



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGGEO

CARLOS HENRIQUE SANTOS DA SILVA

FALÉSIA DE ITAPARI, SÃO JOSÉ DE RIBAMAR, MARANHÃO:

EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA RECENTE

Teresina - PI

2017

CARLOS HENRIQUE SANTOS DA SILVA

**FALÉSIA DE ITAPARI, SÃO JOSÉ DE RIBAMAR, MARANHÃO:
EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA RECENTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGGEO, da Universidade Federal do Piauí – UFPI, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Organização do Espaço e Educação Geográfica

Linha de Pesquisa: Estudos Regionais e Geoambientais

Orientadora: Iracilde Maria de Moura Fé Lima

Teresina/PI

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Universidade Federal do Piauí

Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Humanas e Letras

Serviço de Processamento Técnico

S586f Silva, Carlos Henrique Santos da.
Falésia de Itapari, São José de Ribamar, Maranhão:
evolução geomorfológica recente / Carlos Henrique
Santos da Silva. – 2017.
121 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade
Federal do Piauí, 2017.

Orientação: Profa. Dra. Iracilde Maria de Moura Fé
Lima.

1. Falésia Itapari. 2. Dinâmica da Linha de Costa. 3. São
José de Ribamar (Maranhão). I. Título.

CDD 918.1

CARLOS HENRIQUE SANTOS DA SILVA

FALÉSIA DE ITAPARI, SÃO JOSÉ DE RIBAMAR, MARANHÃO: EVOLUÇÃO
GEOMORFOLÓGICA RECENTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGGEO, da Universidade Federal do Piauí – UFPI, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geografia sob a orientação da Prof^a. Dr^a. IRACILDE MARIA DE MOURA FÉ LIMA. Área de Concentração: Organização do Espaço e Educação Geográfica. Linha de Pesquisa: Estudos Regionais e Geoambientais.

Resultado da Defesa: APROVADO

Teresina, 10 de março de 2017.

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Iracilde Moura Fé Lima

[Orientadora – Presidente]

IRACILDE MARIA DE MOURA FÉ LIMA

Prof. Dr. Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

[Examinador Interno ao Programa – PPGGEO – UFPI]

EMANUEL LINDEMBERG SILVA ALBUQUERQUE

Prof. Dr. Jorge Eduardo de Abreu Paula

[Examinador Externo ao Programa – UESPI]

JORGE EDUARDO DE ABREU PAULA

Prof^a. Dr^a. Quésia Duarte da Silva

[Examinadora Externa ao Programa – UEMA]

QUÉSIA DUARTE DA SILVA

Aos meus pais, Manoel Cardoso da Silva e Maria Garcia dos Santos Silva, grandes incentivadores que, mesmo nos momentos difíceis sempre me aconselharam a seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora prof^a. Dr. Iracilde Maria de Moura Fé Lima, que me ajudou, aconselhou como grande incentivadora da pesquisa em questão.

À Hikaro Kayo de Brito Nunes, que todos os dias ilumina mais a minha vida.

Aos meus amigos Viviane da Silva Almeida, Jordane de Oliveira Borges, Samara Abreu, Cleto Gonzaga Câmara de Melo, Regis Vercauteren de Souza Castro, Mariana Ferreira Oliveira, Marcele de Jesus Correa, Jeová dos Santos Oliveira, Vania Santana Neves, Thaina Sousa da Silva, Nayara Catharina Carvalho, Deurismar Correia, Silvino Jardim dos Santos.

Aos meus amigos da 5^o turma do Mestrado de Geografia da Universidade Federal do Piauí “Mestrado Cinco Estrelas”, Ângela Oliveira Vieira, Adalgiso Barbosa de Araújo Neto, Jéssica Cristina Oliveira Frota, Tarcys Klébio da Silva Mesquita, Gracielly Portela da Silva, Aline Camilo Barbosa, Luís Fabiano de Aguiar Silva, Luzia Ferreira Cavalcante, Mônica Saraiva de Sousa, pelos momentos maravilhosos e pelas lições aprendidas.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGGEO, da Universidade Federal do Piauí – UFPI, pela dedicação e transmissão de conhecimentos.

Ao Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC e a meus amigos e colegas de trabalho José Ribamar Trovão, Karla Serra Amorin, Getúlio Estefânio Duarte Martins, Paulo César dos Santos Garras, Ana Teresa Bouéres Rodrigues Noronha, Eloína Coelho Carneiro e Elison André Leal Pinheiro.

À todos que confiaram e acreditaram em mim.

Muito Obrigado!

“A Geografia é uma ciência da observação. Aquele que a pratica ama andar, olhar ao redor, cheirar os odores e sentir a atmosfera; é também um homem de contato, sempre pronto a interrogar as pessoas e a escutá-las” (CLAVAL, 2011).

LISTA DE FIGURAS

	p.
Figura 1 - Componentes principais das falésias costeiras.....	20
Figura 2 - Elementos topográficos de costa escarpada.....	20
Figura 3 - Refração das ondas.....	23
Figura 4 - Tipos de arrebentação na base da falésia: a) standing/ ondas estacionárias; b) breaking/ ondas a quebrar; c) broken/ ondas já quebradas.....	24
Figura 5 - Balanço de areia na falésia de Itapari (entrada e saída de areia por erosão, transporte e sedimentação).....	27
Figura 6 - Processo simplificado de evolução das falésias.....	29
Figura 7 - Desmoronamento da falésia.....	30
Figura 8 - Esquema representando o processo de erosão das falésias.....	31
Figura 9 - Dissecção de falésia.....	37
Figura 10 - Representação esquemática de um sistema, assinalando os elementos (A, B, C, D) e suas relações, assim como evento entrada e o produto saída.....	42
Figura 11 - Esboço de uma definição teórica de geossistema.....	44
Figura 12 - Mapa de localização da área de estudo.....	48
Figura 13 - Temperatura média na estação de São Luís.....	53
Figura 14 - Temperatura máxima na estação de São Luís.....	54
Figura 15 - Temperatura mínima na estação de São Luís.....	54
Figura 16 - Precipitação média na estação de São Luís.....	55
Figura 17 - Gráfico de precipitação média em mm na estação de São Luís em 2015.....	56
Figura 18 - Gráfico de temperatura média mensal na estação de São Luís em 2015.....	56
Figura 19 - Intensidade e direção do vento no aeroporto de São Luís no ano de 2001.....	57
Figura 20 - Intensidade e direção do vento no aeroporto de São Luís no ano de 2002.....	58
Figura 21 - Mapa da Setorização da Zona Costeira do Estado do Maranhão (ZCEM): 1 – Golfão Maranhense, 2 - Litoral Oriental, 3 - Litoral Ocidental, 4 - Baixada Maranhense, 5 - Parcel Manuel Luís.....	66
Figura 22 - Fotografias de falésias ativas no povoado de Maracujátua, município de Cururupu-MA (a) e (b).....	68
Figura 23 - Fotografias de falésia ativa da Baronesa (a), município de Alcântara; Falésia da Tartaruga (b), Ilha do Medo, município de São Luís.....	68
Figura 24 - Mapa de falésias na Ilha do Maranhão.....	69
Figura 25 - Fotografias de falésias ativas no município de São Luís, (a) Falésia do Bonfim, (b) Falésia do Farol, (c) Falésia do Olho d'Água, (d) Falésia do Terere.....	70
Figura 26 - Fotografias de falésias ativas no município de São José de Ribamar, (a) Falésia Vermelha, (b) Falésia da Boa Viagem, (c) Falésia de Juçatuba, (d) Falésia de Satuba, (e) Falésia do Catatúa, (f) Falésia de Guarapiranga.....	71

Figura 27 - Localização de currais de pedra feitos por índios que habitavam essa área.....	73
Figura 28 - Fotografia de curral de pedra na área de estudo.....	74
Figura 29 - Mapa de uso e cobertura da Terra na Ponta de Itapari.....	75
Figura 30 - Fotografia mostrando o perfil das residências dos moradores locais.....	76
Figura 31 - Fotografia mostrando o perfil das segundas residências	77
Figura 32 - Fotografia mostrando rua de areia solta.....	79
Figura 33 - Fotografia mostrando escadarias de uso particular na face da falésia.....	79
Figura 34 - Fotografia de lixo depositado na praia.....	80
Figura 35 - Fotografia de lixo depositado na face da falésia.....	81
Figura 36 - Representação da entrada de um condomínio na área de estudo.....	82
Figura 37 - Representação da área ocupada pelo condomínio em construção na área de estudo.....	82
Figura 38 - Fotografia da entrada do condomínio em construção na área de estudo.....	83
Figura 39 - Fotografia da área interna do condomínio em construção na área de estudo.....	83
Figura 40 - Fotografia de placa de venda de terrenos em outro condomínio próximo ao mar	84
Figura 41 - Fotografia de área desmatada e queimada no topo da falésia de Itapari.....	85
Figura 42 - Fotografia de complexo vegetacional arbustivo secundário.....	86
Figura 43 - Fotografia de palmeiras de Babaçu.....	86
Figura 44 - Fotografia de plantação de coco-da-baía.....	87
Figura 45 - Fotografia da linha de costa, contato praia/pós-praia, setor I.....	88
Figura 46 - Fotografia da linha de costa, falésia ativa, setor II.....	89
Figura 47 - Fotografia da linha de costa, falésia ativa, setor VI.....	89
Figura 48 - Fotografia da linha de costa, muros de residências.....	90
Figura 49 - Mapa da Linha de costa na ponta de Itapari.....	91
Figura 50 - Fotografias de muros parcialmente tombados.....	92
Figura 51 - Fotografias de estaqueamento realizado no topo da falésia de Itapari.....	92
Figura 52 - Mapa de monitoramento através de estacas e muros de concreto.....	93
Figura 53 - Retrogradação no setor I e II da linha de costa.....	94
Figura 54 - Retrogradação nos setores III e IV da linha de costa.....	95
Figura 55 - Retrogradação nos setores V e VI da linha de costa.....	96
Figura 56 - Ocupação no topo da falésia de Itapari e sua relação com os setores de contato da falésia com o mar.....	97
Figura 57 - Painel de fotografias e esboços de perfis da falésia de Itapari, por setor.....	98
Figura 58 - Representação demonstrando a evolução da falésia de Itapari.....	100
Figura 59 - Fáceis da Formação Barreiras na falésia de Itapari.....	101
Figura 60 - Fotografia mostrando a pluma de sedimentos tingindo o mar de vermelho.....	103
Figura 61 - Fotografia de ondas na área de estudo.....	104
Figura 62 - Fotografia mostrando a direção da correntes longitudinais na área de Itapai.....	106
Figura 63 - Fotografia de queda de blocos na falésia de Itapari.....	118
Figura 64 - Fotografia mostrando escorregamento rotacional na falésia de Itapari.....	109

Figura 65 - Fotografia de escorregamento translacional na falésia de Itapari.....	109
Figura 66 - Fotografia de dunas no pós-praia.....	110
Figura 67 - Fotografia mostrando marcas da escavadeira de trator que retiraram material argiloso da falésia de Itapari.....	111
Figura 68 - Fotografia mostrando arenitos ferruginosos sendo utilizados na construção de casas no pós-praia.....	112
Figura 69- Fotografia mostrando a formação dos arenitos ferruginosos na falésia de Itapari.....	113

RESUMO

As falésias referem-se a superfícies de forte inclinação, onde a terra elevada se encontra com o mar, corresponde a uma característica geomorfológica de primeira ordem de significância, porque ocorrem ao longo de cerca de 80% das linhas costeiras do mundo. No município de São José de Ribamar, Maranhão, a zona costeira apresenta um conjunto singular de falésias, dentre elas a de Itapari. A constituição geológica desta forma de relevo é de materiais da Formação Barreiras, de origem sedimentar Tércio-quadernária, altamente suscetíveis à erosão por processos marinhos, provocam desmoronamentos, principalmente durante períodos chuvosos. Tendo em vista que a área que abrange a falésia é de crescente ocupação humana, o presente trabalho tem por objetivo geral analisar como se processa a dinâmica dos processos modeladores da falésia Itapari, responsáveis pela sua evolução geomorfológica. Como objetivos específicos encontram-se: caracterizar a ocupação humana e as principais alterações provocadas por suas ações; estudar a evolução da linha de costa da faixa litorânea da ponta de Itapari maranhense na última década e, identificar e interpretar os processos naturais operantes na área de estudo. O desenvolvimento da pesquisa envolveu a revisão da literatura, em que se buscou obras e documentos com dados referentes ao tema estudado; observação de imagens de satélites; trabalhos de campo para a identificação e caracterização da falésia e do uso antrópico da área; monitoramento por estaqueamento, registro fotográfico e análise da retrogradação da linha de costa maranhense do setor onde ela se localiza. Os resultados encontrados, indicam que as falésias se distribuem, apenas, ao longo do Litoral Ocidental e Golfão Maranhense, esculpidas principalmente nas formações Alcântara e Barreiras. Com o mapeamento do uso e cobertura da Terra, foi possível estabelecer quatro classes: área urbanizada, solo exposto, vegetação secundária e vegetação plantada, sendo preocupante a maior preponderância de solo exposto na área em estudo. A regressão da linha de costa que ocorre atualmente não se apresenta uniforme, uma vez que o recuo variou de 0 a 3 metros/ano durante a década atual em toda a extensão da falésia Itapari, demonstra que uma das seções da falésia apresentou certa estabilidade em relação às demais. Mesmo diante da complexidade que envolve a evolução desta falésia, pôde-se inferir que os componentes naturais do ambiente são os principais condicionantes dos processos operantes na evolução atual desta falésia, embora seja preocupante a crescente interferência antrópica sobre ela, sobretudo em relação às construções e a retirada de materiais que a compõem. Conclui-se, portanto, que vários processos de elevada complexidade contribuem para a evolução das falésias, formando, portanto, um geossistema, que reage com uma diversidade muito complexa de elementos, no qual ocorrem constantes trocas de matéria e energia. A falésia de Itapai se encontra em franca evolução natural e sua dinâmica encerra um frágil equilíbrio ambiental, que carece de planejamento específico para adequação de uso e conservação das formas de relevo que dão elevado potencial turístico ao Maranhão: suas belas falésias costeiras.

Palavras-chave: Falésia Itapari. Dinâmica da linha de costa. São José de Ribamar-Maranhão.

ABSTRACT

The cliffs refers to strong slope surfaces, where the elevated land meets the sea, corresponding to a geomorphological feature of the first order of significance, because they occur along about 80% of the world's shorelines. In the municipality of São José de Ribamar, Maranhão, the coastal zone presents a unique set of cliffs, among them Itapari. The geological constitution of this form of relief is of materials of the Barreiras Formation, of Tertiary-quaternary sedimentary origin, being highly susceptible to the erosion by marine processes, provoking crumbling, mainly during rainy periods. Considering that the area that covers the cliff is of increasing human occupation, the present work has as general objective to analyze how the dynamics of the modeling processes of the Itapari cliff, responsible for its geomorphological evolution. As specific objectives include: characterize the human occupation and the main changes caused by their actions; To study the evolution of the coastline of the coastal strip of Itapari Maranhense point in the last decade and to identify and interpret the natural processes that operate in the study area. The development of the research involved the revision of the literature, in which works and documents with data referring to the studied subject were searched; observation of satellite images; fieldwork for the identification and characterization of the cliff and the anthropic use of the area; monitoring by stacking, photographic record and analysis of the retrogradation of the Maranhense coastline of the sector where it is located. The results indicate that the cliffs are distributed only along the Western Coast and Golfão Maranhense, mainly carved in the Alcântara and Barreiras formations. With the mapping of the use and coverage of the Earth, it was possible to establish four classes: urbanized area, exposed soil, secondary vegetation and planted vegetation, being worrisome the greater preponderance of soil exposed in the study area. The current coastline regression is not uniform, since the retreat varied from 0 to 3 meters/ year during the current decade along the entire length of the Itapari cliff, demonstrating that one of the sections of the cliff presented some stability in relation to the others. Even in the face of the complexity involved in the evolution of this cliff, it was possible to infer that the natural components of the environment are the main constraints of the processes operating in the current evolution of this cliff, although the growing anthropic interference with it, especially in relation to buildings and the removal of the materials that compose it. It is concluded, therefore, that several processes of high complexity contribute to the evolution of the cliffs, forming, therefore, a geosystem, that reacts with a very complex diversity of elements, in which constant exchanges of matter and energy occur. The Itapari cliff is in a natural evolution and its dynamics conclude a fragile environmental balance, which lacks specific planning to adapt the use and conservation of the forms of relief that give high tourist potential to Maranhão: its beautiful coastal cliffs.

Keywords: Cliffs Itapari. Coastline dynamics. São José de Ribamar - Maranhão.

SUMÁRIO

	p.
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 Falésias: base conceitual.....	17
2.2 A Dinâmica Costeira e a Evolução das Falésias.....	21
2.2.1 A dinâmica costeira.....	21
2.2.2 Evolução das falésias.....	28
2.4 O Fator Antrópico na Zona Costeira.....	37
2.5 A Abordagem Sistêmica no Estudo das Falésias.....	40
3 A FALÉSIA DE ITAPARI.....	47
3.1 Localização e Delimitação.....	47
3.2 Aspectos do Ambiente Natural na Área.....	47
4 PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS.....	59
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	65
5.1 Distribuição e Caracterização das Falésias no Litoral do Maranhão.....	65
5.2 Uso e Cobertura da Terra na Ponta de Itapari, Panaquatira - São José de Ribamar.....	72
5.2.1 Área Urbanizada.....	76
5.2.2 Solo Exposto.....	81
5.2.3 Vegetação Secundária.....	85
5.2.4 Vegetação Plantada.....	86
5.3 Retrogradação da Linha de Costa com Base na Evolução Geomorfológica da Falésia de Itapari.....	87
5.4 Evolução Geomorfológica da Falésia de Itapari e sua Relação com os Componentes Naturais.....	96
6 CONCLUSÕES.....	114
REFERÊNCIAS.....	116
APÊNDICE.....	120

1 INTRODUÇÃO

As costas são zonas de interface entre a terra e o mar detentoras de paisagens de grande beleza cênica, podendo apresentar, numa mesma área, diversificadas variações em suas formas e materiais, o que lhe confere uma complexidade extremamente frágil.

Pode-se afirmar que existe grande interesse em conhecer o modo de funcionamento dos ambientes costeiros porque se constituem um laboratório natural que fornece informações relativas à dinâmica de oscilações do nível do mar, tanto em tempos atuais como passados (AB'SÁBER, 2001). Assim, a análise da paisagem costeira atual e de sua evolução no tempo geológico permite reconstituir os padrões do nível do mar, bem como entender os fatores intrínsecos e extrínsecos que influenciaram suas mudanças através do tempo. Estudos dessa natureza são cruciais para a correlação de eventos geológicos em escalas locais e regionais, uma vez que a zona costeira responde de imediato à variação no nível de base (ROSSETTI, 2008).

Além disso, a zona costeira consiste de sistemas deposicionais efêmeros, tanto espacial quanto temporal, o que gera morfologias variadas que estão em constante estado de mudança. Desse modo, a caracterização dos ambientes costeiros atuais e passados, seja em termos geológicos ou geomorfológicos, fornece informações importantes na reconstituição da forma de atuação de diversos eventos, é de fundamental importância, não só para a reconstituição da história, mas também como forma de desenvolver possíveis intervenções que minimizem seu impacto negativo para a sociedade atual e as gerações futuras (ROSSETTI, 2008).

O Brasil possui 7.367 quilômetros de linha costeira, sem levar em conta os recortes litorâneos, como as baías e reentrâncias, que ampliam significativamente essa extensão e assim, se consideradas, elevaria sua extensão para mais de 8,5 mil quilômetros. A zona costeira brasileira abriga um mosaico de ecossistemas de alta relevância ambiental, onde se alternam mangues, restingas, campos de dunas, estuários, recifes de corais, e outros ambientes importantes do ponto de vista ecológico (MORAES, 2007).

A ocupação do território brasileiro ocorreu no sentido dos núcleos costeiros para a hinterlândia, o que explicita sua formação colonial. Dessa maneira, suas primeiras cidades e áreas de adensamento populacional se localizaram na zona litorânea, exatamente nos polos de difusão do povoamento para o interior. Ao considerar que no decorrer da história humana as populações sempre se estabeleceram próximo a áreas fluviais e costeiras, explica assim que essas eram e continuam sendo lugares de atração para fixação de núcleos populacionais, pois

cerca de 1/3 da população mundial vive nestas áreas e também onde se encontra grande parte das metrópoles mundiais (MORAES, 2007).

A zona costeira constitui-se em uma parcela privilegiada do território brasileiro quanto aos recursos naturais, econômicos e humanos, configura-se como patrimônio nacional. Os ecossistemas dessa zona resultam da interação de ambientes marinhos e terrestres caracterizados por recortes, pela diversidade biológica e fragilidade ambiental, sofrem influências tanto de processos naturais quanto antrópicos (STROHAECKER, 2008).

Neste sentido, afirma-se que, em função de sua morfogênese e morfodinâmica, torna-se necessário conhecer, estudar e planejar o uso e ocupação desses ambientes naturais. Destaca-se que a crescente ocupação do espaço costeiro sem os devidos cuidados, poderá chegar à própria inviabilização das atividades econômicas, o que desperta na sociedade a convicção da necessidade de, através da pesquisa científica e de ações de gerenciamento, monitoramento e educação ambiental, encontrar uma situação menos conflituosa entre uso e a preservação/conservação do meio ambiente (MUEHE; NICOLODI, 2008).

A zona costeira do estado do Maranhão possui uma extensão de aproximadamente 640 km, e estende-se no sentido Oeste-Leste. Em função de suas características geoambientais diferenciadas, é compartimentada em Litoral Ocidental, Golfão Maranhense e Litoral Oriental (FEITOSA; TROVÃO, 2006). Apresenta diversificadas feições geomorfológicas, resultantes de um misto de processos erosivos e deposicionais, próprios da dinâmica do ambiente litorâneo, dentre as quais encontram-se as falésias.

As falésias costeiras são conceituadas como superfícies de forte inclinação, onde a terra elevada se encontra com o mar. Sua gênese está associada a processos geomorfológicos de primeira ordem de significância, que ocorrem ao longo de cerca de 80% das linhas de costas altas de todo o mundo (EMERY; KUHN, 1982).

No Golfão Maranhense se encontra a Ilha do Maranhão, composta pelos municípios de São Luís (capital), Paço do Lumiar, Raposa e São José de Ribamar, situados ao Norte do Estado. Na zona costeira de São José de Ribamar, as falésias ocupam uma grande extensão, formando um arco que funciona como linha de contato entre o continente, a Baía de São José e o Oceano Atlântico. A falésia de Itapari, objeto do trabalho, apresenta-se como uma seção dessa linha da costa com aproximadamente 1,4 km de extensão, de modo que em aproximadamente 200 m há uma faixa contínua de segundas residências construídas na base da falésia, ocasiona sua estabilização, e altura que varia de 5 a 30 metros. Nessa área os estudos indicam que a transgressão marinha destrói, ao longo dos anos, vários empreendimentos que estão dispostos de maneira ilegal na borda e na base da feição (SILVA, 2013).

Conforme Silva (2013), há inúmeras construções como casas de veraneio, pousadas, bares, comércios e outros empreendimentos, todos dispostos na borda e na base da falésia. Presença de malha viária com traçado de algumas avenidas que terminam na borda da feição geomorfológica, o que favorece o escoamento superficial por sua face, e com isso acarreta o surgimento de sulcos e ravinas.

Com base nessas evidências e reflexões teóricas levantou-se questionamentos para nortear o desenvolvimento da pesquisa, como: Quais são os processos naturais predominantes que operam na área? Como a composição geológica influencia no processo de regressão da falésia? Qual a taxa de recuo da falésia por ano? Como a ação humana tem contribuído para a intensificação da evolução da falésia?

Assim, a hipótese levantada é a de que mesmo que haja crescente interferência da ocupação humana, a atuação de agentes naturais como as ondas, as marés e as correntes litorâneas somada à pequena resistência dos materiais que compõem a Formação Barreiras, corresponde aos principais fatores responsáveis pela dinâmica e evolução da falésia de Itapari.

A fim de compreender a atuação desses agentes estabeleceu-se como objetivo geral desta pesquisa Analisar como se processa a dinâmica dos processos modeladores da falésia, responsáveis pela sua evolução geomorfológica. Como objetivos específicos buscou-se:

- a. Identificar as áreas de ocorrências de falésias marinhas ativas no estado do Maranhão;
- b. Caracterizar a ocupação humana e as principais alterações provocadas por suas ações.
- c. Estudar a evolução da linha de costa na faixa litorânea da ponta de Itapari maranhense na última década;
- d. Analisar os processos naturais operantes na área de estudo.

A metodologia adotada nesta pesquisa segue os princípios da abordagem sistêmica, tendo em vista que o objeto de estudo sugere uma evolução resultante da atuação simultânea de processos que envolvem materiais e agentes naturais continentais e marinhos, além da ação antrópica.

Foram realizados levantamentos de referenciais teóricos, mapas e imagens; trabalhos de campo; além da coleta de dados no período chuvoso e de estiagem para observação de características morfológicas, geológicas e da dinâmica costeira da área. A obtenção de dados através de estaqueamento e análise multitemporal, através de imagens de satélite, serviram de subsídio para se determinar a retrogradação da linha de costa.

Diante das incipientes pesquisas sobre as falésias maranhenses e, ainda, a omissão dos órgãos competentes permitindo a ocupação de áreas até sua borda, em descumprimento a legislação ambiental, considera-se que esta pesquisa é de fundamental importância, por ter

possibilitado a ampliação do conhecimento sobre a dinâmica atual, o que gera subsídios ao disciplinamento do uso e ocupação da falésia de Itapari, principalmente porque a mesma se localiza próxima a área urbana, do município de São José de Ribamar, Maranhão.

Assim, acredita-se que esse trabalho possa contribuir de forma significativa, não apenas para a comunidade científica, mas para a população local que carece não somente de esclarecimentos acerca do disciplinamento no uso e ocupação da terra, mas também da conservação do patrimônio natural que as falésias representam.

Optou-se por compartimentar este trabalho em seis capítulos, a partir da presente introdução que aborda de forma geral o tema selecionado para a pesquisa.

O segundo capítulo trata do referencial teórico, como base para a análise das condições do ambiente e da dinâmica da falésia estudada. Para tanto, partiu-se do estudo sobre as falésias, onde se descreveu o processo de sua evolução e a importância da abordagem sistêmica em seu estudo. Seguiu-se à esses aspectos a caracterização da dinâmica costeira e da ocupação e ação antrópica na zona costeira.

O terceiro capítulo versa sobre a Falésia de Itapari, onde está inserida a ponta de mesmo nome, município de São José de Ribamar, e seus aspectos geográficos, iniciado com sua localização geográfica, suas características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e climáticas.

O quarto capítulo descreve os procedimentos técnico-operacionais empregados no trabalho, o delineamento da pesquisa, os dados utilizados e as técnicas empregadas para obtenção e análise dos dados.

O quinto capítulo aborda os resultados e discussões da pesquisa, onde se destaca a distribuição e características das falésias no estado do Maranhão. Uso e cobertura da Terra na Ponta de Itapari, com análise da gênese de sua ocupação, categorização e principais características. Análise da retrogradação da linha de costa, utilizando técnicas de estaqueamento e de imagens multitemporais. Evolução geomorfológica da falésia de Itapari e sua relação como os componentes naturais. O sexto capítulo trata sobre as conclusões do trabalho, seguidas das referências utilizadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Falésias: base conceitual

As falésias são feições geomorfológicas recorrentes na costa brasileira, que podem ser denominadas também por outros nomes, como: costas erosivas, formações abruptas ou costas abruptas, costas escarpadas, barreiras, *arribas*, *acantilados* e *cliffs*. As três primeiras denominações são utilizadas principalmente por Christofolletti (1980), Guerra; Guerra (2008) e Rosseti (2008). O termo barreiras é utilizado como expressão popular na costa maranhense e os termos *arriba*, *acantilado* e *cliff* são usualmente utilizadas em Portugal e nas línguas espanhola e inglesa, respectivamente (SILVA, 2013).

Bird (1930, p.67) se refere às falésias como sendo:

íngremes (geralmente mais de 40°, mas frequentemente verticais e, por vezes, pendendo), encostas cortadas em formações rochosas. Elas geralmente recuam como resultado da erosão marinha em sua base, acompanhado pela erosão subaérea da face da falésia (Tradução nossa).

Ainda segundo Bird (1930), três quartos das costas do mundo são falésias e costões rochosos. A geomorfologia das falésias e costões rochosos tem sido discutida em livros didáticos por Trenhaile (1987) e Sunamura (1992), e resumidas por Griggs e Trenhaile (1994).

Emery e Kuhn (1982) simplificam essa definição ao considerar que o termo falésia refere-se a uma superfície de forte inclinação, onde a terra elevada se encontra com o mar. O estudo dessas feições do relevo é considerado muito importante, principalmente porque as falésias costeiras são uma característica geomorfológica de primeira ordem de significância, que ocorrem ao longo de cerca de 80% das linhas costeiras do mundo (EMERY E KUHN, 1982 apud NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1999).

Processos de erosão podem esculpir uma falésia em qualquer material geológico, sendo lentamente em rochas resistentes, como o granito e rapidamente em rochas sedimentares friáveis, como um arenito, e ainda mais rapidamente em material não litificado como *till* glacial (SUNAMURA, 1983 apud NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1999). Esse autor acrescenta que, em relação à altura, algumas falésias costeiras podem atingir até mais de 100 m. A inclinação típica de superfícies que são reconhecidos como verdadeiras falésias variam de cerca de 40° a 90°, mas podem ter inclinação tão suaves quanto 20° em sedimento macio, como argila.

Derruau (1978) afirma que uma falésia é um ressalto não coberto pela vegetação, muito inclinada, de altura muito variável, em contato da terra com o mar e devido à ação

marinha. Este autor afirma, ainda, que nem toda costa rochosa é uma costa com falésias e, inversamente, podem existir falésias em formação não rochosa (Tradução nossa). As falésias marinhas e os terraços de abrasão são as características mais comuns criadas pela erosão marinha. Os elementos das falésias costeiras variam muito, de acordo com a estrutura, tipo e disposição das rochas nas quais são modeladas. A configuração de uma falésia elaborada em rochas com inclinação para o mar, por exemplo, será diferente das modeladas em rochas que se inclinam para a terra firme e, ainda, diferente das que são entalhadas em rochas com estratificação horizontal. As falésias modeladas em granito diferem em aparência das modeladas em basalto, enquanto as falésias esculpidas em material facilmente erosível, como o *till* glacial ou depósitos terciários não endurecidos, serão escarpadas e caracterizadas por grandes desmoronamentos e deslizamentos de terra (THORNBURY, 1960/ Tradução nossa).

Sugio (1992) afirma que as falésias são escarpas abruptas, não necessariamente costeiras, com formas variadas, no caso das costeiras, geradas pela ação das ondas sobre as rochas.

A falésia é um termo indistintamente utilizado para designar as formas do relevo litorâneo abruptas ou escarpadas ou, ainda, desnivelamento de igual aspecto no interior do continente. Deve-se, no entanto, reservá-lo, exclusivamente, para definir tipo de costa no qual o relevo aparece com fortes abruptos, sendo o trabalho do mar feito pelo solapamento da base (GUERRA; GUERRA, 2008).

Para Christofolletti (1980), a falésia é um ressalto não coberto pela vegetação, com declividade muito acentuada e de alturas variáveis, localizado na linha de contato entre a terra e o mar. À medida que a falésia vai recuando para o continente, amplia-se a superfície erodida pelas ondas que é chamado de terraço de abrasão. Os sedimentos erodidos das falésias são depositados em água mais profunda, o que constitui o terraço de construção marinha, e forma um plano suavemente inclinado em conjunto com o terraço de abrasão.

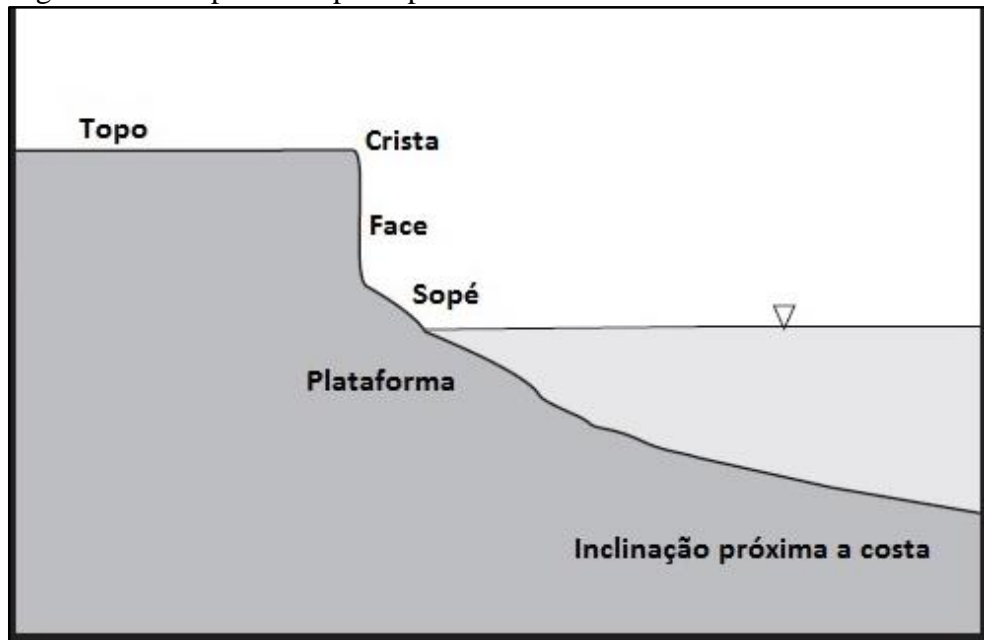
As falésias costeiras atuais correspondem a um "trabalho em progresso", continuamente influenciado por uma ampla gama de processos marinhos e terrestres que levam a mudança de sua forma e localização ao longo do tempo. A retração das falésias costeiras em direção ao continente, pode ser lenta e persistente, ou, como em muitas ocasiões, rápida e episódica (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1999).

Falésias são morfologias tridimensionais e incluem perfis íngremes moldadas normalmente em ângulos retos para o litoral [...] e podem ser vistas em mapas ou fotografias aéreas em formas verticais. A morfologia da falésia é muito influenciada pela topografia e pela resistência variada das formações que afloram ao longo da costa (BIRD, 1930/ Tradução nossa).

De acordo com Davidson-Arnott (2010), os principais componentes de uma falésia são os seguintes (Figura 1):

- Topo – área voltada para o interior na parte superior da falésia.
- Crista da falésia - marca a mudança na inclinação do topo para a face da falésia e é a zona de transição para a área que desce para a água.
- Face subaérea da falésia – estende-se a partir do topo para o sopé da encosta, onde se intercepta com a praia ou plataforma. Esta é uma área dominada pela erosão devido a processos resultantes da perda de massa, bem como escoamento superficial e voçorocas.
- Sopé da falésia - área de transição entre a falésia subaérea e a praia e a plataforma costeira. O limite superior do sopé da falésia é marcada pela altura a que a ação das ondas pode atingir o limite inferior é pela junção com a plataforma costeira inclinada mais suavemente. Também marca a transição da face da falésia, que é dominada por processos de erosão subaérea que conduzem à recessão horizontal, e a plataforma da costa e perfil da costa que são dominados pelos processos resultantes da descida vertical.
- A plataforma costeira – estende-se a partir da base da falésia, no mar, até um ponto *a* (plataforma intertidal), ou imediatamente abaixo da maré baixa. A plataforma costeira pode ser coberta por quantidades variadas de sedimentos superficiais, muito embora fique sujeita à ação das ondas, bem como os processos de intemperismo durante a exposição subaérea.
- A inclinação próxima à costa - constitui a extensão subaquosa da plataforma intertidal (faixa localizada entre a maré baixa e a maré alta), e é uma zona de pouca profundidade e de quebra de ondas que se estendem ao largo até o limite de erosão das ondas e transporte de sedimentos.

