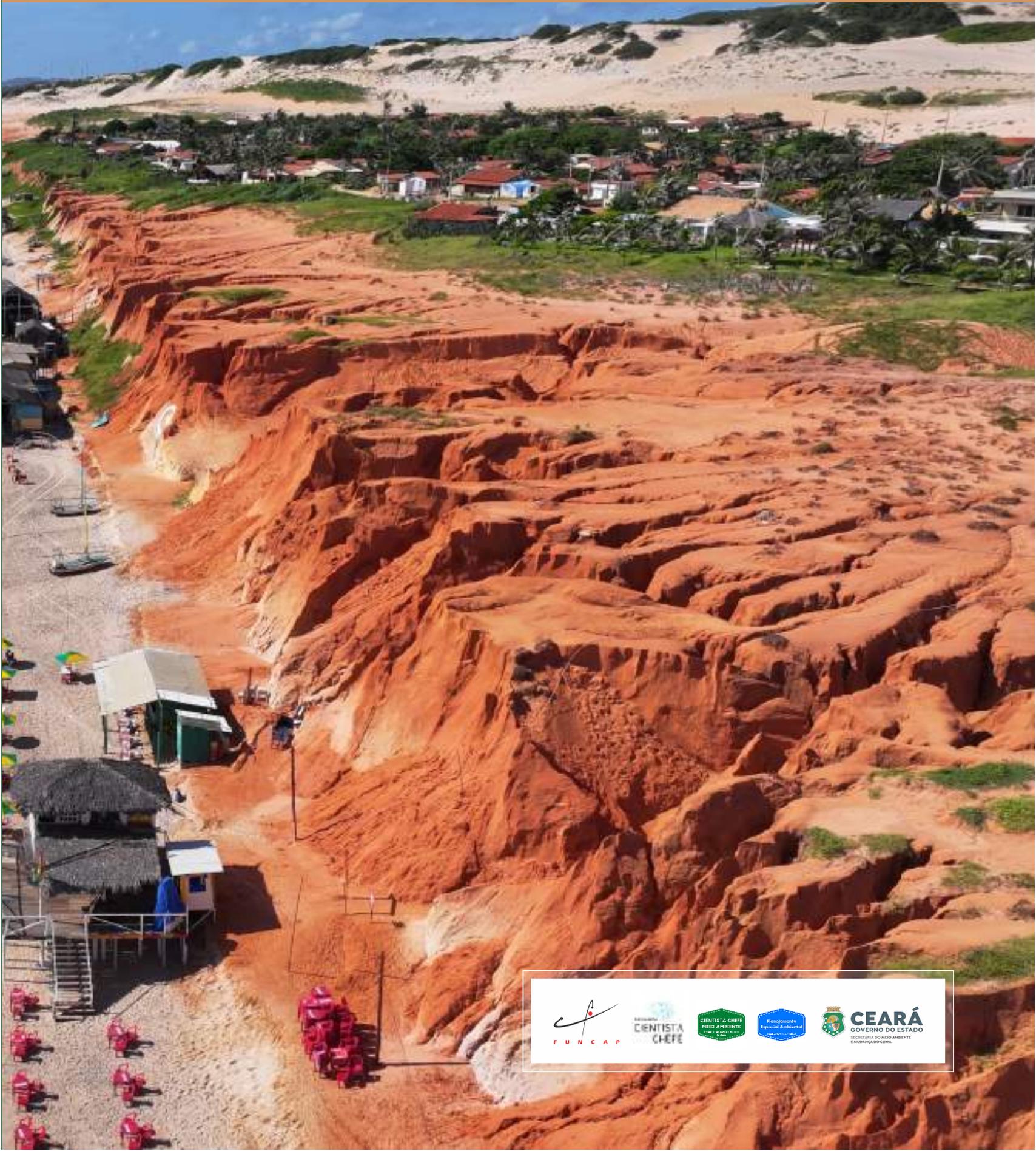
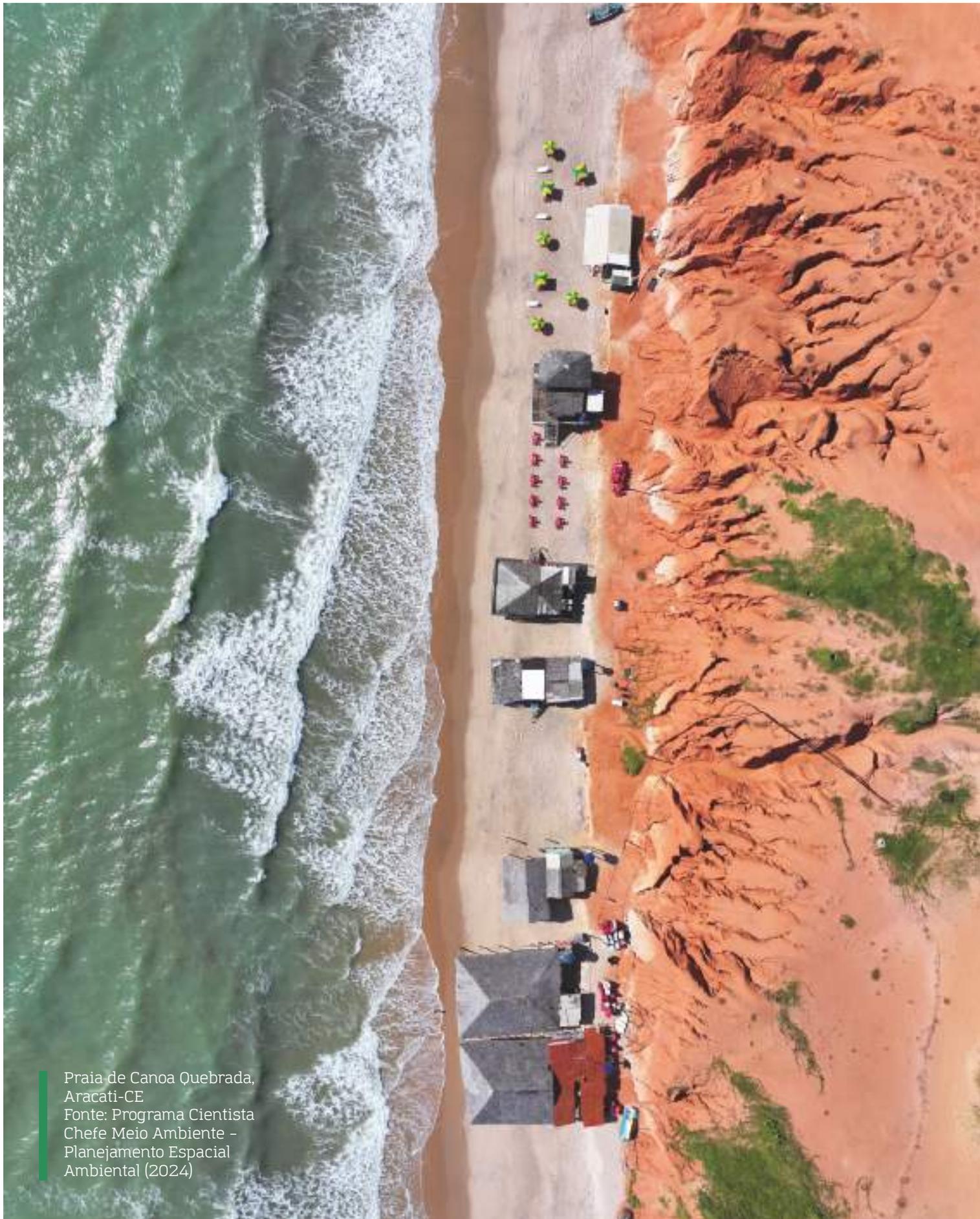


PLANO DE AÇÕES

DE CONTIGÊNCIA PARA RISCOS ASSOCIADOS
A AMBIENTES EM FALÉSIAS NO CEARÁ



**Plano de Ações
de Contingência
para Riscos
Associados a
Ambientes de
Falésias no Ceará**



Praia de Canoa Quebrada,
Aracati-CE
Fonte: Programa Cientista
Chefe Meio Ambiente -
Planejamento Espacial
Ambiental (2024)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Ceará(Estado). Governo. Secretaria do Meio Ambiente e
Mudança do Clima

Plano de ações de contingências para riscos
associados a ambientes de falésias no Ceará
Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima. --
Fortaleza, CE : Diz Editora, 2024.

ISBN 978-65-89801-02-3

1. Avaliação de riscos ambientais 2. Costa -
Proteção 3. Geomorfologia - Aspectos ambientais
4. Litoral - Proteção - Ceará (CE) 5. Plano de
contingência 6. Sedimentação e depósitos
7. Sedimentos (Geologia) - Ceará I. Título.

24-227532

CDD-551.41098131

Índices para catálogo sistemático:

1. Falésias sedimentares : Ceará : Estado : Gestão
costeira : Geomorfologia 551.41098131

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

REALIZAÇÃO

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

Governador

Elmano de Freitas da Costa

Vice-governadora

Jade Afonso Romero

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA – SEMA

Secretária

Vilma Maria Freire dos Anjos

Secretário Executivo

Fernando Bezerra

Secretário Executivo de Planejamento e Gestão Interna

Gustavo Vicentino

SECRETARIA DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO SUPERIOR – SECITECE

Secretária

Sandra Maria Nunes Monteiro

FUNDAÇÃO CEARENSE DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO – FUNCAP

Presidente

Raimundo Nogueira da Costa Filho

Diretor de Inovação

Jorge Soares

Diretora Científica

Thereza Magalhães

PROGRAMA CIENTISTA CHEFE DO MEIO AMBIENTE – CCMA

Coordenador do programa

Luís Ernesto Arruda Bezerra

Integrante do Metaprojeto

Marcelo de Oliveira Soares

PROJETO PLANEJAMENTO ESPACIAL AMBIENTAL – PEA

Coordenador Científico

Davis Pereira de Paula

EQUIPE TÉCNICA DO PLANO DE AÇÕES DE CONTINGÊNCIA PARA RISCOS ASSOCIADOS A AMBIENTES DE FALÉSIAS NO CEARÁ

Coordenador

Frederico de Holanda Bastos

Pesquisadores

Abner Monteiro Nunes Cordeiro

Daniel dos Reis Cavalcante

Davis Pereira de Paula

Daysiane Barbosa Brandão

Érica Nádia Costa Sousa

Jailson Cavalcante Lima

Matheus Silveira Pinheiro

Valdir Braga Abreu Júnior

EQUIPE TÉCNICA DA SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA – SEMA

Aline Parente Oliveira

Allyne Ferreira Gama

José Wanderley Augusto Guimarães

Mônica Simioni

Vanessa Barbosa de Alencar

Viviane Gomes Monte

Wersângela Cunha Duavi

INSTITUIÇÕES COLABORADORAS

Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Ceará (CEDEC-CE)/Corpo de Bombeiros

Militar do Estado do Ceará (CBMCE)

Coordenador da Defesa Civil do Ceará

Haroldo Gondim

Colaboradores:

Alan Aires Vinhas

Aline Costa de Lima

Gilvan da Silva Nascimento

Representantes das Prefeituras Municipais

Allan Ferreira dos Santos (Fortim)

Antonio Márcio Pedrosa Queiroz (Caucaia)

Daniel José de Oliveira (Icapui)

Eliezer de Almeida Carvalho Filho (São Gonçalo do

Amarante)

Gabriel Rebouças (Beberibe)

Jéssica Torquato (Aracati)

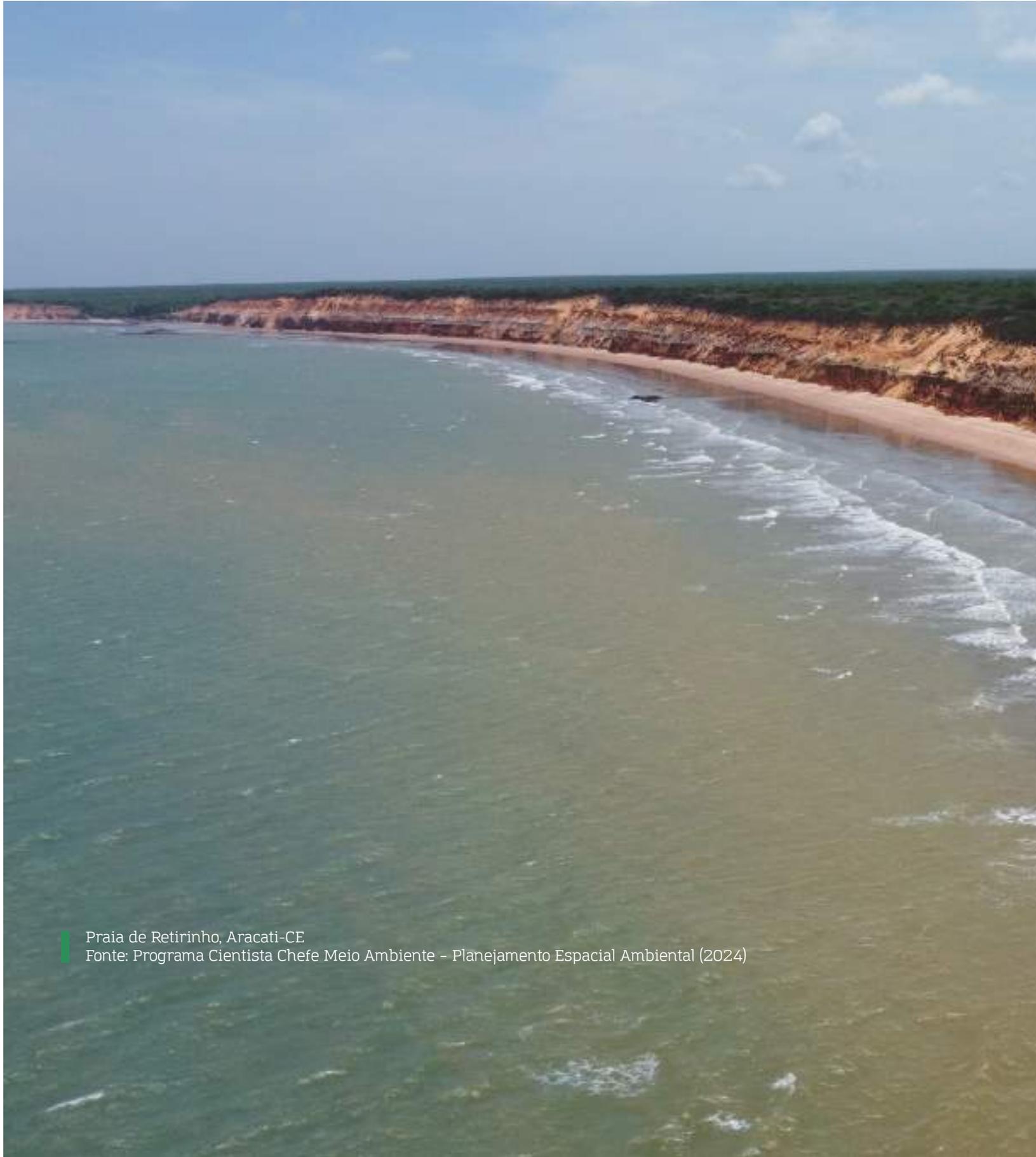
Lindomar da Silva (Fortim)

Mariana Cunha Lima (Caucaia)

Marleide Ferreira Melo (Paraipaba)

Nasson da Silva Cordeiro (Fortim)

Pedro Paulo da Silva Cavalcante (Paraipaba)



Praia de Retirinho, Aracati-CE
Fonte: Programa Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024)



PREFÁCIO	15
1. INTRODUÇÃO	16
2. FALÉSIAS DO CEARÁ: ASPECTOS MORFOESTRUTURAIS E MORFODINÂMICOS	19
3. MOVIMENTOS DE MASSA, PERIGOS/RISCOS NATURAIS E PLANO DE CONTINGÊNCIA - REVISÃO CONCEITUAL	33
3.1 Movimentos de massa	34
3.1.1 Quedas	35
3.1.2 Tombamentos	35
3.1.3 Deslizamentos	38
3.1.4 Fluxos	38
3.2 Agentes desencadeadores de movimentos de massa	40
3.2.1 Papel da estrutura geológica	40
3.2.2 Papel do regolito e dos solos	42
3.2.3 Papel da geomorfologia e declividade	42
3.2.4 Papel da pluviosidade e da erosão costeira	43
3.2.5 Papel da cobertura vegetal	48
3.2.6 Papel da ação antrópica	50
3.3 Risco e perigo natural	52
3.4 Defesa civil e planos de contingência	54
4. CENÁRIOS DE RISCO EM FALÉSIAS DO CEARÁ	56
4.1 Falésias escarpadas com material litificado	65
4.2 Falésias escarpadas com material friável	78
4.3 Falésias escalonadas	89
4.4 Falésias em promontórios litificados	96
4.5 Falésias arrasadas por ravinas e voçorocas	100
5. SISTEMA DE MONITORAMENTO E ALERTAS	103
5.1 Pré-desastre	104
5.1.1 Monitoramento	104
5.1.2 Alerta	105
5.1.3 Alarme	106

5.1.4 Acionamento de recursos	107
6. FLUXOGRAMA DE AÇÕES ASSOCIADAS COM ACIDENTES EM FALÉSIAS	109
6.1 Período de normalidade: preparação, prevenção e mitigação	111
6.1.1 Ações de prevenção	111
6.1.2 Ações de preparação	114
6.1.3 Ações de mitigação	115
6.2 Ocorrência do evento: acionamento das ações de resposta e recuperação	116
6.2.1 Ações de resposta	116
6.2.2 Ações de recuperação	117
7. ATRIBUIÇÕES E COMPETÊNCIAS EM CASO DE EMERGÊNCIAS DECORRENTES DE ACIDENTES EM FALÉSIAS DO CEARÁ	121
8. RECOMENDAÇÕES GERAIS	127
REFERÊNCIAS	130
APÊNDICES	135

Ilustrações

- Figura 1 - Linha de falésias ativas no município de Beberibe, recobertas por sedimentos eólicos. É possível observar um forte processo de ravinamento e voçorocamento remontante 21
- Figura 2 - Linha de falésias ativas no município de Icapuí, apresentando voçorocas e ravinas pouco desenvolvidas 25
- Figura 3 - Linha de falésias no município de Aracati, com camada superior vermelha bastante erodida 26
- Figura 4 - Vista parcial do topo de falésia erodido verticalmente, destacando o voçorocamento remontante, Praia de Morro Branco, Beberibe 26
- Figura 5 - Linha de falésia na praia do Pacheco, município de Caucaia 27
- Figura 6 - Linha de falésia na praia de Lagoinha, município de Paraipaba 27
- Figura 7 - Linha de falésia no município de Camocim. O tracejado vermelho indica o contato litológico entre a Formação Barreiras e a Formação Camocim 28
- Figura 8 - Figura 8 - Falésias formando abrigos pela ação erosiva marinha em Pontal do Maceió, município de Fortim 30
- Figura 9 - Figura 9 - Falésias com formação de cavernas pela ação da dinâmica hídrica na Praia das Fontes, município de Beberibe 31
- Figura 10 - Setor das falésias de Icapuí, praia de Peroba, apresentando queda de blocos por deslocamento, frutos da incidência basal e de planos de fraqueza, caracterizando-se como o trecho do litoral cearense mais propício para ocorrência de tombamentos. O tracejado amarelo representa a linha do plano de fratura exposto e as setas vermelhas indicam os blocos desprendidos 37
- Figura 11 - Fluxo de areia, com formação de leque deposicional, na base da falésia da praia de Ponta Grossa, Icapuí 39
- Figura 12 - Presença de *pipings* na escarpa das falésias da praia das Fontes, Beberibe, sinalizados com círculos 41
- Figura 13 - Linha de falésia na praia do Retirinho, Aracati. Observar a sequência de sulcos no topo da falésia (tracejado amarelo), em destaque o predomínio de ravinas no escarpamento, e pequenas voçorocas na transição do topo para o escarpamento (seta vermelha) 45
- Figura 14 - Erosão subaérea em falésia na praia de Canoa Quebrada, município de Aracati. As setas amarelas indicam a presença de ravina; as setas azuis indicam voçorocas; e a seta tracejada azul sinaliza a utilização de voçoroca por banhistas como acesso à praia 46
- Figura 15 - Topo de falésia, localizada à di-

reita do estuário do rio Pirangi, estabiliza- do de ação pluvial por recobrimento vege- tal. Nesse setor das falésias de Fortim, não se observa o desenvolvimento de sulcos e ravinas no topo. Os processos erosivos no escarpamento ocorrem em função da ação abrasiva das ondas, as quais proporcionam o solapamento da base da falésia (setas vermelhas) e, posteriormente, o desliza- mento do material sobrejacente. Os trace- jados amarelos indicam as cristas dos des- lizamentos. 49	sões métricas na base de falésias em Re- donda (Icapuí) 68
Figura 16 - Obras de infraestrutura urba- na no topo e no escarpamento da falésia na praia de Morro Branco, Beberibe. Os círculos tracejados indicam a construção de escadaria de acesso à praia e obra de recuperação de logradouro 51	Figura 26 - Depósito de detritos de dimen- sões métricas na base de falésias na Praia de Barreiras (Icapuí) 69
Figura 17 - Classificação dos tipos de riscos ambientais 53	Figura 27 - Turistas em áreas de risco (círculo amarelo) na base de uma falésia escarpada na praia de Ponta Grossa (Icapuí) 71
Figura 18 - Espacialização das falésias do município de Aracati 59	Figura 28 - Turistas (círculo amarelo) abri- gados na base de uma falésia escarpada na praia de Redonda (Icapuí) 72
Figura 19 - Espacialização das falésias do município de Fortim 60	Figura 29 - Falésias com risco de tomba- mentos na praia de Barreiras (Icapuí) 74
Figura 20 - Espacialização das falésias do município de Beberibe 61	Figura 30 - Residência situada na base de falésia na praia de Barreiras (Icapuí) 77
Figura 21 - Espacialização das falésias do município de Caucaia 62	Figura 31 - Falésias com material friável na praia do Pacheco (Caucaia) 79
Figura 22 - Espacialização das falésias do município de Paraipaba 63	Figura 32 - Falésias com material friável em Fortim com densa cobertura vegetal no topo da escarpa 81
Figura 23 - Espacialização das falésias do município de Icapuí 64	Figura 33 - Falésias com material friável na praia do Retirinho (Aracati) 82
Figura 24 - Escarpamento negativo, com formação de “abrigos” na base de falésias em Redonda (Icapuí) 67	Figura 34 - Falésias com material friável na praia de Canoa Quebrada (Aracati). No- ta-se a presença de depósitos de fluxos de detritos na base do escarpamento (seta amarela). 85
Figura 25 - Depósito de detritos de dimen- sões métricas na base de falésias em Re- donda (Icapuí) 68	Figura 35 - Falésias no Monumento Natural das Falésias de Beberibe com processos de voçorocamento e visitação turística no seu topo 87
	Figura 36 - Cenário de riscos de quedas de pessoas e veículos nas falésias no Monu- mento Natural das Falésias de Bebe- ribe 88

Figura 37 - Falésia escalonada na praia de Morro Branco (Beberibe)	88	indicativa de área suscetível a movimento de massa. As setas vermelhas indicam a presença de pessoas em situação de risco	97
Figura 38 - Falésia escalonada na praia de Lagoinha (Paraipaba)	89	Figura 48 - Falésia em Pontal do Maceió (Fortim) com pessoas, na sombra (círculo amarelo) abaixo dos abrigos formados por “franjas” areníticas de dimensões centimétricas a métricas com risco de colapso.	98
Figura 39 - Fluxo de detritos durante evento chuvoso em Morro Branco (Beberibe) no ano de 2021	90	Figura 49 - Topo de falésia na praia de Pontal do Maceió (Fortim) com placa de aviso de perigo associado aos escarpamentos próximos ao local. As setas amarelas indicam a borda do escarpamento	99
Figura 40 - Bloco diagrama, apresentando o fluxo de detritos ocorrido, em 2021, na praia de Morro Branco, município de Beberibe	91	Figura 50 - Falésias arrasadas pela ação pluvial na praia de Lagoa do Mato (Aracati)	100
Figura 41 - Obra de contenção (círculo amarelo) com taludes escalonados de concreto na praia de Morro Branco, após o fluxo de detritos que destruiu parte da infraestrutura urbana do setor em 2021	91	Figura 51 - Falésias arrasadas pela ação pluvial na vila de Quixaba (Aracati)	101
Figura 42 - Abrigo formado pela ação erosiva subsuperficial conhecido como Gruta Mãe d’Água, situado na Praia das Fontes (Beberibe)	93	Figura 52 - Fluxograma de interação entre os órgãos de interesse que definem as ações a serem desenvolvidas na etapa de pré-desastre	107
Figura 43 - Placa de interdição da Gruta Mãe d’Água, originalmente instalada em 2022, e atualmente retirada do raio de visão de visitantes	93	Figura 53 - Conceitos das Ações de Proteção e Defesa Civil	110
Figura 44 - Voçorocas nas falésias do Monumento Natural das Falésias de Beberibe, configurando áreas de risco para visitantes	94	Figura 54 - Etapas de ação e o período no qual cada fase deve ser realizada	111
Figura 45 - Ação erosiva comprometendo estruturas na Praia das Fontes (Beberibe)	95	Figura 55 - Placa de sinalização de segurança próximo às falésias da praia do Pacheco em Caucaia, Ceará	112
Figura 46 - Falésia com risco de colapso em Pontal do Maceió (Fortim)	97	Figura 56 - Exemplo de <i>folder</i> de alerta sobre os riscos em ambientes de falésias	114
Figura 47 - Solapamento em falésia na praia do Pontal de Maceió, por ação das ondas em sua base, formando escarpa negativa,		Figura 57 - Exemplos de <i>folders</i> de comunicação nas redes sociais como meio para conscientização e alerta à população local	116

Figura 58 - Fluxograma de acionamento de ações de resposta em caso de acidentes em falésias 119

Figura 59 - Contatos em âmbito municipal em caso de urgência 125

Figura 60 - Interface do App Proteja Beberibe de uso da Defesa Civil municipal 128

Siglas

APP - Área de Preservação Permanente

CBMCE - Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará

CCMA - Cientista Chefe Meio Ambiente

CEDEC - Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais

CENAD - Centro Nacional do Gerenciamento de Risco de Desastres

CIOPS - Coordenadoria Integrada de Operações de Segurança

COBRADE - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres

COEPDEC - Conselho Estadual de Proteção e Defesa Civil

COMPDECs - Coordenadorias Municipais de Proteção e Defesa Civil

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONPDEC - Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil

CPTEC/INPE - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

DETRAN - Departamento Estadual de Trânsito

DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação

FUNCAP - Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

GERCO-CE - Gerenciamento Costeiro do Ceará

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

NE - Nordeste

NM - Nível Médio do Mar

NR - Norma Regulamentadora

NW - Noroeste

PCDs - Plataformas de Coleta de Dados

PDP - Plano Diretor Participativo

PEA - Planejamento Espacial Ambiental

PEPDEC - Política Estadual de Proteção e Defesa Civil

PLANCON - Plano de Contingência

PNPDEC - Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

PRE - Policiamento Rodoviário Estadual

RN - Rio Grande do Norte

S2iD - Sistema Integrado de Informações sobre Desastres

SAMU - Serviço de Atendimento Móvel de Urgência

SE - Sudeste

SIEPDEC - Sistema Estadual de Proteção e Defesa Civil

SEDEC - Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil

SEMA - Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima

SINPDEC - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil

UN-ISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado

Apoio



Prefácio

O Brasil é um país que convive com vários tipos de desastres naturais, tendo em vista sua dimensão e sua diversidade natural. Em 2023, o Centro Nacional de Desastres Naturais (CEMADEN) registrou um total de 1.161 acidentes, o que demanda uma constante preocupação com medidas preventivas e emergenciais. Diante do contexto de mudanças climáticas, muitos processos naturais se intensificam, mudando a dinâmica de ambientes e demandando medidas adaptativas nos diversos domínios paisagísticos do país.

Nesse contexto de mudanças climáticas, a zona costeira se destaca como uma área particularmente vulnerável tendo em vista a suscetibilidade natural às mudanças erosivas decorrentes das dinâmicas marinhas e ao elevado adensamento populacional do litoral.

