do Ofício nº 044/19/VMM/PR-RN, de 23/01/2019.	COPDEC/RN
Recomendação nº 11/2019-VMM/PR-RN	28/03/2019	Determinou-se, entre outras providências, que o município de Nísia Floresta/RN adote as medidas emergenciais propostas pela COPDEC, constantes do Relatório de Vistoria Técnica nº 002/2019.	MPF (PR-RN)
Processo nº 2019-131518/NOT-0116		Advertência quanto ao cumprimento das determinações da Defesa Civil, quanto a não permissão de uso da área interdita	IDEMA - SUGERCO
Informação Técnica	25/03/2019	Oriunda do Processo nº 2019-131518/NOT-0116	IDEMA - SUGERCO
Relatório de Vist. Técnica nº 04/2020	21/02/2020	Agravamento da situação de risco considerando um desnível maior do terreno no "Mirante dos Golfinhos" e aumento da erosão regressiva no "Pico do Mirante"	COPDEC/RN
Informação Técnica nº 14/2020/SUGERCO	02/03/2020	Parecer ambiental conclusivo da SUGERCO sobre a permanência de ocupações (casas construídas) consolidadas em área da União próximo à praia de Tabatinga (2019-145239/TEC/DOEXT-1057 e Ofício SEI Nº 36995/2019/ME)	IDEMA - SUGERCO
Nota Técnica nº 19/2020	16/03/2020	Recomendação nº 11/2019-VMM/PR/RN. Edificações irregulares situadas na B. de Tabatinga (Processo nº 2019-133127/TEC/DOEXT-0276)	IDEMA - SUGERCO
Ação Civil Pública com pedido de antecipação de tutela de urgência.	27/11/2020	Inquérito Civil nº 1.28.000.001620/2016-03	MPF (PR-RN)

Organização: Equipe do Projeto Falésias.

### 8.1 Ação Civil Pública (MPF) inquérito civil 1.28.000.001620/2016-03

Toma por base a Nota Técnica nº 12/2017, elaborada pelo IDEMA, a qual descreve de forma pormenorizada, a situação de cada empreendimento vistoriado (existência ou não de licença ambiental etc.), bem como as medidas específicas que devem ser adotadas para interromper os danos ambientais que estão sendo ocasionados. Tendo em vista a necessidade de cessar os danos ocasionados pela instalação e funcionamento dos estabelecimentos, aquele órgão recomendou as seguintes medidas:

- Identificação de processos de desestabilização da encosta (tombamento, escorregamento ou deslizamento), principalmente no corpo e borda da escarpa que sofreram ações modificadoras;
- Determinação do grau de erosão no corpo da falésia, no período seco e durante grandes precipitações.

A ação objetiva:

1. A condenação do Município réu em obrigação de não fazer consistente em abster-se de conceder alvará de construção ou licença ambiental para edificações no local em questão, seja nas áreas com risco de desabamento, seja, em qualquer caso, dentro da faixa da 100 (cem) metros em projeções horizontais, a contar da borda dos tabuleiros ou chapadas; e
2. A condenação do Município requerido e da União nas obrigações de fazer consistentes em:

a) identificar todas as construções em situação irregular nas falésias localizadas na Praia de Barra de Tabatinga, qualificando os riscos de erosão existentes;

b) adotar providências adequadas, inclusive aquelas indispensáveis apontadas pela Defesa Civil no Relatório de Vistoria Técnica nº 002/2019, Mapas 28, 29, 30, 31, para:

b.1) constatação detalhada dos riscos das falésias da Praia de Tabatinga;

b.2) garantia da estabilidade do solo das mesmas; e

- b.3) adequação, reordenação, remoção ou recuo das ocupações irregulares erguidas em área com risco de iminente cisalhamento;
- c) realização das providências quanto aos imóveis irregularmente construídos, se for o caso, a exigência de sua retirada ou isolamento, na hipótese de não ser possível a eliminação dos riscos de desmoronamento das falésias nos locais em que estão instalados.

Mapa 28: Setorização de risco na praia da Barra de Tabatinga, pela COPDEC (em fev/2019), identificando as áreas com riscos alto (R3) e muito alto (R4) de desastre no Ponto 01.



Fonte: Projeto Falésias.

Mapa 29: Setorização de risco na praia da Barra de Tabatinga, pela COPDEC (em fev/2019), identificando as áreas com riscos alto (R3) e muito alto (R4) de desastre no Ponto 02.



Fonte: Projeto Falésias.

Mapa 30: Setorização de risco na praia da Barra de Tabatinga, pela COPDEC (em fev/2019), identificando as áreas com riscos alto (R3) e muito alto (R4) de desastre no Ponto 03.



Fonte: Projeto Falésias.

Mapa 31: Setorização de risco na praia da Barra de Tabatinga, pela COPDEC (em fev/2019), identificando as áreas com riscos alto (R3) e muito alto (R4) de desastre no Ponto 04.



Fonte: Projeto Falésias.

O inquérito ressalta que o cenário exposto no relatório técnico da Defesa Civil Estadual exige uma atuação urgente do município de Nísia Floresta e da União (área de sua titularidade) por envolver locais com alto risco de desabamento, de modo que, caso haja a concretização de algum episódio crítico, nesse sentido, a omissão voluntária dos gestores poderá ensejar a responsabilidade civil e criminal dos mesmos, nos termos da legislação de regência.

É destacado no Inquérito Civil que a interdição realizada pela Defesa Civil Estadual nos estabelecimentos denominados “Pico do Mirante” e “Mirante dos Golfinhos” não tem se mostrado suficiente para impedir o acesso ao público e, por conseguinte, minimizar os riscos de desastres e perda de vidas.

Não se pode olvidar que tais locais sofrem diuturnamente impactos de forças da natureza, não raras vezes incontroláveis pela ação humana, tornando a área, que outrora era considerada segura, inviável de ocupação em virtude do alto risco de desmoronamento. Nessa ordem de ideias, em um juízo de ponderação de interesses, afigura-se iniludível que a proteção dos direitos à vida e à saúde devem prevalecer sobre o direito à continuidade da exploração dos empreendimentos (INQUÉRITO CIVIL 1.28.000.001620/2016-03, p.14).

Os documentos estabelecem um paralelo com o desmoronamento de parte de uma falésia na Praia da Pipa, localizada no município de Tibau do Sul/RN, um dos principais destinos turísticos do Rio Grande do Norte e do Brasil. Assim como naquela região, as falésias da Praia de Tabatinga, segundo relatório da defesa civil, apresentam semelhante vulnerabilidade em virtude da ação das marés no sopé das falésias, que ocasiona o seu desgaste e, por conseguinte, propicia o risco de cisalhamento. A vulnerabilidade é potencializada, ainda, pela existência de construções nas bordas das falésias.

Foi ressaltado que há nítido interesse federal na degradação ambiental da zona costeira – borda de tabuleiro em planalto costeiro – que é diretamente afetado pelas construções irregulares e por deslizamento de terras. Cabendo não apenas aos entes locais, onde estão situadas as praias, a defesa da integridade e o zelo pela higidez ambiental desses espaços, razão pela qual se faz notável a presença atuante da União.

Por fim, o citado documento evidencia a necessidade de adoção das medidas necessárias (contenção da encosta, elaboração de cartas geotécnicas e de risco geológico ou mesmo a criação de um plano de contingência para área vistoriada), para ensejar a adequação, reordenação, remoção ou recuo das ocupações irregulares erguidas em terrenos da União e em Áreas de Preservação Permanente (APP), cujo risco de desabamento tem se agravado com o tempo.

## **8.2 Relatório de vistoria técnica Nº 02/2019 (COPDEC)**

O relatório foi elaborado pela Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil (COPDEC), com base na visita técnica realizada, no dia 6 de fevereiro de 2019, atendendo à solicitação do Ministério Público Federal (MPF). Considera que “[...] a ênfase especial tem sido dedicada a ação da prevenção, uma vez que esta é menos onerosa, ao mesmo tempo, em que procura alcançar a prevenção de vidas humana” (RELATÓRIO Nº 02 COPDEC/GAC/RN, 2019, p. 6). Objetiva informar o grau do risco de desmoronamento das falésias em 5 pontos de Barra de Tabatinga (Mapa 32).

Mapa 32: Localização dos pontos vistoriados em Barra de Tabatinga Relatório N° 02  
COPDEC/GAC/RN.



Fonte: Relatório N° 02 COPDEC/GAC/RN, 2019 p.7.

Destacando aspectos geoambientais e geotécnicos da área e a tipificação do desastre, o relatório aponta um conjunto de medidas a serem adotadas:

- Cumprir o dispositivo da Lei Federal nº 12.608 no seu art. 8º e seus incisos, criando e disseminando, dessa forma, uma cultura de fiscalização do órgão de Defesa Civil Municipal;
- Preencher o Formulário de Informações de Desastre (FIDE) específico, para esse desastre natural, considerando a necessidade do registro no banco de dados do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SIMPEDEC), a fim de catalogar esses eventos adversos ocorridos no Município;
- Planejar o uso e ocupação do solo, a fim de evitar ocupações desordenadas, evitando com isso a exposição da população às áreas de risco. Além do mais, evitar a destruição de áreas de preservação ambiental;
- Realizar fiscalizações mais efetivas, nas APP's e APA's, por parte dos fiscais da Prefeitura Municipal, em cooperação com os órgãos ambientais responsáveis pela área, para minimizar e/ou eliminar as construções irregulares;
- Suspender a emissão de alvarás pela Prefeitura do Município na área afetada até que seja apresentado um projeto de recuperação do local;
- Produzir documentos técnicos, como Cartas Geotécnicas e construir a Carta de Risco Geológico objetivando subsidiar o planejamento territorial, evitando e/ou diminuindo problemas advindos da erosão fluvial e costeira, inundação, deslizamento e demais riscos geológicos;
- Fazer estudos de impacto ambiental, com o propósito de avaliar a mudança no meio ambiente causada pelas construções na área ocupada (APP e APA) e fornecer soluções que viabilizem a preservação dessa região;

- Apresentar um plano de contingência para a área vistoriada com o objetivo de minimizar ou evitar danos caso a região seja impactada por um sinistro (local onde está ocorrendo o processo movimento de massa);
- Estruturar e apoiar as ações da COPDEC, no sentido de dotá-la de recursos humanos e tecnológicos adequados para atender a demanda das ações preventivas, como monitoramento e gerenciamento das áreas de risco;
- Sinalizar a área e comunicar à população sobre o risco, além de realizar cadastramento da população afetada (Relatório N° 02 COPDEC/GAC/RN, 2019 p.29).

Analisando pela perspectiva de gestão do território, os documentos analisados apontam para a necessidade de uma gestão integradas entre órgãos federais, estadual e municipal, definindo ações a serem realizadas em curto, médio e longo prazo. Sendo necessário frisar que é fundamental um processo contínuo de acompanhamento dos processos erosivos na área.

# 9 Análise de Risco



## 9 ANÁLISE DE RISCO

A definição do risco, seguiu princípios estabelecidos pelo Projeto GIDES (2018) adaptando-os, nos casos devidos, ao contexto em que se insere as falésias. Para tanto, considerou-se as particularidades dos processos erosivos de escarpas costeiras, sua importância paisagística, econômica e tipos de uso.

Dessa forma, o presente projeto, através de criteriosa metodologia *mult proxy* buscou executar o mapeamento de perigo a movimentos gravitacionais de massa, erosão marinha e pluvial das áreas em análise, etapa que antecede a definição dos riscos. Dos quatro tipos principais de movimentos de massa estabelecidos no Projeto GIDES (2018), deslizamento planar, deslizamento rotacional, fluxo de detritos e queda de blocos (Figura 72), foram identificados na área de análise: deslizamento planar, queda de blocos e erosão pluvial (essa última não é considerada pelo GIDES), sendo os demais não aplicados aos tipos de processos nas escarpas costeiras analisadas.

Figura 72: Critérios geomorfológicos para definição do perigo.



Fonte: Adaptado do Projeto GIDES (2018).

Para a identificação dos movimentos de massa, levou-se em consideração: as cicatrizes erosivas e seus respectivos depósitos correlatos, feições pré-colapsos e o

relato de moradores e pessoas que atuam nas áreas, sendo considerados os seguintes fatores para a maior ou menor de instabilidade:

- grau de diagênese e laterização;
- grau de fraturamento;
- ângulo da escarpa;
- estratigrafia do depósito;
- posição da falésia em relação à linha de costa;
- ângulo de ataque do *trend* de ondas;
- ocorrência de rampa de tálus e/ ou colúvio;
- existência de feições erosivas pluviais;
- presença de berma;
- presença de vegetação na encosta;

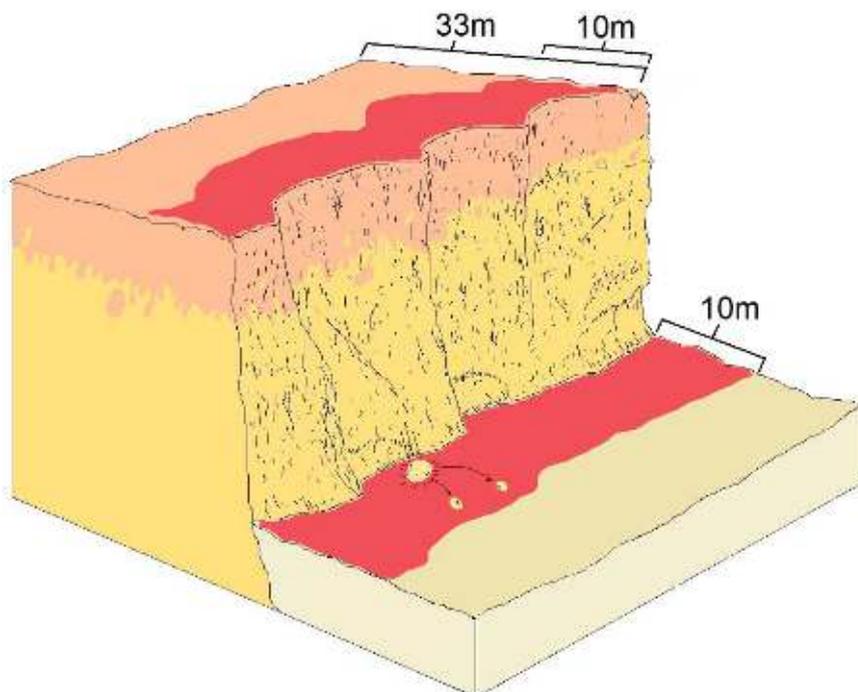
Importante ressaltar que falésias vivas são ambientes naturalmente instáveis sendo essa instabilidade podendo ser maior ou menor, de acordo com as variáveis citadas. Essa condição se torna ainda mais preocupante quando se considera o aquecimento previsto até a metade do século de até 1,5°C conforme relatório do IPCC-2021 (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas). Dentro dessa previsão, poderá haver um aumento do nível do mar em até 0,69 metro até 2100 para o litoral do Rio Grande do Norte. Considerando que a base das falésias vivas, comumente já recebem os efeitos diretos do impacto das ondas na preamar, um aumento do nível do mar tornará a erosão mais intensa.

Para a análise de risco, foram adicionados os tipos de uso do solo nas áreas de falésias, destacadamente a existência de construções, a visitação turística, o trânsito de pedestres na borda superior e na base das escarpas, estradas próximas, bem como uma estimativa do número de pessoas que passam por esses locais.

A área de maior risco foi delimitada considerando os apontamentos de Severo (2005) e Lima *et al.*, (2020), além dos resultados do presente trabalho (ocorrência de voçorocas, fraturas, deslocamento, feições de pré-colapso e cicatrizes de colapso), os quais indicam a necessidade de implementação de uma faixa de proteção mínima de 10 metros de largura, a partir da borda da falésia em direção ao continente. Essa

faixa compreende uma margem de segurança imediata aos processos erosivos que ponham em risco construções na proximidade da borda (Figura 73). Cabe ressaltar que esse valor é dinâmico ao longo do tempo, ou seja, quando ocorrer um recuo da escarpa a linha deve acompanhar.

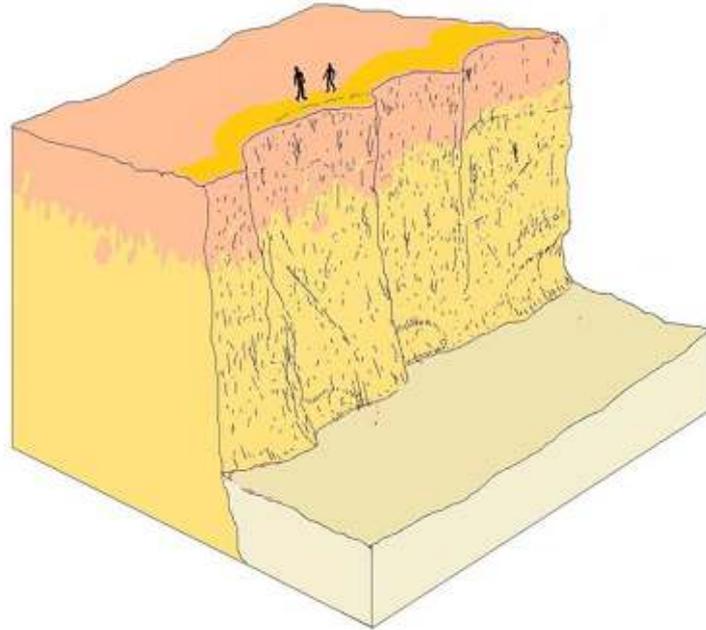
Figura 73: Esquema de demarcação de áreas de risco para a borda das falésias.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

No que tange aos riscos de uma pessoa cair da borda superior da falésia, foram consideradas os acessos a esses locais e os tipos de movimentos de massa. Nesse sentido, considerou-se uma faixa mínima a ser evitada de 5 metros em relação à borda superior da falésia, sendo que as placas informativas indiquem que as pessoas deverão manter essa distância da borda da escarpa (Figura 74).

