



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



**COMPARTIMENTAÇÃO GEOSISTÊMICA DO CAMPO DUNAR DA PLANÍCIE
COSTEIRA DO MUNICÍPIO DE ESTÂNCIA - SERGIPE**

MARÇAL LUKAS MARTINS PRATA

São Cristóvão - Sergipe

Fevereiro de 2021

**COMPARTIMENTAÇÃO GEOSSISTÊMICA DO CAMPO DUNAR DA PLANÍCIE
COSTEIRA DO MUNICÍPIO DE ESTÂNCIA - SERGIPE**

MARÇAL LUKAS MARTINS PRATA

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Sergipe (PPGEO/UFS), como requisito para a obtenção do título de mestre em Geografia. Aprovada em 18/02/2021.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª Neise Mare de Souza Alves

Linha de Pesquisa: Dinâmica Ambiental

São Cristóvão - Sergipe

Fevereiro de 2021

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

P912c Prata, Marçal Lukas Martins
Compartimentação geossistêmica do campo dunar da planície costeira do município de Estância - Sergipe / Marçal Lukas Martins Prata ; orientadora Neise Mare de Souza Alves. – São Cristóvão, SE, 2021.

138 f. : il.

Dissertação (mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, 2021.

1. Geografia física. 2. Geomorfologia. 3. Dunas. 4. Planícies costeiras – Estância (SE). I. Alves, Neise Mare de Souza, orient. II. Título.

CDU 911.2:551.435.74(813.7)

MARÇAL LUKAS MARTINS PRATA

**COMPARTIMENTAÇÃO GEOSISTÊMICA DO CAMPO DUNAR DA PLANÍCIE
COSTEIRA DO MUNICÍPIO DE ESTÂNCIA - SERGIPE**

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Sergipe (PPGEO/UFS), como requisito para a obtenção do título de mestre em Geografia. Aprovada em 18/02/2021.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª Neise Mare de Souza Alves

Linha de Pesquisa: Dinâmica Ambiental

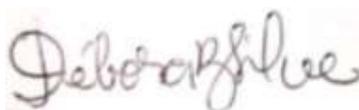


Prof^ª. Dr^ª. Neise Mare de Souza Alves (Orientadora)
PPGEO – Universidade Federal de Sergipe



Rosemeri Melo e Souza

Prof^ª. Dr^ª. Rosemeri Melo e Souza (Examinadora Interna)
PPGEO – Universidade Federal de Sergipe



Prof^ª. Dr^ª. Débora Barbosa da Silva (Examinadora Externa)
DGE – Universidade Federal de Sergipe

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho a todas as pessoas que fazem parte da minha vida. Primeiramente à minha mãe Morgana e ao meu pai Marcelo, pessoas de extrema importância para minha formação como pessoa e que sempre me deram todo suporte moral e financeiro para seguir no caminho acadêmico de forma mais tranquila. Aos meus irmãos Matheus e Marcella agradeço o aprendizado da convivência em família.

À minha companheira Anne, que tem feito parte da minha vida há quase 5 anos, sou grato por tudo que ela me proporciona. Por outro lado, agradeço por permitir que de alguma forma eu faça parte de sua família, que sempre me acolheu de forma calorosa.

Aos meus amigos de graduação do Geoquinteto: Ayaniére, Dhully, Lucas e Manoel sou grato por toda a convivência nos quase 5 anos de graduação. Passamos por momentos únicos que incluem desde o caminhar nos corredores da UFS até os trabalhos de campo e encontros para uma cervejinha. Saibam que nossa convivência ajudou a moldar o ser humano que passou por esse processo de mestrado.

Aos demais colegas da UFS: Adriano, Edmar e Priscila, que ao lado do Geoquinteto fizeram parte dos churrasquinhos no estacionamento. Aos meus colegas de turma do PPGEIO que fizeram parte desse processo de evolução: Andressa, Camila, Juliana, João Pedro, Ronald e em especial a Roniex (colega de graduação e irmão de orientadora), Laerte, Marcus Henrique e Bruna Leidiane.

Às minhas amigas de longa data Reylane e Milena que fazem parte de alguns dos melhores momentos que já vivi e ao meu amigo Rogério que sempre me deu apoio moral em várias etapas da minha vida pessoal e acadêmica. Sou privilegiado por vocês fazerem parte da minha vida.

Ao Professor Dr. Ronaldo Missura e ao colega Lucas Silva, minha gratidão pelo suporte fornecido no tocante aos materiais cartográficos, a ajuda de vocês foi fundamental para o seguimento desse trabalho.

Às professoras formadoras da banca de defesa agradeço pelas contribuições para o enriquecimento deste trabalho, mas não somente isso. À minha primeira orientadora acadêmica, Professora Dr^a. Debora Barbosa, sou eternamente grato por todos os ensinamentos em tempos de graduação e PIBIC, os quais trago comigo até hoje. À Professora Dr^a. Rosemeri Melo que me ajudou de diversas formas a trilhar os caminhos na pesquisa sobre dunas, suas dicas foram essenciais para este trabalho.

Grandiosa gratidão à minha orientadora Professora Dr^a. Neise Mare de Souza Alves que entrou na minha vida acadêmica no 5º período de graduação para nunca mais sair. Desde as primeiras aulas de geomorfologia me identifiquei com sua pessoa e didática. Serei eternamente grato pelo convite feito para atuar como monitor das disciplinas de Geomorfologia Costeira e Fluvial, bem como ter aceitado ser minha orientadora de mestrado, e futuramente, doutorado. O seu suporte acadêmico e pessoal tem sido de importância vital para o seguimento nessa estrada geográfica. Minha eterna gratidão por todo o esforço empenhado para que fosse possível chegarmos até aqui.

Por fim, agradeço à CAPES pelo financiamento dessa pesquisa que foi essencial em todo o momento desse período, principalmente durante o período de pandemia de COVID-19.

A cada um de vocês, minha eterna gratidão!

RESUMO

A zona costeira é uma área caracterizada por múltiplos usos e crescente ocupação pelas sociedades humanas. Tais condições contribuem para o surgimento de problemas ambientais, frequentemente, devido à falta de uma avaliação minuciosa das potencialidades e limitações dos componentes da paisagem. Nesse contexto, encontra-se a planície costeira de Estância, caracterizada por um conjunto de morfologias, onde está inserido o Campo Dunar composto por dunas móveis, semifixas e fixas. O objetivo deste estudo é compartimentar o Campo Dunar da planície costeira de Estância segundo os pressupostos geossistêmicos. Para tanto, adotou-se a análise sistêmica esboçada no modelo teórico de Bertrand (2004), cujo tripé – potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica, permite a análise integrada da paisagem. No Geossistema Campo Dunar, foram identificadas as Geofácies - Dunas Ativas Primárias, Dunas Ativas Secundárias e Dunas Inativas Pleistocênicas. A denominação das unidades baseou-se na classificação de Sloss; Sheperd; Hesp (2012) e de Giannini *et al.* (2005). Dentre os procedimentos metodológicos utilizados estão pesquisas bibliográfica e documental, trabalhos de campo, análise de imagens de satélite e fotografias aéreas. O Geofácies Dunas Ativas Primárias se caracteriza pela dinâmica interligada ao sistema praiar e sofre interferência dos processos oceânicos. Ele encontra-se composta por dunas de baixa altitude, como as dunas de sombra e as nebkhas, colonizadas por restinga herbácea. Nesse compartimento a morfodinâmica é forte, inerente ao estágio de Resistasia com Geomorfogênese Natural e Antrópica. O Geofácies Dunas Ativas Secundárias reúne feições que evoluíram das Dunas Ativas Primárias, mas que adquiriram maior altura, comprimento e largura. Nele são encontradas dunas barcanas e dunas residuais ocupadas predominantemente por restinga arbustiva e/ou arbórea, que controla parcialmente a intensidade da morfodinâmica, que varia de média a forte. Esta unidade reflete o estágio evolutivo em Mosaico Associado de Biostasia e Resistasia. O Geofácies Dunas Inativas Pleistocênicas situa-se afastada da linha de costa e apresenta modelados com predominância de restinga arbustiva/arbórea. De modo generalizado, a ação dos processos eólicos é reduzida e a morfodinâmica é fraca. Tais atributos confirmam o estágio de Biostasia com Dinâmica Regressiva. Embora os Geofácies do Geossistema Campo Dunar configurem uma dinâmica de interdependência, elas possuem especificidades. O uso e ocupação das terras concorre para que estas unidades estejam sujeitas a problemas relacionados com a perda da biodiversidade, erosão costeira e reativação do processo eólico, que se repercutem no contexto ambiental e social.

PALAVRAS-CHAVES: Compartimentação geossistêmica; Dunas; Planície costeira; Morfodinâmica; Estância.

ABSTRACT

The coastal zone is an area characterized by multiple uses and increasing occupation by human societies. Such conditions contribute to the emergence of environmental problems, often due to the lack of a thorough assessment of the potential and limitations of the landscape components. The coastal plain of Estância is in this context, characterized by a set of morphologies, where the dune field is composed of mobile, semi-fixed and fixed dunes. The goal of this study is to compartmentalize the dune field of the Estancia coastal plain according to geosystemic assumptions. For this, the systemic analysis outlined in the theoretical model of Bertrand (2004) was adopted, whose tripod - ecological potential, biological exploration and anthropic action, allows the integrated analysis of the landscape. In the Dune Field Geosystem, Geofaces were identified - Active Primary Dunes, Active Secondary Dunes and Inactive Pleistocene Dunes. The compartments were named based in classifications by Sloss; Sheperd; Hesp's (2012) and Giannini *et al.* (2005). Among the methodological procedures used are bibliographic and documentary research, fieldwork and analysis of satellite images. The Active Primary Dunes Geofaces are characterized by the dynamics linked to the beach system and suffer interference from oceanic processes. It is composed of low altitude dunes, such as shadow dunes and nebkhas, colonized by herbaceous restinga. In this compartment the morphodynamics is strong, inherent to the stage Resistasy with Natural and Antropical Geomorphogenesis. The Active Secondary Dunes Geofaces gathers features that evolved from the Active Primary Dunes, but that acquired greater height, length and width. It contains barcan dunes and residual dunes occupied by shrub and / or arboreal restinga, which partially controls the intensity of morphodynamics, which varies from medium to strong. This unit reflects the evolutionary stage in Associated Mosaic of Biostasy and Resistasy. The Geofacies DInactive Pleistocene Dunes is located away from the coast line and presents mainly modeled with shrub/arboreal restinga. In general, the action of wind processes is reduced and the morphodynamics is weak. Such attributes confirm the stage of Biostasy with Regressive Dynamics. Although the Geofacies of the Dune Field Geosystem configure a dynamic of interdependence, they have specificities. The use and occupation of the land contributes so that these compartments are subject to problems related to the loss of biodiversity, coastal erosion and reactivation of the wind process, which have repercussions in the environmental and social context.

Keywords: Geosystemic compartmentalization; Dunes; Coastal plain; Morphodynamics; Estância.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Localização da área de pesquisa	17
Figura 2.1	Esboço de uma definição teórica de geossistema	29
Figura 2.2	Condicionantes de alterações de níveis gerais do mar e linhas de costa	43
Figura 2.3	Variação do nível médio do mar (Eustático) no Holoceno	44
Figura 2.4	Modelo de evolução de costa no Quaternário para o litoral Sudeste/Nordeste do Brasil	48
Figura 2.5	Nomenclatura e limites do sistema praial	60
Figura 2.6	Crédito e débito de sedimentos da praia	62
Figura 2.7	Tipos de dunas associadas ao ângulo de incidência de ventos	65
Figura 2.8	Estratigrafia de dunas a partir de deposição sedimentar	67
Figura 2.9	Principais morfologias de dunas	69
Figura 3.1	Precipitação em média anual em mm para Sergipe	79
Figura 3.2	Geologia da Planície Costeira de Estância	82
Figura 3.3	Uso e ocupação de terras da planície costeira de Estância em 2018	85
Figura 3.4	Plantações de coco sobre área de cordões litorâneos em Estância/SE	86
Figura 3.5	Orla da praia do Abais em Estância/SE	87
Figura 3.6	Erosão costeira e destruição de infraestrutura da orla da praia do Abais – Estância/SE.	88
Figura 3.7	Escombros de casas destruídas por erosão fluviocesteira nas margens do estuário Piauí-Real em Estância/SE	88
Figura 3.8	Geomorfologia Costeira da Planície Costeira de Estância	91
Figura 3.9	Depósitos de matéria orgânica, argila e silte associados à planície fluviomarina do Estuário Piauí/Real atualmente sem vegetação de mangue	93
Figura 3.10	Visão panorâmica de cordões litorâneos sobre terraço marinho com presença de lagoa intercordão – Estância/SE	94
Figura 3.11	Complexo lagunar nas proximidades de dunas continentais	94
Figura 4.1	Visão geral dos compartimentos geossistêmicos da planície costeira de Estância	96
Figura 4.2	Distribuição espacial do Geofácio Dunas Ativas Secundárias do Geossistema Campo Dunar - Planície costeira de Estância – Sergipe	98
Figura 4.3	A: Dunas primárias internas; B: Superfície de dunas primárias frontais	99
Figura 4.4	Dunas primárias diretamente integradas ao sistema praia-duna	99
Figura 4.5	Dunas de sombra observáveis nas proximidades da praia do Abais	100

Figura 4.6	Dunas <i>nebkhas</i> em estágio de fitofixação – Praia do Abaís – Estância/SE	100
Figura 4.7	Feições escarpadas esculpidas (em destaque) por agentes oceânicos – evidência de erosão em dunas primárias – proximidades da Praia do Abaís – Estância/SE	101
Figura 4.8	Lagoa intermitente formada em área de dunas primárias – Praia do Saco – Estância/SE	102
Figura 4.9	Lençol de dunas primárias migrantes recobrimdo superfície de deflação – Praia do Abaís	102
Figura 4.10	Representações da fauna que vive nas dunas primárias de Estância: A: Toca que serve de abrigo para espécies da fauna; B: Coruja-buraqueira (<i>Athene cunicularia</i>) que tem como um dos <i>habitats</i> a área de dunas primárias; C: Carcaça de caranguejo maria-farinha (<i>Ocypode quadrata</i>).	104
Figura 4.11	Aspecto da erosão costeira na orla da praia do Abaís – Estância/SE	105
Figura 4.12	Estruturas de enrocamento utilizadas para minimizar os eventos erosivos, na praia do Saco, Estância/SE	106
Figura 4.13	A: Construções de casas de veraneio; B: Descarte irregular de lixo em área de dunas primárias em Barra do Jubiabá, próximo à praia do Abaís – Estância/SE	106
Figura 4.14	Plantação de coqueiros em ambiente associado a dunas primárias nas proximidades da praia do Saco – Estância/SE.	107
Figura 4.15	A: Placas informam a proibição de circulação de veículos e construção na praia do Saco; B: Trilhas abertas em dunas primárias para acesso de veículos às praias - Praia do Abaís – Estância/SE	108
Figura 4.16	Distribuição espacial do Geofácies Dunas Ativas Secundárias do Geossistema Campo Dunar - Planície costeira de Estância/SE	110
Figura 4.17	Dunas ativas secundárias nas proximidades da praia do Saco – Estância/SE	111
Figura 4.18	Diferentes padrões de migração no Campo Dunar de Estância: A – Padrão de ruptura de deflação e parabólicas; B – Padrão barcana/barcanóide	112
Figura 4.19	Duna barcana migrando (linha preta representa face a sotavento) sobre área de vegetação – Campo Dunar de Estância	112
Figura 4.20	Monte residual (duna erodida) e dunas de sombra (no destaque) no Geofácies Dunas Ativas Secundárias – Campo Dunar , Estância/SE	113
Figura 4.21	Três tipos de feições do Geofácies Dunas Ativas Secundárias encontradas no Campo Dunar - Planície costeira de Estância; A: Duna livre; B: Duna semifixa; C: Duna fixa.	114
Figura 4.22	Superfície ou campo de deflação eólica e dunas do Geofácies Dunas Ativas Secundárias ao fundo – Campo Dunar de Estância/SE	115
Figura 4.23	Avanço de expansão urbana sobre áreas do Geofácies Dunas Ativas Secundárias – Campo Dunar de Estância/SE	116
Figura 4.24	Avanço de expansão urbana sobre áreas do Geofácies Dunas Ativas Secundárias – Campo Dunar de Estância/SE	116
Figura 4.25	Veículos automotres circulando sobre dunas secundárias e trilhas deixadas entre a vegetação colonizadora, nas proximidades da praia da Saco – Estância/SE	117

Figura 4.26	Mobilidade natural de dunas secundárias recobrando estruturas antrópicas nas proximidades da praia do Saco	118
Figura 4.27	A: Pista de pouso nas proximidades da praia do Saco; B: casa de veraneio do núcleo periurbano do Abaís, ambos em superfície de deflação – Estância/SE	119
Figura 4.28	Atividade de pecuária extensiva em superfície de deflação nas proximidades da praia do Abaís – Estância/SE	119
Figura 4.29	Distribuição espacial do Geofácies Dunas Inativas Pleistocênicas do Geossistema Campo Dunar - Planície costeira de Estância/Sergipe	121
Figura 4.30	Visão panorâmica da Lagoa dos Tambaquis (em primeiro plano) e dunas pleistocênicas ao fundo – Campo Dunar de Estância/SE	122
Figura 4.31	Dunas pleistocênicas inativas com cobertura vegetal arbustiva/arbórea em Estância/SE	123
Figura 4.32	Duna pleistocênica com solo exposto e escarpas erodidas resultante de intervenções antrópicas – Estância/SE	123
Figura 4.33	Lagoa permanente formada em depressão interdunar do Geofácies Dunas Inativas Pleistocênicas – Estância/SE	124
Figura 4.34	Área com indícios de remoção de areia, expondo os sedimentos das dunas inativas pleistocênicas à erosão - Campo Dunar de Estância - SE	125
Figura 4.35	A: Duna de sombra no Geofácies Dunas Inativas Pleistocênicas – indicativo da reativação de processos eólicos. B: Infraestrutura antrópica nas proximidades de dunas pleistocênicas - Planície costeira – Estância/SE	125
Figura 4.36	Condomínio instalado em área de dunas pleistocênicas, nas proximidades do limite dos municípios de Estância e Itaporanga D’Ajuda	126
Figura 4.37	Muro de condomínios são sinal evidente da pressão exercida pela expansão urbana sobre as lagoas associadas às dunas inativas pleistocênicas – Campo Dunar – Estância/SE	127

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1	Média mensal de velocidade dos ventos em Estância em m/s - Período de 2008 a 2011	77
Gráfico 3.2	Temperatura Média de Estância - Período entre 2006 e 2016	78
Gráfico 3.3	Temperatura Média de Estância - Período entre 2006 e 2016	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	Alguns conceitos para zona costeira	50
Quadro 2.2	Alguns conceitos para praias arenosas	57
Quadro 5.1	Síntese da compartimentação geossistêmica do Campo Dunar da Planície Costeira de Estância	128

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

UFS – Universidade Federal de Sergipe

PPGEO – Programa de Pós Graduação em Geografia

DGE – Departamento de Geografia

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

SEMARH - Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Sergipe

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CEMESE – Centro de Meteorologia do Estado de Sergipe

SINDA – Sistema Integrados de Dados de Ambientais

PCD – Plataformas de Coleta de Dados

BICEN – Biblioteca Central

EMDAGRO - Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA	15
1.1.1	Questões Norteadoras	16
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo geral	16
1.2.2	Objetivos específicos	16
1.3	RECORTE ESPACIAL PESQUISADO	17
1.4	METODOLOGIA	17
1.4.1	Procedimentos Metodológicos	21
1.4.1.1	<i>Trabalhos de campo</i>	21
1.4.1.2	<i>Análise e interpretação de materiais cartográficos e confecção de mapas temáticos</i>	22
2	ARCABOUÇO TEÓRICO-METODOLÓGICO E CONCEITUAL DA PESQUISA	24
2.1	TEORIA GERAL DOS SISTEMAS E GEOSISTEMA	24
2.2	PAISAGEM: CATEGORIA GEOGRÁFICA E SUPORTE DA ANÁLISE INTEGRADA	32
2.3	QUATERNÁRIO E GEOMORFOLOGIA COSTEIRA	37
2.3.1	Quaternário	37
2.3.1.1	<i>Repercussões do Quaternário na Costa do Brasil</i>	45
2.3.2	Zona costeira e seus agentes atuantes	48
2.3.2.1	<i>Agentes Costeiros</i>	52
2.3.3	Morfologias e dinâmicas do ambiente costeiro	57
2.3.3.1	<i>Praias Arenosas</i>	56
2.3.3.2	<i>Dunas Costeiras</i>	62

3	CONDICIONANTES AMBIENTAIS DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ESTÂNCIA	76
3.1	DINÂMICA CLIMÁTICA	76
3.2	GEOLOGIA	80
3.3	USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS	84
3.4	GEOMORFOLOGIA	89
3.4.1	Terraços Marinhos	90
3.4.2	Planície fluviolagunar e fluviomarinha	92
3.4.3	Lagoas costeiras	93
4	COMPARTIMENTAÇÃO GEOSISTÊMICA DO CAMPO DUNAR DE ESTÂNCIA	95
4.1	GEOFÁCIES DUNAS ATIVAS PRIMÁRIAS	97
4.2	GEOFÁCIES DUNAS ATIVAS SECUNDÁRIAS	109
4.3	GEOFÁCIES DUNAS INATIVAS PLEISTOCÊNICAS	120
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	127
6	REFERÊNCIAS	131

1 INTRODUÇÃO

A organização do espaço geográfico e a paisagem resultam de relações sistêmicas e dinâmicas entre fatores antrópicos, bióticos e abióticos. As trocas de matéria e energia são dependentes desses três fatores e atualmente o fator antrópico sobre os demais.