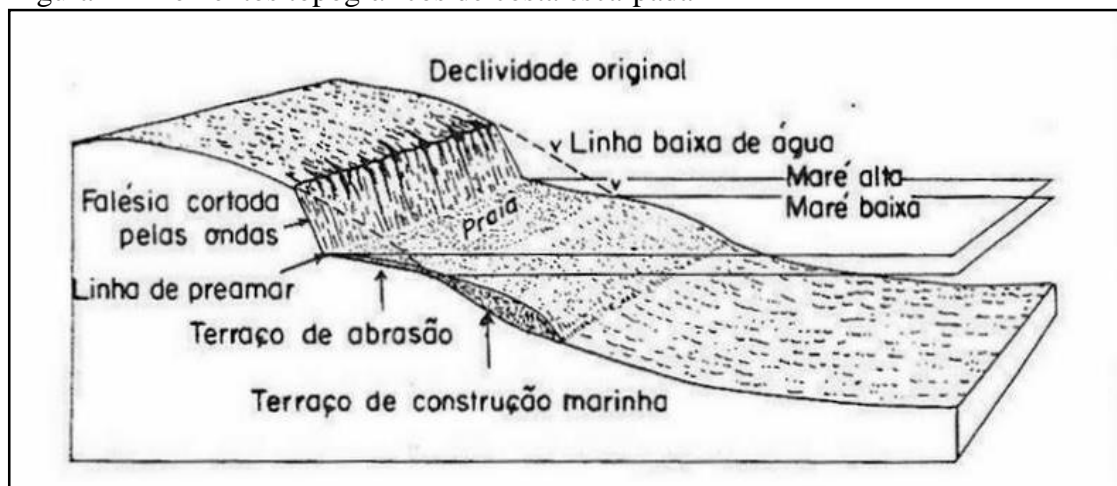
Figura 1 – Componentes principais das falésias costeiras



Fonte: Davidson-Arnott, 2010

Para Christofolletti (1980), os principais elementos topográficos das costas escarpadas são: a falésia, o terraço de abrasão e o terraço de construção marinha, não inclui o sopé formado pelos terraços como parte da falésia, ao contrário da classificação citada anteriormente (Figura 2).

Figura 2 - Elementos topográficos de costa escarpada



Fonte: Christofolletti, 1980

O terraço de abrasão é proveniente de ação erosiva, localiza-se na faixa entre a maré alta e a maré baixa, este é ampliado à medida que a falésia recua e o terraço de construção marinha é proveniente de deposição. A ação da onda solapa a base da falésia formando as

caneluras. Estes são definidos como pequenos sulcos ou regos que cortam as rochas, geralmente no sentido do declive da encosta.

Os detritos que foram erodidos numa primeira fase são depositados no terraço de abrasão e, depois serão, arrastados para construir o terraço de construção marinha. O forte e contínuo trabalho das ondas sobre a falésia leva ao seu desgaste e colapso, resultando no seu recuo.

2.2 A Dinâmica Costeira e a Evolução das Falésias

2.2.1 A Dinâmica Costeira

A grande diversidade das feições costeiras é resultado principalmente da interface do mar com a terra, decorrente do efeito das ondas, marés e correntes litorâneas. Estes agentes oceanográficos contribuem em maior ou menor magnitude, dependendo do tipo de rocha, na esculturação das feições geomorfológicas costeiras. Neste sentido, as formas de relevo são resultado tanto da ação erosiva, quanto da deposição, o que caracteriza costas escarpadas, baixas ou planas (CHRISTOFOLETTI, 1980; VILLWOCK, 2005; SOUZA et al, 2005).

A dinâmica costeira é a principal responsável pelos processos de erosão e/ou deposição que mantêm as áreas litorâneas em constante transformação. As ondas geradas pelos ventos e as correntes que se desenvolvem quando as ondas chegam à linha de costa atuam ininterruptamente sobre os materiais que aí se encontram, ocasionando erosão, transporte e deposição de sedimentos. A esses processos somam-se os efeitos das marés e das ressacas produzidas pelas tempestades (SOUZA et al., 2005).

a) Marés

As marés são produtos da flutuação periódica do nível de água em função do movimento de rotação da Terra, combinado ao efeito gravitacional causado pela atração da Lua e, secundariamente, do Sol.

Estas forças gravitacionais geram duas elevações na superfície dos oceanos, desenvolvidas em lados opostos da Terra, onde as marés altas são geradas. Apesar da pequena altura, essas saliências da água apresentam grandes comprimentos de onda. Nos outros extremos, ocorrem marés baixas. À medida que a Terra rotaciona ao longo de um dia, cada

meridiano é posicionado, aproximadamente, duas vezes nas regiões de maré alta e baixa (ROSSETTI, 2008).

A variação diurna da maré consiste em um período de cheia ou maré de inundação e um de maré vazante. A magnitude desses fluxos mostra uma distribuição frequentemente assimétrica. Na maioria das vezes, a variação da maré é semidiurna, quando então a altura da maré varia aproximadamente duas vezes por dia, seguindo periodicidade de 12 horas e 42 minutos. Algumas localidades podem apresentar domínio de maré com variação diurna ou, menos frequentemente, mista (ROSSETTI, 2008).

Durante o mês, as variações entre o alinhamento do Sol e da Lua geram as marés astronômicas de sizígias (luas nova e cheia) e de quadratura (quartos de lua). As marés de sizígia são cerca de 20% mais altas (maré alta) e mais baixas (maré baixa) do que as marés de quadratura (SOUZA et al., 2005).

Em função da latitude geográfica, as costas apresentam diferentes regimes de maré, caracterizadas, como: micromarés, mesomarés e macromarés. As micromarés apresentam marés com amplitudes inferiores a 2 m. No Brasil, esse tipo de costa acha-se bem representado no litoral sul, onde a amplitude de maré chega a ser apenas 0,5 m. Costas com regime de mesomaré apresentam marés com amplitude que varia entre 2 m e 4 m, como é o caso do litoral nordeste do Brasil. Costas com regime de macromaré se caracterizam por marés com amplitudes superiores a 4 m, mas que podem ser tão altas quanto 16 m (ROSSETTI, 2008).

A costa Norte do Brasil e parte da Nordeste são excelentes exemplos de áreas com regime de macromaré, principalmente entre os estados do Pará e Maranhão. Nessa região, onde a costa é tipicamente do tipo submergente, a amplitude de maré atinge médias em torno de 6m a 8 m. A ocorrência de inúmeros canais fluviais terminais nessa região faz com que a amplitude da maré seja aumentada à medida que se aproxima da costa (ROSSETTI, 2008).

A extensão da plataforma continental pode ter grande influência na amplificação da maré. Plataformas continentais extensas aumentam a amplitude da maré oceânica de maneira moderada, favorecendo o desenvolvimento de regimes de mesomaré.

Forte amplificação das marés em costas caracterizadas por plataforma continental restrita resulta em regimes de micromaré, caracterizados pelo desenvolvimento de fortes correntes de maré (ROSSETTI, 2008).

As marés podem combinar-se com ondas causando forte erosão da costa e destruição de propriedades. As tempestades intensas que passam próximos à costa durante a maré de sizígia podem produzir marés de ressaca, ou seja, ondas de maré alta que podem cobrir toda a praia e se chocar contra as falésias costeiras (PRESS et al., 2006).

A influência das marés na esculturação litorânea é indireta e relaciona-se com as variações no nível do mar que lhes são implicadas. A ação das ondas pode atuar sobre uma amplitude vertical muito ampla e, por tal razão, sua influência é mais acentuada onde as marés são maiores (CHRISTOFOLETTI, 1980).

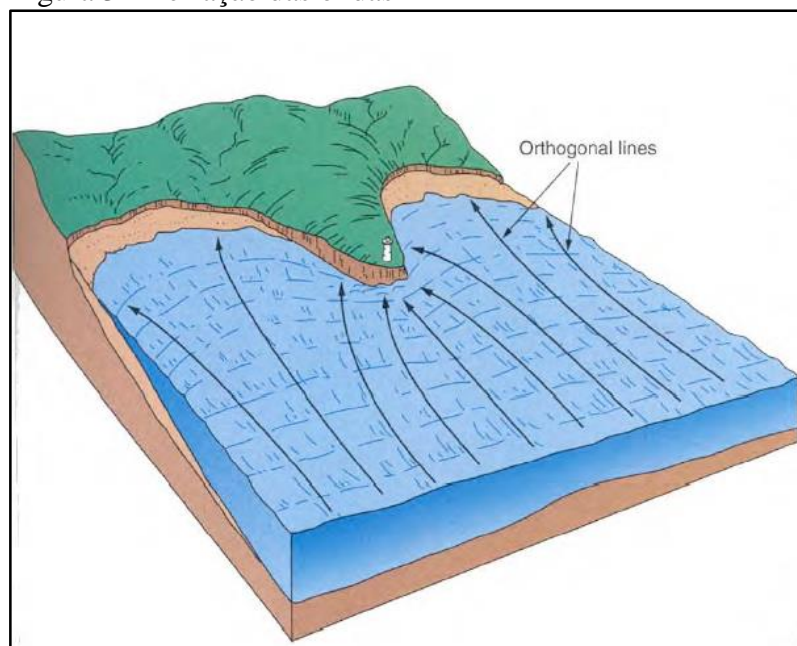
b) Ondas

As ondas ou vagas são um dos principais componentes responsáveis pela configuração das falésias. Elas são geradas no oceano aberto pelos ventos e dependem fundamentalmente de sua velocidade, duração e da extensão da pista na superfície do oceano (*fetch*). Quanto maiores a duração dos ventos e a pista, maior a quantidade de energia potencial absorvida pelas ondas (SOUZA et al, 2005).

Em águas profundas, a velocidade de propagação das ondas é proporcional ao seu período. Entretanto, quando o trem de ondas se aproxima da costa, a espessura da lâmina de água começa a influenciar na velocidade, diminuindo-a e absorvendo energia.

As ondulações que chegam à costa sofrem o efeito de refração do fundo marinho, em função da diminuição de profundidade e difração ao redor de obstáculos (ilhas, promontórios, dentre outros), como mostra a Figura 3 (CHRISTOFOLETTI, 1980; PRESS et al., 2006).

Figura 3 - Refração das ondas



Fonte: Thurman, 1997

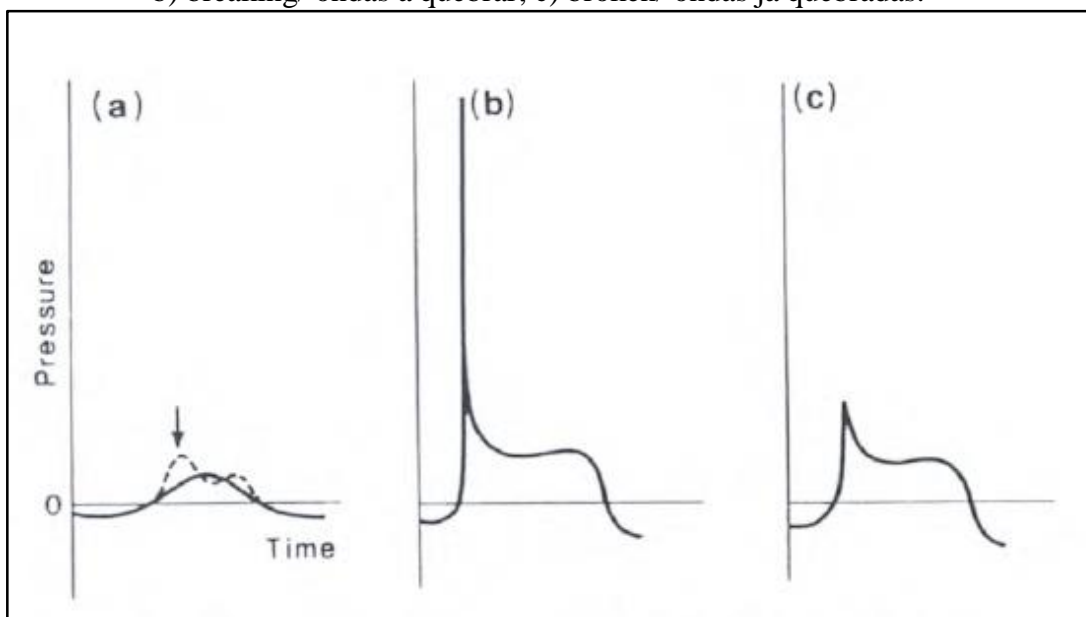
Esses fenômenos geram perturbações na direção de propagação das ondas (ortogonais) de tal modo que quando as ortogonais convergem para um determinado local, há concentração de energia e predomínio da erosão, e quando as ortogonais divergem, há dispersão de energia e predomina a deposição. Com base na refração das ondas, pode-se fazer duas generalizações a propósito do desenvolvimento das costas.

Em primeiro lugar, que as saliências iniciais da costa para o mar tendem a se erodir mais rapidamente do que as enseadas adjacentes. A refração de ondas tende à simplificação de uma costa inicialmente irregular, pela remoção das protuberâncias. Em segundo, a refração promove a formação de correntes que fluem ao longo das costas, a partir das saliências, onde a concentração das ondas eleva o nível da água, para os eixos das enseadas adjacentes, onde o nível da água é mais baixo. Essas são as correntes longitudinais, responsáveis pelo transporte dos detritos provenientes da abrasão das pontas rochosas (CHRISTOFOLETTI, p. 132, 1980).

Quando as ondas atingem as zonas mais rasas, o seu comprimento diminui, em contraposição ao aumento da altura das cristas, adquirindo elevada esbelteza. Esse processo avança com a diminuição da profundidade até que a onda se desestabiliza e quebra, produzindo a arrebentação (SOUZA et al, 2005).

Sunamura (1992) determina 3 (três) tipos de ondas que podem ocorrer na base de uma falésia quando a mesma incide paralelamente à linha de costa: standing/ ondas estacionárias (a), breaking/ ondas a quebrar (b) e broken/ ondas já quebradas (c), conforme a Figura 4.

Figura 4 - Tipos de arrebentação na base da falésia: a) standing/ ondas estacionárias; b) breaking/ ondas a quebrar; c) broken/ ondas já quebradas.



Fonte: Sunamura, 1992

As ondas estacionárias formam-se quando a profundidade na base da falésia for superior à profundidade a que um tipo específico de onda pode quebrar. As ondas a quebrar formam-se quando a profundidade da base da falésia é igual à profundidade que um tipo de onda pode quebrar, logo a onda arrebenta sobre a falésia.

As ondas já quebradas formam-se quando a profundidade da base da falésia é inferior, a onda arrebenta mais para o largo e já chega arrebentada à base da falésia, mas isto varia muito de acordo com o atrito da onda com o fundo marinho e com a altura da maré no instante da observação.

O fluxo da água arremessada à praia após a arrebentação constitui a saca. Quando uma saca atinge a escarpa de uma falésia ou penhasco, milhares de toneladas de água são jogadas contra a estrutura.

As maiores pressões são exercidas pelas ondas de arrebentação, que se enrolam nas cristas, de modo a aprisionar o ar entre a face da onda e a parede aquática íngreme, o que resulta na compressão do ar. A ação das ondas torna-se intensificada pelo fato de arremessar fragmentos rochosos que ela carrega, contra as escarpas, provocando abrasão (CHRISTOFOLETTI, 1980; PRESS et al, 2006).

c) Correntes Litorâneas

As correntes litorâneas ou costeiras são grandes massas de água que se deslocam de acordo com determinados aspectos, como: diferenças de temperatura, salinidade, vento, pressões barométricas e a força das marés, sendo que a direção das mesmas é ditada pela força de Coriolis, pelo vento e pela rugosidade oceânica. São responsáveis pelo transporte e remobilização de material sedimentar, além da manutenção da estabilidade e equilíbrio dos ambientes costeiros (CHRISTOFOLETTI, 1980; SOUZA et al, 2005).

A incidência de ondas na linha de costa gera um sistema de circulação ou correntes litorâneas, que pode ser dividida em quatro partes: transporte de massa de água costa-adentro (*onshore transport*), correntes de deriva litorânea (*longshore currents*), fluxos de retorno costa-afora (*offshore transport*), e o movimento ao longo da costa das cabeças das correntes de retorno (CERC 1977apud SOUZA et al 2005).

O ângulo de incidência das ondas na praia determinará o tipo de circulação litorânea. A componente paralela à praia, denominada corrente de deriva litorânea ou longitudinal é a mais importante corrente litorânea. Ela é o principal agente de movimentação,

retrabalhamento e distribuição dos sedimentos ao longo da costa, e também a principal causa de afogamentos que ocorrem nas praias (SOUZA et al, 2005).

Segundo Christofolletti (1980), as correntes de deriva litorânea surgem quando as ondas não atingem perpendicularmente a costa, mas com determinado ângulo. A incidência da onda faz-se de acordo com o referido ângulo, mas a retração das águas processa-se em sentido perpendicular, isso propicia a movimentação dos detritos numa trajetória em ziguezague, cuja resultante é um transporte paralelo à costa.

d) Erosão Costeira e Sedimentação

A dinâmica costeira é a principal responsável pelos processos de erosão e deposição que mantêm as áreas costeiras em constante transformação. Tais processos modelam e criam morfologias diversas, dentre elas as falésias.

Na costa, um novo grupo de agentes de erosão, transporte e deposição assume as tarefas que “terra acima” pertenciam aos rios. As ondas despendem sua energia cinética contra a borda da terra. As correntes geradas pelos ventos, ondas e marés move os sedimentos, lateralmente, ao longo da costa, para a costa ou para mar aberto. São as ondas que executam a maior parte do trabalho de modelagem das paisagens costeiras. A principal função geomórfica das marés é mudar o nível da água, de modo que a energia das ondas possa ser aplicada a um maior intervalo vertical. Secundariamente, as marés produzem correntes que vão erodir, transportar e depositar sedimentos ao longo da costa. A máquina geomórfica representa o trabalho combinado de ondas e correntes, como um pequeno moedor montado junto à borda da água (BLOOM, 1970).

A ação das ondas, das marés e das correntes litorâneas comandam os processos de erosão e deposição ao longo das costas. Dependendo de sua intensidade, da taxa de suprimento de areia e da declividade da zona costeira, leva à acumulação de grandes corpos clásticos arenosos, desenvolvidos abaixo e acima do nível do mar (VILLWOCK, 2005).

Press et al. (2006) menciona que as costas de deposição são caracterizadas por praias longas e largas e por amplas planícies de camadas sedimentares. Entre as formas da linha de costa incluem-se as barras arenosas, as ilhas arenosas baixas, as grandes planícies de maré e as dunas.

Em relação à erosão costeira, Souza et al. (2005) afirma que é um processo que ocorre ao longo da linha de costa, atingindo promontórios, costões rochosos, falésias e praias (erosão praias). Como mencionado anteriormente, a erosão costeira é um processo natural decorrente do balanço sedimentar negativo.

A erosão costeira é provocada principalmente pelo contato do mar com a terra, decorrente do trabalho de destruição e construção feito pelas vagas. O estudo da erosão marinha e

dos movimentos de variação do nível do mar são de grande importância para as morfologias costeiras e continentais (GUERRA; GUERRA, 2008).

A topografia da linha praial, como a do interior do continente é um produto de forças tectônicas que eleva ou rebaixa a crosta terrestre, da erosão de modo a desgastá-la e da sedimentação preenchendo os locais mais baixos (PRESS et al, 2006).

A erosão marinha ou abrasão tende a regular a linha do litoral, de forma a desgastar as áreas mais salientes (cabos, falésias, entre outros) e depositar materiais nas reentrâncias da costa, através dos seguintes processos (Figura 5):

- desgaste ou erosão das falésias pela força do embate das ondas;
- transporte, pelas correntes costeiras, dos materiais resultantes do processo de desgaste, que aumentam o poder da erosão marinha;
- acumulação ou deposição dos materiais (areia, seixos, cascalhos etc.) arrastados pela força das ondas e transportados pelas correntes.

Figura 5 - Balanço de areia na falésia de Itapari (entrada e saída de areia por erosão, transporte e sedimentação)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

De acordo com Bloom (1970), as formas de terreno das regiões costeiras têm origem tanto erosivas como de deposição. Como são dependentes da atividade tectônica regional, natureza de suas rochas, clima, vazão dos rios, altura média das ondas, desníveis da maré e de muitas outras variáveis, as paisagens costeiras formam cenários dos mais bonitos e variados do mundo.

As costas que sofrem erosão são mais facilmente identificadas quando aparecem falésias abruptas, com evidências de ativo movimento do regolito. Enquanto as ondas e correntes longitudinais puderem erodir o tálus do sopé das falésias, estas continuarão a regredir e o domínio marinho continuará a avançar sobre a terra (BLOOM, 1970).

O tipo de costa (alta ou baixa) e as formações que lhe dão origem são muito importantes no condicionamento da erosão existente. Independentemente do tipo de costa, têm sido atribuída grande responsabilidade por parte das evidentes situações de erosão costeira às ações antrópicas, decorrente do alto grau de urbanização, da construção de barragens ou ainda através da exploração de rios e de dragagens portuárias. Além da construção de estruturas de engenharia pesada perpendiculares (espigões) à linha de costa, pois apenas solucionam os problemas localmente, pois geralmente a erosão acentua-se a sotamar das mesmas (SOUZA et al, 2005).

Toda alternância de energia, seja interna ou externa, implica em alterações no sistema, através da matéria, razão pela qual todos os elementos da morfologia tendem a se ajustar em função das modificações impostas, seja pelas forças tectodinâmicas, seja pelas alterações processuais subáreas (mecanismos morfoclimáticos), ou pela ação antrópica (CASSETI, 2001).

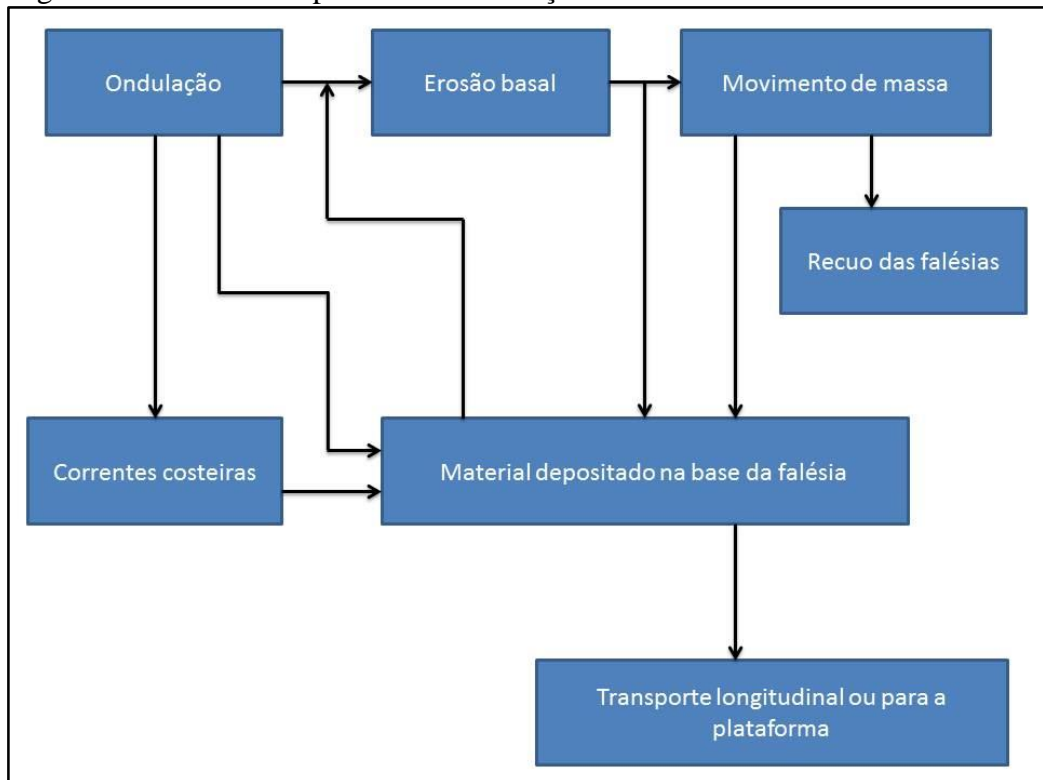
2.2.2 Evolução das Falésias

A erosão marinha ou abrasão marinha é a principal responsável pelo retrocesso, evolução e configuração das costas, isto influenciado pelas ondulações e regimes de maré. Tal trabalho de destruição realizado pelas ondas e correntes, pode ser melhor observado nas falésias, onde as ondas carregadas de sedimentos são responsáveis pela erosão na base e eventual movimento de massa e recuo dessas morfologias (BLOOM, 1970; LEINZ; AMARAL, 1989).

Sunamura (1983; 1992) *apud* Davidson-Arnott (2010) resume os principais controles na recessão de falésias costeiras (Figura 6) da seguinte forma: os processos primários resultam da ação das ondas que chegam ao sopé da falésia que conduzem diretamente à erosão e recessão do sopé. A erosão do sopé por sua vez aumenta o ângulo de inclinação da falésia e é um importante controle sobre a importância relativa e significativa de um conjunto de processos subaéreos que atuam na encosta da falésia. Estes incluem processos de perda de massa (fluência, quedas, deslizamentos e fluxos), bem como os resultantes de canalização de água nas encostas (*splash*, escoamento superficial, sulcos e voçorocas). O material erodido da falésia por estes processos são transportados por gravidade para baixo do declive e acumulam temporariamente no sopé da falésia. O material trazido para o sopé da falésia oferece proteção para a base, contra

a ação das ondas, e se restos desse material for suficiente para se acumular em seguida, a erosão do sopé pode cessar por completo. A recessão contínua exige que os detritos sejam removido ao longo da costa pelas ondas e correntes. Onde essa remoção não ocorre, o sopé, eventualmente, torna-se protegido e a recessão da falésia por processos subaéreos vai continuar apenas até alcançar um ângulo estável.

Figura 6 - Processo simplificado de evolução das falésias



Fonte: Adaptado de Sunamura, 1992

As ondas, as marés e as correntes litorâneas são responsáveis pela erosão, transporte e deposição do material presente na base da falésia.

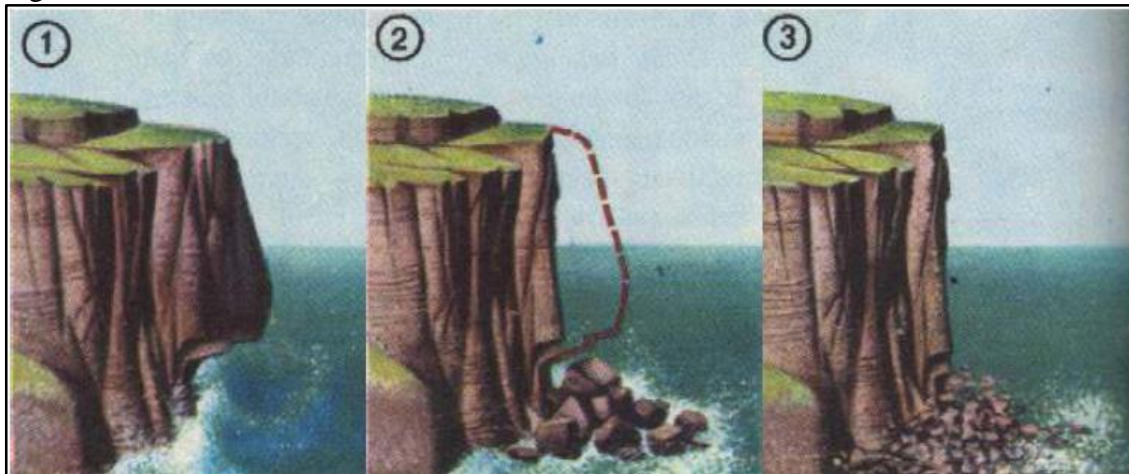
A erosão de falésias pelas ondas produz, inicialmente sedimentos mal selecionados. Deslizamentos, ocasionados pelo solapamento da base de falésias, levam à costa grandes massas de rochas fragmentadas, mal selecionadas. Contudo, as ondas e correntes das proximidades da costa são particularmente eficientes como selecionadoras de sedimentos, pelo tamanho e gravidade específica. Já à pequena distância de uma falésia em processo de erosão, podem-se observar areias ou cascalhos de praia formando-se de granulação mais fina, mais arredondados e melhor selecionados. A erosão e o transporte pelas ondas, portanto, tendem a completar, ao longo de uma costa, um trabalho que seria igualado por um rio só, em distância de, talvez, centenas de quilômetros: a separação do sedimento em várias categorias de tamanho de grãos, que se movimentarão em partes diferentes da zona costeira, dependendo dos agentes de transporte disponíveis e do suprimento de energia (BLOOM, 1970, p. 137).

De acordo com Leinz; Amaral (1989), verifica-se nas falésias um grande e brusco impacto, visto que a energia da onda é transformada em trabalho erosivo. A água frequentemente carregada de areia penetra nas fendas, que aos poucos se tornam cada vez mais profundas, até que mobiliza e desloca enormes blocos de rocha. Estes, na época das ressacas (ondas de maré alta que podem cobrir toda a praia e chocar-se contra as falésias costeiras), são jogados a grandes distâncias.

Com o embate das ondas na falésia, as águas levantam-se até quase o dobro da altura original, graças à decomposição da força horizontal da onda. A componente vertical, embora bastante diminuída, pode tornar-se considerável. As ondas, carregadas de areia, esculpem lentamente caneluras (Figura 7). A canelura formada pela arrebentação aprofunda-se continuamente e a rocha superior a ela, passível do diaclasamento e decomposição, cai com o tempo, facilitado pela falta de apoio (LEINZ; AMARAL, 1989).

O fluxo e refluxo incessante das ondas faz com que os blocos se reduzem à areia, e desta maneira o mar continua dilapidando as falésias e avançando para o interior do continente. A velocidade da erosão da costa varia, conforme a resistência oferecida pela rocha, da intensidade com que as ondas batem e do ângulo formado pelo paredão com a direção do embate das ondas (LEINZ; AMARAL, 1989).

Figura 7 - Desmoronamento da falésia



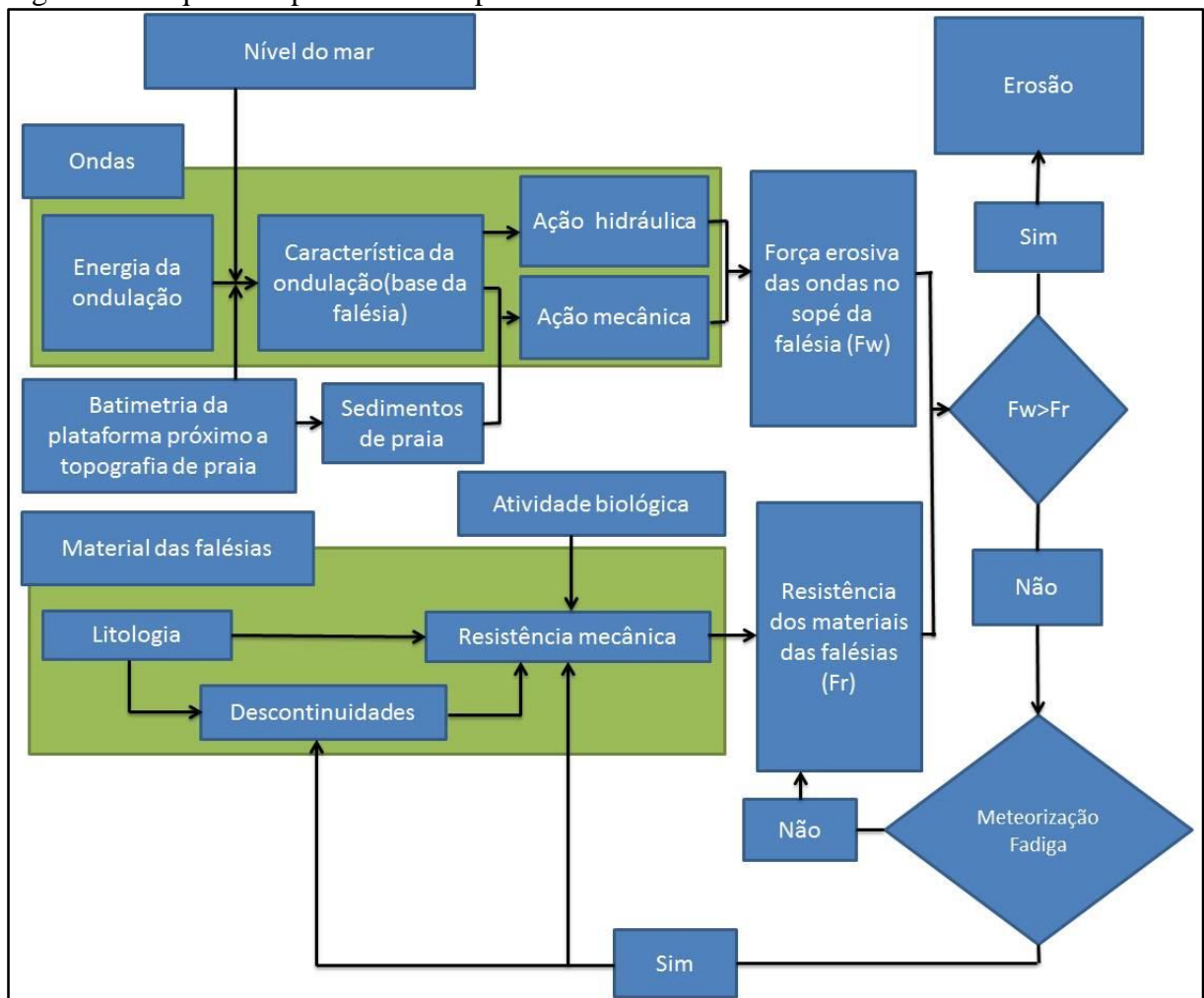
Fonte: Garrison, 2009

Apesar de parecer simples, as falésias são feições muito complexas e apresentam elevado número de processos que caracterizam a evolução das áreas costeiras. Por serem feições muito suscetíveis a erosão, estão totalmente relacionadas com as ondulações e com a resistência dos materiais que as compõe.

O modelo do sistema falésia esquematizado na Figura 8 incorporar uma análise mais pormenorizada da inter-relação entre os processos e fatores que controlam a erosão do sopé da falésia. Sunamura (1983, 1992) apud Davidson-Arnott (2010), descreve este processo como modelo de erosão das falésias induzida por ondas.

A abordagem aqui é mecânica, determinística com a erosão do sopé, e controlada pela magnitude relativa dos dois grupos de fatores: (1) os que determinam as forças erosivas produzidas por ondas que chegam a falésia, a força de ataque e, (2) os que controlam a força do material que forma a parte inferior da falésia, a força de resistência.

Figura 8 – Esquema representando o processo de erosão das falésias



Fonte: Adaptado de Sunamura, 1992.

O modelo esquemático descrito por Sunamura (1992) é dividido em dois componentes: o sistema de ondas e o sistema falésia. A energia das ondas ao longo da costa (determinado pelo clima de ondas) é transformada através da pouca profundidade, refração e quebra sobre o perfil perto da costa em direção à praia/plataforma (se houver) e do sopé da

falésia. As características das ondas na falésia, dependem do perfil da costa e da morfologia intertidal, isso resulta em flutuações do nível do mar, de curto prazo, devido às marés e tempestade, e os efeitos destes operando juntos em pouca profundidade e transformação das ondas que quebram contra a face da feição.