No Estado do Ceará, o Planejamento Espacial Ambiental (PEA) surge como ferramenta de gestão sustentável da zona costeira do Ceará, caracterizando-se como um subprojeto desenvolvido no âmbito do Programa Cientista Chefe e Meio Ambiente (CCMA), resultado da parceria técnico-científica entre a Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima (Sema) e a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvol-

vimento Científico e Tecnológico (FUNCAP).

Dentre os objetivos do PEA, destaca-se a elaboração de Planos de Ação previstos no Decreto Estadual nº 35.071, de 21 de dezembro de 2022, voltados para ações de contingência para incidentes e/ou situações de risco de impactos ambientais na Zona Costeira e/ou Marinha do Ceará, com foco no derrame de óleo, instabilidade de falésias e erosão costeira.

Este estudo se refere ao Plano de Contingência com ações para enfrentamento de situações de risco em falésias do litoral cearense, e consiste em um documento-base para o gerenciamento de riscos de desastre. Mostra-se fundamental analisar os aspectos morfoestruturais das falésias do Ceará, assim como a sua morfodinâmica, de maneira a identificar e mapear áreas com maior suscetibilidade a acidentes, de acordo com o contexto natural e de uso e ocupação de cada setor da zona costeira.

Desta forma, o presente Plano de Contingência busca tornar as áreas mais resilientes por meio de estratégias de ação, de forma participativa, envolvendo os agentes públicos, moradores e visitantes de áreas de risco, a fim de minimizar os danos materiais e humanos decorrentes de acidentes em ambientes de falésias no Ceará.



Praia de Canoa Quebrada, Aracati-CE
Fonte: Programa Cientista Chéfe Meio
Ambiente - Planejamento Espacial
Ambiental (2024)

Introdução

Este plano de contingência estabelece protocolos e procedimentos a serem adotados pelos agentes e órgãos envolvidos, direta ou indiretamente, na resposta a emergências geradas por possíveis acidentes em ambientes de falésias costeiras do Ceará. De acordo com a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), os acidentes em falésias constituem desastres geológicos relacionados a fenômenos de movimentos de massa e erosão costeira.

A zona costeira do Estado do Ceará, com mais de 570 km de extensão, apresenta morfologias diversas, incluindo ambientes estuarinos, planícies fluviolacustres, faixa praial, campos de dunas móveis e fixas, paleodunas, promontórios, tabuleiros costeiros e falésias (Souza, 2003; Silva *et al.*, 2020). Esses compartimentos agrupam um arcabouço geológico preferencialmente quaternário (sedimentos eólicos, marinhos e fluviomarinhos) e sedimentos neógenos (Grupo Barreiras).

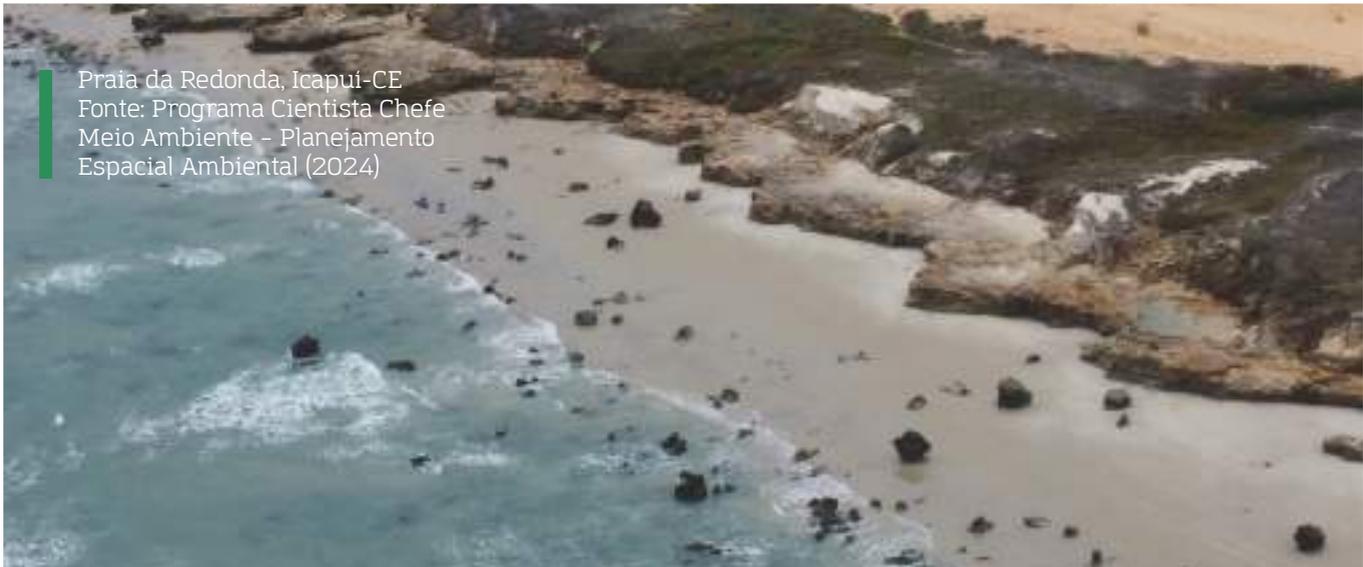
A planície litorânea representa uma estreita faixa de terras com largura média de 2,5 km, formada em função da disponibilidade de estoques de sedimentos de origem eólica, marinha, fluvial ou combinados, gerando feições praias com largos estirâncios ao longo de toda a faixa costeira cearense. Em alguns setores, a faixa de praia é estreita pela ocorrência de altos topográficos esculpidos em falésias situadas adjacentes a plataformas de abrasão (Morais *et al.*, 2006).

As potencialidades paisagísticas de litorais com falésias tendem a aumentar a visitação turística, demandando maior atenção quanto aos seus riscos associados. Um importante exemplo da necessidade de gestão nesse tipo de ambiente é a Praia da Pipa, em Tibau do Sul, no Estado do Rio Grande do Norte, que recebe diariamente centenas a milhares de pessoas. Em 17 de novembro de 2020, uma queda de blocos areníticos provenientes de uma falésia causou a morte de três pessoas da mesma família, e em 17 de janeiro de 2024 uma turista morreu em decorrência de uma queda ao pilotar um quadriciclo no topo de uma falésia, ambos acidentes ocorridos em Pipa. Esses eventos trágicos tiveram ampla repercussão na mídia nacional e alertam acerca da urgente discussão sobre os riscos associados às falésias ativas.

Tendo em vista os recorrentes problemas socioeconômicos e ambientais relacionados a eventos naturais no Brasil, com destaque para movimentos gravitacionais de massa, muito comuns nos ambientes serranos do sul e sudeste do país, foi criada a Lei Federal nº 12.608/2012, que reorganizou o sistema de defesa civil no Brasil e criou o Centro Nacional do Gerenciamento de Risco de Desastres (CENAD), na tentativa de melhor estruturar as respostas no poder público no caso de desastres naturais.

De maneira a se organizar medidas preventivas e ações emergenciais em ambientes de falésias no Estado do Ceará, torna-se fundamental a criação de planos de contingência envolvendo todas as instâncias administrativas relacionadas, assim como a sociedade civil.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo elaborar um plano de contingência para respostas aos casos de acidentes em ambientes de falésias no litoral do Ceará, visando otimizar as respostas do poder público em casos de acidentes naturais associados à morfodinâmica de falésias. Para tanto, foram selecionados os municípios identificados como diretamente expostos a riscos em ambientes de falésias, a citar Beberibe, Fortim, Aracati e Icapuí (Setor I - Costa Leste do GERCO-CE); Caucaia (Setor II - Costa Metropolitana do GERCO-CE); e Paraipaba (Setor III - Costa Oeste do GERCO-CE).

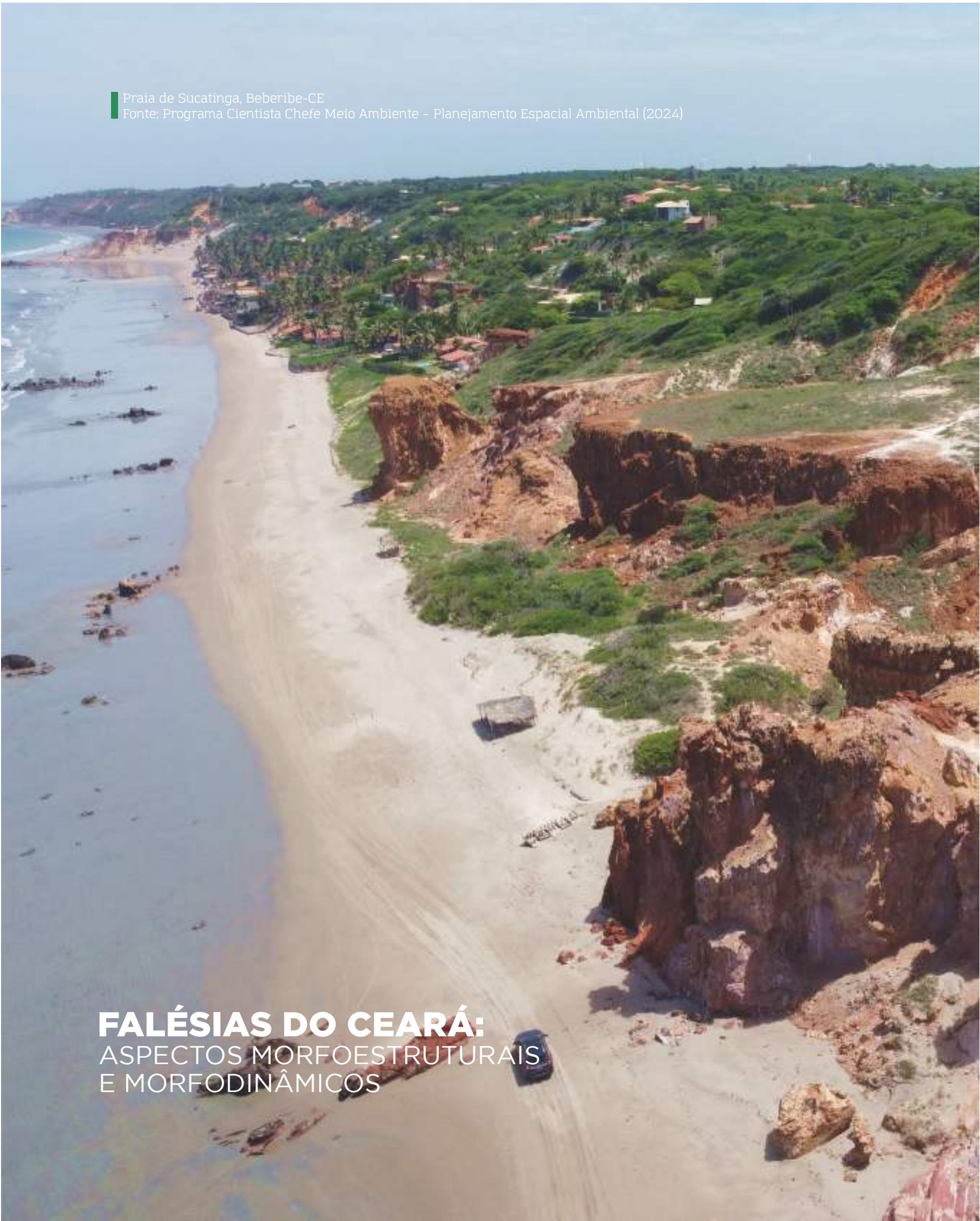


Praia da Redonda, Icapuí-CE
Fonte: Programa Cientista Chefe
Meio Ambiente - Planejamento
Espacial Ambiental (2024)



Praia de Sucatinga, Beberibe-CE

Fonte: Programa Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024)



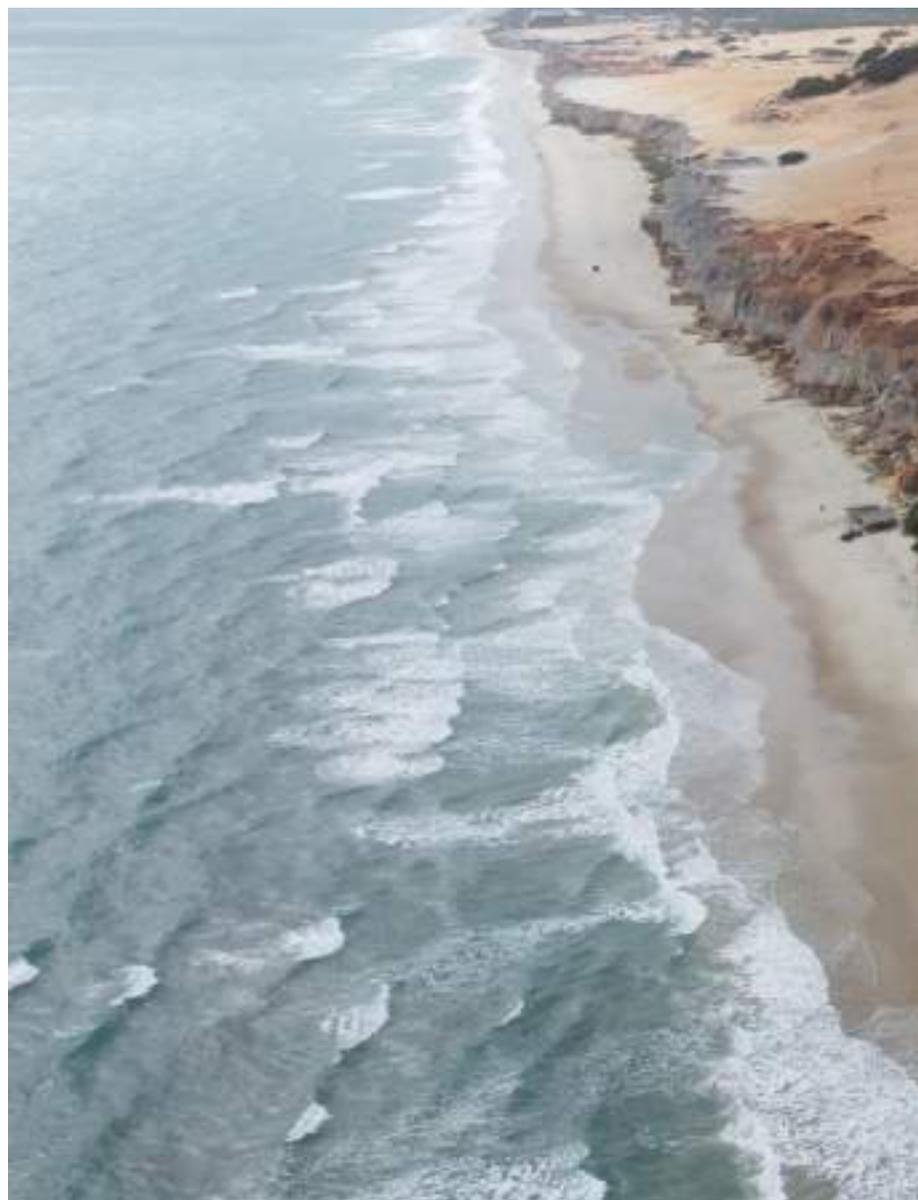
FALÉSIAS DO CEARÁ:
ASPECTOS MORFOESTRUTURAIS
E MORFODINÂMICOS

2. FALÉSIAS DO CEARÁ: ASPECTOS MORFOESTRUTURAIS E MORFODINÂMICOS

A fachada marítima cearense, com mais de 570 km, pode ser dividida em 5 domínios morfoestruturais, cuja compartimentação deriva de eventos tectônicos mesozoicos relacionados à separação continental e abertura do Atlântico. Tais domínios são: Jaguaribe, Choró, Baturité, Jaibaras e Chaval (Claudino-Sales, 2007). O comportamento preferencialmente retilíneo (sem grandes enseadas ou promontórios) e topograficamente rebaixado do litoral cearense se apresenta como uma herança da margem transformante cretácea.

Trata-se de um litoral composto de depósitos sedimentares do Grupo Barreiras (Neógeno) recobertos por sedimentos quaternários eólicos, marinhos, fluviomarinhos e continentais. De forma isolada, encontram-se litologias cristalinas pré-cambrianas, a exemplo do serrote quartzítico da Formação São Joaquim, em Jericoacoara, Ceará.

A zona costeira do Ceará é composta de morfologias variadas (e.g., praias, pontas litorâneas, falésias, paleofalésias, campos de dunas, *beach rocks*, planícies de deflação eólica, terraços marinhos, planície de maré), sendo as falésias feições geomorfológicas escarpadas, sujeitas à



ação dos processos erosivos marinhos (ondas e marés) e subaéreos (ventos, chuvas, temperatura, escoamento superficial e subsuperficial).

As falésias cearenses representam escarpamentos costeiros constituídos por sedimentos neógenos (Grupo Barreiras) ou quaternários (pós-Barreiras). Além de morfologias relacionadas à ação da abrasão marinha, algumas falésias apresentam formas erosivas lineares relacionadas à ação pluvial, como, por exemplo, ravinas e voçorocas (Figura 1).



Figura 1 - Linha de falésias ativas no município de Beberibe, recobertas por sedimentos eólicos. É possível observar um forte processo de ravinação e voçorocamento remnantante
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

Para Emery e Kuhn (1982), as falésias são feições geomorfológicas que estão em constante modelagem de perfil de acordo com os processos erosivos marinhos (perfil mais escarpado) e subaéreos (perfil suavizado). Essas feições costeiras são importantes na exportação de sedimentos que alimentam o ambiente praias, na proteção da linha de costa, na manutenção de aquíferos subterrâneos, na fixação de vegetação (e.g., restinga), além de deterem valores paisagísticos atrativos (Câmara; Silva, 2021).

Tais características as tornam alvos para a ocupação irregular, especulação imobiliária e atividades turísticas massivas, em virtude da proximidade com o mar e das visões privilegiadas de seus topos. Quando isso se concretiza de forma desordenada e em locais legalmente proibidos, têm-se múltiplos impactos de caráter social, econômico e ambiental, além da descaracterização da cultura local e geração de conflitos (Silva; Farias Filho, 2019).

As falésias podem ser classificadas em dois grupos de acordo com a influên-

cia marinha atuante em sua base: falésias ativas ou costeiras; e falésias inativas ou paleofalésias (Galili; Zviely, 2018; Miccadei *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2020). As falésias ativas estão sendo modeladas constantemente por ações das ondas e marés, e sua escarpa está sujeita a processos como solapamentos e movimentos de massa que, dependendo da litologia, apresentam diferentes tipologias, variando de acordo com ângulo da vertente e do volume/características do material envolvido.

As falésias inativas são aquelas que estão próximas à zona costeira, porém apresentam obstáculos em sua base, podendo ser uma evolução regressiva natural da linha de costa ou até mesmo uma obra de proteção costeira ou mesmo a queda de blocos rochosos do perfil superior, que impede a ação das ondas em sua base (Marrero *et al.*, 2018; Silva, 2021).

Silva (2021), analisando a evolução e vulnerabilidade das falésias na costa Leste do Ceará, faz distinção entre falésias inativas e paleofalésias. As falésias inativas são caracterizadas por uma escarpa vertical variando de 15 m a 25 m de altura, apresentando obstáculos que restringem temporariamente os efeitos da erosão marinha, a exemplo de depósitos de rocha na base ou barreiras antrópicas. As paleofalésias estão entre 15 m e 50 m de altura, descritas como falésias que possuem uma distância de centenas de metros para a linha de costa atual, restringindo permanentemente os efeitos da erosão marinha (Silva, 2021).

No Brasil, as falésias sedimentares ocorrem ao longo do litoral e se estendem desde a região Amazônica, por toda a região costeira Norte e Nordeste, até o Sudeste do país, no Estado do Rio de Janeiro. No Estado do Ceará, as falésias estão predominantemente localizadas no litoral Leste, associadas aos depósitos sedimentares da Bacia Potiguar, cobertura sedimentar terrígena continental e marinha de idade miocênica a pleistocênica inferior (Grupo Barreiras) e depósitos Pós-Barreiras (Siqueira *et al.*, 2014; Morais *et al.*, 2018; Rossetti; Rocca; Tatum, 2013).

Os depósitos Pós-Barreiras são constituídos por conglomerados de sedimentos com areia e argila intercaladas, semiconsolidados, friáveis e afossilíferos ou principalmente areia (Tatum *et al.*, 2008). Esse pacote de sedimentos surge recobrando o Grupo Barreiras, apresentando três colorações distintas do topo para a base (vermelho, laranja e branco). De acordo com Silva *et al.* (2020), os patamares das falésias ativas na praia de Redonda (Icapuí) apresentam diferentes litologias. A porção superior, composta por depósitos Pós-Barreiras, é mais friável e suscetível à erosão, enquanto a porção inferior consiste em um conglomerado firme do Grupo Barreiras.

A análise estratigráfica integrada relaciona a origem do Grupo Barreiras com a elevação eustática global, que teve seu máximo na parte média do Mioceno (12-20 Ma) (Arai, 2006). O Grupo Barreiras aflora, principalmente, na faixa litorânea do Ceará, na porção N-NE dos Domínios Mé-

dio Coreaú, Ceará Central e Jaguaribeano. Conforme Cavalcante *et al.* (2003), o Grupo Barreiras é constituído por três Formações: Formação Barreiras Indiviso; Formação Camocim, na porção NW do Ceará; e Formação Faceira, na região do Baixo Jaguaribe. Dessas formações, apenas a Formação Faceiras não forma falésias, pois não ocorre no litoral.

No Estado do Ceará, as paleofalésias são compostas pela Formação Barreiras Indiviso e, as ativas são compostas pelas Formações Tibau, Barreiras, Camocim e Barreiras Indiviso (Morais *et al.*, 2018), além de sedimentos do pós-Barreiras. Os arenitos com coloração amarelada e esverdeada, contendo níveis de argila e estruturas de bioturbação, associados à Formação Tibau, afloram entre as localidades de Lagoa do Mato e Sítio Retirinho/Aracati (Sousa *et al.*, 2008).

As falésias encontradas no Estado do Ceará, tanto no litoral Leste quanto Oeste, estão associadas a materiais friáveis, relacionados, predominantemente, aos depósitos Pós-Barreiras e a Formação Barreiras (Silva, 2017; Silva *et al.*, 2020), ambos marcados pela diferença no grau de litificação dos sedimentos, sendo altamente recomendável seu constante monitoramento.

Nas Praias de Morro Branco e das Fontes, no município de Beberibe, assim como nas Praias de Redonda e Peroba, e na Praia de Canoa Quebrada, localizadas, respectivamente, nos municípios de Icapuí e Aracati, dentre outras do litoral

Leste, os sedimentos associados à Formação Barreiras se encontram sotopostos por depósitos Pós-Barreiras. Já na Praia do Pontal de Maceió, no município de Fortim, as falésias apresentam duas composições litoestratigráficas, sendo uma arenosa do Pós-Barreiras e outra arenítica fortemente cimentada da Formação Tibau (Silva *et al.*, 2020).

A capacidade de suporte das falésias, em relação às atividades de uso e ocupação e suas propriedades morfodinâmicas e geotécnicas, pode ser caracterizada como um meio instável a fortemente instável, principalmente pelas relações entre o fluxo de energia (escoamento pluvial e ação das ondas) e a transferência de grandes volumes de materiais (sistema erosivo complexo).

As marés do litoral cearense são do tipo semidiurna, ocorrendo duas preamares e duas baixa-mares em um dia (24 horas e 50 minutos) (Moura, 2009). As amplitudes destas estão subordinadas à atração gravitacional e ao alinhamento entre Terra, Lua e Sol. Essas oscilações transferem as zonas de arrebentação, surfe e espraio sobre o perfil da praia, interferindo substancialmente na dinâmica da planície litorânea e, conseqüentemente, no reafeiçoamento da morfologia costeira em curtos intervalos de tempo (Ceará, 2016).

A amplitude das marés, na costa norte da plataforma do Nordeste brasileiro, durante o período de 2009-2011, oscilou com valor máximo de 3,3 m durante o equinócio (março e setembro) (altura máxima da

maré viva/sizígia) e valor mínimo de 0,7m durante o solstício (junho e dezembro) (altura mínima da maré morta/quadratura) (Frota; Truccolo; Schettini, 2016).

A costa cearense apresenta um perfil bastante retilíneo, tal formação favorece a ocorrência de ondas em praticamente todo o litoral, sendo o regime destas caracterizado por ondas do tipo “*swell*” com variação média de 1,80 a 3,60 m, com predominância de SE (45%), e ondas do tipo “*sea*” com amplitude média de 0,90 a 2,40 m, também predominantes de SE (54%) (Monteiro Neto, 2003). Ondas mais raras, porém, mais fortes, vêm do setor NE, ocorrendo geralmente entre fevereiro e abril (Morais, 1980).

Processos superficiais como espraio das ondas, erosividade das chuvas e escoamentos superficiais resultam em constantes transformações morfológicas e processos erosivos e de movimentos de massas, a exemplo dos solapamentos, tombamentos, quedas de rochas e fluxos. São esses processos que tornam certos setores das falésias áreas de riscos para acidentes, especialmente quando há uma circulação significativa de transeuntes e turistas (Silva, 2017).

Algumas intervenções antrópicas provocaram a descaracterização estrutural e paisagística das falésias, em várias localidades distribuídas ao longo do litoral cearense (Meireles, 2014). Tendo em vista a instabilidade e singularidade paisagística das falésias e a manutenção de um aporte regulador de sedimentos ao longo do lito-

ral, estas, no âmbito do Estado do Ceará, são consideradas como Áreas de Preservação Permanente, de acordo com a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro (Lei nº 13.796/2006).

É importante destacar que o Código Florestal Brasileiro (Lei nº. 12.651/2012) e a Resolução CONAMA nº. 303/2002 consideram as bordas de tabuleiros como áreas de preservação permanente (APP), a partir da linha de ruptura, a uma distância não inferior a 100m. Dessa forma, alguns topos de falésias também são considerados APP, quando estes constituem bordas de tabuleiros.

O litoral Leste apresenta as maiores linhas de falésias do Ceará, que começam em Beberibe e se estendem, de forma descontínua, até o limite com o Estado do Rio Grande do Norte, no município de Icapuí. Os municípios de Beberibe, Icapuí (Figura 2) e Aracati (Figura 3), no litoral Leste, apresentam as maiores linhas contínuas de falésias ativas. Estas são falésias, em sua maioria, de composição friável areno-argilosas originadas dos depósitos Pós-Barreiras, facilmente erodidas por ações marinhas e climática, com presença de ravinamentos e voçorocamentos (Figura 4) em toda sua extensão (Silva *et al.*, 2020). Na Praia de Ponta Grossa/Icapuí, as falésias ativas apresentam as maiores elevações (≈ 43 m). De acordo com Sousa *et al.* (2008), processos associados à neotectônica justificam as maiores alturas encontradas nas falésias de Icapuí.