No contexto dos ambientes costeiros, as paisagens estão mais suscetíveis a mudanças, em razão dos seus elementos naturais que são comumente compostos de materiais inconsolidados, de granulometria fina, sendo suscetíveis ao transporte e alterações.

A vulnerabilidade dos ambientes costeiros em relação às atividades antrópicas tem crescido nos últimos anos, tendo em vista a expansão urbana, turística, e agrícola que se constituem um risco maior à instabilidade desses ambientes. Durante o período colonial, as primeiras ocupações do território brasileiro surgiram na faixa atlântica. No decorrer do tempo, a população concentrou-se nas áreas litorâneas do país, permanecendo assim até a atualidade. Por sua vez, o território sergipano é marcado por essa característica.

A relação sistêmica entre o meio ambiente e as ações humanas são fatores que caracterizam a paisagem geográfica. No caso da zona costeira sergipana, a planície costeira tem sofrido pressões e passado por transformações decorrentes, principalmente, dos tipos de uso e ocupação das terras das unidades morfológicas que a compõe. Desse modo, são potencializadas as alterações num ambiente cuja dinâmica natural é suscetível a mudanças em curto espaço de tempo.

A planície costeira é a unidade geomorfológica representativa desse ambiente. Ela é composta por feições formadas por depósitos quaternários, inconsolidados – terraços marinhos, cordões litorâneos, planícies fluviomarinha e fluviolagunar, entre outros. Dentre essas morfologias encontram-se as dunas, feições eólicas de composição arenosa que estão sujeitas a mobilidade. O processo de transporte e erosão das partículas de areia de granulometria fina proporciona alterações na paisagem em curto intervalo de tempo com possíveis desdobramentos sociais.

Essas condições se verificam em vários setores da zona costeira brasileira e sergipana, bem como no município de Estância. No segmento da planície costeira estanciana entre as praias do Abaís e do Saco pode-se constatar a mobilidade dunar na própria rodovia de acesso a esses locais, constituindo-se um problema ambiental com reflexos no contexto social.

Na paisagem da área de estudo é possível observar problemas socioambientais relacionados à ocupação irregular em áreas de morfologias que compõem o Campo Dunar ou

nas proximidades. O uso e ocupação das terras nesses ambientes provocam impactos na fauna e flora nativas, uma vez que as intervenções humanas alteram os *habitats*.

Considerando-se o exposto, essa pesquisa consiste em uma análise ambiental do Campo Dunar da planície costeira do município de Estância apoiada nas unidades de paisagem propostas por Bertrand (2004). A compartimentação geossistêmica da área deste estudo poderá subsidiar para ações de ordenamento territorial na área.

1.1 JUSTIFICATIVA

A mobilidade de dunas costeiras ocorre em áreas de inúmeros países que possuem litoral. As áreas adjacentes aos campos com dunas ativas estão sujeitas a problemas relacionados com o transporte de sedimentos arenosos pela ação eólica – recobrimento de áreas agrícolas e de rodovias, soterramento de residências e de lagoas interdunares, entre outros. Portanto, essa dinâmica natural pode causar prejuízos materiais, econômicos e sociais, em virtude da falta de planejamento do uso e ocupação das terras.

Na planície costeira do município de Estância/SE é perceptível a morfodinâmica no campo de dunas ativas, pois os sedimentos arenosos ocupam parcialmente as rodovias e ruas que dão acesso às localidades próximas, em particular, no setor que se estende da praia do Abaís à praia do Saco. Para evitar que o pavimento seja totalmente recoberto por areia, o órgão responsável pela manutenção da rodovia retira frequentemente os sedimentos transportados pelo vento. Essa prática é necessária para a conservação da infraestrutura viária, instalada na área de mobilidade dunar.

Localmente, esse e outros problemas que afetam as atividades agrícolas, residências e demais infraestruturas parecem estar associados à falta de estudos aprofundados sobre a dinâmica natural desse ambiente e seu devido ordenamento de uso, carecendo de mais pesquisas e planejamento ambiental adequados.

Por outro lado, as características da ocupação da área de estudo interferem na evolução natural da morfodinâmica dunar, ocasionando mudanças nas interações entre os elementos biofísicos, que conseqüentemente se traduzem em impactos nos *habitats* de fauna e flora. Além disso, as dunas frontais que integram o sistema praia/duna estão sendo degradadas pela expansão urbana e atividades agrícolas. Tal fato pode estar contribuindo para o avanço da erosão costeira em toda a área de pesquisa, tendo em conta que as dunas são elementos de proteção à costa.

Diante disto, essa temática é de relevância tanto no âmbito acadêmico, como para os gestores públicos, considerando a extensão da zona costeira brasileira e os ambientes que compõem as planícies costeiras aí situadas.

1.1.1 Questões norteadoras

O estudo ora proposto contempla um setor da planície costeira quaternária sergipana que necessita melhor conhecimento sobre a interação entre os elementos bióticos, abióticos e antrópicos, que condicionam a evolução do Campo Dunar do município de Estância/SE, de modo a minorar e/ou prevenir possíveis impactos socioambientais. A ênfase será dada às características fisionômicas e à morfodinâmica das unidades de paisagem que compõem este Campo Dunar.

Para a condução da pesquisa foram definidas as seguintes questões:

- Quais são os tipos de feições eólicas que compõem o Campo Dunar da área de estudo?
- Quais são as principais forçantes da morfodinâmica atuante nas unidades de paisagem que compõem o Geossistema Campo Dunar?
- A análise da morfodinâmica consiste num critério adequado para a aplicação da proposta geossistêmica em ambientes eólicos ou costeiros?
- Como as ações antropogênicas interferem na morfodinâmica e se no estado das unidades de paisagem do Campo Dunar da planície costeira de Estância?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Compartimentar o Campo Dunar da planície costeira do município de Estância/SE segundo o modelo teórico dos geossistemas.

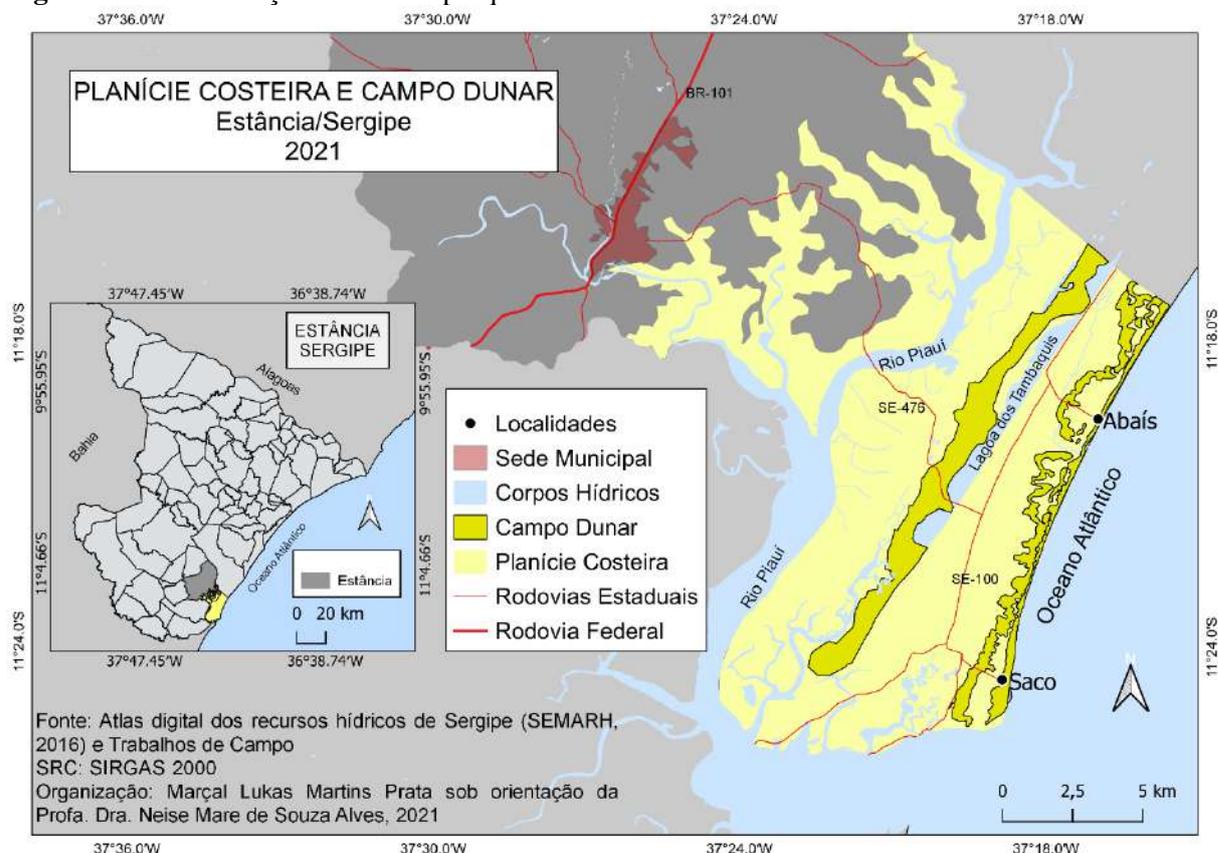
1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar as características das feições que compõem os compartimentos do Campo Dunar da planície costeira de Estância.
- Caracterizar a morfodinâmica atuante em cada unidade de paisagem que integra o Campo Dunar.
- Aplicar a proposta do modelo teórico dos geossistema ao Campo Dunar do município de Estância, considerando os aspectos das feições eólicas e da morfodinâmica atuante.
- Analisar as derivações antropogênicas nas unidades de paisagem do Campo Dunar, destacando as interferências na morfodinâmica.

1.3 RECORTE ESPACIAL PESQUISADO

A área de estudo compreende o Campo Dunar da planície costeira do município de Estância, situado no Litoral Sul estado de Sergipe (Figura 1.1). Segundo os dados do último censo de 2010, o município possui uma área de 644,48 km² e população com cerca de 64.409 habitantes (IBGE, 2018). Está localizado ao sul da capital sergipana Aracaju, a cerca de 45 km de distância. A principal via de acesso à área é pela rodovia estadual SE-100. O município tem seus limites administrativos ao norte com Itaporanga D’Ajuda, a noroeste com Salgado, a oeste com Arauá, sudoeste com Santa Luzia do Itanhhy, ao sul com Indiaroba e a leste com o oceano Atlântico.

Figura 1.1 – Localização da área de pesquisa



1.4 METODOLOGIA

O estudo foi norteado pela abordagem sistêmica (CAMARGO, 2005; CHRISTOFOLLETI, 1997; BERTALANFFY, 2010), tendo a paisagem como categoria de análise geográfica (BERTRAND, 2004). Os pressupostos apresentados por esses autores permitem compreender o funcionamento da paisagem de forma integrada, uma vez que compreendem a interrelação entre os elementos bióticos, abióticos e antrópicos.

Para alcançar os objetivos propostos adotou-se o modelo teórico-metodológico de Bertrand (2004) na compartimentação e a análise do estado das unidades de paisagem do

Campo Dunar da planície costeira de Estância, considerado neste estudo um geossistema. Nesta unidade as ações humanas se manifestam. Ela está composta por um mosaico de sub-unidades hierarquicamente subordinadas, cuja dinâmica em seus interiores apresenta maior homogeneidade em razão de suas características peculiares, e que também se reflete no conjunto – os Geofácies e os Geótopos.

Neste estudo a planície costeira foi considerada como o geossistema integrador dos geofácies do campo dunar, dessa forma foi necessário incluir toda a sua extensão nos produtos cartográficos aqui produzidos. Isso deve-se ao fato de que o campo dunar não é um ambiente isolado nas zonas costeiras e interage de forma dinâmica e cíclica com elementos costeiros circunvizinhos.

Para delimitar os compartimentos dos Geofácies que compõem o Campo Dunar, primeiramente foram observadas a extensão espacial dos conjuntos das morfologias dunares presentes na planície costeira estanciana, nas imagens de satélite do Google Earth (2018). Em seguida, durante os trabalhos de campo, observou-se a distribuição das feições eólicas na paisagem, e as mesmas foram caracterizadas de acordo com as tipologias apresentadas nos estudos de Sloss; Sheperd; Hesp (2012) e de Giannini *et al.* (2005).

Estes autores supracitados realizaram estudos em ambientes eólicos e definiram uma classificação para as morfologias encontradas, considerando os fatores de formação, aspectos fisionômicos e a morfodinâmica atuante.

A classificação proposta por Sloss; Sheperd; Hesp (2012) reúne dunas costeiras ativas de duas classes, primárias e secundárias. As dunas primárias são aquelas mais próximas ao sistema praial e têm sua dinâmica diretamente influenciada por forçantes oceânicas, pela presença e tipo de vegetação colonizadora predominantemente herbácea e rarefeita, que permitem a atuação de uma forte morfodinâmica. Dessa forma, ação dos ventos tem competência para transportar os sedimentos arenosos, constantemente. Como consequência, dificulta o acúmulo de matéria orgânica, o desenvolvimento de processos pedogenéticos e a formação de solo. Além disso, a ação da chuva atinge a cobertura areno-quartzosa de forma direta, e potencializa a erosão por efeito *splash* e escoamento superficial, quando ocorrem os maiores índices pluviométricos.

As dunas secundárias são caracterizadas por feições que evoluíram a partir de dunas primárias, estão afastadas da linha de costa e não têm influência direta dos agentes oceânicos. São dunas mais desenvolvidas em altura e tamanho, e possuem vegetação arbustiva e arbórea nos topos e na face a sotavento. A face a barlavento tem características semelhantes às dunas

primárias, ou seja, áreas de sedimentos expostos e vegetação herbácea, pois nessa face a ação eólica é mais intensa.

Portanto, a intensidade da morfodinâmica é diferenciada nas faces das dunas secundárias. Na face voltada a barlavento o transporte eólico atua de modo intenso, enquanto que no topo e a sotavento a proteção da vegetação interfere na ação dos processos dinâmicos. Dessa forma, o efeito *splash* é amenizado pela vegetação, bem como o escoamento superficial, que ocorre de forma difusa. Além disso, a vegetação age como obstáculo aos ventos, diminuindo a sua competência na remoção e transporte de sedimentos. Assim, a intensidade da morfodinâmica varia de média a forte.

De acordo com Giannini *et al.* (2005) dunas inativas são as que não apresentam morfodinâmica ativa e encontram-se estabilizadas. Geralmente são mais antigas que as dunas ativas e se encontram distante da linha de costa. Devido à sua estabilidade dinâmica, o desenvolvimento de processos pedogenéticos é favorecido pelo acúmulo de matéria orgânica, contribuindo para a formação de solo. Por conseguinte, apresenta uma vegetação densa e de maior porte, geralmente arbórea, onde o clima é favorável. Portanto, onde as características dessas morfologias estão preservadas, a intensidade da morfodinâmica atuante é fraca.

Os trabalhos de campo realizados na área de estudo, permitiram constatar que as características das feições dunares se assemelhavam àquelas apresentadas por Sloss; Sheperd; Hesp (2012) e por Giannini *et al.* (2005). Assim, adotou-se as classificações destes autores.

A individualização dos Geofácies foi embasada nos critérios relacionados à morfodinâmica (estágio de duna ativa ou inativa), distância das feições dunares em relação à linha de costa e as características da cobertura vegetal. Foram identificadas e delimitadas as seguintes unidades de paisagem: Geofácies Dunas Ativas Primárias, Geofácies Dunas Ativas Secundárias e a Geofácies Dunas Inativas Pleistocênicas.

Os estágios de evolução destes Geofácies foram classificados com base na “tipologia das paisagens” proposta por Bertrand (2004, p. 149), que a definiu apoiando-se na teoria da Bio-resistência de Henry Erhart. Para abordar a dinâmica sistêmica da paisagem, ele considerou três elementos: o sistema de evolução, o estágio atingido em relação ao clímax e o sentido geral da dinâmica (progressiva, regressiva, estabilidade). As categorias que compõem a classificação geossistêmica são apresentadas na sequência.

Os geossistemas em biostasia são ambientes em que

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 bioquímicos: 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 (BERTRAND, 2004, p. 149).

Os geossistemas em resistasia são aqueles em que

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. A geomorfogênese contraria a pedogênese e a colonização vegetal (BERTRAND, 2004, p. 150).

O autor referido subdivide estes dois grupos em sete subtipos dinâmicos. Aqueles enquadrados nos estágios de biostasia são: – geossistemas “ ‘climácicos’, ‘plesioclimácicos’ ou ‘subclimácicos’, onde o clímax é mais ou menos bem conservado”, as intervenções humanas são limitadas, e não comprometem o equilíbrio geral da unidade de paisagem ; – os geossistemas “ ‘paraclimácicos’, aparecem no decorrer de uma evolução regressiva”, revelando “uma modificação parcial do potencial ecológico ou da exploração biológica”, quase sempre de origem antrópica; – os geossistemas “degradados com dinâmica progressiva”, correspondem a áreas que sofreram intervenção antrópica, mas foram abandonadas e o clímax tende recuperar; e, – os geossistemas “degradados com dinâmica regressiva sem modificação importante do potencial ecológico”, estão relacionados às paisagens onde o potencial ecológico foi fortemente afetado por atividades antrópicas, em razão da intensa ocupação (BERTRAND, 2004, p. 149 e 150).