Figura 74: Exemplificação de faixa de risco na borda de falésia a ser respitada.

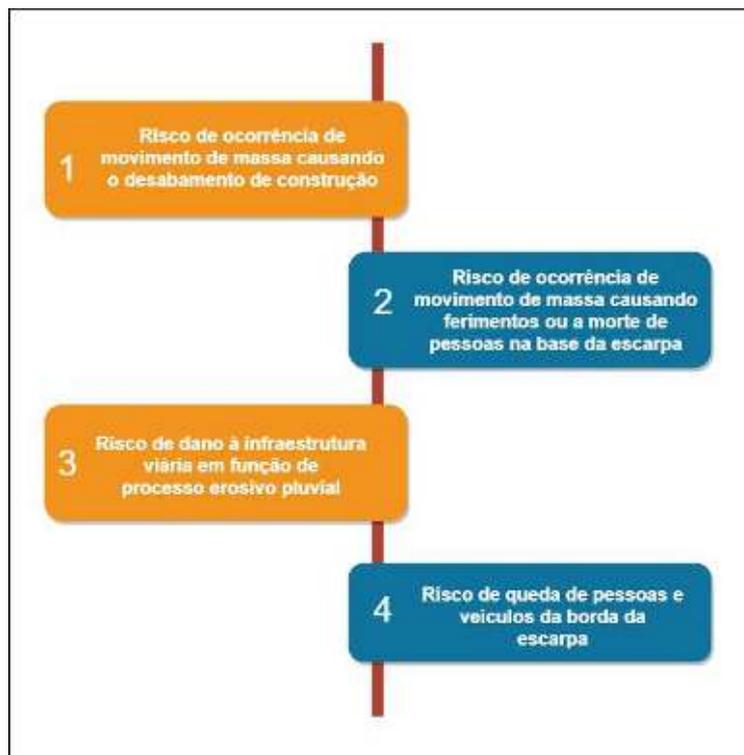


Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

## 9.1 Tipologia dos riscos

Considerando todos os dados do presente relatório: antecedentes históricos de acidentes nas falésias estruturadas, processos geomorfológicos e tipos de uso, foram identificados quatro tipos principais de riscos (Figura 75).

Figura 75: Tipos de risco identificados.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

## 9.2 Mapeamento e caracterização dos riscos

Os mapas que demarcam os limites da zona de risco, tanto a ocupação na borda do tabuleiro quanto ao trânsito no sopé da falésia, são apresentados em conjunto com imagem que auxiliam na identificação e análise.

Nos mapas: 33, 34,35, 36, 37, 38, 39 e 40, são apresentadas 3 faixas de riscos: 5 m praia, 10 m praia, 10 m tabuleiro, todas elas estão categorizadas na classe R4 do GIDES (Risco muito alto). Elas são detalhadas da seguinte forma:

- **5 m praia.** Essa faixa foi definida para identificar a área na base da escarpa onde pode ocorrer um movimento de massa e atingir uma pessoa que esteja passando ou parada. Os 5 metros se aplicam aos locais onde a falésia é escalonada a apresenta cobertura vegetal.
- **10 m praia.** Essa faixa foi definida para identificar a área na base da escarpa onde pode ocorrer um movimento de massa e atingir uma pessoa que esteja passando ou parada. Os 10 metros se aplicam aos locais onde a escarpa é

bem definida e mais elevada, não se identificam escalonamento. Nos locais onde as escarpas apresentam até 30 de altura, um pequeno bloco de laterita ou arenito com apenas 500 gramas, caindo dessa altura já pode provocar ferimentos graves, caso atinja uma pessoa.

- **5 m tabuleiro.** Faixa relacionada ao risco de uma pessoa ou veículo cair da borda da falésia. Foi definida levando-se em consideração as dimensões das cicatrizes de movimentos de massas identificadas nos trechos de falésias analisados. Ressalta-se que essa faixa deve acompanhar os recuos da falésia, ou seja, quando houver um movimento de massa deve-se recuar a faixa de risco.
- **10 m tabuleiro.** Essa faixa foi definida da borda da escarpa em direção ao continente e se refere aos riscos de movimentos de massa comprometerem construções. É importante ressaltar que essa faixa deve acompanhar os recuos da falésia, ou seja, quando houver um movimento de massa deve-se recuar a faixa de risco.
- **15 m tabuleiro.** Essa faixa foi definida da borda da escarpa em direção ao continente, quando há recobrimento de sedimentos muito friáveis, tipo de depósitos eólicos recobrando a Formação Barreiras e pós-barreiras.

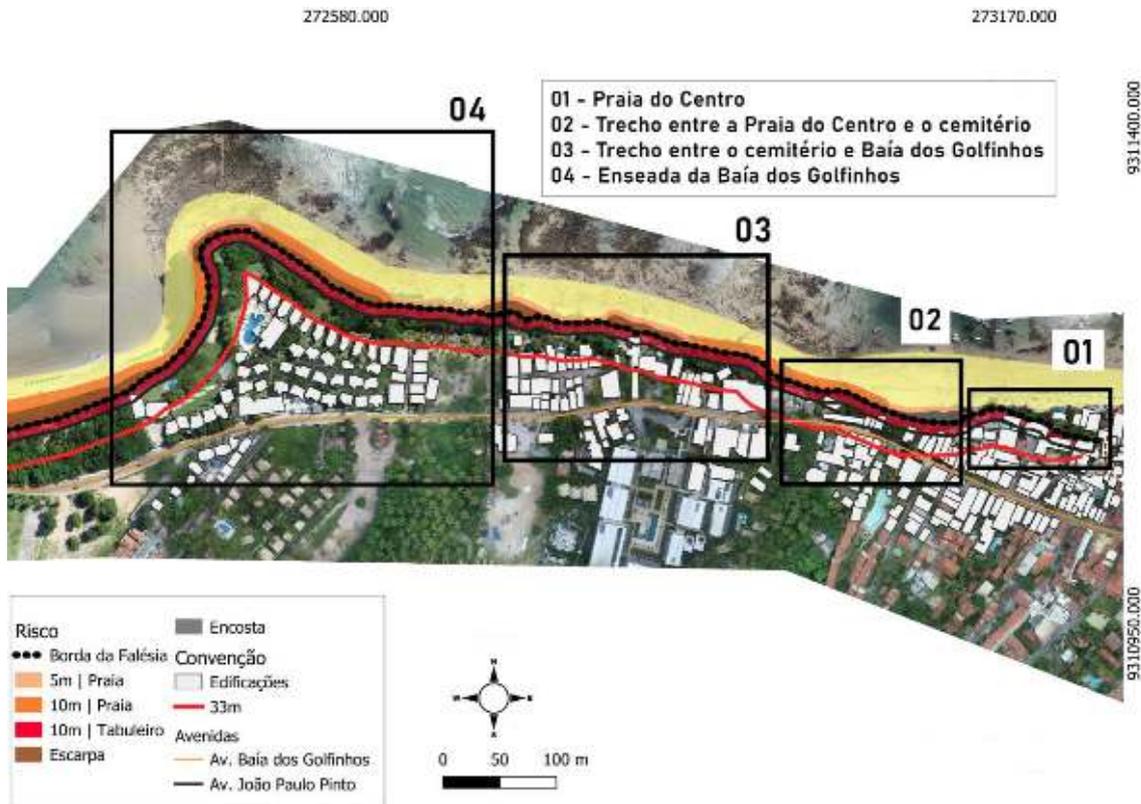
Destaca-se que a presente classificação de riscos levou em consideração os parâmetros medidos no ano de 2021. Como as áreas em questão apresentam uma grande estocasticidade em termos dos processos erosivos e de uso, esse cenário pode ser alterado ao longo do tempo. Por exemplo, a existência de piscinas e outros tipos de construções que estão dentro da faixa dos 10 metros, no topo do tabuleiro em relação à borda da falésia, poderão acelerar movimentos de massa, ou gerar feições pré-colapso que atualmente não estão visíveis. Assim, evidencia-se a importância do monitoramento contínuo e a adoção das estratégias, descritas no presente relatório.

### **9.3.1 Mapeamento de riscos entre a Praia do Centro e Baía dos Golfinhos**

Corresponde a um trecho de 1,1 km, localizado entre a Praia do Centro e a Baía do Golfinho, dividido em quatro segmentos (Mapa 33) de forma a detalhar melhor as

características em escala adequada ao contexto tratado. Esse é o setor com maior grau de ocupação entre as áreas analisadas.

Mapa 33: Índice dos trechos mapeados.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

- **Segmento 01**

O Segmento 01 corresponde a uma área com elevado grau de ocupação (Figura 76), onde já não ocorre mais a abrasão marinha na base da escarpa em virtude das edificações existentes e de muro de arrimo.

Figura 76: Identificação de intenso processo de ocupação da área.



Fonte: Projeto Falésias.

Nesse trecho, em função do elevado grau de transformação antrópica, onde há 100% de ocupação até a base da escarpa e a interferência marinha foi cessada em função de edificações e muro de arrimo (Figura 77), os riscos estão principalmente relacionados a movimentos de massa decorrentes de possíveis falhas nas construções. Dessa forma, faz-se necessário que a avaliação desse setor seja centrada nos condicionantes estruturais relacionados às edificações.

Figura 77: Configuração da ocupação no segmento 01.

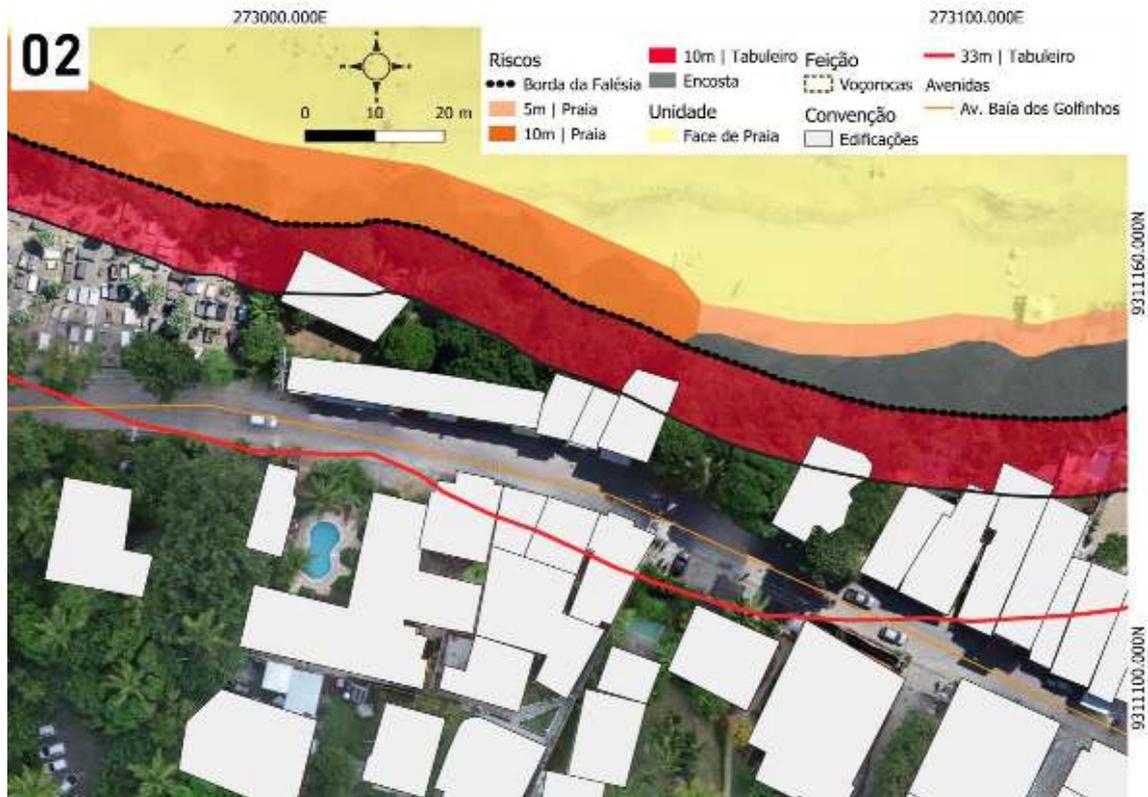


Fonte: Projeto Falésias.

- **Segmento 02**

No setor 2 (Mapa 34), correspondente à Praia do Centro, a falésia possui diferentes altitudes e gradientes de inclinação. Isso faz com que seus processos erosivos sejam mistos, podendo ocorrer erosões pluviais, formação de voçorocas nos setores menos íngremes e vegetados, colapso de blocos e movimentos planares nos setores mais íngremes e expostos. Ambos os processos são geradores riscos, podendo causar danos às ocupações na margem da falésia, ou provocar ferimentos e fatalidades para os transeuntes que se aproximem da base da escarpa.

Mapa 34: Massa de risco do segmento 2, Praia do Centro.

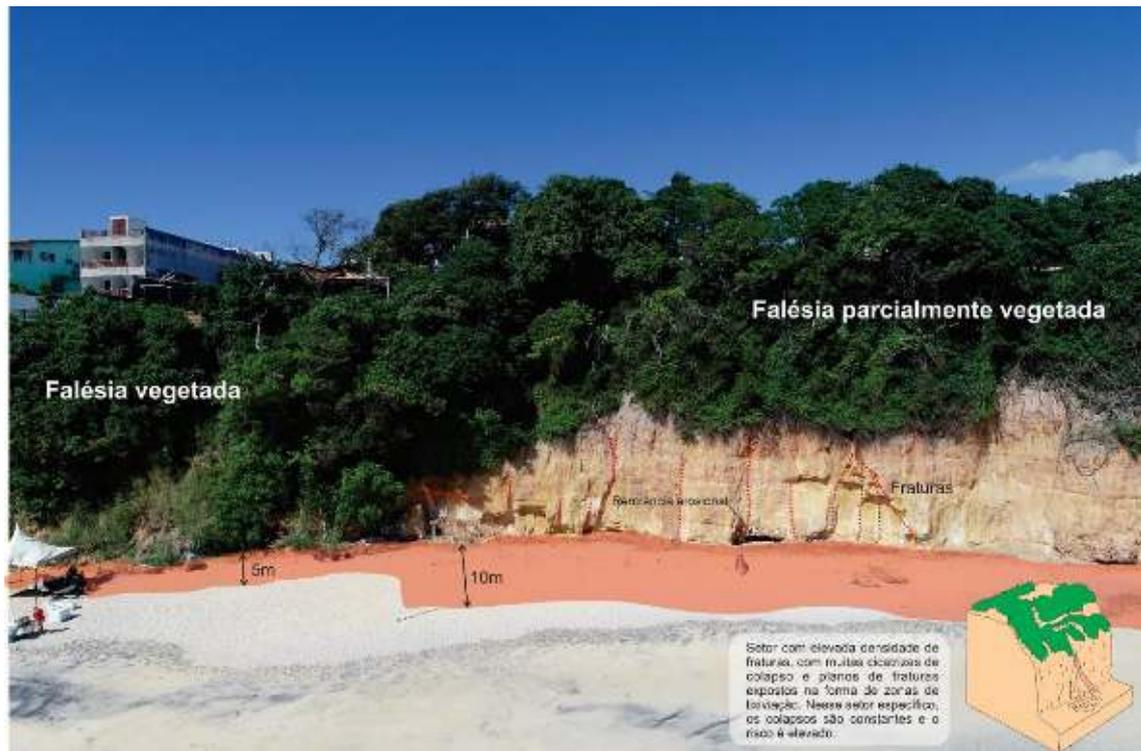


Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Essa a área apresenta elevada densidade de fraturas, estando elas com planos expostos e bem-marcados pela lixiviação (Figura 78). São apresentadas, também as faixas de 5 e 10 metros na base da falésia, onde há um alto risco de que um movimento de massa atinja uma pessoa.

A conjunção de *sets* de fraturas cria zonas de alta permeabilidade criando corredores verticais de fluxo de infiltração. A maior circulação de fluidos ao longo dessas fraturas, favorece a diminuição da coesão da rocha, auxiliando o intemperismo nos planos de fraturas. Isso também favorece o desenvolvimento de raízes que, por sua vez, contribuem para o desprendimento e colapso de blocos. Isso porque a permeabilidade do solo arenoso e a existência de fraturamentos na rocha contribuem para o aumento do peso na borda da escarpa, o que eleva o fator de ruptura do material. Ao mesmo tempo, a percolação da água nas fraturas dissolve os cimentos que ligam os grãos da rocha e aumenta a lubrificação das descontinuidades internas, promovendo a decomposição química das rochas.

Figura 78: Segmento 02.