Figura 2 - Linha de falésias ativas no município de Icapuí, apresentando voçorocas e ravinas pouco desenvolvidas

Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

Figura 3 - Linha de falésias no município de Aracati, com camada superior vermelha bastante erodida

Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

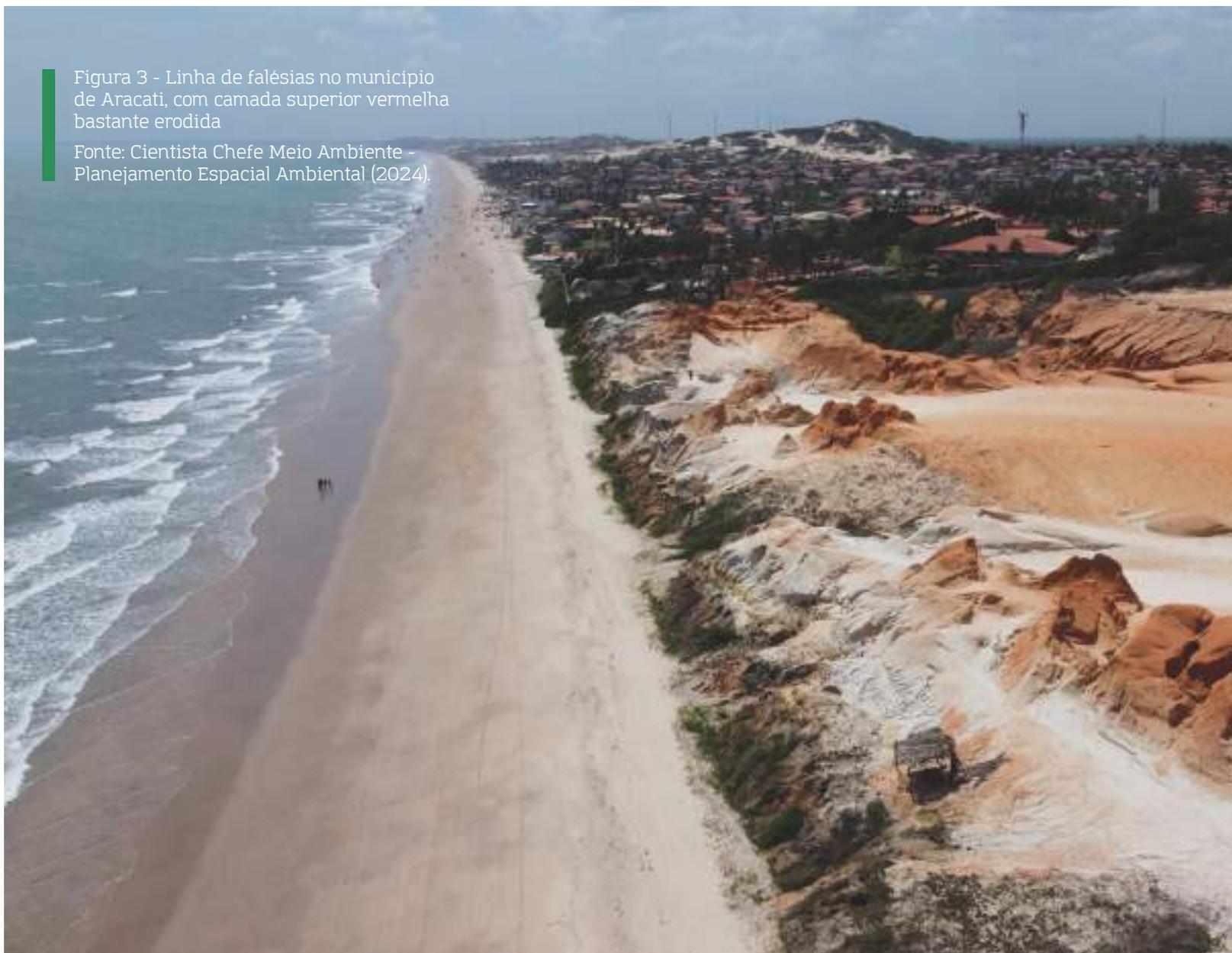


Figura 4 - Vista parcial do topo de falésia erodido verticalmente, destacando o voçorocamento remontante, Praia de Morro Branco, Beberibe

Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

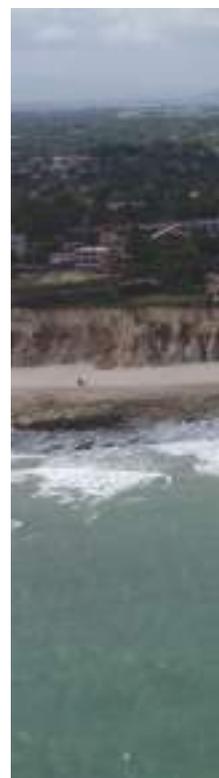




Figura 6 - Linha de falésia na praia de Lagoinha, município de Paraipaba
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).



O litoral Oeste do Estado do Ceará, a partir da embocadura do rio Ceará, também apresenta falésias arenosas ativas e paleofalésias, a exemplo das falésias da Praia do Pacheco (Figura 5), no município de Caucaia, e da Praia da Lagoinha (Figura 6), no município de Paraipaba. No município de Camocim, na Praia das Barreiras, as falésias costeiras da margem esquerda do rio Coreaú (Figura 7) são constituídas por rochas da Formação Barreiras (arenito), na parte superior, e pela Formação Camocim (ortoconglomerados grosseiros), na parte basal (Ximenes Neto, 2018).

Figura 5 - Linha de falésia na praia do Pacheco, município de Caucaia
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

Figura 7- Linha de falésia no município de Camocim. O tracejado vermelho indica o contato litológico entre a Formação Barreiras e a Formação Camocim
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).



O perfil das falésias ativas é modelado constantemente por ações marinhas em sua base e fatores climáticos no topo (e.g., escoamento superficial), com ações sazonais de solapamento, que é a retirada de sedimentos da base, e desmoronamento, que é o desprendimento dos sedimentos superiores. Os processos erosivos em falésias arenosas (e.g., solapamentos, ravinamentos, voçorocamentos, tombamento, deslizamentos, queda de blocos e fluxo de detritos) são responsáveis pela taxa de recuo das falésias costeiras, que é um processo natural, o qual pode ser intensificado pela intervenção antrópica, e assim criar áreas de risco e vulnerabilidade ambiental (Silva *et al.*, 2020; Silva, 2021).

A construção de edificações e vias sobre as falésias contribuem para a impermeabilização e compactação do solo por pisoteamento, interferindo na velocidade de escoamento superficial e aumento da erosão linear. Nas falésias arenosas semiconsolidadas (e.g., Morro Branco, Canoa Quebrada), tal cenário contribui para o avanço da erosão subaérea, com a presença de ravinas e voçorocas bem desenvolvidas. Ainda nesse sentido, as trilhas utilizadas por turistas e pela população local funcionam de maneira similar, canalizando o fluxo de águas pluviais e aumentando o escoamento superficial em direção ao ambiente praial.

Já os processos erosivos marinhos, na base das falésias ativas, provocam o desmoronamento do pacote sedimentar sobrejacente. Esse estágio marinho erosivo é utilizado como indicador de área de risco, pois precede aos desmoronamentos da porção superior das falésias.

Portanto, processos superficiais como espraio das ondas, erodibilidade das chuvas e escoamentos superficiais resultam em constantes transformações morfológicas e processos de movimentos de massas, a exemplo dos solapamentos, desmoronamentos e quedas de rochas (Dickson; Perry, 2016). São esses processos que tornam áreas pontuais das falésias em uma área de riscos a acidentes quando envolve uma relevante circulação de transientes e turistas.

Do ponto de vista de perfil longitudinal, as falésias do Ceará apresentam basicamente dois tipos: perfis escarpados do topo até a base e perfis escalonados com a formação de níveis de patamares. As falésias escarpadas se devem à homogeneidade do material envolvido ao longo do escarpamento, enquanto as falésias escalonadas apresentam variações litológicas ao longo do perfil, com camadas friáveis, parcialmente litificadas, oxidadas ou laterizadas. Nas falésias escalonadas, tendo em vista a suavização topográfica formada, é muito comum a influência da ação pluvial formando ravinas e voçorocas.

Em alguns setores, a base dos escarpamentos das falésias apresenta o desenvolvimento de encostas negativas, através

da abrasão marinha em sedimentos litificados, formando abrigos muito instáveis, como no caso do Pontal do Maceió no município de Fortim (Figura 8). Em outros casos, a dinâmica hídrica subsuperficial tende a formar cavidades similares a cavernas em falésias de sedimentos parcialmente friáveis, justificando ambientes muito propensos a colapsos gravitacionais, como pode ser observado na Praia das Fontes, em Beberibe (Figura 9).

Figura 8 - Falésias formando abrigos pela ação erosiva marinha em Pontal do Maceió, município de Fortim
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

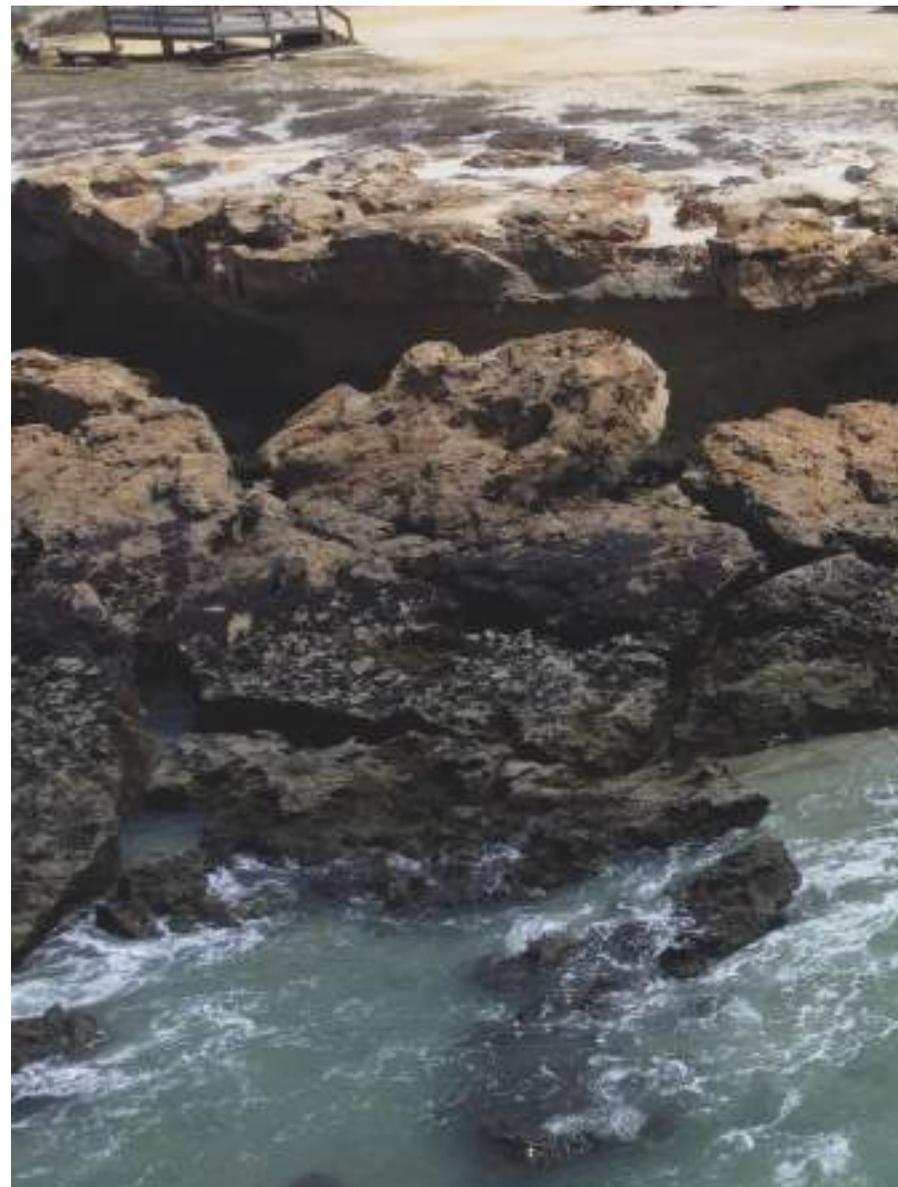




Figura 9 - Falésias com formação de cavernas pela ação da dinâmica hídrica na Praia das Fontes, município de Beberibe
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).





Praia das Fontes, Beberibe-CE

Fonte: Programa Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024)

MOVIMENTOS DE MASSA, PERIGOS/RISCOS NATURAIS E PLANO DE CONTINGÊNCIA - *REVISÃO CONCEITUAL*

3. MOVIMENTOS DE MASSA, PERIGOS/RISCOS NATURAIS E PLANO DE CONTINGÊNCIA – REVISÃO CONCEITUAL

Tendo em vista a natureza do plano de contingência, o presente capítulo se propõe a fazer uma breve revisão teórica e conceitual acerca de temas relevantes como movimentos de massa e seus agentes desencadeadores, risco e perigo natural e as normas gerais que regem os planos de contingência no Brasil.

3.1 Movimentos de massa

O presente plano de contingência visa analisar os perigos/riscos naturais relacionados aos ambientes de falésias na zona costeira do Estado do Ceará. As falésias constituem escarpamentos situados na zona costeira, formados por meio da abrasão marinha, que instabiliza a base das escarpas, justificando uma evolução por movimentos gravitacionais de massa. Dessa forma, é fundamental que seja feita uma revisão geral, acerca dos conceitos e características dos movimentos de massa.

Os movimentos de massa consistem em importantes processos naturais que atuam na dinâmica das encostas (Tomimaga, 2015), caracterizados pela dissipação significativa de energia e consequen-

te deslocamento de materiais terrestres, tais como rochas, solo e mantos de intemperismo, sob a ação da gravidade (Dikau *et al.*, 1996; Picanço, 2010). Esses eventos são reconhecidos como um dos mais importantes processos geomórficos modeladores da superfície terrestre (Bigarella *et al.*, 2003), possuindo grande importância para a geomorfologia, contribuindo para a compreensão da evolução das vertentes e para os estudos relacionados com planejamento ambiental, tendo em vista as informações fornecidas inerentes à identificação de áreas de risco.

A classificação dos movimentos de massa apresenta uma grande dificuldade, sobretudo na quantificação das variáveis envolvidas (material, conteúdo de água, velocidade e mecanismos). As terminologias encontradas na literatura não apresentam uniformidade e, geralmente, são pouco rigorosas (Bigarella *et al.*, 2003; Fernandes; Amaral, 2000).

Tendo em vista a necessidade de se adotar uma metodologia adequada e atualizada para classificar os movimentos de massa, o presente trabalho enfatiza os trabalhos de Dikau (2004), Dikau *et al.* (1996) e Varnes (1978). Os trabalhos citados utilizam terminologias adotadas pela Sociedade Geotécnica Internacional, no grupo de trabalho responsável pelos inventários acerca de movimentos de massa no mundo (*Working Party on World Landslide Inventory - WP/WLI*), vinculado à Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO).

Face ao exposto, os movimentos de massa identificados nas vertentes das falésias do litoral cearense podem ser classificados em quedas (*falls*), tombamentos (*topple*), deslizamentos (*slides*) e fluxos (*flow*).

3.1.1 Quedas

As quedas são movimentos livres de material a partir de encostas íngremes. Existem alguns termos alternativos como queda de rochas (*stone fall*), queda de detritos (*debris fall*) e queda de solo (*soil fall*) (DIKAU, 2004). As quedas podem ocorrer em vários ambientes naturais, como nas vertentes das falésias, margens íngremes de rios, bordas de planaltos e vertentes escarpadas de montanhas, além de áreas instabilizadas pela ação antrópica como, por exemplo, em um corte para construção de estradas.

As quedas podem ser provocadas por fatores como a declividade da encosta, o tamanho e as formas das juntas de rochas, tipos de rochas e sua deformação. Quedas de detritos e de solos coesos ocorrem em áreas cujo material já se encontra decomposto e, conseqüentemente, separado da rocha matriz. No caso da rocha sólida, a separação pode levar algum tempo, dependendo da combinação de fatores internos e externos.

As quedas de blocos são movimentos gravitacionais extremamente rápidos, onde uma rocha, de tamanho variado, desprende-se da encosta e despenca no sentido da declividade. Esses movimen-

tos apresentam um elevado risco para ambientes de falésias compostas de material consolidado, como no caso do litoral de Icapuí.

No caso das falésias do Ceará, as quedas constituem a principal categoria de movimento de massa, sendo comum a todas as falésias, tendo em vista a declividade do escarpamento, podendo variar quanto à natureza do material em quedas de solos, detritos e rochas, a depender do grau de litificação do material. As quedas com detritos mais significativos ocorrem nas falésias de Icapuí, tendo em vista a laterização do material, a densidade dos planos de fraqueza (e.g., falhas e fissuras), a forte declividade do escarpamento e a perda de sustentação do material por ação erosiva da água. Nas falésias dos municípios de Beberibe, Aracati e Caucaia ocorrem quedas de detritos e de solos.

3.1.2 Tombamentos

O tombamento consiste em uma rotação frontal de uma massa composta de rochas, detritos ou solos sobre um pivô em uma encosta. O tombamento pode culminar em uma queda abrupta, mas a forma do movimento é de inclinação sem colapso (Dikau, 2004).

Existem várias razões para a ocorrência de tombamentos, podendo ser destacada a erosão na parte inferior da encosta, proporcionando desgaste suficiente para causar uma descarga de descompressão, e a existência de planos de fraqueza. A principal força responsável por um tom-

bamento é a separação de uma coluna de modo que a carga é transferida para uma base mais estreita com litologia mais fraca. Nessa perspectiva, a altura do declive, assim como a largura de apoio da base, são parâmetros importantes na compreensão dos tombamentos (Dikau, 2004).

A formação dos locais de maior tensão é provocada pela ação dos agentes fluviais e marinhos (ondas), assim como pela ação antrópica (obras de engenharia: muro de arrimo). A presença de juntas nas rochas e a pressão exercida pela presença da água são elementos fundamentais para que haja a falha na base da coluna.

Nas falésias do Ceará, as áreas mais propícias a tombamentos se encontram no município de Icapuí, onde o material está mais litificado e os planos de fraturas verticais proporcionam a formação de descontinuidades em formatos de colunas, conforme pode ser visto na praia da Peroba conforme pode ser visto na praia da Peroba (Figura 10).





Figura 10 -Setor das falésias de Icapuí, praia de Peroba, apresentando queda de blocos por deslocamento, frutos da incisão basal e de planos de fraqueza, caracterizando-se como o trecho do litoral cearense mais propício para ocorrência de tombamentos. O tracejado amarelo representa a linha do plano de fratura exposto e as setas vermelhas indicam os blocos desprendidos

Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

3.1.3 Deslizamentos

Os deslizamentos ou escorregamentos são movimentos gravitacionais ao longo de uma ou mais superfícies de ruptura da encosta. As formas e quantidades de superfícies de ruptura são utilizadas para diferenciar os tipos de deslizamentos, que podem ser classificados em rotacionais e translacionais (Dikau, 2004).

Os deslizamentos rotacionais (*slump*, *rotational slip* e *rotational slide*) ocorrem com um movimento rotacional em uma superfície de ruptura circular côncava, que podem apresentar áreas que variam de poucos metros quadrados até vários hectares (Varnes, 1978; Dikau, 2004). Já os translacionais ocorrem quando o material se move encosta abaixo ao longo de uma ou mais superfícies relativamente planares (Wicander *et al.*, 2003). Esses movimentos são controlados pela superfície de fraqueza dentro da estrutura do material formador da inclinação e podem ocorrer associados com três tipos de material: rochas, detritos e solos ou a combinação dos três, os quais se deslocam em velocidades que variam de extremamente lenta a muito rápida.

Os deslizamentos geralmente ocorrem em declives de inclinação inferior a 35 graus e, por isso, são raros de serem observados em falésias vivas do Ceará, que se apresentam preferencialmente escarpadas. Sua ocorrência se dá apenas em setores escalonados de falésias com relativa suavização topográfica e geralmente ocorrem acompanhados de fluxos.

3.1.4 Fluxos

Os fluxos envolvem rochas altamente fraturadas e detritos clásticos de fino calibre. Fluxo, no sentido físico, é definido como uma contínua e irreversível deformação de materiais que ocorre em resposta a um *stress* aplicado (Dikau, 2004).

Os fluxos são movimentos rápidos nos quais materiais pouco coesos se comportam como fluidos. Ocasionalmente, quando um deslizamento rotacional ou translacional ganha velocidade, e a massa interna perde coesão ou ganha água, esse fenômeno pode mudar para um fluxo de detritos, sendo passíveis de ocorrer sem qualquer tipo de alerta (Highland; Bobrowsky, 2008).

Depósitos de detritos se acumulam onde os gradientes diminuem ou na base da encosta. Sucessivos movimentos tendem a acumular um leque de detritos. Alguns fluxos de detritos são excepcionalmente largos e fluidos, e podem alcançar longas distâncias a partir da área de origem.

De maneira geral, os fluxos de detritos são movimentos de massa muito destrutivos causados por fortes chuvas ou degelo. A frequência de eventos de fluxos de detritos é controlada pelo ritmo de acumulação nos canais e pela recorrência de eventos climáticos desencadeadores.

Nos ambientes de falésias do Ceará, os fluxos, geralmente, ocorrem nos setores de forte ação pluvial, associados às ravinas e voçorocas, preferencialmente onde as falésias apresentam níveis de patamares

da base até o topo. Em eventos extremos de chuvas, esses setores de dissecação pluvial tendem a concentrar o escoamento, podendo desencadear fluxos de detritos provenientes da erosão da própria falésia ou de restos de construção civil de áreas adjacentes. Tal fenômeno é comum nas falésias de Morro Branco, em Beberibe.

Tendo em vista a presença de campos de dunas móveis recobrimdo o topo de diversas falésias do Ceará, pode-se constatar a ocorrência de fluxo de areia, com espriamento deposicional formando leques, como pode ser observado na praia de Ponta Grossa, em Icapuí (Figura 11).



Figura 11 - Fluxo de areia, com formação de leque deposicional, na base da falésia da praia de Ponta Grossa, Icapuí

Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

3.2 Agentes desencadeadores de movimentos de massa

O desencadeamento de movimentos de massa pode derivar de vários fatores, tais como o papel da estrutura geológica, do regolito e solos, da geomorfologia e declividade, da pluviosidade, da cobertura vegetal e da ação antrópica.

3.2.1 Papel da estrutura geológica

Bigarella *et al.* (2003) afirmam que dentre os fatores geológicos relacionados com movimentos de massa devem ser considerados os aspectos litológicos, os padrões de fraturas, diaclases, xistosidades, dobramentos e estratificações quando presentes, a coesão e peso por unidade do material formador das vertentes, a circulação das águas e o esforço de cisalhamento e planos de cisalhamento.

As características geológicas são importantes na deflagração dos movimentos de massa, pois influenciam nos fluxos de água superficiais e subsuperficiais, causando a instabilidade dos materiais. Nessa perspectiva, a presença de falhas e/ou fraturas representam importantes descontinuidades, tanto em termos mecânicos quanto hidráulicos (Molinari, 2010).

As fraturas podem estar associadas a eventos tectônicos pretéritos, porém, existem fraturas associadas com alívio de pressão, originada, principalmente, pela expansão da rocha em direção à superfície. Essas fraturas tendem a acompanhar a topografia do terreno e apresentar uma diminuição do espaçamento entre os pla-

nos quando se aproxima da superfície (Fernandes; Amaral, 2000).

As atividades geodinâmicas de setores tectonicamente ativos são responsáveis pelo desencadeamento de importantes movimentos de massa com grande capacidade energética, porém essa não é a realidade da área de estudo.

A litologia pode influenciar diretamente na morfologia da área e, conseqüentemente, na declividade do terreno. Dessa forma, as rochas influenciam no comportamento da morfologia e, conseqüentemente, nas características da morfodinâmica de encostas. Isso pode ser constatado na diferenciação morfológica das falésias do Ceará (escarpadas e escalonadas).

A intensidade da ação do intemperismo condiciona a dimensão do regolito, que pode se sujeitar a movimentos vertentes abaixo. Porém, mesmo com pequenos mantos de intemperismo podem ocorrer movimentos de massa, nesse caso, essencialmente formados pelo deslocamento de blocos de rochas e deslizamentos rasos.

No estudo dos movimentos de massa é importante também se compreender como ocorrem os escoamentos subsuperficiais, que estão relacionados a diversos fatores como as características dos horizontes pedogenéticos, as propriedades hidrológicas, a distribuição pluviométrica e os aspectos litológicos.

De acordo com Molinari (2010), a principal relação entre a rede de fluxos subsuperficiais e os movimentos de massa ocorre por três mecanismos internos:

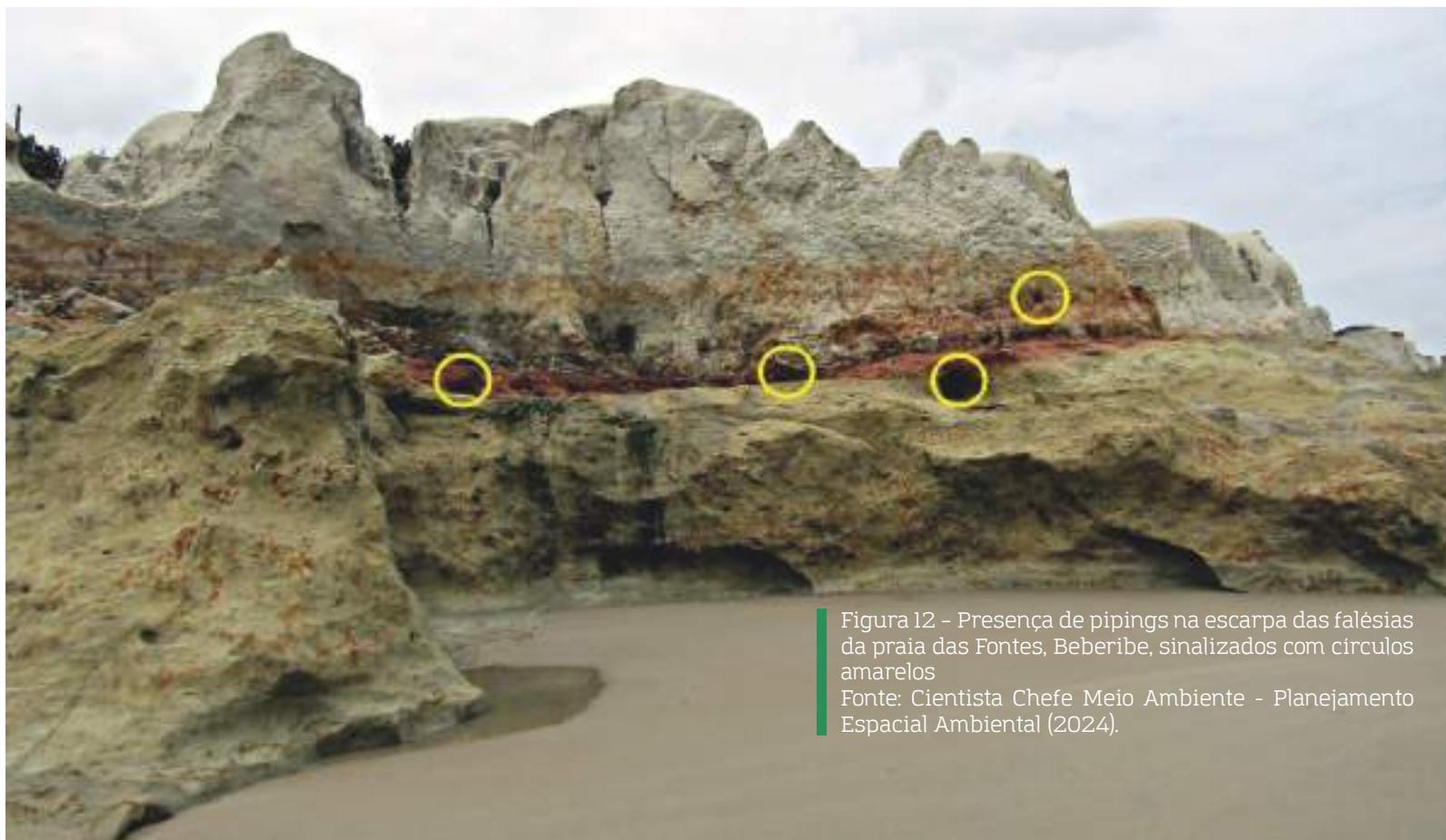


Figura 12 - Presença de pipings na escarpa das falésias da praia das Fontes, Beberibe, sinalizados com círculos amarelos
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

1. Desenvolvimentos de frentes de saturação;
2. Fluxo de retorno; e
3. Macroporos longitudinais interligados (*pipings*).

Esses mecanismos provocam variações físico-químicas nas propriedades mecânicas dos materiais, justificando a instabilidade e a consequente evolução das vertentes. Os fluxos subsuperficiais são fundamentais na morfodinâmica de falésias do Ceará, justificando ressurgências hídricas e forte instabilidade geológica.

As frentes de saturação são os setores onde há a convergência de fluxos, condicionada basicamente por fatores topográficos. Os fluxos de retorno ocorrem quando

há um decréscimo na capacidade do solo de transmitir o fluxo subsuperficial, o que acaba provocando o deslocamento de volumes de água retidos no solo, forçando-os a sair na parte inferior da vertente.

Já os macroporos longitudinais ou *pipings* são interligações subsuperficiais formadas pela instabilidade geodinâmica e representam basicamente a formação de um duto preferencial e concentrado dos fluxos com condutividade hidráulica, propiciando a interconexão rápida das camadas do solo afetadas (Figura 12). No momento em que a coesão do solo é reduzida a ponto de não suportar mais o material localizado acima do *piping*, ocorre o colapso, podendo desenvolver voçorocas (Molinari, 2010).