Os subtipos dos estágios em resistasia são: geossistemas “com geomorfogênese ‘natural’” – unidades onde “a erosão faz parte do clímax”, ou seja, o estado de resistasia em que se encontram deve-se aos atributos dos componentes ambientais; e os geossistemas “regressivos com geomorfogênese ligada à ação antrópica”, integrado por 3 tipos: geossistemas “em resistasia bioclimática”, no qual a geomorfogênese é ativa por intervenção antrópica; geossistemas “marginais em mosaico” compostos por geofácies com características biotásicas e resistásicas e geossistemas “regressivos e com potencial biológico degradado” desenvolvidos por ação antrópica, em uma paisagem que encontrava-se “em plena biostasia” (BERTRAND, 2004, p. 150).

A partir dessas conceituações relativas aos estágios dos geossistemas, optou-se por aplicar as mesmas tipologias na identificação do estágio dos Geofácies da área de estudo. Isso é justificado pelo próprio Bertrand (2004, p. 147) quando afirma que “o geofácies corresponde

[...] a um setor fisionomicamente homogêneo onde se desenvolve uma mesma fase de evolução geral do geossistema”. A taxonomia foi adaptada à realidade da área de estudo.

Os Geofácies do Geossistema Campo dunar foram enquadradas em três categorias de estágio – Geofácies em Resistasia com Geomorfogênese Natural e Antrópica, Geofácies em Mosaico Associado com Biostasia e Resistasia e, Geofácies em Biostasia com Dinâmica Regressiva.

1.4.1 Procedimentos Metodológicos

A realização dessa pesquisa requereu a adoção de diferentes procedimentos técnicos e uso de ferramentas de geoprocessamento para alcançar os objetivos propostos. Dentre estes destacam-se: pesquisas bibliográfica e documental, análise e interpretação de materiais cartográficos, confecção de mapas temáticos, análise de dados climáticos e trabalhos de campo.

Inicialmente, realizou-se as pesquisas documental e bibliográfica sobre os temas – Quaternário, Geomorfologia Costeira, Dunas Costeiras e os que se relacionam com a ciência geográfica – Sistemas Ambientais, Geossistemas e Teoria Geral dos Sistemas, entre outros. Os artigos, dissertações, teses e livros foram obtidos em bibliotecas virtuais de instituições de ensino superior, bem como na Biblioteca Central da Universidade Federal de Sergipe (BICEN/UFS). Por sua vez, os dados climáticos de temperatura (2006-2016) e de precipitação (2014-2018) foram obtidos no Centro de Meteorologia do Estado de Sergipe (CEMESE) e os econômicos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Os dados de velocidade de ventos foram coletados no *site* do Sistema Integrados de Dados de Ambientais (SINDA) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), gerados através de Plataformas de Coleta de Dados (PCDs) ou Estações Ambientais Automáticas. Com os dados brutos coletados foram geradas as médias de velocidade dos ventos em m/s, por mês, através do *software* Excell, a fim de conferir e analisar a variação da velocidade. Tentou-se buscar intervalos de tempo de 15 anos, porém, no *site* continham apenas dados entre abril de 2008 e março de 2011. Portanto, não permitiu fazer uma análise detalhada do comportamento eólico da área.

1.4.1.1 Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo foram iniciados após a interpretação de imagens de satélite e leitura da produção científica na abrangência da área de estudo. Foram realizados três trabalhos de campo com o intuito de observar a organização espacial da área, as características das morfologias do Campo Dunar, os tipos de uso e ocupação das terras e a ação dos processos

dinâmicos, de forma empírica. O primeiro aconteceu no dia 16/08/2019, tendo como foco a área adjacente à praia do Saco. A segunda visita a campo ocorreu em 29/11/2019, na praia do Abaís, e a terceira no dia 11/12/2020, foi planejada para cobertura total da área de estudo.

As campanhas de campo contribuíram para detalhar os setores do Campo Dunar da planície costeira de Estância sob diferentes aspectos, tendo sido realizado registros fotográficos dos componentes naturais e outros relativos às atividades antrópicas. Além disso, auxiliaram nas correções e complemento de informações dos mapas.

1.4.1.2 Análise e interpretação de materiais cartográficos e confecção de mapas temáticos

Nessa etapa, foram utilizados os materiais cartográficos disponíveis em *sites* de diferentes instituições, que serviram de base para a elaboração dos mapas temáticos deste estudo.

O mapa de localização teve como base os dados do Atlas Digital Sobre os Recursos Hídricos de Sergipe da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Sergipe (SEMARH, 2016). Para o processamento dos *shapfiles* utilizou-se o *software* QGIS versão 3.16.2.

Para a elaboração dos mapas de geologia e geomorfologia foram consultados o texto e o mapa geológico para o estado de Sergipe, escala 1:250.000, do Serviço Geológico do Brasil, (CPRM, 1997), Modelo Digital de Elevação do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (2011); quadrante 11s357, escala 1:250.000 e imagens de satélite, que permitiram observar as características da planície costeira do município de Estância e a evolução morfodinâmica do campo de dunas no setor entre as praias do Abaís e do Saco.

O mapa do Modelo Digital de Elevação do INPE auxiliou na delimitação dos *shapfiles* no QGIS 3.16.2. Para a Geologia foram identificadas 6 unidades: Terraços marinhos holocênicos (QHt); Terraços marinhos pleistocênicos (Qpa); Depósitos eólicos litorâneos atuais (QHe1); Depósitos eólicos continentais (Qpe1); Depósitos fluviolagunares (Qhf) e Depósitos de pântanos e mangues (QHp). Para geomorfologia foram delimitados, igualmente, 7 unidades morfológicas: terraços marinhos holocênicos e pleistocênicos; dunas costeiras ativas; dunas continentais; planície fluviolagunar, planície fluviomarinha e praia.

O Modelo Digital de Elevação do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (2011); quadrante 11s357, escala 1:250.000, e as imagens de satélite do Google Earth permitiram observar as características da planície costeira do município de Estância e a evolução morfodinâmica do campo de dunas no setor entre as praias do Abaís e do Saco.

Os mapas com a delimitação dos Geofácies tiveram como base os trabalhos de campo, imagens de satélite disponível no *software* Google Earth, o Modelo de Digital de Elevação do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, quadrante 11s357, escala 1:250.000, com os dados tratados no QGIS versão 3.16.2. O mapa de relevo sombreado foi mantido como fundo dos *shapefiles*, pois sua representação permite visualizar através do sombreado as características das feições do Campo Dunar do município de Estância.

O mapa com a representação dos índices pluviométricos foi gerado a partir da base de dados dos Atlas Digital Sobre os Recursos Hídricos de Sergipe (SEMARH, 2016), combinados através do *software* QGIS 3.16.2.

O mapa de uso e ocupação do solo foi confeccionado com base nas imagens de satélite disponíveis no Google Earth, nas informações coletadas em trabalho de campo e no Atlas Digital Sobre os Recursos Hídricos de Sergipe (SEMARH/2016). Utilizando a ferramenta de seleção de data das imagens do Google Earth, foi selecionada a imagem datada do ano de 2018, considerando que este é o material disponível nesta plataforma mais recente que não possui nenhuma obstrução por nuvens ou mesclagem em forma de mosaicos, como ocorre em outros casos.

Cruzando as informações foram identificadas as seguintes classes de uso e ocupação: Dunas (recreação, extração mineral, turismo e restinga), Núcleos urbanos, Praia (recreação, banho de mar e extração mineral), Cocoicultura, Pastagem/pecuária, Vegetação mista associada à pastagem e Vegetação arbustiva/arbórea, que estão representados por um conjunto de cores.

Durante a confecção dos mapas temáticos foi necessária a utilização de diferentes escalas de semidetalhe, entre 1:10.000 e 1:100.000, nos *softwares*, com intuito de obter melhor visualização das características dos ambientes nas imagens de satélite. Os produtos cartográficos finais estão representados no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000) e exportados na escala cartográfica 1:100.000.

O mapeamento de toda a planície costeira se deu necessário porque o Campo Dunar não está posto no ambiente de forma isolada. Dessa forma considerou-se pertinente a apresentação em mapas de todos os elementos da planície costeira de Estância

2 ARCABOUÇO TEÓRICO-METODOLÓGICO E CONCEITUAL DA PESQUISA

2.1 TEORIA GERAL DOS SISTEMAS E GEOSSISTEMA

Com forte influência na Geografia, principalmente no seu ramo físico, a Teoria Geral do Sistemas foi desenvolvida na primeira metade do século XX pelo biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy (UHLMANN, 2002). Para Bertalanffy (2010), essa teoria é sistematizada como uma ciência da totalidade, para contribuir para diversas ciências que trabalhem com “todos organizados”.

Na primeira metade do século XX, as teorias científicas ligadas à Física predominavam e assim não foi diferente com a elaboração da Teoria Geral dos Sistemas. De corpos orgânicos à toda organização do Sistema Solar e seus corpos celestes, os objetos de estudo passariam a ser estudado a partir de uma visão sistemática, de partes que se inter-relacionam e formam um todo.

O objetivo de Bertalanffy (2010) foi de elaborar uma teoria que sistematizasse uma visão de mundo integradora, sistematizada, organizada, funcional e dinâmica. Nesse sentido, Bertalanffy (2010), definiu sistemas como um conjunto de elementos em interação, já Christofolletti (1999, p. 4) definiu um sistema como “um conjunto organizado de elementos e interações entre os elementos, possui uso antigo e difuso no conhecimento científico”.

Com base na análise de Christofolletti (1999), entende-se que a noção de funcionamento sistemático de diversos elementos da realidade não é recente. Como afirma Uhlmann (2002), o soviético Alexander A. Bognadov já trabalhava com teorias sistêmicas no início do século XX, mas é atribuído a Bertalanffy o marco moderno ocidental que sistematizou, na época do pós-guerra, as novas ideias científicas da abordagem dos todos integrados.

De acordo com Tricart (1977), os estudos ambientais, assim como geográficos, podem encontrar na Teoria Geral dos Sistemas um bom aporte, pois os princípios dessa teoria trabalham os sistemas ambientais como uma totalidade dialética composta por elementos e fluxos de matéria e energia.

Segundo Uhlmann (2002, p.15), com base na Teoria Geral dos Sistemas, os sistemas ambientais têm sua organização caracterizada por um “todo que dá sentido para as partes que o compõe”. Na organização dos sistemas, existe uma certa hierarquia entre sistemas maiores e menores, onde a função de cada um é de relevante importância para os ciclos de matéria e energia nas inter-relações sistêmicas. Apesar desta organização hierárquica, um sistema menor não será menos importante para o equilíbrio do todo, pois todos os elementos são igualmente importantes para a dinâmica.

Camargo (2005) aborda que, para o sistema se manter em funcionamento, é necessário que haja uma troca constante entre energia e matéria, para a manutenção do equilíbrio dinâmico da totalidade sistêmica.

No espaço geográfico, quando existe uma mudança em algum elemento dos sistemas que o compõem, o resultado das relações entre esse elemento e outros componentes também muda. No sistema hidrológico por exemplo, a construção de barragens em um rio a montante altera toda a vazão do canal que conseqüentemente transforma as características a jusante (CHRISTOFOLETTI, 1981)

Com isso, sistema tende a retroagir, reagindo às mudanças como menor vazão de água, menor capacidade e competência de transporte de sedimentos. Esses fatores conduzem o sistema a uma adaptação para novas características e seu estado anterior será alterado por um novo, com o sistema tendo uma nova configuração.

Bertalanffy (2010) afirmou que os sistemas abertos, que são os mais comuns, ao interagir com outros sistemas ou elementos de *input* (entrada) e *output* (saída) podem sofrer mudanças que alterem suas características físicas.

Tais mudanças não alteram apenas as características abióticas do sistema porque conseqüentemente os elementos bióticos também são impactados e por sua vez modificando as características dos ecossistemas que compõem a área do sistema alterado.

Christofoletti (1999) afirma que os sistemas podem ser classificados de acordo com diversos critérios. Considerando o critério funcional distinguem-se os isolados e não-isolados. Os sistemas isolados são aqueles que não mantêm mais nenhum fluxo de energia ou matéria com sistemas que o circundam. Os sistemas não-isolados são os que mantêm relações com o ambiente circundante e estão em permanente fluxo de energia e matéria. Esse último tipo de sistema é subdividido em fechado e aberto.

No caso do sistema não-isolado fechado, existe fluxo de energia, mas não de matéria, o sistema hidrológico é um exemplo, onde o fluxo de energia é bastante ocorrente, na troca de estado entre gasoso-líquido-sólido, mas a matéria se mantém permanente em todo planeta. Os abertos são os mais comuns e que mantêm constante fluxo de energia e matéria Christofoletti (1999).

Outra classificação tipológica para os sistemas segundo Christofoletti (1999), é a que distingue o sistema simples, complexo, mas desorganizados e complexo e organizado. No primeiro tipo, a organização do sistema pode ser compreendida através de leis newtonianas através da previsibilidade. Nos dois últimos, a organização é mais complexa e não ocorre

dinâmica previsível. Nos complexos desorganizados, a interação entre os elementos é feita de maneira fraca ou acidental. No sistema organizado há alto grau de regularidade de fortes conexões entre seus elementos.

Prigogine e Stengerls (1984), trazem alguns princípios para analisar um sistema a partir de estrutura da totalidade, de identidade do sistema, de autocriação-auto-organização e da estrutura hierárquica.

A estrutura do sistema é a organização a partir a interconectividade dentro do sistema resultante da inerente integração dos seus componentes. A identidade do sistema mostra que cada sistema possui suas características, seja ele um subsistema ou um sistema mais complexo (MORIN, 1997). A autocriação é a capacidade do sistema de se reorganizar a partir de mudanças ocorridas, envolvendo novas funções e estruturas.

A estrutura hierárquica mostra que os sistemas podem ser classificados por escalas de magnitudes, onde cada um possui um subsistema. Para exemplificar, pode-se citar a planície costeira, que é um sistema complexo que possui outros subsistemas, como os sistemas de dunas, manguezais, praia e estuário, que interagem entre si e possuem também subsistemas. (PRIGOGINE; TENGERS, 1984)

O espaço geográfico possui uma variabilidade incontável de elementos e inter-relações. Ele tem sua estrutura sistêmica complexa e possui relações entre fatores abióticos, bióticos e antrópicos e apesar de existirem relações entre esses sistemas cada um mantém suas próprias características, e sua identidade individual.

A autocriação do espaço geográfico pode ser percebida em mudanças ambientais geradas a partir de mudanças antrópicas por exemplo, que alteram a dinâmica natural do sistema. Vale ressaltar que a autocriação não ocorre apenas por consequências antrópicas e sofrem modificações cíclicas naturais.

Segundo Prigogine e Stengerls (1984), existem nos sistemas mudanças dinâmicas ou reversíveis e termodinâmicas ou irreversíveis. Na primeira, a dinâmica interna dos sistemas não sofre consideráveis desordens, pois não modifica suas características iniciais. Na segunda ocorre uma modificação nas características do sistema causada por uma relevante quantidade de fluxo de energia maior do que se pode suportar conduzindo ao estado de desordem.

Uma teoria que sustenta a ideia da irreversibilidade dos sistemas é a Teoria do Caos pois afirma que algumas dinâmicas mesmo que tenham seus fluxos com características sem alterações, podem sofrer pequenas variações internas e romper a previsibilidade. Para Capra (1996) os sistemas caóticos tem como uma das características principais a irreversibilidade.

Para esses autores, sistemas caóticos e complexos são a essência evolutiva do universo, onde a partir da desordem, organizam-se e reorganizam-se.

O meio ambiente não é estático, diversas vezes eventos caóticos acontecem e reorganizam o ambiente (PRIGOGINE E STENGERLS, 1997). Um evento caótico pode ser destacado como um terremoto que apesar de serem conhecidos não podem ser previstos e em muitos eventos sísmicos a paisagem acaba sendo modificada, influenciando na organização do meio ambiente e do espaço geográfico.

De acordo com Capra (1996), a dinâmica dos sistemas se baseia na ordem e desordem que pode ser conduzida pelo processo de entropia, que é a distribuição de energia entre os sistemas. O equilíbrio do sistema depende da quantidade de energia utilizada para o seu trabalho dinâmico. Se um sistema recebe quantidade energética maior que o necessário para a sua dinâmica ocorre uma desordem que causa a reorganização a partir do acúmulo de energia não utilizada.

Para Morin (1997, p. 84) “concebe-se que o devir cósmico é cascata de acontecimentos, acidentes, rupturas, morfogêneses. E este caráter repercute em todas as coisas organizadas, astro ou ser vivo, que tem em sua origem e seu fim, algo de factual.” Dessa forma, entende-se que os estudos do meio ambiente não podem ser embasados em preceitos lineares ou de previsibilidade.

Nesse sentido, surge a Teoria da Complexidade, rompendo com a ideia de que a dinâmica da paisagem e dos sistemas pode ser previsível através de princípios gerais e de que as características futuras possam ser descritas de uma forma simplificada. A ideia da teoria é mostrar que os sistemas são organizações complexas, de difícil entendimento e admitir que o acaso pode gerar novas totalidades.

A própria totalidade é algo complexo, segundo Camargo (2005) existem duas abordagens sobre o que é totalidade nesse debate de complexidade: uma que afirma que a totalidade é algo formado a partir da somatória das partes e uma imutabilidade e outra que aborda a totalidade com algo superior à soma das partes, encontrando-se em constante mutualidade, gerada a partir da interconectividade complexa de seus elementos internos.

E como aborda Camargo (2005) a Teoria da Complexidade vê a totalidade a partir da ordem-desordem e continuidade-descontinuidade no processo de dinâmica nos sistemas, onde quanto mais rica e maior é a organização, maior é desordem, já que vão existir mais elementos em interconectividade.

É importante ressaltar que essa forma de abordagem não classifica essa desordem como algum malefício à organização dos sistemas, mas como uma característica inerente à suas relações complexas e que deve receber atenção através a abordagem sistêmica e da Teoria da Complexidade.

Ao considerar o meio ambiente, o espaço geográfico, a paisagem ou qualquer outra categoria de análise de forma organizada, sistêmica, dinâmica e complexa, a Teoria Geral dos Sistemas, é um bom aporte teórico para dar fundamentação em trabalhos científicos. Para a Geografia, é necessário que os pesquisadores estejam atentos para a visão de um sistema integrado entre elementos bióticos, abióticos e antrópicos.

A sistematização da ciência geográfica no século XX teve um arcabouço teórico muito influenciado pela Teoria Geral dos Sistemas, que levou importantes geógrafos a desenvolver a teoria sistêmica da geografia que ficou conhecida como Geossistema, sendo introduzida inicialmente pelo soviético Sotchava, depois retrabalhada e implementada por outros teóricos, como o francês Bertrand e por brasileiros, como Monteiro e Ab'Saber.

Com o desenvolvimento da Teoria Geral dos Sistemas na primeira metade do século XX, várias ciências foram influenciadas, fato que não foi ignorado pela Geografia. A partir dos preceitos desta teoria e da junção desta com a análise da paisagem, surgiu o conceito de Geossistema.

Como afirmou Sotchava (1977, p.3), à época, o reconhecimento do estudo de geossistema era também o reconhecimento da Geografia enquanto ciência sistematizada, pois esse conceito estabeleceu os “assuntos a serem investigados por um geografo-físico definindo, claramente, o seu conteúdo”. Para Braido (2015), foi o supracitado teórico russo, que na década de 1960 introduziu na ciência geográfica o termo geossistema pela primeira vez. Para Pissinati e Archela (2009), Sotchava desenvolveu para a Geografia um sistema adaptado a partir dos conceitos sistêmicos das ciências biológicas que usavam o ecossistema como base de análise.