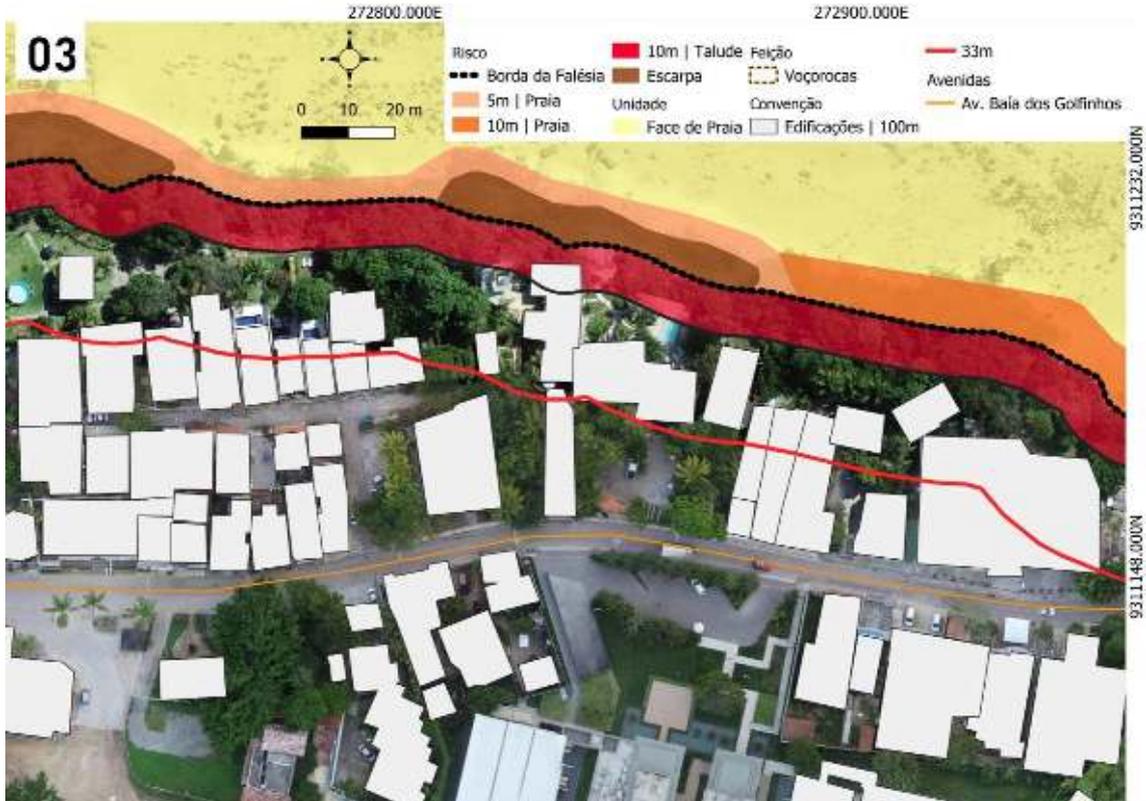


Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

- **Segmento 03**

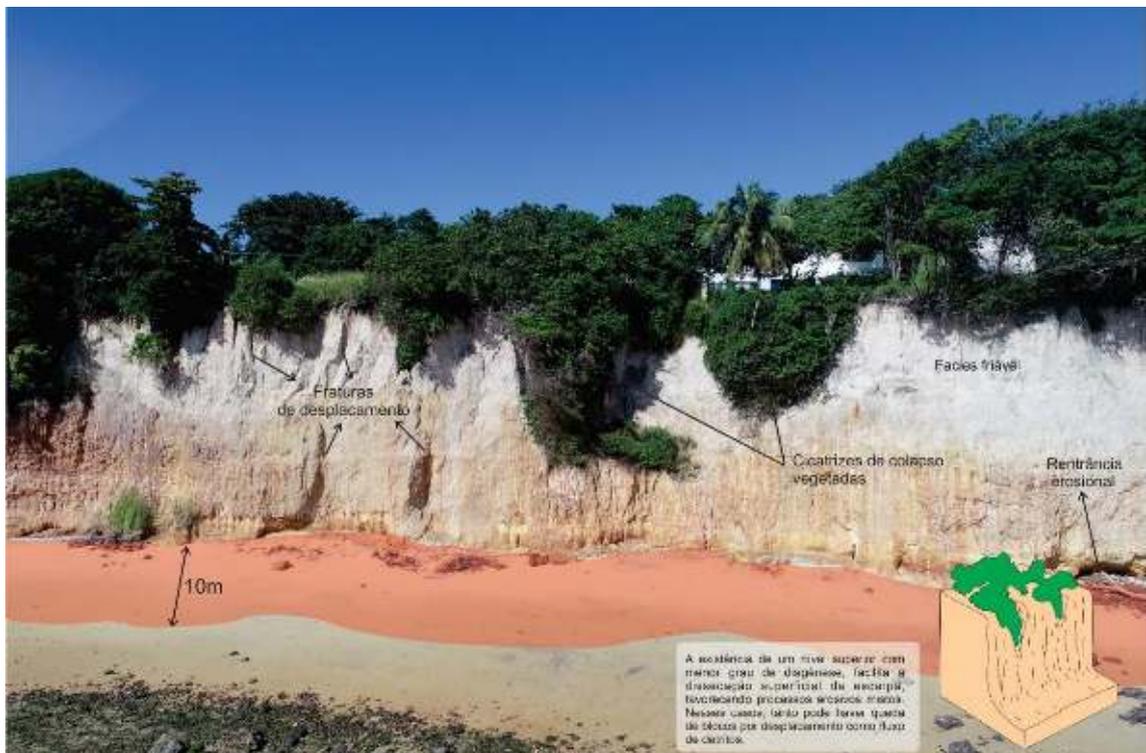
Na sequência (Mapa 35 e Figura 79), fraturas de deslocamento pela ação da gravidade são responsáveis pelo colapso de blocos. Esse tipo de fratura está presente desde a base até o topo da falésia e está relacionada ao peso da escarpa. Nesse caso, o mecanismo deflagrador é a gravidade e a lubrificação promovida pela água de infiltração em episódios de precipitação.

Mapa 35: Mapa de risco segmento 3, Praia Centro.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Figura 79: Escarpa com presença de deslocamento em frente ao cemitério.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Nos setores de falésias escalonadas, são menos íngremes no geral e possuem cobertura vegetal de porte arbóreo o que atenua o processo erosivo. Essa atenuação é feita pela adição de matéria orgânica que aumenta a coesão do solo e sua capacidade de absorção de água, pelos troncos e raízes que constituem um obstáculo natural à velocidade de fluxo superficial, pelas raízes em profundidade que criam uma rede de sustentação para o solo e pela proteção direta do impacto das gotas da chuva feito pelas copas. Assim, áreas densamente vegetadas e com menores declives, são menos propícias à ocorrência de queda de blocos embora isso também ocorra nos trechos onde a falésia está exposta (Figura 80).

Figura 80: Trecho 3 – Falésia parcialmente vegetada.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

- **Segmento 04**

Compreende o trecho onde há o maior distanciamento entre a borda da falésia e as construções, com exceção de uma edificação que está na faixa de 10 metros, de maior risco (Mapa 36).

Mapa 36: Mapas de Risco (Demarcação na cor vermelha para a borda do tabuleiro e salmão para a base da falésia).



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Nesse segmento, a falésia apresenta três características distintas, escalonada, escarpada e escarpada com patamares (Figuras 81).

Figura 81: Segmento 4 – Falésia escalonada.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

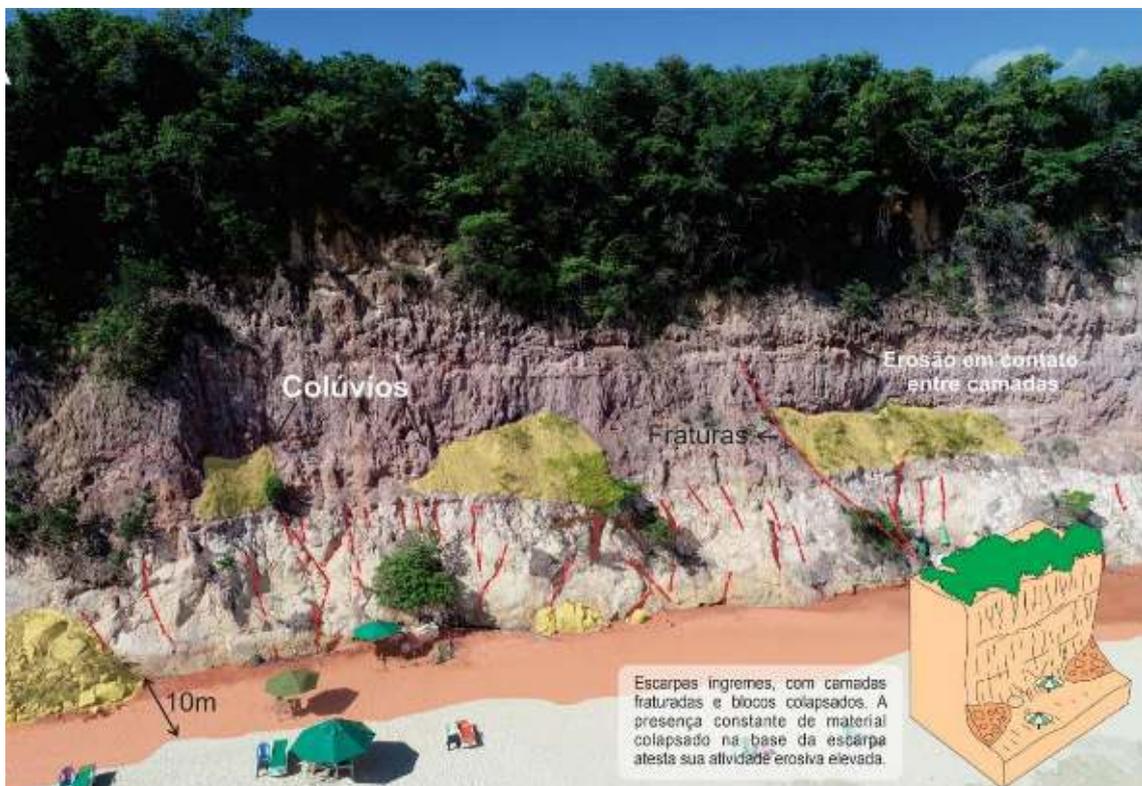
Cicatrizes de colapso são muito comuns e evidenciam a fase ativa da erosão da falésia. Essas cicatrizes são feições de exposição recente formadas pelo deslocamento de “cascas” ou desprendimento de blocos, sendo esse caso mais comum em zonas de fraturas (Figura 82 e 83).

Figura 82: Promontório da Baía do Golfinhos.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Figura 83: Baía dos Golfinhos.

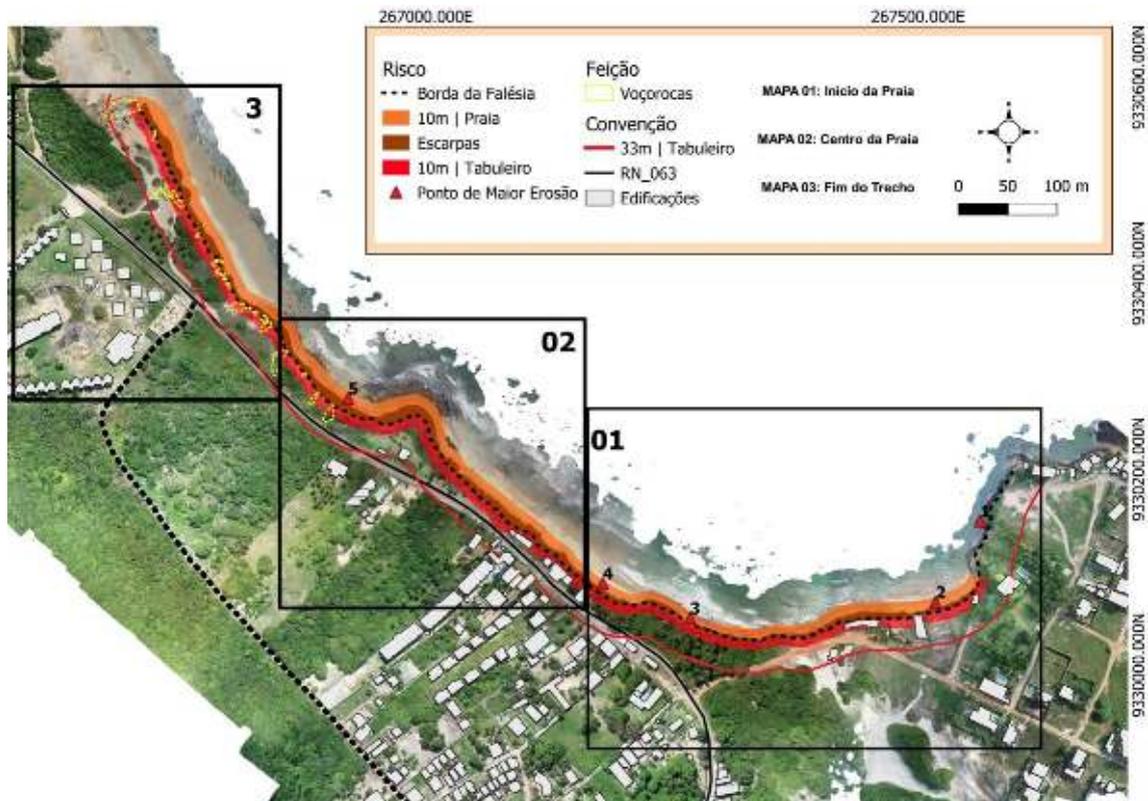


Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

### 9.2.2 Mapeamento de risco de Barra de Tabatinga

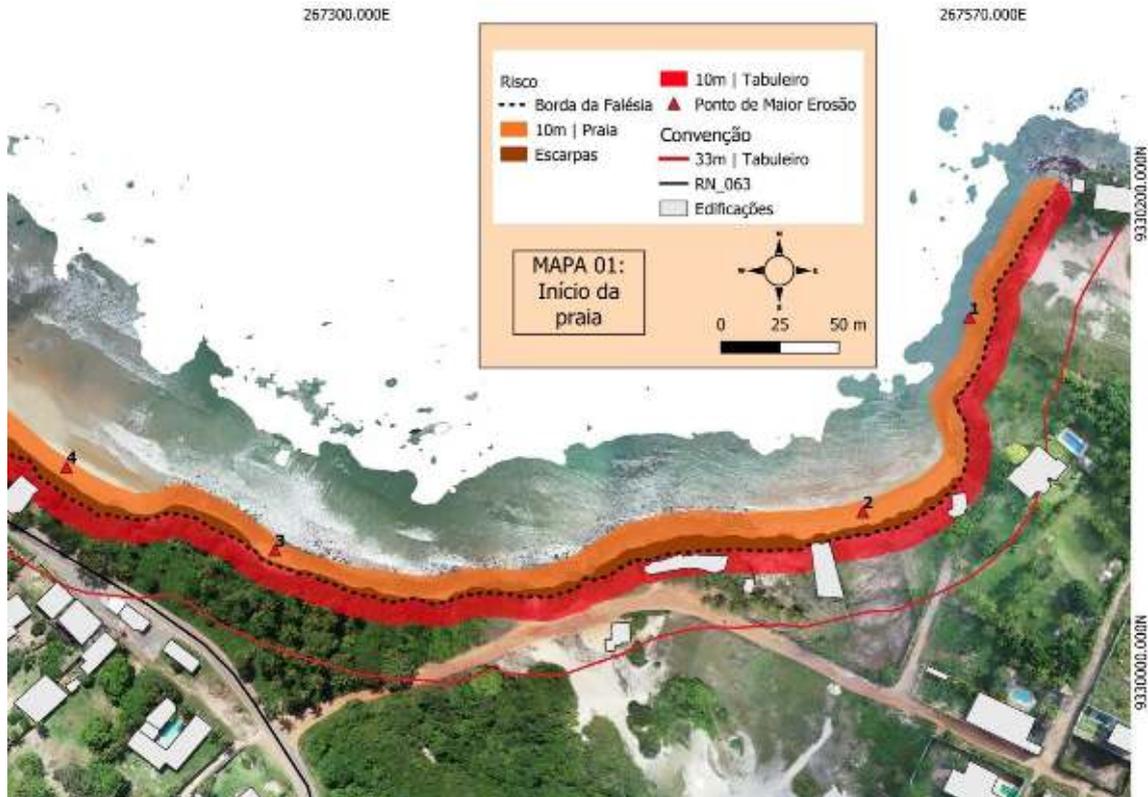
Corresponde a um trecho de 1,5 km, localizado na Praia de Barra de Tabatinga, entre um promotório litorâneo e o contato da falésia com dunas móveis, dividido em três segmentos (Mapas 37, 38, 39, 40), de forma a detalhar melhor as características em escala adequada ao contexto tratado.

Mapa 37: Índice de mapeamento de risco.