A ação das ondas no sopé produz ambas as forças hidráulicas e mecânicas, que compõem a força de ataque das ondas (F_w). Forças hidráulicas incluem os resultantes de compressão devido à colisão da onda com a face da falésia, a tensão como a água recua do penhasco, e o corte de água se move para cima ou para baixo sobre a face do penhasco. A força de compressão é maior quando a onda quebra diretamente contra a face da falésia, com o jato mergulhante, o que produz uma força quase horizontal na falésia. Este impacto direto é chamado golpe de pistão e o choque de grandes ondas quebrando contra uma falésia pode produzir oscilações de baixa frequência ao longo da falésia (ADAMS et al., 2005 *apud* DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

Uma pequena camada de ar é aprisionado, em grande parte do tempo, entre a onda quebrada e a face da falésia e da rápida compressão desta, desenvolvem-se altas pressões dentro de juntas e fissuras na rocha. Repetidos impactos das ondas forçam a água ou o ar em espaços contidos nas rochas, que resultam na expansão de fissuras, deslocamento de material rochoso e podem produzir cavidades, decorrentes de golpes que jorram uma mistura de ar e água alta para cima da falésia. O material solto por impacto das repetidas ondas pode ser puxado ou empurrado para fora da face em uma série de processos denominado arrancador de pedras. A maioria do material rochoso desalojado acaba na base da falésia, mas alguns podem ser transportados pela componente vertical da onda (HALL et al., 2006 *apud* DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

Quando o nível da água média é bastante elevado até a face da falésia, pressões hidrostáticas são exercidas sobre a falésia e há flutuações nessas como resultado da ação das ondas e, especialmente, o desenvolvimento de ondas estacionárias. As pressões hidrostáticas são maiores perto do sopé da falésia enquanto as pressões geradas pela quebra da onda tendem a ser focado em, ou imediatamente acima do nível médio da água. Para além das forças hidráulicas geradas pelas ondas, as forças mecânicas são gerados por areias, cascalhos e rochas particuladas que são arrastadas. O impacto de rochas e pedras arremessadas contra a face da falésia é um fator importante no processo de erosão. No entanto, a abrasão da areia e cascalho é provavelmente mais significativo porque opera sobre uma área maior e em uma proporção maior de tempo. As forças induzidas pelas ondas irão variar com a forma da plataforma perto da costa, bem como com a profundidade da água no sopé da falésia e a disponibilidade de material clástico por impacto e à abrasão. Eles também irão variar materialmente como as

condições de ondas incidentes e mudanças no nível da água (SUNAMURA, 1983; 1992 *apud* DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

A resistência do sistema da falésia é designada força de resistência (Fr). Isto é determinado pelas propriedades intrínsecas, tais como litologia, os quais determinam a dureza do material da rocha, e pela estrutura da rocha, que incluem a espessura da base e ângulo de mergulho, articulações e fraturas e a força relativa e a posição das unidades intercaladas (SUNAMURA, 1992).

O mencionado autor indica que a curto prazo, se Fr for maior que Fw , então não ocorrerá erosão. Porém, se ocorrer um período mais longo, é provável que o valor de Fr em pontos sobre o sopé da falésia irá diminuir como resultado da resistência, que proporcionam assim o circuito fechado de realimentação. Neste modelo, o termo desgaste é usado para incluir modificação química, que pode reduzir a cimentação de arenitos da repartição dos cristais da rocha por meio de hidrólise, oxidação, entre outros processos, resistência mecânica, devido ao humedecimento e a secagem, congelação e descongelação, o crescimento de sais e os efeitos de uma variedade de agentes biológicos, onde se incluem plantas e organismos. No sentido mais amplo inclui também várias formas de enfraquecimento mecânico devido à carga e descarga ou falha por fadiga. Isto pode resultar em flexão repetitiva devido a flutuações de impacto de pressão, os efeitos de compressão de ar nas articulações, e as flutuações de pressão hidrostática produzidos pela flutuação da lâmina d'água.

Ao contrário, quando Fw for maior que Fr , vai ocorrer a erosão da falésia, mas isso não deve ser visto como um limite que se aplica a falésia como um todo, mas pode ser aplicado a um ponto no sopé da falésia. Poderá haver um elevado número de pontos no sopé da falésia, cada um com seu próprio valor de Fr que, juntos, produzirão uma distribuição de probabilidade característica.

Ao longo do tempo, o valor de Fw pode variar sistematicamente com a fase de maré e se tornar menos previsível com a mudança de condições de onda incidente. Se o valor médio de Fw é pequeno e o valor médio de Fr é grande, poderá haver longos períodos de tempo em que não há sobreposição entre as duas distribuições de probabilidades ou apenas em uma pequena área.

O aumento na probabilidade de erosão é provável que seja uma função do aumento da Fw , por exemplo, por causa do aumento da intensidade de tempestade e/ou a altura da maré. Assim, a extremidade superior da distribuição Fw representa condições que existem para algumas tempestade intensa, talvez coincidindo com altas marés de sizígias, mas depois não se repetam durante vários meses ou anos. A extremidade inferior da distribuição Fr reflete os

efeitos de desgaste e falha por fadiga na resistência da rocha e que pode ser truncado após uma tempestade severa quando grande parte do material resistido é removido.

Emery e Kuhn (1982) asseveram que as falésias costeiras passam por três etapas principais: (1) falésias-ativas consistem em rocha exposta, por sua retirada contínua sob a influência de agentes marinho e processos subaéreos; (2) falésias-inativas que mantêm, especialmente ao longo de suas bases, por uma cobertura de tálus com declive de cerca de 25° a 30° e comumente suportam vegetação terrestre, onde se incluem árvores; e (3) Paleofalésias que foram removidos das influências de processos marinhos de modo que a erosão subaérea arredonda as cristas e fornece material de deposição em fluxo para além das bases.

A fase ativa é muito mais complexa do que as outras. Perfis de falésias ativas parecem estar controlados por dois agentes maiores e três características principais das rochas sendo erodidas. Os dois agentes e seus processos são a erosão marinha e erosão subaérea. O controle do perfil da falésia é mais uma função da sua eficácia relativa do que a sua eficácia absoluta. A erosão costeira é realizada na base das falésias por abrasão, atividade biológica, solução de água do oceano, e blocos de pedra (EMERY; KUHN, 1982).

A abrasão é materialmente aumentada em sedimentos (principalmente areia e seixos) transportados em suspensão. Relativamente rápida a erosão marinha produz incisões na parte inferior das falésias que leva a quedas de blocos de rochas e movimentos de massa. A erosão subaérea assume a forma de voçorocas e lavagem pela chuva na superfície do solo e desmoronamentos (SHARPE, 1938 apud EMERY e KUHN, 1982) induzida por águas subterrâneas que pesam, sobrepressões, e expandem certos minerais de argila. De uma maneira geral, a erosão marinha tende a tornar a base das falésias acentuadamente angulares, enquanto a erosão subaérea tende a fazer o topo largamente convexo para cima com concavidades de curto prazo associados ao escoamento local, movimentos de massa, ou entalhes por águas subterrâneas (EMERY e KUHN, 1982).

As características das rochas que são mais importantes na formação de falésias costeiras são a homogeneidade, a estrutura e topografia local. Muitas falésias são homogêneas, que consistem inteiramente em apenas um tipo de rocha ou sedimentos não consolidados cuja resistência ao intemperismo e erosão é quase uniforme da base para o topo da falésia. Para algumas falésias, o material homogêneo (aluvião, eolianitos mal cimentado, ou *till* glacial) pode ser corroído facilmente, enquanto que para outros, ele pode ser bastante uniforme, nas rocha resistente (EMERY e KUHN, 1982).

A estrutura das rochas que estão sendo erodidas relaciona aqui para as principais direções de fraqueza estrutural com relação à face da falésia. As direções estruturais podem ser

aquelas de estratificação, articulações ou falhas acentuadas em algumas regiões por diques, veios ou folheação (EMERY; KUHN, 1982).

A forma das falésias costeiras está diretamente relacionada com a interação entre os processos subaéreos, a estratigrafia e a resistência do material da rocha ou sedimentos que constituem a falésia, bem como às forças tectônicas ou geomorfológicas locais. A importância relativa de um processo em particular dependerá da natureza do material que constitui a rocha (litologia, estratigrafia, juntas), fatores climáticos, tais como precipitação e temperatura, vegetação e hidrologia, águas subterrâneas, e, claro, o ângulo de inclinação (DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

Assim, os perfis das falésias estão relacionados não apenas à estrutura e resistência da rocha à abrasão, mas também a durabilidade da face aos processos de intemperismo físico, químico e biológicos (BIRD, 1930).

Falésias são fortemente influenciadas pela geologia das regiões costeiras, particularmente a estrutura e litologia das formações rochosas que afloram na costa e sua resposta ao intemperismo são os processos de erosão. Formações rochosas de diferentes idades, a partir do Pré-cambriano (mais de 560 milhões anos) para o Holoceno, aflorantes nas costas formam falésias, mas a maioria destas foram modeladas durante o Pleistoceno e o Holoceno, principalmente nos últimos 6.000 anos, quando o mar ficou próximo do seu nível atual (BIRD, 1930/ Tradução nossa).

De maneira geral, no estudo de uma falésia não se pode esquecer o trabalho dos agentes exodinâmicos sobre o relevo da topografia costeira. A falésia representa o resultado do trabalho do mar como, também, dos outros tipos de erosão na topografia costeira (GUERRA; GUERRA, 2008).

As falésias são afetadas por intensos processos erosivos, quer seja pela modificação do nível do mar ou da terra. Neste aspecto, Christofolletti (1980, p. 133) afirma que:

Quando em virtude de modificação do nível do mar ou da terra, o mar entra em contato com uma escarpa íngreme emersa, estabelecem-se condições para a esculturação de uma cadeia de formas. O ataque das ondas, na zona intertidal, promove um entalhe de solapamento na escarpa, que provoca o desmoronamento da parte cimeira e elaboração da falésia.

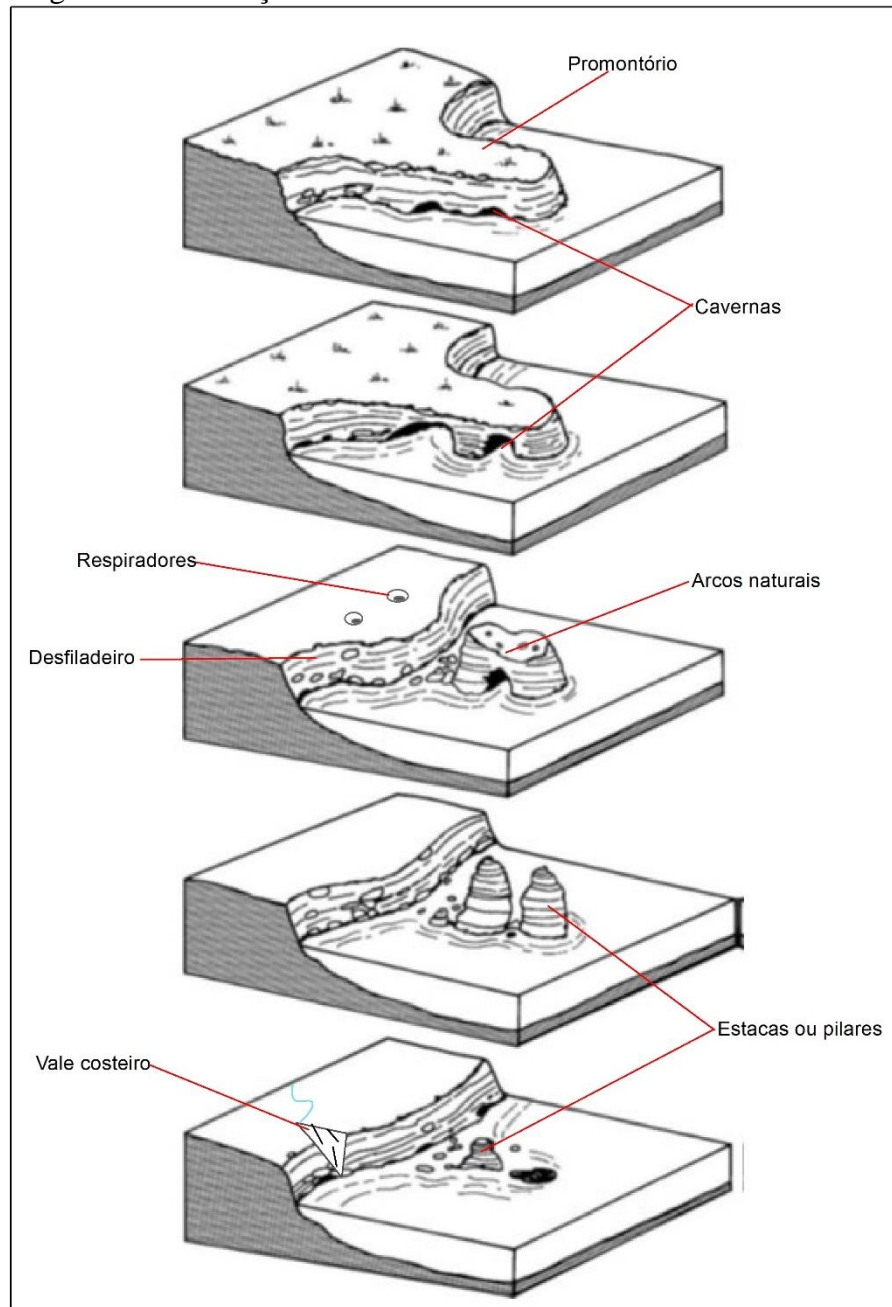
Conforme Villwock (2005), a ação das ondas sobre costas altas causa erosão, que promove recuo da linha de costa. Associadas à retração de falésias, ocorrem outras feições erosivas muito típicas, como as plataformas de abrasão marinha estabelecidas próximo ao nível médio do mar e as cavernas de abrasão ou marinhas escavadas nas partes menos resistentes das

falésias. Partes mais resistentes à erosão originam os pináculos ou pilares e a evolução de cavernas proporciona a formação dos arcos marinhos ou pontes naturais, o respiradouro é uma incisão no teto da caverna, até o topo da falésia.

Bird (1930) afirma que com o recuo das falésias, o intemperismo e a erosão penetram zonas de fraqueza, como falhas, articulações ou afloramentos de rocha menos resistente, o corte de fissuras e fendas podem se desenvolver em cavernas e crateras profundas, ou enseadas estreitas, com estacas resultando no recuo irregular da falésia. Todo este processo resultante é parte da dissecação das falésias, que dão origem a feições geomorfológicas diferenciadas (Figura 9). As principais são:

- Cavernas – formam-se onde a erosão marinha penetra zonas de fraqueza, e são comuns em formações rochosas que têm inúmeras falhas, ou segmentos de rochas friáveis. Cavernas são menos propensas a desenvolver-se em formações rochosas friáveis, onde qualquer penetração junto ao mar é susceptível de ser seguido rapidamente por colapso.
- Respiradouros – São orifícios nos tetos das cavernas, provocados pela ação hidráulica das ondas e compressão de ar dentro de uma caverna, conduzindo a água em *spray* por este orifício.
- Desfiladeiros costeiros - são espetaculares lados íngremes fissurais, fendas ou enseadas formadas em um ângulo para a costa em formações rochosas costeiras. Elas são encontradas onde os telhados das cavernas desmoronaram ou onde a rocha foi escavada pela ação das ondas ao longo ou entre as linhas de fraqueza, como articulações, defeitos, planos de clivagem, mergulhando abruptamente em planos de estratificação ou intrusão de diques.
- Arcos naturais - Onde a ação poderosa das ondas escava cavernas ao longo de articulações e planos de estratificação em uma costa de falésias, alguns podem se estender através por um promontório para formar um arco natural.
- Estacas ou pilares – A dissecação de promontórios em uma costa de falésias também pode isolar estacas (ilhotas residuais), formadas tanto onde um arco natural entrou em colapso, ou quando uma entrada transversal foi cortado ao longo de uma zona de fraqueza através do promontório. Eles são gradualmente reduzidos pela erosão marinha, e podem ser rebaixados até que entrem em colapso, deixando apenas o embasamento da plataforma.
- Vales costeiros – São formados quando falésias são interrompidas ou cortadas por vales que descem para o litoral.

Figura 9 - Dissecação de falésia



Fonte: Adaptado de Bird, 1930

2.3 O Fator Antrópico na Zona Costeira

A zona costeira, em relação ao conjunto das terras emersas, circunscreve um espaço dotado de especificidades e vantagens locacionais, um espaço finito e relativamente escasso. O conjunto de suas características o qualifica como um espaço litorâneo raro e sua localização privilegiada, dotada com qualidades geográficas particulares. Sua favorabilidade locacional, ocasiona a elevação do valor dos lugares no litoral do que na hinterlândia, o que acaba por condicionar um direcionamento de seus usos.

A interface com o mar, sendo o qualificativo básico da posição analisada, propicia alguns usos quase que exclusivos do litoral. Para começar, tal proximidade torna os espaços litorâneos as bases terrestres imediatas de exploração de todos os recursos marinhos, de modo a oportunizar uma ampla vantagem locacional na alocação das instalações dos equipamentos referentes a estas atividades.

As zonas costeiras foram os primeiros núcleos de povoamento, sendo que, todos os fluxos de colonização do Novo Mundo partiram de centros de difusão assentados na costa, que articulavam a hinterlândia explorada com as rotas oceânicas que alavancavam tal exploração, portanto, a formação territorial brasileira é típica na reiteração deste padrão colonial. Os primeiros assentamentos lusitanos em terras brasileiras localizaram-se, com raras exceções, na zona costeira, que apresentam uma estrutura de eixos bem definidos de ocupação, os quais, após se consolidarem, extravasam um processo capilar de povoamento de seus entornos (MORAES, 2007).

Esse padrão articula áreas no litoral brasileiro com baixas e altas densidades demográficas, que ocasionam a presença de vetores que irão contribuir no processo de uso e ocupação da zona costeira, como: industrialização e urbanização, segundas residências, movimento migratório e favelização. Estes estão diretamente relacionados, as intervenções que o ser humano realiza na zona costeira a fim de “melhorar” sua situação nessa área tão dinâmica.

A industrialização é um dos principais vetores da veloz e intensa ocupação da costa brasileira nas últimas décadas e apesar de sua presença se manifestar de forma pontual e concentrada, o impacto direto e indireto da atividade industrial é bastante sensível, tanto em termos ambientais quanto sociais.

O fenômeno das “segunda residências” é altamente disseminados em longos espaços dos entornos das capitais estaduais e das grandes aglomerações do litoral brasileiro, sendo um fator expressivo da urbanização litorânea, pois ocorrem ao longo de toda costa. O caráter impactante da atividade de veraneio é, em termos ambientais, diretamente relacionado à capacidade dos poderes públicos de ordenarem o uso do solo. Em termos sociais, tal atividade desorganiza a sociabilidade dos locais onde se instala, ao inaugurar um mercado de terras ascensional e ávido, gerando uma situação fundiária tensa e conflitiva (MORAES, 2007).

Outro processo, que também atua na urbanização litorânea, impulsionado por atores sociais distintos, é o movimento migratório em direção à costa, que traz continuamente para as localidades litorâneas um contingente populacional que não é absorvido, nem pela demanda de mão de obra da indústria, nem pelo setor de serviços, restando assim o mercado informal. Tais populações vão se alojar no espaço urbano litorâneo em áreas deixadas sem uso pelas outras

atividades, geralmente áreas de grande vulnerabilidade e/ ou de proteção ambiental. A forma espontânea e precária de assentamentos de tais populações vai resultar em efeitos impactantes significativos no que tange à contaminação do meio ambiente, o que redundará em alta insalubridade no que toca à qualidade de vida local.

Estes amplos e crescentes segmentos marginalizados, continuamente alimentados pelo fluxo migratório, vão ser responsáveis por outra forma predominante de manifestação da urbanização na zona costeira do Brasil. Trata-se do processo de favelização, que ao lado da segunda residência, vai compor a paisagem das periferias das grandes aglomerações e capitais litorâneas. Geralmente, as casas de veraneio ocupando os melhores sítios, e as favelas predominando nas áreas mais impróprias à ocupação.

A ação do Estado também se exercita com vigor nos processos de ocupação dos espaços “fronteiriços” do litoral, principalmente na criação de condições de acessibilidade às áreas em questão. A dotação de equipamentos e infraestrutura sela o destino de tais espaços, no sentido de sua rápida exploração. O critério para seleção de tais lugares varia conforme o uso projetado, que pode ser tanto o sítio portuário em face da proximidade de uma área de exploração mineral, quanto a beleza cênica no que importa a um uso turístico. O avanço rápido sobre os espaços costeiros, nas últimas décadas, tem um substrato estatal claro, expresso em obras viárias, portuárias, e de instalação de equipamentos produtivos, conduzidas sem qualquer preocupação com os impactos ambientais ocasionados. Tal fato vai qualificar o próprio Estado como um dos principais agentes de intervenção nos espaços litorâneos, um agente cuja ação cria atrativos locacionais ao mesmo tempo que dilapida o patrimônio natural e cultural existente (MORAES, 2007).

Outro vetor responsável pela intensificação dos usos da zona costeira, nas últimas décadas, é a atividade turística. Tal atividade é alimentada, de um lado, pela ampliação da classe média que é responsável pelo aumento dos fluxos internos; e, de outro, pela demanda estrangeira. O turismo, é um dos setores produtivos que mais cresce na zona costeira na atualidade, isso revela uma velocidade de instalação exponencial. Fato que pode ser atestado na preocupação estatal brasileira de fornecer suporte para o setor, com a elaboração de planos de construção de infraestrutura e investimentos, que qualifiquem o litoral brasileiro numa maior atração dos fluxos internacionais.

A hiperconcentração da população nas zonas costeiras, e conseqüentemente a ocupação desordenada deste espaço, gerada por movimentos migratórios, segundas residências, favelização e turismo, vão gerar uma série de problemas ambientais particulares a essa área. A hiperpopulação concentrada nas cidades litorâneas, são responsáveis inicialmente por grande

produção de resíduos sólidos e efluentes domésticos que são descartados, em muitos casos, de maneira incorreta, poluindo o litoral e afetando a balneabilidade das praias.

Outros fatores antrópicos vão acarretar na modificação dos processos de erosão e sedimentação das áreas costeiras. Urbanização da orla, com destruição de dunas e/ ou impermeabilização de terraços marinhos holocênicos e eventual ocupação do pós-praia, causam processos erosivos diretos, eliminando estoques sedimentares da praia e interferem na circulação de correntes costeiras; a implantação de estruturas rígidas e flexíveis, paralelas ou transversais à linha de costa, como espigões, molhes, enrocamentos, canais de drenagem, anteparos e muros, gabiões e quebra-mares, interferem na circulação de correntes costeiras, modificam o ângulo de incidência das ondas e o alteram o perfil praial e o regime sedimentar; a retirada de areia de praias e dunas, provoca erosão na praia local e praias vizinhas, que alteram seu balanço sedimentar; a conversão de manguezais, planícies fluviais e lagunares em terrenos para urbanização e atividades antrópicas, causam desequilíbrio no balanço sedimentar regional e aumentam os processos erosivos no sistema costeiro. Além disso, muitos desses terrenos passam a ser suscetíveis a inundações (SOUZA et al., 2005).

A compreensão de todos estes fatores é de essencial importância, para se entender a ocupação, urbanização e as interferências antrópicas atribuídas a este espaço, principalmente porque não há, de forma efetiva, um planejamento e gerenciamento correto da zona costeira, o que facilita a ocupação inadequada desta área tão frágil e dinâmica.

2.4 A Abordagem Sistêmica no Estudo das Falésias

A abordagem sistêmica nos estudos geográficos possibilita a utilização de uma metodologia que abrange cronologia, métodos quantitativos e atividades humanas, onde se destaca as relações entre as características dos elementos e as relações entre o meio ambiente e as características desses mesmos elementos (GREGORY, 1992 *apud* GUERRA; MARÇAL, 2006). Tal abordagem se caracteriza como holística, levando em consideração que os sistemas dinâmicos, complexos e não-lineares abordam a grande diversidade dos elementos, com vários graus de liberdade quanto ao comportamento destes (GUERRA; MARÇAL, 2006).

Esta abordagem metodológica procura mostrar a integração e interação entre componentes naturais da paisagem. E isto, só foi possível graças ao desenvolvimento da Teoria dos Sistemas, cujo criador principal o biólogo Ludwig von Bertalanffy teve o propósito de constituir um amplo campo teórico e conceitual, levando uma noção de mundo integrador, a

respeito da estrutura, organização, funcionamento e dinâmica dos sistemas (GONDOLO, 1999; CAMARGO, 2002 apud GUERRA E MARÇAL, 2006).

A Teoria Geral dos Sistemas (“*General systems theory*”) foi inicialmente desenvolvida nos Estados Unidos, devendo-se a R. Defay, em 1929, e a Ludwig von Bertalanffy, a partir de 1932, as primeiras aplicações na termodinâmica e na biologia (HARVEY, 1969 apud CHRISTOFOLETTI, 1936).

Maciel (1974) apud Camargo (2005, p. 53), verifica que:

a Teoria dos Sistemas, ou ciência dos sistemas, é a ciência multidisciplinar que tem por objeto o estudo da relação dos sistemas e de seus elementos, das combinações daqueles e destes, respectivamente em super e subsistemas, bem como de seus modos de ação ou comportamento.

A aplicação da teoria dos sistemas aos estudos geográficos serviu para melhor focalizar as pesquisas e para delinear com maior exatidão o setor de estudos desta ciência, além de propiciar oportunidade para reconsiderações críticas de muito de seus conceitos (CHRISTOFOLETTI, 1936).

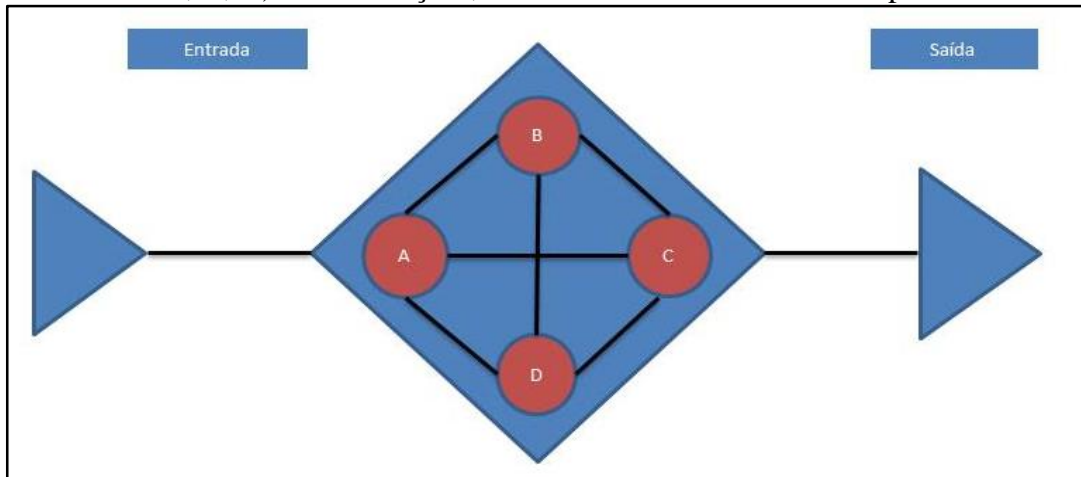
Miller (1965, p. 200) apud Christofoletti (1936, p. 1), assinala que “um sistema é um conjunto de unidades com relações entre si. A palavra ‘conjunto’ implica que as unidades possuem propriedades comuns. O estado de cada unidade é controlada, condicionada ou dependente do estado das outras unidades”. Desta maneira, o conjunto encontra-se organizado em virtude das inter-relações entre as unidades, e o seu grau de organização permite que assumam a função de um todo que é maior que a soma de suas partes.

Christofoletti (1936) considera que os sistemas devem ter (Figura 10):

- Elementos ou unidades – são as partes componentes (A, B, C, D);
- Relações – os elementos integrantes do sistema encontram-se inter-relacionados, um dependendo dos outros, através de ligações que denunciam os fluxos;
- Atributos – são as qualidades que se caracterizam aos elementos ou ao sistema, a fim de caracterizá-los. Conforme o sistema pode-se selecionar algumas qualidades para melhor descrever as suas partes. Os atributos podem se referir ao comprimento, área, volume, características da composição, densidade dos fenômenos observados e outros;
- Entrada (*input*) – é constituída por aquilo que o sistema recebe. Cada sistema é alimentado por determinados tipos de entradas;

- Saída (*output*) – as entradas recebidas pelo sistema sofrem transformações em seu interior e, depois, são encaminhadas para fora. Todo produto fornecido pelo sistema representa um tipo de saída.

Figura 10 – Representação esquemática de um sistema, assinalando os elementos (A, B, C, D) e suas relações, assim como evento entrada e o produto saída.



Fonte: Christofoletti, 1936

No estudo da composição dos sistemas, vários aspectos importantes devem ser abordados, tais como: matéria, energia e estrutura (CHRISTOFOLETTI, 1936). A matéria corresponde ao material que vai ser mobilizado através do sistema. A energia corresponde às forças que fazem o sistema funcionar, que gera a capacidade de realizar trabalho. Todos os processos atuam em função da energia que lhes é fornecida. No tocante à energia, deve-se fazer a distinção entre a energia potencial e a energia cinética. A energia potencial é representada pela força inicial que leva ao funcionamento do sistema ou do processo. Uma vez que o material se coloque em movimento, surge a energia cinética (ou energia do movimento), cuja própria força alia-se à potencial. O fluxo de massa e de energia no interior do sistema processa-se através de “canais de comunicação”, que muitas vezes não são claramente delineados. No transcorrer desse fluxo, pode ocorrer que parcelas da massa e da energia fiquem armazenadas em diversos setores do sistema, por lapsos de tempo de escalas as mais diversas, que constitui reservas ao funcionamento do sistema. No conjunto do sistema, há quantidade de massa e de energia que constantemente circulam, transformam ou são temporariamente retidas.

A estrutura do sistema é constituída pelos elementos e suas relações, expressando-se através do arranjo de seus componentes. O elemento é a unidade básica do sistema. O problema da escala é importante quando se quer caracterizar os elementos de determinado

sistema. Três características principais das estruturas devem ser observadas (CHRISTOFOLETTI, 1936):

- Tamanho – o tamanho de um sistema é determinado pelo número de unidades que o compõem.
- Correlação – a correlação entre as variáveis de um sistema expressa o modo pelo qual ela se relaciona.
- Causalidade – a direção da causalidade mostra qual é a variável independente, a variável que controla, e a dependente, aquela que é controlada, de modo que a última só sofre modificações se a primeira se alterar.

Os sistemas podem ser classificados conforme critérios variados. Para a análise geográfica, o critério funcional e o da complexidade estrutural são os mais importantes.

Ao levar em consideração o critério funcional, as falésias são sistemas não-isolados pois mantêm relações com os demais sistemas, sendo portanto, abertos, que são aqueles onde ocorrem constantes trocas de energia e matéria, tanto recebendo como perdendo.

As falésias são sistemas de processos-respostas, o qual é formado pela combinação de sistemas morfológicos e sistemas em sequência. O sistema em sequência indica o processo, enquanto o morfológico representa a forma, a resposta a determinado estímulo. Ao definir os sistemas de processos-respostas, a ênfase maior está focalizada para identificar as relações entre o processo e as formas que dela resultam. Conseqüentemente, pode-se estabelecer um equilíbrio entre o processo e a forma, de modo que qualquer alteração no sistema em sequência será refletida por alteração na estrutura do sistema morfológico, através de reajustamento das variáveis, em vista a alcançar um novo equilíbrio, de modo a estabelecer uma nova forma. Por outro lado, as alterações ocorridas nas formas podem alterar a maneira pela qual o processo se realiza, que produzem modificações na qualidade dos *inputs* fornecidos ao sistema morfológico (CHRISTOFOLETTI, 1936).

Posteriormente, derivado da teoria dos sistemas, cunha-se o termo geossistema que aparece para expressar a conexão entre natureza e sociedade, sendo introduzido na literatura geográfica pelo soviético Sotchava, em 1962 (GUERRA; GUERRA, 2003 apud GUERRA; MARÇAL, 2006). Os geossistemas correspondem ao resultado da combinação dos fatores geomorfológicos, climáticos, hidrológicos e da cobertura vegetal, que podem influir fatores sociais e econômicos. Por serem processo dinâmicos, podem ou não gerar unidades homogêneas internamente e associar-se à ideia de organização do espaço com a evolução da natureza (MENDONÇA, 2001; CAMARGO, 2002 apud GUERRA; MARÇAL, 2006).

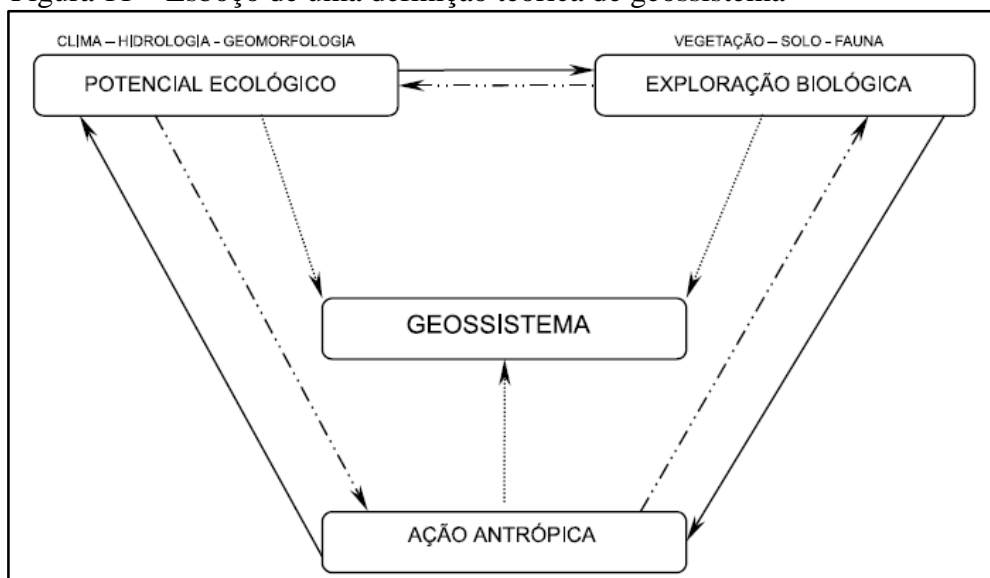
Christofolletti (1991) apud Guerra e Marçal (2006), retrata que a composição do geossistema se dá por elementos topográficos, biogeográficos e pedológicos, que são dinamizados pelos fluxos climáticos, que se incorporam na ação das atividades humanas, que se torna participativa tanto na caracterização como na dinâmica do ambiente. Para o referido autor, o sistema ambiental, em conjunto com o socioeconômico, compõe a paisagem integradora, que são definidos por variações de lugar para lugar, em função da dinâmica da paisagem, que constitui um sistema espacial.

De acordo com Ross (2006), os geossistemas abrangem complexos biológicos, são policêntricos, e não tomam um único elemento ou um único componente da natureza como referência, envolvendo a totalidade dos componentes naturais na perspectiva de suas conexões, inter-relações de dependências mútuas e de seus aspectos funcionais, sendo de aspecto mais amplo do que a concepção ecossistêmica. A noção de geossistema associa-se a uma concepção geográfica da natureza.

O geossistema, aplicado aos estudos geográficos, não se aplica a todas as áreas. Este é especialmente empregado em estudos integrados da paisagem, sua implicação derivada dos estudos de Bertrand (1971) e Tricart (1977), os quais são autores de muita influência nos estudos brasileiros.

Para Bertrand (1971), o geossistema corresponde a dados ecológicos relativamente estáveis. Ele resulta da combinação de fatores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos (Figura 11). É o potencial ecológico do geossistema. Ele é estudado por si mesmo e não sob o aspecto limitado de um simples lugar.