Por ter influência ecossistêmica em sua gênese, o conceito de geossistema ser confundido com ecossistema. Pensando nisso, Ross (2006) afirmou que o ecossistema tem ênfase nos fatores biológicos, focando na área de desenvolvimento de certa espécie animal ou vegetal e não tem um limite espacial estabelecido, sendo homogêneo. Enquanto o geossistema é contemplado por elementos diferentes, interdependentes, o que torna sua fisionomia, de certo modo, heterogênea.

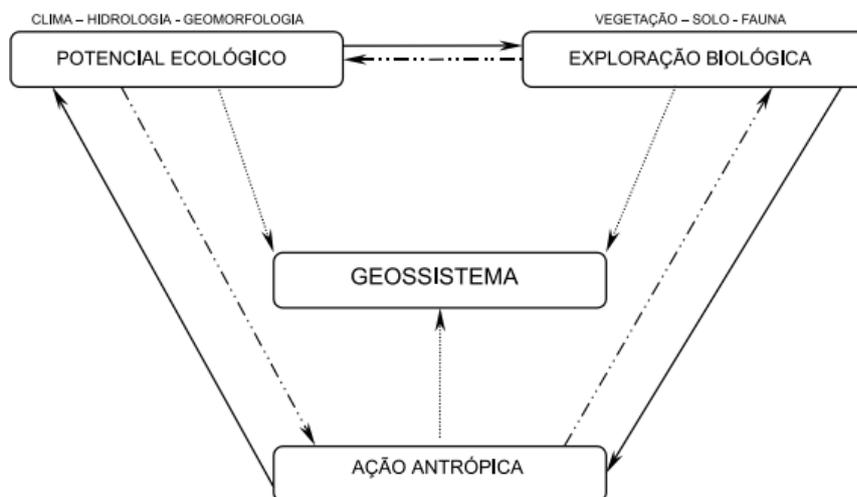
De acordo com Dias e Santos (2007, p. 3), o geossistema foi criado para “descrever a esfera físico-geográfica, que apresentava características de um sistema, com base no fato de

que as geosferas terrestres estariam interrelacionadas por fluxos de matéria e energia” e era formado pelo resultado da combinação de fatores geológicos, climáticos, geomorfológicos, hidrológicos e pedológicos associados a certos tipos de exploração biológica. Tal associação expressa a relação entre o potencial ecológico e a exploração biológica e o modo como esses variam no espaço e no tempo, conferindo dinâmica ao geossistema.

Mesmo que Sothava (1977) afirmasse que deveriam ser considerados todos os fatores antrópicos, como o social, cultural e econômico nas análises físico geográficas, Pissinati e Archela (2009) ressaltam que foi apenas a partir das concepções do francês Georges Bertrand que os fatores antrópicos foram inseridos como parte integrante do geossistemas em sua análise integrada da paisagem.

Dias e Santos (2007) consideram que a partir do fator antrópico como integral ao geossistema, Bertrand formulou uma base tríplice (Figura 2.1) para sistematizar o funcionamento geossistêmico, que seria a partir do potencial ecológico: processos geológicos, climatológicos, geomorfológicos e pedológicos (a mesma evolução); a exploração biológica: o potencial biótico (da flora e da fauna naturais) e a ação antrópica: sistemas de exploração socioeconômicos.

Figura 2.1 – Esboço de uma definição teórica de geossistema.



Fonte: Bertrand (2004).

Nesse mesmo sentido, Monteiro (2001) enfatizando seus trabalhos com geossistemas no Brasil, defendia a inserção do antrópico nos estudos geossistêmicos ao se preocupar com as repercussões da dinâmica na relação homem/natureza. De acordo com Dias e Santos (2007), ao definir paisagem, Monteiro afirmou que esta é um sistema aberto, uma unidade de análise geográfica global, “geo sistema”.

Para Monteiro (2001), trabalhar a paisagem de forma integrada, um geógrafo deve considerar a dinâmica geossistêmica, que enfoca nos elementos naturais e antrópicos, fundindo usos, recursos e problemas. Ao comentar o que aprendeu com outros geógrafos, como Brian Perry, o mesmo autor ressaltou a importância de trabalhar o planejamento a partir de uma abordagem que incorpora elementos bióticos, considerados ecossistêmicos, mas não só estes, pois também deve-se considerar os elementos antrópicos, incluindo os aspectos políticos, econômicos e culturais.

Ainda segundo Monteiro (2001), numa dinâmica geossistêmica dominada pelos fatores antrópicos, há um poder político governante que exerce força sobre os demais elementos do geossistema, controlando-o. Sendo assim, para entender a dinâmica de um sistema geográfico, deve-se primeiro identificar qual é o elemento predominante que rege as relações sistêmicas e os fluxos de matéria e energia.

Ainda sobre Monteiro, Christofolletti (1999, p. 43) afirma que o autor considera que o geossistema constitui um “sistema regular, complexo, onde interagem os elementos humanos, físicos, químicos, e biológicos, e onde os elementos socioeconômicos não constituem um sistema antagônico e oponente, mas sim estão incluídos no funcionamento dos sistemas.

Christopherson (2012) ao comentar a influência da Teoria Geral dos Sistemas na geografia física, mostra alguns modelos de geossistema, podendo ser destacado um sistema litorâneo que possui suas entradas e saídas de matéria e energia (radiação solar, transporte de sedimentos), ações (ondas, correntes, ventos e marés) e os impactos humanos.

A partir de todas essas discussões, Bertrand e Bertrand (2009, p. 35) definiram o geossistema como “situado numa determinada porção do espaço, sendo o resultado de combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução”.

Além de conceituar, de acordo com Archela e Rosolem (2010, p. 3), Bertrand preocupou-se em diferenciar o ecossistema de geossistema, sendo que o primeiro é o “ambiente vivido de uma espécie animal, em que esse apareceu e se desenvolveu, relacionando com os demais elementos do seu ambiente, definido seu limite para cada ecossistema”. Enquanto geossistema, “relaciona elementos distintos, que são diferentes um do outro, de forma heterogênea, formado por paisagens desiguais que representam estágios de sua evolução”.

Numa busca de uma taxonomia das paisagens a partir da ótica geossistêmica, Bertrand e Bertrand (2009, p. 38) indicam que o “sistema de classificação finalmente escolhido comporta

seis níveis temporo-espaciais; de uma parte a zona, o domínio e a região; de outra parte, o geossistema, o geofácies e o geótopo”.

Esses níveis são classificados de forma hierarquizada, sendo a zona o nível maior, com abrangência planetária, as zonas climáticas são um exemplo. O menor deles, o geótopo, com abrangência de poucos quilômetros ou metros quadrados, podendo ser utilizados como exemplo, refúgios de matas endêmicas.

O geossistema é o nível que se destaca em relação a importância para a Geografia, pois “é nesta escala que se situa a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem e que evoluem as combinações dialéticas mais interessantes para o geógrafo” (BERTRAND; BERTRAND, 2009, p. 39).

O geossistema, nessa classificação taxonômica é subdividido em outras duas escalas menores, os geofácies e o geótopo. São unidades da paisagem que se mostram dentro de um geossistema de forma heterogênea e que podem contribuir para uma análise de paisagem mais detalhada. Para Bertrand (2004), o geofácies se definem facilmente no interior de cada geossistema, porque eles correspondem sempre a uma combinação característica, os geótopo estão relacionados às morfologias de microfaunas.

Colocando em prática, num geossistema de planície costeira, poderia ser considerado geofácies um cordão dunar, enquanto um baixio alagado (*dunes slacks*) entre duas dunas poderia ser considerado um geótopo.

Cada uma das paisagens geossistêmicas se caracteriza por uma determinada interação entre os componentes naturais, o qual origina sua dinâmica de desenvolvimento. Dessa forma, no tocante aos estudos das paisagens e sua classificação é necessário seguir alguns critérios que Rodriguez e Silva (2002) apresentam como tipologia e regionalização.

A tipologia significa distinguir as unidades pela sua semelhança e repetição, dependendo de determinados parâmetros de homogeneidade. A regionalização significa determinar as unidades pela sua personalidade e individualidade. As duas categorias se complementam, mas elas não são idênticas. Tem, ainda, diferentes valores e utilidades para o planejamento e a gestão ambiental e territorial. (RODRIGUEZ; SILVA, 2002, p. 98).

Além disso, a classificação de paisagens enquanto sua taxonomia não deve seguir padrões genéricos e sim parâmetros específicos. Dessa forma, cada uma das unidades da hierarquia ou do sistema de unidades taxonômicas deverá ser definida por determinados índices ou parâmetros diagnósticos claros e precisos.

Em sua dinâmica sistêmica, Bertrand (2004, p. 147) afirma que os geossistemas podem alcançar o estado de *clímax*, que é quando “há um equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica.” Por ser dinâmico, os geossistemas raramente alcançam o estado de *clímax*, por isso ele é formado de paisagens diferentes que representam os diversos estágios da evolução.

2.2 PAISAGEM: CATEGORIA GEOGRÁFICA E SUPORTE DA ANÁLISE INTEGRADA

O uso do termo paisagem tem inúmeros significados, que variam de acordo com o tempo histórico como também da concepção filosófica. A aceção da paisagem, ao longo dos anos, passou de uma visão romântica e artística/cultural para um objeto de estudo, numa tentativa de construção de observação científica da realidade, transitando de uma abordagem naturalista até as relações do ser humano com a natureza.

Bertrand (2004, p. 141) afirma que

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. A dialética tipo-indivíduo é próprio fundamento do método de pesquisa.

Mas para chegar a esse e outros conceitos elaborados por Geógrafos, a construção da categoria analítica paisagem passou por diversas transformações ao longo dos anos.

Para Bertrand e Bertrand (2009), os conceitos de paisagem variam também de acordo com a área do conhecimento, ao passo em que o ecólogo enforcará seus estudos nos elementos biológicos, o geólogo dará ênfase aos elementos litosféricos, enquanto os climatólogos classificará as paisagens a partir do clima.

Até o século XVIII, a paisagem era trabalhada a partir de uma visão romântica, contemplativa e artística da natureza. De acordo com Salgueiro (2001), nos entremeios dessa época, a paisagem Natural era vista como algo selvagem, distante do ser humano, construindo uma visão de realidade dicotômica entre homem e natureza, algumas vezes de antítese entre as duas partes.

A partir do século XIX, surgem os debates de sistematização da ciência geográfica, esse evento com mais de meio século ficou conhecido como a Geografia Tradicional (BRITTO; FERREIRA, 2011). Durante os acontecimentos desse período histórico, a paisagem torna-se para a Geografia o seu objetivo de análise característico, numa dualidade entre paisagem natural e paisagem cultural.

Sobre a culturalidade da paisagem, Bertrand e Bertrand (2009), afirmam que esta é essencialmente cultural, pois é um objeto socializado, uma imagem, que só existe através do fenômeno fisiológico da percepção e da interpretação sociopsicológica.

Contudo, para o autor supracitado, mesmo que paisagem seja cultural, ela não deixa de ser uma estrutura natural, concreta e objetiva, isto é, independe do observador. Nesse sentido, Bertrand e Bertrand (2009, p. 290) afirmam que antes de ser um objeto, a paisagem é historicamente uma “ferramenta, campo, cidade ou fábrica, destinada a consumir bens de consumo: colheitas animais e vegetais, habitar, meio de transporte, etc.”

Ainda para Bertrand e Bertrand (2009), a maioria dos estudos de paisagem está limitada a uma dualidade entre natureza-sujeito e natureza-objeto. A primeira, ligada a existência social através de um processo que vai da interpretação social e o segundo está ligada à existência espontânea da paisagem, uma realidade que existe independente da observação.

Para a ciência geográfica o primeiro uso de paisagem como conceito geográfico naturalista foi feito por Alexander Von Humboldt, no século XIX (PISSINATI; ARGELLA, 2009), em viagens subsidiadas por mandatários europeus, para conhecimento de territórios mais propícios para a ocupação e quais modos de uso seriam utilizados para cada território de paisagem estudada.

O alemão Humboldt é considerado o pai da geografia física, pois já no século XIX ele se preocupou em analisar os diversos elementos da paisagem e como um influenciava o outro. Como afirma Duana e Chaparro (2011), Humboldt deu relevante aporte para o conceito de paisagem da época com uma visão coerente e funcional da superfície terrestre.

Segundo Britto e Fernandes (2011), no início do século XX a categoria paisagem perde força em debates em detrimento da abordagem de Espaço. Contudo, por volta da década de 1970, com a Geografia Crítica, embasada pelo marxismo, a paisagem ressurge com ênfase Humanista e Cultural, “assentadas na fenomenologia, no existencialismo, na retomada da matriz historicista, na subjetividade, intuição, nos sentimentos, na experiência, no simbolismo e na contingência, privilegiando o singular” (BRITTO; FERNANDES, 2011, p. 2).

No século XX, é também quando surge a preocupação de minimizar a dualidade da ciência entre geografia humana e física. De acordo com Salgueiro (2001), é nesse contexto que a paisagem aparece com um conceito integrador entre os elementos bióticos, abióticos e antrópicos numa determinada área.

Dessa forma, a paisagem deixa de ter uma abordagem estritamente física, passando para um conceito que foca nas dimensões físicas, mas que considera os elementos e ações humanas.

Ainda no século XX, as abordagens de paisagem passaram a ter uma conotação influenciada pelo desenvolvimento da Teoria Geral dos Sistemas. Nessa ótica, para alguns autores, as paisagens têm configuração sistemática e complexa, pois estas são resultado da existência de sistemas ambientais que interagem entre si.

Nesse sentido, como mostra Salgado (2001), o desenvolvimento da “ciência da paisagem” esteve muito ligado ao desenvolvimento da biogeografia, geomorfologia, muito próximos da ecologia.

No cenário influenciado pela ecologia, Metzger (2001) mostra que existem duas formas de abordagem da paisagem, uma voltada para o lado geográfico preocupada principalmente com a atuação do homem e de suas necessidades, pois a análise é feita a partir da ocupação do território dentro de uma temporalidade onde o homem age em amplas dimensões. A outra forma é a abordagem ecológica caracterizada pelo estudo voltado para uma ou várias espécies e suas características biológicas, no qual a análise espaço-temporal não é tão importante e a ação e percepção da espécie terão maior relevância. O autor afirma que essa bifurcação de abordagem caracteriza a ecologia da paisagem (METZGER, 2001).

É no contexto embasado pela Teoria Geral dos Sistemas que o conceito de Geossistema é inserido como objeto geográfico. Conceito trabalhado por autores como Sotchava (1977) e Bertrand (1972), assim como Monteiro (2001), no Brasil.

No cenário da análise da paisagem a partir da Teoria Geral dos Sistemas, a paisagem aparece como o resultado da relação homem/natureza. Além disso, as paisagens são feitas por dois vetores, a forma (configuração) e a funcionalidade (dinâmica sistêmica entre elementos abióticos, bióticos e antrópicos).

Como mostra Britto e Ferreira (2011) a ciência da paisagem na Geografia foi influenciada por Jean Tricart pela sua Ecogeografia ou Geoecologia. É dessa forma que é inserido nas análises geomorfológicas os conceitos da Ecodinâmica: pedogênese e morfogênese.

Ao tratar a paisagem influencia pela Teoria Geral dos Sistemas, pode ficar um tom de valorização das ciências físicas. Mas a Geografia não trata apenas disso, pois é uma ciência muito abrangente.

Nesse contexto, Manosso (2009) salienta que para um estudo que apreenda a funcionalidade do objeto, ao observar a paisagem deve-se considerar tudo o que compõe a mesma, desde os aspectos sociais, até os elementos bióticos e abióticos. O mesmo autor ainda ressalta que tais aspectos e elementos não estão dispostos no espaço de forma independente, pois todos fazem parte de uma dinâmica de inter-relações.

Dentro dessa ótica, Ross (1991) defende uma Análise Integrada da Paisagem cuidadosa para definir a escala e abrangência de estudo, pois com tantos elementos compondo um ambiente, as paisagens são caracterizadas por uma heterogeneidade que dificulta uma delimitação bem definida delas. Sendo assim, faz-se necessário o maior número de informações quantitativas e qualitativas para sintetizar a organização, estrutura e comportamento homogêneos de uma paisagem a ser estudada.

Manosso (2009) demonstra a importância de considerar a estrutura da paisagem no estudo dela. O autor considera que a paisagem é composta por uma estrutura que se comporta e varia de forma vertical e horizontal. A estrutura horizontal se comporta de acordo com sua variação no horizonte, nas ordens “morfológica, estrutural, litológica, pedológica, climática e geomorfológica, além da cobertura vegetal natural e/ou dos vários usos urbanos e agrários”. E a estrutura vertical é composta pela “atmosfera, passando pela superfície edáfica, incidindo sobre a cobertura vegetal, as águas superficiais e subsuperficiais, chegando até a rocha mãe” (MANOSSO, 2009, p. 83).

Uma das formas de entender o funcionamento sistêmico de uma paisagem é considerar que o motor que impulsiona o funcionamento das estruturas é principalmente a energia do Sol em associação com a gravidade do Planeta Terra. Ambas acionam processos químicos e físicos que constroem o funcionamento das diferentes Paisagens no planeta.

Nesse caminho, entender a configuração paisagística é de suma importância para o ser humano, pois toda a sua estrutura e funcionamento influencia na forma como ocupamos e usamos o espaço. Além disso, é preciso considerar que o elemento antrópico não está fora da paisagem, pois na realidade somos parte integrante e transformadora dela.

Para entender todos os elementos da paisagem algumas vezes é necessário que o geógrafo busque informações em outras áreas do conhecimento. A Geografia é uma das ciências que mais utiliza da interdisciplinaridade para seus estudos, além disso, os estudos geográficos estão embasados em considerações que englobam diversos aspectos da realidade. Christofolletti (1993), afirma que a Geografia estuda as organizações espaciais.

Nos estudos da paisagem, o mesmo autor afirma que a análise engloba estruturação, funcionamento, e dinâmica dos elementos físicos, biogeográficos, sociais e econômicos que constituem os sistemas espaciais da mais alta complexidade. Nesse sentido, o autor destaca que sob a perspectiva sistêmica destacam-se dois componentes básicos, o primeiro constitui o campo da Geografia Física e o segundo o campo da Geografia Humana.

Christofoletti (1999, p. 41) entende que

A Geografia Física, como subconjunto da Geografia, preocupa-se com o estudo da organização espacial dos *sistemas ambientais físicos*, também denominados de geossistemas. Como a expressão concreta na superfície terrestre constitui a relevância espacial para a análise geográfica, torna-se necessário que os componentes do geossistema surjam ocupando territórios, que sejam visualizados em documentos tais como fotos aéreas, imagens de radar e de satélites e outros documentos, sendo sensíveis à observação visual. Deve-se distinguir as fontes fornecedoras de energia e matéria, responsáveis pela dinâmica do sistema e as redes de circulação envolvidas no processo de interação, servindo de canais de fluxo.

Sendo assim, entende-se que uma análise geográfica, seja ela da área física ou humana e independente da metodologia usada, deve abranger todos os elementos que estão inseridos num geossistema, estudando o objeto de forma integrada.

Ao discutir a os estudos de paisagem de forma integrada Guerra e Marçal (2006) mostram que o esquema a ser utilizado na Análise Integrada deve englobar os diversos aspectos da paisagem geossistêmica, dentre eles estão – geologia, solo, vegetação, uso e ocupação do solo – que forma os sistemas bióticos, abióticos e antrópicos.

Para Maciel (1974) *apud* Camargo (2005) a análise sistêmica deve considerar que os sistemas são compostos de elementos ou partes, porém não somente destes. Camargo (2005) ressalta que é necessário incluir dois aspectos: o conjunto das relações que ligam entre si os elementos do sistema e o conjunto das atividades desses elementos, pois todo sistema implica sempre a existência de um processo operacional.