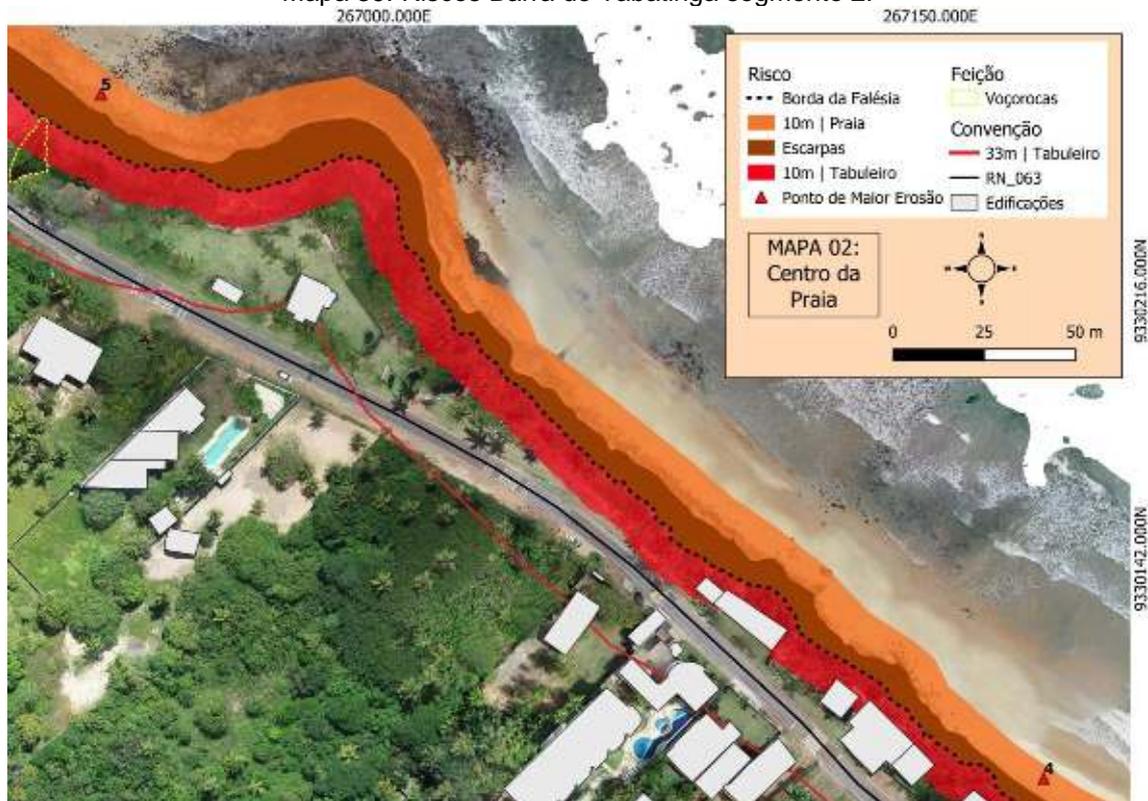
Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Mapa 38: Risco 1 Barra de Tabatinga.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

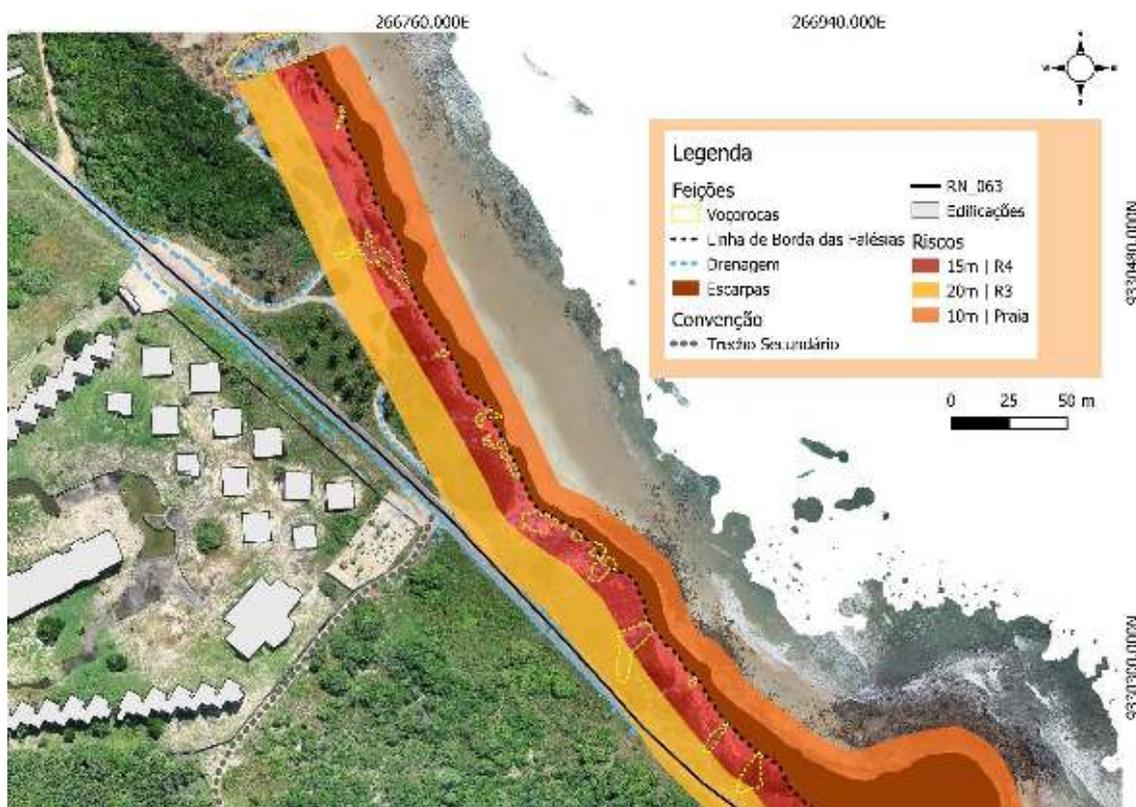
Mapa 39: Riscos Barra de Tabatinga segmento 2.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Em função da existência de feições erosivas e das características estratigráficas no trecho referente ao segmento 03, de Barra de Tabatinga, houve a necessidade de adicionar uma segunda faixa de risco paralela à imediatamente da borda da escarpa. O tipo de risco da faixa de 20 metros, de categoria R3 (alto no GIDES) está relacionado à erosão pluvial e danos à infraestrutura, especificamente na RN-063.

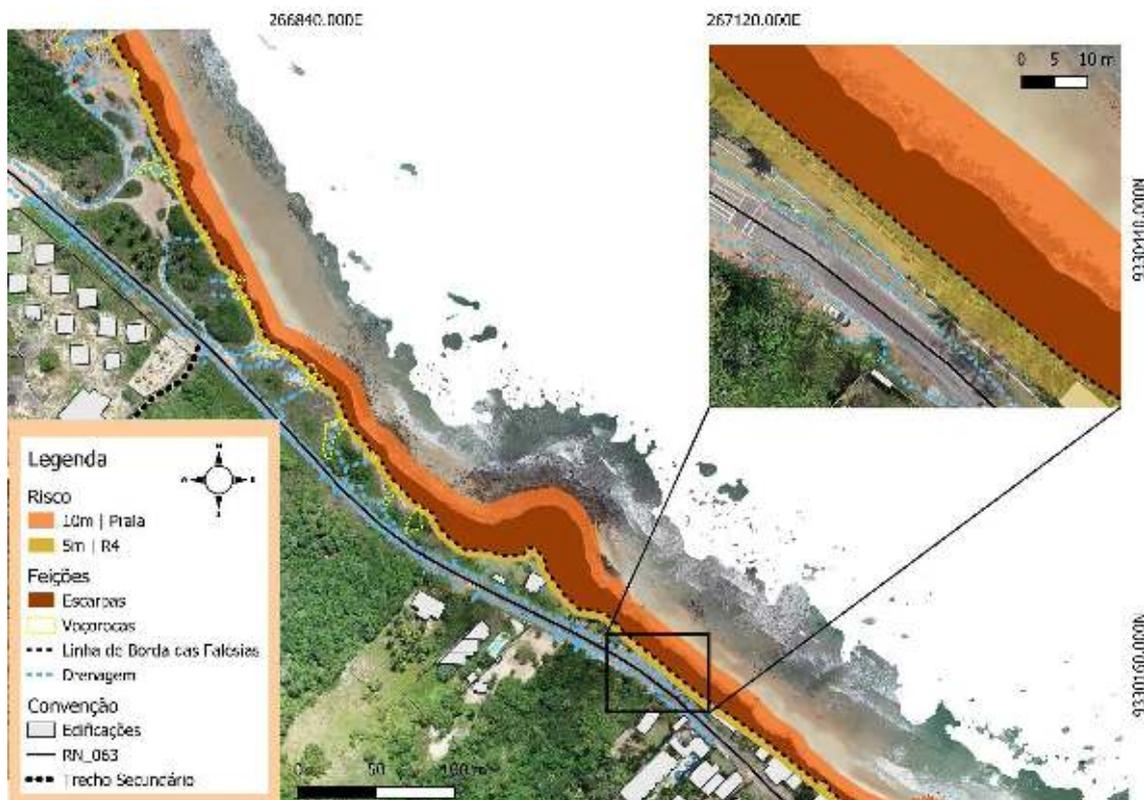
Mapa 40: Riscos Barra de Tabatinga segmento 3.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Quanto aos riscos inerentes à queda de pessoas e veículos da parte superior das falésias, considerou-se a faixa de 5 metros, contados a partir da borda da escarpa, como sendo de risco muito alto (R4 do GIDES) (Mapa 41).

Mapa 41: Faixa de risco quanto a queda de pessoas e veículos da bora da falésia.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

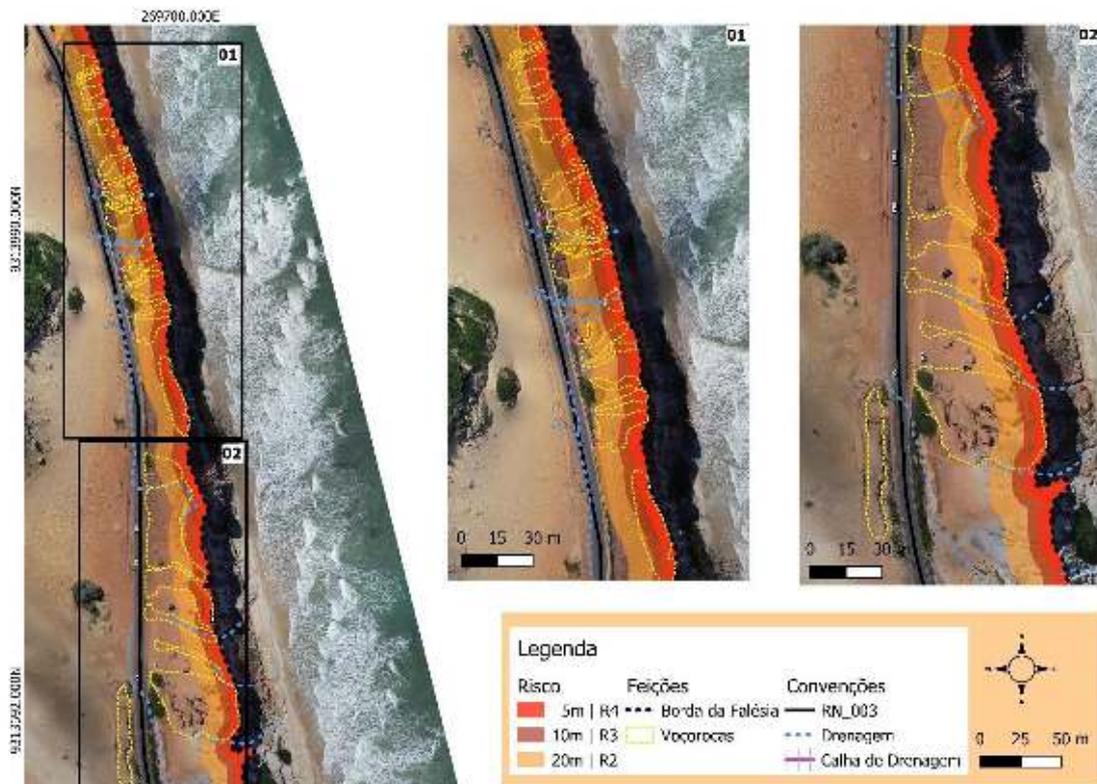
Um fator importante a ser considerado em estudos futuros, é o impacto da atividade sísmica induzida na estabilidade da escarpa. Especificamente para o caso de Barra de Tabatinga, onde a RN063 chega a passar a apenas 10 metros da borda da escarpa, uma análise acerca da sismicidade induzida pelo fluxo de veículos, sobretudo pesados, no caso ônibus e caminhões, será de suma importância para a inclusão ou exclusão desse fator na análise de risco. Sabe-se que sedimentos saturados em água, diante a passagem de uma onda sísmica tornam-se liquefeitos, levando a instabilidade do depósito, que passa a ceder facilmente mediante uma pressão exercida em superfície. Isso acontece pela perda da coesão por atrito no momento da passagem do sismo, que é agravada pela saturação que lubrifica o contato entre as partículas facilitando sua movimentação. A avaliação sísmica, nesse caso, consiste na averiguação de intensidade relativa a sismicidade induzida através de geofones instalados em superfície.

### 9.2.3 Análise de riscos em Cacimbinhas

Em Cacimbinhas, os riscos considerados são inerentes à queda de pessoas e veículos da parte superior da falésia e aqueles vinculados à erosão pluvial, que pode danificar a infraestrutura viária, especificamente a RN-003 que bordeja à falésia.

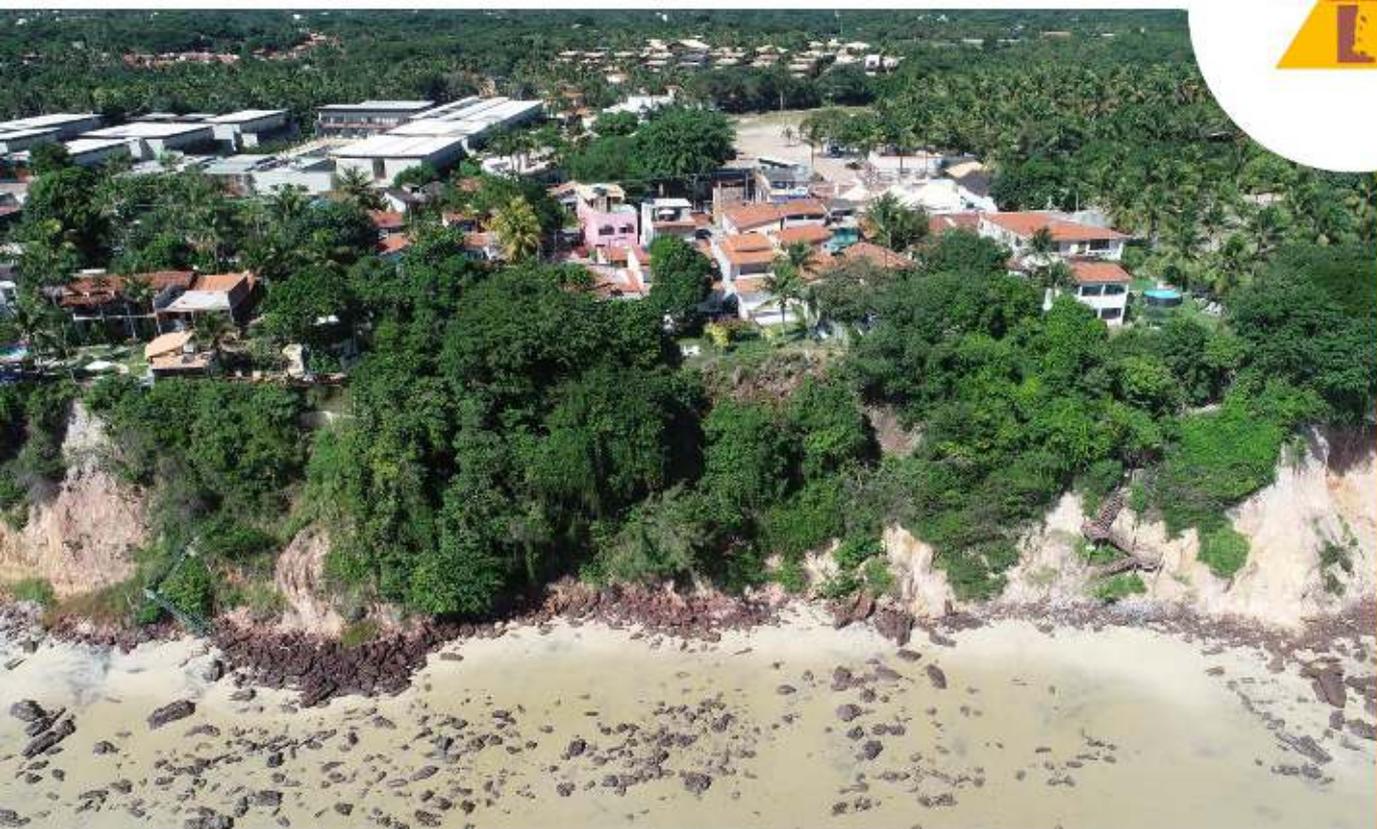
Dessa forma, o Mapa 42 apresenta três faixas de riscos, todas tendo como referência a borda da escarpa, a primeira – de 5 metros (R4) – quanto à queda de pessoas, veículos e erosão; a segunda – de 10 metros (R3) –, iniciando no limite da segunda – quanto ao risco de erosão pluvial; e, a terceira, de 20 metros (R2), iniciando no limite da segunda – também referente aos danos provocados pela erosão pluvial. O mapa também apresenta as áreas que estão sendo dissecadas pela atuação de voçorocas.

Mapa 42: Classificação de riscos de Cacimbinhas.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

# 10 Medidas Mitigadoras



## 10 MEDIDAS MITIGADORAS

O conjunto das ações de mitigação apontadas para a redução de riscos levou em consideração a complexidade de processos geomorfológicos e de usos nas áreas em questão. A metodologia para definição das ações compreendeu, primeiramente, um *checklist* de soluções apontadas por funcionários das prefeituras, órgãos estaduais e federais que têm vinculação com as áreas em análise. Em segundo lugar, realizou-se uma reunião com todos os membros do Projeto Falésias para debater e discutir cada uma das ações apontadas.

Após definição de todas as ações mitigadoras, foram realizadas apresentações dos resultados e, em seguida, ouvidas as contribuições e sugestões. Abrangendo os seguintes órgãos: IDEMA, nos dias 10 e 25 de novembro; prefeitura de Tibau do Sul, em 11 de novembro; e Defesa Civil estadual, dia 18 de novembro. A Secretaria de Meio Ambiente de Nísia Floresta foi convidada a participar das discussões, no dia 18 de novembro, contudo não houve a participação de representantes. Nesse sentido, foram observados os seguintes aspectos para as ações propostas:

- Redução de riscos. Objetivo principal do presente documento, levando em consideração a importância de ações em diferentes temporalidades de implementação;
- Compatibilidade das medidas mitigadoras com as características naturais, sociais econômicas e culturais das áreas analisadas. As falésias em análises figuram entre as dez mais belas escarpas costeiras do mundo. Esse fato não pode deixar de ser considerado, tendo em vista que qualquer ação poderá levar à perda do patrimônio ambiental e cultural para o Rio Grande do Norte e o Brasil;
- Atendimento ao disposto na legislação. O trabalho realizou uma profunda análise da legislação ambiental, urbanística e de riscos, buscando compatibilizar todas as ações às normas vigentes. Desse modo, busca-se avaliar previamente a compatibilidade legal das ações propostas, evitando desperdícios de tempo e recursos;
- Soluções utilizadas com sucesso em outras áreas de contextos similares. Buscou-se levantar diferentes soluções de controle da erosão marinha e

diminuição de riscos, tanto no Brasil quanto em outras partes do mundo. Evidenciando os aspectos positivos e negativos das soluções;

- Exequibilidade. Uma das grandes preocupações da equipe foi de apresentar medidas que sejam possíveis de serem implementadas, nem sempre a melhor ação é aquela possível de ser concretizada, dentro de um intervalo de tempo necessário. Para tanto, ao longo dos trabalhos foram ouvidos diversos atores que têm relações com as áreas de análise, vendedores de praia, guias de turismo, funcionários de órgão públicos, empresários, moradores e turistas; com o objetivo de avaliação as ações que poderão não se concretizar.