Figura 11 – Esboço de uma definição teórica de geossistema



Fonte: Bertrand, 1971

O geossistema é um complexo essencialmente dinâmico mesmo em um espaço-tempo muito breve, por exemplo, de tipo histórico. O “clímax” está longe de ser sempre realizado. O potencial ecológico e a ocupação biológica são dados instáveis que variam tanto no tempo como no espaço (BERTRAND, 1971).

A tipologia dinâmica classifica os geossistemas em função de sua evolução, englobam por meio disso todos os aspectos das paisagens. Ela leva em conta três elementos: o sistema de evolução, o estágio atingido em relação ao “clímax”, o sentido geral da dinâmica (progressiva, regressiva, estabilidade). Esta tipologia se inspira, portanto na teoria de biorestasia de H. Erhart. Foram distinguidos 7 tipos reagrupados em 2 conjuntos dinâmicos diferentes.

Os geossistemas em biostasia – trata-se de paisagens onde a atividade geomorfogenética é fraca ou nula. O potencial ecológico é, no caso, mais ou menos estável. O sistema de evolução é dominado pelos agentes e os processos bio-químicos: pedogênese, concorrência entre as espécies vegetais, etc. A intervenção antrópica pode provocar uma dinâmica regressiva da vegetação e dos solos, mas ela nunca compromete gravemente o equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica.

Os geossistemas em resistasia - A geomorfogênese domina a dinâmica global das paisagens. A erosão, o transporte e a acumulação dos detritos de toda a sorte (húmus, detritos vegetais, horizontes pedológicos, mantos superficiais e fragmentos de rocha in loco) levam a uma mobilidade das vertentes e a uma modificação mais ou menos possante do potencial ecológico (BERTRAND, 1971. p. 149 e 150).

Tricart (1977) afirma que o sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos. Como consequência, o sistema apresenta propriedades que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes. Uma delas é ter dinâmica própria, específica do sistema. Cada um dos fenômenos incorporados num sistema, geralmente pode ser analisado, ele mesmo, como um sistema. Convencionalmente, denomina-se subsistema. Distingue-se, portanto, três grandes tipos de meios morfodinâmicos, em função da intensidade dos processos atuais, a saber: meios estáveis, meios intergrades e os fortemente instáveis (TRICART, 1977).

Os meios estáveis, aplicam-se ao modelado, à interface atmosfera-litosfera. O modelado evolui lentamente, muitas vezes de maneira insidiosa, dificilmente perceptível. Os processos mecânicos atuam pouco e sempre de modo lento. Somente medidas precisas, difíceis de realizar podem colocá-los em evidência. A característica essencial desse tipo de meio é, com a lenta evolução, a constância dessa evolução, resultante da permanência no tempo de combinações de fatores. O sistema morfogenético não comporta paroxismos violentos que se traduzam por manifestações catastróficas.

Os meios intergrades, designam uma transição. Estes, asseguram a passagem gradual entre os meios estáveis e os meios instáveis. Por ser este, uma transição não existe nenhum corte, ao contrário, estamos em presença de um contínuo. A característica principal desses meios é a interferência permanente de morfogênese e pedogênese, exercendo-se de maneira concorrente sobre um mesmo espaço. Mas as modalidades de interferência morfogênese-pedogênese variam em função de dois critérios: um qualitativo e outro quantitativo, e introduzem subdivisões neste tipo de meio geodinâmico.

Os meios fortemente instáveis, são caracterizados por predominar na dinâmica natural a morfogênese, sendo esta o fator determinante do sistema natural, ao qual outros elementos estão subordinados. Uma tal situação pode ter diferentes origens, suscetível de se combinarem entre elas.

Pode-se perceber claramente que tanto na classificação de Bertrand (1971), quanto na de Tricart (1977) as falésias são influenciadas pela predominância dos processos geomorfogenéticos. Incluídas na classificação do primeiro autor como geossistemas em resistasia, e na do segundo autor inseridas nos meios morfodinâmicos fortemente instáveis. O que demonstra a grande complexidade e gama de processos presentes nessas feições geomorfológicas.

Os geossistemas possuem particularmente a mesma essência da Teoria Geral dos Sistemas, a qual é derivada, sendo, portanto, uma classe peculiar de sistemas dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados. Não por acaso, atualmente se trabalha com tanta ênfase, não só por este mostrar e explicar os processos, mas por colocar o ser humano como parte deste complexo sistema. Este traz à luz da temporalidade o fator histórico, assim como os impactos da sociedade e da dimensão social.

Destaca-se que o geossistema se aplica não só a natureza, dita sem intervenções, mas principalmente a natureza antropizada, onde os sistemas são a cada dia modificados e necessitam de estudos, que minimizam esses efeitos.

A Geografia baseada nos princípios sistêmicos ocupa, portanto, posições firmes na modernidade, apoiando-se no planejamento de desenvolvimento socioeconômico, onde são sugeridas medidas para o desenvolvimento e reconstrução de seus territórios. Essa abordagem acaba por definir um objeto específico da atuação da pesquisa geográfica.

3 A FALÉSIA DE ITAPARI

3.1 Localização e Delimitação

A falésia de Itapari, onde se encontra a ponta de mesmo nome, localiza-se no nordeste do município de São José de Ribamar, distante 9,6 km da sede municipal e 28,5 Km de São Luís (Capital), inserida no Bairro de Panaquatira. A área em estudo é delimitada à Oeste pela avenida Panaquatira, ao Sul pela muro do condomínio Portal do Mar e ao Norte e Leste pela Baía de São José. A falésia de Itapari apresenta 1,4 km de comprimento, com altura que varia de 5 a 30 metros, sendo que num trecho de cerca de 200 metros se encontra estável, em decorrência de estar, de certa forma, protegida por casas de veraneio, que se localizam na base da falésia. Tem as seguintes coordenadas geográficas em seu ponto central: 2°30'27" S e 44°01'28" O (Figura 12).

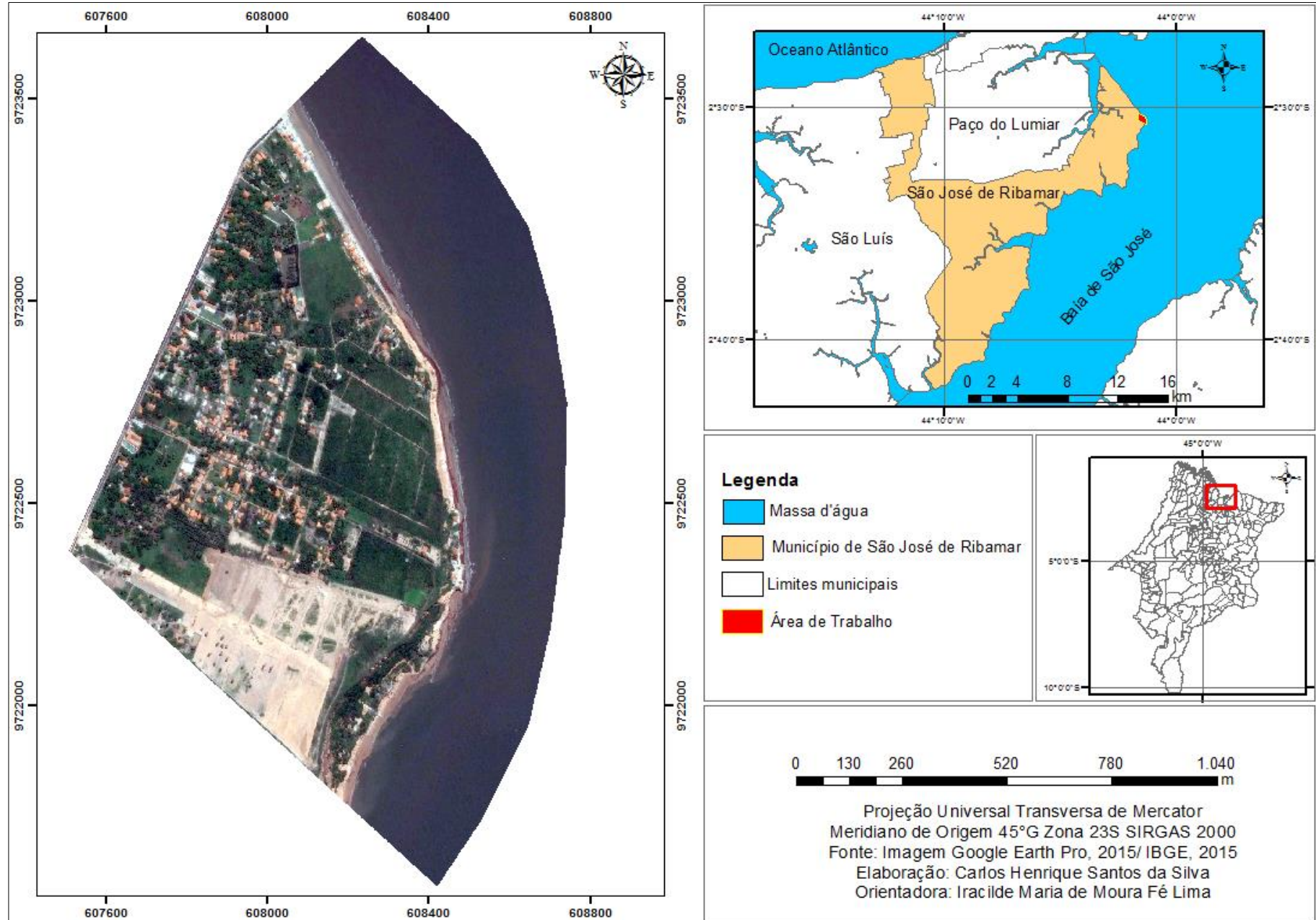
3. 2 Aspectos do Ambiente Natural na Área

A Bacia de São Luís é associada ao sistema de riftes costeiros e delimitada pelos Arco do Rosário a leste, Arco Ferrer-Urbano Santos a sul e Arco Tocantins a leste. A depressão formada a partir do Aptiano foi preenchida por sedimentos das formações Codó e Grajaú e no Albiano pelos sedimentos da Formação Itapecuru. Durante o Cenomaniano a Bacia de São Luís evoluiu com sedimentação marinha rasa, e seu preenchimento continuou até o Terciário (Rodrigues et al.,1994 apud Aranha et al., 1990). A Bacia de São Luís é constituída por rochas cretácicas da Formação Itapecuru, recobertas por formações superficiais de idade cenozoica: Paleogeno, Grupo Barreiras, coberturas lateríticas e depósitos quaternários.

A base geológica da área, de acordo com Rodrigues et al. (1994), corresponde a três unidades principais: Formação Itapecuru (Cretáceo Superior), Formação Barreiras (Plioceno) e Formação Açuí (Pleistoceno/Holoceno). Dessas as que apresentam maior representação espacial na área de estudo são a Formação Barreiras e as Coberturas Quaternárias (Tabela 1).

Rodrigues et al. (1994) apud Silva (2012) caracterizam tais formações da seguinte forma: a Formação Itapecuru foi dividida em duas subunidades: uma inferior, denominada de Membro Psamítico, e outra superior, denominada de Membro Alcântara.

Figura 12 - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor com imagens do Google Earth, 2015

O Membro Psamítico repousa concordantemente sobre a Formação Codó e, discordantemente sobre os sedimentos do Membro Alcântara. Suas rochas foram afetadas por processos de lateritização, tendo-se desenvolvido um perfil pouco evoluído, de pequena espessura, caracterizando uma cobertura detrítico-laterítica.

No Membro Alcântara da Formação Itapecuru tem-se a presença de siltitos e folhelhos vermelhos, coesos, de estratificação plano-paralela, disposta de forma tabular em camadas decimétricas, que intercalam alguns bancos lenticulares de calcário creme esbranquiçados.

A Formação Barreiras repousa sobre a Formação Itapecuru e caracteriza-se por sedimentos areno-argilosos e ocasionalmente conglomeráticos de coloração róseo avermelhados, ferruginizados, parcialmente consolidados. Segundo Almeida (2000), o termo Barreiras foi usado inicialmente por Branner, para designar as camadas areno-argilosas de cores variegadas que afloram nas falésias ao longo da costa do Nordeste brasileiro.

Branner (1902) apud El-Robrini et al. (2006) afirma que a Formação Barreiras é representada por camadas areno-argilosas, de cores variegadas, não ou pouco litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, muitas vezes com aspecto mosqueado, mal selecionados, de granulação que varia de fina a média, com horizontes conglomeráticos e níveis lateríticos, sem cota definida, em geral associados à percolação de água subterrânea. A matriz é argilosa caulínica, com cimento argilo-ferruginoso, às vezes silicoso. A estratificação é geralmente indistinta, nota-se um discreto paralelismo entre os níveis de constituição faciológica diferentes. Nos níveis conglomeráticos, por vezes, observa-se uma incipiente organização em estruturas cruzadas e paralelas, bem como aumento da granulometria em direção à base (granodecrescência), mostrando alguns seixos imbricados. Estes clásticos normalmente são de quartzo e, mais raramente, de feldspato, de laterito e outros tipos de rocha, com diâmetros variados.

Na Ilha do Maranhão, a Formação Barreiras apresenta-se laterizada com perfil pouco evoluído ou imaturo. Os níveis mais arenosos estão ferruginizados, mostrando coloração avermelhada a amarelada ocre e os intervalos argilosos encontram-se caulinizados com uma coloração esbranquiçada a rósea.

Tabela 1 - Coluna Estratigráfica da Bacia de São Luís

Era/Período		Unidades Estratigráficas		Litologia	Formações Superficiais	Área em Km2	%
Cenozóico	Quaternário	Holoceno	Formação Açuí	Areia fina a média, madura a submadura, com estratificação cruzada. Argila arenosa, maciça bioturbada.	QHa - Depósitos aluvionares e coluvionares	65,03	7,07
					QHfl - Depósitos fluviolacustres / QHe - Depósitos eólicos litorâneos	8,43	0,92
					QHm - Depósitos de mangues	201,44	21,90
					QHm - Depósitos de mangues / QHa - Depósitos aluvionares e coluvionares	5,33	0,58
					QHml - Depósitos marinhos litorâneos	4,07	0,44
					QHml - Depósitos marinhos litorâneos / QHe - Depósitos eólicos litorâneos	17,42	1,89
					QPa - Depósitos de argilas adensadas com areias	1,18	0,13
	Terciário	Neogeno	Formação Barreiras	Areia fina a média, com concentrações ferruginosas, imatura, intercalações argilosas caulínicas.	NQ1 - Coberturas lateríticas	Não quantificada	
					ENb - Formação Barreiras	616,74	67,06
		Paleogeno	Paleogeno	Areia fina a silte, com bolas de argilito, submadura, conglomerados, estratificação ondulada e cruzada.	Ea - Paleogeno	Não quantificada	
Mesozóico	Cretáceo	Formação Itapecuru	Membro Alcântara	Calcilutitos, silte e areia muito fina, com argila, texturalmente imaturo, micáceo, estratificação plano-paralela.	Não quantificada		
			Membro Psamítico	Arenito fino a médio, quartzo com feldspato, caulinizado, mica, nódulos ferruginizados, estratificação plano-paralela e cruzada.			

Fonte: Silva, 2012

Para Rodrigues et al. (1994), a Formação Barreiras é constituída de três unidades de fácies: conglomerática (C), arenosa (A) e pelítica (P). A conglomerática apresenta uma única litofácie: conglomerado de canga laterítica ou petroplintitos (cg); a arenosa constituída de duas litofácies: arenitos argilosos (ag) e arenitos de preenchimento de canais (pc); e a pelítica formada por três litofácies: siltitos argilosos ocre (as), argilas avermelhadas (av) e argilas esbranquiçadas (ab).

A Formação Açuí compõe-se de sedimentos arenosos inconsolidados e argilosos não-adensados que preenchem as áreas topograficamente mais baixas e de areias de praias e de dunas móveis da faixa costeira atual.

Com relação ao relevo, o município de São José de Ribamar e, conseqüentemente, a Ponta de Itapari, está inserido no Golfão Maranhense, que é uma área resultante do intenso trabalho de erosão fluvial do Quaternário Antigo, posteriormente colmatada, originando uma paisagem de planícies aluviais, ilhas, lagoas e rios divagantes.

As principais feições geomorfológicas encontradas na área de estudo foram: praia, tabuleiro costeiro, falésia, paleofalésia e terraços de abrasão.

As praias são depósitos de material sedimentar inconsolidado, geralmente arenosos, acumulados e retrabalhados por agentes oceanográficos e climáticos. Na Ilha do Maranhão são caracterizadas pela presença de pós-praia (*backshore*), estirâncio (*foreshore*) e ante-praia (*offshore*) e por serem praias dissipativas de areia fina (SILVA, 2012).

Os tabuleiros com topo plano são relevos tabulares de maior altitude na Ilha do Maranhão, são também chamados de tabuleiros costeiros. Quando estão próximas a costa de forma abrupta formam as falésias e quando estes não possuem mais contato com o mar formam as paleofalésias (SILVA, 2012).

Os terraços de abrasão são caracterizados por serem uma superfície desgastada pelas ondas do mar. Essa superfície é ampliada à medida que a falésia recua (GUERRA; GUERRA, 2008). Os terraços de abrasão da área de estudo são formados por arenitos ferruginosos, disposto sobre a praia e caracterizados por serem de material solto, com aspecto cavernoso e formatos retangulares.

Os solos do setor especial em análise são predominantemente os latossolos, estes compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico (EMBRAPA, 2009).

São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo. Os solos são virtualmente destituídos de

minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo, e têm capacidade de troca de cátions baixa. Variam de fortemente a bem drenados. São normalmente muito profundos, sendo a espessura do *solum* raramente inferior a um metro. Têm sequência de horizontes A, B, C, com pouca diferenciação de sub-horizontes, e transições usualmente difusas ou graduais.

Em distinção às cores mais escuras do A, o horizonte B tem aparência mais viva, as cores variando desde amarelas ou mesmo bruno-acinzentadas até vermelho-escuro-acinzentadas, nos matizes 2,5YR a 10YR, dependendo da natureza, forma e quantidade dos constituintes - mormente dos óxidos e hidróxidos de ferro - segundo condicionamento de regime hídrico e drenagem do solo, dos teores de ferro na rocha de origem e se a hematita é herdada dela ou não. No horizonte C, comparativamente menos colorido, a expressão cromática é bem variável. O incremento de argila do A para o B é pouco expressivo ou inexistente. De um modo geral, os teores da fração argila no *solum* aumentam gradativamente com a profundidade, ou permanecem constantes ao longo do perfil. A cerosidade, se presente, é pouca e fraca. Tipicamente, é baixa a mobilidade das argilas no horizonte B. São, em geral, solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos (EMBRAPA, 2009).

Com relação as condições climáticas, considerando que se localiza numa região de baixa latitude, na zona costeira e apresentar altitudes modestas, a área de trabalho apresenta uma dinâmica climática única, resultante de diversos fatores, influenciados principalmente pelas massas de ar, os ventos alísios e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (SILVA, 2013).

O clima da área de estudo, de acordo com a classificação de Köppen, enquadra-se na categoria Aww', ou seja, clima úmido tropical sem estação fria (A), com estação seca acentuada (w), e chuvas concentradas principalmente no outono (w') (IMESC, 2011).

Esse conjunto de fenômenos que caracterizam o clima de cada parte do planeta nas mais diferentes escalas é responsável por muitas das características geomorfológicas das regiões costeiras. O clima controla as taxas de intemperismo, de erosão e de transporte de detritos até as linhas de costa (SOUZA et al., 2005).

Por estar próxima à linha do Equador, a Ilha do Maranhão apresenta altas temperaturas, que são amenizadas principalmente por sua proximidade com a Amazônia e com o Oceano Atlântico.

Para caracterização climática foram usados dados das normais climatológicas, estas são valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme,

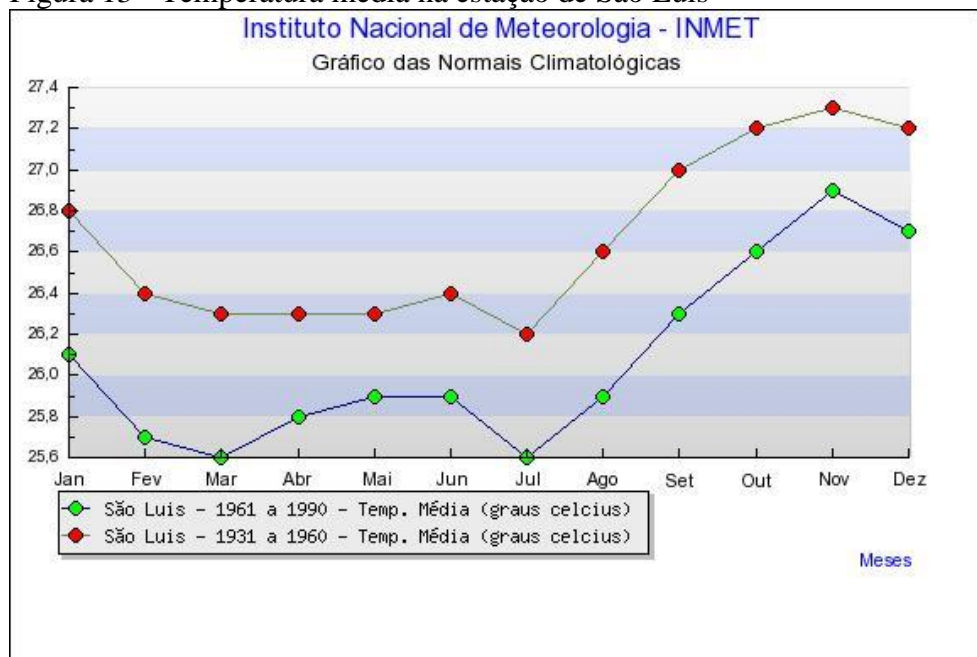
compreendendo no mínimo três décadas consecutivas (INMET, 1991). Portanto, foram utilizadas dados das normais de 1931 a 1960 e de 1961 a 1990, em decorrência da falta de dados de normais mais recentes. Utilizou-se também, dados referentes a precipitações e temperaturas médias do ano de 2015, disponíveis no site do INMET.

Os dados registrados na estação meteorológica situada no município de São Luís, localizada no aeroporto internacional Cunha Machado, indicam que a média mensal de temperatura (Figura 13) variou de 25,7° a 27,3°C, no intervalo entre 1961 e 1990. A partir do mês de julho (mais frio), a temperatura média sofre uma elevação gradativa até encontrar seu ápice no mês de novembro (27°C no período de 1961 a 1990 e 27,3°C no período de 1931 a 1960). Nos meses seguintes a temperatura volta a cair e os meses entre fevereiro e julho são os mais frios, com temperaturas médias máximas de 26,4°C (INMET, 1991 apud SILVA, 2013).

A temperatura máxima (Figura 14) em São Luís apresenta uma curva semelhante à de temperatura média, porém com valores menores (29,4°C) nos meses de fevereiro e março, e maiores em novembro (31,4°C). Os valores mais baixos de temperatura mínima ocorrem em julho (~22,7°C). A temperatura máxima absoluta registrada nos 60 anos foi de 34,8°C, em novembro. A temperatura mínima (Figura 15) de 17,9°C foi registrada em março.

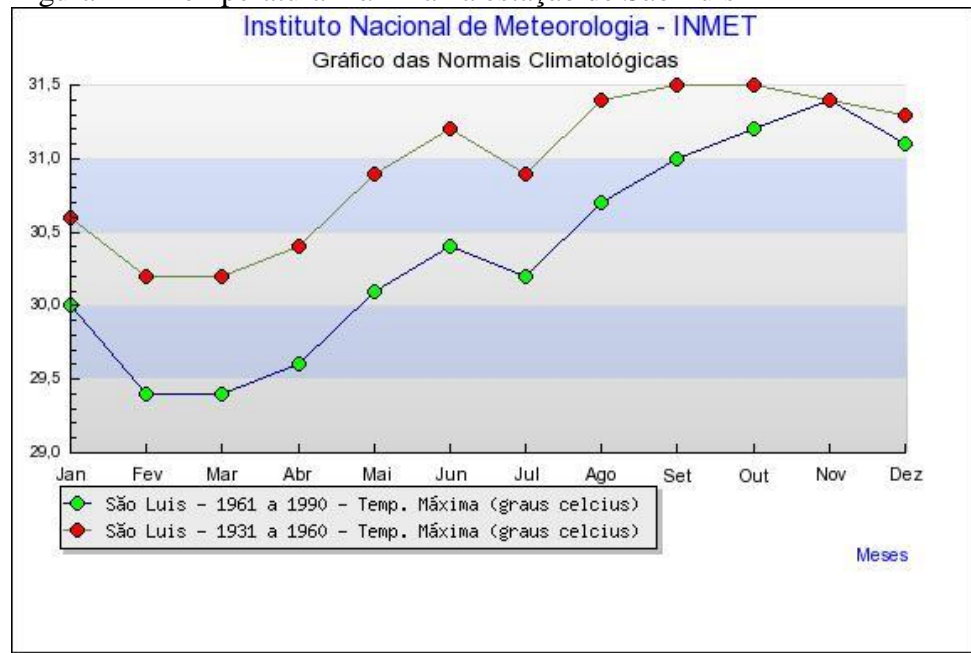
Os gráficos climatológicos de temperatura indicam que o período de 1931 a 1960 foi ligeiramente mais quente (~ 0,6°C) que o período compreendido entre os anos de 1961 e 1990 (INMET, 1991).

Figura 13 - Temperatura média na estação de São Luís



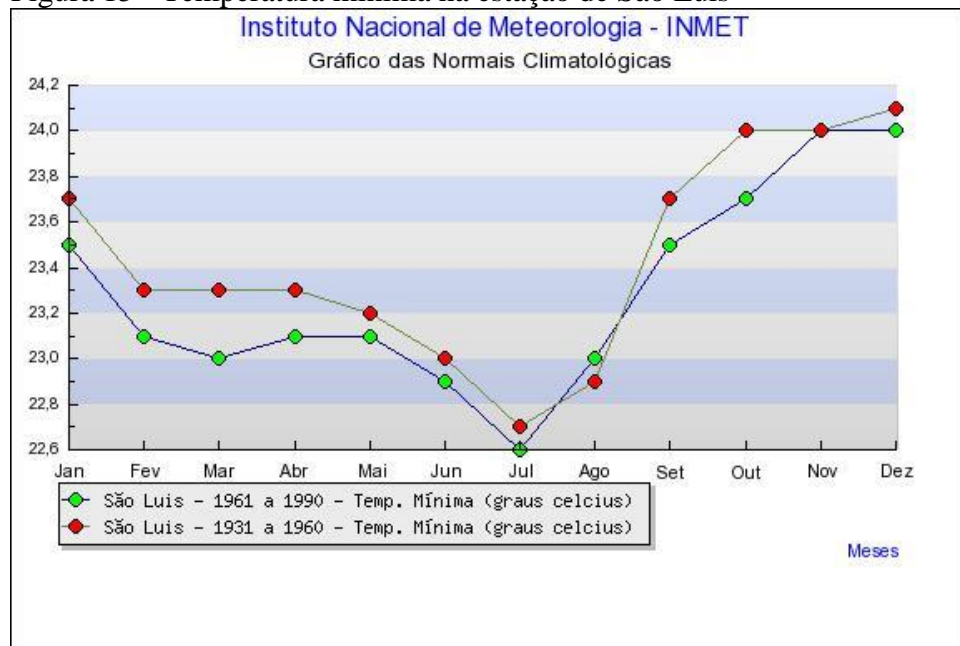
Fonte: INMET, 1991

Figura 14 - Temperatura máxima na estação de São Luís



Fonte: INMET, 1991

Figura 15 - Temperatura mínima na estação de São Luís



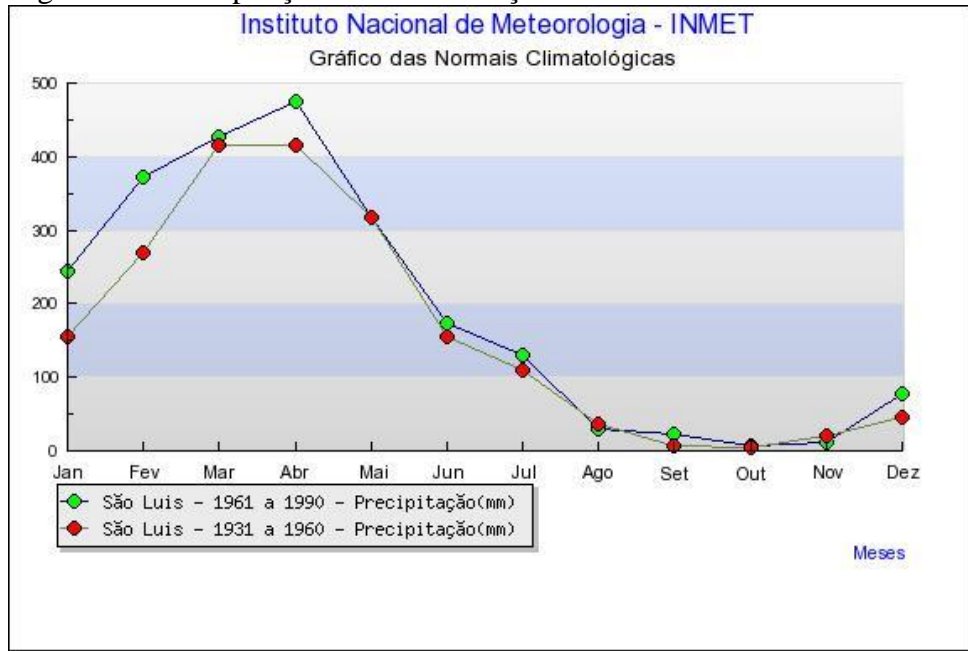
Fonte: INMET, 1991

Como a área de trabalho se insere em uma região tropical e recebe influência do Oceano Atlântico, seus índices pluviométricos são altos e normalmente bem distribuídos.

Na Ilha do Maranhão, o período de maior precipitação (chuvoso) está situado entre janeiro e julho, com um pico de aproximadamente 475 mm, ocorrendo no mês de abril (Figura

16). Entre os meses de julho e dezembro (período seco), o nível de precipitação é mais baixo e estável, com valores entre 0 e 50 mm (INMET, 1991 apud SILVA, 2013).

Figura 16 – Precipitação média na estação de São Luís

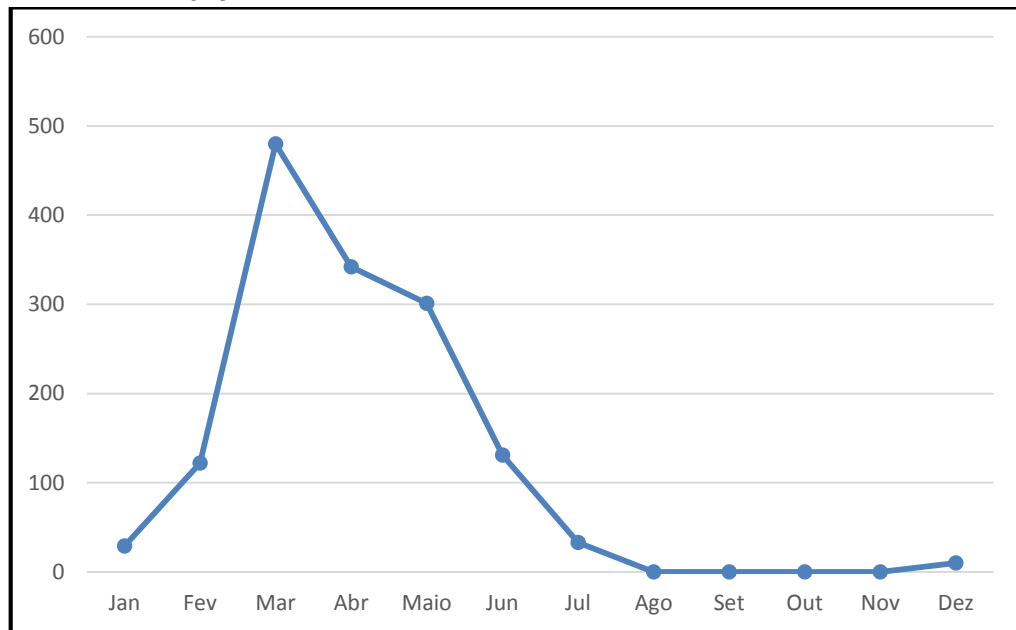


Fonte: INMET, 1991

No ano de 2015, o período de maior precipitação (chuvoso) está situado entre março e maio, com um pico de 480 mm ocorrendo no mês de março (Figura 17). Entre os meses de julho e janeiro, o nível de precipitação é mais baixo e estável, com valores entre 0 e 33 mm (INMET, 2015). Cenário de anomalia negativa de chuva principalmente no primeiro semestre de 2015 foram um dos piores dos últimos anos. Isso foi determinado, principalmente pela expansão das anomalias positivas de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) ao longo da região equatorial do Oceano Pacífico, indicam o pleno estabelecimento do fenômeno *El Niño*, com chuvas predominantemente abaixo da média histórica na área.

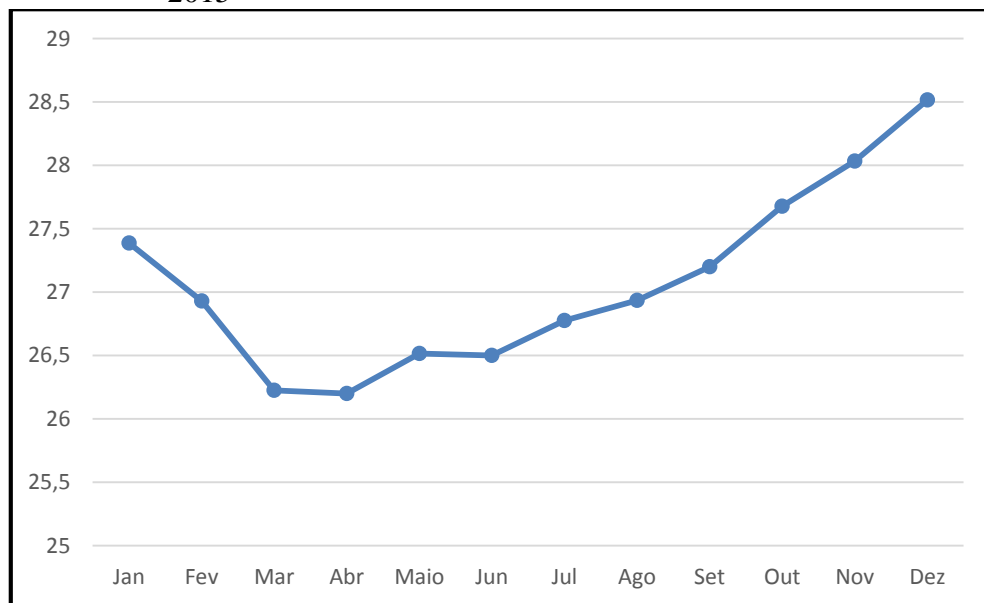
No ano de 2015 o gráfico de temperatura média (Figura 18) indicou variações de temperatura de 27,4° a 29,5°C, entre janeiro e dezembro. Os primeiros meses do ano geralmente apresentam as menores temperaturas, sendo que a partir do mês de abril, a temperatura média sofre uma elevação gradativa até encontrar seu ápice no mês de dezembro (29,5 °C). Nos meses seguintes a temperatura volta a cair (INMET, 2015). Em função da ausência de chuvas e da presença de áreas de subsidência (condição que inibe formação de nuvens), as temperaturas ficaram elevadas.