Por outro lado, Christofoletti (1999) ressalta que quando se conceituam os fenômenos dos sistemas, uma das principais tarefas está em identificar os elementos, seus atributos e suas relações, a fim de delinear com clareza a extensão abrangente do sistema em análise.

Para Tricart (1977), os sistemas estão em constante mudança devido a sua determinada dinâmica e a análise sistêmica é o melhor artifício para estudar o meio ambiente, considerado que essa metodologia engloba os estudos dialéticos que considera não apenas totalidade ou as partes dela, mas também as suas relações, sejam estas nos aspectos bióticos, abióticos ou antrópicos.

De acordo com Guerra e Marçal (2006), Carl Troll ao desenvolver a Ecologia da Paisagem, desenvolveu uma ciência multidisciplinar a partir de uma visão holística, espacial e funcional dos sistemas naturais e culturais, englobando de forma dialética os aspectos naturais e antrópicos. As ideias de Troll foram muito importantes no desenvolvimento da análise integrada em Geografia.

Monteiro (1978, p. 52) afirma que o geossistema constitui um

sistema singular, complexo, onde interagem os elementos físicos, humanos, químicos, e biológicos, e onde os elementos socioeconômicos não constituem um sistema antagônico e oponente, mas sim estão incluídos no funcionamento do sistema.

Sendo assim, o autor brasileiro entende que a análise com viés geográfico de uma paisagem é pertinente quando é feita de forma integrada e sistêmica, considerando todos os aspectos naturais e sociais bem como as suas relações.

Para Manosso (2009, p. 83)

as unidades de paisagem também se organizam sobre o território em função de uma série de atributos temporais e espaciais que na maioria das vezes são de difícil delimitação e por isso, o método de abordagem integrada ou sistêmica procura associar o máximo possível de informações quantitativas e qualitativas do ambiente para assim poder sintetizar a organização das unidades homogêneas, dotadas de um comportamento e uma estrutura própria.

Manosso (2009) demonstra a importância de visualizar toda a estrutura da paisagem no seu estudo. O autor considera que a paisagem é composta por uma estrutura que se comporta e varia de forma vertical e horizontal. A estrutura horizontal se comporta de acordo com sua variação no horizonte, nas ordens “morfológica, estrutural, litológica, pedológica, climática e geomorfológica, além da cobertura vegetal natural e/ou dos vários usos urbanos e agrários”. E a estrutura vertical é composta pela “atmosfera, passando pela superfície edáfica, incidindo sobre a cobertura vegetal, as águas superficiais e subsuperficiais, chegando até a rocha mãe” (MANOSSO, 2009, p. 83).

2.3 QUATERNÁRIO E GEOMORFOLOGIA COSTEIRA

2.3.1 Quaternário

O termo Quaternário tem origem associada às concepções elaboradas no século XVII, quando N. Steno em 1669 idealizou a lei da superposição de camadas, na qual os sedimentos eram acamados horizontalmente, sendo que os depósitos mais recentes ficavam acomodados em estratos mais superficiais dos ambientes de deposição. É considerado o período mais recente em termos de escala geológica (LABOURIAU, 1994).

Segundo Suguio (2010), em 1760, o professor G. Arduíno, ao fazer a estratigrafia das rochas da região montanhosa do norte da Itália, utilizou os termos Primário (período mais antigo), Secundário (período intermediário) e Terciário (período mais recente) para subdividir as eras de origem e deposição/acomodação das rochas. Posteriormente, os termos Primário, Secundário e Terciário foram substituídos por Paleozoico, Mesozoico e Cenozoico, respectivamente.

O período Terciário foi determinado como característico das formações de sedimentos cascalhosos, arenosos e argilosos. Em 1810, o termo Terciário é utilizado por G. Cuvier, ao estudar estratigraficamente a Bacia Sedimentar de Paris. Por sua vez, a denominação Quaternário foi oficializada em 1829 por J. Desnoyers, referindo-se a depósitos marinhos associados a restos animais e vegetais que atualmente vivem no planeta (SUGUIO, 2010).

Considerável parte das áreas costeiras ao redor do mundo é formada a partir da deposição de sedimentos com gênese na transgressão e regressão do nível do mar no período Quaternário. Esses ambientes estão constituídos por morfologias sedimentares como terraços marinhos, praias arenosas, campos de dunas e etc. A presença de praias arenosas em zonas costeiras é um importante indicador de que esse ambiente teve origem no período do Quaternário.

Chritofolletti (1980, p. 128) afirma que é principalmente do Plioceno e Quaternário que se distingue “formas subaéreas atualmente submersas nas águas oceânicas, assim como verifica-se a existência de formas e terraços escalonados, esculpidos por morfogênese marinha, localizados a várias altitudes acima do nível do mar”.

Guerra e Cunha (2009), ressaltam que os geomorfólogos têm como base da configuração de linha de costa os processos associados ao ajustamento morfológico ao nível do mar pós-glacial, tendo o nível marinho atingido seu máximo há cerca de 7.500 anos A.P. (Antes do Presente). Além disso, em algumas áreas do Brasil, a exemplo do intervalo entre Salvador e Santa Catarina, os autores supracitados afirmam que os eventos de deposição e formação de zonas costeiras atuais tem como datação períodos que tiveram seu ponto máximo de elevação do nível do mar há cerca de 2.600 anos A.P. Essas datações remetem a escala de tempo geológica recente, estando dentro do período Quaternário.

Suguio (2010) afirma que o Quaternário está subdividido em duas épocas, Pleistoceno e Holoceno. Os limites entre as duas épocas têm como base as camadas deposicionais relacionadas aos fósseis de seres vivos ainda viventes no planeta, sendo o Holoceno a época correspondente a esses depósitos, logo, a mais recente. Os depósitos do Pleistoceno correspondem a cerca de 70% dos seres vivos ainda viventes, os outros 30% já estão extintos.

Segundo Mendes (1984) e Labouriau (1994), existem algumas divergências sobre o limite de transição entre as duas épocas. Para Mendes (1984), o Holoceno pertence a um intervalo cronológico posterior à última glaciação, frequentemente referido como 10 mil anos Antes do Presente. Labouriau (1994) defende a existência de um limite, o qual deve ser fixado no intervalo de 10 mil anos A.P., em razão da constatação, nesse período, de mudança climática que diversos autores consideram o final do Pleistoceno. Além disso, a partir de 10 mil anos A.P. é quando o ser humano começa a adquirir meios de interferir e perturbar o meio ambiente, estando as ações antrópicas registradas em diversos ambientes originados do Quaternário.

O limite inferior do Pleistoceno, que por consequência, é período inferior do Quaternário, tem datação de cerca de 180 milhões de anos A.P. Esse limite é determinado pela fase de transição Plioceno-Pleistoceno, sendo Plioceno a última época do período Terciário. Para Suguio (2010), o Pleistoceno é subdividido em três partes, superior, média e inferior, sendo superior a parte mais recente.

Para determinar a datação da fase de transição entre Terciário e Quaternário, vários indicadores foram utilizados, tais como métodos relativos (MENDES, 1984) a partir de elementos sedimentológicos, paleoecológicos, biocronológicos e magnetoestratigráficos, ou métodos absolutos, como a datação radiométrica, como por exemplo no uso do carbono-14 (EICHER, 1996).

Segundo Suguio (2010), os indicadores de mudanças ambientais podem estar condicionados por variações relacionadas aos paleoclimas glaciais, com fases de aquecimento e resfriamento global que moldaram as características do planeta, como as biofísicas e até mesmo as antrópicas. Nos ambientes costeiros, essas oscilações estão relacionadas à regressão e transgressão marinha, condicionadas pelo congelamento e degelo de águas de acordo com a fase climática.

Souza *et al.* (2005), afirmam que as variações deposicionais dos ambientes oriundos do Quaternário são de difícil diferenciação, pois durante todo o período de 180 milhões de anos passados ocorreram cerca de dezesseis glaciações com duração média de 100 mil anos cada. E de uma fase glacial para a outra, as deposições de cada uma estão sobrepostas. Os intervalos entre estas são conhecidos por interglaciações, cada uma com um período de cerca de 20 mil anos de duração.

Para minimizar as dificuldades em entender o passado a partir dos registros, Suguio (2010), baseia-se em Kaizuka (1978), para utilizar alguns princípios fundamentais na geomorfologia do Quaternário:

- Uma superfície geomorfológica contínua denota simultaneidade ou sincronidade (contemporaneidade);
- Uma superfície de erosão é mais recente que a superfície geomorfológica anterior à erosão;
- Uma superfície geomorfológica soterrada é mais antiga que a superfície de sedimentação do material de cobertura ou de preenchimento (2010, p. 34).

De acordo com esses conceitos básicos foi possível estabelecer a cronologia de ambientes, como por exemplo, bacias sedimentares, e estabelecer a datação da formação deles de acordo com a sua estratigrafia e estado de conservação ou erosão.

Em virtude das sobreposições de sedimentos ao passar do tempo, a fase paleontológica mais conhecida está entre o final do Pleistoceno e todo o Holoceno, num intervalo de 15 mil anos A.P. Segundo Labouriau (1994), isso ocorre porque é deste intervalo de tempo que é originada a maior parte das informações paleontológicas contidas em ambientes estudados. Apesar de ser um curto pequeno no tempo geológico, estudar esses últimos 15 mil anos de informações é muito importante para entender as ações antrópicas sobre os ecossistemas naturais.

Segundo Neto e Nery (2005), apesar das dificuldades em diferenciar as datações de cada glaciação e interglaciação, a hipótese de que cada fase glacial tem 100 mil anos e as interglaciações 20 mil anos é bem aceita no meio científico. Tal hipótese é fundamentada de acordo com as variáveis de Milantokovitch.

Diversos fatores podem alterar a temperatura média do planeta e condicionar as fases de glaciação, dentre eles estão os movimentos tectônicos, vulcanismo, entrada de corpos celestes no planeta, ciclo solar e ultimamente as atividades antrópicas. Eles não agem de forma isolada, sendo assim, o clima global resulta da sua soma. Por conta dessa variação, algumas controvérsias surgem na ciência sobre as causas de alterações climáticas.

Contudo, de acordo com Labouriau (1994), a Teoria de Milantokovitch parece ser muito bem aceita para explicar as variações climáticas e surgimento de diversas fases glaciares e interglaciares no Quaternário. Segundo Neto e Nery (2005, p. 31) a Teoria de Milantokovitch

sugere que fatores ligados os movimentos orbitais da Terra, como as alterações da distância da Terra em relação ao Sol, obliquidade da elíptica e a geometria da orbita terrestres em torno do Sol são os principais causadores das mudanças climáticas, inclusive da origem das glaciações.

É importante ressaltar que apesar da teoria de Milantokovitch ser amplamente defendida no meio científico, ela não é considerada o único fator de desencadeamento de um período glacial. Segundo Labouriau (1994), o mais provável, para os cientistas, é de que esses períodos surjam a partir da soma algébrica dos diversos fatores que condicionam o clima no planeta.

As várias Idade do Gelo no Quaternário deixaram marcas registradas em diversos ambientes, com as quais foi e é possível ler o passado geológico recente. Dentre essas marcas registradas, estão feições como cordões litorâneos (antigas cristas praias) em áreas de planície costeira, registro em rochas de rastros de antigas geleiras, fósseis de plantas com composição relacionadas a uma paleoclima diferente do atual etc. Tais registro podem caracterizar transgressão ou regressão marinha. (SUGUIU, 2003).

Para Mendes (1984), a transgressão marinha materializa-se por uma sucessão de sedimentos marinhos, com um perfil ideal em forma de cunha que recobre, progressivamente, áreas da borda continental previamente expostas. Já uma regressão, para Suguio (2003), se materializa de diversas formas, um dos exemplos são os terraços marinhos, cordões litorâneos e planícies costeiras.

Mendes (1984) mostra que se uma transgressão é seguida de uma regressão, sem interrupções, o registro será de uma sedimentação simétrica no ABCBA, tendendo a mostrar um sistema cíclico evolutivo desses dois eventos. Quando o padrão não é este, entendeu-se que a variação entre transgressão e regressão foi assimétrica.

Com todos os estudos sobre o Quaternário e suas fases de resfriamento e aquecimento, o que se entende nos dias atuais é que durante as Idades do Gelo, ou de glaciação, por consequência da temperatura média do planeta ser menos elevada, a tendência é que as águas dos oceanos fiquem mais frias e se congelem, concentrando-se nos polos e geleiras. Com menos água em estado líquido nos oceanos, o nível médio global do mar tende a baixar, aumentando as áreas marginais dos continentes em direção aos oceanos, resultando em regressão marinha.

Pelo contrário, nas fases de interglaciação, com temperatura média mais baixa, a tendência geral no planeta é de que as águas congeladas nos polos e nas geleiras tendam a derreter e voltarem para os mares e oceanos. Dessa forma, o nível médio do mar em todo o planeta tende a se elevar, causando o afogamento de áreas costeiras, com o resultado disso existe transgressão marinha.

Labouriau (1994) e Neto e Nery (2005), alertam que variações no nível relativo ou médio do mar e por consequência da linha de costa, não estão ligas estritamente à regra de variação entre Idade do Gelo e fase interglacial.

Labouriau (1994), afirma que não é possível desvincular a variação dos níveis médios marítimos das mudanças climáticas, como também não é possível desassociar dos movimentos verticais e horizontais da crosta terrestre, que correspondem a eventos geológicos. Para exemplificar, pode-se citar a elevação de áreas de encontro de placas tectônicas, a exemplo da

Costa Oeste da América do Sul. A alteração do nível relativo do mar nesse ambiente está associada não só às mudanças climáticas, mas também ao surgimento dos Andes. É preciso considerar também os níveis de deposição de sedimentos do fundo oceânico, fator que pode aumentar ou diminuir o espaço em que as águas estão confinadas.

No mesmo sentido, Coe e Church (2002) afirmam que as mudanças no nível do mar e de linha de costas estão associados a dois condicionantes, que são alterações no volume da água do mar e das bacias que contém a água marítima. Os mesmos autores trazem uma diferenciação entre nível médio do mar (Eustasia) e nível do mar relativo. Para Coe e Church (2002), nível médio do mar (Nível do Mar Eustático), está associado ao cálculo total de todo o volume de água dos oceanos em relação a um dado fixado, geralmente baseado no centro da Terra. Já o nível relativo do mar tem relação com mudanças locais, ou seja, o dado em questão está associado a uma base fixada localmente.

Além disso, o aumento ou redução das calotas polares e geleiras, alteram o peso do gelo sobre o continente, podendo fazer com que a plataforma continental abaixe ou suba de acordo com a pressão sobre ele. Este é um princípio básico da isostasia, que segundo Coe e Church (2002), é a teoria que propõe que o equilíbrio dos diversos compartimentos da crosta terrestre está condicionado pelas diferenças de densidade entre as matérias que a compõe.

Suguió *et al.* (2005) mostram no esquema a seguir quais são os principais condicionantes de alteração nos níveis de mar e nas linhas de costa durante o Quaternário, de acordo com fatores globais, regionais e locais

As variações dos paleoníveis do mar são controladas principalmente por:

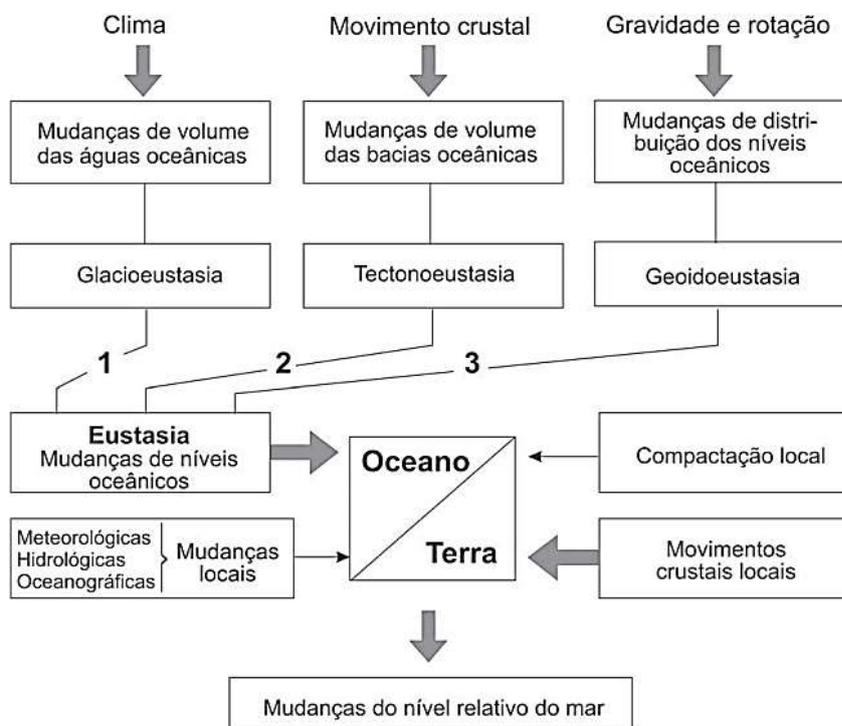
- a) flutuações nos volumes das bacias oceânicas, principalmente em consequência da tectônica de placas, causando a tectonoeustasia;
- b) flutuações nos volumes das águas contidas nas bacias oceânicas, principalmente por fenômenos de glaciação (formação de geleiras) e de deglaciação (fusão de geleiras), dando origem à glacioeustasia; e
- c) deformações das superfícies oceânicas, principalmente por causas gravitacionais, causando a geoidoeustasia.

Por outro lado, as mudanças dos paleoníveis dos continentes são controladas por:

- a) movimentos tectônicos, tanto horizontais como verticais, que afetam a crosta terrestre por mecanismos de dinâmica interna, cujas escalas temporais de atuação variam desde geológicas (muito longas) até instrumentais (instantâneas), como os movimentos sísmicos;
- b) movimentos isostáticos relacionados às variações nas sobrecargas exercidas pela expansão (glaciação) ou retração (deglaciação) das calotas glaciais sobre os continentais ou ainda pela deposição e erosão em bacias sedimentares ou pela transgressão e regressão sobre as plataformas continentais (hidroisostasia); e
- c) deformações das superfícies continentais, devidas principalmente a causas gravitacionais. (SUGUIÓ *et al.*, 2005, p. 115).

A Figura 2.2 ilustra de forma detalhada o esquema apresentado pelos mesmo autores

Figura 2.2 – Condicionantes de alterações de níveis gerais do mar e linhas de costa



Fonte: Suguio *et al.*, (2005)

De acordo com o esquema apresentado acima é possível observar que as variações no nível relativo do mar e nas linhas ao redor de todo o planeta não tem apenas um condicionante. Sendo necessária a interpretação integrada de todos estes fatores de acordo com especificidades locais. Contudo, como mostram Suguio (2010), Suguio *et al.* (2005), Labouriau (1994), Mendes (1984) e dentre outros, as mudanças climáticas é fator de suma importância como condicionante para flutuação do nível médio dos mares.

Silva *et al.* (2004) exemplificam bem como as alterações no nível relativo do mar podem variar no mesmo intervalo de tempo. Segundo os autores, trabalhos realizados no Brasil e nos Estados Unidos mostram que nos últimos 10 mil anos A.P. as variações do nível relativo do mar tomaram comportamentos divergentes. Enquanto no Brasil o nível relativo do mar alcançou um máximo transgressivo de 4 metros acima do nível atual há 5100 anos A.P., nos EUA a tendência foi de regressão, com um máximo de 15 metros abaixo do atual nível relativo daquele país.