### 10.1 Plano de desinvestimento

Com base nos dados das dinâmicas geomorfológicas e de uso, notadamente o turismo, ficou evidente a importância paisagística, cultural e ambiental das falésias para o contexto das áreas em análise. Tal fato, torna necessária a busca por soluções de diminuição de risco com o mínimo de impacto que altere as características naturais das escarpas. A guisa de exemplo, o distrito de Praia da Pipa, município de Tibau do Sul/RN, é um polo turístico consolidado, um dos mais importantes no Brasil, tendo praias eleitas entre as melhores do mundo em votação internacional; sendo a principal característica paisagística do lugar as falésias.

Do ponto de vista paisagístico, cada lugar é formado por um conjunto de formas: naturais e antrópicas, juntamente aos aspectos culturais e infraestrutura, tornam uma determinada porção do território atrativa ao turismo. É necessário considerar que a paisagem constitui a principal referência para a construção da imagem do turista, tanto nos momentos que antecedem a viagem, quanto após o retorno; essa experiência fica registrada na mente e nas fotos. Atualmente, o grande uso das redes sociais permite o compartilhamento de fotos e vídeos com amigos, não importando as distâncias.

Pessoas de todo o mundo viajam à Pipa atraídas pela beleza natural do lugar para tirar uma *selfie* nas falésias, marca paisagística local. Em média, nos fins de semana mais de 2.500 pessoas passam pela Praia do Centro, seja para pegar as

lanchas de passeio, ir à praia da Baía do Golfinhos, ou ficar nas barracas (Figura 84). Esse número foi levantado em período de pandemia, segundo as pessoas que trabalham na praia esse valor era bem maior no ano de 2019.

Figura 84: Turistas esperando para embarcar nos passeios de lancha que saem da Praia do Centro.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

É fato que, durante a maré cheia, há riscos inerentes ao trânsito de pessoas na praia, que passam próximos à base da escarpa, demandando a tomada de ações que possam evitar acidentes. Em consequente, faz-se necessário executar todas as ações de forma planejada e com o menor impacto ao sistema como um todo, considerando os aspectos: ambientais, sociais, culturais e econômicos. O turismo no distrito de Pipa é intenso, sendo um dos destinos internacionais do Brasil. A título de exemplo, no mês de agosto de 2021, ainda em meio à Pandemia da Covid-19, é possível ver a Av. Baía dos Golfinhos lotada de turistas no período da noite (Figura 85).

Figura 85: Turistas na rua principal de Pipa (Av. Baía dos Golfinhos).



Fonte: Projeto Falésias. Data da foto: 14/09/2021.

As falésias são legalmente protegidas, conforme destacado no inciso VIII, art. 4º da Lei Federal nº 12.651/2012: “as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais”. Concomitante à proteção legal, é preciso viabilizar ações de redução de risco que não envolvam a descaracterização das falésias. Caso isso ocorra, há um sério risco de impactar negativamente no turismo. Deve-se priorizar ações sistêmicas de gestão do território, tomando decisões que possam promover a sustentabilidade da área.

No tocante à redução de risco nas falésias ativas que tem em sua borda superior ocupação, a melhor alternativa identificada pela equipe do estudo, após ouvir os representantes da subcoordenadoria de Gerenciamento Costeiro do Estado e Secretaria de Meio Ambiente de Tibau do Sul, é a implementação de um plano de desinvestimento. Ele constitui um instrumento jurídico de gestão territorial municipal,

no qual são definidas faixas de segurança a contar da borda das escarpas, em área com ocupação consolidada para que de forma planejada não ocorram mais construções, bem como seja feita a desmobilização progressiva de edificações à medida em que a erosão da falésia avance.

O plano deve estabelecer um prazo para que os imóveis localizados nas áreas de risco sejam relocados para áreas seguras, sem que haja ônus para o poder público. Cabe ressaltar que os terrenos na faixa de 33 metros da linha de costa estão em terreno de marinha, conforme o Decreto-Lei nº 9.760, de 5 de setembro de 1946, ou seja, estão em terreno da união.

Art. 2º São terrenos de marinha, em uma profundidade de 33 (trinta e três) metros, medidos horizontalmente, para a parte da terra, da posição da linha do preamar-médio de 1831:

- a) os situados no continente, na costa marítima e nas margens dos rios e lagoas, até onde se faça sentir a influência das marés;
- b) os que contornam as ilhas situadas em zona onde se faça sentir a influência das marés.

Parágrafo único. Para os efeitos deste artigo a influência das marés é caracterizada pela oscilação periódica de 5 (cinco) centímetros pelo menos, do nível das águas, que ocorra em qualquer época do ano (Decreto-Lei nº 9.760/1946).

Quanto à dimensão da faixa, ou das faixas de desinvestimento, deve-se considerar os apontamentos de Severo (2005) e Lima *et al.* (2020), além dos resultados no presente trabalho, os quais indicam a necessidade de implementação de uma faixa de proteção mínima de 10 metros de largura, a partir da borda da falésia. Esse limite poderá ser superior, dependendo dos critérios de gestão territorial do poder público local.

As falésias estão ativas, tendo sua base erodida pela ação das ondas, portanto, sugere-se que a temporalidade do instrumento indicado esteja vinculada à medição da erosão, uma vez que a desocupação de um determinado trecho, depende do comportamento erosivo da escarpa. Assim, a faixa de 10 metros deverá ser movida sempre que houver um recuo da escarpa, de forma a manter a segurança das edificações.

Concomitante a essas ações, o município deverá solicitar inspeções anuais de engenharia dos imóveis localizados na faixa de desinvestimento, com esses laudos sendo executados por profissionais habilitados e suas respectivas anotações de responsabilidade técnicas emitidas.

Cabe ressaltar que o instrumento aqui proposto se bem aplicado pode resultar em grande economia de recursos, uma vez que a execução de obras – quando esgotado as demais soluções, torna-se muito custoso ao erário público. À guisa de exemplo, o governo federal através do Ministério do Desenvolvimento Regional vai investir de mais R\$ 50 milhões para enrocamento e engorda de 2 km de praia em Ponta Negra, Natal/RN (G1RN, 2020). Em comparação, o litoral oriental do RN tem mais de 150 km de extensão, sendo que grande parte dele está ocupado ou em processo de ocupação e apresenta um comportamento erosivo.

A viabilização da presente proposta poderá resultar em uma solução a ser adotada para todo o litoral brasileiro que está enfrentando situação semelhante. Faz-se necessário não perder de vista que os modelos de previsão climática mostram uma elevação gradual do nível do mar, em consequência há todo um reafeiçoamento da linha de costa. Assim, caso a resolução sempre seja baseada em obras de engenharia, a estimativa é que será necessário o investimento de bilhões de obras na costa do Brasil.

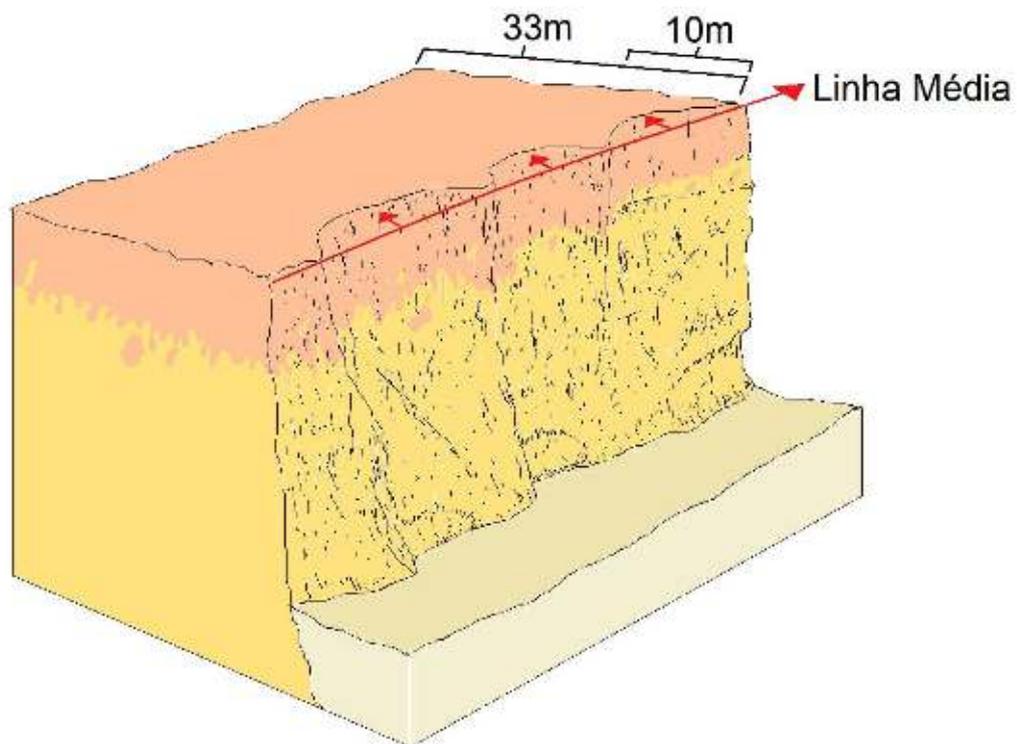
## 10.2 Medição da erosão (monitoramento)

Para que seja possível viabilizar a execução do plano de desinvestimento, enrocamento com talus laterítico e demais ações aqui propostas, faz-se necessária a continuidade das ações desenvolvidas pelo Projeto Falésias, notadamente no que tange as medições da taxa de erosão marinha e dos volumes de movimentos de massa nas falésias, por um período de no mínimo de 10 anos consecutivos. Período que abrange as mudanças nos campos de pressão atmosférica, da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e El Nino Oscilação Sul (ENOS), sistemas climáticos que interferem na dinâmica de vento, e consequentemente no padrão hidrodinâmico costeiro: correntes, altura e direção do *trend* de ondas.

O processo erosivo ocorre de forma randômica no tempo e no espaço, ou seja, em diferentes pontos ao longo da encosta e em intervalos variados. O padrão é de pequenos a médios desmoronamentos, seguido por um período de estabilidade variável, conforme pode ser mostrado na Figura 86. Esse aspecto dificulta a previsibilidade dos locais mais erosivos, uma vez que estes podem variar ao longo do

tempo. Trata-se de um ambiente dinâmico, onde o balanço de sedimento é modificado em razão de variações no ângulo de ataque do *trend* de ondas, bem como das características hidrodinâmicas e quantidade de sedimentos transportados pela corrente de deriva. Sendo necessário temporalidades de medições específicas para cada parâmetro.

Figura 86: Modelo demonstrativo do padrão erosivo das falésias.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Portanto, as medições devem ocorrer mensalmente para os parâmetros costeiros, sempre nas marés de sizígia, levantamento anual da ocupação do solo da borda de falésia – através de aerofotogrametria com drone e medição anual dos volumes erodidos da face das escarpas. O monitoramento é fundamental para execução das demais ações propostas, uma vez que ele permite acompanhar a intensidade dos processos e prever as áreas que deverão ter uma maior atenção.

Destaca-se que o contexto atual desastre provocado pela erosão costeira/marinha (COBRADE 1.1.4.1.0), no Rio Grande do Norte tem ocorrido de forma contínua, com intensidade pontual alta e regional baixa; dessa forma, faz-se necessário observar

sempre a escala regional. Essa condição tem demandado recursos públicos para sua mitigação, especialmente construção de contenção erosivas, que na maioria das vezes acaba acentuando o problema à jusante da corrente de deriva. Para o conceito de desastre, utilizou-se o preconizado pelo Manual de Planejamento em Defesa Civil: “[...] resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais” (CASTRO, 1999, p. 7).

Assim, observa-se que o contexto da erosão marinha nas áreas de falésias analisadas, bem como ao longo da costa potiguar, caracteriza-se como um desastre crônico, que está ocorrendo, conforme demonstrado na análise documental do relatório preliminar, complementado pelo por este documento. Dessa forma, faz-se necessário visualizar as ações de mitigação com respostas à ocorrência do evento adverso e não como uma medida de prevenção.

Nesse contexto, uma parte significativa das ações do Projeto Falésias tem produzido respostas práticas ao evento adverso, destacadamente na construção de uma articulação entre diferentes órgãos de gestão (municípios, Defesa Civil, Idema e outros), sendo que as mediações são ancoradas nos dados coletadas nas áreas de análise.

### **10.3 Desvio de fluxo de veículos pesados em Barra de Tabatinga**

A RN-063 está em alguns pontos a menos de 10 metros da borda da falésia, especificamente no Mirante dos Golfinhos. Conforme a análise de documentos de fiscalização e ações judiciais, a discussão sobre os veículos na borda da escarpa desse local já vem acontecendo há, pelo menos, dez anos. Segundo as pessoas que trabalham no local, anteriormente paravam ônibus próximos à borda da escarpa e atualmente isso não acontece mais.

Nesse sentido, considerando que, quando se trata de prevenção de risco, o ideal é sempre tomar todas as medidas possíveis, bem como que a passagem de veículos pesados próximos à borda da escarpa pode resultar no aumento da instabilidade, uma vez que a falésia está viva, ou seja com ocorrência de processos erosivos, recomenda-se que seja iniciado o planejamento para desvio de veículos pesados

desse trecho da RN-063. Para tanto, é proposto a pavimentação de uma via com 904 metros, que contorna a falésia (linha pontilhada de cor preta (Mapa 41)).

Mapa 43: Proposição de via alternativa para o tráfego de veículos pesados em Barra de Tabatinga.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

É necessário que essa ação seja pensada em conjunto com o processo de desapropriação de construções na margem da RN-063, especificamente no trecho que fica em frente ao Mirante dos Golfinhos, ponto de maior proximidade da estada em relação à falésia (Mapa 39). O trajeto atual da via não pode deixar de existir, uma vez que é a via de acesso para casas, condomínios e o próprio mirante que é um ponto turístico consolidado.

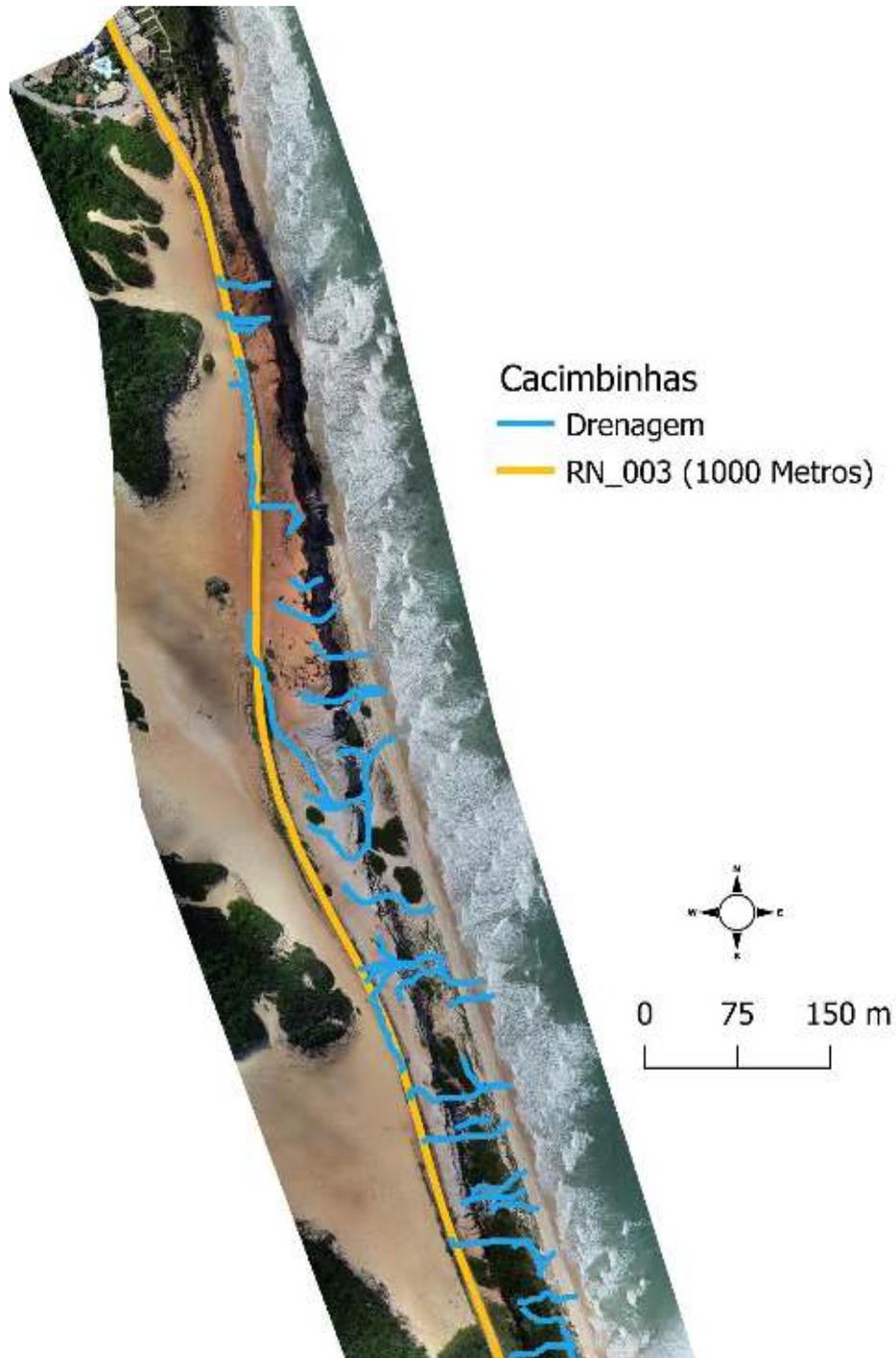
#### 10.4 Retificação da drenagem pluvial

No tocante ao risco à infraestrutura, a atual configuração da drenagem pluvial em um trecho da RN-063 e outro na RN-003, onde a água escoava direto para a falésia,

avalia-se que caso ocorra um evento de precipitação elevado poderá ser desencadeado um processo erosivo que danifique as vias, chegando a impedir o tráfego.