3.2.2 Papel do regolito e dos solos

Muitos processos morfodinâmicos catastróficos estão associados a movimentos gravitacionais do regolito, ou de parte deste. É fundamental que se compreenda como esse regolito é formado e quais são as suas características principais como profundidade, textura, cobertura vegetal, etc. Essas informações podem fornecer subsídios quanto ao risco associado com o movimento desse manto de alteração.

A formação do regolito passa por uma série de processos de intemperismo que variam de acordo com os parâmetros hidroclimáticos que influenciam diretamente na dimensão e características do manto de alteração, de acordo com a litologia local.

Os processos de intemperismo químicos ou bioquímicos são responsáveis pela decomposição das rochas e ocorrem com mais intensidade nas áreas de clima quente e úmido, onde as ações da água e dos agentes biológicos propiciam uma significativa alteração no manto superficial das rochas, formando profundos regolitos sustentando solos profundos.

Já os processos de meteorização física, responsável pela fragmentação das rochas, tendem a justificar pequenos mantos de alteração com solos rasos e grande incidência de afloramentos rochosos, onde os movimentos de massa predominantes estão associados com a queda de blocos e detritos grosseiros, além de movimentos planares rasos.

A topografia exerce uma forte influência na dimensão dos mantos de intemperismo, pois em relevos escarpados ou fortemente dissecados existe uma tendência que o material intemperizado seja transportado por gravidade, justificando mantos rasos nas encostas e profundos nas bases, com material coluvial.

As características dos solos influenciam diretamente no equilíbrio da vertente, sobretudo a partir de suas variáveis morfológicas, hidráulicas e mineralógicas (Molinari, 2010). Algumas propriedades morfológicas dos solos tais como textura e estrutura condicionam diretamente as características dos fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais.

3.2.3 Papel da geomorfologia e declividade

A dinâmica dos fluxos hídricos superficiais é controlada basicamente pela declividade e a geometria da encosta. A declividade influencia diretamente na capacidade energética dos fluxos, enquanto a forma da encosta controla o padrão espacial do escoamento (Molinari, 2010). As características da encosta podem justificar escoamentos difusos ou concentrados, que apresentam maior capacidade erosiva.

Os movimentos de massa são influenciados pela morfologia das vertentes e devem ser considerados fatores como altura e inclinação para um melhor entendimento do problema.

As vertentes com declividades superiores a 37° e inferiores a 55° possuem equilíbrio bastante precário, favorecendo a ocorrência de movimentos do regolito (Bigarella *et al.*, 2003; Guimarães *et al.*, 1998; Molinari, 2010). A partir dessa declividade ocorre uma diminuição desses processos por influência da própria declividade que limita a manutenção do regolito na encosta. Porém, elevadas declividades propiciam outros tipos de movimentos como queda de blocos ou tombamentos, comuns no caso de falésias.

A declividade é muito importante na classificação dos tipos de movimentos de massa, tendo em vista, dentre outras coisas, a sua forte relação com a pedogênese. Áreas com declives superiores a 40° tendem a apresentar solos rasos ou mesmo a ausência de solos, pois grande parte do material intemperizado é erodido e transportado pela força da gravidade. Nesse caso, dependendo dos planos de discontinuidades nas rochas, vão ocorrer, predominantemente, quedas de blocos. Além dessas características, a declividade é o principal responsável pela capacidade energética e consequente variação da velocidade dos movimentos de massa.

A forma das encostas também é um importante fator a ser considerado nos movimentos de massa. Dependendo de sua geometria, a encosta pode influenciar na convergência ou na divergência dos fluxos superficiais e subsuperficiais (Molinari, 2010). As porções côncavas do relevo (*hollows*) merecem destaque, pois pro-

piciam a concentração de fluxos hídricos e sedimentos (Fernandes; Amaral, 2000).

3.2.4 Papel da pluviosidade e da erosão costeira

Os aspectos climáticos, sobretudo relacionados à pluviosidade em regiões tropicais, são os principais agentes desencadeadores de movimentos de massa, pois são responsáveis pela saturação dos solos e consequente perda de sua estabilidade.

Molinari (2010) afirma que os escorregamentos resultam da ação combinada de chuvas precedentes com chuvas intensas de curta e média duração, de onde se deve identificar as seguintes características pluviométricas: tempo de duração, intensidade mínima e as condições iniciais de umidade.

Os movimentos de massa não ocorrem somente diante de chuvas excepcionais, pois é necessário também considerar o tempo de duração dessas chuvas, a condutividade hidráulica dos solos e a variação do grau de saturação. Uma forte chuva de curta duração, precedida de dias secos, tem maior probabilidade de provocar movimentos, do que a mesma quantidade de chuva distribuída em tempo maior (Bigarella *et al.*, 2003).

Apesar da importância da ação mecânica das gotas das chuvas na morfogênese pluvial, o processo mais importante é o escoamento pluvial que aparece quando a quantidade de água precipitada é maior que a velocidade de infiltração. Depen-

dendo da concentração do escoamento, esse pode possuir uma grande competência erosiva, deixando marcas bastante nítidas na superfície, como as ravinas e voçorocas, que são muito comuns em falésias escalonadas do Ceará. O escoamento concentrado é característico de vertentes desnudas, pois na presença da cobertura vegetal o escoamento difuso predomina (Christofolletti, 1980).

Os escoamentos superficiais e sub-superficiais desempenham papéis fundamentais na deflagração de processos erosivos. De acordo com Molinari (2010), o escoamento superficial pode ser classificado como hortoniano ou dunniano (saturado), dependendo dos mecanismos envolvidos. O hortoniano é gerado quando a pluviosidade é superior à capacidade de absorção dos solos. Já o escoamento dunniano é causado pela elevação da zona de saturação em superfície.

No caso da zona costeira, a ação erosiva da abrasão marinha é fundamental na instabilidade das encostas e como agente desencadeador de movimentos de massa em falésias.

Um dos principais problemas ambientais da zona litorânea mundial, na atualidade, é a erosão costeira ou praial. Dados relativos à década de 1990 mostravam que, já naquela época, 70% das praias arenosas do planeta estavam em erosão, 20% em deposição e apenas 10% se encontravam em relativa estabilidade (Souza, 2015). As razões para essa predominância de erosão ou retrogradação da linha de costa no

mundo foram atribuídas a causas naturais e antrópicas. Entretanto, a maioria dos autores acreditava e ainda acredita que a principal causa esteja relacionada à elevação do nível relativo do mar (NM) durante o último século.

No caso das falésias arenosas do litoral cearense, os processos erosivos são responsáveis pelo transporte transversal de sedimentos. Podem ser marinhos (solapamentos e desmoronamentos) e subaéreos (ravinamentos e voçorocamentos) (Silva, 2021). Esses processos são responsáveis pela taxa de recuo das falésias costeiras, que é uma atividade natural podendo se intensificar com a intervenção antrópica, e criar áreas de risco.

Os processos erosivos subaéreos são destacados por sulcos, ravinamentos e voçorocamentos. Esses processos são ocasionados por fatores climáticos, a exemplo das precipitações, podendo imprimir alterações ao perfil das falésias.

Os processos subaéreos estão associados ao escoamento superficial e subsuperficial. O superficial ocorre quando não há mais capacidade de infiltração do solo nos eventos de pluviosidade (Guerra, 1994). A compactação do solo por pisoteamento, crescimento da malha urbana e ocupação interferem na velocidade de escoamento superficial e aumento da erosão linear.

O escoamento subsuperficial gera instabilidade e favorece o fluxo, consequentemente ocorre a perda de material e um recuo diferenciado das faces das falésias (Fernades; Amaral, 2000). Esse escoamen-

to ocorre quando a água infiltra nas falésias, escorrendo em camadas internas e podendo desaguar nas escarpas dos penhascos, criando Fontes de água e exutórios nas falésias.

O escoamento superficial juntamente com altas temperaturas, ou seja, o processo de molhagem e secagem do substrato, a vibração por pisoteamento e o movimentação de carros provoca fraturas e/ou fissuras nas falésias em escala milimétrica, denominadas de sulcos (Figura 13), os quais caracterizam o estágio inicial da erosão subaérea dos escarpamentos (Suguió, 2003). Quando os sulcos perdem parte do seu volume sedimentar, alargando suas vertentes na ordem de centímetros,

pode-se chamar de ravina. Dependendo das condições hidrogeológicas e estratigráficas da área, o aumento do escoamento superficial pelas ravinas pode desencadear o surgimento de voçorocas.

Figura 13 - Linha de falésia na praia do Retirinho, Acarati. Observar a sequência de sulcos no topo da falésia (tracejado amarelo), em destaque o predomínio de ravinas no escarpamento, e pequenas voçorocas na transição do topo para o escarpamento (seta vermelha)
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).





Figura 14 - Erosão subaérea em falésia na praia de Canoa Quebrada, município de Aracati. As setas amarelas indicam a presença de ravina; as setas azuis indicam voçorocas; e a seta tracejada azul sinaliza a utilização de voçoroca por banhistas como acesso à praia
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

Com o aumento da compactação do solo próximo à quebra do relevo em falésias arenosas, os níveis de voçorocamentos são maiores, se comparados com áreas sem ocupação. Podem ser definidas também como o alargamento das ravinas em escala métrica na superfície das falésias, e que dependendo das características altimétricas e litoestratigráficas são utilizadas como forma de acesso à praia por frequentadores (Figura 14).

A morfodinâmica que existe ao longo da faixa praias é resultante da interação das ondas incidentes, permanentes e ape-

riódicas, e dos fluxos gerados por ondas e marés. As ondas representam o principal agente modelador da zona costeira, pois ao chegarem à praia geram um movimento resultante chamado corrente longitudinal, que realiza o transporte de sedimentos responsável pela alimentação da faixa de praia das zonas litorâneas (Moura, 2009), além de ser responsável pelo solapamento da base das falésias.

Para Moraes (1996), as ondas representam o mais importante agente marinho que governa o desenvolvimento



da linha de costa, e muito da dinâmica do ambiente praiar é resultado direto ou indireto do poder abrasivo das ondas, que comandam a dinâmica dos processos erosivos e deposicionais.

Nas falésias com escarpas formadas por litologias ígneas ou metamórficas, a resistência do material é superior ao poder abrasivo das ondas, fazendo com que a erosão de milímetros ou alguns centímetros possa levar séculos. Por outro lado, falésias formadas em materiais sedimentares podem apresentar um padrão erosi-

vo intenso, superando a escala de metros por ano (Davidson-Arnott; Bauer; Houser, 2019).

Para Maia, Amorim e Meireles (2022), as falésias foram originadas durante os eventos transgressivos, com a erosão das ondas, provocando o recuo da borda dos continentes, resultando em escarpas rochosas. Nos eventos regressivos (glaciais) subsequentes, as falésias foram afastadas do contato com o mar e, do sopé dos paredões, surgiram os terraços marinhos (praias antigas), dunas, flechas de areia e praias rochosas.

Já as marés são elementos importantes a serem considerados no que tange ao transporte de sedimentos. Além disso, sua oscilação interfere na morfologia da costa, pois transfere as zonas de arrebenção, surfe e espraiamento sobre o perfil da praia.

De acordo com Chacanza (2023), as modificações morfológicas na faixa praial são fortemente influenciadas pelo regime e dinâmica de marés, energia de ondas e pela topografia local que resultam em processos erosivos ou deposicionais na faixa de praia e a consequente progradação ou retrogradação da linha de costa.

Portanto, os processos erosivos que ocorrem na faixa praial são produtos de fatores meteorológicos/climáticos, oceanográficos/hidrológicos, geológicos e antrópicos (Souza, 2015).

Os fatores climáticos têm maior influência nas variações do nível do mar e na atuação dos ventos, agindo no comportamento das ondas e, conseqüentemente, interferindo nas características das correntes costeiras. Os fatores oceanográficos/hidrológicos envolvem a ação de ondas e marés, e as correntes geradas por esses agentes. Dentre os diversos fatores geológicos atuantes no litoral, os de maior importância para as praias são os processos sedimentares que determinam o seu balanço sedimentar. Os fatores antrópicos compreendem as interferências do homem nos ecossistemas costeiros, modificando os fatores naturais.

3.2.5 Papel da cobertura vegetal

A degradação ou supressão da vegetação também constitui um importante agente desencadeador de movimentos de massa em encostas. A cobertura vegetal é fundamental na retenção da água da chuva. O dossel das folhas intercepta, em média, 10 a 15% da precipitação, podendo chegar a 40% em florestas tropicais (Bigarella *et al.*, 2003).

A vegetação se apresenta como mantenedora da estabilidade da vertente por meio da proteção exercida contra os efeitos da erosão pluvial e eólica. A evolução dos sistemas radiculares propicia uma maior aeração dos solos, podendo também exercer processos de desagregação mecânica a partir do desenvolvimento das raízes em rochas.

A erosão pluvial pode ser impedida, ou pelo menos muito retardada, por uma cobertura vegetal densa e por uma camada de detritos vegetais, principalmente folhas mortas. A permanência desses detritos vegetais depende da produtividade da vegetação e velocidade com que são destruídos pelos agentes decompositores (Tricart, 1977).

A vegetação constitui um fator positivo na dinâmica hidrológica devido à manutenção do equilíbrio geomórfico local, evitando a erosão. O teor de matéria orgânica ou serrapilheira sobre o solo auxilia na conservação dos materiais superficiais. Isso se deve ao fato de que sua estrutura e composição controlam a capacidade de retenção e armazenamento de água (Molinari, 2010).

Destaca-se que as falésias do Ceará, por serem ambientes muito dinâmicos, não apresentam cobertura vegetal ao longo do escarpamento. Porém, a cobertura vegetal

pode contribuir com a estabilidade, sobretudo com relação à ação pluvial, quando preservada no topo da escarpa (Figura 15).



Figura 15 - Topo de falésia, localizada à direita do estuário do rio Pirangi, estabilizado de ação pluvial por recobrimento vegetal. Nesse setor das falésias de Fortim, não se observa o desenvolvimento de sulcos e ravinas no topo. Os processos erosivos no escarpamento ocorrem em função da ação abrasiva das ondas, as quais proporcionam o solapamento da base da falésia (setas vermelhas) e, posteriormente, o deslizamento do material sobrejacente. Os tracejados amarelos indicam as cristas dos deslizamentos
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

3.2.6 Papel da ação antrópica

Os processos naturais relacionados com a evolução de vertentes apresentam diferentes tipos de material envolvido e capacidades energéticas variadas. Apesar da suscetibilidade natural à ocorrência de movimentos de massa em algumas encostas, a ação antrópica pode exercer forte influência no desencadeamento desses eventos.

A ocupação de encostas a partir de atividades agrícolas, expansão urbana e construção de estradas tem sido responsável pela instabilidade de áreas já suscetíveis a movimentos de massa, e isso se deve tanto pelos desmatamentos associados, como pela modificação na morfologia das vertentes.

Nesse sentido, a ação antrópica tende a intensificar os desmatamentos em encostas, provocando a sua desestabilização. Algumas atividades como construção de rodovias, casas e outras obras civis necessitam de um ajustamento topográfico, que geralmente demanda a realização de cortes e aterros.

Além dos danos existentes relacionados à ocupação de encostas suscetíveis a movimentos de massa, o problema se agrava quando essas ocupações estão associadas a técnicas inapropriadas que intensificam a possibilidade de ocorrência de um evento danoso.

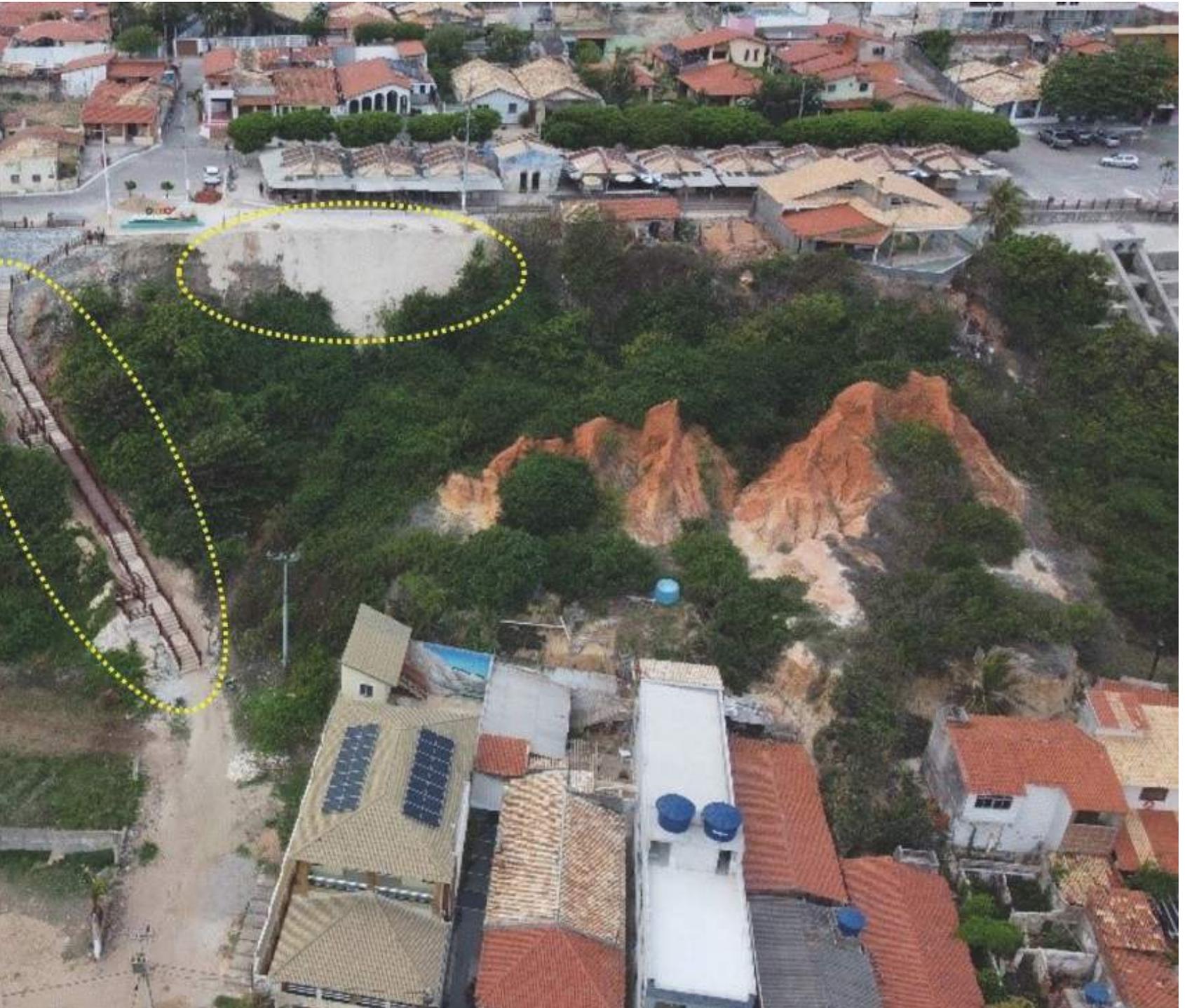
Nos ambientes de falésias do Ceará, a ação antrópica se dá preferencialmente por meio da construção de casas no topo e na base das falésias. Algumas obras de pa-

vimentação também são danosas, mudando a dinâmica do fluxo hidrológico, devido a obras de drenagem mal dimensionadas, que tendem a acumular água no topo das falésias, podendo justificar a saturação e desencadeamento de movimentos de massa. Esse contexto é muito comum em Morro Branco (Figura 16), Canoa Quebrada, Redonda e Majorlândia.



Figura 16 - Obras de infraestrutura urbana no topo e no escapamento da falésia na praia de Morro Branco, Beberibe. Os círculos tracejados indicam a construção de escadaria de acesso à praia e obra de recuperação de logradouro

Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).



3.3 Risco e perigo natural

Tendo em vista que a presente abordagem está focada em eventos morfodinâmicos em falésias capazes de transportar grandes quantidades de massa de detritos, podendo causar danos socioeconômicos, é fundamental que sejam apresentados conceitos básicos de risco e perigo.

De acordo com a *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* (UN-ISDR) (2009), risco pode ser definido como a combinação da probabilidade de um determinado evento e suas consequências negativas. O risco pode ser encarado como uma categoria de análise associada às noções de incerteza, exposição ao perigo, perdas e prejuízos humanos e socioeconômicos em função de processos de ordem natural ou de origem antropogênica (Castro; Peixoto; Rio, 2005).

O risco geológico é definido como uma situação de perigo, perda ou dano ao homem e às suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de processo geológico, induzido ou não (Cerri; Amaral, 1998). Para Tominaga, Santoro e Amaral (2012), dois elementos são fundamentais na formulação do risco: o perigo e a vulnerabilidade. Dessa forma, deve-se analisar o perigo de ocorrer um evento potencialmente danoso e a vulnerabilidade, que é o grau de suscetibilidade do elemento exposto ao perigo. Assim, podem existir áreas perigosas com maior ou menor grau de vulnerabilidade.

O perigo pode ser definido como um evento ou fenômeno potencialmente dano-

so, que pode causar perdas de vidas humanas ou ferimentos de pessoas, danos socioeconômicos ou degradação ambiental. Os tipos de perigos têm sido divididos em dois grandes grupos, que são os perigos naturais e tecnológicos, sendo que os naturais estão associados a fenômenos naturais danosos, enquanto os perigos tecnológicos estão associados a danos provocados por acidentes industriais ou relacionados com obras de infraestrutura (UN-ISDR, 2004).

Ainda segundo a UN-ISDR (2004), os perigos naturais são classificados em três categorias: hidrometeorológicos, geológicos e biológicos. Os perigos geológicos são fenômenos naturais de origem endógena ou exógena, tais como terremotos, *tsunamis*, erupções vulcânicas e movimentos de massa.

Castro, Peixoto e Rio (2005) afirmam que o risco natural está objetivamente relacionado com processos e eventos de origem natural ou induzido pela ação do homem. A natureza desses eventos é bastante diversa nas escalas espacial e temporal e, por isso, pode-se apresentar através de diferentes intensidades de perdas, em função da magnitude, da abrangência espacial e do tempo de duração dos eventos.

De acordo com a Lei 12.608/2012, o risco de desastre é definido como a “probabilidade de ocorrência de significativos danos sociais, econômicos, materiais ou ambientais decorrentes de evento adverso, de origem natural ou induzido pela ação humana, sobre ecossistemas e populações vulneráveis”.

Com relação à classificação dos riscos, uma das propostas mais adotadas no Brasil é a de Cerri (1993), onde o autor divide os riscos ambientais, de acordo com o agente desencadeador, em tecnológicos, sociais e naturais. Nessa proposta, os movimentos de massa estão associados com riscos geológicos, que estão no grupo de riscos físicos, que fazem parte do grupo de riscos naturais (Figura 17).

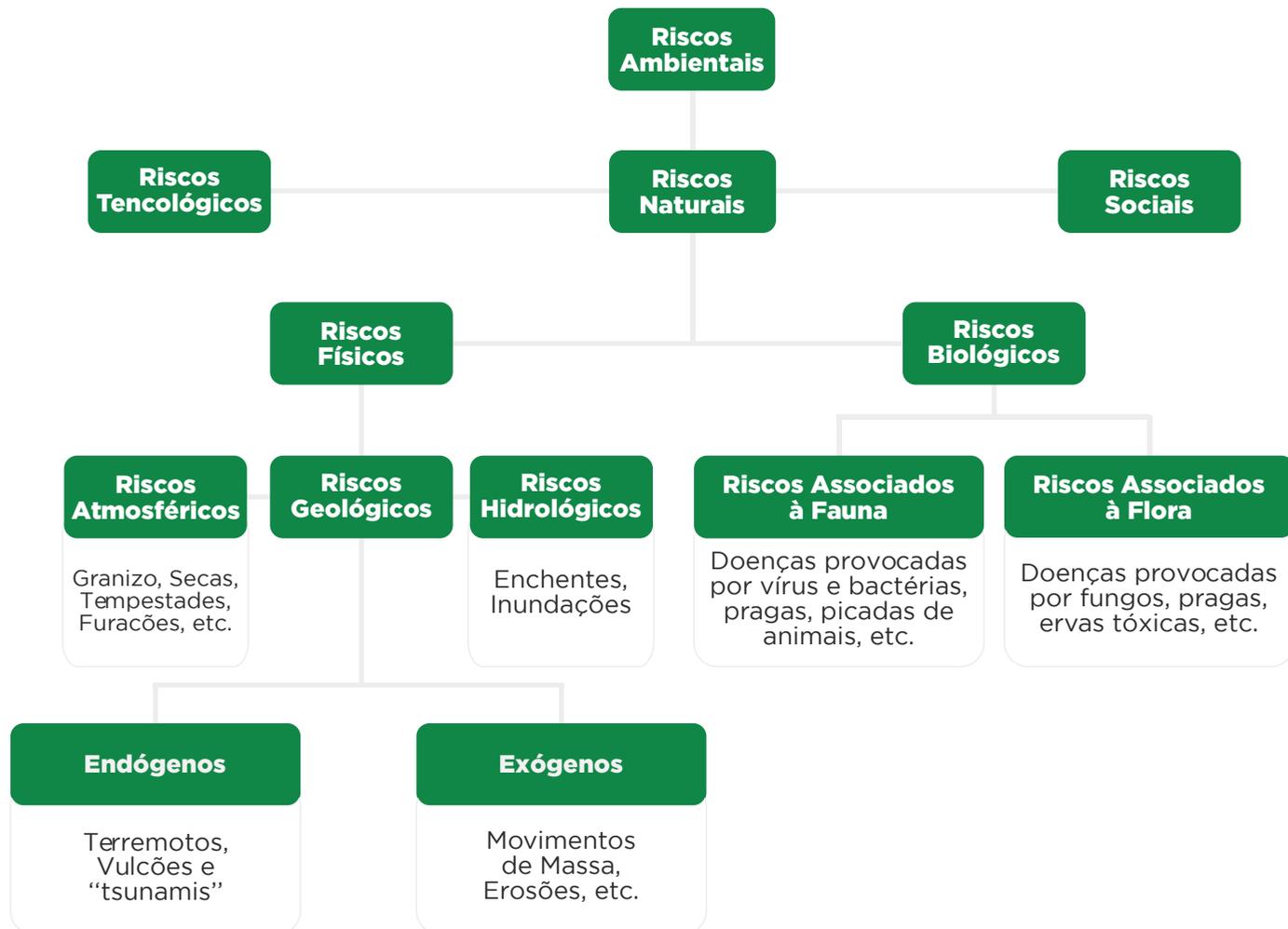


Figura 17 – Classificação dos tipos de riscos ambientais
Fonte: Cerri (1993).

De maneira similar ao que já foi apresentado, Cerri e Amaral (1998) fazem uma distinção entre quatro definições: acidente, evento, risco e suscetibilidade. Assim:

- Acidente: é um evento adverso que resulta em danos materiais, físicos ou am-

bientais, com consequências para a vida, propriedade e infraestrutura;

- Evento: Qualquer ocorrência, natural ou causada por humanos, que tenha o potencial de impactar a segurança, as pessoas, propriedades e o meio ambiente,

mas que não necessariamente causa danos imediatos.

- **Risco:** é a probabilidade de ocorrência de um evento adverso, combinada com a gravidade dos possíveis danos que ele pode causar.

- **Suscetibilidade:** é a condição ou vulnerabilidade de uma área, população ou infraestrutura que a torna propensa a ser afetada por um evento adverso.

3.4 Defesa civil e planos de contingência

No Brasil, a principal norma federal referente a ações decorrentes de acidentes naturais é a Lei 12.608/2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). Essa norma surgiu motivada pelos graves eventos pluviométricos na serra fluminense (Rio de Janeiro), em 2011, que foram responsáveis por desastres que ceifaram mais de mil vidas humanas. Dentre as inúmeras contribuições dessa norma, destacam-se o estabelecimento de parâmetros do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e do Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC), as atribuições dos entes envolvidos com desastres naturais, além da criação de sistema de informações e monitoramento de desastres e o estabelecimento de definições básicas sobre o tema.

Atualmente vinculada ao Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional,

a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) é a representante central do SINPDEC, sendo responsável por coordenar as ações de proteção e defesa civil em todo o território nacional. Sua atuação visa reduzir os riscos de desastres através de ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. Ela se dá de forma multissetorial e nos três níveis de governo federal, estadual e municipal, devendo contar com ampla participação da comunidade.