Figura 17 – Gráfico de precipitação média em mm na estação de São Luís em 2015



Fonte: INMET, 2015

Figura 18 – Gráfico de temperatura média mensal na estação de São Luís em 2015



Fonte: INMET, 2015

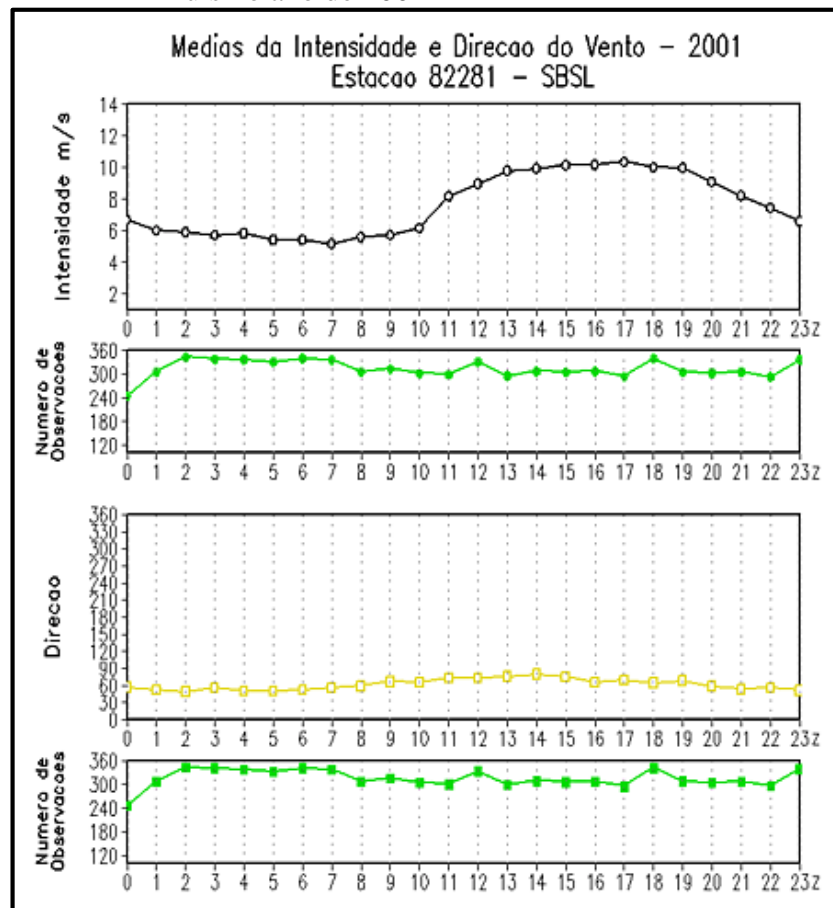
Os ventos predominantes na Ilha do Maranhão são os alísios de NE-E. De acordo com Souza et al. (2005) os ventos controlam a direção e o poder energético das ondas que incidem sobre a costa, produzem as correntes litorâneas que transportam grandes quantidades de areia em diferentes sentidos. Os dados de ventos utilizados, são referentes aos anos de 2001 e 2002, referentes as variáveis anemométricas de intensidade e direção dos ventos (Figuras 19 e 20), coletados no aeroporto de São Luís, distante 28,5 da área em estudo. A escolha destes, se

deve ao fato de que as variáveis em estudo pouco se modificam durante os anos e porque os dados atuais são pouco consistentes.

Pode-se verificar que, em média, não há variação da direção dos ventos ao longo do dia na região da Ilha do Maranhão. Durante os dois anos analisados os ventos apresentam pouca variação ao longo do dia, sempre na faixa entre 60 e 90° (NE/E).

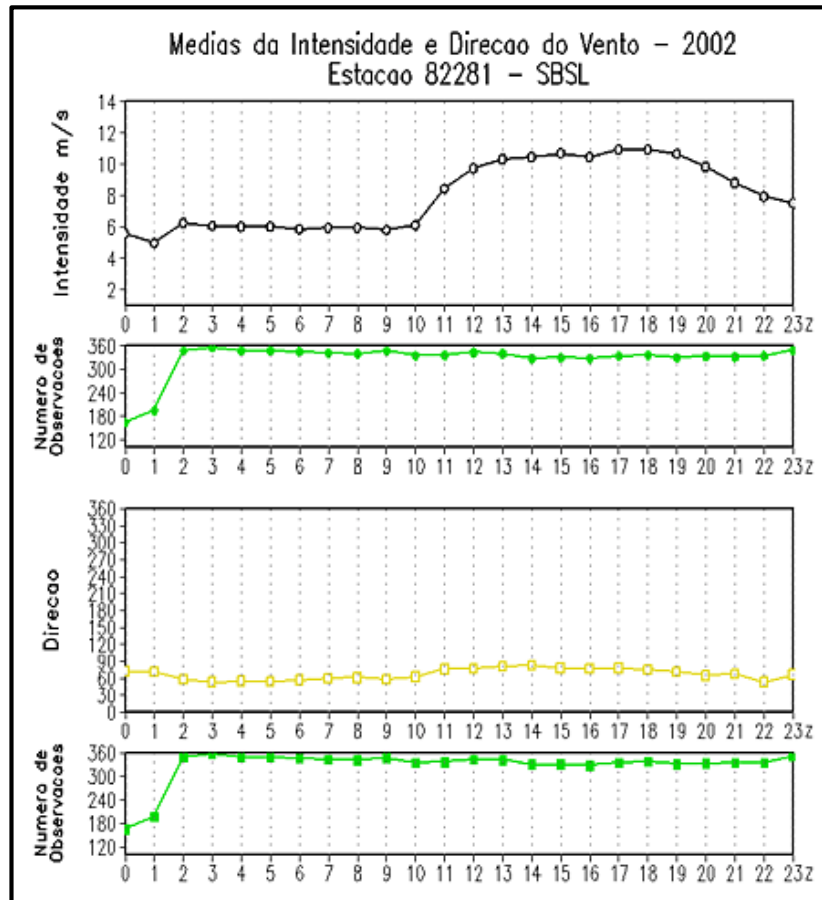
Quanto à intensidade, verifica-se que os ventos são mais intensos (~ 10m.s-1) durante o dia, e menos intensos (~ 6 m.s-1) no período noturno. No período seco, meses de agosto a dezembro, os ventos são mais intensos (INPE, 2008).

Figura 19 - Intensidade e direção do vento no aeroporto de São Luís no ano de 2001



Fonte: INMET/ SONDA, 2008

Figura 20 - Intensidade e direção do vento no aeroporto de São Luís no ano de 2002



Fonte: SONDA, 2008

4 PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS

A metodologia adotada nesta pesquisa consiste na abordagem sistêmica, tendo em vista que o objeto de estudo apresenta uma evolução resultante da atuação simultânea de processos que envolvem materiais e agentes naturais continentais e marinhos, além da ação antrópica, formando assim uma unidade ambiental temporoespacial.

A abordagem sistêmica nos estudos geográficos possibilita a utilização de uma metodologia que abrange cronologia, métodos quantitativos e atividades humanas, com destaque para as relações entre as características dos elementos naturais e suas inter-relações com os agentes antrópicos. Tal abordagem se caracteriza como holística, levando em consideração que os sistemas dinâmicos, complexos e não-lineares abordam a grande diversidade dos elementos, com vários graus de liberdade quanto ao comportamento destes (GUERRA; MARÇAL, 2006).

Para o alcance dos objetivos propostos, o trabalho envolveu as seguintes etapas.

a) Levantamento do material bibliográfico

O levantamento do referencial bibliográfico foi realizado nas bibliotecas centrais da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) e da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Foram feitas consultas em anais de eventos científicos, periódicos, sites relacionados com a temática e outras obras e documentos referentes à especificidade do tema em questão.

b) Utilização de imagens de satélite através da plataforma *Google Earth Pro*

As imagens de satélite inseridas no banco de dados do *Google Earth Pro*, são as mesmas do *Google Earth*, a diferença dessas versões é a resolução espacial que no primeiro possui imagens de maior resolução. Essas imagens são adequadas para estudo de áreas com escalas muito grandes, pois permitem observações mais detalhadas, além de serem gratuitas. O motivo principal para se trabalhar com essas imagens, para a elaboração dos mapas da área de estudo, é a possibilidade de realizar análise multitemporal e uso e cobertura da Terra com escala de detalhe e, ainda, porque não se teve acesso a outras imagens de satélites com alta resolução espacial.

Para elaboração do mapa da área de estudo utilizou-se imagens de satélite através da plataforma *Google Earth Pro*, com data de aquisição de 2015. Posteriormente a imagem foi georreferenciada, recortada de acordo com a delimitação da área de estudo e processada no *software Arcgis 10.2.2.*, disponibilizado pelo Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC.

c) Realização de trabalhos de campo

Após a delimitação da área de estudo foram realizados 15 (quinze) trabalhos de observação em campo, para reconhecimento da feição estudada e visualização das características morfológicas, geológicas, da dinâmica costeira, uso e ocupação da falésia. Os registros foram realizados através de fotografias e monitoramento da dinâmica da falésia de Itapari através da técnica de estaqueamento. Em campo utilizou-se um aparelho de recepção GPS (*Global Positioning Systems*) do tipo Garmim, para georreferenciar pontos de interesse.

d) Aplicação de ficha de campo

A ficha de campo é uma importante ferramenta na padronização e organização de informações a serem coletadas, apoiando a sistematização dos dados para a análise da área estudada. Esta ficha foi compartimentada em três partes: Caracterização física da área de estudo; Identificação dos processos operantes; e Uso e ocupação da área (APÊNDICE A).

e) Mapeamento do uso e cobertura da Terra através de imagens do *Google Earth Pro* do ano de 2016

Para a elaboração do mapa de uso e ocupação da Terra, com escala de 1:9.000, foi utilizada uma imagem do *Google Earth Pro*, satélite Landsat, sensor TM, do ano de 2016 com composição de bandas RGB e georreferenciamento de pontos, através de GPS, que foram constatados em trabalho de campo e que não apareciam na imagem de satélite, como áreas cobertas por nuvens.

A área de trabalho possui uma escala muito grande e com variados detalhes, as imagens do *Google Earth Pro* são ideais pois é possível visualizar os usos e coberturas; depois da aquisição da imagem foi realizada uma classificação supervisionada, já que se tem um bom controle de campo, para o qual é necessária a aplicação de pontos de controle correlacionados aos alvos na imagem com tipos de uso.

No mapeamento da Cobertura e do Uso da Terra, a interpretação de imagens digitais de sensores remotos visa à identificação de padrões de imagem que guardem certa homogeneidade e que possam ser representados na escala pretendida, segundo as classes previamente definidas.

Para Fonseca (2000) apud IBGE (2013), o primeiro passo em um processo de classificação multiespectral é o reconhecimento da assinatura espectral das classes, que é função, principalmente, da porcentagem de minerais, da matéria orgânica, da massa foliar ou de outras características predominantes nos alvos. Assim, o reconhecimento da assinatura espectral é útil para reconhecer e extrair características espectrais semelhantes. De acordo com os parâmetros fornecidos ao classificador são definidos padrões espectrais que consistem da aglutinação dessas assinaturas (por região), permitindo produzir os mapas. Os polígonos gerados representam, assim, uma organização ou fatiamento da imagem segundo as semelhanças assumidas para se iniciar o processo de classificação

A imagem foi georreferenciada e recortada, e realizada uma classificação supervisionada no *software Arcgis 10.2.2*. A classificação supervisionada é baseada no uso de algoritmos para se determinar os *pixels* (células) que representam valores de reflexão característicos para uma determinada classe.

A classificação supervisionada é implementada com base no conhecimento do usuário da área, que, *a priori*, seleciona as classes de interesse e fornece ao programa os padrões espectrais típicos destas classes. O método de classificação denominado de Máxima Verossimilhança (MAXVER), que classifica por pixel, é uma técnica que considera a ponderação das distâncias entre as médias dos níveis de cinza das classes, onde são utilizados parâmetros estatísticos. Este método utiliza amostras de treinamento representativas das classes a serem mapeadas para extrair das imagens os grupamentos mais homogêneos, de forma a compor a unidade de mapeamento, ou o polígono (IBGE, 2013).

Para tal, o intérprete faz uso do auxílio das informações de reconhecimento de campo e realiza experimentos em ensaios de classificação. A quantidade de amostras de treinamento estará em função da maior.

A classificação de imagens refere-se à utilização de computadores para a interpretação de imagens de sensoriamento remoto, quando são atribuídos significados aos *pixels*, em função das características numéricas (ROSA, 2009 apud AMARAL; RIOS, 2012). Na classificação, os pontos de uma imagem são associados a uma classe ou grupo. A classificação supervisionada consiste na identificação das classes de informação (tipos de cobertura do solo) presentes na imagem e posteriormente é desenvolvida uma caracterização

estatística das reflectâncias para cada classe de informação. Nesse tipo de classificação, o analista identifica os tipos específicos de cobertura do solo já conhecidos da área de estudo (ROSA, 2009 apud AMARAL; RIOS, 2012). As categorias de uso e ocupação definidas para a fotointerpretação foram área urbanizada (1), solo exposto (2), vegetação secundária (3) e vegetação plantada (4). Posteriormente foi realizada a geração do mapa vetorial das amostras de treinamento.

f) Monitoramento de falésias através de estaqueamento

Esta técnica foi adaptada ao tipo de monitoramento de voçorocas descrito por Guerra (CUNHA; GUERRA, 2002). Esse procedimento buscou acompanhar a evolução da falésia de Itapari, levando em conta a sua regressão, em termos espaciais no intervalo de tempo de um ano (março de 2015 a março de 2016). Após a localização da falésia, o trabalho de campo buscou determinar os melhores locais e distâncias para serem colocadas as estacas ao longo da falésia.

Entretanto não foi possível estaquear toda a falésia porque, em grande parte de sua área, ela encontra-se cercada por muros de propriedades particulares e, por esta razão, não foi possível observar a área do topo da falésia, estaqueou-se portanto, apenas o setor III da linha de costa, representada pela falésia. Foram colocadas estacas de madeira com as seguintes dimensões: 1,5m de altura, por 10cm de largura. Estas foram numeradas e enterradas no solo a 30cm de profundidade, afastadas 5m da borda da falésia.

Um estaqueamento diferente foi realizado, nos outros setores da falésia, levando-se em consideração resquício de um antigo muro construído na praia para barrar a erosão na falésia. Foram escolhidos pontos fixos e fez-se a medição mensal, destes locais até a linha de costa, obtendo-se assim a retrogradação nesse setor da falésia.

O estaqueamento em todo os setores da falésia, foi realizado através de técnicas simples, sem a utilização de equipamentos de alta precisão, como gps geodésico, portanto, os dados de retrogradação podem apresentar variações em suas taxas.

g) Análise multitemporal da linha de costa através de imagens do *Google Earth Pro* dos anos de 2002 e 2015

As séries temporais foram constituídas por um conjunto de duas imagens de satélite Landsat, sensor TM do *Google Earth Pro*, com composição de bandas RGB, com data de geração de 08/06/2002 e 18/06/2015. A escolha destas duas imagens, deve-se inicialmente ao

lapso de tempo de 14 anos, onde são apresentados de forma significativa a dinâmica da área em estudo. Outros critérios, também foram importantes para a escolha dessas imagens, como: pouca quantidade de nuvens, mês da geração das imagens iguais e visibilidade da linha de costa.

Essas imagens foram georreferenciadas com pontos de controle iguais, posteriormente foram recortadas de acordo com a área de estudo, e realizada uma sobreposição dessas imagens no *software Arcgis 10.2.2*, e traçados vetores marcando a posição da linha de costa nas imagens analisadas. Em seguida, foi realizada a edição de polígonos, a sobreposição dos vetores, classificação e quantificação das áreas onde foram observadas mudanças.

h) Determinação de parâmetros de marés, correntes e ondas através de observação visual

A determinação de parâmetros de ondas, marés e correntes, foi realizada nos meses de junho, julho, agosto e setembro do ano de 2016 através de observações visuais (Tabela 2). A periodicidade, amplitude e tipos de maré predominantes na área de estudo foram realizadas com auxílio da tábua de maré municipal e visualização durante as marés de quadratura e sizígias.

Tabela 2 – Tábuas de maré em dias de observação

Dia da Observação	1ª maré	2ª maré	3ª maré	4ª maré
25/06/2016	4:10 ↓ 0,6m	10:05 ↑ 4,8m	16:40 ↓ 0,5m	22:40 ↑ 4,6m
17/07/2016	4:45 ↑ 4,4m	11:20 ↓ 0,6m	17:20 ↑ 4,4m	23:35 ↓ 0,7m
23/07/2016	3:10 ↓ 0,4m	9:05 ↑ 5,2m	15:35 ↓ 0,4m	21:30 ↑ 5,0m
20/08/2016	2:10 ↓ 0,3m	8:05 ↑ 5,4m	14:30 ↓ 0,2m	20:30 ↑ 5,2m
18/09/2016	1:50 ↓ 0,1m	7:55 ↑ 5,4m	14:10 ↓ 0,2m	20:05 ↑ 5,6m

Fonte: elaborado pelo autor com dados de tábuas de maré, 2016

Os parâmetros de correntes foram determinados através da observação das ondas, direção de movimentação dos sedimentos (arenitos ferruginosos), direção da pluma de sedimentos e a direção da praia.

As ondas foram determinadas através de observações e com o auxílio de exercícios, técnicas e aplicações de Muehe (2011). A altura das ondas representa o parâmetro da energia da onda, sendo fundamental na quantificação dos processos costeiros. A observação foi realizada por estimativas e tiradas as médias das observações. Período das ondas corresponde ao intervalo do tempo, medido em segundos, para a passagem de duas cristas de ondas sucessivas por um mesmo ponto fixo. Para a determinação do período médio, foram feitas observações a partir da praia, de modo a utilizar a zona de arrebentação como ponto fixo, sendo efetuada a contagem de cada onda no momento da arrebentação, foi cronometrado a passagem de 11 cristas e dividiu-se o resultado por 10 e depois determinou-se o seu período. A arrebentação e o ângulo de incidência das ondas foram determinados pela observação *in loco*, levando em consideração a direção da praia, a amplitude da maré e a topografia da plataforma continental.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

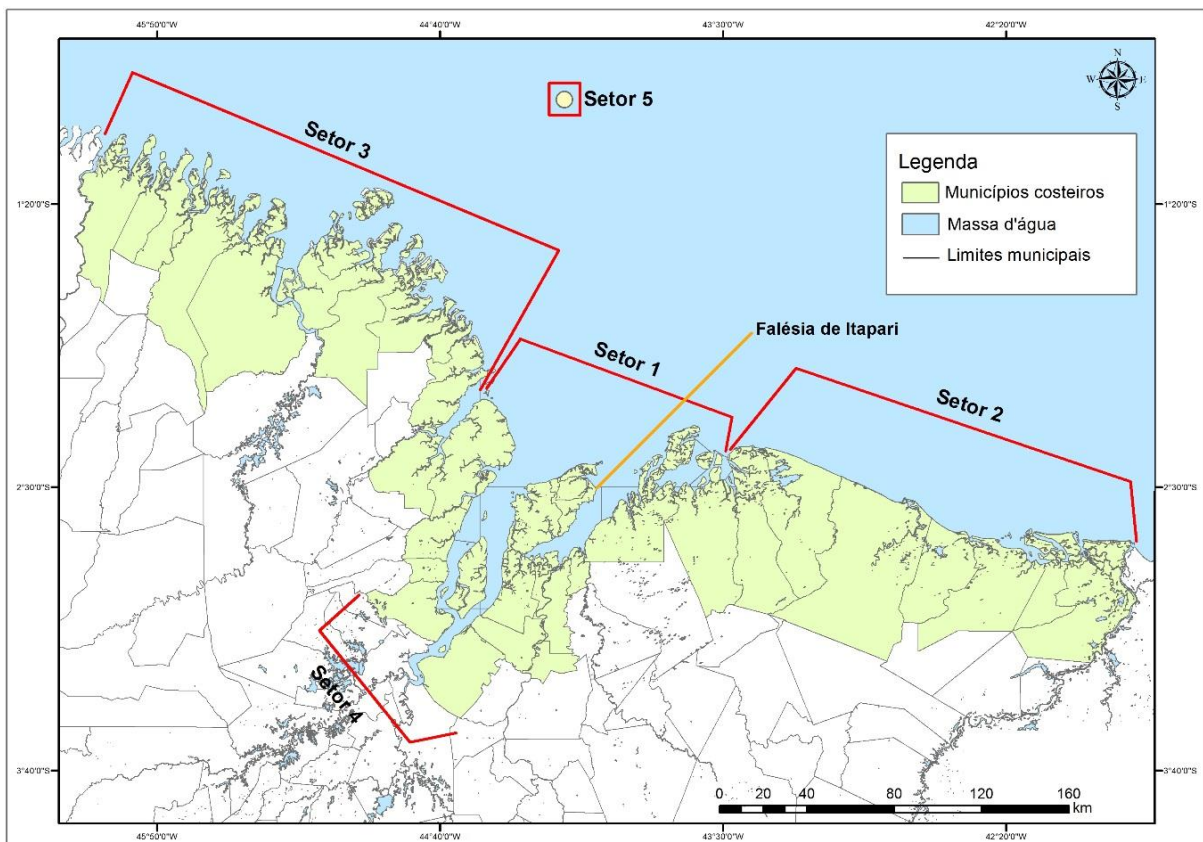
5.1 Distribuição e Caracterização das Falésias no Litoral do Maranhão

No estado do Maranhão, a costa possui uma extensão de aproximadamente 640 km, estendendo-se no sentido Oeste-Leste da foz do Rio Gurupi, na divisa com o estado do Pará, até o Delta do Rio Parnaíba, no limite com o estado do Piauí, sendo o segundo mais extenso do Brasil e da região Nordeste, superado apenas pelo estado da Bahia. Apresenta um forte controle estrutural, seguindo as orientações das falhas normais NW-SE e falhas transcorrentes NE-SW, vinculadas à atuação de binário dextral E-W, no Terciário-Quaternário. É nesse contexto costeiro, influenciado por macromarés (6,65 m) e mesomarés (2,02 m) que os processos de erosão e de acreção modelam uma fisiografia dinâmica (FEMAR, 1997 apud EL-ROBRINI et al., 2006).

A Zona Costeira do Estado do Maranhão (ZCEM) apresenta 5 setores (Figura 21) com características fisiográficas bem diferenciadas (EL-ROBRINI et al., 2006):

1. **Golfão Maranhense:** caracterizado como um complexo estuarino, onde deságuam os afluentes dos rios Mearim, Itapecuru e Munim, entre outros menos expressivos. Este abrange a reentrância delimitada, a Oeste, pela Ponta do Guajuru, município de Cedral, e a Leste, pela Ilha de Santaninha, no município de Humberto de Campos;
2. **Litoral Oriental:** é marcado por uma linha de costa retilínea, que recorta restingas, cordões de dunas fixas e móveis, manguezais, praias, baías, ilhas, enseadas e sistemas deltáicos, estuarinos. Corresponde ao segmento delimitado, a Oeste, pela Ilha de Santaninha e, a Leste, pela divisa com o estado do Piauí;
3. **Litoral Ocidental:** conhecido como a região das “reentrâncias maranhenses”, exhibe importantes manguezais e profundos estuários. Estende-se da foz do Rio Gurupi, a Oeste, até a margem ocidental da Baía de Cumã, a Leste, tendo como limite a Ponta do Guajuru, no município de Cedral;
4. **Baixada Maranhense:** é representada por terras baixas, planas e inundáveis, caracterizadas por campos, matas de galeria, manguezais e bacias lacustres;
5. **Parque Estadual Marinho do Parcel Manuel Luís:** não habitada, é uma região recifal coralina, quase totalmente submersa, com pequenos afloramentos de algas durante a baixamar (MMA, 1996 apud EL-ROBRINI, 2006), que ocorre a 49 milhas da costa.

Figura 21 – Mapa da Setorização da Zona Costeira do Estado do Maranhão (ZCEM): 1 – Golfão Maranhense, 2 - Litoral Oriental, 3 - Litoral Ocidental, 4 - Baixada Maranhense, 5 - Parcel Manuel Luís



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016, com base em El-Robrini et al, 2006.

Devido à ausência de afloramentos de rochas cristalinas, não são encontrados costões rochosos na faixa costeira do Maranhão. Entretanto, o solapamento das estruturas sedimentares dá origem à formação de barreiras localizadas nas áreas do Litoral Ocidental e Golfão Maranhense, que conformam falésias cuja dinâmica dos processos erosivos acarreta o recuo da barreira e consequente avanço da linha da costa, que contribui para a retificação do litoral (FEITOSA; TROVÃO, 2006).

A dinâmica da paisagem na área do Golfão Maranhense é facilitada pela fragilidade das estruturas geológicas, por sua exposição aos agentes modeladores do relevo como os de origem climática, hidrológicos e oceanográficos, e pela intensa atividade eólica, marinha e fluviomarina, gerando ondas e correntes que modelam o maior conjunto de falésias da costa do Maranhão, e pelo aporte de sedimentos continentais carreados pelos rios (FEITOSA; TROVÃO, 2006).

As falésias aparecem ao longo de vários setores do litoral maranhense, onde os agentes de erosão dominam sobre os de deposição. As falésias ocorrem quando pacotes sedimentares mais antigos são expostos à ação direta do mar (VILLWOCK, 2005).

Na região Nordeste do Brasil, predomina a costa com falésias esculpidas nos depósitos da Formação Barreiras. A erosão dessas falésias é ativa em praticamente todo o litoral (GUERRA; CUNHA, 1998).

Este é um processo natural, que acelerado pela ação humana torna-se severo, ameaçando o equilíbrio da zona costeira. Segundo Souza et al. (2005) a ação das ondas sobre costas altas causa erosão, que promove o recuo da linha de costa. Isto está associado à composição mineralógica da Formação Barreiras (siltitos, argilitos, arenitos e folhelhos) tendo em vista que falésias constituídas por material friável são altamente suscetíveis à erosão por processos marinhos ou eólicos e, além disso, desmoronamentos são comuns durante períodos chuvosos (ROSSETI, 2008).

As falésias do estado do Maranhão se distribuem principalmente ao longo do litoral Ocidental e Golfão Maranhense, após estes é inexistente sua formação, principalmente porque no Litoral Oriental predominam os depósitos quaternários, diferentemente dos dois outros setores onde a Formação Itapecuru e a Formação Barreiras afloram em decorrência dos processos oceanográficos (SILVA, 2013).

Conforme demonstrou-se a partir das citações neste trabalho dos autores que estudam as falésias, há unanimidade entre eles em relação aos elementos e condições necessárias para a formação e evolução dessas feições geomorfológicas: são íngremes, moldadas em diferentes formações geológicas, sendo os processos marinhos e subaéreos os principais fatores responsáveis por sua evolução.

No litoral do estado do Maranhão as falésias se distribuem em duas áreas principais: Litoral Ocidental e Golfão Maranhense.

No Litoral Ocidental (reentrâncias maranhenses) as falésias estão presentes em diversos setores dos municípios de Carutapera, Godofredo Viana, Cândido Mendes, Turiaçu, Cururupu (Figura 22), Cedral e Guimarães. Estas estão mais recuadas, no interior das baías, protegidas por uma franja de manguezais.

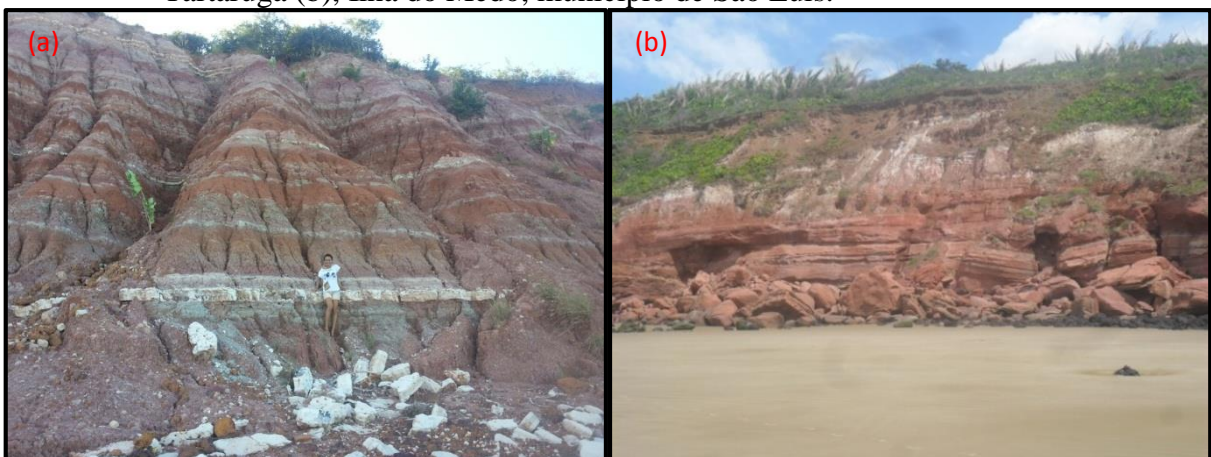
Figura 22 – Fotografias de falésias ativas no povoado de Maracujátua, município de Cururupu-MA (a) e (b)



Fonte: SILVA, 2016

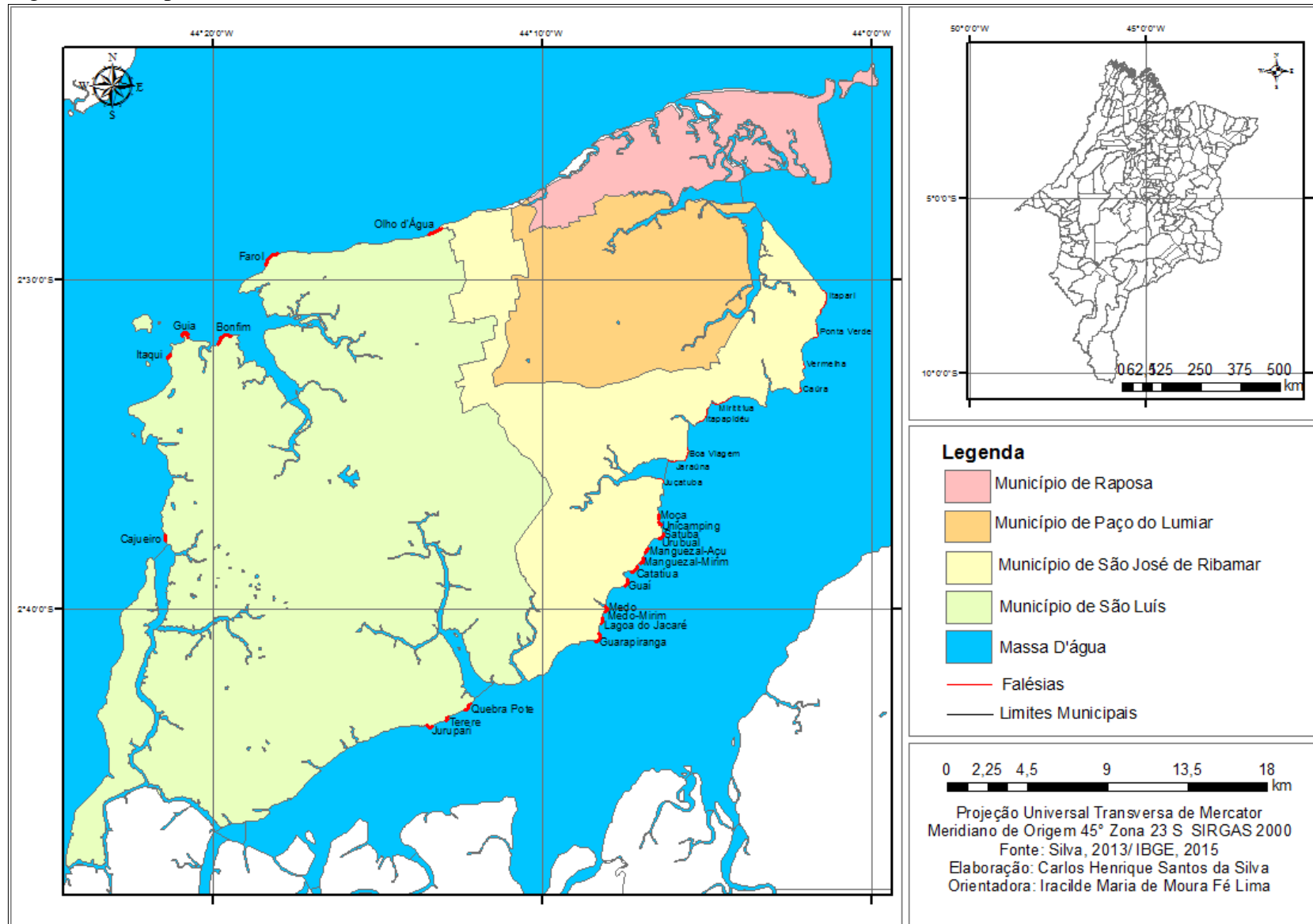
No Golfão Maranhense as falésias estão identificadas ao longo da Baía de São Marcos e São José, sendo expostas no continente nos municípios de Alcântara (Figura 23) e Icatu. Nas ilhas as falésias estão presentes na Ilha do Livramento e Cajual (município de Alcântara) e nas ilhas Duas Irmãs (Irmã de Dentro e Irmã de Fora), Tauá-Mirim e do Medo (Figura 23), município de São Luís; na Ilha do Maranhão, as falésias ativas estão presentes apenas em dois municípios: São Luís e São José de Ribamar (SILVA, 2013; SILVA; SILVA, 2014, Figura 24).

Figura 23 – Fotografias de falésias ativas da Baronesa (a), município de Alcântara; falésia da Tartaruga (b), Ilha do Medo, município de São Luís.



Fonte: SILVA, 2015 e 2013

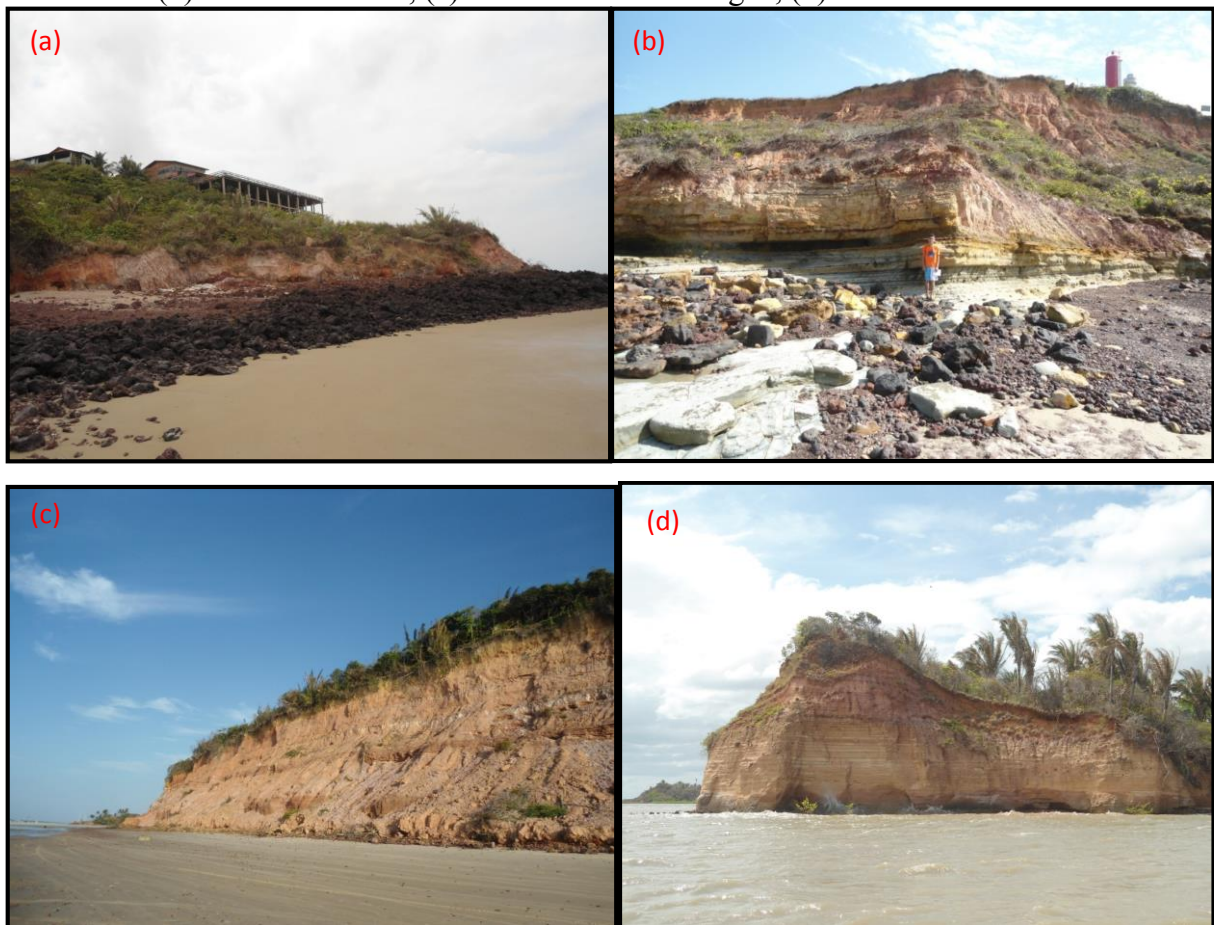
Figura 24 – Mapa de falésias na Ilha do Maranhão



Fonte: Silva, 2013; IBGE, 2015

No município de São Luís as falésias são em número de oito, num trecho de cerca de 78 km, considerada uma pequena quantidade como decorrência principalmente da maior retilinização da costa pelos agentes oceanográficos e pela alta hidrodinâmica na baía de São Marcos. Estas falésias são quase totalmente ocupadas por empreendimentos imobiliários que vão até seu topo, além de processos de ravinamento serem comuns (SILVA, 2013) (Figura 25).