Os gráficos contidos na Figura 2.3, exemplificam a variação do nível médio do mar (eustático) calculada para o Holoceno. Segundo Bird (2007), em altas latitudes, onde a terra soergueu, resultou-se na queda do nível do mar (a); em média latitudes, o nível do mar subiu e

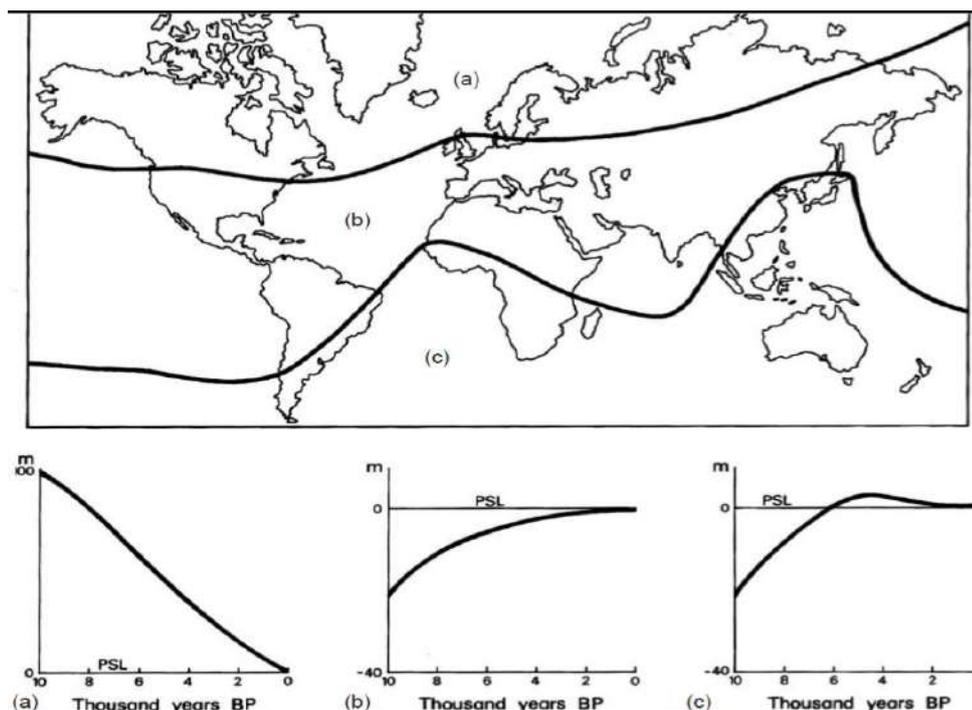
se mantém estável nos últimos 2000 anos A.P. (b); na maior parte do hemisfério sul e no Sudeste da Ásia, aparentemente o nível do mar estava acima do atual entre 3000 e 6000 anos A.P., e desde então tem caído.

Essas demonstrações fortalecem a tese de que, apesar do nível médio do mar ser condicionado pelo clima, com suas diversas fases, a depender de características e variações locais e regionais, o nível relativo do mar tenderá a ter comportamentos distintos de local para local.

A partir de evidências e estudos sobre mudanças no nível médio do mar, entende-se que atualmente a Terra está passando por período interglacial, no qual o clima é mais quente do que nas fases glaciais. Os indicadores para tal afirmação podem ser observados na diminuição de calotas polares e geleiras e a consequente elevação do nível do mar geral. Eventos de transgressão marinha não são raros no planeta, como afirma Labouriau (1994), existem evidências de fases nas quais calotas polares e geleiras eram menores do que atualmente, além dos níveis de mar atuais não serem mais baixos já registrados.

Labouriau (1994) alerta que se o nível médio do mar subir cerca de 50 metros acima do atual, todas as cidades litorâneas ficarão com partes ou completamente submersas. Sendo assim, os estudos climáticos, principalmente no Quaternário são de relevância para o ser humano, considerando que as áreas costeiras abrigam a maior parte da população mundial e os efeitos de elevação do mar podem ser devastadores para algumas localidades.

Figura 2.3 – Variação do nível médio do mar (Eustático) no Holoceno



Fonte: Bird (2007)

2.3.1.1 Repercussões do Quaternário na Costa do Brasil

O Brasil possui uma das zonas costeiras mais extensas do mundo, com perímetro envolvente de 5900 km a mais de 9200 km de linha real margeando o Oceano Atlântico (VILLWOCK *et al.*, 2005). Por conta disso, a nossa costa foi visitada por diversos cientistas buscando estudar as repercussões ocasionadas pelos eventos de glaciação e interglaciação ocorridos no Quaternário.

A zona costeira do país é um importante campo de estudos sobre geomorfologia costeira e Quaternário, pois a costa brasileira apresenta uma diversidade de ambientes que estão dentre os mais variados do mundo. No Brasil, podem ser encontrados desde costões rochosos no Sudeste, a planícies costeiras no Norte-Nordeste, campos de dunas, extensos deltas, como o do Rio São Francisco e do Amazonas, falésias e dentre outros.

Dentre os trabalhos realizados no Brasil sobre geomorfologia costeira do Quaternário podem ser citados Martin e Suguio (1975), Martin *et al.* (1979), Bittencourt *et al.* (1983), Suguio *et al.* (1985) e Dominguez *et al.* (1990). De acordo com Suguio *et al.* (1985), até os anos 1960 os estudos sobre os eventos do Quaternário eram escassos no país. Contudo, segundo os mesmos autores, algumas evidências sobre alterações no nível do mar e linha de costa do Brasil já haviam sido constatadas, como nos estudos de Hartt (1870), Branner (1904), Freitas (1951) e Bigarella (1965) e até mesmo nos estudos de Charles Darwin no século XIX.

Apesar de parte da costa brasileira ser composta por elementos do Quaternário, é importante ressaltar que nem todas as morfologias e ambientes encontrados na costa têm origem nesse período. Do Sul do estado da Bahia ao Sudeste brasileiro, podem ser visualizados costões rochosos, que são parte do Complexo Cristalino de datação do Pré-Cambriano, segundo Martin e Suguio (1975, pg. 253) o “Complexo Cristalino Pré-Cambriano são parcial e localmente cobertos por aluvião e coluvião continental.”

Em relação a origem de aluviões e coluviões que recobrem alguns pontos do escudo cristalino do Brasil, a datação é do Terciário. Martin *et al.* (1979, p. 235) afirmam que “o Terciário foi marcado por uma importante sedimentação de detritos de rios anastomosados. Essa sedimentação cobriu as formações do Pré-Cambriano assim como as do Cretáceo e se estende do estado do Rio de Janeiro até a Amazônia.”

Essa cobertura de sedimentos aluvionais e coluvionais deu origem ao que é conhecido por Formação Barreiras. Em alguns pontos da costa brasileira a Formação Barreiras está diretamente em contato com o mar, onde são encontradas falésias ativas, como nos estados da

Bahia, Alagoas, Pernambuco e Paraíba. Em outros locais do país têm-se a presença de falésias inativas, constatando paleoníveis do mar acima do atual.

No Brasil, os depósitos associados ao Quaternário têm relação com a descarga fluvial que transporta sedimentos para a costa (SOUZA *et al.*, 2005). Por se tratar de um país com extensas bacias hidrográficas, como a do rio Amazonas e do São Francisco, os depósitos de sedimentos do Quaternário formam diversos ambientes ao longo da costa. Não existem evidências de depósitos glaciais ou periglaciais, já que no Brasil não ocorreram glaciações relacionadas ao Quaternário.

Os sedimentos associados ao Quaternário no Brasil têm uma predominância granulométrica de areia, porém, em alguns pontos, são encontrados depósitos argilosos e seixos (MARTIN; SUGUIO, 1975). As bacias deposicionais do Quaternário em geral formam ambientes com baixo gradiente de declividade e de altitudes pouco elevadas, pois estão próximos ao nível do mar. A partir do retrabalhamento de sedimentos por agentes costeiros (ondas, correntes, marés e ventos), formam-se diferentes feições em áreas dominadas por deposição do Quaternário, dentre elas estão: planície costeiras; terraços marinhos, fluviais e lagunares; cordões litorâneos; campos de dunas etc.

Essas feições se formaram nos eventos de transgressão e regressão marinha dentro do intervalo das glaciações e interglaciações do Quaternário, desde a época do Pleistoceno. Alguns estudos foram realizados para fazer a datação dos eventos, tais quais sua síntese pode ser encontrada em Dominguez (1981), Bittencourt *et al.* (1983), Suguio *et al.* (1985), Suguio *et al.* (2005), Suguio (2003).

Um modelo de evolução com 8 estágios foi elaborado por Dominguez (1981), e reconhecido por Suguio (2005, p. 123), como válido “para o trecho do litoral brasileiro entre Macaé (RJ) e Recife (PE), podendo ser estendido até o Rio Grande do Norte”. O modelo tem a seguinte configuração

- a) Estágio A (deposição dos sedimentos continentais da Formação Barreiras) Após um longo período de clima quente e úmido do fim do Terciário, que deu origem a um espesso manto de intemperismo (regolito), o clima tornou-se semiárido e caracterizado por chuvas [...] Os produtos dessa erosão foram transportados predominantemente por movimentos de massa (gravitacionais) até os sopés das montanhas, na forma de leques aluviais coalescentes.
- b) Estágio B (Máximo da Transgressão Antiga) O limite atingido pelo máximo dessa transgressão é indicado por uma linha de falésias mortas (escarpas inativas) esculpidas em sedimentos da Formação Barreiras.
- c) Estágio C (deposição dos sedimentos continentais pós-Barreiras) [...] o paleoclima readquiriu as características semiáridas. Essas condições paleoclimáticas propiciaram a sedimentação de novos leques aluviais nos sopés das escarpas esculpidas na Formação Barreiras. Eles foram registrados nos estados da Bahia e Sergipe.

d) Estágio D (Máximo da Penúltima Transgressão) Há cerca de 120.000 anos A.P., o paleonível relativo do mar situava-se 8 ± 2 m acima do atual. [...] os sedimentos continentais dos estágios precedentes foram parcialmente erodidos e os cursos fluviais inferiores dos rios foram afogados e transformados em estuários e lagunas.

e) Estágio E (construção de terraços marinhos pleistocênicos) Teve início uma nova regressão (recoo do mar), quando terraços arenosos cobertos por cristas praias foram formados, originando-se extensas planícies costeiras.

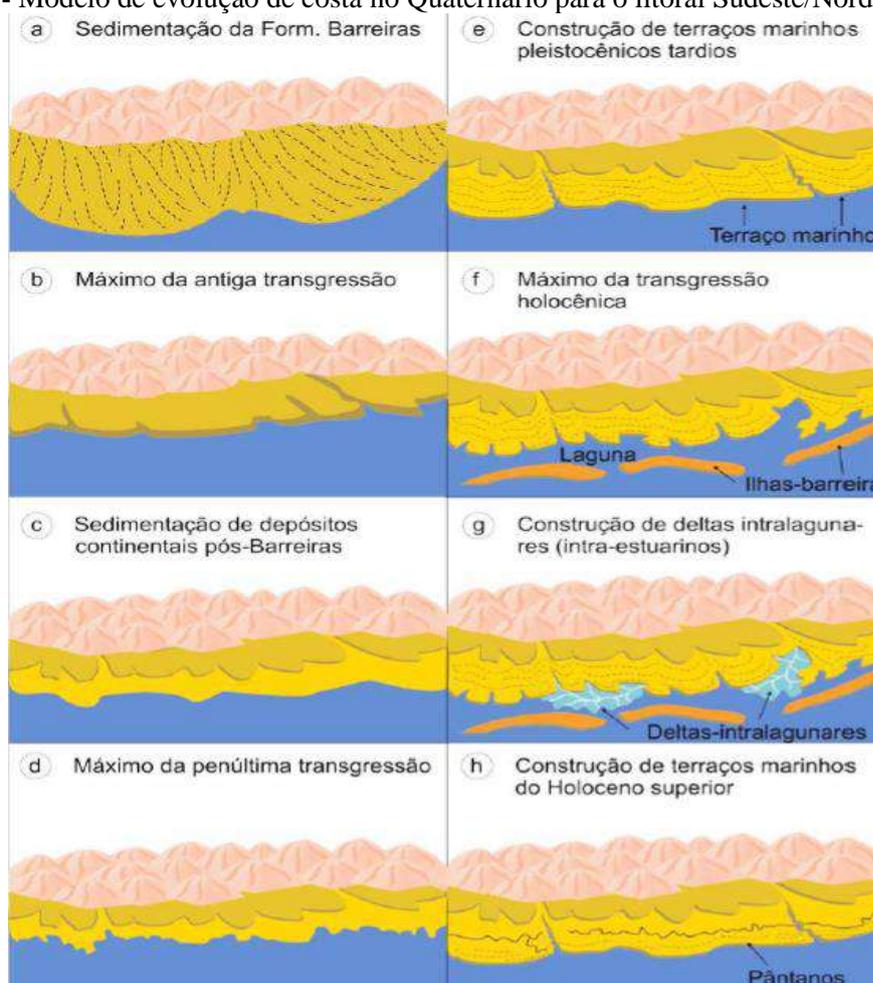
f) Estágio F (Máximo da Última Transgressão) Entre 6.500 e 7.000 anos A.P., o paleonível relativo do mar atingiu o atual e, a seguir, passou por um máximo situado 4 a 5 m acima do atual há cerca de 5.500 anos A.P. Durante essa transgressão, os terraços pleistocênicos foram total ou parcialmente erodidos

g) Estágio G (construção de deltas intralagunares) Quando um rio desembocava nessas lagunas, despejando as suas águas e os sedimentos, formava-se um delta intralagunares (ou intraestuarinos), cujas dimensões dependiam dos tamanhos das lagunas e dos rios.

h) Estágio H (construção de terraços marinhos holocênicos) Após cerca de 5.500 anos A.P., o paleonível relativo do mar sofreu descensão progressiva até a posição atual, não sem antes passar por rápidas oscilações. Concomitantemente à construção dos terraços marinhos, a descensão do paleonível relativo do mar causou uma gradual transformação de lagunas em lagos, seguidos por pântanos e, só então, os rios passaram a fluir diretamente no oceano. (SUGUIO *et al.*, 2005 p. 122, modificado de DOMINGUEZ *et al.*, 1981).

O modelo de evolução foi materializado numa arte (Figura 2.4) por Dominguez *et al.* (1981) e modificada por Suguio *et al.* (2005). De acordo com Suguio *et al.* (2005) e Suguio (2003), esse modelo evolutivo sofreu críticas no meio científico pois não conseguiu explicar a presença de algumas feições ao longo da zona costeira brasileira. Isso ocorre pois como já comentado, as flutuações no nível relativo do mar são determinadas por incontáveis fatores e suas variantes, dificultando diagnósticos e prognósticos generalizados para formação de ambientes, mesmo estes sendo de épocas mais recentes.

Figura 2.4 - Modelo de evolução de costa no Quaternário para o litoral Sudeste/Nordeste do Brasil



Fonte: (SUGUIO *et al.*, 2005 p. 124, modificado de DOMINGUEZ *et al.*, 1981).

Apesar de embates, o modelo evolutivo mostrou-se coerente em diversos pontos da zona costeira brasileira, como é observável em Martin e Suguio (1975), Martin *et al.* (1979), Suguio *et al.* (1985) e Dominguez *et al.* (1990).

2.3.2 Zona costeira e seus agentes atuantes

Em trabalhos científicos lusófonos que tem as proximidades do oceano como objeto de pesquisa é comum encontrar conflitos de uso dos termos litoral e zona costeira. Essa confusão pode estar associada à adaptação dos termos *littoral*, *shore* e *coastal zone* presentes nas literaturas anglófonas.

Partindo do termo litoral, referências como Vilwoc (2001) e Guerra (1993) utilizam a definição de litoral equivalente ao termo anglófono *shore*. Guerra (1993, p. 266) classifica como “faixa de terra emersa, banhada pelo mar”. Já Vilwoc (2001) remete-se a litoral como “a faixa compreendida entre as linhas de mais alta e mais baixa maré”. Essas definições convergem para

o significado do termo inglês *shore* que é a “zona entre o limite da água em maré baixa e o limite superior de ação das ondas” (BIRD, 2008, p. 2. tradução nossa).

Contudo, é importante ressaltar que existe na língua inglesa um termo mais semelhante a litoral do que *shore*, que é *littoral* ambos com ascendência românica do latim (LEWIS, 1961). Como argumenta Lewis (1961), o termo *littoral* era usado originalmente para se referir às áreas continentais de borda aquática que marcam os limites de baixa-mar e preamar, porém o termo *littoral* passou a ser usado como generalizante para toda a área da plataforma continental influenciada por agentes costeiros. Já com o termo *shore* que tem origem anglófona transcorreu de ser utilizado para a área do continente situada entre os limites de maré.

Tal escolha faz sentido, considerando que em suas etimologias, a palavra *shore* vem do holandês arcaico *shear* que significa “cisalhamento” (OXFORD, 2020). Enquanto a palavra *littoral* vem do latim arcaico que seria algo como “pertencente à costa” (OED, 2020). Atualmente, no campo da geomorfologia inglesa a palavra *littoral* está em desuso em detrimento do termo *shore*. *Littoral* é mais usado pelas ciências biológicas para localizar as áreas de influência dos organismos marinhos (LEWIS, 1961). Em português, não existe uma palavra equivalente ao termo *shore*, sendo assim, o uso da expressão litoral é semelhante ao exemplar anglófono.

No tocante ao termo zona costeira em português, o uso mais comum está associado à definição encontrada em Gomes (2007, p. 87) que é a “porção influenciada direta e indiretamente em termos biofísicos pelo mar e que pode ter para o lado de terra largura tipicamente de ordem quilométrica e se estende, do lado do mar, até ao limite da plataforma continental”. As definições das zonas costeiras são variáveis de acordo com o autor que a estuda, no Quadro 2.1 estão apresentados alguns conceitos elaborados por pesquisadores de geomorfologia costeira.

Assim como litoral, a definição de zona costeira causa divergências, considerando que diferentes ramos da ciência utilizam o termo (oceanografia, biologia, geomorfologia, dentre outros), que consideram desde a hidrodinâmica às influências de organismo marinhos.

Apesar de existirem algumas variações nas definições da zona costeira, todas os conceitos convergem para determinar que esta zona é caracterizada pela transição entre os ambientes marinho/oceânicos, o continente e a atmosfera.

Quadro 2.1 – Alguns conceitos para zona costeira

CONCEITO	AUTORES
“A costa é definida como o conjunto de formas componentes da paisagem que estabelece a área de contato na qual se faz sentir as influências marinhas”.);	(CHRISTOFOLLETI, 1980. p. 129)
“A costa é a zona onde mar, terra e ar (a hidrosfera, a litosfera e atmosfera) se encontram e interagem.”	(BIRD, 2008. p.2)
“Região onde o continente encontra o mar, constitui uma zona de fronteira sujeita a contínuas alterações morfodinâmicas, modeladas por processo de origem continental e marinha”	(SILVA <i>et al.</i> , 2004. 174)
“Faixa de terra emersa, banhada pelo mar. Não se deve definir o litoral como sendo apenas, a linha contato entre o relevo terrestre e as águas oceânicas, devido à movimentação rítmica da água do mar.”	(GUERRA, 1993. p.266)
“...o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre, que serão definidas pelo Plano.”	(BRASIL, 1988)

Diversos autores ressaltam que as zonas costeiras não se restringem à área de contato direto entre continente e oceano, pois considera-se que os ambientes costeiros perpassam áreas que atualmente não são afetados por processos marítimos, devido às alterações nos níveis do mar e das linhas de costa. (CHRISTOFFOLETI, 1980; BURK e DRAKE, 1974; DAVIS, 1978). Essa é uma importante característica que torna as zonas costeiras um dos principais campos de pesquisas com registros de tempos passados, principalmente para a as épocas do Plioceno (Terciário), Pleistoceno e Holoceno (Quaternário).