Vinculado à SEDEC, encontra-se disponível o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), que se trata de uma plataforma com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da disponibilização de informações sistematizadas. No S2iD os municípios podem solicitar recursos do governo federal para ações de resposta e de recuperação, registrar desastres e solicitar reconhecimento.

Em 2011, por meio do Decreto Presidencial nº 7.513, foi criado o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN), vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), com o intuito de fazer um contínuo aperfeiçoamento acerca de monitoramento e alerta de desastres naturais no Brasil. Os resultados das pesquisas e ferramentas do CEMADEN e pelas redes de outras instituições federais e estaduais, somados à disponibilização de um grupo de profissionais com conhecimentos em meteorologia, geologia, hidro-

logia e desastres naturais, permitem o envio antecipado de alertas de desastres naturais para áreas de risco no país.

Na gestão de riscos naturais, os planos de contingência possuem papel fundamental. De acordo com o Capítulo 2 da Lei 12.608/2012, o plano de contingência é definido como um “conjunto de procedimentos e ações previstos para prevenir acidente ou desastre específico ou para atender emergência dele decorrente, incluída a definição dos recursos humanos e materiais para prevenção, preparação, resposta e recuperação, elaborado com base em hipóteses de acidente ou desastre, com o objetivo de reduzir o risco de sua ocorrência ou de minimizar seus efeitos”.

Na elaboração de um plano de contingência, a Lei 12.340/2010 define alguns elementos básicos como indicação de responsabilidades em cada órgão na gestão do desastre, definição de sistemas de alerta articulados com sistemas de monitoramento, organização dos exercícios simulados, organização de um sistema de atendimento emergencial, cadastramento de equipes técnicas e localização de centros estratégicos em caso de situações extremas.

É importante destacar o envolvimento da sociedade na efetividade de um plano de contingência, pois ela facilita e contribui para a ação do órgão gestor. Dessa forma, deve ser estimulada a criação de Núcleos Comunitários de Proteção e Defesa Civil, Colegiados Municipais de Defesa Civil, ca-

pacitações e outros instrumentos de participação social.

No Estado do Ceará, destaca-se o Decreto nº 34.595, de 17 de março de 2022, que instituiu a Política Estadual de Proteção e Defesa Civil (PEPDEC), organizando o Sistema Estadual de Proteção e Defesa Civil (SIEPDEC), estabelecendo parâmetros relacionados à Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil (CEDEC) e o Conselho Estadual de Proteção e Defesa Civil (COEPDEC).

Na estrutura organizacional da Defesa Civil do Ceará, o COEPDEC é integrante do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (CBMCE), cujo representante preside o COEPDEC.

Em âmbito nacional, os desastres naturais são divididos em grupos e subgrupos, a partir da Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE). Os desastres naturais são divididos em geológicos, hidrológicos, meteorológicos, climatológicos e biológicos. Os acidentes em falésias constituem desastres geológicos relacionados a fenômenos de movimentos de massa e erosão costeira, a qual é capaz de ser reforçada pelo aumento do nível do mar e em função de eventos extremos mais frequentes sob um clima em mudança.



**CENÁRIOS
DE RISCO EM
FALÉSIAS DO
CEARÁ**

4. CENÁRIOS DE RISCO EM FALÉSIAS DO CEARÁ

No litoral do Ceará existem falésias associadas aos sedimentos Cenozoicos do Grupo Barreiras (Neógeno) e do Pós-Barreiras (Quaternário), ocorrendo sobretudo no litoral Leste, a partir do município de Beberibe. A evolução natural dessas falésias se deve, preferencialmente, aos movimentos gravitacionais de massa responsáveis pelo seu recuo, cuja instabilidade morfodinâmica é comandada pela erosão marinha e ação pluvial.

A hidrodinâmica ao longo da linha de costa é resultado da interação da ação das ondas incidentes, que arrebatam e geram fluxos, associados à variação vertical e horizontal do nível da água provocados pelas marés (Calliari *et al.*, 2003). Essa hidrodinâmica proporciona movimentos de massa associados ao solapamento da base das falésias, ocasionando, posteriormente, o colapso do material sobrejacente.

Esse estágio marinho erosivo (solapamento) é utilizado como indicador de área de risco, pois precede aos desmoronamentos da porção superior das falésias. Com isso, a área da praia adjacente ao solapamento é classificada como uma área de risco temporária até que ocorram os movimentos de massa dos sedimentos ou rochas superiores (Silva, 2021). Ressalta-se que os níveis extremos do mar são acionados pela combinação de tempestades, marés e ondas. Essa conjunção, em locais vulneráveis, é constitutiva de perigos graves, causadores de danos extensos (Tebaldi *et al.*, 2021).

De acordo com Paula *et al.* (2011), eventos de alta energia, como as ressacas do mar, ocorrem sazonalmente nos 573 km do litoral cearense como consequência da sobre-elevação momentânea dos níveis d'água do mar. As ressacas do mar ocorrem quando há transferência de energia para a coluna de água por meio da quebra das ondas, ação dos ventos, processos astronômicos (superluas e maré equinocial) e fenômenos meteorológicos (ciclones tropicais) que envolvem variações do nível do mar (Paula *et al.*, 2015). Os movimentos de massa em falésias são de difícil previsibilidade, podendo-se apenas indicar o nível de suscetibilidade ao qual as falésias estão sujeitas. Isso se deve, sobretudo, ao seu comportamento morfoestrutural.

Tendo em vista a necessidade do estabelecimento dos cenários de risco em ambientes de falésias, o presente relatório adotou uma divisão das tipologias de falésias a partir de suas características morfoestruturais e morfodinâmicas predominantes. Dessa forma, foi adotada a seguinte classificação:

1. Falésias escarpadas com material litificado (Redonda, Ponta Grossa, Peroba, Barreiras e Camocim);
2. Falésias escarpadas com material friável (Retirinho, Fortim, Pacheco e um trecho do Monumento Natural das Falésias de Morro Branco);
3. Falésias escalonadas (Morro Branco, Praia das Fontes, Canoa Quebrada, Majorlândia e Lagoinha);
4. Falésias em promontórios litificados (Pontal do Maceió, Taíba, Sucatinga, Lagoinha e Jericoacoara); e
5. Falésias arrasadas por ravinamento e voçorocamento (Lagoa do Mato e Quixaba).

A distribuição espacial dessas categorias de falésias pode ser observada nos mapas das Figuras 18, 19, 20, 21, 22 e 23.

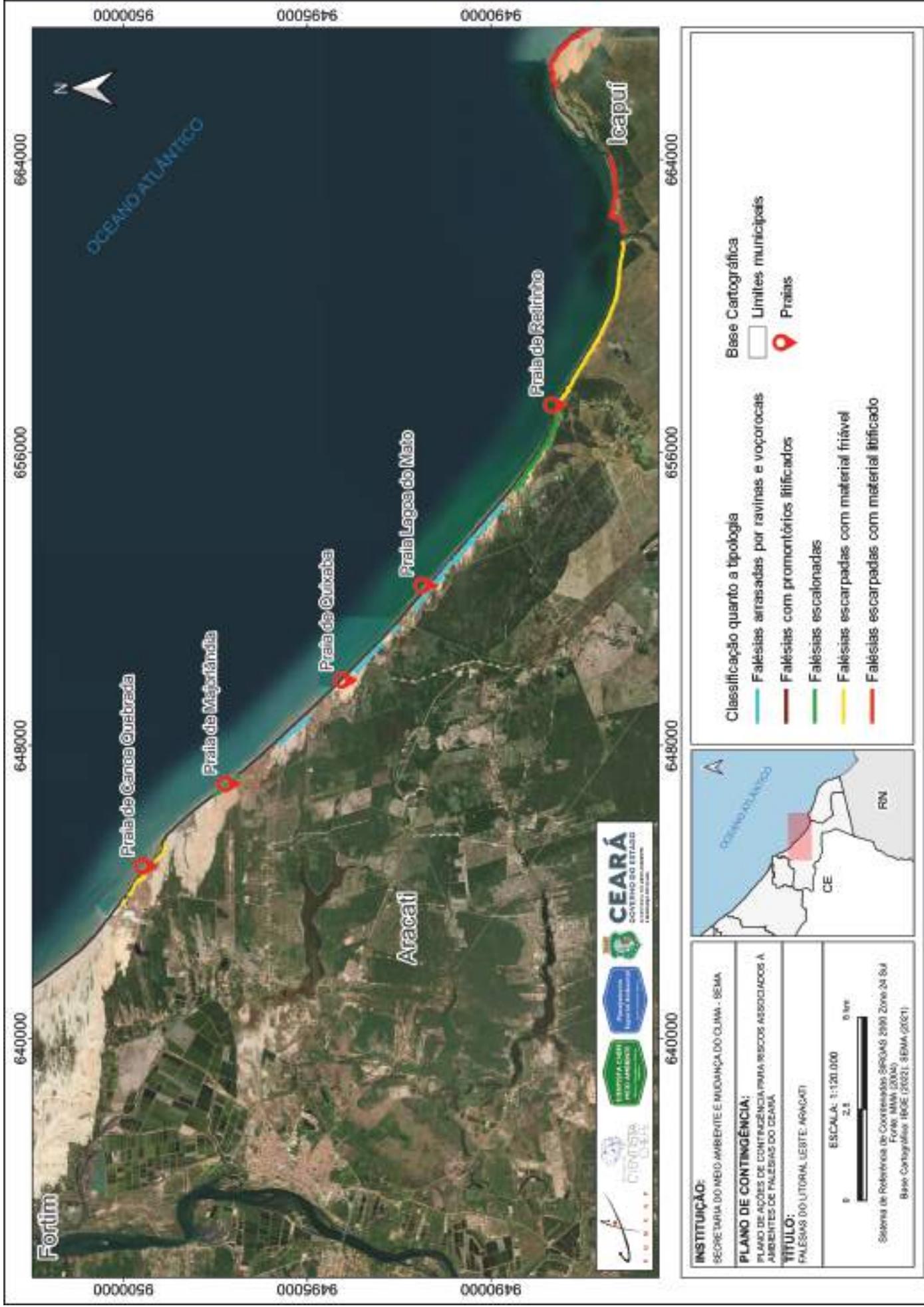


Figura 18 - Espacialização das falésias do município de Aracati
Elaboração: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).



Figura 19 - Espacialização das falesias do município de Fortim
Elaboração: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

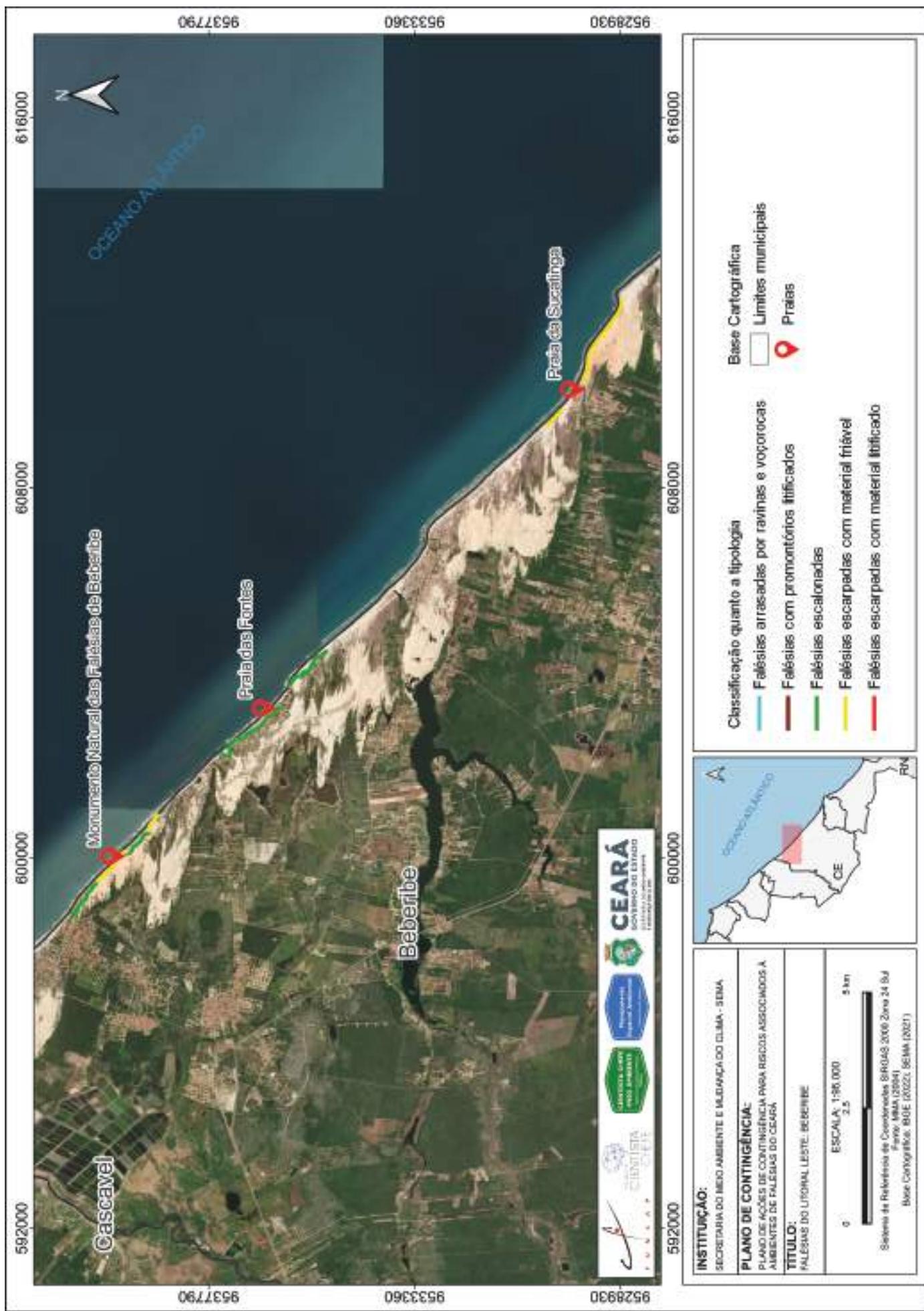


Figura 20 - Espacialização das falésias do município de Beberibe
Elaboração: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

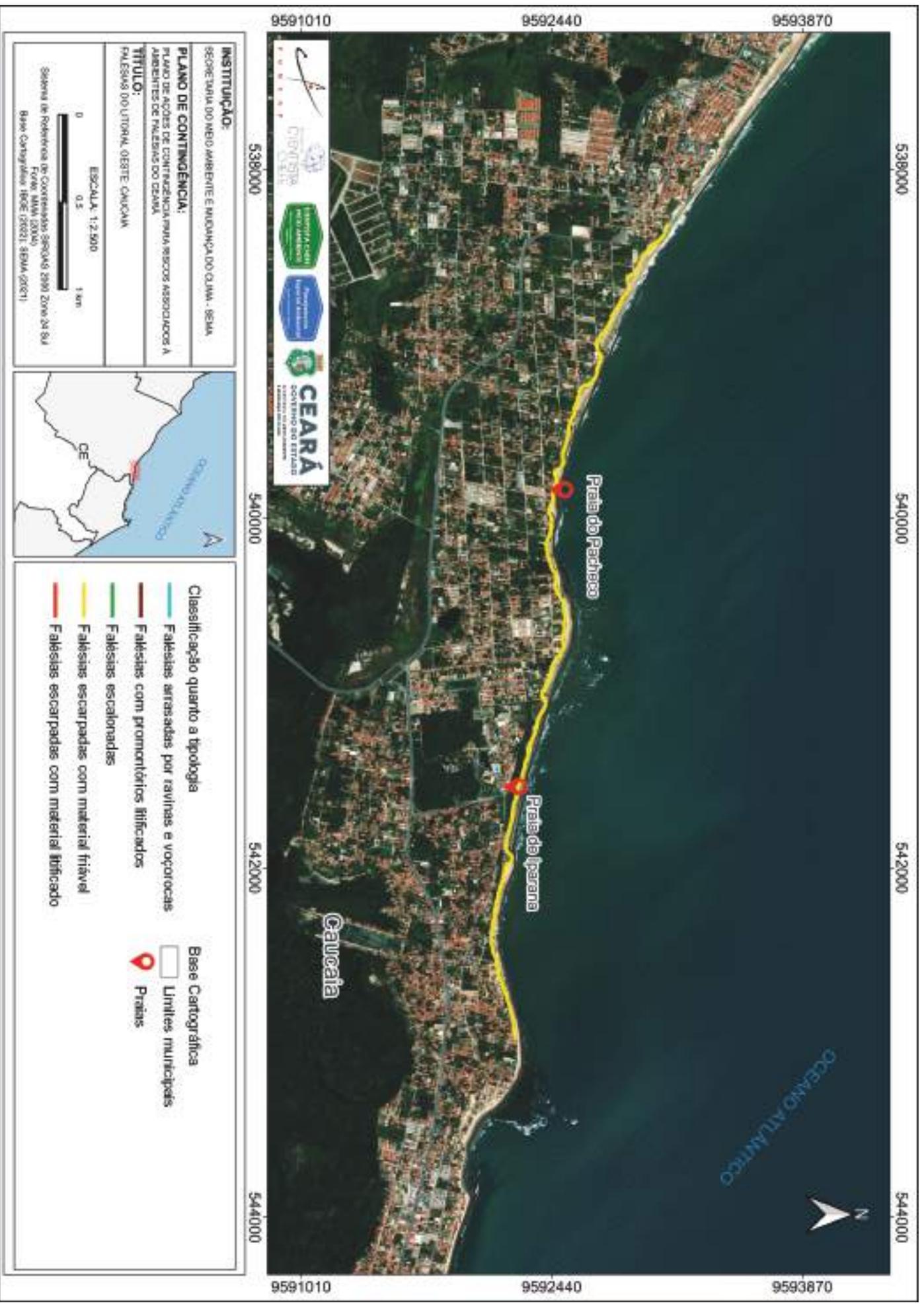


Figura 21 - Espacialização das falésias do município de Caucaia
Elaboração: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

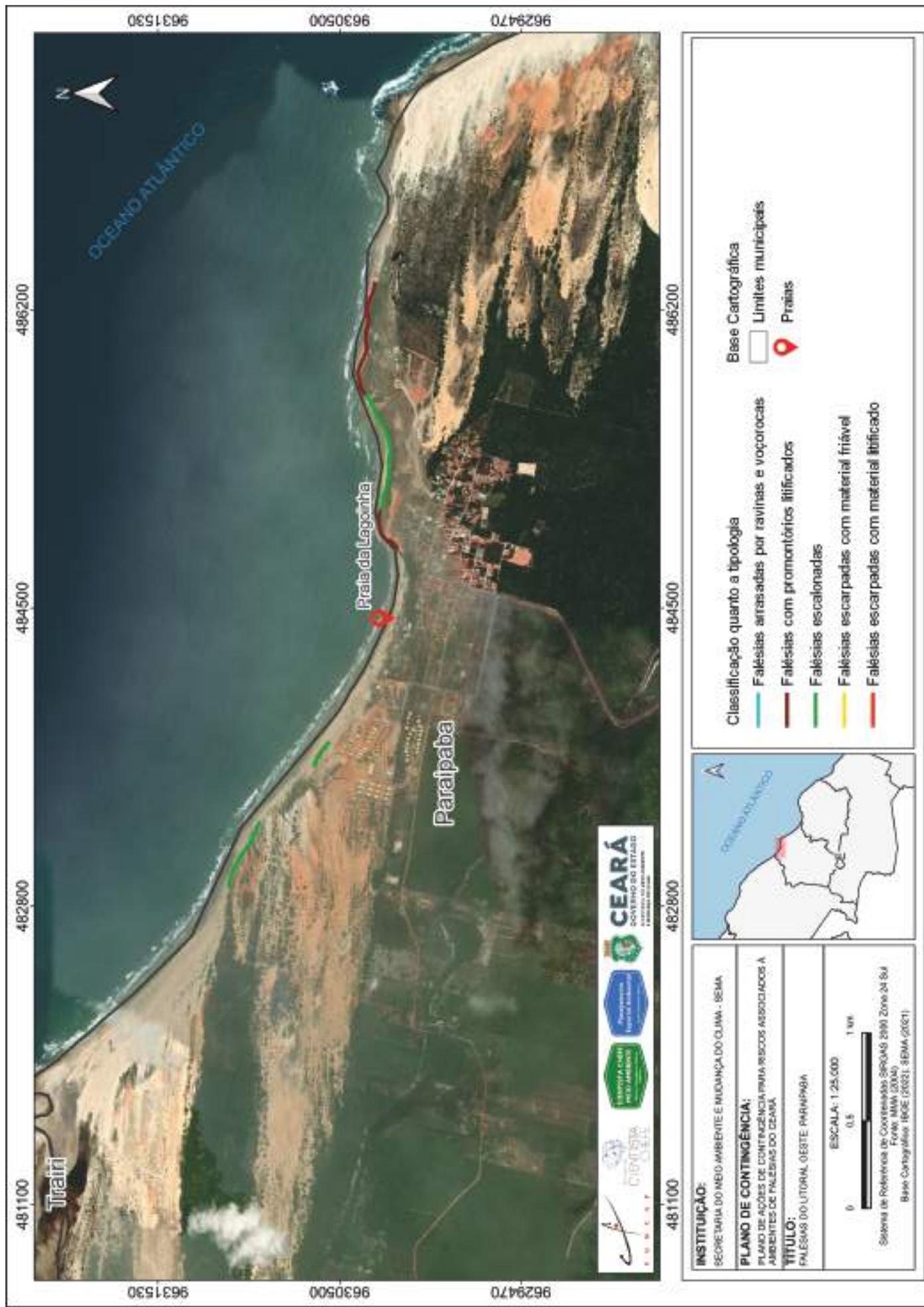


Figura 22 - Especialização das falésias do município de Paraipaba
Elaboração: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).



Figura 23 - Espacialização das falésias do município de Icapuí
Elaboração: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

4.1 Falésias escarpadas com material litificado

Essa tipologia de falésias é encontrada basicamente no município de Icapuí, nas praias de Redonda, Ponta Grossa e Peroba, com altitudes de escarpamento que podem ultrapassar 15 metros. Em Camocim também se encontra uma pequena linha de falésias escarpadas, relacionadas aos conglomerados da Formação Camocim, porém, com altitudes bem mais modestas, da ordem de 3 metros.

Essas falésias são caracterizadas pelo comportamento escarpado da base até o topo e isso se deve à homogeneidade do material litificado que a compõe. Dessa forma, a ação erosiva provocada pelo solapamento basal justifica um recuo relativamente uniforme do escarpamento sem perder a verticalidade. Trata-se de falésias que evoluem a partir de quedas de blocos e detritos coesos com grandes velocidades e que envolvem material de dimensões centimétricas a métricas que, ao caírem, tendem a formar depósitos de tálus e até mesmo pequenos leques aluviais. Em alguns setores podem ocorrer tombamentos.

A capacidade energética das quedas nessas falésias depende preferencialmente da altura do escarpamento e do local de onde o material se desprende, possuindo relação com a aceleração da força da gravidade.

Os riscos associados a esses tipos de falésias são preferencialmente relacionados à queda de pessoas e veículos da parte superior das falésias e à probabilidade de serem atingidas ao transitarem nas proximidades da base do escarpamento no momento dos movimentos de massa, principalmente nos períodos de maré cheia. Esse tipo de situação tem elevado potencial de fatalidades, sobretudo em Icapuí, tendo em vista a altura das falésias,



a sua geometria escarpada, o elevado grau de litificação do material e a densidade de fraturamentos desse material. A ação erosiva da abrasão marinha na base das falésias pode gerar escarpamentos negativos (Figura 24), formando abrigos que tendem a aumentar a suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa.



Figura 24 - Escarpamento negativo, com formação de “abrigos” na base de falésias em Redonda (Icapui)
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

Algumas falésias apresentam depósitos de tálus preservados de antigas quedas com blocos litificados pesando algumas toneladas e indicando a elevada capacidade energética dos eventos (Figuras 25 e 26).

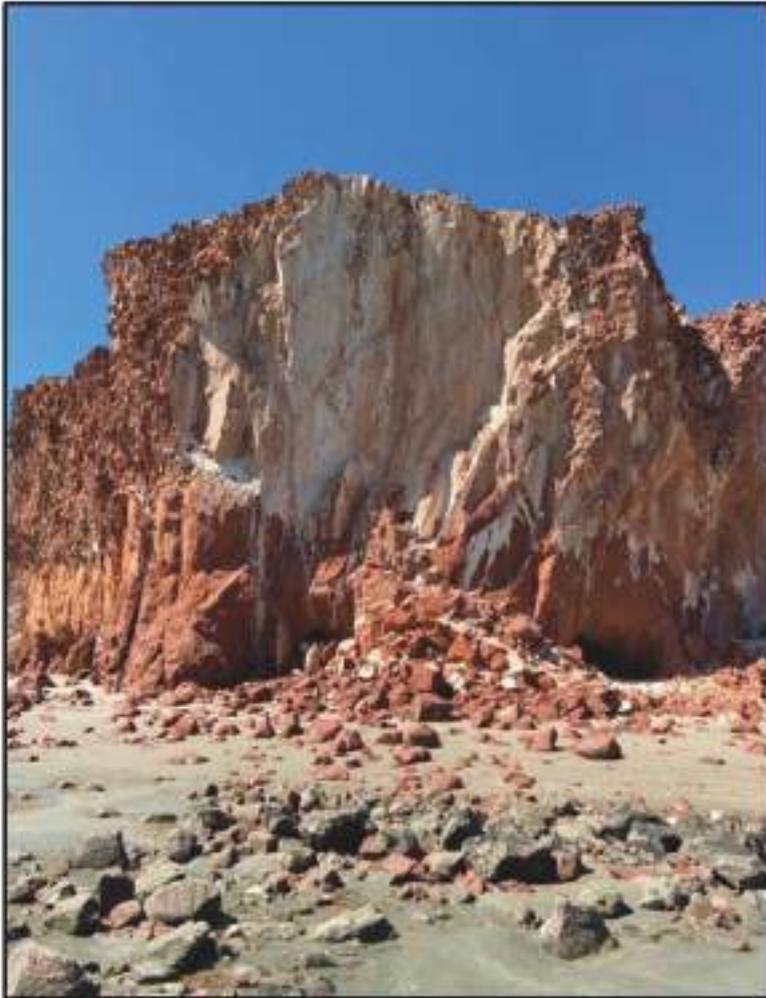


Figura 25 - Depósito de detritos de dimensões métricas na base de falésias em Redonda (Icapui)
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).



Figura 26 - Depósito de detritos de dimensões métricas na base de falésias na Praia de Barreiras (Icapui)
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

Alguns setores são potencialmente perigosos como os situados na Praia de Ponta Grossa e nas falésias próximas de Redonda, tendo em vista uma maior quantidade de frequentadores (Figuras 27 e 28). Os riscos associados às falésias dessas áreas são similares ao que se identifica nas falésias da praia de Pipa (RN), com possibilidades de perdas de vidas humanas em eventos de quedas.





Figura 27 - Turistas em áreas de risco (círculo amarelo) na base de uma falésia escarpada na praia de Ponta Grossa (Icapuí)
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).



Figura 28 - Turistas (círculo amarelo) abrigados na base de uma falésia escarpada na praia de Redonda (Icapuí)
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).



Algumas falésias possuem material litificado controlado por planos verticais de fraturamentos, justificando a possibilidade da ocorrência de tombamentos, como pode ser observado na praia de Barreiras (Icapuí) (Figura 29). Nesse caso, a área de risco potencial tende a aumentar por conta da dimensão dos blocos e de sua amplitude de alcance em eventuais tombamentos.