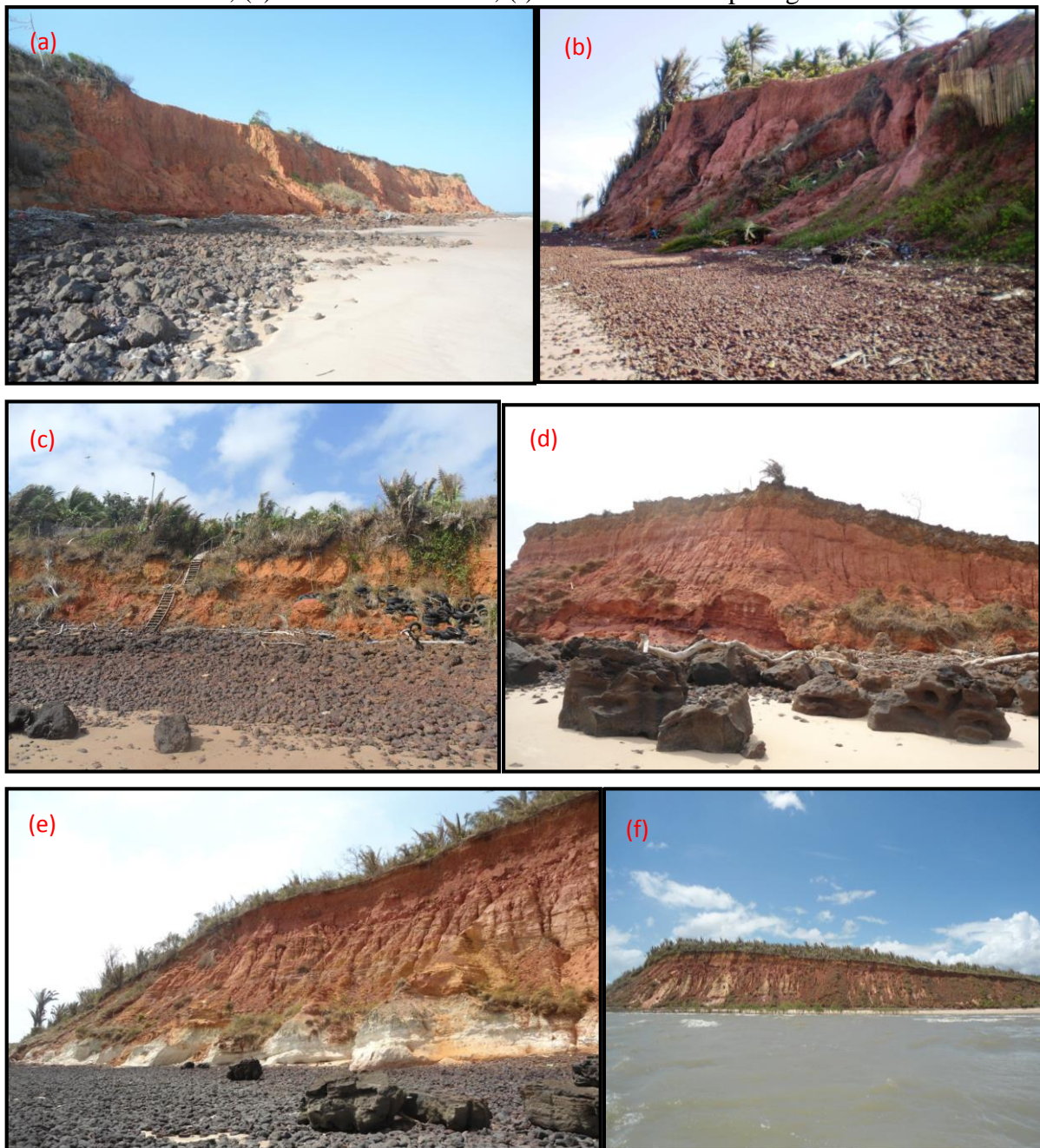
Figura 25 – Fotografias de falésias ativas no município de São Luís: (a) Falésia do Bonfim, (b) Falésia do Farol, (c) Falésia do Olho d'Água, (d) Falésia do Terere



Fonte: Foto do autor, 2012 e 2013

No município de São José de Ribamar encontra-se a maior quantidade de falésias da Ilha do Maranhão, em número de 21, num trecho de cerca de 41 km. Estas encontram-se mais protegidas e formam um litoral com diversas enseadas, percebe-se também que as falésias mais próximas da cidade são ocupadas irregularmente e apresentam empreendimentos imobiliários dispostos em seu topo e em sua base (SILVA, 2013) (Figura 26).

Figura 26 – Fotografias de falésias ativas no município de São José de Ribamar, (a) Falésia Vermelha, (b) Falésia da Boa Viagem, (c) Falésia de Juçatuba, (d) Falésia de Satuba, (e) Falésia do Catatúua, (f) Falésia de Guarapiranga



Fonte: Foto do autor, 2012 e 2013.

Com a dissecação das falésias, estas dão origem a outras feições geomorfológicas típicas dessa área, as principais são os terraços de abrasão e os terraços de construção marinha. Cavernas costeiras e pináculos ou estacas são raras, ocorrendo principalmente na Ilha do Medo, também de igual raridade são os tipos variados de terraços de abração, pois no litoral do maranhão predominam os formados por material solto, mas ocorrem também os formados por lajes e os mistos (SILVA, 2015).

Pelas exposições a respeito das falésias do estado do Maranhão, pode-se afirmar que estas são esculpidas por ondas, marés e correntes litorâneas nos depósitos da Formação Barreiras e Itapecuru, formando falésias retificadas e por vezes irregulares. Não raro é a situação de vulnerabilidade que estas se encontram principalmente na Ilha do Maranhão, em decorrência da ação antrópica e de empreendimentos imobiliários dispostos em seu topo e base. Essas feições geomorfológicas são extremamente dinâmicas, e qualquer alteração em seu fluxo de matéria e energia é responsável por modificações em seu sistema. As falésias não são homogêneas, são feições diferentes umas das outras, respondendo a diferentes interferências do meio (SILVA, 2013).

5.2 Uso e Cobertura da Terra na Ponta de Itapari, Panaquatira - São José de Ribamar - MA

O levantamento do uso e cobertura da Terra indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre. Envolve pesquisas de escritório e de campo, voltadas para a interpretação, análise e registro de observações da paisagem, concernentes aos tipos de uso e cobertura, visando sua classificação e espacialização por meio de cartas. O levantamento também comporta análises e mapeamentos e é de grande utilidade para o conhecimento atualizado das formas de uso e de ocupação do espaço, constituindo importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão (IBGE, 2013).

O conhecimento acerca das formas de utilização e ocupação dos solos são informações imprescindíveis para o estudo dos processos de erosão intensos, desertificação, inundações, assoreamentos de cursos d'água, entre outros, tornando-se de fundamental importância, na medida em que os efeitos de seu mau uso causam deterioração no meio ambiente, ou mesmo extinção de um determinado ecossistema (ROSA, 2003 apud SOUZA E REIS, 2011).

O conhecimento da distribuição espacial dos tipos de uso e da cobertura da terra é fundamental para orientar a utilização racional do espaço. Segundo Keller (1969) apud IBGE (2013) somente o registro dos fatos em mapas poderá mostrar as áreas e a distribuição real das diferentes formas de uso do espaço. Os dados de imagens orbitais são importantes fontes básicas para o mapeamento do tema uso da terra, embora *per si* sejam insuficientes para dar conta da realidade, o que requer a agregação de dados exógenos de natureza diversas durante a interpretação dos padrões homogêneos de uso da terra.

Conhecer a gênese de ocupação da área em estudo, também é de crucial importância, pois esta mostrará a evolução e o conjunto de tendências nos padrões de uso da Terra e revestimento do solo.

O litoral do município de São José de Ribamar primitivamente era ocupado por diversas tribos indígenas da etnia Tupi, sendo conhecidos como índios Gamela. Estes utilizavam o terraço de abrasão, retiravam os arenitos ferruginosos da base da falésia, empilhavam uns sobre os outros formando semicírculos à beira-mar, em ângulos abertos, como base para a pesca. Esses cordões feitos de pedras que na língua dos indígenas eram chamados de itapari, ainda se encontram nesse litoral, sendo chamados atualmente de “currais de pedras”, e são muito utilizados pela população local (Figuras 27 e 28).

A implantação das estruturas é feita na linha do estirâncio onde há baixa-mar e preamar aproveitando a variação diária da maré. Quando a maré alcança seu máximo transgressivo as camboas ficam totalmente encobertas pela água, fazendo com que os peixes cheguem mais próximos a linha da costa. Quando o movimento de baixa-mar ocorre discretamente no decorrer do dia, a maré torna-se vazante e os animais ficam aprisionados no interior das camboas. O passo seguinte consiste no despescar dos peixes e mariscos aprisionados com redes, arpões e flechadas (BANDEIRA, 2015).

Figura 27 – Localização de currais de pedra feitos por índios que habitavam essa área



Fonte: Google Earth, 2013

Figura 28 – Fotografia do curral de pedra na área de estudo



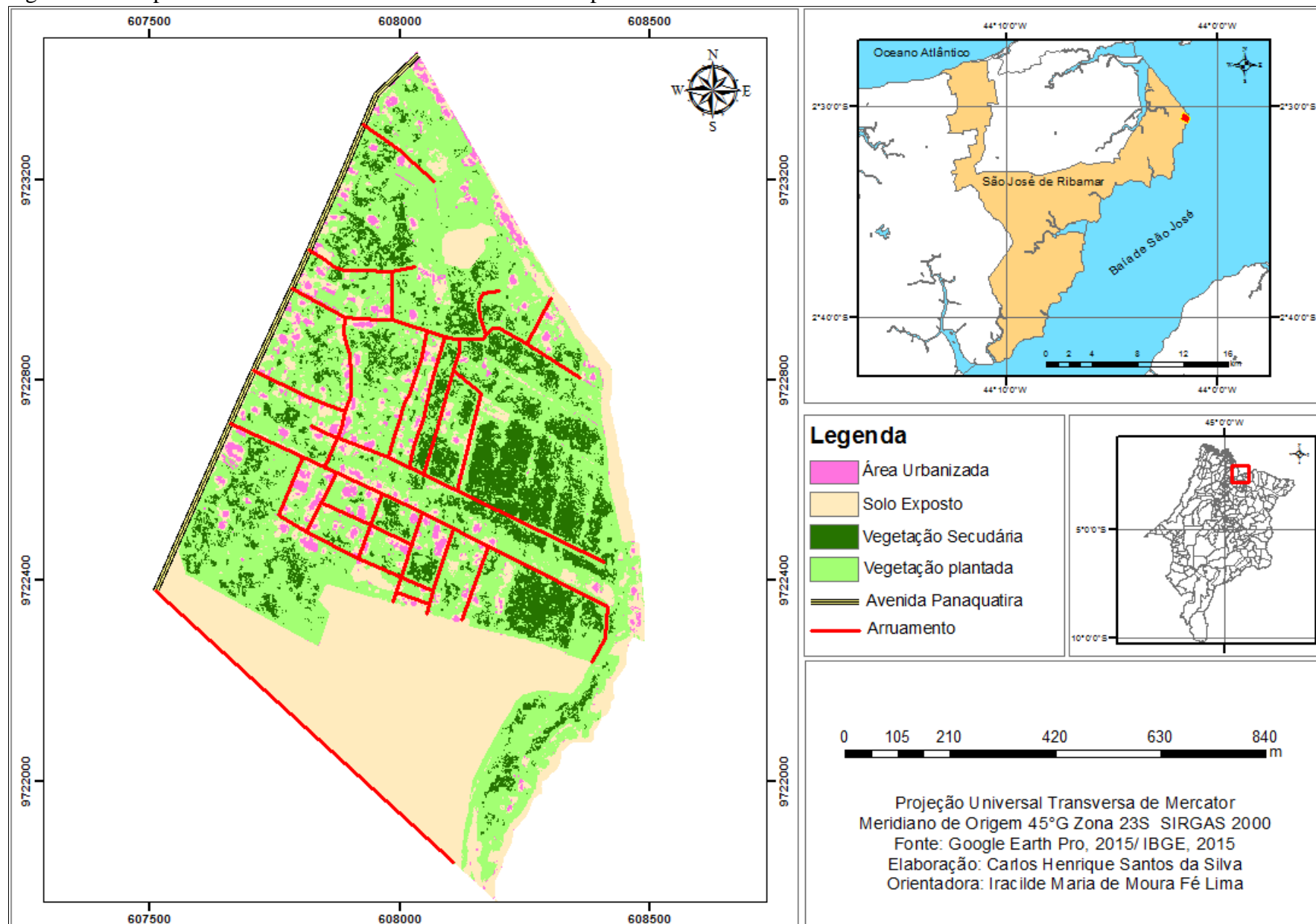
Fonte: Foto do autor, 2016

A partir de 1615 se iniciou a colonização das terras ribamarenses pelos portugueses, mas apenas a partir de 1627 São José de Ribamar foi consolidado como núcleo de povoamento, sendo formado por pescadores. Panaquatira e conseqüentemente a ponta de Itapari, era pouco habitada, constituída apenas por casas rústicas de pescadores. Sua ocupação se ampliou no século XX, forma-se uma vila de pescadores ao longo da praia e posteriormente atraídos pela beleza do local, vieram pessoas da capital, São Luís, de poder aquisitivo mais elevado e iniciaram a construção de casas de veraneio na praia, na base e no topo da falésia.

Atualmente a área está com um núcleo urbano bem consolidado, conta também com ocorrência de loteamentos em várias áreas do topo da falésia. A ponta de Itapari passou a formar um polo turístico do município, atraindo muitos turistas para o local.

A análise realizada na Ponta de Itapari, sobre o uso e ocupação da Terra, através da classificação supervisionada e vetorização de feições específicas pelo software ArcGis 10.2.2, resultou no mapeamento de quatro categorias: área urbanizada, solo exposto, vegetação secundária e vegetação plantada. É perceptível pelo mapa de uso e ocupação, a preponderância de áreas de solo exposto e vegetação plantada (Figura 29).

Figura 29 – Mapa de uso e cobertura da Terra na Ponta de Itapari



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

5.2.1 Área Urbanizada

Na ponta de Itapari a área urbanizada é representada, por dois tipos de residências, o primeiro se compõe de casas da população residente local, com residência fixa, geralmente possuindo cinco cômodos, de alvenaria, cobertas de telha de barro e em sua maioria são construções térreas (Figura 30).

Figura 30 – Fotografia mostrando o perfil das residências dos moradores locais



Fonte: Foto do autor, 2016

O segundo tipo é caracterizado por ser composto por segundas residências, sendo de propriedade de pessoas de alto poder aquisitivo, que as utilizam nas férias ou em finais de semana e, no restante do ano, cuidadas por caseiros que residem na comunidade e geralmente são alugadas a turistas para veraneio.

A residência secundária ou segunda residência é conhecida, tradicionalmente, como uma habitação de lazer situada fora do entorno habitual dos seus usuários e ocupada, temporariamente, nos finais de semana, nos feriados e nas férias anuais. Como “propriedade” este tipo de residência expõe o caráter elitista, uma vez que depende de disponibilidade de renda excedente para adquirir e manter, além da residência principal, uma segunda habitação, se tornando um privilégio de pequena parcela da população (ASSIS, 2006). No entanto, essa

segunda residência muitas vezes, não se vincula somente a propriedade particular, pois estas possuem outros usos como o aluguel, o arrendamento ou empréstimo a parentes e amigos.

Estas segundas residências são geralmente construídas com dois pavimentos, com até dez cômodos, com área construída bem superior às demais casas dos habitantes locais, sendo de alvenaria e cobertas com telha de barro, cercadas por muros, possuem em algumas, piscinas. Encontra-se também em localização privilegiada, dispostas ao longo da avenida Panaquatira, no topo da falésia, no pós-praia e no estirâncio (Figura 31).

Figura 31 – Fotografia mostrando o perfil das segundas residências



Fonte: Foto do autor, 2016

Essas residências destinadas ao veraneio marítimo apresentam características intrínsecas, constituidoras de uma diferenciação dentre as demais residências. A estada é limitada a determinados períodos, enquanto nos demais dias, o veranista encontra-se em sua residência principal. Na maioria do ano, a segunda residência permanece vazia, à espera dos veranistas que lhes atribui vida e significado (PEREIRA, 2006).

Os veranistas não abdicam de nenhuma das comodidades do modo de vida urbano, constroem residências em forma de complexo, constituído por uma série de elementos asseguradores de conforto, privacidade e lazer, identificados como principais (PEREIRA, 2006):

- o muro – altos ou baixos, normalmente acompanhados de grandes portões, estes representam a demarcação da propriedade privada e o individualismo desta forma de lazer. Também relaciona-se à segurança do ambiente interno, impedindo que pessoas estranhas adentrem;
- a garagem – os veranistas possuem, em geral, automóvel, sendo a garagem um item indispensável;
- os alpendres – áreas planas e abertas, formadas por colunas, dando amplitude à casa, aproveitam as brisas características do espaço litorâneo;
- a piscina – mesmo encontrando-se próximo ao mar, em muitas segundas residências, são construídas piscinas. Este item torna-se a segunda opção para os que não querem entrar em contato com a multidão de banhista que frequentam a praia. Quando a praia está “lotada”, o veranista opta por sua área de banho particular;
- a churrasqueira – construída geralmente em alvenaria, perto da piscina, forma uma assadeira e uma chaminé. Nesta área, são realizadas as festas e comemorações, muito comuns nas segundas residências;
- a casa ou dormitório do caseiro – para resguardar e zelar por todos os itens anteriores, o veranista contrata um empregado (caseiro). Alguns veranistas constroem quartos ou uma casa mais simples para o caseiro, para garantir a qualquer momento o pronto atendimento das suas necessidades (PEREIRA, 2006).

No pós-praia também há presença de diversos bares que atendem os turistas, principalmente nos finais de semana. O processo das segundas residências acarreta o aumento na circulação de pessoas e veículos, valorização do solo e imóveis, descarte de resíduos sólidos, além de outros impactos positivos e negativos.

A malha viária é formada por várias ruas e travessas, sendo que apenas três são asfaltadas, as demais são de areia solta (Figura 32). Observou-se que algumas destas vias são construídas na borda da falésia, como também as várias escadarias para uso particular na face da falésia, favorecem o escoamento superficial, acarretando o surgimento de sulcos e ravinas (Figura 33).

A área de estudo é um importante polo turístico de São José de Ribamar, sendo de grande atração populacional nos fins de semana, decorrente da beleza cênica, e da balneabilidade da praia, sendo uma das mais limpas do município. Muitos turistas, por falta de informações, se arriscam próximo a base da falésia em momentos de lazer, podendo a mesma desmoronar a qualquer momento, e ceifar a vida dos frequentadores.

Figura 32 – Fotografia mostrando rua de areia solta



Fonte: Foto do autor, 2016

Figura 33 – Fotografia mostrando escadarias de uso particular na face da falésia



Fonte: Foto do autor, 2016

Essas áreas que potencialmente representam riscos de acidentes a frequentadores das praias deveriam ser sinalizadas pelo poder público. Observou-se que também não são

adotadas ações públicas de preservação/conservação, nem tampouco por parte dos moradores e usuários, embora existam leis que disciplinam formas de proteção destas feições de relevo.

Outra questão interessante na área de estudo foi o descarte inadequado de resíduos sólidos por parte dos moradores, principalmente das casas de veraneio. O lixo doméstico é colocado na praia (Figura 34) ou é despejado do topo da falésia, sendo depositado na sua face e no terraço de abrasão (Figura 35). O lixo depositado na praia é recolhido pelo serviço público municipal, enquanto o despejado do topo da falésia não é recolhido, a face da falésia fica visivelmente suja.

Figura 34 – Fotografia de lixo depositado na praia



Fonte: Foto do autor, 2016

Figura 35 – Fotografia de lixo depositado na face da falésia



Fonte: Foto do autor, 2016

5.2.2 Solo Exposto

As áreas de solo exposto estão representadas principalmente por dois polígonos principais que ocupam uma grande área na Figura 29. O polígono maior refere-se a terraplanagem de uma área de 188.984,47 m², para a construção de um condomínio de alto padrão social em fase de acabamento (Figuras 36 e 37). Este empreendimento se estende da Avenida Panaquatira ao setor IV da falésia de Itapari, uma área muito especulada por se localizar próxima ao mar (Figuras 38 e 39), como destaca a própria descrição do empreendimento:

Portal do Mar fica de frente para a praia de Ponta Verde em Panaquatira, no município de São José de Ribamar. Um maravilhoso refúgio natural repleto de falésias, ventos constantes e águas mornas e próprias para o banho. Um verdadeiro paraíso que você precisa conhecer! (RONIERD BARROS, 2015, s/p.).

Figura 36 – Representação da entrada de um condomínio na área de estudo.



Fonte: Ronierd Barros, 2015

Figura 37 – Representação da área ocupada pelo condomínio em construção na área de estudo



Fonte: Ronierd Barros, 2015

Figura 38 – Fotografia da entrada do condomínio em construção na área de estudo



Fonte: Foto do Autor, 2016

Figura 39 – Fotografia da área interna do condomínio em construção na área de estudo



Fonte: Foto do Autor, 2016

Uma outra área, próxima ao condomínio mostrado (Figuras 36 a 39) que atualmente ainda se encontra ocupada com plantações predominantes de coco-da-baía, também inicia sua ocupação com mais um condomínio a partir da vendas de lotes residenciais (Figura 40).

Figura 40 – Fotografia de placa de venda de terrenos em outro condomínio próximo ao mar



Fonte: Foto do autor, 2016

Outro polígono de grande extensão de solo exposto, representado na Figura 29, diz respeito a uma área adquirida recentemente, que se estende pelo topo da falésia. O novo proprietário autorizou a derrubada e queima de toda a vegetação da área, contribuindo para que esta seja afetada pelos processos subaéreos, provocando erosão (Figura 41).

As outras áreas de solo exposto, estão representadas pela face exposta da falésia de Itapari e por áreas próximas às áreas urbanizadas, onde geralmente próximo às residências os moradores limpam o terreno e não plantam nenhum tipo de vegetal e por ruas de areia solta.

Estas ocupações demonstram a intensificação do processo de expansão urbana que se direciona à ponta de Itapari, e que atinge especificamente a falésia de Itapari.

Figura 41 – Fotografia de área desmatada e queimada no topo da falésia de Itapari



Fonte: Foto do autor, 2016

5.2.3 Vegetação Secundária

As áreas de vegetação secundária são oriundas dos diversos desmatamentos, realizados por parte da população para construção de residências. Como as invasões não se consolidaram, a vegetação regenerou-se. Esta é de pequeno porte, sendo em sua maioria arbustiva, constituída por uma série de vegetais, com altura de 2,5 m (Figura 42), destaca-se, em meio a estas, as palmáceas. As principais espécies encontradas na área foram o tucum (*Bactris setosa*), o murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich.) e o babaçu (*Orbignya phalerata* Martius).

A predominância do babaçu na área de trabalho é um indicador de desmatamento e queima dessas áreas. Os frutos do babaçu que normalmente hibernam, por causa da falta de luz, proporcionada pela copa da mata original, sai do seu estado inerte quando há desmatamento e queima da área. Este ocupa o espaço que antes era da vegetação original, o babaçu se desenvolve muito mais rapidamente que os outros vegetais, sendo portanto, preponderante na área de estudo (Figura 43).

Figura 42 – Fotografia de complexo vegetacional arbustivo secundário



Fonte: Foto do autor, 2015

Figura 43 – Fotografia de palmeiras de babaçu



Fonte: Foto do autor, 2016

5.2.4 Vegetação Plantada

Nas áreas urbanizadas, os quintais são plantados com diversas espécies de vegetais, principalmente árvores frutíferas. Na classe denominada de vegetação plantada, as árvores que mais se destacam são a mangueira e o cajueiro, além do coco-da-baía, que por vezes é plantado

em linhas retas, formando uma lavoura permanente (Figura 44), que resulta, portanto, um mosaico de vegetação doméstica.

Figura 44 – Fotografia de plantação de coco-da-baía



Fonte: Foto do autor, 2016

5.3 Retrogradação da Linha de Costa com Base na Evolução Geomorfológica da Falésia de Itapari

A zona costeira, é uma faixa altamente complexa e dinâmica, mutável e sujeita a processos de erosão e sedimentação. Sendo a linha de costa considerada como limite das duas faixas que compõem esta zona, uma terrestre e outra marítima. Corresponde ao ponto demarcatório para determinar como estes processos ocorrem e como estes se comportam quando submetidos a fatores antrópicos. A linha de costa, portanto, é uma denominação dada ao contato entre as terras emersas e as águas do oceano (GUERRA; GUERRA, 2008).

Suguió (1992) a define como sendo o limite entre o continente e a porção adjacente ao mar, onde não há efetiva ação marinha no alcance máximo das ondas, concretiza-se pela presença de falésias, no limite entre a vegetação e a praia, ou nos costões rochosos, ou por qualquer outra feição que marque o início da área continental.

A linha de costa é definida como o limite da terra com as marés altas; a margem de terra subaérea, é muitas vezes marcada pelo limite do mar com a vegetação terrestre. Em costas de falésias, o sopé é tomado como o nível mais alto da maré (BIRD, 1930, p. 3/ Tradução nossa).

Ao considerar o conceito de Suguio (1992) e Bird (19130) a linha de costa na área de estudo é representada pelo limite de separação entre o mar e o continente. Representada por seis setores, nem sempre homogêneos. São eles: Setor I – Contato praia/pós-praia (Figura 45) e muros de residência; Setor II e III – falésias (Figura 46); Setor IV - Muros de residências (Figura 47) e Setor V e VI – falésias (Figura 48), distribuídos na Figura 49.

O uso de técnicas de monitoramento da linha de costa é de essencial importância para se determinar as taxas de acreção e erosão na zona costeira. Duas técnicas foram utilizadas neste trabalho, a primeira fundamentada em estaqueamentos ao longo da falésia para se determinar as taxas de retrogradação da linha de costa e a segunda embasada em técnicas de geoprocessamento, utilizando imagens de satélite, foram essenciais para se determinar a evolução da linha de costa em períodos distintos.

Figura 45 – Fotografia da linha de costa, contato praia/pós-praia, setor I



Fonte: Foto do autor, 2016

Figura 46 – Fotografia da linha de costa, falésia ativa, setor II



Fonte: Foto do autor, 2016

Figura 47 – Fotografia da linha de costa, falésia ativa, setor VI



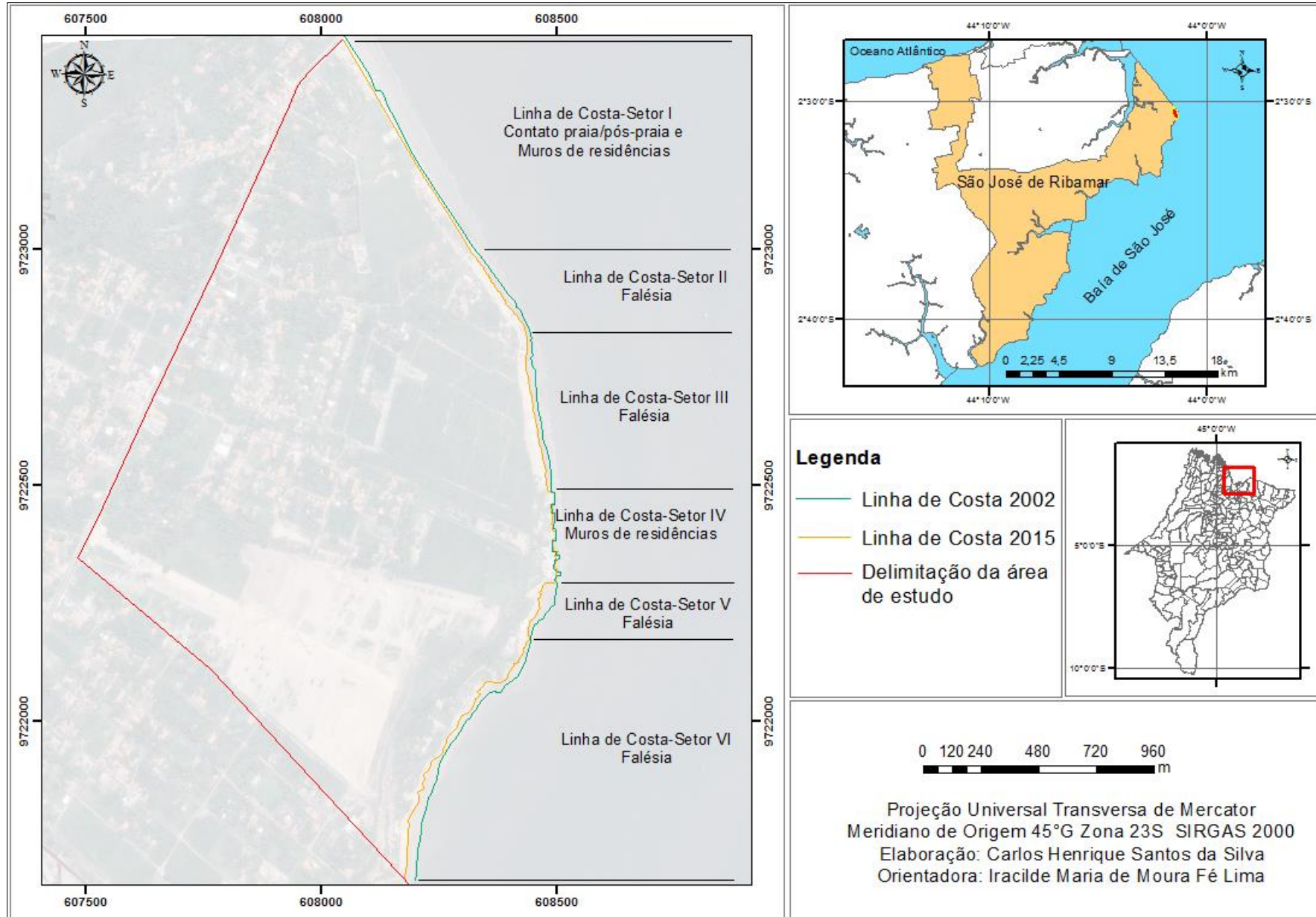
Fonte: Foto do autor, 2016

Figura 48 – Fotografia da linha de costa, muros de residências



Fonte: Foto do autor, 2016

Figura 49 - Mapa da Linha de costa na ponta de Itapari



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

A linha de costa na área em estudo sofreu variações ao longo dos anos, decorrentes principalmente do processo de erosão. Esta é representada exclusivamente pela diminuição do pós-praia e retrogradação de falésias, que provocam de forma mais significativa o deslocamento da linha de costa.

Entre março de 2015 e março de 2016, foi realizado monitoramento, mensal, da área que compreende a falésia de Itapari para quantificar a retrogradação da linha de costa, nesta faixa do litoral. Nos setores II, V e VI o monitoramento foi realizado por um antigo muro ali construído e parcialmente tombado na praia (Figura 50), enquanto que o setor III foi realizada através de estacas (Figura 51) fincadas no topo da falésia (Figura 52).

Figura 50 – Fotografias de muros parcialmente tombados



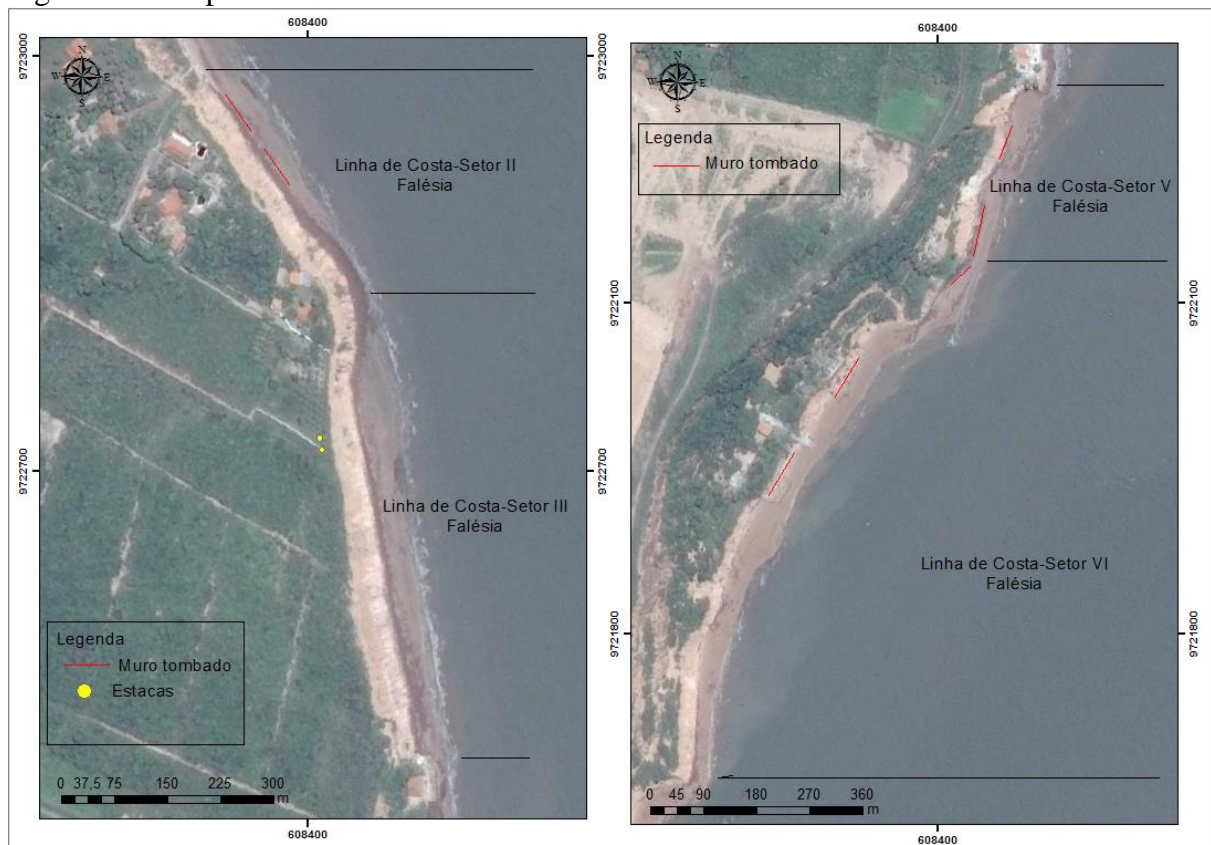
Fonte: Fotografias do autor, 2016

Figura 51 – Fotografias de estaqueamento realizado no topo da falésia de Itapari



Fonte: Fotografias do autor, 2015

Figura 52 – Mapa de monitoramento através de estacas e muros de concreto



Fonte: elaborado pelo autor, 2016

No setor II da linha de costa, encontrou-se um ritmo de regressão de aproximadamente 1,5 metros, no setor V a regressão foi de 3 metros e no setor VI de 2 metros, no ano em que foi realizado o monitoramento (março 2015/ março 2016). Esse local apresentava-se com poucos arenitos ferruginosos, e expõe mais a base da falésia, com a particularidade de ter desmoronamentos pontuais. No setor III da falésia não se registrou desmoronamento e, dessa forma, encontra-se mais estabilizado em relação aos outros setores da falésia. Este processo evidencia que o recuo da linha da costa apresenta-se com ritmos diferenciados para cada setor da costa local, nos setores onde ocorreu retrogradação este foi mais preponderante no primeiro semestre do ano, caracterizado como chuvoso, apesar que no segundo semestre, de estiagem, também ocorreram desprendimento de sedimentos em forma de blocos da face da falésia.