O primeiro trecho que demanda ajustes na drenagem pluvial está localizado nas Falésias de Cacimbinhas, RN-003, com 860 metros tendo a drenagem direcionada para borda da falésia. O material geológico local é friável e a depender do evento de precipitação pode ser rapidamente erodido. São nove (09) pontos onde a calha pluvial drena para a borda da falésia, sendo que a distância média entre à estrada e a borda da falésia é de 34 metros (Mapa 42). Contudo, algumas cabeceiras de drenagem estão a menos de 10 metros da estrada.

Mapa 44: Trecho da RN-003 que tem sua drenagem pluvial direcionada para a borda da falésia.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Nesse sentido, propõe-se que se execute a retificação da drenagem no trecho de 860 metros da RN-003, em Cacimbinhas, mudando o direcionamento de

escoamento da água para a margem esquerda, tomando como base o sentido Tibau do Sul para Pipa (Figura 87).

Figura 87: Calha de drenagem da RN-003 lidando com direcionamento da água para a borda da falésia, no fim da calha formação de ravina.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

O segundo trecho onde é necessária adoção de ações para o redirecionamento das águas pluviais, está localizado em Barra de Tabatinga, com 400 metros extensão, entre as Coordenadas x1 266631.86 y1 9330486.98 e x2 266913.19 y2 9330221.43 (Mapa 43). Recomenda-se que seja executado uma correção na drenagem, atualmente a direção de escoamento da água é para a falésia, devendo ser corrigida e direcionada para o sentido oposto.

Mapa 45: Trecho da RN-063 que precisa de retificação no escoamento das águas pluviais.



Fonte: Elaborado pela equipe do Projeto Falésias.

Essa ação diminuirá o desenvolvimento do processo de ravinamento instalado entre a via e a borda da escarpa. Em paralelo, deverá ser viabilizado a revegetação as ravinas ativas, buscando diminuir o escoamento superficial e, por conseguinte sua estabilização. Em resumo, propõe-se a retificação da drenagem em um trecho de 860 metros da RN-003 (em Cacimbinhas) e outro de 400 metros na RN-063, mudando o direcionamento de escoamento da água para a margem oposta às falésias.

### 10.5 Ordenamento de barracas de praia e ambulantes

Um ponto a ser destacado é o ordenamento de barracas e ambulantes nas praias: do Centro, Baía do Golfinhos, Madeiro e Cacimbinhas. Segundo seu Aroldo da Fonseca, que é dono da barraca Barra Vento e trabalha em Cacimbinhas, desde 2008, é necessário o estabelecimento de critérios para o trabalho na praia, evitando a

subjetividade e a insegurança de serem impedidos de trabalhar. Para ele, é melhor ter normas que regularizem o trabalho do que ter que conviver com a indefinição.

No mesmo sentido, o senhor Júlio Santana, que trabalha há 12 anos na Baía do Golfinhos, vê como sendo necessário o estabelecimento de critério para regularizar as barracas no local. Para ele é necessário cuidar para que a praia continue com sua beleza natural assegurada, evitando a degradação e riscos aos seus frequentadores.

## 10.6 Ordenamento nas falésias de Cacimbinhas

Faz-se necessária a instalação de *guardrails*, no trecho da RN-003 que dá acesso à falésia, de forma a evitar que veículos cheguem próximo à borda da escarpa. Essa ação visa diminuir a erosão provocada pelos veículos transitando na borda da falésia e evitar acidentes, como o ocorrido no dia 18 de março de 2012, quando uma pessoa morreu e outra ficou ferida em virtude da queda de um veículo da borda da escarpa (Figura 88), conforme noticiado na imprensa da época.

Figura 88: Fotos do acidente ocorrido em março de 2012.



Fonte: Fotos de Canindé Soares.

É importante ressaltar que o objetivo não é impedir o acesso das pessoas às falésias de Cacimbinhas, um dos principais pontos turísticos do município de Tibau do Sul. O intuito é que seja feito um plano de ordenamento do local para evitar acidentes e proporcionar uma maior segurança aos visitantes que acessam o espaço.

Cristiane Felix, fotógrafa que trabalha em Cacimbinhas, há 10 anos, destaca que ao longo desse tempo tem visto a erosão pluvial e a formação de ravinas se

intensificar. Por sua vez, os promotores de marketing Milton Nascimento e Leandra Passo entendem ser importante um ordenamento do lugar, evitando que os carros parem na borda da falésia (Figura 89), além da instalação de lixeiras com coleta regular e, principalmente, o controle das erosões.

Figura 89: Veículos estacionados na borda da falésia.



Fonte: Projeto Falésias.

Dessa forma, propõe-se o ordenamento do acesso às falésias de Cacimbinhas, com definição de locais para estacionamento, implantação de *guardrails* para impedir que os veículos cheguem até a borda da escarpa, colocação de uma faixa de pedestre, garantindo a segurança de acesso ao local.

### 10.7 Instalação de painel com horários da maré na Praia do Centro, em Pipa

Um dos riscos identificados na Praia do Centro, em Pipa, é a passagem de pessoas na base da falésia, quando a maré está alta, indo ou voltando da Baía do Golfinhos. Uma forma de garantir mais segurança nessa situação é a instalação de um painel nas proximidades do último acesso à Praia do Centro, em que haja os horários da maré alta e baixa, e indicação da hora em que não é recomendado

caminhar por causa da maré. Com o tempo e apoio das pessoas que trabalham no local, a verificação dessa informação passará a ser mais constante.

O tipo de painel e as características das informações, bem como a disponibilização de aplicativos para celular, contendo as mesmas informações são de responsabilidade da prefeitura, sendo possível a articulação com a iniciativa privada para viabilizar e dar manutenção no painel.

Cabe destacar que a prefeitura dispõe de dois fiscais, no período da manhã, localizados em frente ao embarque das lanchas (Praia do Centro). Eles orientam para as pessoas não se aproximarem das falésias, fato constatado diversas vezes pela nossa equipe de trabalho, quando do desenvolvimento da coleta de dados no local. Contudo, nem sempre as pessoas respeitam o pedido de se afastarem da base das falésias, conforme pode ser visto na Figura 90, onde uma pessoa tirou foto ao lado da placa de risco de desabamento.

Figura 90: Pessoa posando para foto ao lado de placa indicativa de risco.



Fonte: Projeto Falésias.

## 10.8 Remoção de construções interditas na borda da falésia em Barra de Tabatinga

Em Barra de Tabatinga, há construções instaladas na borda da falésia que foram interditados pela defesa civil, não estão mais em uso e são objeto de ação judicial. Essas edificações deverão ter uma destinação evitando pontos de riscos, em virtude da falta de isolamento, como é o caso dos escombros do antigo Hellenus (Figura 91). Aparentemente, apenas um imóvel residencial ainda está em uso, conforme já destacado no relatório preliminar.

Figura 91: Escombros do antigo Hellenus.



Fonte: Projeto Falésias.

As ruínas do antigo Hellenus acabam por agravar o risco uma vez que não há placas indicativas nem isolamento do local. No dia 27 de julho de 2021, a equipe do Projeto Falésias estava realizando coleta de dados em campo, quando presenciou cinco pessoas em meio aos escombros na borda da escarpa fazendo fotos. A existência de escombros e restos de construção destoam da beleza natural do local. Essa é uma área com um intenso fluxo de turistas e dispõe de potencial para se tornar um atrativo paisagístico ainda mais importante no litoral potiguar.

No trecho que compreende o Mirante dos Golfinhos, há cinco construções que, em virtude de embargos da Defesa Civil Estadual, já não estão mais em uso (Figura 92). A remoção dessas edificações irá abrir espaço para a visualização da Baía de Barra de Tabatinga, conseqüentemente poderá atrair ainda mais turistas ao local.

Figura 92: Setas em vermelho indicando as construções que não estão mais em uso, localizadas na Borda da Falésia de Barra de Tabatinga, que precisam ser removidas.



Fonte: Projeto Falésias.

### 10.9 Plano de Aproveitamento Paisagístico (Barra de Tabatinga)

As falésias de Barra de Tabatinga formam uma das paisagens mais bonitas do estado do Rio Grande do Norte (Figura 93 e 94). Com escarpas entre 25 e 30 metros, mar de águas claras, presença de golfinhos e tartarugas, esse local já foi um dos cenários do For All - O Trampolim da Vitória, de 1997. O tempo passou, mas a beleza continua a mesma, necessitando de um ordenamento que considere as características locais, o processo erosivo das falésias, os riscos e as potencialidades.

Figura 93: Falésias de Barra de Tabatinga, fotografia tirada na direção NW.



Fonte: Projeto Falésias.

Figura 94: Falésias de Barra de Tabatinga, fotografia tirada na direção SE.



Fonte: Projeto Falésias.

Segundo Jairam, que trabalha com informações turísticas no Mirante dos Golfinhos, ao longo da semana passam cerca de 4.000 turistas (Figura 95) no local, que param para tirar fotos e observar tartarugas e golfinhos na enseada. Cerca de 15 famílias vivem das atividades desenvolvidas no mirante, estando divididos entre guias de turismo, vendedores e rendeiras.

Figura 95: Turistas observando golfinhos e tartarugas no Mirante dos Golfinhos.



Fonte: Projeto Falésias.

Na porção sudeste da área do mirante, localiza-se uma pequena igreja e um centro de artesanato (Figura 96), onde rendeiras produzem e vendem diferentes peças confeccionadas manualmente. Esse espaço não está em área de risco, podendo ter um aproveitamento melhor, contribuindo para organizar os vendedores que trabalham na área e vivem da atividade turística. O centro de artesanato é o único lugar com banheiros que podem ser usados pelos visitantes, contudo a maior parte dos visitantes nem chegam a ir ao local.

Figura 96: Centro de Artesanato de Barra de Tabatinga.



Fonte: Projeto Falésias.

Dona Irene (Figura 97) trabalha no local, desde a década de 1990, e relata que juntamente com outras seis rendeiras sustentam a família com as vendas das peças produzidas na comunidade onde elas vivem (Povoado de Alcaçus). Ela relata que o movimento “está fraco”, as pessoas não param mais os carros no estacionamento que fica ao lado do centro de artesanato.

Figura 97: Rendeira trabalhando no Centro de Artesanato de Barra de Tabatinga.



Fonte: Projeto Falésias.

Apesar do centro de artesanato apresentar uma boa infraestrutura, no entorno é constante a presença de lixo (Figura 98), o que acaba por afastar os clientes das rendeiras.

Figura 98: Lixo em terreno baldio ao lado do centro de artesanato.



Fonte: Projeto Falésias.

Diante do contexto apresentado, sugere-se a inserção no Plano Diretor do município, que está em fase de elaboração, a definição de estratégias voltadas para melhorias no ordenamento local, levando em consideração toda a beleza paisagística e seu potencial econômico.

O Plano Diretor atual de Nísia Floresta, a Lei complementar nº 001, de 5 de novembro de 2007, estabelece que a localidade de Barra de Tabatinga está em uma Zona de Expansão urbana, classificada como “Área de Interesse Social”, com aplicação dos instrumentos de regularização fundiária e direito de preempção. O escopo da referida lei estabelece, no inciso II, art. 39, que a Praia de Tabatinga é uma área de interesse paisagístico.

Nesse sentido, propõe-se a elaboração de um Plano para o Ordenamento da área de Interesse Paisagístico das Falésias de Barra de Tabatinga, objetivando estabelecer um processo de ocupação específico, que considere as particularidades de recuo erosivo das escarpas, os riscos associados, a infraestrutura necessária para garantir a segurança de acesso aos mirantes.

O Plano poderá ser inserido no Plano Diretor do município, como um capítulo específico, destacando todos os critérios para o aproveitamento sustentável da área. E como forma de facilitar sua viabilização, poderá ser feita uma parceria com a iniciativa privada, diminuindo o ônus ao poder público. Para tanto, recomenda-se a aplicação do instrumento urbanísticos Operação Urbana Consorciada, previsto na Seção X da Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, que regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. A referida Lei destaca:

Art. 32. Lei municipal específica, baseada no plano diretor, poderá delimitar área para aplicação de operações consorciadas.

§ 1º Considera-se operação urbana consorciada o conjunto de intervenções e medidas coordenadas pelo Poder Público municipal, com a participação dos proprietários, moradores, usuários permanentes e investidores privados, com o objetivo de alcançar em uma área transformações urbanísticas estruturais, melhorias sociais e a valorização ambiental.

§ 2º Poderão ser previstas nas operações urbanas consorciadas, entre outras medidas:

I – a modificação de índices e características de parcelamento, uso e ocupação do solo e subsolo, bem como alterações das normas edilícias, considerado o impacto ambiental delas decorrente;

II – a regularização de construções, reformas ou ampliações executadas em desacordo com a legislação vigente.

III - a concessão de incentivos a operações urbanas que utilizam tecnologias visando a redução de impactos ambientais, e que comprovem a utilização, nas construções e uso de edificações urbanas, de tecnologias que reduzam os impactos ambientais e economizem recursos naturais, especificadas as modalidades de design e de obras a serem contempladas.

Art. 33. Da lei específica que aprovar a operação urbana consorciada constará o plano de operação urbana consorciada, contendo, no mínimo:

I – definição da área a ser atingida;

II – programa básico de ocupação da área;

III – programa de atendimento econômico e social para a população diretamente afetada pela operação;

IV – finalidades da operação;

V – estudo prévio de impacto de vizinhança;

VI - contrapartida a ser exigida dos proprietários, usuários permanentes e investidores privados em função da utilização dos benefícios previstos nos incisos I, II e III do § 2º do art. 32 desta Lei;

VII – forma de controle da operação, obrigatoriamente compartilhado com representação da sociedade civil.

VIII - natureza dos incentivos a serem concedidos aos proprietários, usuários permanentes e investidores privados, uma vez atendido o disposto no inciso III do § 2º do art. 32 desta Lei.

§ 1º Os recursos obtidos pelo Poder Público municipal na forma do inciso VI deste artigo serão aplicados exclusivamente na própria operação urbana consorciada.

§ 2º A partir da aprovação da lei específica de que trata o caput, são nulas as licenças e autorizações a cargo do Poder Público municipal expedidas em desacordo com o plano de operação urbana consorciada.

Art. 34. A lei específica que aprovar a operação urbana consorciada poderá prever a emissão pelo Município de quantidade determinada de certificados de potencial adicional de construção, que serão alienados em leilão ou

utilizados diretamente no pagamento das obras necessárias à própria operação.

§ 1º Os certificados de potencial adicional de construção serão livremente negociados, mas conversíveis em direito de construir unicamente na área objeto da operação.

§ 2º Apresentado pedido de licença para construir, o certificado de potencial adicional será utilizado no pagamento da área de construção que supere os padrões estabelecidos pela legislação de uso e ocupação do solo, até o limite fixado pela lei específica que aprovar a operação urbana consorciada.

O instrumento em destaque tem grande potencial para gerar resultados positivos e permite a ação conjunta com investimentos do capital privado, o que tende a viabilizar as ações de ordenamento e uso para a área em destaque. É necessário destacar que a execução do instrumento aqui proposto deve ser vinculada ao monitoramento, medições periódicas da erosão das falésias de forma a promover a segurança necessária.

### **10.10 Cadastro Territorial Multifinalitário**

Atualmente, uma das maiores dificuldades enfrentadas no município de Tibau do Sul, no que tange à gestão territorial e governança, em virtude da ausência de uma base de dados com informações cadastrais dos imóveis. No ano de 2007, uma iniciativa do Programa de Ação para o Desenvolvimento do Turismo no Nordeste (PRODETUR/NE), realizou um levantamento aerofotogramétrico de todos os municípios do litoral oriental do RN, porém não foi feito o Cadastro Territorial Multifinalitário.

A inexistência de um banco de dados com todos os imóveis e suas respectivas titularidades é um dos motivos que tem gerado a ocupação irregular da linha de costa. Em consequência dessa ocupação desordenada e diante da dificuldade em coibir essas práticas, tem-se a ocupação irregular do solo e consequentemente a geração de áreas de risco.

A execução do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM): ferramenta de planejamento e gestão do território, através de Sistemas de Bancos de Dados Geográficos (SBDG), constitui um inventário territorial oficial, com referência geográfica de todas as propriedades do município, características fiscais, físicas e jurídicas de cada imóvel, bem como da infraestrutura.