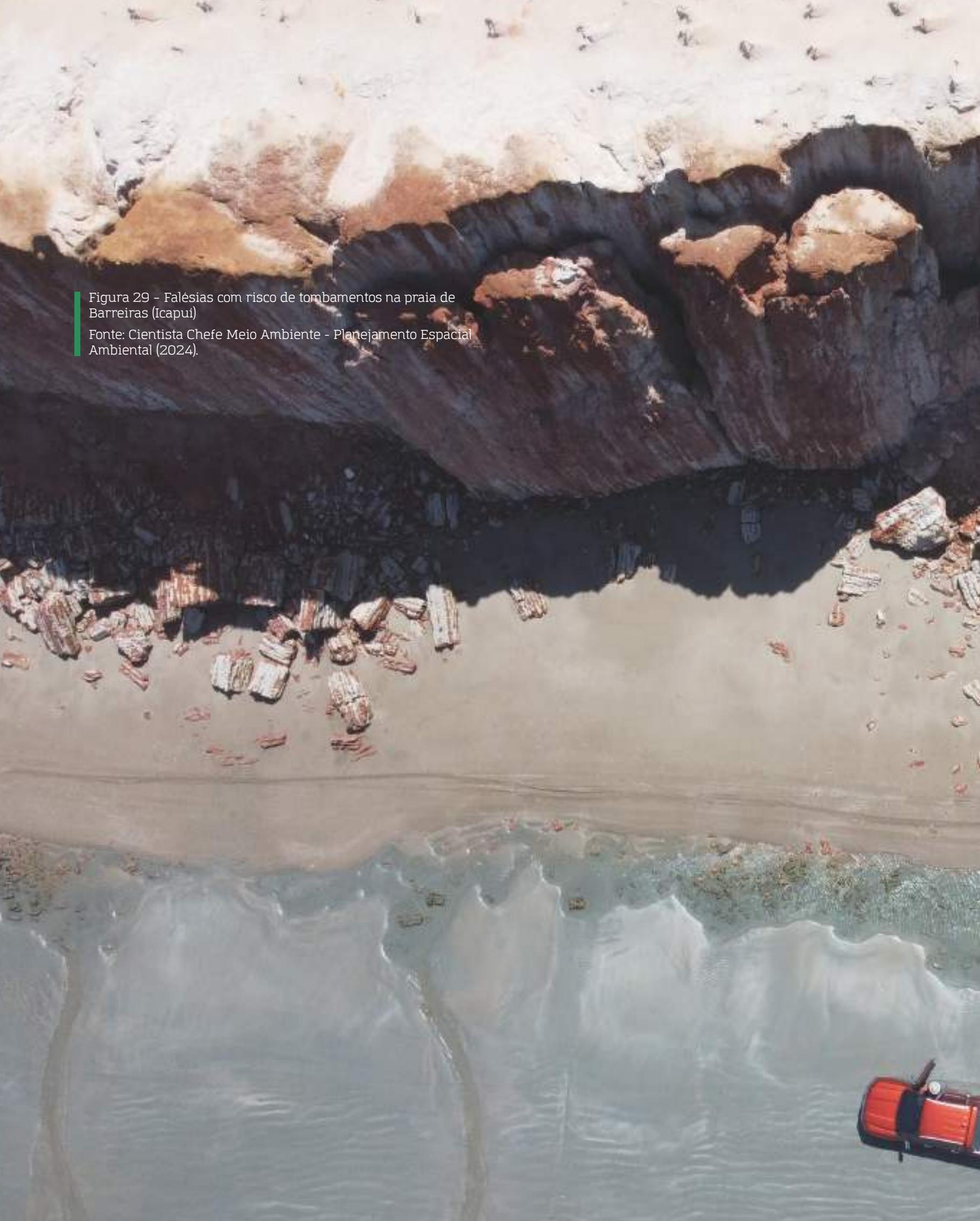


Figura 29 - Falésias com risco de tombamentos na praia de Barreiras (Icapuí)

Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).



Além dos riscos relacionados à possibilidade de pessoas e/ou veículos serem atingidos por movimentos de massa na base de falésias, principalmente durante a maré cheia, existem também riscos de acidentes relacionados à queda de pessoas que se aventuram para chegar ao topo dessas falésias. No caso de Icapuí, essa situação é menos provável, tendo em vista a dificuldade de acesso pela linha de costa devida ao comportamento escarpado das falésias. Dessa forma, o acesso ocorre preferencialmente a partir do continente por meio de trilhas. Como essas falésias possuem alturas superiores a 15 metros, a ocorrência de quedas de pessoas do topo tende a ser fatal.

Outro cenário de risco relacionado a esse tipo de falésias está associado às construções situadas na base das falésias, as quais podem ser atingidas por detritos decorrentes de movimentos de massa. Essa situação pode ser constatada em residências situadas nas praias de Barreiras (Figura 30) e Peroba, em Icapuí.





As falésias presentes no município de Camocim possuem menor risco, tendo em vista a sua menor altura (≤ 4 metros) e maior litificação ferruginosa dos conglomerados da Formação Camocim, que lhe confere uma maior estabilidade. No entanto, não se pode descartar a possibilidade de ocorrência de acidentes, tanto com pessoas localizadas na base quanto no topo das falésias.

Figura 30 - Residência situada na base de falésia na praia de Barreiras (Icapui)
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

4.2 Falésias escarpadas com material friável

As falésias escarpadas com material friável se localizam nas praias do Retirinho e Canoa Quebrada (Aracati), em um trecho situado à Leste da foz do rio Pirangi (Fortim), na praia do Pacheco (Caucaia) e no limite Leste do Monumento Natural das Falésias de Beberibe.

Trata-se de falésias escarpadas da base até o topo e com alturas que podem passar de 15 metros, sendo formadas por depósitos do Pós-Barreiras, com sedimentos friáveis ao longo de todo o escarpamento. Em alguns casos, o escarpamento apresenta suaves desníveis geométricos relacionados a setores com maior oxidação de ferro ao longo do perfil, conforme pode ser observado na Praia do Pacheco (Figura 31).





Figura 31 - Falésias com material friável na praia do Pacheco (Caucaia)
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).



Diferentemente das falésias com material litificado, cuja resistência litológica possui competência na manutenção do escarpamento, as falésias com material friável possuem escarpamentos preferencialmente relacionados à dinâmica erosiva marinha, cuja competência e velocidade é maior do que o processo de dissecação pluvial da encosta. Em determinadas situações, o escarpamento também é mantido pela presença de vegetação no topo da escarpa, como observado em Fortim (Figura 32).



Figura 32 - Falésias com material friável em Fortim com densa cobertura vegetal no topo da escarpa

Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

As maiores falésias com esse tipo de comportamento estão situadas na praia do Retirinho (Aracati), com uma extensão de 6 km de falésias escarpadas contínuas e sem acessos para carros ou pessoas às áreas mais elevadas (Figura 33).



Figura 33 - Falésias com material friável na praia do Retirinho (Aracati)

Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).



Os riscos associados a essas falésias se devem aos movimentos de massa, com predomínio de quedas de detritos finos (areia e cascalho). Em alguns casos podem ocorrer pequenos fluxos decorrentes de concavidades formadas em restritos setores dos escarpamentos. Como se trata de material friável e de menor calibre, a possibilidade de fatalidades é bem menor em casos de pessoas atingidas por esses movimentos de massa; porém, podem ocorrer soterramentos, nos casos de falésias mais altas (Retirinho e Pacheco). Na praia do Pacheco há placas de sinalização de risco de movimentos de massa numa área específica mais visitada. Na praia de Canoa Quebrada, por conta da maior visitação turística, esse risco se torna mais evidente (Figura 34).





Figura 34 - Falésias com material friável na praia de Canoa Quebrada (Aracati). Nota-se a presença de depósitos de fluxos de detritos na base do escarpamento (seta amarela)
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).



Além dos riscos relacionados com movimentos de massa, existem também os casos de circulação de visitantes no topo das falésias e os respectivos riscos de quedas. Nesse caso, os riscos são tantos de pessoas como de veículos que acessam o topo das falésias (Figura 35) e isso pode ser constatado no setor Leste do Monumento Natural das Falésias de Beberibe, cujo acesso diário de pessoas e veículos através da praia das Fontes é muito frequente (Figura 36), sem nenhum controle de acesso à unidade de conservação de proteção integral nesse setor. Nesses casos, os acidentes podem ocorrer tanto na frente dos escarpamentos como ao longo das voçorocas formadas pela ação pluvial.



Figura 35 - Falésias no Monumento Natural das Falésias de Beberibe com processos de voçorocamento e visitação turística no seu topo

Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).



Figura 36 - Cenário de riscos de quedas de pessoas e veículos nas falésias no Monumento Natural das Falésias de Beberibe
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

Na praia do Retirinho existe um risco elevado de danos materiais para pessoas que trafegam com veículos na faixa de praia, tendo em vista a ausência de acessos para setores mais elevados, não existindo “área de escape”. Dessa forma, em situações de marés altas, o veículo ficará preso na base das falésias. Cabe destacar que esse setor é bastante remoto e com restrita visitação, o que tende a diminuir os riscos de acidentes envolvendo vítimas; porém, aumenta a dificuldade no contato para ações de resgate.



Figura 37 - Falésia escalonada na praia de Morro Branco (Beberibe)
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).



Figura 38 - Falésia escalonada na praia de Lagoinha (Paraipaba)
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

4.3 Falésias escalonadas

Algumas falésias do Ceará possuem comportamento morfológico escalonado, desde a plataforma de abrasão em direção ao interior e isso se deve à variação litológica/textural ao longo do seu perfil, justificando diferentes velocidades de recuo do escarpamento ao longo do perfil geológico. Esse comportamento pode ser observado nas falésias de Morro Branco (Figura 37), praia das Fontes e Sucatinga (Beberibe), Lagoinha (Paraipaba) (Figura 38) e Majorlândia (Aracati). Essas diferenças litológicas/texturais se devem geralmente a setores de maior concentração de óxidos de ferro e alumínio, setores com cimentação carbonática insipiente e áreas com deposição eólica (paleodunas) com material friável no topo das falésias, sendo responsáveis pela manutenção de patamares em níveis intermediários entre a base e o topo da falésia.



Em decorrência dessa variação topográfica escalonada, essas falésias apresentam avançados processos de erosão pluvial com ravinas e voçorocas, tendo em vista a natureza arenosa do material e os declives. Tais processos podem formar sulcos profundos intercalados por cristas arenosas, que chegam a ultrapassar 10 metros, sendo locais muito frequentados por turistas, geralmente designados como “labirintos” pelos visitantes.

Outro elemento importante na configuração dessas falésias é o trabalho exercido pela drenagem subsuperficial. As variações litológicas/texturais ao longo dos perfis das falésias justificam dinâmicas hidrogeológicas que formam *piping* e ressurgências ao longo dos escarpamentos. Essa drenagem contribui para a formação das voçorocas e, em casos de maior litificação do material, podem formar cavidades e até mesmo abrigos na base dos escarpamentos, configurando áreas de elevado risco de colapso, por conta do sobrepeso das camadas superiores associado à limitada coesão do material.

Os movimentos de massa mais comuns nessas falésias escalonadas são as quedas e fluxos, que estão associados preferencialmente a um material arenoso, tendo em vista a limitada litificação. Em alguns setores urbanos, como no caso de Morro

Branco (Beberibe), obras de infraestrutura alteram a dinâmica do escoamento superficial e podem provocar saturação hídrica em função da impermeabilização antrópica dos setores mais elevados das falésias, podendo provocar fluxos que envolvem, além do material arenoso natural, os detritos da construção civil.

Em 2021, em Morro Branco ocorreu um fluxo de detritos relacionado à saturação hídrica decorrente de problemas de drenagem urbana (Figuras 39 e 40), conforme referido anteriormente. Após o referido evento, foi feita uma obra de contenção na encosta com taludes escalonados de concreto (Figura 41).



Figura 39 - Fluxo de detritos durante evento chuvoso em Morro Branco (Beberibe) no ano de 2021
Fonte: Maia (2021).

Sedimentos friáveis, quando saturados em água, perdem coesão. A lubrificação gerada pela água, ocasiona sua desestabilização, que leva ao colapso da escarpa e ao fluxo de detritos.



Figura 40 - Bloco diagrama, apresentando o fluxo de detritos ocorrido, em 2021, na praia de Morro Branco, município de Beberibe

Fonte: Maia (2021).



Figura 41 - Obra de contenção (círculo amarelo) com taludes escalonados de concreto na praia de Morro Branco, após o fluxo de detritos que destruiu parte da infraestrutura urbana do setor em 2021

Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

Dentre os riscos associados a essas falésias, destaca-se a possibilidade de pessoas serem atingidas por movimentos de massa na plataforma de abrasão e até mesmo dentro das voçorocas, que são locais muito visitados. No entanto, o risco mais iminente de acidente nessas falésias está relacionado à visita de pessoas em cavidades formadas pela ação erosiva subsuperficial (*piping*), com destaque para um conhecido ponto turístico da praia das Fontes (Beberibe) denominado de “Gruta Mãe d’Água”: uma cavidade onde os visitantes adentram horizontalmente cerca de 5 metros em um abrigo sustentado por material friável e muito fraturado, apresentando um volume de dezenas de toneladas nas camadas situadas imediatamente acima (Figura 42). Essa área já tinha sido interditada pela Defesa Civil municipal, por meio de laudo emitido em 2022, a qual fixou uma placa de aviso, alertando sobre o perigo iminente de colapso. No entanto, a referida placa foi removida e atualmente se encontra jogada em cima da entrada do abrigo, sem possibilidade de visualização por parte dos visitantes (Figura 43).





Figura 42 - Abrigo formado pela ação erosiva subsuperficial conhecido como Gruta Mãe d'Água, situado na Praia das Fontes (Beberibe)
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).



Figura 43 - Placa de interdição da Gruta Mãe d'Água, originalmente instalada em 2022, e atualmente retirada do raio de visão de visitantes

Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

Além dos riscos relacionados com movimentos de massa, existem também os casos de visitantes no topo das falésias e nas partes elevadas das voçorocas. Essa situação de risco é muito evidente no Monumento Natural das Falésias de Beberibe (Figura 44), cujo acesso às bordas dos escarpamentos não possui nenhum tipo de controle, e os visitantes podem ter acesso às bordas das voçorocas com alturas superiores a 10 metros.



Figura 44 - Voçorocas nas falésias do Monumento Natural das Falésias de Beberibe, configurando áreas de risco para visitantes

Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

Essas falésias também apresentam áreas de risco em setores urbanizados (e.g. área residencial e infraestrutura urbana), como observado nas praias de Morro Branco, Praia das Fontes e Majorlândia. Nesses casos, os eventos gravitacionais podem ser induzidos por mudanças realizadas na drenagem urbana da área residencial, gerando situações de risco, como ocorreu, em 2021, em Morro Branco, por conta da ação da erosão regressiva. Nesse caso, é comum que as estruturas urbanas como muros residenciais sejam colapsados (Figura 45)

Figura 45 - Ação erosiva comprometendo estruturas na Praia das Fontes (Beberibe)

Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).



4.4 Falésias em promontórios litificados

Alguns setores da linha de costa cearense apresentam maior resistência erosiva, justificando a manutenção de promontórios que, em alguns casos, formam falésias baixas cujas altitudes podem atingir até 3 metros. Esse contexto pode ser observado nas praias de Pontal do Maceió (Fortim), Lagoinha (Paraipaba) e Taíba (São Gonçalo do Amarante).

Nessas falésias o material pode ser constituído por arenitos litificados por óxidos de ferro e/ou carbonato de cálcio (Pontal do Maceió) ou até mesmo conglomerados friáveis (Lagoinha). Esse material é constantemente atacado pela ação marinha, justificando a formação de cavidades erosivas na base das falésias que são frequentemente utilizadas como abrigos por parte dos visitantes, configurando áreas de risco de colapso (Figuras 46 e 47).





Figura 46 - Falésia com risco de colapso em Pontal do Maceió (Fortim)
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).



Figura 47 - Solapamento em falésia na praia do Pontal de Maceió, por ação das ondas em sua base, formando escarpa negativa, indicativa de área suscetível a movimento de massa. As setas vermelhas indicam a presença de pessoas em situação de risco
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

Tendo em vista o comportamento morfológico dessas falésias, o principal risco associado a elas está relacionado à possibilidade de ocorrência de colapsos (quedas) de material sobre as pessoas que se abrigam embaixo delas. Esses abrigos são sustentados por “franjas” de larguras variadas (Figura 48), cujo volume de material passível de colapso é imprevisível, porém, claramente passível de provocar mortes ou ferimentos graves em pessoas. Os principais cenários desse tipo de risco ocorrem na praia do Pontal do Maceió, tendo em vista a maior quantidade de visitantes e o fato de se encontrarem as mais altas falésias desse tipo.



Figura 48 - Falésia em Pontal do Maceió (Fortim) com pessoas, na sombra (circulo amarelo) abaixo dos abrigos formados por “franjas” areníticas de dimensões centimétricas a métricas com risco de colapso
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

Além dos riscos mencionados, destacam-se também os riscos relacionados à queda de pessoas que visitam o topo dessas falésias. No caso do Pontal do Maceió, o acesso ao topo das falésias é muito fácil e se trata de uma prática comum, tendo em vista a boa visibilidade proporcionada pela altura, cujos visitantes frequentam para apreciar o pôr do sol. Nessa área existe uma placa de aviso do perigo, porém, sem maiores detalhamentos acerca de sua natureza (Figura 49).



Figura 49 - Topo de falésia na praia de Pontal do Maceió (Fortim) com placa de aviso de perigo associado aos escarpamentos próximos ao local. As setas amarelas indicam a borda do escarpamento
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

Uma exceção nesse contexto de promontórios rochosos se aplica à praia de Jericoacoara, que se encontra sustentada pelos quartzitos pré-cambrianos da Formação São Joaquim, o que se configura como um caso único no contexto do litoral cearense. Nesse caso, forma-se uma falésia atípica com material rochoso me-

tamórfico parcialmente recoberto por sedimentos eólicos, cuja velocidade de recuo é muito menor do que no caso das falésias arenosas, de menor resistência. No entanto, algumas feições residuais podem se formar, como é o caso da “Pedra Furada”, importante ponto turístico de Jericoacoara.

4.5 Falésias arrasadas por ravinas e voçorocas

Em alguns setores do litoral cearense se encontram depósitos pleistocênicos fortemente erodidos pela ação pluvial, justificando a presença de falésias arrasadas por ravinas e voçorocas, cuja preservação da linha de frente das falésias está comprometida e, em muitos trechos, inexistente. Nesses casos, o comportamento morfológico dessa ação pluvial se assemelha às paisagens runíformes de *badlands*. Esse tipo de falésia pode ser observado nas praias de Lagoa do Mato (Figura 50) e Quixaba (Figura 51), ambas em Aracati.

Figura 50 - Falésias arrasadas pela ação pluvial na praia de Lagoa do Mato (Aracati)
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).





Figura 51 - Falésias arrasadas pela ação pluvial na vila de Quixaba (Aracati)
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

As mais expressivas áreas de ocorrência desse tipo de falésia se encontram na praia de Lagoa do Mato, com altitudes que podem chegar a cerca de 4 metros e de pouca visitação, tendo em vista a dificuldade de acesso direto através do continente. A maior parte da visitação ocorre pela praia, com o uso de veículos apropriados. Dessa forma, os riscos de acidentes são reduzidos em função da limitada visitação. No entanto, podem ocorrer quedas e fluxos nessas áreas e tais eventos podem atingir visitantes. Outra situação de risco está associada à visitação de pessoas no topo das falésias, podendo sofrer quedas.

A vila de Quixaba está localizada sobre esses ambientes de antigas falésias arrasadas pela ação pluvial. Muitas infraestruturas de residências foram construídas aproveitando as irregularidades topográficas provocadas pelos ravinamentos. Nesse caso, podem ocorrer áreas de riscos morfodinâmicos associados a essas infraestruturas fixas.





**SISTEMA DE
MONITORAMENTO
E ALERTAS**

5. SISTEMA DE MONITORAMENTO E ALERTAS

A resposta a emergências geradas por possíveis acidentes em ambientes de falésias costeiras do Estado do Ceará será desenvolvida nas diferentes fases do gerenciamento de riscos, as quais incluem o pré-desastre, o desastre propriamente dito e a desmobilização.

5.1 Pré-desastre

As ações a serem desenvolvidas na etapa de pré-desastre são: monitoramento, alerta, alarme e acionamento de recursos.

5.1.1 Monitoramento

O monitoramento será feito por meio do acompanhamento de alertas de eventos extremos de precipitação (e.g., chuvas ≥ 60 mm em 1h) e de eventos marinhos de alta energia (e.g., ressacas do mar) incidentes ao longo da linha de costa do Estado do Ceará, emitidos pelo CEMADEN, pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), pelo CENAD, pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, assim como pelas ocorrências repassadas

pela Coordenadoria Integrada de Operações de Segurança (CIOPS).

Em termos estaduais, destaca-se o papel de monitoramento meteorológico exercido pela FUNCEME, que realiza monitoramento por meio de uma estrutura de coleta de dados composta por pluviômetros convencionais (550 pluviômetros), plataformas automáticas de coleta de dados (PCDs) (45 plataformas), radares meteorológicos (radar meteorológico Doppler de banda X, instalado em Fortaleza, e radar Doppler de banda S, instalado em Quixeramobim) e um sistema de recepção de imagens (Sistema SIGMACast/GEONETCast).

Os equipamentos permitem o monitoramento das condições atmosféricas e oceânicas, auxiliando na realização de diagnósticos e prognósticos de tempo e clima, servindo de subsídio à tomada de decisão de diversos setores do Ceará, principalmente, aqueles ligados aos recursos hídricos, agricultura e energias renováveis, além de serem fundamentais para as ações das Defesas Civis estadual e dos municípios (FUNCEME, 2020). Já a DHN da Marinha do Brasil disponibiliza dados de previsão de maré, a partir de marégrafos instalados no Porto do Mucuripe (Fortaleza) e no Terminal Portuário do Pecém (São Gonçalo do Amarante).

O monitoramento das informações meteorológicas e de eventos de alta energia deve ser efetuado pela CEDEC, com apoio de profissionais competentes no acompanhamento de modelagem numérica e radares de monitoramento meteorológico da

Defesa Civil estadual, ou por outro órgão parceiro, a exemplo do CENAD.

Esse monitoramento deve ser complementado pela equipe da CEDEC e/ou pelos representantes das Coordenadorias Municipais de Proteção e Defesa Civil (COMPDECs), além de possíveis parcerias com órgãos estaduais (SEMA ou PRE), através de vistorias técnicas mensais in loco, preferencialmente com o auxílio de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), principalmente durante a quadra chuvosa ou logo após um evento climático extremo, e no período que antecede a alta estação do turismo no Estado do Ceará.

As inspeções periódicas têm como objetivo identificar indícios físicos de instabilidade nas encostas das falésias (e.g., fissuras e/ou fraturas no terreno; solapamentos na base das falésias; árvores e muros inclinados; cicatrizes de deslizamentos; degraus de abatimentos; “embarrigamento” de muros de contenção; ou outros indícios que merecem atenção especial dos responsáveis pela Defesa Civil), os quais podem deflagrar movimentos de massa, assim como evitar a construção de residências, estabelecimentos comerciais (e.g., restaurantes) e turísticos (e.g., pousadas ou hotéis) nas áreas de risco, ou remover moradias nessas áreas.

Quando uma situação caracterizada como alerta for identificada pela CEDEC, a notificação será repassada ao Comandante-Geral do CBMCE, presidente do Conselho Estadual de Proteção e Defesa Civil (COEPDEC), bem como as COMPDECs, e aos órgãos setoriais da administração pública

estadual e dos municípios, por meio telefônico e/ou mensagens por redes sociais.

5.1.2 Alerta

O estado de alerta será ativado quando o Coordenador da CEDEC, de posse das informações repassadas pelo INMET, CENAD, FUNCEME, DHN, dentre outros, achar necessário que os órgãos setoriais de resposta da administração pública estadual e dos municípios, comecem o planejamento para que seja acionado o Plano de Contingência.

O alerta será realizado e atualizado por meio telefônico e/ou mensagens por redes sociais (*WhatsApp, Facebook, Instagram*) e/ou emitido para a população por alerta de SMS (*Short Message, Service/Serviço de Mensagens Curtas*), através de telefones celulares, orientando as pessoas quanto aos procedimentos a serem adotados.

Caso a situação evolua, o alerta também poderá ser dado por intermédio dos agentes de defesa civil das COMPDECs, inicialmente para as lideranças comunitárias, representantes de associações (e.g., associação de bugueiros e dos artesãos), representantes da rede hoteleira, proprietários de barracas de praia, e posteriormente por meio de sistema de “carro de som” (divulgação volante), megafones nas localidades afetadas e por canais de rádio e/ou TV.

O cadastro dos interessados em receber os alertas de possíveis alagamentos, chuvas intensas, perigo de deslizamentos de terra, ressacas do mar, entre outros, deverá ser realizado via mensagem de texto (SMS), utilizando o contato previamente estabelecido entre a Defesa Civil e a sociedade diretamente envolvida.

As seguintes situações poderão ser caracterizadas como alerta:

1. quando a precipitação monitorada pelo Coordenador da CEDEC, nas áreas de risco associadas a ambientes de falésias, for igual ou superior 40mm em 1h;

2. Quando a base das falésias, principalmente, as que apresentam processos de solapamento, planos de fraturas verticais aparentes e/ou escarpas íngremes ou negativas, estiverem sob os efeitos dinâmicos de eventos de alta energia, como, por exemplo, as ressacas do mar, ou sobre efeitos das marés de sizígia;

3. Quando forem detectados indícios físicos de instabilidade nas encostas das falésias (e.g., fissuras e/ou fraturas no terreno; solapamentos na base das falésias; árvores e muros inclinados; cicatrizes de deslizamentos; degraus de abatimentos; “embarrigamento” de muros de contenção; ou outros indícios que mereçam atenção especial dos responsáveis pela Defesa Civil), os quais podem deflagrar movimentos de massa, como, por exemplo, quedas de blocos, principalmente nas falésias escarpadas, onde não existe rede de drenagem das águas pluviais;

4. Quando o número de ocorrências registradas pela CIOPS, em dias de chuvas intensas ou em dias de ressaca de maré, nas áreas de risco associadas a ambientes de falésias, ultrapassar o tempo de resposta pela Defesa Civil em 1h (uma hora);

5. Quando constatada uma situação adversa que necessite de acionamento do estado de alerta, a critério da CEDEC, com base nas informações repassadas pelo INMET, CEMADEN, CENAD, CPTEC, FUNCEME e DHN.

5.1.3 Alarme

O estado de alarme será ativado quando o Coordenador da CEDEC, de posse das informações repassadas pelo INMET, CENAD, FUNCEME, DHN, dentre outros, achar necessário que os órgãos setoriais de resposta da administração pública estadual e dos municípios, comecem o planejamento para que seja acionado o Plano de Contingência. Esse sistema tem a finalidade de comunicar à população em situação de risco sobre a necessidade de se preparar e se deslocar para um local seguro. Por isso, é de fundamental importância que o sistema de alarme esteja integrado ao sistema de alerta definido pela CEDEC.

As seguintes situações poderão ser caracterizadas como alarme:

1. quando a precipitação monitorada pelo Coordenador da CEDEC, nas áreas de risco associadas a ambientes de falésias, for igual ou superior 60mm em 1h ou 100mm em 24h;

2. quando forem detectados movimentos de massa que possam atingir residências, estabelecimentos comerciais e turísticos, ou que possam causar danos físicos e materiais;

3. quando o número de ocorrências registradas pela CIOPS ultrapassar o limite da capacidade de resposta pela Defesa Civil, conforme o andamento e atendimento das ocorrências.

5.1.4 Acionamento de recursos

Acionado o estado de alerta pelo Coordenador da CEDEC, deverá o Prefeito Municipal convocar todos os gestores das secretarias envolvidas neste plano para o acionamento dos recursos que forem necessários caso a situação evolua. A coordenação da resposta na fase de pré-desastre será realizada pelo Coordenador da CEDEC e pelo gestor Municipal (Prefeito). O fluxograma de etapas pré-desastre está representado na Figura 52.