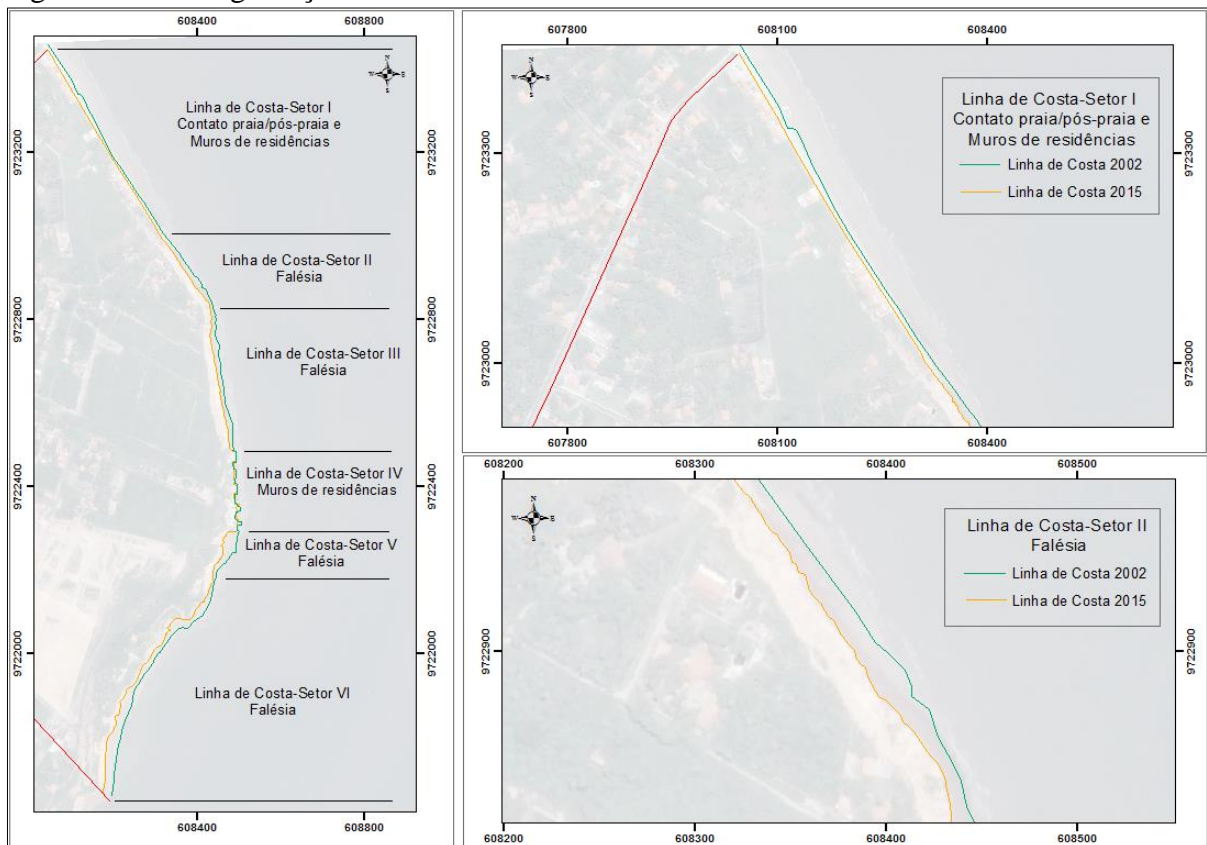
A análise evolutiva da linha de costa, realizada no *software* ArcGis, nos anos de 2002 e 2015, foi essencial para corroborar com as medições realizadas com estaqueamento e para se determinar as áreas de sedimentação e erosão na área em estudo.

Ao analisar a linha de costa no setor I, em que o contato se faz entre a praia/pós-praia e muros de residências, foi perceptível taxas de erosão de 5 metros, isso deve

principalmente à deriva litorânea, que movimenta os sedimentos no sentido sudeste-noroeste e erode o pós-praia, deslocando os sedimentos a jusante (Figura 53).

Quando analisada a linha de costa, setor II onde o contato é a falésia foi possível constatar vários níveis de retrogradação desta linha, porém não ocorre de forma homogênea, áreas que não se observou erosão e acresção. Nas áreas de erosão os totais de retrogradação variaram de 9 a 18 metros (Figura 53).

Figura 53 – Retrogradação no setor I e II da linha de costa



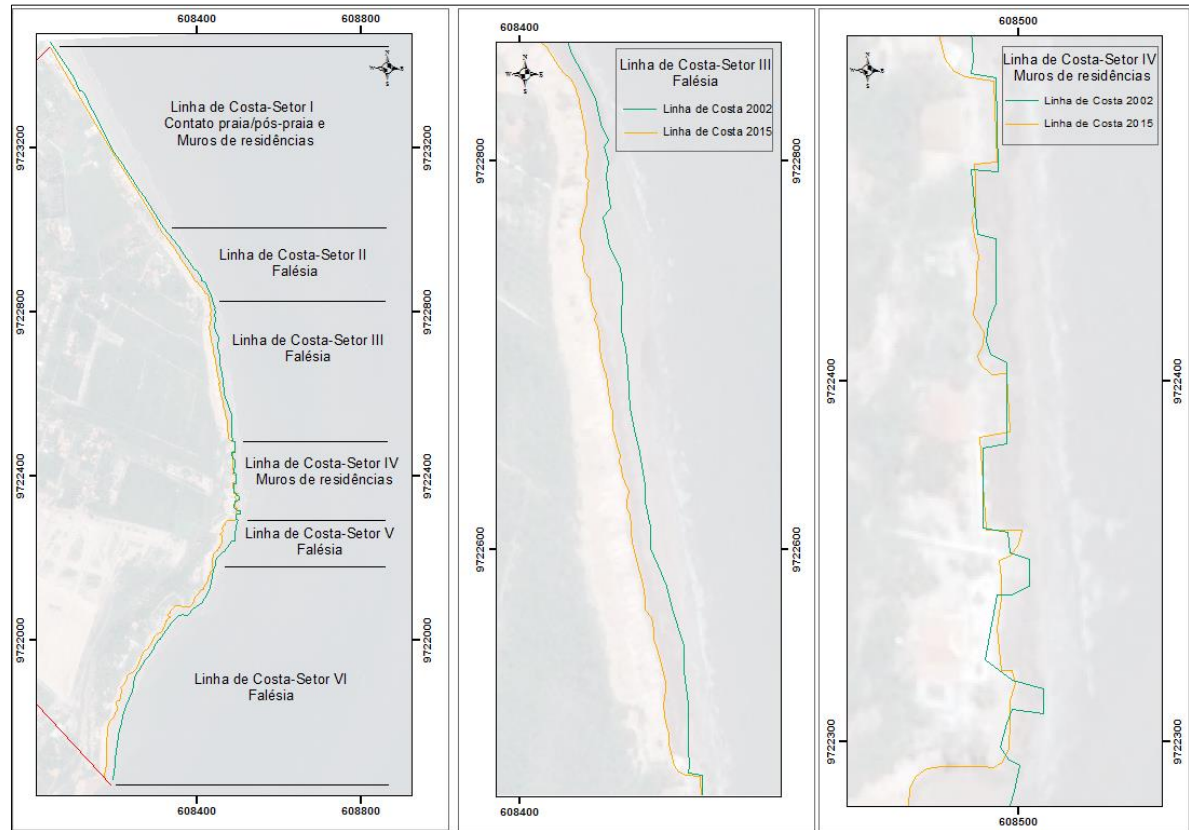
Fonte: elaborado pelo autor, 2016

No setor III, ocorreram também índices significativos de erosão variando de 8 a 16 metros. Nestes dois setores foi possível mensurar um ritmo acelerado de erosão de 1 a 1,5 m por ano (Figura 53).

No setor IV em que a linha de costa é representada por muros de residências, com aproximadamente 200 metros de extensão que separa o setor III do setor V, observou-se um emaranhado entre as linhas de costa de 2002 e 2015, o que se considerou como resultado da construção de muros para proteção das residências que se localizam na praia e pós-praia. Assim, o fator preponderante corresponde a construção de muros que, com o passar do tempo são erodidos, desmoronados e remobilizados pelos agentes oceanográficos, pois os muros

novamente são construídos realimentando o processo, fazendo com que a dinâmica da linha de costa nessa área seja intensificada (Figura 54).

Figura 54 - Retrogradação nos setores III e IV da linha de costa



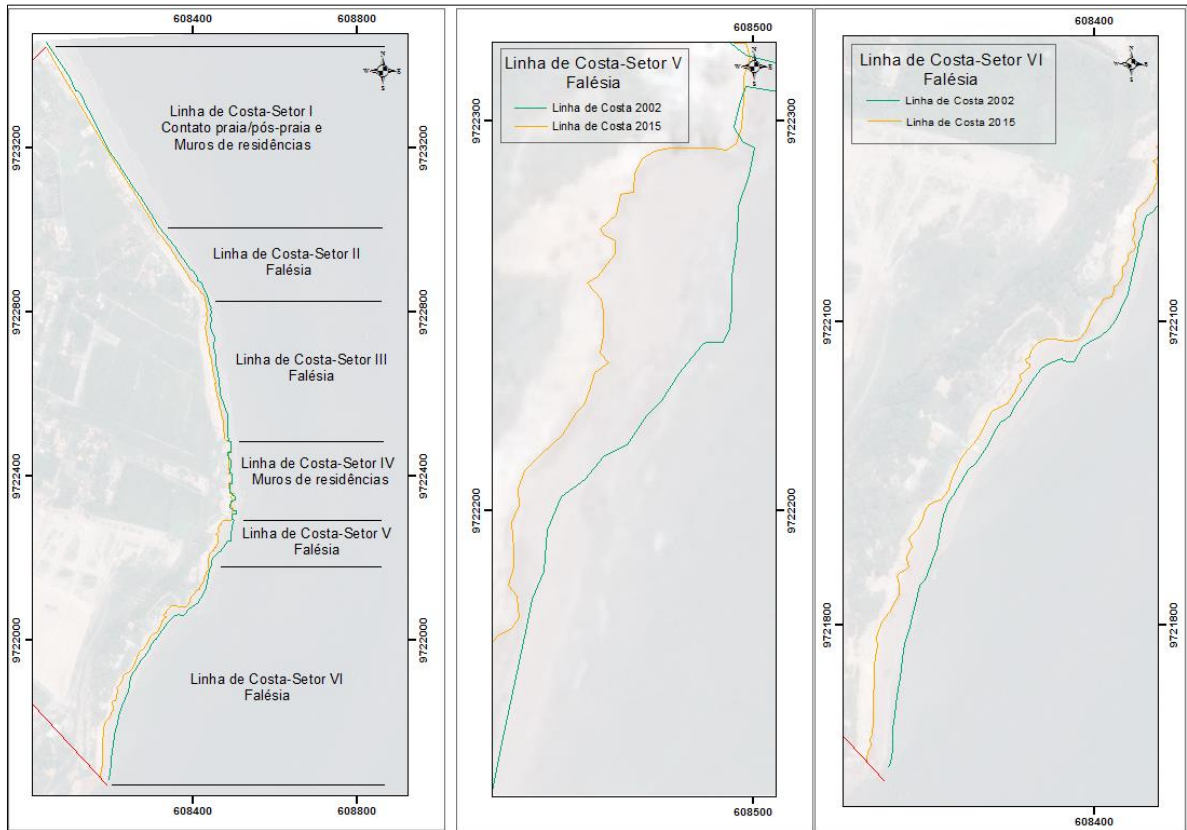
Fonte: elaborado pelo autor, 2017

Nos setores V e VI em que a linha de costa é a falésia, torna a dinâmica da erosão muito acelerada. No setor V os índices de retrogradação encontrados sofreram variações de 3 a 32 metros entre 2002 e 2015, enquanto no setor VI as variações nos índices de retrogradação foram, entre 7 e 29 metros. Estes altos níveis de retrogradação que ocorrem no segundo patamar da falésia, podem ser explicados da seguinte forma: antes de sua evolução a erosão marinha e a neotectônica local, provocaram o deslocamento de grande quantidade de sedimentos que passaram a formar um grande depósito de tálus sobre o terraço de abrasão. Tendo em vista que nesse depósito os sedimentos não estavam coesos, a atuação dos processos erosivos por agentes subaéreos remodelou essas feições até formar um segundo patamar na face da falésia.

O fator antrópico também contribuiu para a intensificação do ritmo da erosão dessa falésia, através da construção de um muro, a fim de conter a erosão na área. Ao contrário do esperado pela população, essa interferência fez acelerar os processos erosivos e provocou o desmoronamento desse muro, o que acarretou no fornecimento de maior quantidade de material

inconsolidado a ser retrabalhado pela erosão marinha. Assim, estes dois fatores foram preponderantes para que essa área seja a de maior dinâmica de erosão (Figura 55).

Figura 55 - Retrogradação nos setores V e VI da linha de costa



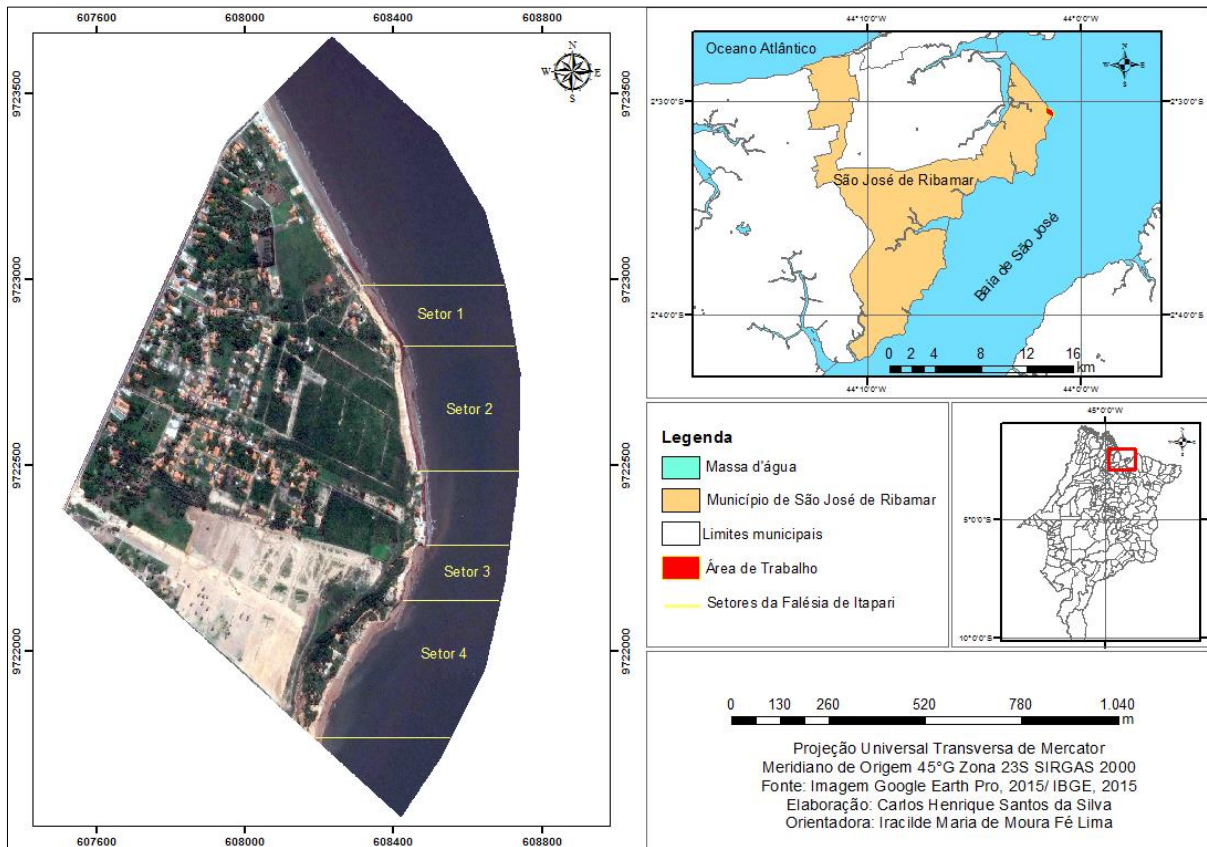
Fonte: elaborado pelo autor, 2016

5.4 Evolução Geomorfológica da Falésia de Itapari e sua Relação com os Componentes Naturais

A complexidade das condições do meio em que a falésia de Itapari está inserida é determinada pelos variados fatores morfodinâmicos e morfogenéticos que a formam. Resultam, portanto, num mosaico diversificado de formações abruptas, constituído por um conjunto complexo de componentes formadores, como a litologia, estratigrafia e estrutura.

Devido a essa complexidade, a falésia foi compartimentada em quatro setores, para se obter uma melhor análise da área (Figura 56). Um exame atento dos setores da falésia de Itapari revela que ao longo da costa as características relacionadas com as variações desses componentes, respondem de forma diferente ao intemperismo e os processos de erosão.

Figura 56 – Ocupação no topo da falésia de Itapari e sua relação com os setores de contato da falésia com o mar



Fonte: Elaborado pelo autor com imagem do Google Earth Pró, 2015.

A falésia de Itapari apresenta um ângulo de inclinação $>$ que 60° , com encosta íngreme, estende-se abruptamente da base da falésia à crista, afetada principalmente por influência das ondas e marés e por processos subaéreos.

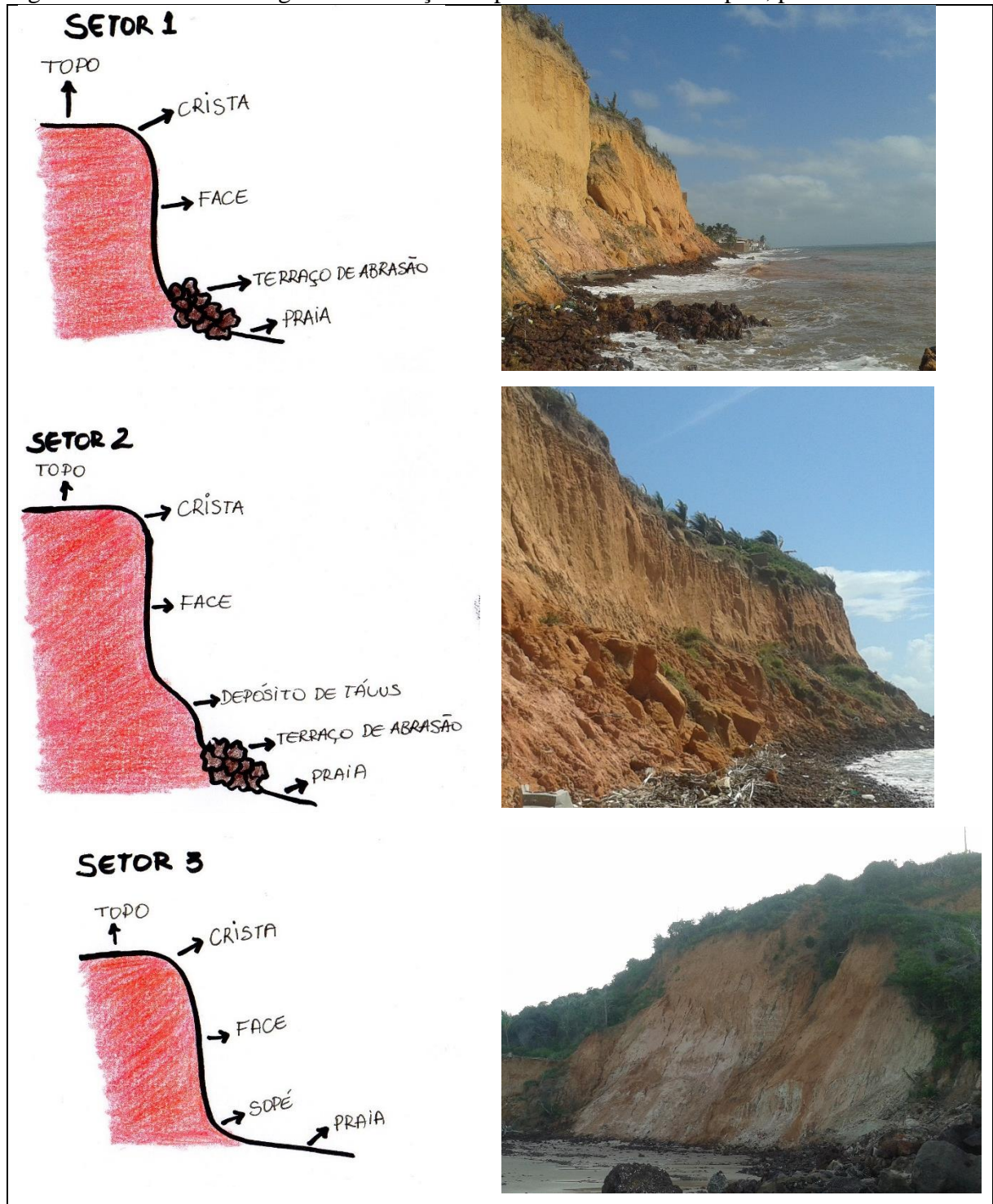
Esta falésia é formada por rochas sedimentares do Terciário (Formação Barreiras), com depósitos recentes e coesos, modelada pelas intensas oscilações do nível do mar durante o Quaternário. A falésia de Itapari reflete, portanto, a existência de terra relativamente elevada perto da costa e esta, por sua vez, reflete alteração do nível da água do mar e sua recessão devido aos processos de erosão subaéreos e costeiros que aí operam há muitos séculos.

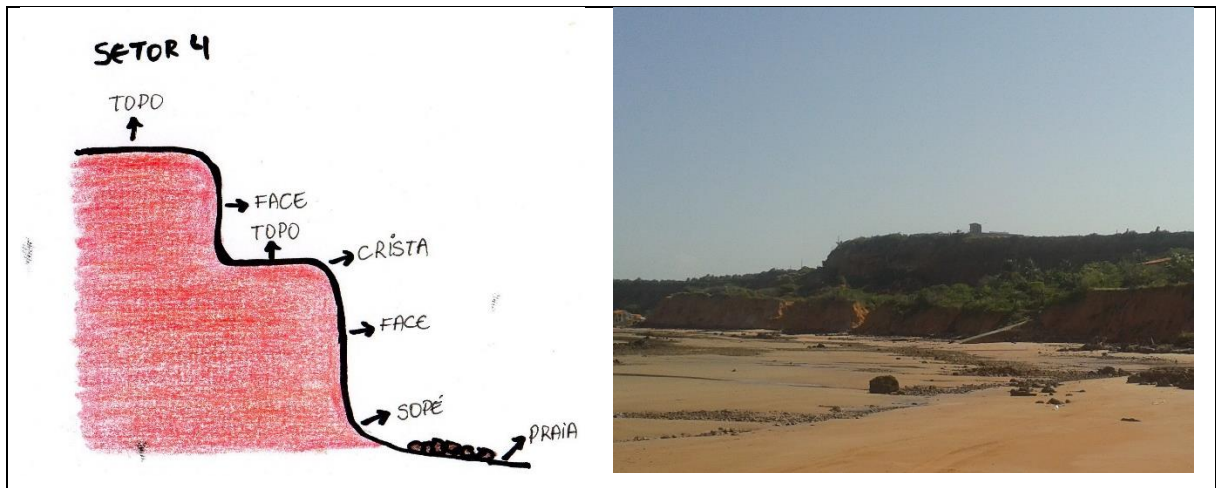
Ao analisar os processos e componentes do sistema de recessão da falésia, torna-se importante descrever seus componentes morfológicos. Na falésia de Itapari as características são diferenciadas de acordo com cada setor.

No setor 1, há presença de topo, crista, face e terraço de abrasão, enquanto no setor 2 ocorrem essas mesmas feições acrescidas de um depósito de talús que persiste por quase toda a base da falésia. No setor 3 há presença de todos os elementos, exceto o terraço de abrasão e incluindo o sopé, o setor 4 é o que apresenta maior complexidade, pois além dessas feições, apresenta dois patamares, em decorrência da construção e desmoronamento de um muro de

arrimo para proteger a falésia. Portanto, este último setor apresenta topo, crista e face e novamente topo, crista, face e sopé e por vezes terraço de abrasão (Figura 57).

Figura 57 – Painel de fotografias e esboços de perfis da falésia de Itapari, por setor.





Fonte: elaborado pelo autor, 2016

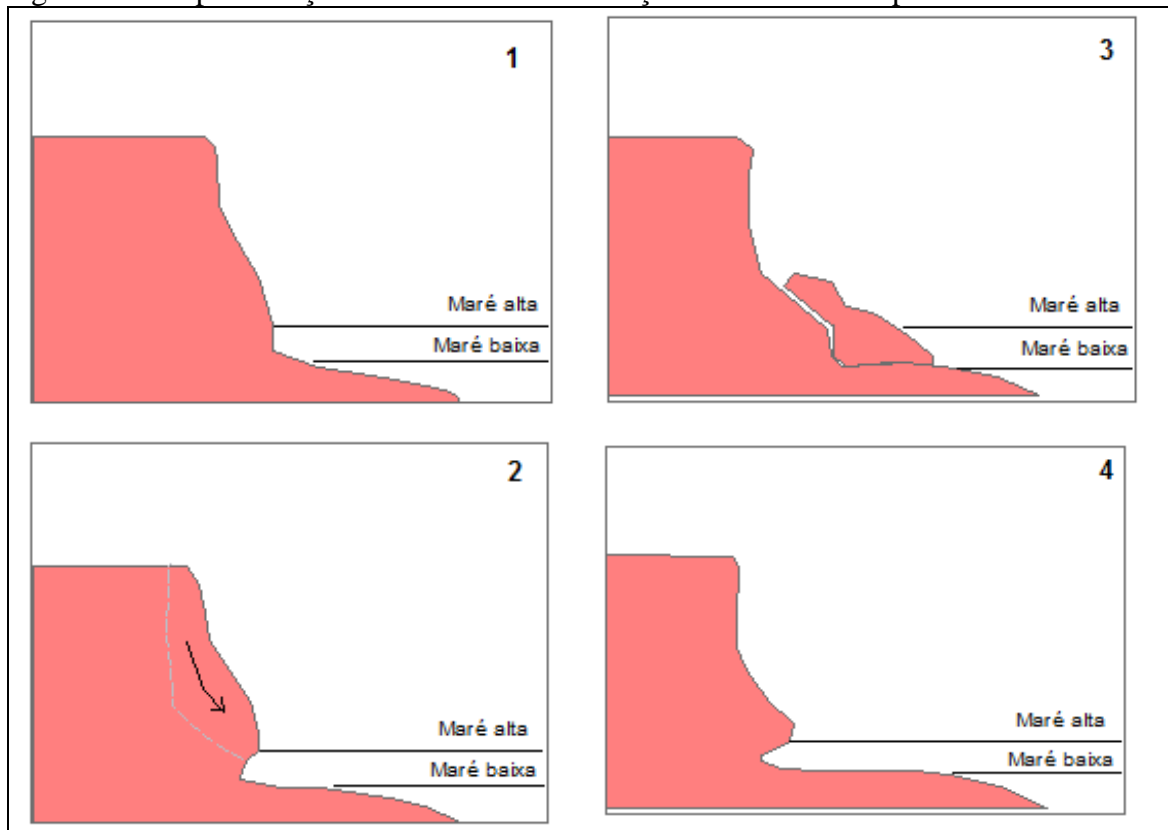
Embora seja consenso atribuir a formação de falésias costeiras inteiramente a processos de erosão marinha, processos subaéreos podem ser tão ou mais importantes que eles. A forma da falésia de Itapari, em particular a sua inclinação, está relacionada com a interação de processos marinhos e terrestres.

Assim, a falésia de Itapari é influenciada por diversos fatores, sendo os principais a geologia, o clima e por agentes oceanográficos e biológicos, e seu perfil e as taxas de recessão são determinados pela resistência da rocha e exposição ao intemperismo e erosão. Sua dissecação resulta principalmente na formação terraços de abrasão, sendo este um elemento da falésia. Desmoronamentos e quedas de blocos são comuns, decorrentes da erosão subárea e costeira.

A erosão desta falésia segue um modelo cíclico, episódico em sua evolução, segue uma sequência básica de 4 etapas: (1) desprendimento de grãos, placas, ou blocos da face da falésia, (2) transporte até a superfície inclinada da falésia, (3) deposição na base da falésia, e (4) a remoção de detritos por processos marinhos (LEE, 1997 apud NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1999).

Este ciclo descrito e representado a seguir se repete normalmente a cada ano (Figura 58), em que as ondas erodem a base da falésia, escavando-a e tornando-a íngreme. Este desestabiliza a inclinação sobrejacente, fazendo-a entrar em colapso. A acumulação de tálus resultante, que protege temporariamente a base da falésia, é então atacado por ondas. Enquanto isso, a erosão subaérea proporciona a diminuição da inclinação da falésia. Uma vez que as ondas atacam o tálus, este é erodido e afastado da base da falésia.

Figura 58 – Representação demonstrando a evolução da falésia de Itapari

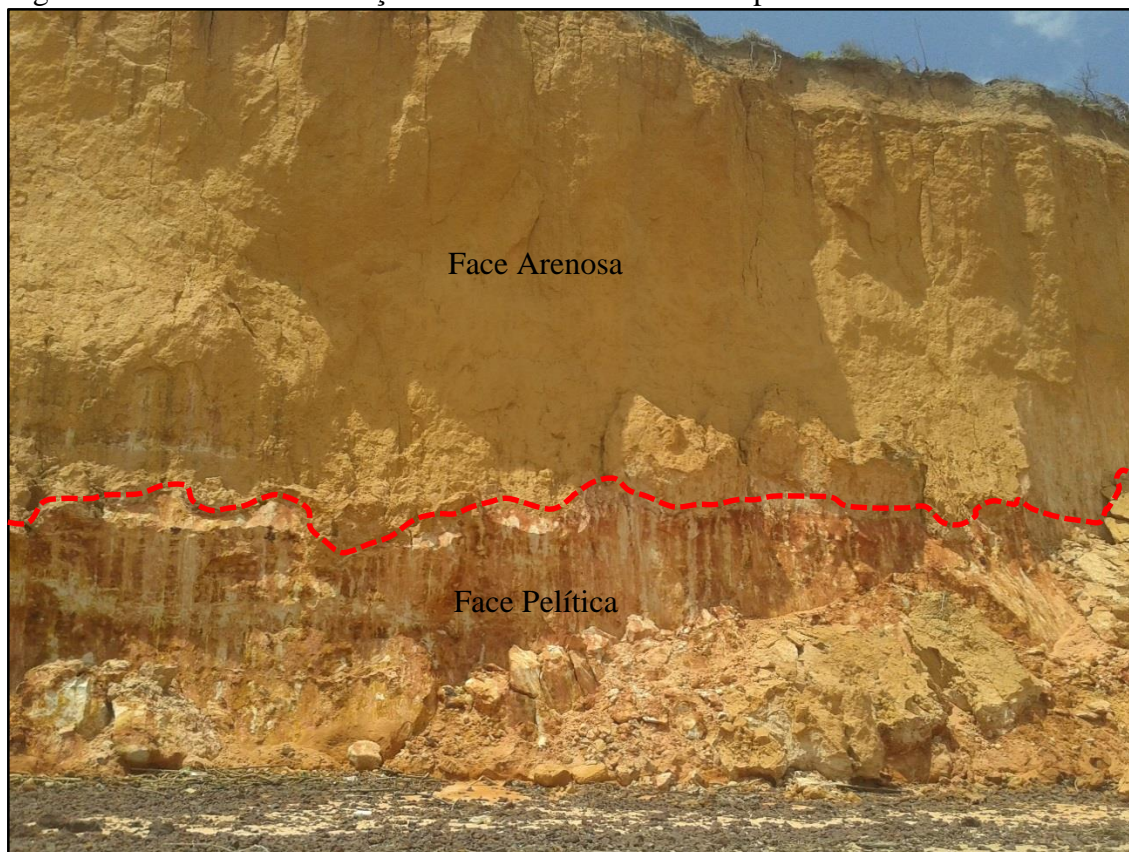


Fonte: elaborado pelo autor, 2017

A mecânica da evolução da falésia, de acordo com os fatores que a afetam, pode ser colocado em duas categorias: a "exposição" às forças geológicas e antropogênicos, e a resistência do material a essas forças. A exposição se refere à magnitude e frequência das forças destrutivas, tanto marinhas como não marinhas, que agem em materiais costeiras. É função do clima de ondas e precipitação, por exemplo. Susceptibilidade refere-se à resistência passiva dos materiais presentes nas falésias às forças destrutivas, que depende principalmente da resistência do material.

Na área de estudo a falésia é formada por rochas sedimentares. Esta é constituída de duas unidades de fácies: arenosa (A) e pelítica (P) (Rodrigues et al., 1994). A arenosa é composta principalmente por areias finas a médias, mostrando coloração amarelada, ligadas a presença de goetita, possui baixa plasticidade; a pelítica é formada principalmente por arenitos finos e argilas homogêneas e caulínicas, mostra colorações variegadas, com intervalos avermelhados a vinho, ligadas a presença de hematita, esbranquiçados a rósea e violáceos, possui alta plasticidade (Figura 59).

Figura 59 – Fácies da Formação Barreiras na falésia de Itapari



Fonte: Fotografia do autor, 2016

O material friável que constitui a falésia de Itapari é altamente suscetível à erosão por processos marinhos e eólicos, tendo em vista sua litologia pouco consolidada, constituída por arenitos e argilitos.

Concernente a isto, há três tipos de erosão preponderantes que a afetam, a primeira é a erosão costeira, processo natural que ocorre ao longo da linha de costa, facilitado pelas ondas, marés e correntes marinhas, provoca a regressão da falésia e forma enseadas e terraços de abrasão. A segunda é a erosão subárea, que atinge a face da falésia, ocasionada pelos agentes climáticos, principalmente precipitações e temperaturas, o que provoca o surgimento de sulcos, ravinas, desmoronamentos e queda de blocos e por último a erosão eólica, provocada pelos ventos, o que causa a desagregação e transporte de partículas de sua face.