A zona costeira pode ser classificada como o principal ambiente do planeta quando se trata da concentração humana, pois mais da metade da população vive nas áreas de transição entre continente e oceano. Os fatores que impulsionaram a ocupação da zona costeira mudaram ao longo do tempo de acordo com as necessidades e tendências dos diversos grupos de indivíduos e suas respectivas culturas.

Na América o padrão de ocupação e circulação ficou centrado em portos marítimos direcionados à hinterlândia pelo padrão de *bacia de drenagem*. De acordo com Moraes (2007), os primeiros 18 assentamentos lusitanos no Brasil localizam-se na zona costeira, com exceção de São Paulo, os núcleos populacionais do sec. XVI estavam à beira do mar. Além disso, os maiores portos instalados no litoral impulsionaram o desenvolvimento de áreas urbanas.

A ocupação do território brasileiro é concentrada, possuindo áreas de elevada densidade de habitação e outras áreas de vazios populacionais. Para Moraes (2007) na zona costeira também existe um padrão descontínuo de ocupação. Durante os Séculos XVI e XVII, esse foi o padrão predominante na ocupação costeira do país. Existiam até a década de 1960, praia semidesertas, pois não existia articulação terrestre no sentido litorâneo, com exceção dos fluxos e fixos no eixo RJ-SP.

Durante o pós-guerra, a industrialização do Brasil seguiu a preferência de ocupação das zonas costeiras, pois os condicionantes da indústria brasileira demandaram sua instalação nas proximidades dos portos. Considerando que o setor industrial gera empregos, atraindo a população, a industrialização do século XX no Brasil contribuiu para o aumento dos usos da zona costeira e seus respectivos impactos ambientais.

Além da industrialização, outro fator que estimula a ocupação da zona costeira é a expansão da urbanização ligada à segunda residência e turismo. Nesse fenômeno, a clientela com maior poder aquisitivo impulsiona a atividade de construção civil em ambientes costeiros. De acordo com Moraes (2007), a segunda residência é o fator numericamente mais expressivo da urbanização litorânea, pois ocorrem ao longo da costa. Essa atividade mobiliza proprietários de terras, veranista, corretores, e indústria da construção civil que diversas vezes estão em conflitos com comunidades locais.

Outros fluxos migratórios são o de pessoas da zona rural para a área urbana, entre cidades de diferente porte, geralmente, em busca de emprego. Nem sempre elas são inseridas no planejamento estatal, instalando-se em ambientes de maior fragilidade como em áreas de inundação e enchentes.

Atualmente, a densidade demográfica da zona costeira é cinco vezes maior que a média nacional, sugerindo que a distribuição atual desses povoamentos reflete o período colonial (MORAES, 2007). Desse modo, os estados costeiros brasileiros têm maior parte da população instalada nas zonas costeiras, com exceção do Rio Grande do Sul e do Amapá.

Esses dados servem para alertar às autoridades responsáveis por ordenamento territorial e ambiental em relação aos possíveis impactos que podem surgir a partir dos usos relacionados à ocupação da zona costeira, considerando que este é um ambiente de potencial fragilidade. A exploração desordenada dos recursos pode contribuir para desencadear conflitos e riscos de uso.

2.3.2.1 Agentes Costeiros

Por se tratar de um ambiente de transição entre continente e oceano, as zonas costeiras são caracterizadas pela influência dos seguintes agentes de modelagem ambiental: ondas; correntes; marés e ventos.

a) Ondas

A maioria das ondas que chegam às costas são resultado da força do movimento dos ventos em contato direto com a superfície da água (MUEHE, 2011; CHRISTOFOLETTI, 1980; BIRD, 2008). Além dos ventos, existem causas diferentes para ondas que chegam à costa, dentre elas estão os movimentos de massa, atividades vulcânicas e abalos sísmicos. Nesses casos, a energia liberada durante esses eventos é de elevada magnitude, gerando ondas proporcionais a carga energética, tendo como exemplo os tsunamis.

Segundo Schmiegelow (2004, p. 116), “*tsunami* é uma palavra usada para definir um tipo especial de onda, gerada por distúrbios sísmicos. São grandes e destrutivas em linhas de costa, causadas por terremotos, deslizamento de sedimentos ou vulcão submarino.”

As ondas geradas por ventos têm uma evolução em padrões capilares conhecidos com *swells*. De acordo com Schmiegelow (2004) e Bird (2008), as ondas capilares são a fase inicial da formação, sendo caracterizadas por comprimentos de poucos centímetros. As *swells* são mais desenvolvidas e se movem pelos oceanos por milhares de quilômetros e chegam à costa organizados em trens.

Para que uma onda seja formada pelo vento é preciso que exista a área de geração, ou seja, um ambiente que ofereça espaço suficiente para sua consolidação. Além disso, é necessário que haja constância na velocidade de vento. Essa condição é denominada, de acordo com Schmiegelow (2010), de desenvolvimento total do mar.

Segundo Garrison (2010), ondas oceânicas são compostas por diferentes partes: crista, correspondente a parte mais elevada; base, equivalente ao setor menos elevado e; vale, depressão situada entre as cristas das ondas. Por sua vez, a altura da onda representa a distância vertical entre a base e a crista, e o comprimento da onda é a distância horizontal entre duas cristas ou cavas sucessivas.

As ondas podem ser classificadas como sendo de águas rasas ou águas profundas (SCHIMIEGELOW, 2004; GARRISON, 2010). Esta classificação é condicionada pela relação comprimento da onda/profundidade. Ondas de águas rasas ocorrem quando a metade de seu comprimento é menor do que a profundidade do local, enquanto ondas de águas profundas são

geradas em ambientes nos quais a profundidade é maior do que a metade do comprimento da onda.

Segundo Garrison (2010), ondas de águas profundas não transportam matéria, apenas energia. Isso ocorre porque o movimento das ondas em águas profundas é orbital, ascendendo e descendendo no meio em que se propaga. As ondas só movimentam matéria quando entram em processo de quebra. Os ambientes de águas rasas permitem que a base da onda entre em contato com o fundo oceânico, desestabilizando-o.

Essa desestabilização é o motivo da arrebentação das ondas. Se verifica uma desaceleração da velocidade da base da onda e por outro lado, a crista permanece numa velocidade constante. Esse evento tende a diminuir o comprimento da onda e ao mesmo tempo aumentar a altura. Dessa forma, a onda chega num ponto de ruptura e quebra.

A forma como a onda quebra é diversificada de acordo com a declividade da plataforma na qual ela se propaga. Segundo Schmiegelow (2004), Silva *et al.* (2004) e Garrison (2010), as ondas podem quebrar de três formas: derrame (deslizante), espiral (mergulhante), ou vagalhão (ascendente).

Em praias com gradiente de declividade reduzido, as ondas quebram lentamente, formando um trecho de espraiamento com espuma de longas distâncias, sendo assim, nesses casos elas são conhecidas como deslizantes.

Quando a praia é relativamente inclinada, o trecho em que a onda começa a tocar o fundo é reduzido, permitindo a formação de tubos. Esse tipo de onda é o mais apreciado por surfistas, elas são conhecidas como mergulhantes.

As ondas ascendentes ocorrem em praias com alto gradiente de declividade, pois nesses casos o evento de quebra de ondas acontece em um trecho muito restrito e elas se quebram rapidamente, direto sobre a face da praia.

As ondas também podem gerar correntes de deriva litorânea. De acordo com Bird (2008) e Garrison (2010), essas correntes se formam quando os trens de ondas vindos da costa afora não estão alinhados à linha de costa. Essa configuração causa a refração das ondas, ou seja, a mudança em sua direção, a partir do contato com o fundo oceânico. Associado a isto, as ondas “empilham” as águas em direção à costa, formando uma corrente na direção em que o volume de água é empilhado.

b) Marés

As marés são “movimentos dos oceanos condicionados pelos efeitos gravitacionais da Lua, do Sol e da Terra” (BIRD, 2008, p. 25. tradução própria). Além destes, existe o movimento rotacional da Terra, que em menor escala influencia as marés com a força centrífuga. Elas são as maiores ondas do planeta e um dos mais importantes eventos moduladores de ecossistemas e morfologias costeiras. De acordo com Schmiegelow (2004), seus períodos variam entre 12 e 24 horas. Esse fenômeno é responsável pela variação diária do nível do mar em todo o planeta, além de permitir a existência de ambientes como planícies de marés e manguezais.

Schmiegelow (2004), Silva *et al.* (2004), Bird (2008) e Garrison (2010), afirmam que os eventos das marés são denominados de maré enchente (quando está se elevando) e maré vazante (quando está descendo), sendo que seus limites máximos são denominados de preamar e baixa-mar, respectivamente.

Por conta da relação tamanho/distância, a Lua é o astro que mais influencia as marés. Para Schmiegelow (2004), Silva *et al.* (2004), Bird (2008) e Garrison (2010), a influência da Lua é duas vezes maior do que a do Sol. Seus ciclos que duram cerca de 25 horas (BIRD, 2008), produzem marés semidiurnas (duas marés altas e duas marés baixas) mais presentes no Atlântico. Os ciclos de marés do Sol, tem duração de 24 horas e produzem marés diurnas (uma maré baixa e uma maré alta). Seus efeitos são mais sentidos no Caribe, Antártica e Pacífico.

Além do intervalo de marés, a amplitude e alcance delas variam de acordo com os ambientes aos quais estão associadas. Segundo Suguio (2003), a classificação das marés é feita da seguinte forma: macro-marés - com variação maior que 4 metros; meso-marés - com amplitude entre 4 e 2 metros e; micro-marés - que possuem amplitude menor do que 2 metros.

O alcance das marés também varia sazonalmente e de acordo com a fase da Lua (Garrison 2010). Isso deve-se ao fato de que a maré, é a soma dos efeitos gravitacionais de Lua, Sol e Terra. Dessa forma, a soma da força gravitacional dos três astros é que condiciona a amplitude entre preamar e baixamar.

De acordo com Garrison (2010) e Camargo e Harari (2015), quando a Lua está na fase cheia ou nova, o ângulo que se forma entre Sol, Lua e Terra é reto, potencializando a soma da força gravitacional dos três astros, nessas fases, formam-se as marés de sizígia. Durante as fases minguante e crescente da Lua, o ângulo que se forma entre Sol, Lua e Terra é de aproximadamente 90° graus, e a força gravitacional do Sol e da Lua não é aditiva. Portanto, é menor a amplitude das marés, esse evento é denominado de marés de quadratura.

Para Schmiegelow (2004), Silva *et al.* (2004), Bird (2008), Garrison (2010) e Camargo e Harari (2015) além das marés astronômicas, existem as meteorológicas, que são geradas por eventos atmosféricos, como ventos e pressão atmosférica e tempestades.

Assim como as ondas, as marés podem formar correntes, as correntes de marés. Como visto em Garrison (2010), quando as marés influenciam corpos d'água confinados, como em estuários, canais fluviais em deltas e baías, a maré enchente e maré vazante tem sua energia concentrada em um espaço menor do que em mar aberto. Por esta razão, a água que adentra e sai desses ambientes é empilhada, potencializando os processos atuantes. Segundo Christofletti (1980), em ambientes confinados, a velocidade das correntes de marés pode atingir até 10 km/h.

De acordo Garrison (2010), as correntes de marés são responsáveis pela formação de pororocas, ondas que se formam quando a energia das marés é confinada em canais de estuários e deltas e se movem rio acima, como no caso do Rio Amazonas.

c) Correntes

As correntes podem ser geradas por diversos elementos, como ondas, marés, ventos e as diferenças de temperatura nas massas de águas oceânicas. As marés podem gerar correntes em ambientes confinados, enquanto as ondas, desenvolvem correntes de deriva litorânea. Além destas, como visto em Bird (2008), existem as correntes oceânicas, correntes de retorno, correntes direcionadas por ventos e correntes em desembocaduras de rios.

As correntes oceânicas são um dos principais fatores de regulação da temperatura global, pois servem como meio de distribuição de temperatura longitudinal e latitudinalmente. Além disso distribui, horizontalmente, temperatura e nutrientes, através das massas de água.

Para Suguio (2003), Rosseti (2008) e Bird (2008), as correntes de retorno (*rip currents*) são correntes que se movem da costa em direção ao mar, podendo ser um dos principais condicionantes de erosão costeira, devido a remoção e transporte de sedimentos da costa para o mar. Ademais, é um dos maiores riscos para banhistas, considerando que o fluxo direciona quem estiver na água em direção às áreas mais profundas. Esse tipo de corrente é gerado quando o trem de ondas chega à linha costa de forma paralela. Dessa forma, a água é empilhada contra a costa, de modo que o fluxo gerado pela ação das ondas desenvolva correntes no sentido costa-oceano.

As correntes de deriva litorânea ou correntes longitudinais (*longshore currents*) são geradas quando o trem de ondas se move em direção paralela à costa. Para Souza *et al.* (2005),

as elas são compostas de duas componentes vetoriais: a deriva costeira, que atua na ante-praia e tem sentido paralelo à praia; e a deriva praial, que atua na face da praia.

Segundo Fernandes *et al.* (2015), as correntes longitudinais se formam por refração de ondas, que ocorre quando estas encontram uma variação de profundidade não ortogonal. Desse modo, a parte do trem de ondas que chega primeiro em águas rasas terá sua velocidade reduzida, enquanto o trem de ondas que está em águas profundas continuará com velocidade constante. Esse efeito causa mudança no ângulo de propagação das ondas. Este agente é um importante condicionante dos ambientes costeira, considerando que a corrente transporta sedimentos ao longo da costa, atuando no balanço sedimentar costeiro.

d) Ventos

O vento é um elemento substancial na modelação das zonas costeiras, porque é um dos fatores condicionantes das ondas, correntes e marés atuantes nos ambientes costeiros e oceânicos. O papel dos ventos não se restringe apenas à formação de ondas, marés e correntes, de acordo com Villwock *et al.* (2005), os ventos atuam diretamente na modelação das costas através do transporte, deposição e remoção de sedimentos.

Para Bird (2008), os ventos têm capacidade de transporte de material apenas em ambientes formados por sedimentação de partículas mais finas, como areia, silte e argila. Quando eles atuam na direção mar-continente, as partículas são removidas da praia e depositadas na costa, criando as feições conhecidas por dunas. Quando a direção é inversa, no sentido continente-mar, os sedimentos removidos dos campos de dunas e da praia são transportados para águas e são retrabalhados pela de ondas, correntes de marés. Desse modo, os ventos atuam no balanço sedimentar costeiro.

Como visto em Villwock *et al.* (2005), além de feições sedimentares inconsolidadas, os ventos modificam morfologias rochosas e consolidadas, como costões rochosos e falésias. Para Bird (2008), ao transportarem os sedimentos mais finos em áreas de falésias e costões rochosos, os ventos provocam impacto das partículas nessas feições, gerando atrito e um efeito conhecido como abrasão. Essa dinâmica tem a capacidade de erodir e modelar geofomas mais resistentes ao intemperismo.

Além disso, os ventos podem oferecer riscos à ocupação antrópica próxima aos ambientes costeiros. De acordo com Villwock *et al.* (2005), ao transportar sedimentos, os processos eólicos causam assoreamento de diversos ambientes, como lagoas costeiras e canais de drenagem, além de soterramento de infraestruturas antrópicas. Segundo Bird (2008), os ventos também transportam o sal que é liberado durante a quebra de ondas na zona arrebenção

em associação com evaporação, e a ação da salinidade pode causar corrosão de materiais metálicos utilizados em construções civis.

2.3.3 Morfologias e dinâmicas do ambiente costeiro

2.3.3.1 Praias Arenosas

A praia é o ambiente mais comum das zonas costeiras em todo o mundo, representando 40% da linha de costa mundial (BIRD, 2008). Corresponde ao trecho entre o limite máximo da ação de ondas em maré alta até o limite mínimo da maré baixa.

Na literatura sobre geomorfologia costeira existem diversas definições de praia, com destaque para os seguintes autores como visto no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 – Alguns conceitos para praias arenosas

CONCEITOS	AUTORES
“Zona de sedimentos inconsolidados que se estendem do limite mais alto da ação das ondas e a marca de maré mais baixa”.	(DAVIS. 1978, p. 379)
“Praia é uma acumulação na zona intermarés (<i>shore</i>) de sedimentos inconsolidados, geralmente soltos, variando no tamanho entre areia e seixo, comumente coberto por material biogênico (conchas)”.	(BIRD, 2008, p. 133)
“Depósito de áreas acumuladas pelos agentes de transportes fluviais ou marinhos. As praias representam cintas anfíbias de grãos de quartzo (areia), apresentando largura maior ou menor, em função da maré.”	(GUERRA, 1993, p. 344)
“Uma área do litoral aberta para o mar, com sedimentos inconsolidados e constantemente retrabalhado pelas ondas.”	(VALENTIN e MUELBERT. 2015, p. 326)
“São formadas por sedimentos inconsolidados, delimitadas de um lado pela região onde a passagem das ondas são mais movimentada os sedimentos do assoalho marinho, e do outro, também onde, de modo geral, não ocorre movimentação de areia.”	(SCHMIEGELOW . 2004, p. 50)
“São depósitos de sedimentos mais comumente arenosos, acumulados por ação das ondas que, por apresentar mobilidade, se ajustam às condições de marés.”	(MUEHE, 2011, p. 291)
“Compõem o ambiente frontal de muitos sistemas costeiros, como deltas, estuários e lagunas. São regiões extremamente dinâmicas, cujas características morfológicas refletem o agente modificador predominante, no caso de ondas e marés e os atributos dos sedimentos que a compõem, principalmente a granulometria, normalmente arenosa.	(SILVA <i>et al.</i> , 2004, p. 193)
“Corresponde à zona perimetral de um corpo aquoso, (lago, mar ou oceano), dominada por ondas e composta de material granular inconsolidado, comumente arenoso ou mais raramente cascalhoso, além de conter terrões variáveis de biodetritos.”	(SUGUIO. 2003, p. 270)
“São depósitos de material inconsolidado, como areia e cascalho, formados na interface entre a terra e o mar ou outro corpo aquoso de extensas dimensões (rios, lagos), e que são retrabalhados por processos atuais associados a ondas, marés, ventos e correntes geradas por esses três agentes.”	(SOUZA <i>et al.</i> , 2005, p. 130);

De acordo com as definições supracitadas, conclui-se que praia não é estritamente a parte subaérea e arenosa de zonas litorâneas, como é comumente associado. Além disso, as praias não estão presentes apenas em ambientes costeiros, podendo ser encontradas em extensos lagos, margens de rios e dentre outros ambientes.

Davis (1978) entende que a composição dos materiais de uma praia é diversa. Isso acontece porque os materiais das praias estão associados aos ambientes fornecedores dos sedimentos. Por outro lado, em função de suas características físicas e químicas, o quartzo e o feldspato são os elementos dominantes nos ambientes de praias arenosas, devendo-se ao fato de que esses materiais são mais resistentes aos condicionantes de intemperismo. São esses minerais que compõem as areias finas e grossas de cor clara, predominantes nas praias.

Para Davis (1978), em alguns locais ocorrem praias com sedimentos de coloração escura, originárias de rochas ígneas, tais como as obsidianas e basálticas. Além disso, existem praias formadas por material biogênico, oriundas da decomposição de conchas e cartilagens de organismos marinhos. Para Schmiegelow (2004), existem ainda praias de coloração verde, amarela ou rosa, a depender da origem do material associado.