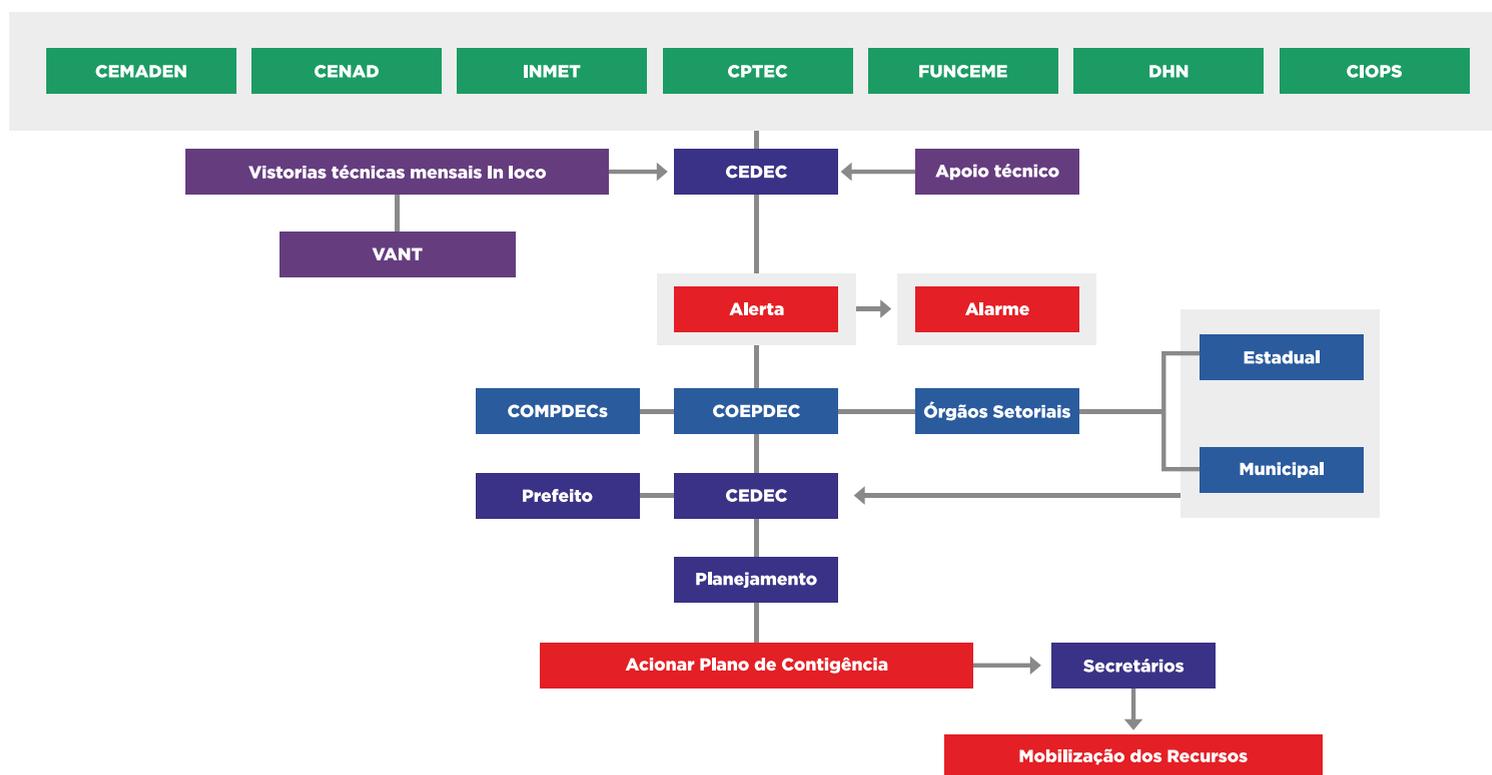
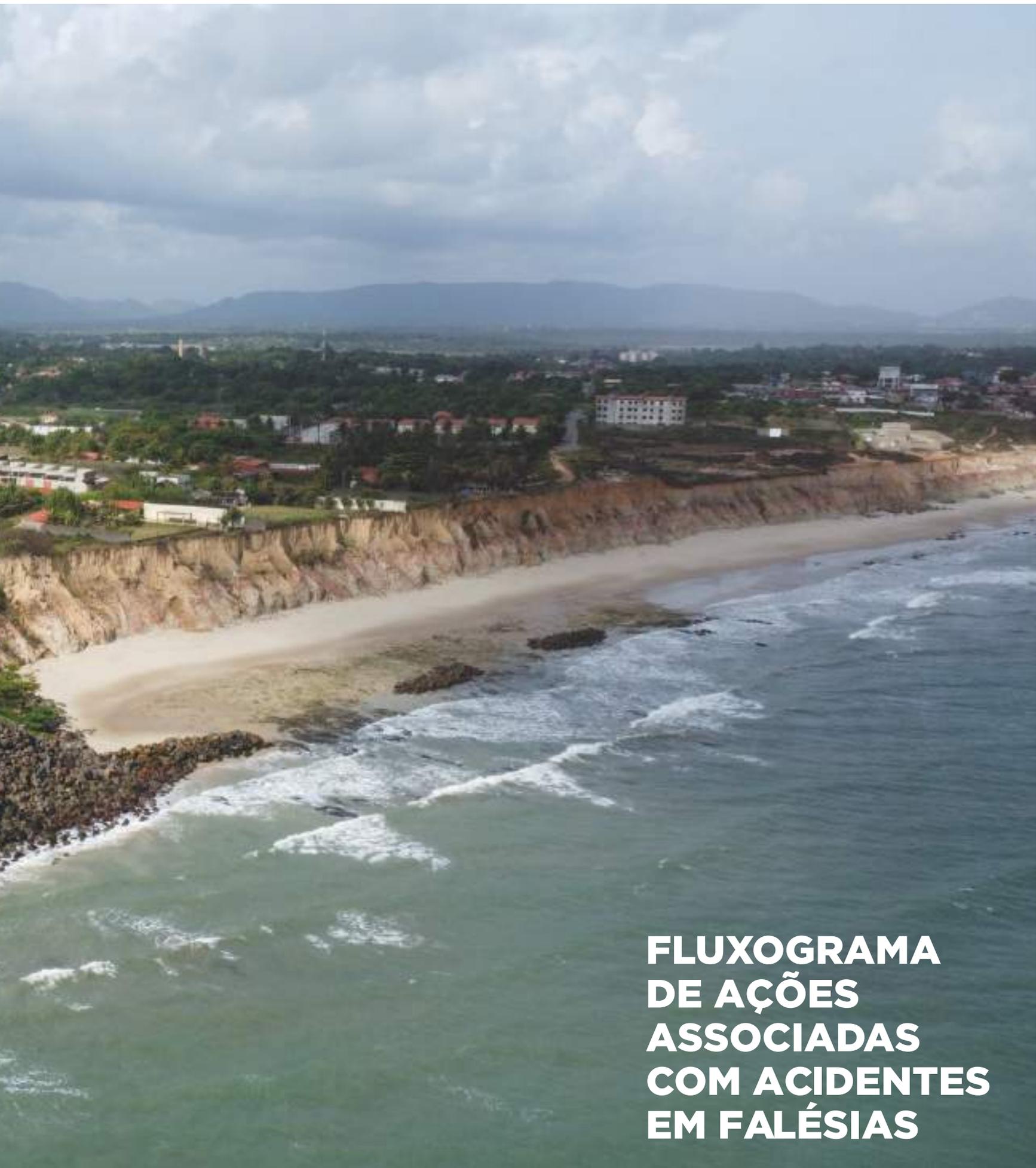


Figura 52 - Fluxograma de interação entre os órgãos de interesse que definem as ações a serem desenvolvidas na etapa de pré-desastre
 Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).





**FLUXOGRAMA
DE AÇÕES
ASSOCIADAS
COM ACIDENTES
EM FALÉSIAS**

6. FLUXOGRAMA DE AÇÕES ASSOCIADAS COM ACIDENTES EM FALÉSIAS

As medidas de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação voltadas à proteção e defesa civil estão presentes no art. 3º da PNPDEC, instituída pela Lei 12.608/12, sendo estas as ações (Figura 53) que compõem o ciclo do gerenciamento de risco de desastres no Brasil sob a atuação da defesa civil (Brasil, 2012).

O Plano Municipal de Contingência (PLANCON), por exemplo, integra a fase de preparação, e nele devem estar orientações específicas de acordo com os riscos identificados. O PLANCON deve minima-

mente possibilitar o atendimento à ocorrência de um desastre de maneira mais estruturada, a partir do conhecimento da realidade local e das especificidades inerentes a cada tipo de risco.

Embora o PLANCON tenha como foco principal a preparação prática de resposta a um possível desastre, a lógica da gestão de risco requer ações integradas. Por isso, o período de normalidade é essencial para implementação de procedimentos e ações de preparação, prevenção e mitigação, a fim de diminuir a probabilidade de acidentes (Figura 54). No caso da ocorrência de acidentes, a fase operacional de resposta deve ser imediatamente acionada, seguindo as orientações para atender a situação de emergência. Após a fase de resposta, dar-se-á início à fase de recuperação do ambiente e da população afetada, que irá depender do grau dos danos.



Figura 53 - Conceitos das Ações de Proteção e Defesa Civil
Fonte: Adaptado de Brasil (2017)



Figura 54 - Etapas de ação e o período no qual cada fase deve ser realizada
 Elaboração: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

6.1 Período de normalidade: preparação, prevenção e mitigação

As ações que antecedem um evento podem contribuir para a redução de danos materiais, financeiros, ambientais e até mesmo evitar perdas humanas. Por isso, as ações propostas nessas fases devem ser implementadas no período de normalidade, antes da ocorrência de um possível acidente/desastre. A condução dessas ações fica a cargo da gestão municipal, com o apoio do governo do estado, num cronograma que melhor atenda às condições de cada município, contanto que não espere a ocorrência de um evento para tomar as iniciativas

cabíveis. Ressalta-se que algumas medidas referentes à fase de normalidade (pré-desastre) já foram abordadas no capítulo 5.

Todas as propostas desse plano possuem caráter não estrutural, ou seja, são medidas que se concentram em abordagens mais flexíveis e adaptáveis, baseadas em intervenções comportamentais, regulamentações ou práticas de gestão.

6.1.1 Ações de prevenção

Ações de prevenção consistem em medidas e atividades prioritárias destinadas a evitar a ocorrência de um determinado desastre ou a materialização dos seus efeitos. Neste PLANCON, as ações de prevenção serão destinadas em sete frentes:

- Caracterização e mapeamento das áreas de risco

Descrição da ação: caracterizar e elaborar mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de acidentes em ambientes de falésias, permitindo a visualização de construções em situação de risco. Este plano disponibiliza esse mapeamento contemplando as áreas antropizadas entre 50m a 200m de bordas de falésias ativas, em escala regional, tendo em vista se tratar de um plano voltado para o contexto das falésias do litoral do Ceará. É importante destacar que os municípios devem elaborar mapeamentos mais detalhados de acordo com o contexto local, visando ao maior detalhamento no diagnóstico da situação.

Objetivo: identificar setores que apre-

sentam maior probabilidade de ocorrência de eventos adversos ou situações de perigo para auxiliar na tomada de decisões preventivas.

- Inclusão das áreas de risco nos Planos Diretores Participativos (PDP) municipais

Descrição da ação: inclusão do mapeamento das áreas de riscos na atualização dos planos diretores municipais, tendo em vista ser um dos principais instrumentos de ordenamento urbano, além de inclusão desses mapeamentos nas estratégias de ordenamento territorial regional, como no caso do Zoneamento Ecológico e Econômico da Zona Costeira do Ceará.

Objetivo: contribuir para o planejamento urbano e regional por meio da prevenção de desastres em ambientes de falésias costeiras.

- Vistorias periódicas

Descrição da ação: realização de vistorias periódicas visando identificar possíveis áreas de risco e/ou perigo de acidente em falésias costeiras, visando prevenir acidentes por meio de comunicação entre os agentes de vistoria, que podem ser estaduais (SEMA, Polícia Militar etc.) ou municipal (órgãos ambientais municipais, autarquias municipais de trânsito, defesa civil etc.), junto às prefeituras municipais, em busca de articulação de ações preventivas.

Objetivo: vistoriar aleatoriamente os

ambientes de falésias, visando identificar áreas de risco.

- Sinalização de segurança

Descrição da ação: instalação de placas ou bandeiras de sinalização sobre a instabilidade das falésias, alertando sobre o perigo, principalmente nas áreas com maior fluxo de pessoas, na base e em topos de falésias (Figura 55). Em apêndices constam outros exemplos de tipos de placas de sinalização em falésias instáveis.

Objetivo: informar e orientar as pessoas sobre os riscos existentes em determinados locais, indicando medidas de precaução a serem tomadas.



Figura 55 - Placa de sinalização de segurança próximo às falésias da praia do Pacheco em Caucaia, Ceará
Fonte: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

- Derrubada planejada ou programada

Descrição da ação: antecipar o desmoronamento da parte comprometida de maneira segura e controlada para evitar possíveis danos. Essa medida é recomendada para áreas com alto fluxo de pessoas. Baseado na Norma NR-18, que trata da demolição planejada em pequenas edificações, recomenda-se a adaptação para uma derrubada planejada/controlada em caso de elevada probabilidade de queda e de difícil estabilização. Embora no Brasil não tenha nenhuma norma específica para falésias ou áreas de encostas, a estratégia já é bastante utilizada em outros países, como Portugal¹, como medida preventiva (Ferreira *et al.*, 2021). A viabilidade e necessidade dessa medida deve ser avaliada pelo órgão ambiental competente.

Objetivo: garantir a segurança pública, a prevenção de acidentes e antecipar o desmoronamento de maneira segura e controlada para evitar danos futuros maiores.

- Adesão ao Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres (S2iD)

Descrição da ação: a Defesa Civil municipal deve realizar o cadastro no S2iD para poder solicitar recursos do governo federal para ações de resposta e de recuperação e manter o registro de acidentes atualizados para a formação de um histórico de acidentes.

Objetivo: facilitar a comunicação de de-

sastres, repasses de recursos e contribuir para a formação de histórico de desastres no município.

- Educação e conscientização sobre os riscos associados

Descrição da ação: promover campanhas de educação ambiental para a comunidade, escolas locais e turistas sobre os riscos associados às falésias, por meio de folders (Figura 56) e outros meios de divulgação. Abreu, Zanella e Medeiros (2016) destacam o grande potencial da educação ambiental no desenvolvimento da percepção de riscos e na prevenção de acidentes ou desastres naturais.

Objetivo: contribuir desde a base para o desenvolvimento da percepção do risco na população local em médio e longo prazo.



Figura 56 – Exemplo de folder de alerta sobre os riscos em ambientes de falésias
Elaboração: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

6.1.2 Ações de preparação

Esta etapa consiste na tomada de decisão para otimizar a resposta do sistema de defesa civil aos desastres.

- Plano Municipal de Contingência

Descrição da ação: promover a capacitação da equipe técnica responsável por operacionalizar esse plano de contingência em nível municipal, adaptando-se às especificidades do município. Deve-se organizar as competências de acordo com a estrutura da gestão municipal. Recomenda-se também a solicitação de revisão periódica desse plano para avaliar sua estrutura, a necessidade de atualização dos recursos, como equipamentos e tecnologias, otimizar a resposta em situações de desastre e a adaptação a essas mudanças, garantindo a organização e a aplicabilidade das ações.

Objetivo: capacitar a equipe para acio-

nar o plano de forma mais efetiva em caso de acidentes em ambientes de falésias.

- Cadastro das entidades envolvidas

Descrição da ação: realizar o cadastro de moradores locais, operadoras e colaboradores que atuam no turismo local com passeios em ambientes de falésias, contendo informações básicas. O cadastro visa também formar uma base de dados para envio de alertas e oferta de capacitação sobre a cultura do risco para aqueles que estão em contato diário com as falésias.

Objetivo: facilitar a resposta em caso de emergências para identificar as pessoas e os empreendimentos afetados.

- Capacitações

Descrição da ação: promover capacitações para as operadoras de turismo local, associação de bugueiros, barraqueiros e

guias turísticos sobre riscos e as ações recomendadas em caso de acidentes em ambientes de falésias.

Objetivo: capacitar a população, órgãos envolvidos com o segmento turístico para lidar com situações específicas, envolvendo riscos de acidentes em áreas de falésias.

- Monitoramento contínuo

Descrição da ação: acompanhamento dos aspectos meteorológicos, oceanográficos e geomorfológicos, potencialmente causadores de acidentes em ambientes de falésias ativas. O monitoramento preventivo pode ser realizado por meio do acompanhamento de dados pluviométricos da FUNCEME, do CEMADEN, do INMET e CPTEC durante a quadra chuvosa no Ceará, usualmente nos meses de fevereiro a maio (Hiera; Lima Junior; Zanella, 2019). Além dos aspectos pluviométricos, as variáveis oceanográficas também exercem grande influência na potencialização dos riscos. Faz-se ideal o acompanhamento desses dados periodicamente para a emissão de possíveis avisos para comunidade local, por meio do site oficial da Marinha do Brasil² ou em plataformas alternativas como o Surf guru e Windy.com.

Objetivo: realizar o acompanhamento contínuo das variáveis dos agentes potencialmente causadores de acidentes.

6.1.3 Ações de mitigação

A fase de mitigação está atrelada às medidas e atividades, anteriores à ocorrência do desastre, destinadas a otimizar as ações de resposta e minimizar os problemas e perdas decorrentes do desastre.

- Redes sociais como canais de compartilhamento

Descrição da ação: garantir o compartilhamento de informações à população por meio de plataformas digitais de grande alcance, em linguagem acessível para população geral (Figura 57). Finch *et al.* (2016) destacam que as redes sociais atualmente assumem papel de importância em divulgar informações, dar alertas precoces, prever onde e quando ocorrerá um desastre, aumentar a consciência ambiental e medir a participação da população e gestão pública.

Objetivo: Disseminar informações sobre riscos, proporcionando benefícios importantes na promoção da segurança, prevenção de acidentes e resposta a situações de emergência.

2. <https://www.marinha.mil.br/chm/tabuas-de-mare>



Figura 57 - Exemplos de *folders* de comunicação nas redes sociais como meio para conscientização e alerta à população local
Elaboração: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Espacial Ambiental (2024).

- Obras de infraestrutura

Descrição da ação: obras de infraestrutura voltadas para a retificação da drenagem pluvial, estabilização de taludes e contenção de encostas. Essa etapa pode se caracterizar como de preparação e/ou mitigação e é de fundamental importância, visando diminuir os riscos de acidentes e minimizar os seus danos.

Objetivo: melhorar as condições de estabilidade morfodinâmica por meio de obras de infraestrutura urbana.

6.2 Ocorrência do evento: acionamento das ações de resposta e recuperação

6.2.1 Ações de resposta

A fase de resposta contempla as medidas emergenciais, realizadas durante e após o desastre, que visam ao socorro e à assistência da população e da infraestrutura atingida e ao retorno dos serviços essenciais.

É importante ressaltar que no momento da ocorrência qualquer cidadão

pode fazer a comunicação e acionamento da equipe de atendimento. Por isso, nas placas de sinalização, em campanhas de educação ambiental e/ou em capacitações, os números de contato de urgência devem ser amplamente divulgados.

A fase de resposta deve ser acionada a partir do momento que ocorre o acidente com vítimas, próximo a residências e/ou ocorrendo em área de grande circulação de visitantes. A situação de acidente em falésias que não atenda a esses pré-requisitos se configura apenas como dinâmica comum de erosão em áreas ativas. No entanto, caso venha a suspeitar de possível dano futuro, recomenda-se informar a Defesa Civil do município em questão.

- Acionamento de órgãos públicos

Descrição da ação: uma vez constatado o acidente com vítimas, a população deverá acionar os órgãos públicos responsáveis por respostas imediatas. Após consulta às defesas civis municipais da

zona costeira do Ceará, optou-se por definir como contatos principais o número 190 do CIOPS e o 193 CBMCE, tendo em vista a maior facilidade de memorização por parte dos populares.

Objetivo: acionar os órgãos responsáveis por atendimentos emergenciais.

- Evacuação e/ou interdição da área

Descrição da ação: após o atendimento emergencial às vítimas ou até mesmo em caso de movimentos de massa sem vítimas, a Defesa Civil deverá analisar a situação de estabilidade morfodinâmica da área visando minimizar os riscos através de evacuação e/ou interdição da área através do uso de sinalização adequada.

Objetivo: redução do risco de novos acidentes através de interdição/evacuação da área pela Defesa Civil.

- Isolamento de vias e ordenamento do trânsito

Descrição da ação: em situações de resgates no caso de acidentes em falésias, medidas de organização do tráfego deverão ser tomadas visando maior agilidade no transporte de vítimas e de acesso de resgate às áreas atingidas. Essas medidas deverão ser tomadas pelas autarquias municipais de trânsito e pelos órgãos estaduais como o Departamento Estadual de Trânsito (DETRAN) e/ou PRE

Objetivo: organização do trânsito visando maior agilidade no atendimento em casos de acidentes em ambientes de falésias.

- Acionamento de infraestrutura para ações emergenciais

Descrição da ação: em situações de acidentes em falésias envolvendo vítimas, deverão ser acionados os equipamentos necessários para atender às demandas do atendimento como, por exemplo, disponibilização de veículos tracionados para resgate de vítimas na praia e quadras de esporte existentes nas escolas para apoio a equipes de resgate.

Objetivo: disponibilização de infraestrutura para auxílio em casos de acidentes em falésias com vítimas.

6.2.2 Ações de recuperação

Medidas desenvolvidas após o desastre para retornar à situação de normalidade, que abrangem a reconstrução de infraestrutura danificada ou destruída e a reabilitação do meio ambiente e da economia, visando ao bem-estar social.

- Formação de grupo de trabalho para avaliação dos danos

Descrição da ação: fica a cargo da Defesa Civil o estabelecimento do Comitê de Crise ou grupo de trabalho (Secretarias Municipais de Urbanismo, Infraestrutura, Meio Ambiente, Turismo, Finanças etc., Defesa Civil Estadual e Municipal, Secretaria Estadual de Meio Ambiente) para a recuperação das áreas atingidas, cujo objetivo principal reside na elaboração de um diagnóstico e no estabelecimento de um cronograma de atividades voltadas

para a recuperação das áreas atingidas. O grupo deve avaliar os danos à infraestrutura urbana (drenagem, rede elétrica, rodovias etc.) visando à elaboração de um diagnóstico capaz de mensurar financeiramente os prejuízos e o estabelecimento de prioridades em termos de recuperação.

Objetivo: estabelecimento de um grupo de trabalho interdisciplinar visando à recuperação e à avaliação, mensuração e propostas de reestruturação da infraestrutura urbana das áreas atingidas.

- Reconstrução das áreas atingidas

Descrição da ação: obras de reconstrução das áreas atingidas com infraestruturas danificadas a partir das orientações do grupo de trabalho. Cabe aqui destacar a organização financeira referente às obras de recuperação e o estabelecimento de um cronograma físico-financeiro com indicação de fontes financiadoras.

Objetivo: estabelecimento de um plano de obras de reconstrução de infraestrutura comprometida por conta de acidentes em falésias.

- Apoio psicossocial

Descrição da ação: em caso de acidente envolvendo vítimas, é essencial o apoio psicossocial à família da vítima e/ou a comunidade atingida, visando à recuperação psicológica por meio de profissionais qualificados, garantindo a dignidade necessária à retomada da vida normal após o acidente. Cabe à gestão municipal acionar a Secretaria de Proteção Social do Estado

e demais órgãos competentes em âmbito municipal, caso haja.

Objetivo: apoio psicossocial à família da vítima e/ou a comunidade atingida.

- Restabelecimento dos serviços essenciais

Descrição da ação: restabelecimento dos serviços essenciais como o abastecimento hídrico ou o fornecimento de energia elétrica. É importante destacar que os acidentes com ambientes de falésias geralmente possuem escala muito local de abrangência, porém, estes podem gerar danos a serviços essenciais em setores de áreas urbanas.

Objetivo: restabelecimento de serviços essenciais nas áreas afetadas por acidentes em falésias.

- Avaliação periódica do plano de contingência

Descrição da ação: avaliação contínua do plano de contingência e do seu desempenho em todas as suas fases, visando a melhorias e adaptações inerentes às realidades de cada município ou trecho da zona costeira analisada.

Objetivo: avaliar periodicamente o plano de contingência, para melhorias e possíveis adaptações. Visando uma apresentação sintética do plano de contingência para acidentes em ambientes de falésias no litoral do estado do Ceará, segue o fluxograma resumido (Figura 58) do acionamento do plano nas fases anteriores e posteriores aos acidentes.

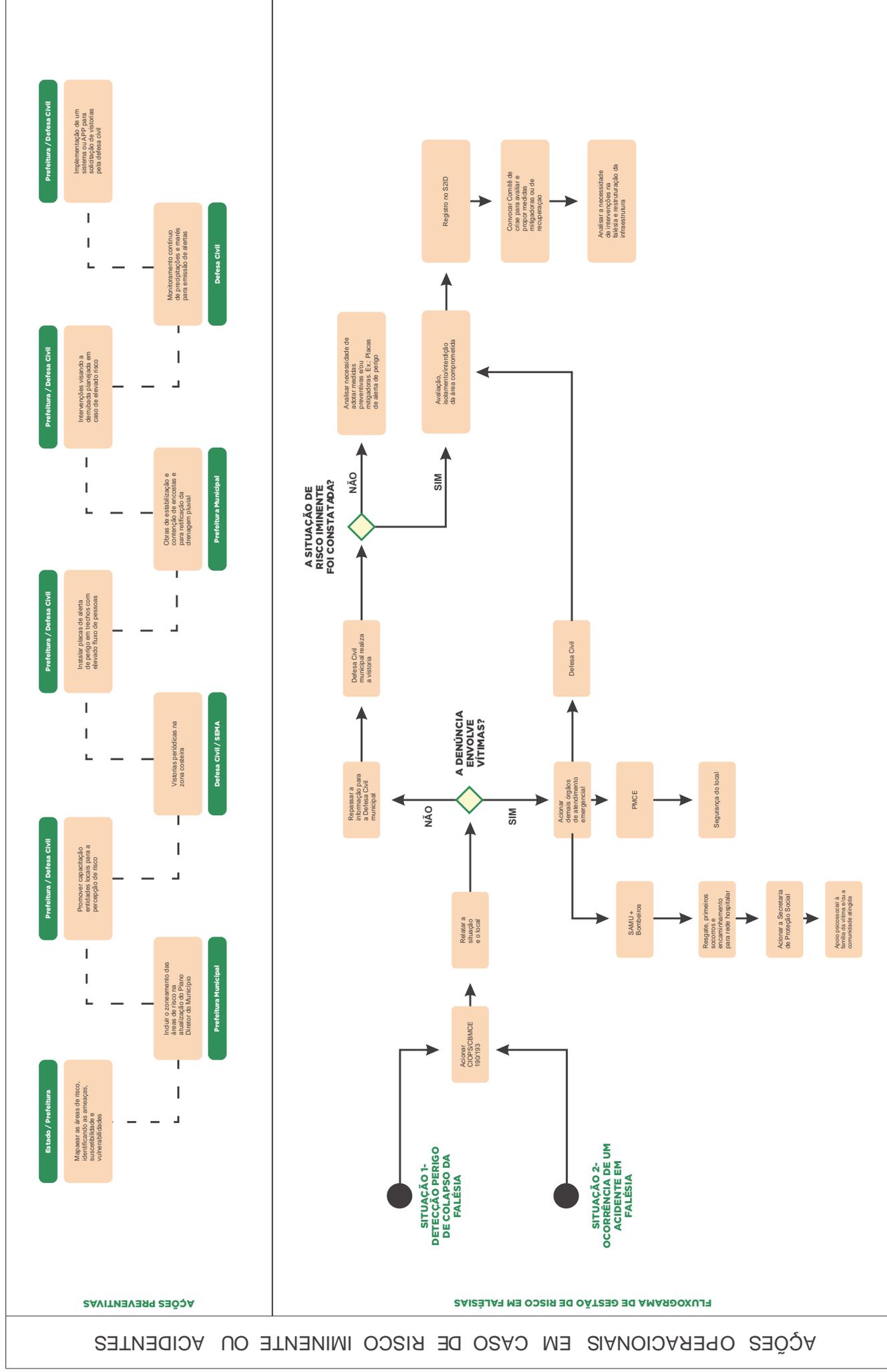
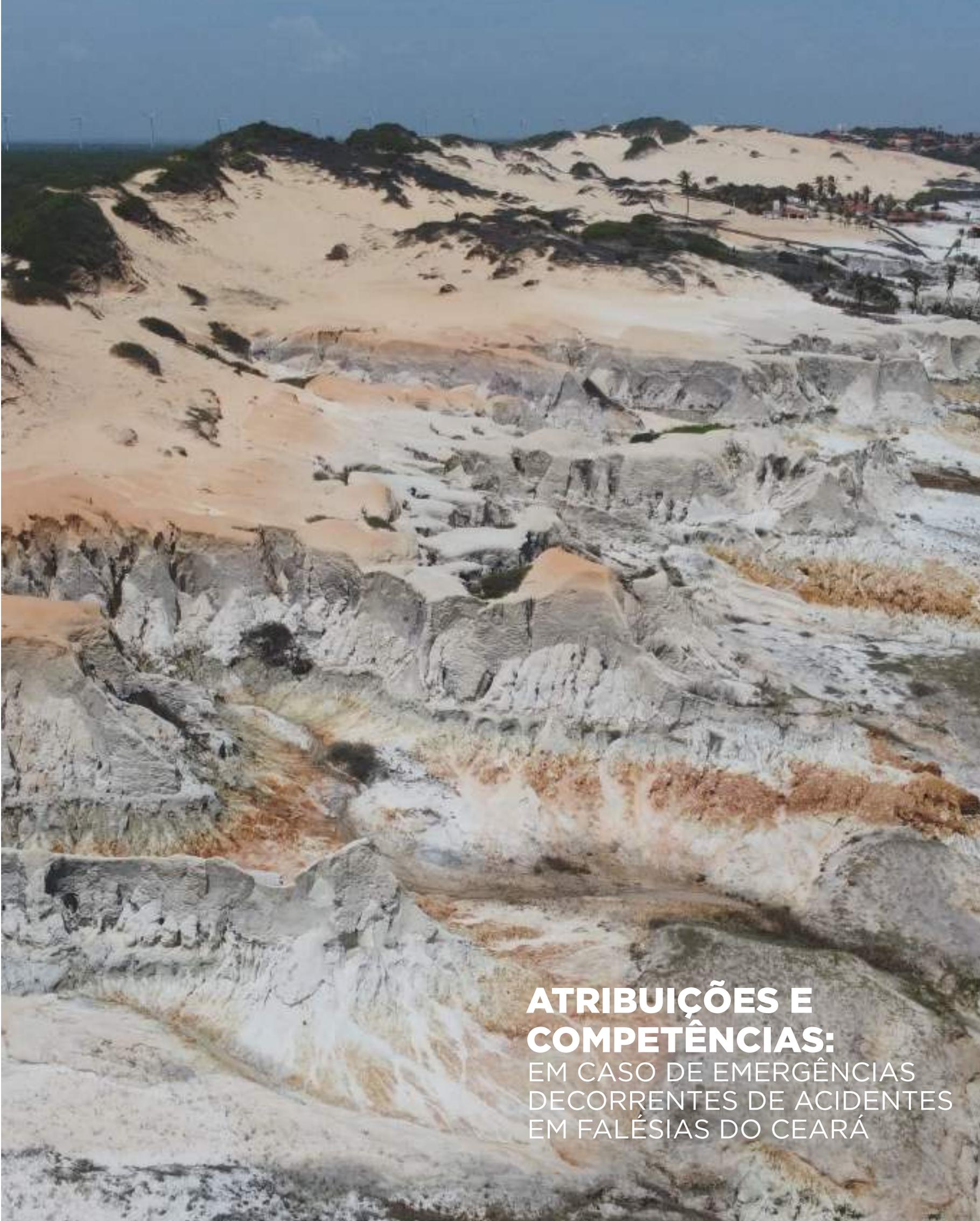


Figura 58 – Fluxograma de acionamento de ações de resposta em caso de acidentes em falésias
 Elaboração: Cientista Chefe Meio Ambiente - Planejamento Especial Ambiental (2024).