Em um município onde a dinâmica econômica municipal é fortemente baseada no turismo, exige-se uma gestão ancorada em dados, estratégias tecnológicas e velocidade de respostas às demandas territoriais. Nesse sentido, os Sistemas de Gerenciamento de Bancos de Dados Geográficos (SGBD) são as principais ferramentas para os gestores, sendo o CTM a base para um SGBD eficiente, possibilitando as seguintes aplicações:

- 1 Localização geográfica de todos os imóveis no município;
- 2 Ocupação e finalidade de cada imóvel;
- 3 Uso atual do imóvel;
- 4 Áreas em litígio entre imóveis confrontantes;
- 5 Delimitação de cada unidade imobiliária;
- 6 Estrutura fundiária e identificação das diferentes glebas;
- 7 Regularização dos títulos por áreas;
- 8 Organização das comunidades territoriais;
- 9 Base para a implementação de infraestrutura e condição;
- 10 Subsídios para viabilização de projetos de engenharia, conforme prioridades dos recursos públicos;
- 11 Avaliação de imóveis para desapropriação;
- 12 Facilidade para as transações imobiliárias;
- 13 Localização espacial do conjunto de imóveis de uma empresa ou indivíduo;
- 14 Base para o gerenciamento da construção civil;
- 15 Melhoria na arrecadação de IPTU e outros impostos;
- 16 Conhecimento preciso da densidade urbana.
- 17 Facilitar a condição de sustentabilidade orçamentária para o município.

Dessa forma, propõe que seja feito o cadastro territorial multifinalitário do município de Tibau do Sul, considerando que o ordenamento municipal como um todo tem uma importante reverberação nas áreas de falésias, as quais são as áreas de maior interesse.

### 10.11 Ordenamento dos usos na praia do Madeiro

A Praia do Madeiro (Figura 99), uma das mais movimentadas do município de Tibau do Sul, não dispõem de um estacionamento regular, nem uma sistemática de organização dos veículos. Esse contexto, acaba por contribuir para a erosão e desmatamento da Mata Atlântica próxima da borda da falésia.

Figura 99: Vista panorâmica da Praia do Madeiro.



Fonte: Projeto Falésias.

Nesse sentido, propõe-se a definição de locais específicos para ônibus, vans e demais veículos estacionarem, bem como a definição de faixas de pedestres para garantir a travessia segura da RN-003 (Figura 100). Outro problema relatado pelos comerciantes do local é referente à coleta regular dos resíduos sólidos e à definição de pontos específico para acondicionamento de lixo.

Figura 100: Vista panorâmica da Praia do Madeiro.



Fonte: Projeto Falésias.

### 10.12 Implantação de sistema integrado de drenagem pluvial

No tocante à drenagem pluvial e os riscos nas falésias da Praia do Centro, distrito de Pipa, identificou-se a inexistência ou necessidade de readequação. O escoamento de águas pluviais direto para a borda da escarpa, como mais de 20 metros de desnível topográfico, notadamente em uma área urbanizada constitui um fator de risco elevado, uma vez que em ocorrendo evento de precipitação extrema poderá resultar em processo erosivo com grande potencial de danos. Atualmente é possível verificar que há escoamento de águas pluviais para a borda da falésia (Figura 101).

Figura 101: Escoamento de água pluvial na borda da escarpa, Praia do Centro, em Pipa.



Fonte: Projeto Falésias.

À guisa de exemplo, entre os dias 22 e 25 de março de 2021, a ocorrência de 127,2 milímetros de chuva resultou na formação de uma voçoroca profunda que atingiu casas e danificou estruturas, em área de falésias na localidade de Morro Branco, município de Beberibe-CE. Além dos danos causados pela feição erosiva, o material erodido atingiu barracas, na base da escarpa (Portal G1, 2021).

Nesse contexto, propõe-se a elaboração do projeto e execução do sistema de drenagem de águas pluviais da área compreendida pela bacia de águas pluviais da região da Av. Baía dos Golfinho, com aproximadamente 1,15 Km, abrangendo as áreas com cotas altimétricas superiores e que deságuem na avenida. É importante que o sistema de drenagem seja executado em conjunto com a bacia de águas pluviais da região do Morro de Dona Vicença, uma vez que ambos apresentam interações no fluxo de água.

Ressalta-se que paralelo à execução do sistema integrado de drenagem pluvial, a prefeitura deve fiscalizar os imóveis que estão próximos à borda da falésia, evitando que as águas que escoam dos telhados e superfícies impermeáveis sejam direcionadas para a borda da escarpa.

### **10.13 Elaboração do plano de gestão integrada da orla para Tibau do Sul e Nísia Floresta**

Considerando todo o contexto apresentado no relatório, em especial a importância econômica que o turismo tem para os municípios em destaque para o estado e para o país, faz-se necessário pensar em um instrumento sintetizador das soluções aqui apontadas, trabalhando a gestão territorial voltada para a redução de riscos.

Nesse contexto, o Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro (PMGC), previsto no PNGC Decreto nº 5.300/2004, destaca a necessidade de implementar uma Política Municipal de Gerenciamento Costeiro, definindo responsabilidades e procedimentos institucionais para a sua execução, observando o uso e ocupação territorial. O PMGC poderá ser uma das soluções ao problema, uma vez que deve ser elaborado com o envolvimento de diferentes órgãos e atores envolvidos no processo.

Deve-se considerar a dificuldade de municípios pequenos, com baixos orçamentos, em manter um quadro de funcionários que tratam de ampla gama de instrumentos de gestão do território. Nesse sentido, vislumbra-se como oportuno a incorporação no Plano Diretor e Política Municipal de Meio Ambiente, um conjunto de instrumentos de gestão da orla, especificando diretrizes capazes de atender as necessidades de proteção ambiental dessa porção do território. Ao mesmo tempo, a diminuição de instrumentos legais facilita a efetiva incorporação por parte da população.

### **10.14 Treinamento e oficinas**

Foi possível observar, ao longo dos trabalhos, que há hiatos quanto ao nível de conhecimentos e entendimentos dos processos e normas de gestão aplicados às falésias, entre os órgãos de gestão e as pessoas que trabalham ou tem imóveis nessas áreas. Essa condição acaba por acarretar desentendimentos e favorecer aos riscos.

Nesse sentido, uma das formas de mitigar o contexto apresentado é padronizando as informações, conceitos e entendimento dos processos naturais e normas, entre todos os atores que estão diretamente relacionados às falésias.

Dessa forma, propõe-se que as informações levantadas ao longo do Projeto Falésias sejam apresentadas através de oficinas para todos aqueles envolvidos direta ou indiretamente com o contexto aqui tratado. Devendo ser incluídos: funcionários das prefeituras que de alguma forma tenham relação com o tema, equipes dos órgãos ambientais, donos de bares e restaurantes, ambulantes, guias de turismo, equipe de hotéis e pousadas em Pipa, Tibau do Sul e Nísia Floresta, entre outros.

O objetivo é construir uma sinergia na qual todos passem a ter uma mesma abordagem sobre o tema, facilitando a comunicação com turistas, evitando a ocupação desordenada nas áreas próximas às falésias. Ao mesmo tempo, tem-se a distribuição da responsabilidade em todos os níveis.

#### **10.15 Enrocamento com talus lateríticos *in situ***

Através da observação visual e posterior confirmação com os dados de escaneamento à laser, os pontos onde na base da falésia há um depósito de talus bem formado, maior quantidade de blocos de laterita, apresentam uma maior resistência à abrasão marinha, ao contrário dos pontos onde há mesmos (Figura 102). Essa ocorrência dos depósitos de talus chega a representar uma diferença de mais de 3 metros da escarpa menos recuada em comparação com as laterais onde o depósito não ocorre.

Figura 102: Evidência da proteção contra a erosão em função do depósito de talus. A linha vermelha mostra a área onde as ondas atingem diretamente à base da falésia, em contraste com a área da linha amarela onde parte da energia das ondas é dissipada nos blocos de laterita.



Fonte: Projeto Falésias.

Dessa forma, propõe-se o enrocamento com talus lateríticos *in situ*, o qual consiste na montagem de depósitos de talus, com as mesmas características dos pontos onde eles ocorrem na base das falésias. Todos os blocos que serão usados devem ser do entorno imediato, eles não podem ser oriundos de uma fonte externa, nem tão pouco de material diferente dos blocos de laterita.

A execução dessa medida demanda que sejam observados todos os padrões da dinâmica marinha na área de intervenção para que não resulte na aceleração da erosão em outros pontos, nem a mudança nas características paisagísticas locais. O trabalho deve envolver levantamento batimétrico e parâmetros de onda, de forma a compatibilizar os parâmetros da hidrodinâmica local.

É importante observar que essa não é uma ação que irá impedir a erosão da escarpa pela ação marinha, nenhuma das ações aqui propostas tem essa pretensão. O objetivo é diminuir a energia que as ondas atingem a base das falésias, especificamente nos pontos em que não há a formação de depósitos de talus, porém eles ocorrem próximo. Assim, se ganha mais tempo para implementação das demais ações, ou seja, um trabalho sinérgico envolvendo diferentes medidas.

Essa ação poderá ser executada de forma através de uma pesquisa experimental, com ações pontuais e medição dos resultados, envolvendo o Projeto Falésias

(fornecendo o suporte científico, realizando os levantamentos e as medições necessárias), o IDEMA (autorização a ação e acompanhando os dados coletados) e as prefeituras (fornecendo a mão de obra para movimentar os blocos de laterita).

Com o objetivo de facilitar a compreensão de todas as ações propostas é apresentado, no Quadro 02, um resumo de todas as medidas mitigadoras que foram especificadas. Cabe ressaltar, que cada uma das medidas passará por um maior detalhamento com especificações de sua execução no próximo relatório.

Quadro 2: Resumo das medidas mitigadoras.

Nº	Ação	Local	Município	Objetivo	Tipo	Responsabilidade	Apoio para execução	Aplicação
1	Execução do sistema integrado de drenagem pluvial da Av. Baía dos Golfinhos	Pipa	Tibau do Sul	Evitar que as águas pluviais escoem para a borda da falésia, causando erosão	Estruturante	Município	MDR através de liberação de recursos para o município	Médio prazo
2º	Retificação da drenagem pluvial na RN-003	Falésias de Cacimbinhas	Tibau do Sul	Evitar que o escoamento pluvial gere erosões na borda da falésia,	Estruturante	DER		Curto prazo
3º	Instalação de painel informativo	Pipa – Praia do Centro	Tibau do Sul	Painel digital com informações sobre horários da maré e os riscos de caminhar próximo às falésias	Estruturante	Município	Iniciativa privada	Médio prazo
4º	Cadastro Territorial Multifinalitário	Município	Tibau do Sul	Levantar com precisão todos os imóveis e seus proprietários, de modo a servir de base para evitar futuras ocupações irregulares nas áreas de APP.	Estruturante/ Gestão	Município com suporte do MDR	MDR através de TED com a Universidade	Médio prazo
5º	Retificação da drenagem pluvial na RN-063	Barra de Tabatinga	Nísia Floresta	Evitar que o escoamento pluvial gere erosões na borda da falésia.	Estruturante	DER		Curto prazo
6º	Alternativa para desvio do fluxo de veículos pesados	Barra de Tabatinga	Nísia Floresta	Desvio do fluxo de veículos pesados que passem próximos à borda da falésia, de forma a evitar uma possível aceleração no recuo da escarpa.	Estruturante	DER	MDR através de liberação de recursos	Longo prazo
7º	Remoção de construções interditadas na borda de falésia	Barra de Tabatinga	Nísia Floresta	Evitar que essas edificações constituam pontos de riscos e aceleração da erosão na falésia.	Estruturante	Município	SPU e IDEMA	Médio prazo
8º	Plano de aproveitamento paisagístico	Barra de Tabatinga	Nísia Floresta	Ordenar e potencializar o uso do solo, tomando como base critérios ambientais e de segurança.	Estruturante e gestão	Município	IDEMA e Projeto Falésias	Longo prazo



Nº	Ação	Local	Município	Objetivo	Tipo	Reponsabilidade	Apoio para execução	Aplicação
9º	Enrocamento com talus lateríticos <i>in situ</i>	Pipa – Praia do Centro e Barra de Tabatinga	Nísia Floresta e Tibau do Sul	Diminuir o poder erosivo das ondas na base da escarpa durante as marés de sizígia	Controle ambiental	Município/IDEMA	MDR através do Projeto Falésias	Médio prazo
10º	Ordenamento de barracas de praia, estacionamento e ambulantes	Pipa – Praia do Centro, Baía dos Golfinhos, Madeiro	Tibau do Sul	Ordenar as formas de uso evitando ações que possam provocar a erosão nas falésias, ou instalação de barracas na base das falésias vivas.	Gestão	Município	IDEMA Através do Projeto orla	Curto prazo
11º	Ordenamento da visitação em Cacimbinhas	Falésias de Cacimbinhas	Tibau do Sul	Evitar que veículos e pessoas caiam da borda da falésia, bem como controlar a erosão do solo.	Gestão	Município	IDEMA Através do Projeto orla	Curto prazo
12º	Treinamento de técnicos da prefeitura e pessoas que trabalham nas áreas de falésia.	Distrito de Pipa	Tibau do Sul	Padronização do conhecimento sobre o processo erosivo, transformando o público-alvo em agentes replicadores de divulgação.	Gestão	Município e IDEMA	MDR através do Projeto Falésias	Médio prazo
13º	Plano de desinvestimento	Praia do Centro, Baía dos Golfinhos, Barra de Tabatinga	Nísia Floresta e Tibau do Sul	Mobilização gradual e progressiva de edificações que estão susceptíveis aos riscos decorrentes do recuo da escarpa e/ou erosão pluvial.	Gestão	Município	IDEMA/SPU/Defesa Civil/MPF	Médio prazo
14º	Plano Integrado de Gestão da orla	Toda a zona costeira do município	Tibau do Sul e Nísia Floresta	Organização e sistematização de todas as ações de ordenamento do território na zona costeira.	Gestão	Município/IDEMA	MDR através do Projeto Falésias	Médio prazo
15º	Monitoramento da erosão	Diferentes pontos no litoral oriental do RN	Litoral oriental do RN	Acompanhamento sistemático para identificação contínua das áreas de maior risco. Bem como repassar os dados para o IDEMA.	Gestão e controle ambiental	MDR	Através do Projeto Falésias	Curto prazo

Fonte: Projeto Falésias.









A execução dos levantamentos *in locu* se mostrou bastante complexa e com elevado risco à equipe, uma vez os trabalhos eram desenvolvidos na base ou diretamente na escarpa, sendo que, no período da maré cheia, as ondas quebram diretamente nas falésias. Essa condição levou a um reduzido tempo de coleta de dados diários, bem como a necessidade de ajuda logística do Corpo de Bombeiros do Rio Grande do Norte, que disponibilizou uma equipe para auxiliar nas atividades de rapel, CIOPAER que transportou os equipamentos para as áreas de mais difícil acesso usando um helicóptero e da Prefeitura de Tibau do Sul que disponibilizou uma equipe para auxiliar na movimentação dos equipamentos nas praias. As chuvas também acabaram por gerar atrasos nos levantamentos, ao todo 12 trabalhos de campo foram suspensos em virtude de precipitações.

Além da colaboração dos órgãos já citados, faz-se necessário evidenciar a importância do Ministério do Desenvolvimento Regional, que viabilizou a existência do projeto, através de financiamento, sem o qual seria impossível sua realização, bem como as contribuições advindas da Defesa Civil do RN, Ministério Público Federal, Idema, Secretária de Segurança Pública e Defesa Social do RN. O trabalho de todos esses entes têm contribuído para a diminuição dos riscos de acidentes das áreas aqui analisadas.

A metodologia de análise de risco do manual GIDES (2018) serviu de base para os trabalhos realizados, sendo necessárias várias adaptações ao contexto das áreas de falésias, considerando a dinâmica da erosão costeira diferente das encostas não marinhas. Ao mesmo tempo, pautou-se no emprego da abordagem empírica com princípios sistêmicos, ancorando todos os resultados nos dados levantados. Assim, observa-se que a sistematização aqui empregada poderá servir de parâmetro para trabalhos da mesma natureza e em contextos similares.

O problema da erosão costeira e os riscos associados das falésias de Pipa e Barra de Tabatinga, são comuns em várias parte do Brasil e do mundo. No Rio Grande do Norte, cerca de 60% da linha de costa apresenta um padrão erosivo (VITAL *et al.*, 2018). Esse cenário se agrava quando é adicionado o contexto das mudanças climáticas e elevação do nível dos oceanos, que de acordo com o IPCC são projetadas subidas de 0,69 m (variando entre 0,39 m e 0,90 m) até o ano de 2100.

Nesse contexto, a proposição de emprego de um plano de desinvestimento para as áreas que estão com erosão costeira poderá servir de base para replicação em outras áreas de contexto similar. Destaca-se que iniciativa semelhante foi usada na orla de Três Praias – Guarapari, Estado do Espírito Santo. Ao mesmo tempo, observa-se que, se as soluções adotadas ao problema estiverem concentradas na execução de obras de engenharia do tipo duras: muro de arrimo, enrocamento com espigões e quebra-mar, serão necessários bilhões em investimentos ao longo da costa brasileira nos próximos 10 anos.

A indicação de definição de uma faixa que risco muito alto de 10 e 15 metros, medidos da borda da falésia baseou-se na medição da profundidade de voçorocas, fraturas, deslocamentos da escarpa, feições de pré-colapsos e cicatrizes de movimentos de massa. A título de exemplo, o desmoronamento ocorrido, no dia de novembro de 2020, que vitimou uma família na Praia do Centro, em Pipa, movimentou 42,3 m<sup>3</sup> de rocha. Além dos resultados aqui descritos, a faixa dos 10 metros, empregada na maior parte das áreas de análise, já havia sido proposta por Severo (2005) e Lima *et al.*, (2020).

De forma geral, as medidas apontadas para solucionar o contexto de riscos nas áreas de falésias do distrito de Pipa e Barra de Tabatinga estão especialmente concentradas em ações de ordenamento e gestão do território. A demanda por obras de engenharia está relacionada à retificação da drenagem em trechos da RN-003 e RN-063, execução do sistema integrado de drenagem pluvial da Av. Baía dos Golfinhos, em Pipa, e a pavimentação de via alternativa para desvio de fluxo de veículos pesados, em Barra de Tabatinga.