As alterações no nível do mar, relacionados a grande amplitude na área de estudo é responsável por alterar a frequência e duração do contato das ondas com a base da falésia, exercendo um controle primário no desenvolvimento e evolução da falésia. O ciclo das marés acima e abaixo do nível médio do mar é um aspecto importante na evolução das falésias, em geral, mesmo na ausência de tempestades.

Na área de estudo, onde as praias antecedem as falésias, as ondas são capazes de atacar as falésias apenas em tempos de maré alta, e quanto mais extrema a elevação da maré, maior o potencial de erosão. Por isso, é de particular interesse as elevações alcançadas pelas marés mais altas, neste caso as marés de sizíguas produzidas a cada mês pelo alinhamento da Terra, Lua e Sol. Nessa área, as marés são caracterizadas como semi-diurnas, quando então a altura da maré varia aproximadamente duas vezes por dia, seguindo uma periodicidade de 12 horas e 42 minutos. Durante o mês, as variações entre o alinhamento do Sol e da Lua geram grandes marés astronômicas de sizígia (luas nova e cheia) e de quadratura (quartos de Lua). As marés de sizígia são cerca de 20% mais altas (maré alta) e mais baixas (maré baixa) do que as marés de quadratura. A amplitude das marés, em Panaquatira é responsável por costas caracterizadas por regimes de mesomaré, apresentando amplitudes médias entre 2m e 4 m e por regimes de macromaré, com amplitudes superiores a 4m que atingem a costa. Essa diferença é justificada principalmente pela grande extensão da plataforma continental, onde o Oceano Atlântico tem influência e se reduz a medida que o influenciador é a Baía de São José, a plataforma neste caso será a responsável pela amplitude de maré na área de estudo.

A erosão da falésia de Itapari é mais preponderante quando das marés de sizíguas, com marés acima de 5,2 m, principalmente porque os níveis de maré alta são responsáveis por colocar as ondas mais próximas da falésia. Nas medições realizadas durante os meses de junho, julho, agosto e setembro do ano de 2016 foi observado que o setor 1 e 2 da falésia são afetados apenas pelas marés de sizíguas acima de 5,2m, enquanto os outros setores além de serem afetados de forma mais severa por esta, também são influenciados por marés de quadratura menores que 5,2m. Exceção consiste a parte localizada no limiar entre o setor 1 e 2 que se encontra mais protegido por um cinturão de arenitos ferruginosos que chegam a mais de 2 m de altura.

Quando da maré baixa, constatou-se que do início do setor 1 para o final do setor 4, esta sofre uma diminuição considerável da praia, indo de uma média de 500 m a 200m. Durante as medições realizadas nos meses de agosto e setembro do ano de 2016, as marés de 5,4m atingiram toda a base da falésia, superpondo o terraço de abração, que topograficamente está a 1m de altura, que protege a base da falésia nos setores 1 e 2; nos outros setores da falésia onde não há arenitos que protegem a base a maré cobriu todo o sopé, atingindo 0,50 m acima desta, o que proporcionou que as ondas em conjunto com as marés e correntes solapassem o sopé da falésia, formando inúmeras caneluras, o que ocasionou diversos desmoronamentos de pequeno porte e deslocamento de sedimentos para alto mar. A argila desprendida da falésia ao entrar em contato com a água do mar se liquefaz, formando uma pluma de sedimentos de cor

avermelhada, com distância de aproximadamente 100 m da linha de costa, sendo que na maré baixa parte dos sedimentos da pluma tingiam de rosa as areias da praia (Figura 60).

Figura 60 – Fotografia mostrando a pluma de sedimentos tingindo o mar de vermelho



Fonte: Fotografia do autor, 2016

A ação das ondas, na área de trabalho é um dos fatores de distinção entre as falésias (Figura 61). Quando estas chegam à base da falésia de Itapari, elas erodem o material que a compõe diretamente ou erodem o material solto que está na sua base. Em ambos os casos, há desestabilização da falésia e, finalmente, induz a formação de fendas e desmoronamento do material que a reveste.

Figura 61 – Fotografia de ondas na área de estudo



Fonte: Fotografia do autor, 2016

Na área em estudo as ondas chegam a costa já quebradas, ou quebram na face da falésia quando das grandes marés de sizígias. São geralmente de pouca energia, apresentam altura média de 0,5m com período de mais ou menos 4 segundos e arrebentação do tipo deslizante (*spiling*), fraco, formado por pequenas ondas que ocorrem várias vezes. Isto é influenciado, principalmente, pela costa ser do tipo dissipativa e recortada, refratando e difratando a onda.

Quando o trem de ondas se aproxima da costa, a espessura da lâmina de água começa a influir na velocidade, diminuindo-a e absorvendo energia. Assim, as ondulações que chegam à costa sofrem o efeito de refração no fundo marinho, em função da diminuição da profundidade, e difração ao redor de obstáculos, inclui-se neste caso a ponta de Itapari. Esses fenômenos geram perturbações na direção de propagação das ondas (ortogonais) de tal modo que, quando as ortogonais convergem para todos os setores da falésia, há maior concentração de energia, predominando a erosão. Não obstante, quando as ortogonais divergem, há dispersão de energia, predominando a deposição o que ocorre a montante do setor 1 da falésia (SOUZA et al., 2005).

Quando as ondas atingem as zonas mais rasas, o seu comprimento diminui, em contraposição ao aumento da altura das cristas, adquirindo elevada esbeltez. Esse processo avança com a diminuição da profundidade até que a onda se desestabiliza e quebra produzindo a arrebentação (SOUZA et al. 2005). Na área de Itapari foi identificado um tipo principal de arrebentação, a deslizante (*spilling*), onde a onda começa a quebrar relativamente longe da beira da praia, influenciada principalmente pela inclinação da praia, de um modo suave como se espalhando pela água, que forma um longo rastro de espuma. Estas ondas aumentam sua periculosidade quanto mais altas, principalmente quando das marés acima de 4,2 m, com a onda quebrando abrupta e violentamente contra a face da falésia.

Na área em estudo foram constatadas algumas evidências de que as ondas erodem a falésia de Itapari: a primeira se relaciona ao entalhe (caneluras) ao longo de sua base, que facilita o colapso da rocha sobrejacente ou deslizamento de sedimentos devido a inclinação e remoção do apoio. Outra evidência do impacto das ondas está na forma irregular que delimita a face desta falésia, nos setores 1 e 3 onde a face da falésia é mais irregular que a dos outros setores que mostram uma certa homogeneidade. A presença de enseadas na área de estudo atesta o contínuo ataque das ondas, principalmente ao longo de zonas de fraqueza estruturais.

A intensidade da erosão induzida pela onda é uma função da energia por ela despreendida contra a falésia. Na ponta de Itapari as ondas transmitem mais energia sob a forma de pressão, quando estas chocam-se ou colidem diretamente contra a face da falésia, quando ocorrem as grandes marés de sizíguas. Contudo, há ondas que chegam a falésia de maneira deslizante e já quebradas, e não influencia tão significativamente na sua evolução. A erosão ocorre, principalmente, pela força de tração da onda que atinge o sopé e por vezes a face da falésia, carregada de areia e de outros sedimentos, facilitando a abrasão na área.

A incidência de ondas na linha de costa gera um sistema de circulação ou correntes costeiras, que podem ser divididas na área de estudo em dois tipos: as correntes de deriva litorânea (*longshore currents*) ou longitudinais e correntes de retorno.

As correntes de deriva litorânea surgem quando as ondas não atingem perpendicularmente o litoral, e o ângulo de incidência das ondas propicia a movimentação de água e material em suspensão numa trajetória em ziguezague, sendo, portanto, os principais agentes de movimentação, retrabalhamento e distribuição dos sedimentos ao longo da costa (Figura 62).

As correntes de retorno representam fluxos que se deslocam da costa para o oceano. Estas desenvolvem-se especialmente nos setores 2, 3 e 4 da falésia de Itapari, onde há refração

de ondas, associada a costa com topografia mais irregular, formando suaves enseadas (SOUZA et al. 2005).

Figura 62 - Fotografia mostrando a direção da correntes longitudinais na área de Itapari



Fonte: Foto do autor, 2016

A Praia de Panaquatira e a falésia de Itapari estão intimamente ligadas, pois a liberação de sedimentos durante a erosão costeira da falésia torna-se parte do sistema litorâneo e contribui para o aumento de sedimentos na praia. Quando a erosão da falésia foi impedida, na década de 1980, através da instalação de um muro para proteger empreendimentos localizados no topo e sopé da falésia, foi reduzida a oferta de sedimentos, que, por sua vez, diminuiu também o tamanho da praia. Esta praia, excepcionalmente extensa, dissipava a energia das ondas, proporcionando proteção natural para a falésia. No entanto, ao ser significativamente reduzido o fornecimento de sedimentos para a praia, esta torna-se mais estreita e passou a ser submetida a uma maior energia das ondas, o que ocasionou a derrubada do muro.

O clima é outro fator responsável pela evolução da Falésia de Itapari, principalmente por este ser controlador das taxas de intemperismo, de erosão e de transporte de sedimentos até a linha de costa. Na área de trabalho, o clima possui dois períodos bem distintos, no primeiro semestre do ano, ocorre a concentração das chuvas anuais, enquanto o segundo é de estiagem, com raras precipitações.

Assim, a falésia de Itapari está exposta a um ambiente de intemperismo severo, submetida a repetidos períodos de umedecimento, com salpicamento de sais marinhos e escoamento superficial, intercaladas com períodos de secagem e aquecimento. A repetição de ciclos de umedecimento e secagem degradam aos poucos a face do falésia, particularmente na presença de minerais de argila expansível, causando fissuramentos superficiais que promovem ainda mais a infiltração, que amolecem os sedimentos e os induzem aos deslizamentos em fluxo, enquanto blocos intactos caem em resposta à força da gravidade.

O escoamento superficial provocado pelo impacto das chuvas na face da falésia no período chuvoso, forma um escoamento difuso, que começa a aparecer quando a quantidade de água precipitada é maior que a velocidade de infiltração, podendo transportar consigo partículas de solo e provocar o início de sulcos, os quais podem evoluir chegando a ravinas e voçorocas.

Movimentos de massa são comuns, associados invariavelmente a falésia. Em um extremo, pequenos blocos podem destacar-se e cair. No outro extremo, o desmoronamento da falésia até sua base pode deslocar vários milhares de metros cúbicos de material. Movimentos de massa são um dos principais fatores da retração da falésia. Os diferentes tipos de movimento de massa dependem das condições locais, como: estrutura geológica; tipo dos materiais; declividade, orientação e forma da vertente; área de contribuição; intensidade e distribuição das precipitações.

Os movimentos de massa na área de Itapari, possuem duas formas distintas: a queda de blocos e os escorregamentos, divididos em dois tipos: rotacionais e translacionais. Estes movimentos são induzidos principalmente pelas ondas que solapam a base da falésia e pela intensa precipitação no primeiro semestre do ano, desencadeando mecanismos que geram grandes movimentos de massa.

As quedas de blocos são movimentos rápidos em queda livre pela ação da gravidade, influenciado pelo perfil íngreme da falésia, associado a presença de fraturas no paredão rochoso e ao desgaste da base da falésia pelas ondas, provocando a queda superior do bloco. Além disto, descontinuidades e/ou alívios de tensão ocasionam quedas. As quedas de blocos foram observadas principalmente no segundo semestre do ano de 2015 e 2016 (Figura 63).

Figura 63 – Fotografia da queda de blocos na falésia de Itapari



Fonte: Fotografia do autor, 2016

Os escorregamentos caracterizam-se como processos que ocorrem de forma rápida, com um plano de ruptura definido, o qual separa o material escorregado do não movimentado (GUIMARÃES et al., 2008). Na área de estudo são divididos em rotacionais e translacionais e foram observados principalmente durante o primeiro semestre do ano de 2015 e 2016.

Os escorregamentos rotacionais são caracterizados por possuírem uma superfície de ruptura curva, côncava, que desloca normalmente uma grande quantidade de material de forma rotacional. Esse tipo de escorregamento está vinculado a Formação Barreiras e ao desgaste natural da base da falésia pelas ondas (Figura 64).

Os escorregamentos translacionais são caracterizados por apresentarem um plano de ruptura abrupto, bem definido, planar, e por serem um movimento de curta duração. Estes escorregamentos ocorrem durante chuvas intensas, quando é elevada a poro-pressão em uma superfície de descontinuidade. Estes movimentos foram também identificados na falésia de Itapari, como se observa na Figura 65.

Figura 64 – Fotografia mostrando escorregamento rotacional na falésia de Itapari



Fonte: Fotografia do autor, 2016

Figura 65 – Fotografia de escorregamento translacional na falésia de Itapari



Fonte: Fotografia do autor, 2016

Os ventos, além de produzirem e controlarem a direção e o poder energético das ondas que incidem sobre a costa, produzem as correntes litorâneas que transportam grandes quantidades de areia em diferentes sentidos, sendo também importantes agentes na dinâmica sedimentar.

A erosão eólica é mais representativa nos setores 1 e 2 da falésia que estão mais expostas a este agente, principalmente no segundo semestre do ano, pois a intensidade dos ventos se torna maior, transportando material sedimentar. Os ventos fortes, com velocidades maiores que 6 m.s-1, varrem sedimentos da face da falésia, sendo estes depositados como dunas no topo da falésia ou no pós-praia (Figura 66). Os alísios de nordeste, ventos preponderantes na área em estudo, seguem três direções distintas, entre os setores 1 e 2 estes atingem a falésia frontalmente e sobem na direção dos setores 1, 2, 3 e 4 seguindo perpendicularmente a costa.

Figura 66 – Fotografia de dunas no pós-praia



Fonte: Foto do autor, 2016

Outro fator que contribui para a aceleração da abrasão na área de estudo é o fator antrópico. Identificou-se que tanto a população local como as construtoras são responsáveis pela retirada do arenito ferruginoso da base da falésia, além de sedimentos argilosos, induzindo o seu desmoronamento. Observações indicaram que os materiais retirados pela população e empresas de construção civil são utilizadas preferencialmente em habitações no município de São José de Ribamar e no Bairro Panaquatira. Exemplos desse tipo de prática foram constatados

em trabalho de campo, no dia 17 de julho 2016 onde foi observado marcas de trator e caçambas, que retiraram material argiloso do setor 3 da falésia (Figura 67) e no dia 20 de agosto de 2016 foi visto que arenitos ferruginosos da falésia estavam sendo usados na construção de baldrame de uma casa no pós-praia (Figura 68).

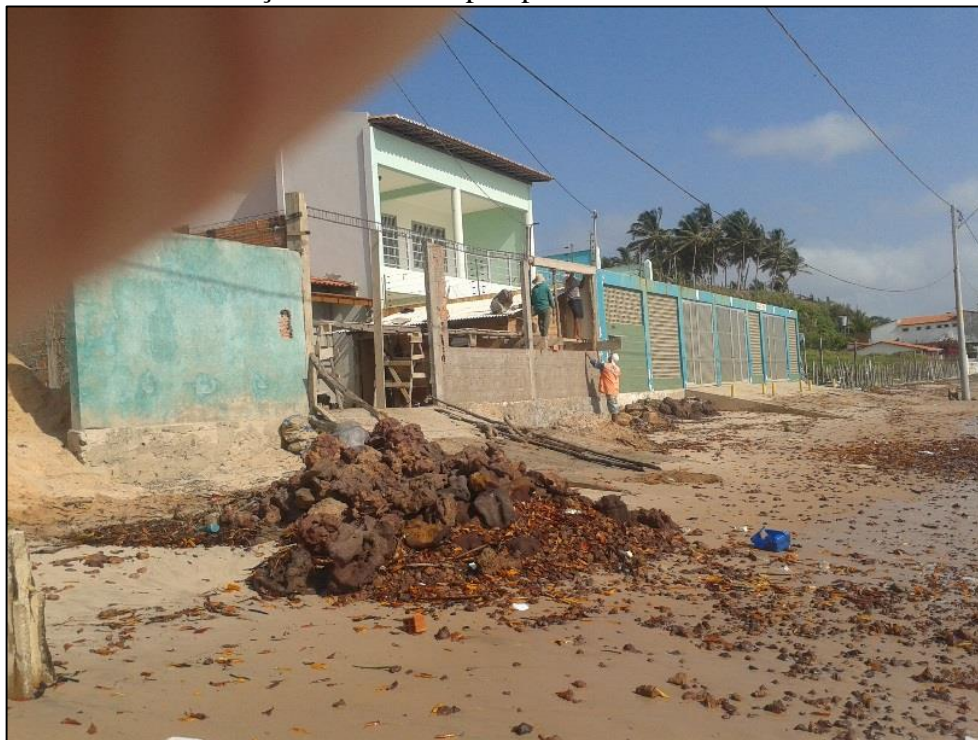
Outra forma de antropismo que modifica a morfodinâmica da área em que a falésia de Itapari está inserida é a utilização de blocos de pedra e construção de muros de concreto para conter a erosão marinha, estas obras não são precedidas de estudos específicos e nem recebem manutenção. Outro problema é que cada proprietário toma decisões individuais quando da construção de tais obras gerando, cada um, uma linha de costa forçada e diferenciada, contribui assim para o agravamento da erosão costeira nas áreas vizinhas.

Figura 67 – Fotografia mostrando marcas da escavadeira de trator que retiraram material argiloso da falésia de Itapari



Fonte: Fotografia do autor, 2016

Figura 68 – Fotografia mostrando arenitos ferruginosos sendo utilizados na construção de casas no pós-praia



Fonte: Fotografia do autor, 2016

O terraço de abrasão da área em análise é formado principalmente por material solto, chamados arenitos ferruginosos, que também podem ser chamados de arenitos de praia ou *beach rocks*. Estes são retangulares, com tamanhos diversos, de aspecto cavernoso, característica esta ligada a incessante força exercida pelas ondas nos interstícios do arenito, principalmente onde se encontram pontos de fraqueza, provocando incisões (furos) por onde a onda passará posteriormente, também é formado matacões mais arredondados de diversos tamanhos.

O terraço de abrasão forma uma linha as vezes descontínua na base da falésia e sua gênese, segue etapas primordiais. Inicialmente os blocos que despencam da falésia, decorrente da erosão costeira, que são ricos em constituintes ferruginosos, reagem com os sais das águas marinhas e com a insolação, decorrente das temperaturas elevadas da área, faz com que estes sofram uma transformação, ou seja, são cimentados, principalmente em períodos de maré cheia, gerando blocos endurecidos que posteriormente são modelados pelas ondas e correntes marinhas (SILVA, 2015) (Figura 69).

A retirada indiscriminada de materiais constituintes da falésia para a construção civil, favorece de forma significativa o processo de erosão na área e diminuem sua proteção. A

presença dos arenitos ferruginosos atua como uma importante proteção natural e contribuem para a dissipação da energia das ondas incidentes que atingem a base da falésia.

Figura 69 – Fotografia mostrando os arenitos ferruginosos na falésia de Itapari



Fonte: Fotografias do autor, 2016

A posição das falésias e dos terraços de abrasão em relação ao trabalho do mar, apresentam respostas que vão se refletir na sua forma e ritmo de evolução, principalmente em função da sua litologia, características das ondulações e intensidade do uso pelo homem, ocasiona erosão em vários pontos da falésia e modelam os arenitos ferruginosos que constituem o terraço de abrasão.

6 CONCLUSÃO

Vários processos de elevada complexidade contribuem para a evolução das falésias, formando, portanto, um geossistema, que reage com uma diversidade muito complexa de elementos, no qual ocorrem constantes trocas de matéria e energia. Este geossistema abrange, assim, complexos biológicos, policêntricos, que compõem uma diversidade de componentes naturais em constante inter-relacionamento associados, ainda, à interferências humanas, como é o caso da falésia de Itapari.

Os estudos relacionados a evolução geral da linha de costa no Maranhão, especificamente no Golfão Maranhense, apontam uma retrogradação de 1,5 metros ao ano em falésias, como destaca o trabalho de Feitosa realizado no município de São Luís em 1989, o qual demonstra que na ponta do Jaguarema, os processos de abrasão provocaram o recuo da falésia do Olho d'Água de aproximadamente 10 metros em quinze anos. Porém, este dado não pode ser generalizado para todas as falésias da costa maranhense, pois variados fatores contribuem para que haja uma regressão heterogênea com índices maiores ou menores de erosão.

A partir desses resultados, observou-se que atualmente ocorre uma regressão da linha de costa do litoral maranhense, especificamente na ponta de Itapari, onde se encontra a falésia de Itapari. Identificou-se também que a evolução dessa falésia é influenciada por diversos elementos geológicos, climáticos, oceanográficos e antrópicos.

Ao considerar a posição da falésia em relação ao trabalho do mar, essas feições apresentam respostas que vão se refletir na sua forma e no seu ritmo de evolução, conforme as alterações ocorridas no tempo geológico, no fluxo de matéria e energia dos ambientes marinho e climático, mas também em função da sua litologia e intensidade do uso pelo homem nas últimas décadas do tempo histórico.

Identificou-se que a dinâmica marinha e o material constituinte contribuem significativamente para a ocorrência da evolução da falésia, isto decorrente da energia das ondas, somadas à dinâmica de variação de marés, as correntes marinhas e da batimetria da plataforma que moldam as características das ondulações na base da falésia, provocando instabilidade no material e o desmonte progressivo de sua forma, com maior intensidade no período chuvoso, provocando erosão subaérea, fator de grande importância na evolução da falésia de Itapari, atuando como elemento no movimento de vertentes.

Nos períodos mais secos do ano, ou seja, no segundo semestre, a influência do clima vai se processar em maior escala através da atuação dos ventos, quando ocorre de forma

predominante o desgaste da falésia pela desagregação de partículas de sua face voltada para o mar. Este elemento do clima se torna importante também por contribuir com os índices de transporte e deposição de sedimentos e por influenciarem na intensidade das ondas e geração das correntes litorâneas, que afetam a costa. Queda de blocos também são comuns nesse período, já que os constituintes que formam a falésia se contraem provocando fendilhamento na rocha e que despencam por falta de estabilidade.

Com relação a atuação dos processos provocados pelos agentes antrópicos na evolução da falésia, identificou-se que tanto a população local como as construtoras são responsáveis pela retirada do arenito ferruginoso da base da falésia, o que contribui para o seu desmoronamento. Os materiais retirados pela população e empresas de construção civil são utilizadas preferencialmente em habitações. A construção de muros de concreto e segundas residências na praia e pós-praia modificam a linha de costa, interferem na circulação de correntes costeiras e no ângulo de incidência das ondas e aceleram os padrões de erosão e sedimentação. A construção de condomínios fechados no topo da falésia e o turismo, também são agentes que contribuem na interferência da evolução da falésia de Itapari, uma vez que provocam impactos socioambientais como: desmatamentos, impermeabilização do solo, produção de resíduos sólidos e outros.

Desta forma, conclui-se que a falésia de Itapari se encontra em franca evolução natural e que sua dinâmica encerra um frágil equilíbrio ambiental, uma vez que a retrogradação da falésia se faz de forma bastante heterogênea demonstrando que esta é afetada por processos morfodinâmicos complexos. Isto porque a atuação desses processos, resulta em setores com erosão que variam de 1 a 3 metros por ano e setores com relativa estabilidade. Torna-se preocupante a constatação da ocorrência da erosão acelerada nos setores 3 e 4 desta falésia, o que perfaz 3 metros ao ano, decorrente principalmente dos sedimentos poucos coesos da Formação Barreiras após formar um segundo patamar e pela retirada do terraço de abrasão que a protegiam.

Diante dessas conclusões e apesar da existência de legislação específica, que não é cumprida e que dê suporte à fiscalização por parte dos órgão responsáveis por gerir a zona costeira local, sugere-se a realização de planejamento específico para adequação de uso e conservação das formas de relevo que dão elevado potencial turístico ao Maranhão: suas belas falésias costeiras.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Litoral do Brasil**. São Paulo: Metalivros, 2001.
- ALMEIDA, H. G. de. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. São Luís SW/NW, Folhas SA.23-V e SA.23-Y. Estados do Pará e Maranhão. Escala 1:500.000. / Organizado por Herbert Georges de Almeida. – Brasília: CPRM, 2000.
- AMARAL, A. B. & RIOS, A. S. Geoprocessamento: mapeamento do uso e ocupação do solo no alto curso do rio piedade. In: **Revista de Geografia - PPGeo** - v. 2, nº 1, 2012.
- ASSIS, L. F. de. Residências secundárias: expansão e novos usos no litoral cearense. In: SILVA, J. B. da; DANTAS, E. W. C.; ZANELLA, M. E.; MEIRELES, A. J. de A. (Orgs.). **Litoral e Sertão, natureza e sociedade no nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.
- BANDEIRA, Arkley Marques. Distribuição espacial dos sítios tupi na Ilha de São Luís, Maranhão. **Cadernos do LEPAARQ**. Vol. XII, nº24, 2015.
- BARROS, R. **Loteamento Portal do Mar, Panaquatira em São José de Ribamar**. Folheto informativo, 2015. Disponível em:> http://www.ronierdbarros.com.br/empreendimento-detalhes.aspx?id_empreendimento=5269826>. Acesso em: 20 out 2015.
- BIRD, E. C. F. **Coastal Geomorphology: an introduction**. Second edition. England: John Wiley & Sons Ltd, 1930.
- BERTRAND. G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**. São Paulo, 1971.
- BLOOM, A. L. **Superfície da Terra**. São Paulo: Edgar Blücher, 1970.
- CAMARGO, L. H. R. de. **A ruptura do meio ambiente: conhecendo as mudanças ambientais do planeta através de uma nova concepção da ciência: a geografia da complexidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- CASSETI, V. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: UFG, 2001.
- DAVIDSON-ARNOTT, R. **An introduction to coastal process and geomorphology**. Cambridge University Press, 2010.
- DERRUAU, M. **Geomorfología**. 2 ed. ampliada. Espanha: Ariel, 1978.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: HUCITEC, 1936.
- _____. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blücher. 2 ed., 1980.
- CUNHA S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.
- EL-ROBRINI, M. et al. Maranhão. In: MUEHE, D. (Org.). **Erosão e progradação do litoral brasileiro**: Maranhão. Brasília: MMA. 2006. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=publicacao.publicacoesPorSecretaria&idEstrutura=78>>. Acesso em: 13 out. 2015.

EMBRAPA. **Determinação da densidade de solos e de horizontes cascalhentos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 11p.

_____. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009.

EMERY, K.O., and KUHN, G.G. Sea cliffs: their processes, profiles, and classification. **Geological Society of America Bulletin**, v. 93, p. 644-654, 1982.

FEITOSA, A. C e TROVÃO, J. R. **Atlas escolar do Maranhão: Espaço geo-histórico e cultural**. João Pessoa-PB: Editora Grafset, 2006.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 8 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

_____; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO JÚNIOR; O. A.; GOMES, R. A. T.; FERNANDES, N. F. Movimentos de massa. In: FLORENZANO, T. G. (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: oficina de textos, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

IMESC. **Situação Ambiental da Ilha do Maranhão**. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. São Luís: IMESC, 2011.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, **Normais Climatológicas**- Estação de São Luís, 1991. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/clima/graficos/plotGraf.php?chklist=4%2C&capita=saoluis%2C&peri=88%2C99%2C&per3160=88&per6190=99&tempmed=4&saoluis=36&Enviar=Visualizar>>

<http://www.inmet.gov.br/html/clima/graficos/plotGraf.php?chklist=5%2C&capita=saoluis%2C&peri=88%2C99%2C&per3160=88&per6190=99&tempmax=5&saoluis=36&Enviar=Visualizar>

<http://www.inmet.gov.br/html/clima/graficos/plotGraf.php?chklist=6%2C&capita=saoluis%2C&peri=88%2C99%2C&per3160=88&per6190=99&tempmin=6&saoluis=36&Enviar=Visualizar>

<http://www.inmet.gov.br/html/clima/graficos/plotGraf.php?chklist=2%2C&capita=saoluis%2C&peri=88%2C99%2C&per3160=88&per6190=99&precipitacao=2&saoluis=36&Enviar=Visualizar>>. Acesso em 2015.

_____. Normais Climatológicas-Estação de São Luís, 2015. Disponível em: < http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf >. Acesso em: 13 jan. 2015.

INPE – INSTITUTO DE METEOROLOGIA E PESQUISAS ESPACIAIS. Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais (Sonda), Estação 82281 – SBSL, 2008. < http://sonda.ccst.inpe.br/basedados/html_vento_aeroportos/vto_82281_2001_man.html.

http://sonda.ccst.inpe.br/basedados/html_vento_aeroportos/vto_82281_2002_man.html >. Acesso em: 13 jan. 2015.

_____. Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais (Sonda), Estação 82281 – SBSL, 2015. Disponível em: < http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf >. Acesso em: 13 jan. 2015.

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia: relações solo – planta**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres LTDA, 1979.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia geral**. 11. ed. São Paulo: Nacional, 1989.

MORAES, A. C. R. **Contribuição para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro**. São Paulo: Annablume, 2007.

MUEHE, D.; NICOLODI, J. L. **Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil**. Brasília: MMA, 2008.

MUEHE, D. Geomorfologia costeira. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1999, Science for decision making; Coastal and Marine Geology at the U.S. Geological Survey: Washington, D.C., National Academy Press, 113 p.

OLIVEIRA, D. Técnicas de Pedologia. In: VENTURI, L. A. B. (Org.) **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula**. Editora Sarandi, São Paulo, 2011.

PEREIRA, A. Q. Urbanização e veraneio marítimo no Ceará. In: SILVA, J. B. da; DANTAS, E. W. C.; ZANELLA, M. E.; MEIRELES, A. J. de A. (Orgs.). **Litoral e Sertão, natureza e sociedade no nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

PRESS, F. (et al). **Para entender a terra-** 4 ed. Porto Alegre: Bookmam, 2006.

RODRIGUES, T. L. N. et al. **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil**. São Luís. Folha AS.23-Z-A, Estado do Maranhão. Brasília, CPRM, 1994.

ROSS, Jurandyr. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

ROSSETI, D. F. Ambientes Costeiros. In: FLORENZANO, T. G. (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: oficina de textos, 2008.

SILVA, C.H.S. **Análise de Falésias Ativas na Ilha do Maranhão**. Monografia de conclusão de curso. Universidade Estadual do Maranhão, São Luís – MA: 2013.

_____. **Análise de terraços de abrasão na ilha do Medo, São Luís – MA**. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 5., 2015, Teresina-PI. Anais... Teresina: UFPI, 2015. p. 2782-2788.

_____. SILVA, Q. D. **Análise de Falésias Ativas na Ilha do Medo, São Luís–MA**. In: CASTRO, Claudio Eduardo de. **Territórios, Paisagens e suas dinâmicas**. São Luís: EDUEMA, 2014.

SILVA, Q. D. **Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão**. Presidente Prudente- SP: 2012. Tese de doutorado.

SOUZA, C. R. de G. et al (Ed.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão preto: Holos Editora, 2005.

SOUZA, J. R.; REIS, L. N. G. MAPEAMENTO E ANÁLISE DO USO DOS SOLOS NO MUNICÍPIO DE IBIÁ – MG UTILIZANDO O SOFTWARE SPRING 5.1.8: análise da dinâmica agropecuária. **OBSERVATORIUM**: Revista Eletrônica de Geografia, v.3, n.8, p.141-163, dez. 2011.

STROHAECKER, T. M. Dinâmica populacional. In: ZAMBONI, A e NICOLADI, J.L. (Orgs.). **Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil**. Brasília: MMA, 2008.

SUGUIO, K. Dicionário de geologia marinha. São Paulo: Quercus, 1992.

SUNAMURA T. *Geomorphology of Rocky Coasts*, John Wiley & Sons Chichester, 302 p., 1992.

THORNBURY, W. D. **Principios de Geomorfología**. Buenos Aires: Kapelusz, 1960.

TRICART, Jean. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

VILLWOCK, J. A. Geologia e geomorfologia de regiões costeiras In SOUZA, C. R. de G. et al (Ed.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005.

APÊNDICE A

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGGEO

FICHA DE CAMPO DE CARACTERIZAÇÃO DA FALÉSIA DE ITAPARI

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA	
Altura: _____	Ângulo de inclinação: _____
Componentes morfológicos: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Crista <input type="checkbox"/> Face <input type="checkbox"/> Sopé ou base <input type="checkbox"/> Terraço de abrasão <input type="checkbox"/> Depósito de tálus	Distribuição da vegetação: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Face <input type="checkbox"/> Sopé
Composição da falésia: <input type="checkbox"/> Formação Barreiras <input type="checkbox"/> Formação Itapecuru <input type="checkbox"/> Outras formações	Constituição da face da falésia: <input type="checkbox"/> Conclomerática <input type="checkbox"/> Arenosa <input type="checkbox"/> Pelítica <input type="checkbox"/> Outras
Outras Informações relevantes:	
PROCESSOS OPERANTES ATUANTES NA ÁREA	
Tipos de erosão: <input type="checkbox"/> Marinha <input type="checkbox"/> Eólica <input type="checkbox"/> Subaérea	Tipos de marés: <input type="checkbox"/> Diurna <input type="checkbox"/> Semidiurna
Amplitude de maré: <input type="checkbox"/> Micromarés: _____ <input type="checkbox"/> Mesomarés: _____ <input type="checkbox"/> Macromarés: _____	Ondas: Tipo: _____ Altura Média: _____ Arrebentação: _____
Correntes: Tipos: _____ Direção: _____ Velocidade: _____	Indicadores de erosão marinha: <input type="checkbox"/> Formação de caneluras <input type="checkbox"/> desmoronamentos ativos <input type="checkbox"/> Formação de enseadas <input type="checkbox"/> Presença de pluma de sedimentos <input type="checkbox"/> Outros: _____
Tipos de erosão subaérea:	Tipos de movimento de massa:

<input type="checkbox"/> Sulcos	<input type="checkbox"/> Queda de Blocos
<input type="checkbox"/> Ravinas	<input type="checkbox"/> Escorregamentos Translacionais
<input type="checkbox"/> Voçorocas	<input type="checkbox"/> Escorregamentos Rotacionais
<input type="checkbox"/> Outros: _____	<input type="checkbox"/> Outros: _____
Erosão Eólica:	Terraço de Abrasão:
<input type="checkbox"/> Desprendimento de sedimentos da face da falésia	Tamanho: _____
<input type="checkbox"/> Formação de dunas no pós-praia e no topo da falésia	Características: _____
<input type="checkbox"/> Outros: _____	Proteção no sopé da falésia: _____
Outras informações relevantes:	
USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA	
Uso da falésia:	Uso da propriedade:
<input type="checkbox"/> Acesso à praia	<input type="checkbox"/> Moradia
<input type="checkbox"/> Mirante	<input type="checkbox"/> Segundas residências
<input type="checkbox"/> Área de proteção	<input type="checkbox"/> Bares e restaurantes
<input type="checkbox"/> Outros	<input type="checkbox"/> Outros:
Distribuição das residências:	Descarte de resíduos sólidos:
<input type="checkbox"/> Topo da falésia	<input type="checkbox"/> Na praia
<input type="checkbox"/> Sopé da Falésia	<input type="checkbox"/> No Pós-praia
<input type="checkbox"/> Pós-praia	<input type="checkbox"/> Na face da falésia
<input type="checkbox"/> Praia	<input type="checkbox"/> Outros: _____
<input type="checkbox"/> Outros: _____	
Exploração de minerais:	Obras de contenção de erosão:
<input type="checkbox"/> Argila	<input type="checkbox"/> Espigão
<input type="checkbox"/> Areia	<input type="checkbox"/> Molhes
<input type="checkbox"/> Arenitos ferruginosos	<input type="checkbox"/> Anteparos e Muros
<input type="checkbox"/> Outros: _____	<input type="checkbox"/> Gabiões
	<input type="checkbox"/> Quebra-mar
	<input type="checkbox"/> Outros: _____
Outras Informações relevantes:	