**ATRIBUIÇÕES E
COMPETÊNCIAS:**
EM CASO DE EMERGÊNCIAS
DECORRENTES DE ACIDENTES
EM FALÉSIAS DO CEARÁ

7. ATRIBUIÇÕES E COMPETÊNCIAS EM CASO DE EMERGÊNCIAS DECORRENTES DE ACIDENTES EM FALÉSIAS DO CEARÁ

Diante de cenários de riscos, a gestão pública desempenha papel crucial a fim de garantir a segurança e o bem-estar da população. Por isso, um dos principais mecanismos de preparação estabelecidos pela Lei 12.608/2012 é a elaboração e implementação de um plano de contingência.

Assim, trabalha-se na perspectiva da implementação de medidas para que o acidente não ocorra, ao mesmo tempo em que se prepara para uma possível ocorrência. Dessa forma, na gestão de risco em ambientes de falésias as ações foram agrupadas em dois principais eixos: (1) Ações preventivas, contendo propostas que devem ser realizadas independente da ocorrência de um desastre ou acidente, a fim de evitar ou diminuir eventuais danos futuros; e (2) Ações operacionais em caso de risco iminente ou acidentes, que trata do acionamento dos órgãos competentes para desempenhar ações emergenciais.

As ações preventivas aqui propostas englobam medidas estruturais (obras de estabilização e contenção de encostas, derrubada planejada), não estruturais (capacitações, monitoramento, vistorias,

sinalização) e de planejamento e controle do uso do solo (mapeamento, estratégias de ordenamento territorial e estudos em áreas de risco). Com exceção das propostas estruturais, que demandam estudos e recursos específicos para cada caso, as demais propostas devem se aplicar a todos os municípios contemplados neste plano. Nesse eixo, a gestão municipal (secretarias em geral e Defesa Civil) deve exercer papel central na implementação das ações preventivas e, quando necessário, solicitar parcerias e apoio da instância estadual.

Dentre as ações preventivas, cabe um destaque para algumas propostas, a fim de garantir melhor eficiência do eixo de ações operacionais. Primeiramente, embora a Defesa Civil em âmbito nacional, estadual e municipal realizem o monitoramento contínuo de dados pluviométricos para emissão de boletins e alertas, é importante reconhecer que o risco associado a falésias tem caráter multifatorial.

Outro fator de entrave para o acompanhamento dos cenários de risco em falésias é que essas formações naturais podem se estender por quilômetros na costa, por vezes com acesso limitado a meio de transportes específicos, o que torna difícil para os órgãos competentes prever ou atender áreas que demandem maior urgência no acompanhamento. Por isso, promover a capacitação das entidades e comunidade local que estão em contato diário com essas áreas pode contribuir para que se tornem um canal de comunicação capaz de reconhecer situações de perigo em potencial,

podendo assim contactar a defesa civil do seu município para adotar os procedimentos adequados.

O segundo eixo, que trata das ações operacionais diante da detecção de risco iminente ou de um chamado de atendimento emergencial em acidentes, visa estabelecer uma cooperação entre diferentes entidades públicas (CIOPS, Defesa Civil, CBMCE, SAMU, prefeituras municipais) a fim alcançar uma resposta adequada às diferentes situações. Uma das principais dificuldades encontradas nesse plano foi o caminho mais rápido e eficiente para fazer esse chamado, tendo em vista que as defesas civis municipais em sua maioria não possuem um número fixo e de amplo conhecimento da população. Por isso, ficou estabelecido os números de emergência: 190 vinculado a CIOPS, responsável por acionar os demais entes competentes (Bombeiros, Defesa Civil, Polícia Militar, etc.) e 193 CBMCE para os primeiros socorros. Recomendamos que o chamado seja feito através dos dois números para garantir um menor tempo de resposta e que todos os órgãos de interesse sejam devidamente informados da situação.

O fluxo de acionamento parte de duas possíveis situações, pois a depender da natureza e nível de urgência do chamado os órgãos e etapas tomam rumos diferentes. Em uma situação, por exemplo, da percepção do risco de um possível desabamento de uma falésia, seja por parte da comunidade local, turistas, técnicos de órgãos municipais, percebe-se um nível

de urgência menor que no acidente propriamente dito, mas mesmo assim deve-se garantir que a informação chegue à Defesa Civil para que o local seja devidamente avaliado e as medidas cabíveis sejam tomadas de acordo com a situação constatada in loco. Já na ocorrência de um acidente ou desastre, a prioridade é o atendimento das vítimas para que só então a Defesa Civil possa avaliar a magnitude dos danos e convoque os demais órgãos de interesse para o comitê de crises. Vale ressaltar que em ambos os casos é importante que a Defesa Civil municipal faça o registro das ocorrências no S2iD para formação de um histórico preciso ou mesmo, caso necessário, a solicitação de recursos financeiros para a reestruturação da área afetada.

No eixo operacional é de essencial importância que o chamado chegue ao âmbito da Defesa Civil, pois ela vai atuar como o principal articulador entre os demais órgãos de interesse em âmbito estadual e municipal.

De maneira a organizar as informações básicas em nível municipal numa eventual situação de acionamento do plano de contingência, no caso de acidentes em ambientes de falésias costeiras, o presente relatório organizou os dados referentes aos municípios diretamente envolvidos com ambientes de falésias no litoral do Ceará.

Cabe destacar que os municípios inventariados são aqueles diretamente expostos a riscos em ambientes de falésias. No litoral Leste, os municípios são Icapuí, Aracati, Fortim e Beberibe e no litoral Oeste estão Caucaia e Paraipaba. As informações referem-se aos números de contato das defesas civis municipais, o principal hospital ou unidade de pronto atendimento hospitalar para receber vítimas de acidentes e as principais empresas de telefonia móvel com sinal nas áreas litorâneas dos municípios visando comunicação de urgência (Figura 59). Vale ressaltar que a maioria dos contatos das defesas civis municipais não são fixos, estando sujeito a alterações em caso de mudanças na coordenadoria.

	MUNICÍPIO	CONTATO DEFESA CIVIL MUNICIPAL	PRINCIPAL UNIDADE DE ATENDIMENTO EMERGÊNCIA HOSPITALAR	TELEFONIA MÓVEL
Litoral Oeste	Paraipaba	(85) 99651.9640 - Marleide	Hospital Municipal de Paraipaba	OI VIVO CLARO TIM
	Caucaia	(85) 99753.8942 - Secretaria de Segurança Pública (85) 98591.2131 - Marcio Pedrosa	Hospital Municipal Aberlardo Gadelha e UPAS	OI VIVO CLARO TIM
Litoral Leste	Beberibe	(85) 3338.1010 - SEINFRA	Hospital Municipal de Beberibe (Hospital Monsenhor Dourado)	VIVO
	Fortim	(88) 98805.3085 / (88) 99604.8808 Nasson Cordeiro (88) 3413.1007 - Gabinete Prefeitura	Hospital Waldermar de Alcântara - (88) 3413.1020	VIVO
	Aracati	(88) 99707.5883 - Rafael Barbosa Secretaria de Segurança	UPA de Aracati e Hospital Dr. Eduardo Dias	TIM
	Icapuí	(88) 98188.3261	Hospital Municipal de Icapuí	TIM VIVO CLARO

Figura 59 - Contatos em âmbito municipal em caso de urgência

Fonte: Representantes das defesas civis municipais.





RECOMENDAÇÕES GERAIS

8. RECOMENDAÇÕES GERAIS

Para além das ações prioritárias que visam contribuir na fase de resposta a possíveis desastres ou acidentes, algumas medidas complementares podem ser consideradas pela gestão municipal a depender da vontade política, estrutura organizacional, disponibilidade de recursos e parcerias institucionais de cada município.

Partindo da base, para efeitos a médio e longo prazo é crucial a abordagem da educação ambiental na educação básica, destacando o comportamento dos sistemas ambientais aos quais cada comunidade está inserida. Nesse caso, as escolas próximas ao litoral podem destacar sobre os sistemas costeiros, em especial as falésias, a fim de desenvolver uma consciência ambiental e entender sobre as potencialidades desses ambientes, mas também sobre as limitações e riscos associados.

No que se refere ao envolvimento da sociedade na gestão de riscos, a adoção de um sistema de informações aleatórias e/ou denúncias acerca de indícios fortes de movimentação de massa nas áreas de falésias pode otimizar ações de mitigação e evitar danos. Podendo ser um canal de carácter mais informal, por meio do uso de redes sociais como canais de compartilhamento e recebimento de informações e alertas ou através de sistemas formais e estruturados, como *sítios online* ou *Mobile App* para que as demandas possam

ser atendidas de forma mais eficiente. Um exemplo é o App “Proteja Beberibe” vinculado à Defesa Civil e Secretaria de Infraestrutura do município (Figura 60), meio que um cidadão pode solicitar vistorias, ajuda, alertar sobre riscos, dentre outros serviços. Tal estratégia permite ampliação dos meios de comunicação entre a sociedade e a gestão municipal.



Figura 60 - Interface do App Proteja Beberibe de uso da Defesa Civil municipal

Fonte: Aplicativo Proteja Beberibe.

Outro potencial a ser aproveitado é no âmbito das instituições públicas de ensino do Ceará (federal e estadual), que contam com laboratórios de pesquisa equipados e que podem contribuir, por exemplo, na gestão de risco em falésias. A busca por parcerias possibilitaria a realização de estudos mais detalhados em recortes espaciais pré-definidos com análise do comportamento de falésias, monitoramento da taxa de erosão marinha e dos volumes de movimentos de massa nas falésias, por um período de no mínimo de 10 anos consecutivos, para que seja possível viabilizar a execução do plano de desinvestimento. 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.

No que se refere ao ordenamento territorial, dentre as ações prioritárias preventivas foram citados mapeamentos de áreas de risco, bem como incluí-los na atualização do PDP. De forma complementar é necessário estabelecer nos procedimentos de licenciamento municipal a atenção especial aos riscos em ambientes de falésias e priorizar sempre que possível, obras que minimizem os riscos de acidentes nessas áreas. É possível se pensar ainda em definir faixas de segurança (\geq 10 metros) 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. E

em áreas de grande circulação de pessoas e veículos é recomendado avaliar a necessidade a instalação de *guardrails* (*guard rail*), nas proximidades dos escarpamentos, de forma a evitar que veículos cheguem próximo à borda da escarpa, promovendo uma diminuição a erosão provocada pelos veículos transitando na borda da falésia e evitar acidentes.

Por fim, a gestão de risco atua sobre probabilidades e incertezas de desastres ou acidentes, tendo a Defesa Civil papel essencial nesse processo. Por isso, a gestão municipal tem muito a ganhar no fortalecimento da estrutura e funcionamento dessa equipe, através de investimentos em infraestrutura para atendimento de emergências, sobretudo em ambientes de falésias que requerem veículos específicos. Além disso, cabe a adoção de estratégias para garantir a continuidade dos cargos das defesas civis por meio de concursos públicos, evitando descontinuidades nas ações.



Referências

ABREU, Nair Júlia Andrade de; ZANELLA, Maria Eliza; MEDEIROS, Marysol Dantas de. O papel da Educação Ambiental no desenvolvimento da percepção dos riscos de inundações e prevenção de acidentes e desastres naturais. *Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)*, v. 11, n. 1, p. 97-107, 2016.

ARAI, M. A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. *Revista do Instituto de Geociências*, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2021. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC. Brasília: Presidência da República/Casa Civil, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608. Acesso em: 05 fev. 2024.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Departamento de Prevenção e Preparação. Módulo de formação: noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos: livro base / Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Minimização de Desastres. - Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017.

BRASIL. Lei nº 12.340, de dezembro de 2010. Dispõe sobre a transferência de recursos da União aos órgãos e entidades dos Estados, Distrito Federal e Municípios para a execução de ações de prevenção em áreas de risco de desastres e de resposta e de recuperação em áreas atingidas por desastres e sobre o Fundo Nacional para Calamidades Públicas, Proteção e Defesa Civil. Brasília: Presidência da República/Casa Civil, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/htm. Acesso em: 05 fev. 2024.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; PASSOS, E. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. v. 03. 3. ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2003. 561 p.

- CALLIARI, L.J., MUEHE, D., HOEFEL, F.G.; TOLDO JR.E.E. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Oceanografia*, v. 50, p. 63-78, 2003.
- CÂMARA, I. F.; SILVA, R. R. Mapeamento e evolução da ocupação irregular em falésias do litoral leste cearense, Nordeste do Brasil. *Geociências*, v. 40, n. 4, p. 1033-1046, 2021.
- CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. O.; RIO, G. A. P. Riscos ambientais e geografia: conceituações, abordagens e escalas. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 28, n. 2. p. 11-30, 2005.
- CAVALCANTE, J. C.; VASCONCELOS, A. M.; MEDEIROS, M. F.; PAIVA, I. G. Mapa Geológico do Estado do Ceará. Escala: 1:500.000. Fortaleza: Serviço Geológico do Brasil, 2003.
- CEARÁ. Superintendência Estadual do Meio Ambiente. Reestruturação e atualização do mapeamento do projeto Zoneamento Ecológico-Econômico do Ceará: zona costeira e unidades de conservação costeiras. Relatório final de caracterização ambiental e de mapeamentos. Fortaleza: SEMACE, 2016. 475p.
- CERRI, L. E. S. Riscos Geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para prevenção de acidentes. 197f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 1993.
- CERRI, L. E. S.; AMARAL, C. P. Riscos geológicos. In: OLIVEIRA, A. M.; BRITO, S. N. A. (Org.). *Geologia de engenharia*. São Paulo: CNPq-ABGE/FAPESP, 1998. p. 131-144.
- CHACANZA, M. S. Processos erosivos e deposicionais costeiros no município de Icapuí-Ceará, Nordeste do Brasil. 142f. Tese (Doutorado em Geologia) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188 p.
- CLAUDINO SALES, V. Os litorais cearenses. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C. (Orgs.). *Ceará: Um Novo Olhar Geográfico*. 2. ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007, 480p.
- DAVIDSON-ARNOTT, R.; BAUER, B.; HOUSER, C. *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. 2. ed. United Kingdom: Cambridge University Press, 2019. 536p
- DICKSON, M. E.; PERRY, G. L.W. Identifying the controls on coastal cliff landslides using machine-learning approaches. *Environmental Modelling & Software*, v. 76, p. 117-127, 2016.
- DIKAU, R.; BRUNSDEN, D.; SCHROTT, L.; IBSEN, M. (Eds). *Landslide recognition: identification, movement and causes*. Chichester: John Wiley and Sons. 1996. 251 p.
- DIKAU, R. Mass Movement. In: GOUDIE, A (Hrsg.). *Encyclopedia of Geomorphology*, 2004. p. 644-652.
- EMERY, K. O.; KUHN, G. G. Sea cliffs: their processes, profiles, and classification. *Geological Society of America Bulletin*, v. 93, n. 7, p. 644 -654, 1982.
- FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Eds.). *Geomorfologia e meio ambiente*. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 123-186.
- FERREIRA, A. M. G. S. *et al.* Análise do risco num trecho das arribas da ericeira-medidas de mitigação. 2021. Disponível em: <https://pianc.pt/wp-content/uploads/2021/03/7as-jornadas/49.pdf> . Acessado em: 15 jan. 2024.
- FINCH, K. C. *et al.* Public health implications of social media use during natural disasters, environmental disasters, and other environmental concerns. *Natural Hazards*, v. 83, p. 729-760, 2016.
- FROTA, F. F.; TRUCCOLO, E. C.; SCHETTINI, C. A. F. Tidal and sub-tidal sea level variability at the northern shelf of the Brazilian Northeast Region. In: *Academia Brasileira de Ciências. Anais...ABC*: 2016, v. 88, n. 33, p. 1371-1386.

FUNCEME. Relatório de desempenho de gestão. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME. Exercício 2020.

GALILI, E.; ZVIELY, D. Geo-archaeological markers reveal magnitude and rates of Israeli coastal cliff erosion and retreat. *Journal of Coastal Conservation*, v. 23, p. 747-758, 2018.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). *Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 139-156.

GUIMARÃES, R. F. et al. Avaliação de Parâmetros Morfológicos das Cicatrizes dos escorregamentos da bacia do rio Quite (RJ). *GEOSUL Especial II SINAGEO*. Florianópolis: EDUSC, 1998.

HIERA, M. D.; JÚNIOR, A. F. L.; ZANELLA, Maria Elisa. Análise da tendência da precipitação no Estado do Ceará no período 1974 a 2016. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 24, 2019.

HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. *Manual de deslizamento - um guia para compreensão de deslizamento*. Virginia: U. S. Geological Survey Circular, 2000. 129 p.

MAIA, R. P.; AMORIM, R. F. Aspectos morfoestruturais e fatores erosivos em falésias. O caso de Pipa-RN. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 23, n. 4, p. 2000-2009, 2022.

MAIA, R. P.; AMORIM, R. F.; MEIRELES, A. J. A. Falésias: origem, evolução, risco. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2022. 84 p.

MARRERO, S. M.; HEIN, A. S.; NAYLOR, M.; ATTAL, M.; SHANKS, R.; WINTER, C.; WOODWARD, J.; DUNNING, S.; WESTOBY, M.; SUGDEN, D. Controls on subaerial erosion rates in Antarctica. *Earth and Planetary Science Letters*. V. 501, p. 56-66, 2018.

MEIRELES, A. J. A. *Geomorfologia costeira: funções ambientais e sociais*. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. 489 p.

MICCADEI, E.; MASCIOLI, F.; RICCI, F.; PIA-CENTINI, T. Geomorphology of soft clastic rock coasts in the mid-western Adriatic Sea (Abruzzo, Italy). *Geomorphology*, v. 324, p. 72 - 94, 2019.

MOLINARI, D. C. Hidrologia, processos erosivos e movimentos de massa. In: REBELLO, A. (Org.). *Contribuições teórico-metodológicas da geografia física*. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2010. p. 67-103.

MONTEIRO NETO, C. Parâmetros Oceanográficos. In: CAMPOS, A. A.; MONTEIRO, A. Q.; MONTEIRO NETO, A. A.; POLETTE, M. (Coord.). *A zona costeira do Ceará: diagnóstico para gestão integrada*. Fortaleza: AQUASIS, 2003. 248 p.

MORAIS, J. O. Aspectos do transporte de sedimentos no litoral de do município de Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil. *Arq. Ciên. Mar*, v. 20, n. (1/2), p. 71-100, 1980.

MORAIS, J. O. de. Processos e Impactos Ambientais em Zonas Costeiras. *Revista de Geologia da UFC*, v.9, p 191-242, 1996.

MORAIS, J. O.; FREIRE, G. S.; PINHEIRO, L. S.; SOUZA, M. J. N.; CARVALHO, A. M.; PESSOA, P. R. S.; OLIVEIRA, S. H. M. Caracterização fisiográfica e geoambiental da Zona costeira do Estado do Ceará. In: MUEHE, D. (Org.). *Erosão e Progradação no Litoral Brasileiro*. Brasília: MMA, 2006. p. 131-154.

MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S.; PESSOA, P. R. S.; FREIRE, G. S.; CARVALHO, A. M.; GUERRA, R. G. P.; BARROS, E. L.; MOURA, F. J. M. Capítulo Ceará. In: MUEHE, D. (Coord.). *Erosão e progradação do litoral brasileiro*. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério do Meio Ambiente, 2018. p. 261-289.

MOURA, M. R. Processos costeiros e evolução da ocupação nas praias do litoral oeste de Aquiraz, Ceará, entre 1970-2008. 137f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Mestrado Acadêmico em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2009.

PAULA, D. P.; DIAS, J. M. A.; FERREIRA, O.; ALMEIDA, L. P M.; MORAIS, J. O. Determina-

ção dos limiares para impactos socioambientais em função das ressacas do mar em Fortaleza-CE, Brasil. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO MAR, 14., 2011, Santa Catarina. Anais...Santa Catarina: Balneário Camboriú, 2011.

PAULA, D. P.; MORAIS, J. O.; FERREIRA, O.; DIAS, J. A. Análise histórica das ressacas do mar no litoral de Fortaleza (Ceará, Brasil): origem, características e impactos. In: PAULA, D. P.; DIAS, J. A. (Orgs.). Ressacas do mar: temporais e gestão costeira. Fortaleza: Editora Premium, 2015. p. 173-201.

PICANÇO, J. Movimentos gravitacionais de massa, tragédias do verão. *Scientific American*, v. 94, p. 40-45, 2010.

ROSSETTI, D. F.; ROCCA, R. R.; TATUMI, S. H. Evolução dos sedimentos "Pós-Barreiras" na zona costeira da Bacia São Luís, Maranhão, Brasil. Evolution of the Post-Barreiras Sediments in the coastal zone of São Luís Basin, Maranhão, Brazil. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.*, v. 8, n. 1, p. 11-25, 2013.

SILVA, R. R. Variabilidade Espaço-Temporal Dos Processos Erosivos Nas Falésias De Canoa Quebrada-Aracati. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

SILVA, R. R. Evolução e vulnerabilidade das falésias na costa leste do Ceará-Nordeste do Brasil. 160f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

SILVA, J. S.; FARIAS FILHO, M. S. Expansão urbana e impactos ambientais na zona costeira norte do município de São Luís (MA). *RAEGA*, v. 46, n. 1, p. 07-24, 2019.

SILVA, R. R.; PINHEIRO, L. S.; XIMENES NETO, A. R.; MORAIS, J. O. Mapeamento LIDAR nas falésias costeiras do leste cearense (Nordeste do Brasil). *Geociências*, v. 39, n. 2, p. 463-479, 2020.

SIQUEIRA, A.C.A.; MAGINI, C.; DANTAS, E.L.; FUCK, R.A.; SASAKI, J.M. 2014. Lateritas do Domínio Médio Coreau: comportamento geoquímico de mantos lateríticos do Noroeste do Estado do Ceará. *Brazilian Journal of Geology*, v. 44, n. 2, p. 249-264, 2014.

SOUZA, M. J. N. Unidades Geoambientais. In: CAMPOS, A. A.; MONTEIRO, A. O.; MONTEIRO NETO, C.; POLETTE, M. (Coord.). A zona costeira do Estado do Ceará: Diagnóstico para a Gestão Integrada. Fortaleza: AQUASIS, 2003, p: 29-40.

SOUSA, D. C.; JARDIM DE SÁ, E. F.; VITAL, H.; NASCIMENTO, M. A. L. Falésias na praia de Ponta Grossa, Icapuí, CE: importantes deformações tectônicas cenozoicas em rochas sedimentares da Formação Barreiras. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S.; BERBERTORN, M.; QUEIROZ, E. T. (Edit.). Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. *SI-GEP* 120, 2008. 12p.

SOUZA, C. R. G. Erosão costeira. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). Desastres naturais: conhecer para prevenir. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015. p. 73-84.

SUGUIO, K. Tópicos de geociências para o desenvolvimento sustentável: as regiões litorâneas. *Revista do Instituto de Geociências*, v. 2, n. 1, 40p, 2003.

TATUMI, S.H., SILVA, L.P., PIRES, E.L., ROSSETTI, D.F., GÓES, A.M. Datação de Sedimentos "Pós-Barreiras" no norte do Brasil: implicações paleogeográficas. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 38, p. 514-524, 2008.

TEBALDI, C.; RANASINGHE, R.; VOUSDOKAS, M.; RASMUSSEN, R. J.; VEGA-WESTHOFF, B.; KIREZCI, E.; KOPP, E.; SRIVER, R.; MENTASCHI, L. Extreme sea levels at different global warming levels. *Nature Climate Change*, v. 11, p. 746-751, 2021.

TOMINAGA, L. K. Escorregamentos. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). Desastres naturais: conhecer para prevenir. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico,

gico, 2015. p. 27-38.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). Desastres Naturais: conhecer para prevenir. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012. 196 p.

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: FIBGE - SUPREN, 1977. 91 p.

UN-ISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction - living with risk. A global review of disaster reduction initiatives. Suíça: United Nations, 2002. Disponível em <http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/bd-lwr-2004-eng.htm>. Acesso em: 27 de jan 2024.

UN-ISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction. 2009. Terminology on disaster risk reduction. Disponível em: <<http://www.unisdr.org>>. Acesso em: 27 jun 2024.

VARNES, D. J. Slope movement types and process. In: SCHUSTER, R. L.; KRIZEK, R.J. (Eds). Landslides analysis and control. Transportation Research Board. National Academy of Sciences, v. 176, p. 12-33,1978.

WICANDER, R; MONROE, J. S.; KIRSTEN PETERS, E. Fundamentos de Geologia. Cengage Learning. São Paulo, 2009. 529 p.

XIMENES NETO, A. R. 2018. Evolução do sistema de paleocanais na plataforma continental rasa de Camocim, CE - Brasil, durante o Quaternário Superior. 134f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2018.

PERIGO

FALÉSIA INSTÁVEL



**você pode ficar gravemente
ferido ou **MORRER****

Logo da secretaria

Logo do Estado

Logo do Município

PERIGO

**ÁREA COM RISCO DE
DESMORONAMENTO**



MANTENHA UMA DISTÂNCIA SEGURA

APÊNDICE 2 - Exemplo de placa de sinalização para áreas de sopé de falésias



CEARÁ
GOVERNO DO ESTADO