É necessário ressaltar que as análises de risco aqui apresentadas se baseiam na condição atual de todas as variáveis medidas nas áreas em baila. Por trata-se de trechos com elevada intensidade de atuação dos processos geomorfológicos, dinâmica erosiva e elevado grau de ocupação, poderão ocorrer significativas transformações no intervalo de um ano, sendo necessário atualizações periódicas através de um processo de monitoramento de parâmetros ambientais.

A equipe do Projeto Falésias considera que, no momento, a área localizada entre a RN-063 e as falésias de Barra de Tabatinga, onde está instalado um intenso processo de voçorocamento, demanda ações urgentes para controle da erosão. O

escoamento das águas pluviais está sendo direcionando para a borda da escarpa, podendo ocorrer o comprometimento da via, caso ocorra um evento de precipitação elevada e intensifique as erosões.

Os documentos analisados apontam que os problemas vinculados à erosão e ocupação das áreas em questão não são recentes, apresentando cerca de 20 anos. O que tem mudado ao longo desse período é o fato deles estarem aumentando de intensidade, tendo em vista que o recuo das escarpas começou a comprometer edificações, como é constatado em Barra de Tabatinga.

Destaca-se que não foi objeto do presente trabalho a avaliação do grau de estabilidade estrutural das edificações que estão dentro das áreas de estudo, cabendo essa atividade aos profissionais legalmente habilitados para tal finalidade. Conforme documentação repassada pela Prefeitura de Tibau do Sul, já está em tramitação um processo para contratar a elaboração de laudo técnico de engenharia para essa finalidade

É fundamental evidenciar que o Projeto Falésias se transformou em um importante elo de integração entre diferentes entes públicos, que estão vinculados à gestão das áreas de falésias e cuja finalidade é contribuir para a solução dos problemas aqui evidenciados. Nesse sentido, ele constitui como um importante meio para solucionar as demandas apresentadas neste relatório. No decorrer dos oito meses de trabalho a equipe já conseguiu contribuir ativamente para ações voltadas à segurança nas falésias de Pipa, com indicação precisas das áreas de maior risco, que serviram para a instalação das placas de sinalização, por parte da prefeitura.

A execução de ações integradas, envolvendo diferentes órgãos, juntamente com a importância que as áreas costeiras, especialmente as falésias, têm para o Estado do Rio Grande do Norte, resultou em uma grande procura por informações, por parte da mídia, sobre o Projeto Falésias. Ao todo foram mais de 18 reportagens sobre o projeto entre os meses de agosto e outubro.

Conforme já destacado no primeiro relatório, a equipe considera que todas as ações a serem desenvolvidas nas áreas em análise devem ser previstas dentro de um planejamento e gestão em bases sistêmicas, envolvendo diferentes atores: universidades, Idema, Defesa Civil, Superintendência do Patrimônio da União, Procuradoria Federal, município, empresários e representantes da sociedade. Ações

pontuais, sem integração, podem resultar na ampliação do problema, sua judicialização, desperdício de tempo e recursos públicos. Esse cenário seria potencialmente prejudicial para a resolução do problema de forma definitiva.

É imprescindível compreender que os problemas doravante identificados não serão, em sua totalidade, resolvidos no curso prazo. As ações devem ser pensadas para um período mínimo de 10 anos, aliando a desmobilização planejada de construções nas áreas de maior risco em conjunto com medições da erosão. Consequentemente, há a necessidade de continuidade dos trabalhos do Projeto Falésias, de forma que se viabilize as propostas apresentadas. No que tange aos apontamentos para mitigação do contexto de risco, eles foram detalhados no item 10, sendo necessário que se observe as recomendações já apresentadas no Relatório Preliminar.

Por fim, é importante lembrar que o distrito de Pipa é um dos destinos turísticos mais importantes do Brasil, gerando atualmente cerca de 8.000 empregos diretos. Assim, todos os apontamentos feitos se baseiam na gestão do território, abrangendo a medição dos processos naturais, a dinâmica social e econômica. Notadamente, deve-se considerar de forma mais ampla as questões que envolvem o turismo, paisagem, cultura, e instrumentos legais. Só assim será possível implementar as ações aqui propostas, em diferentes prazos de tempo.

# Referências



## REFERÊNCIAS

AB SÁBER, A. N. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Nordeste Brasileiro. **IGEOG-USP**, Bol. Geomorfologia, SP, n. 19, 1969, 38p.

AHMED, C. R. M. **Fatores que influenciam a erodibilidade nos solos do Município de Campos Dos Goytacazes-RJ sob uma análise multicritério**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro. 2009. 103p.

ALEGRÍA-ARZABURU, A.R. de, Vidal-Ruiz, J.A., García-Nava, H., Romero-Arteaga, A., 2017. Seasonal morphodynamics of the subaerial and subtidal sections of an intermediate and mesotidal beach. **Geomorphology** **295**, 383–392. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.07.021>

ALHEIROS, M.M; E LIMA FILHO, F.P. Formação Barreiras: Revisão Geológica da faixa sedimentar costeira do PE, PB e RN. **Estudos Geológicos** (Série B Estudos e Pesquisas) v.10 p.77-87, 1991.

AMARAL, R.F. **Contribuição ao Estudo da Evolução Morfodinâmica do Litoral Oriental Sul do Rio Grande do Norte, entre Ponta de Búzios e Baía Formosa**. Tese de doutorado. Curso de Pós-Graduação em Geociências. UFRS. Porto Alegre. 1999. 252p.

ARAÚJO, V. D. *et al.* Análise Faciológica e Interpretação Paleoambiental de rochas da Formação Barreiras. Litoral Oriental do Rio Grande do Norte. In: X Congresso da ABEQUA, 5 2005. **Anais [...]**, Guarapari-ES, 2005.

ARAÚJO, V. D. de, *et al.* Fácies e sistema deposicional da formação barreiras na região da Barreira do Inferno, Litoral Oriental do Rio Grande do Norte. **Geologia USP**. Série Científica, 6(2), 43-49. 2006.

BARRETO, A.M.A, *et al.* Geologia e Geomorfologia do Quaternário Costeiro do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista do Instituto de Geociências - USP Geol.** USP Sér. Cient., São Paulo, v. 4, n. 2, p. 1-12, outubro 2004.

BIGARELLA, J.J; ANDRADE, G.O.A; Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos Cenozóicos em PE. **Arquivo do instituto de ciências da terra**, UFPE. 1964.

BORGES, V.P. e MORAES FILHO, J.C. Grupo Barreiras e Estruturas Neotectônicas na região de Teixeira de Freitas, Bahia. **XLI Congresso brasileiro de Geologia**. João Pessoa, PB, 2002.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016].

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Lei nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 21 out. 2021.

BRUNSDEN, D.; PRIOR, D.B. (Ed.). Slope instability. **Chichester: John Wiley & Sons**, 1984. 620.

CAMPOS E SILVA, A. Considerações sobre o quaternário do Rio grande do Norte. **Arquivo do Instituto de Antropologia**, UFRN, Natal. 1966.

**CASTRO**, Antonio Luiz Coimbra de. Manual de planejamento em defesa civil. Brasília: Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Defesa Civil, 1999.

COSTA M. L. da 1991. Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. **Rev. Bras. Geoc.** São Paulo, 21 (2) : 146 – 160.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Geodiversidade do Brasil: **conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. Editor: Cassio Roberto da Silva. Rio de Janeiro: CPRM, 2008.

DALY, C.J., Bryan, K.R., Winter, C., 2014. **Wave energy distribution and morphological development in and around the shadow zone of an embayed beach**. *Coast. Eng.* 93, 40–54. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2014.08.003>

DILCE F. ROSSETTI, ANA M. GÓES & VALERIANO, M.M Correlação estratigráfica da “Formação Barreiras” no nordeste e norte do Brasil. **Anais da Abequa**, 2017.

FRATTINI, P.; CROSTA, G.; CARRARA, A.; AGLIARDI, F.; Assessment of rockfall susceptibility by integrating statistical and physically-based approaches. **Geomorphology**, v. 94, n. 3-4, p. 419-437, 2008.

G1, notícias. **Chuva abre cratera, e casas são esvaziadas em Morro Branco**. Disponível em: <https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2021/03/26/chuva-abre-cratera-e-casas-sao-esvaziadas-apos-chuva-forte-em-morro-branco.ghtml>. Acesso 22 de outubro de 2021.

GIDES; Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais **-PROJETO GIDES**. CPRM, Rio de Janeiro 2018. [https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88\\_Livro\\_EC91\\_2016.pdf](https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf). Acesso em: 21 out. 2021.

HAMON-KERIVEL, K., COOPER, A., JACKSON, D., Sedrati, M., Guisado Pintado, E., 2020. Shoreface mesoscale morphodynamics: A review. **Earth-Science Rev.** 209. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103330>

IBGE, Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Glossário geológico**. Rio de Janeiro, 1999.

IPCC. **Climate Change 2021, The Physical Science Basis**, 09/08/2021  
[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf).

IPCC. Assessment Report 6 Climate Change 2021: **The Physical Science Basis**.2021.

LEITE, Emerson Figueiredo; ROSA, Roberto. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, [s. l], v. 4, n. 12, p. 90-106, dez. 2012. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/Observatorium/article/view/45664>. Acesso em: 10 out. 2021.

LIMA, M.G. A história do Intemperismo na província Borborema Oriental, Nordeste do Brasil: Implicações Paleoclimáticas e Tectônicas, **Tese de Doutorado**, PPGG – UFRN, Natal. 2008.

MABESOONE J. M.; CAMPOS E.; SILVA A. e BEURLEN K. (1972) Estratigrafia e origem do grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geociências**. 2: 173-189.

MABESOONE, J.M. **Facies Sedimentares da Plataforma Continental Brasileira**. Estudos Sedimentológicos, Natal. 1971.

MENEZES, M.R.F. Estudos sedimentológicos e contexto estrutural da Formação Serra dos Martins. **Dissertação de Mestrado PPGG-UFRN**.1999.

MENEZES, M.R.F.; LIMA FILHO, F.P. (1997). Estudo faciológico da Formação Serra dos Martins, no Platô de Portalegre – RN. Anais do **Simpósio de Geologia do Nordeste**, Fortaleza, Bol. 15:193-198.

MORAIS NETO, J.M.; MENEZES, M.R.F.; STZAMARI, P.; York, D. Datação por Ar/Ar do Plug Basáltico “Serrote Preto” e seu significado para a cronologia da Formação Serra dos Martins. Anais do XVI **Simpósio Brasileiro de Geologia**, João Pessoa, PB, 499-500.2002

NOGUEIRA, A. M. B.; LIMA, M. S.; SALIM, J.; SÁ, J. M.;MANSO, V. A.V. Estudo das areias de dunas da faixa litorânea de Natal – Rio Grande do Norte. In: **Simpósio de Geologia do Nordeste**, 7., 1975. Fortaleza.Boletim de Resumos... Fortaleza: SBG-Núcleo Nordeste,1975. p. 39.

NOGUEIRA, A. M. B.; LIMA, M. S.; SALIM, J.; SÁ, J. M.;MANSO, V. A.V. Estudo das areias de dunas da faixa litorânea de Natal – Rio Grande do Norte. In: **Simpósio de Geologia do Nordeste**, 7., 1975. Fortaleza.Boletim de Resumos... Fortaleza: SBG-

Núcleo Nordeste, 1975. p. 39.

PEILA, D.; RONCO, C. Technical note: design of rockfall net fences and the new ETAG 027 European guideline. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 9, p. 1291-1298, 2009.

PENTEADO, M. **Fundamento de Geomorfologia**. IBGE, Rio de Janeiro, 1980.

PERRIN, P.; COSTA, M. I. P. As dunas litorâneas da região de Natal, RN. In: **Simpósio Do Quaternário do Brasil**, 4., 1982. Rio de Janeiro. Atas... Rio de Janeiro: Cenpes-Petrobras, 1982. p. 291-304.

PETERSON, C.D., PETTIT, D.J., KINGEN, K., VANDERBURGH, S., ROSENFELD, C., 2021. **Catastrophic beach sand losses due to erosion from predicted future sea level rise (0.5–1.0 m)**, based on increasing submarine accommodation spaces in the high-wave-energy coast of the Pacific Northwest, Washington, Oregon, and Northern California, USA. *Mar. Geol.* 439, 106555. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2021.106555>.

PERRIN, P.; COSTA, M. I. P. **As dunas litorâneas da região de Natal - RN**. In: SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO DO BRASIL, 4., 1982. Rio de Janeiro. Atas... Rio de Janeiro: Cenpes-Petrobras, 1982. p. 291-304.

PINHEIRO, José Ueliton; BRISTOT, Gilmar; LUCENA, Leanderson Roberto Fernandes de. Clima do estado do Rio Grande do Norte. In: PFALTZGRAFF, Pedro Augusto dos Santos; MIRANDA, Fernanda Soares de. Org. **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Norte**, Recife: CPRM, 2010.

POESEN, J; NACHTERGAELE, J.; VERSTRAETEN, C.; VALENTIN, C. Gully erosion and environmental change: **importance and research needs**. *Catena*, v. 50, p. 91 – 133, 2003.

RIBEIRO, R.S. Simulação do processo de queda de blocos em encostas com aplicação da mecânica do contato e do método dos elementos discretos. 2013. 265 f. (**Tese Doutorado em Ciências (Geologia)**) – Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

ROSSETTI, D. F. (2006). Evolução sedimentar Miocênica nos estados do Pará e Maranhão. **Geologia USP**. Série Científica, São Paulo, v. 6, p. 7-18.

ROSSETTI, D. F. ; BEZERRA, F. H. ; GÓES, Ana Maria ; Brito-Neves, B.B. **Sediment deformation in Miocene and post-Miocene strata, Northeastern Brazil: evidence for paleoseismicity in a passive margin**. *Sedimentary Geology*, v. 235, p. 172-187, 2011.

ROSSETTI, D.F. Late Cenozoic sedimentary evolution in northeastern Pará, Brazil, within the context of sea level changes. **Journal of South American Earth Sciences**, 14, p. 77-89, 2001.

ROSSETTI, D.F. Paleosurfaces from northeastern Amazonia as a key for reconstructing paleolandscapes and understanding weathering products. **Sedimentary Geology**, 169, p. 151-174, 2004.

ROSSETTI, D.F.; SANTOS JR., A.E.A. Facies architecture in a tectonically-influenced estuarine incised valley fill of Miocene age, Northern Brazil. **Journal of South America Earth Sciences**, 17, p. 267-284, 2004.

SAADI, A. (1993) Neotectônica da Plataforma Brasileira: **Esboço de Intepretação preliminar**. Geonomos, MG. 1(1): 1-15.

SIQUEIRA, Ana Cláudia de Abreu; MAGINI, Christiano; DANTAS, Elton Luis; FUCK, Reinhardt Adolf; SASAKI, José Marcos. Lateritas do Domínio Médio Coreaú – Comportamento geoquímico de mantos lateríticos do Noroeste do Estado do Ceará. **Brazilian Journal of Geology**, v. 44, n. 2, p. 249-264, 2014.

SOUZA, C.R.G., SUGUIO, K., OLIVEIRA, A.M.S., OLIVEIRA, P.E., 2005. **Quaternário do Brasil**, 2ª Edição. ed. Holos, São Paulo.

TATUMI, S. H ; SALLUN, A. E. M. ; GOZZI, G. ; YEE, M. ; OLIVEIRA, V. I. ; SUGUIO, K. . **Luminescence dating of Quaternary geological sediments in Brazil**. Radiation Protection Dosimetry, v. 119, p. 462-469, 2006.

TATUMI, S.H; ROSSETI, D.F; GÓES, A. **Datação de sedimentos por luminescência opticamente estimulada através do protocolo SAR**,. Anais do XXXI Encontro Nacional de Física e Matéria Condensada. Águas de Lindóia. SP. 2008.

TATUMI, S.H; SILVA, L.P; PIRES, E.L; ROSSETI, D.F; GÓES, A; MUNITA, C.S. (2008) Datação de Sedimentos Pós-Barreiras no Norte do Brasil: implicações paleogeográficas. **Revista Brasileira de Geociências**, PR, Vol.38.

VARNES, D.J. **Landslide hazard zonation: a review of principles and practice**. Paris: UNESCO, 1984.

VIEIRA, A, F. G. Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): fatores controladores e impactos urbano-ambientais. **(Tese de Doutorado)**. Florianópolis: UFSC/PPGG, 2008. 223p.

VITAL, H., 2006. Erosão e Progradação no Litoral do Rio Grande do Norte, in: Muehe, D. (Ed.), **Erosão e Progradação Do Litoral Brasileiro**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília-DF, pp. 159–176.

VITAL, H., PINHEIRO, L.S., PESSOA, P.R.S., Freire, G.S.S., Carvalho, A.M.M., Aquino da Silva, A.G., Souza, F.E.S., Chaves, M.S., Gomes, M.P., 2018. PANORAMA DA EROÇÃO COSTEIRA NO BRASIL: Rio Grande do Norte, in: Muehe, D. (Ed.), **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília-DF,

p. 761.

YILMAZ, I.; YILDIRIM, M.; KESKIN, I. A method for mapping the spatial distribution of rockfall computer program analyses results using ArcGIS software. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 67, n. 4, p. 547-554, 2008.

YOUNG, A.P., Flick, R.E., O'Reilly, W.C., Chadwick, D.B., Crampton, W.C., Helly, J.J., 2014. Estimating cliff retreat in southern California considering sea level rise using a sand balance approach. **Mar. Geol.** 348, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2013.11.007>.