A configuração do ambiente praias está condicionada por fatores geológicos, climáticos biológicos e em função dos agentes atuantes na costa (ondas, marés, correntes e ventos) bem como, do tipo de material (areia, silte, cascalho, argila), que pode ser uma desembocadura fluvial, falésias, dunas frontais e dentre outras.

As praias são ambientes extremamente dinâmicos, devido a sua composição sedimentar e a sua exposição aos agentes oceanográficos e atmosféricos. Sendo assim, é comum visualizar nos ambientes praias características mutáveis em intervalos de horas, principalmente por ação de marés e ondas.

Para diferenciar os tipos de configurações das praias alguns modelos de estágios morfodinâmicos foram elaborados. Dentro desses estágios estão as praias de morfodinâmicas dissipativa, intermediária e refletiva (SUGUIO, 2003; SILVA *et al.*, 2004; SOUZA *et al.*, 2005; BIRD, 2008; VALENTIN, MUELBERT, 2015).

Praias dissipativas são caracterizadas por ondas de baixa energia. O gradiente de declividade desse tipo de praia é baixo e tem uma zona de espraiamento larga, na qual as ondas dissipam sua energia de forma lenta. Dessa forma, as praias dissipativas tem as zonas de surf mais desenvolvidas. Esses ambientes são compostos por granulação sedimentar de areias finas a muito finas. O tipo de arrebentação predominante neste caso é o de deslizante.

Praias refletivas são caracterizadas por apresentar ondas de alta energia, elevado gradiente de declividade do fundo. A onda arrebenta na face da praia e a zona de surf é inexistente. Em consequência da alta energia das ondas, os sedimentos mais finos são erodidos e transportados por correntes longitudinais. Dessa forma, a composição granulométrica das praias refletivas é de areia média a grossa, podendo conter seixos e cascalhos. A declividade elevada desse tipo de praia proporciona ondas com arrebentação do tipo arrebentação ascendente (SUGUIO, 2003; SILVA *et al.*, 2004; SOUZA *et al.*, 2005; BIRD, 2008; VALENTIN, MUELBERT, 2015).

Praias intermediárias possuem características que são comuns às praias refletivas e dissipativas. De acordo com Bird (2008), nessas praias existem ondas de “alta-moderada” energia e sedimentos “finos-médios”, tornando-as um tipo transicional. Em função da diversidade de características desse tipo de praia os pesquisadores propuseram subcategorias de praias intermediárias. Souza *et al.* (2005), destacam as proposições das escolas americana (Sazaki, 1980, apud Carter, 1988) e australiana (Wright & Short 1984; Short, 1991), com dois e quatro estágios intermediários, respectivamente.

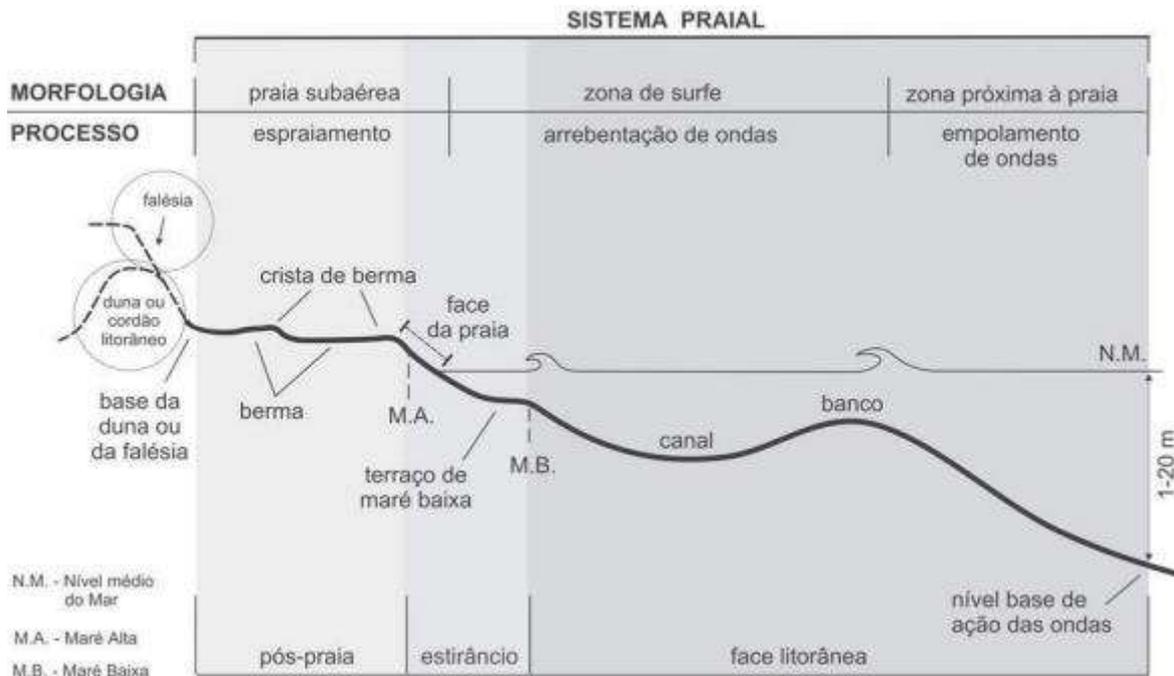
a) Sistema praiial

Para entender a configuração dos diversos ambientes da zona costeira é preciso entender como está configurado o sistema praiial associado à paisagem em estudo. Isso é importante pois cada modelo de sistema praiial terá processos, funções e agentes variados.

Os diversos pesquisadores de geomorfologia costeira perceberam que o sistema é composto de uma diversidade de ambientes que possuem características próprias. Além disso, os ambientes costeiros se diferenciam em sua forma, estrutura e funcionamento. Desse modo, o sistema praiial foi classificado a partir de pontos de vista que variam ao longo do tempo e nos mais diversos locais.

A Figura 2.5, mostra nomenclatura e limites que melhor se aproxima da área de estudo, considerando que o limite do sistema praiial mais alto na Planície Costeira de Estância é o de dunas. As nomenclaturas foram adaptadas por Souza *et al.* (2005).

Figura 2.5 – Nomenclatura e limites do sistema praiial



Fonte: (SOUZA *et al.*, 2005)

Pós-praia (*backshore*) – É a parte mais alta do sistema praiial, onde se encontra seu limite máximo, geralmente marcado por dunas, cordões litorâneos ou falésias. Essa zona é alcançada pela ação de ondas e correntes em épocas de tempestade ou maré de sizígia. Em praias dissipativas, os sedimentos sofrem o retrabalhamento eólico, que remove e deposita-os além do pós-praia, favorecendo o desenvolvimento de dunas. Para os biólogos é a zona supramaré.

Estirâncio (*foreshore*) – é a zona situada na área de variação de maré, com seus limites marcados pela linha que as ondas alcançam durante maré de sizígia, em maré alta e baixa, já que é quando ocorre as maiores variações entre preamar e baixamar. Conhecida na biologia como zona intermaré.

Face litorânea (*shoreface*) – É a zona que está sempre submersa, pois é delimitada pela linha de maré baixa em marés de sizígia e mar adentro pela base da ação de ondas em tempo bom. Ela é conhecida pelos biólogos como zona inframaré.

Praia subaérea – É a zona de espraiamento que compreende parte do estirâncio e toda a pós-praia. Seu limite mais baixo é marcado pelo alcance das ondas na face da praia e o limite final do sistema praiial (dunas, falésias, linhas vegetais, etc.). Seu limite no pós-praia varia de acordo com as variações diárias e sazonais das marés.

Zona de surfe e de arrebentação de ondas – É nessa zona que ocorre a dinâmica de quebra e deslizamento de ondas. Seus limites estão entre a primeira linha de arrebentação de ondas e se estende até a linha de alcance da última quebra de ondas, na face de praia.

Zona próxima à praia (*nearshore zone*) – É zona em que as ondas que chegam de mar aberto iniciam sua interação com o fundo da plataforma continental, onde acontece o empolamento de ondas, fenômeno que reduz o comprimento e aumenta a altura delas, condicionando suas quebras. É delimitado pelo ponto em que as ondas tocam o fundo, no seu nível de base e a última linha de arrebentação.

Costa afora (*Offshore*) – Essa é zona além do sistema praias em direção ao oceano. De acordo com Bird (2008), estende-se entre o limite da linha de arrebentação de ondas (onde as ondas atritam com o fundo oceânico) até um limite arbitrário.

Berma – Segundo Silva *et al.*, (2004), é um terraço formado na zona pós-praia, acima do limite superior do alcance da maré mais alta. E a crista do berma é o ponto de inflexão topográfico entre a face da praia e o berma.

2.3.3.2 Erosão Costeira

Para instalar infraestrutura ou explorar os recursos naturais associados às praias é necessário considerar todas as suas características, agentes, funções e processos. Por outro lado, é necessário ter um pré-conhecimento do estado morfodinâmico do ambiente praias. Essa ressalva deve ser feita porque as praias são ambientes frágeis com dinâmica sistêmica que a torna cambiável diariamente. Sendo assim, antes de explorar os recursos praias devem ser feitos estudos visando o ordenamento territorial para evitar riscos de uso, dentre estes, a erosão costeira.

A erosão ou progradação das praias está substancialmente conectada às ações de ondas, ventos, correntes e marés. Outro importante condicionante da erosão ou progradação é alteração do nível do mar, seja este relativo ou geral.

Para além dos condicionantes naturais de erosão, as ações antrópicas estão cada vez mais influenciando a modelação dos ambientes costeiros. Notável parte dessas intervenções são problemáticas, considerando que a dinâmica dos ambientes costeiros é caracterizada por interrelação e trocas constantes de material. Intervenções sem planejamento podem causar problemas maiores do que os que são alvo de tentativas sanativas na ótica antrópica.

As praias são o principal ambiente de repercussão do balanço sedimentar, que é a relação entre perdas e ganhos de sedimentos deste ambiente (SOUZA *et al.*, 2005). Elas têm

importância fundamental nos processos de transporte, erosão e deposição do material que compõem a zona costeira.

As consequências da dinâmica de balanço sedimentar nas praias estão associadas a diversos riscos na região costeira. De acordo com Souza *et al.* (2005), destacam-se perda e desequilíbrio de habitats naturais, aumento na frequência de inundações decorrentes das ressacas, aumento da intrusão salina no aquífero costeiro, destruição de estruturas construídas pelo homem e perda do valor paisagístico.

Em geral, o processo de balanço sedimentar é alvo de atenção apenas quando predomina o balanço negativo, gerando erosão e riscos de perdas de áreas ocupadas e usadas pelo ser humano. São nesses casos que são feitos estudos, levantamentos e por fim, intervenções de contenção de erosão.

Além do encurtamento da praia, outros indicadores servem de alerta para fases de erosão costeira. De acordo com Bird (2008), praias em progradação são tipicamente convexas em sua inclinação, algumas geralmente com bermas e terraços praias construídos em direção ao mar, além de novos campos de dunas construídos acima do nível de maré alta. Praias em erosão tipicamente possuem inclinação côncava, com escarpas esculpidas em dunas frontais ou falésias.

Os ambientes que recebem ou fornecem os materiais sedimentares das praias são diversos, e estão representados na Figura 2.6.

Figura 2.6 – Crédito e débito de sedimentos da praia

Suprimento de sedimentos para a praia	Perda de sedimentos da praia	Balanço
Provenientes dos rios e canais de maré	Transportados rumo ao continente, para rios e canais de maré	Processos deposicionais e erosivos no sistema praial, <i>em equilíbrio</i>
Provenientes de costões rochosos, praias e depósitos marinhos frontais	Transportados ao longo da praia (correntes de deriva litorânea)	
Provenientes da plataforma continental (correntes geradas por ondas e marés)	Transportados para a plataforma (correntes de retorno e de costa-afora)	
Provenientes das dunas (transportadas pelo vento e ondas de tempestades)	Removidos para as dunas (ventos e ondas de tempestade)	
Alimentação artificial da praia (contribuição antrópica)	Extração/mineração de areia da praia e de desembocaduras	
Aumento do volume de sedimentos produzidos no continente na plataforma continental (causas naturais e antrópicas)	Redução do volume de sedimentos produzidos no continente e na plataforma continental (causas naturais e antrópicas)	

Fonte: Souza *et al.* (2005), modificado de Souza (1997).

De acordo com a Figura 2.6 entende-se que os mesmos ambientes podem ser fornecedores ou receptores de sedimentos dependendo da dinâmica dos agentes atuantes na costa. Portanto, o balanço sedimentar pode variar em longo, médio ou curto prazo.

2.3.3.2 Dunas Costeiras

As dunas costeiras são uma das principais morfologias encontradas em ambientes costeiros e desempenham um importante papel em níveis ecológicos, físicos, antrópicos etc. Para Guerra (1993, p. 143) dunas são “montes de areia móveis, depositados pela ação do vento dominante onde a movimentação de grãos de quartzo é constante”. Segundo Martínez *et al.* (2008, p. 4) “dunas são formas de relevo eólicas desenvolvidas em costas onde existem situações com amplo suprimento de material inconsolidado, no tamanho de areia que está avaliável para ser transportado para o continente por ventos.”. No Código Florestal (Lei 4.771/1965) as dunas, cobertas ou não por vegetação, são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APPs) pela Resolução do CONAMA 303/2002.

No Brasil, em nível de planejamento estatal, o Conselho Nacional de Meio Ambiente está encarregado do ordenamento das zonas costeiras. De acordo com a resolução nº 303/2002, artigo 2º, inciso X, deste conselho, as dunas são “unidades geomorfológicas de constituição predominante arenosa, com aparência de câmoros ou colinas, produzida pela ação dos ventos, situada no litoral ou no interior do continente, podendo estar recoberta, ou não, por vegetação.”

Os fatores condicionantes para a formação de uma duna ou de campos dunares são variados, dentre eles, destacam-se a disponibilidade de sedimentos e o regime de ventos. Para que uma duna se forme e cresça, Giannini *et al.* (2005) explicam que é necessário que haja maior influxo (acrecção) do que efluxo (retirada) de sedimentos em um ambiente.

De acordo com Psuty (2008), as dunas ocorrem em variedades de dimensões desde 0,5 m a 100 m, estando presentes próximos à linha de costa até quilômetros adentro do continente. No entendimento de Brown e McLachlan (1994), o crescimento de dunas vegetadas é inicialmente linear e curvilíneo, paralelo à linha de costa. Assim que a duna atinge uma altura máxima, começa a se mover em direção ao continente.

A formação de dunas depende das ondas, correntes, ventos e marés que condicionam a dinâmica responsável por transportar e depositar sedimentos. A direção, duração e intensidade de ventos e a hidrodinâmica controlam o sistema praia-dunas e as trocas de sedimentos entre esses dois ambientes (PSUTY, 2008).

Segundo Maun (2009), dunas são encontradas em três tipos de ambientes: costa de mares e lagoas, vales de rios e regiões áridas. Estão presentes em todo o planeta, com dinâmica climática e campos dunares muito diversos, cobrindo *habitats* que variam entre latitudes polares e tropicais.

Para Goldsmith (1985), o clima menos propício para a formação de dunas é o quente-úmido, porque nos ambientes associados a esse clima, a precipitação elevada faz com que os sedimentos estejam molhados e coesos na maior parte do tempo, o que dificulta a erosão e transporte por atividade eólica. Outro obstáculo para o desenvolvimento de dunas em climas quente-úmidos é a presença de vegetação colonizadora mais densa.

Por outro lado, Bird (2008) e Martínez, Maun e Psuty (2008), Maun (2009), ressaltam que dunas ou os campos dunares são mais desenvolvidos em zonas temperadas e áridas. Nessas zonas os ventos são mais fortes, a precipitação e presença de vegetação são menores, portanto, a ação eólica é favorecida.

As principais características das dunas, como largura, comprimento e altura estão intimamente ligados ao transporte e disponibilidade de sedimentos. De acordo com Psuty (2008) a quantidade de sedimentos transportados pelo vento depende de três fatores: a umidade da areia, a velocidade dos ventos e o tamanho dos grãos. A forma de transporte ocorre por arraste, saltação ou suspensão.

O regime de ventos é muito importante para a formação de dunas, pois como afirmam Bird (2008) e Hesp (2008), a condição necessária para a formação e evolução de dunas é o equilíbrio entre a velocidade e duração dos ventos e o ambiente correspondente. Por outro lado, para Maun (2009) um complexo de dunas reflete a direção do vento prevalecente, com outros processos dinâmicos agindo de forma secundária.

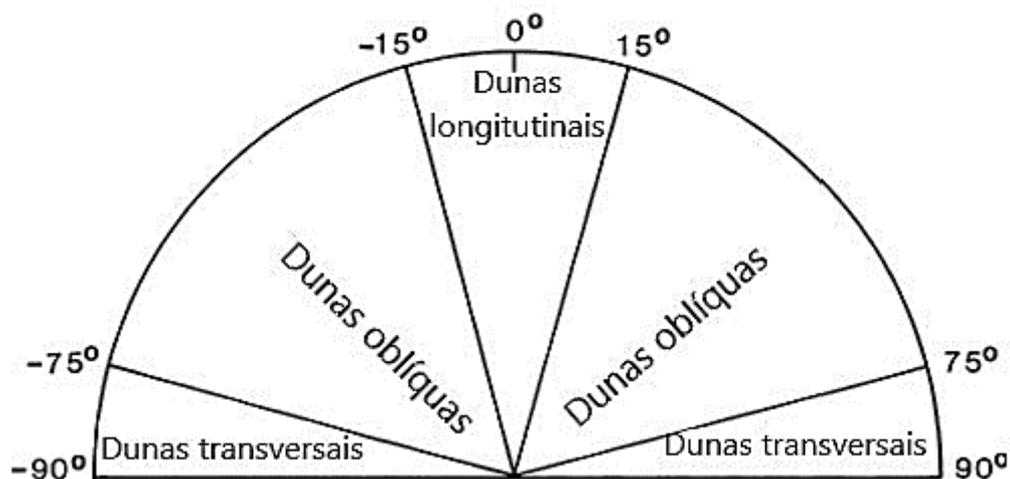
O tamanho dos cordões dunares tem forte relação com o ângulo entre linha de costa e direção do vento. Como mostra Goldsmith (1985) o ângulo entre direção do vento e costa interfere na distância que os sedimentos são depositados, pois quanto maior o ângulo, maior será a superfície de contato, depositando sedimentos mais próximos à costa.

A eficiência máxima de crescimento de dunas ocorre quando o ângulo do vento (Figura 2.7) é orientado para a costa. Quando o ângulo não é orientado para a costa, dunas com cristas oblíquas talvez se formem nas proximidades da praia (GIANNINI *et al.*, 2005).

No tocante à umidade, quando a relação de água sobre areia excede os 2% de todo o conteúdo, são necessários ventos muito fortes para transportar as partículas. Em relação ao transporte, 75% ocorre por saltação e 25% por arraste, geralmente apenas partículas menores

do que areia são transportadas por suspensão. A granulometria mais propícia ao transporte eólico é areia, porque não são tão coesas em comparação a argila e silte e nem tão densas quanto seixos e cascalhos (BROWN; MCLACHLAN, 1994).

Figura 2.7 – Tipos de dunas associadas ao ângulo de incidência de ventos



Fonte: adaptado de Pye e Tsoar (2009)

Para Goldsmith (1985), os sedimentos encontrados nas dunas têm características distintas, pois os depósitos eólicos têm sedimentos mais finos, melhor selecionados, enviesados positivamente e são mais arredondados do que os sedimentos de outros ambientes.

A vegetação é um elemento muito importante para a evolução das dunas e dos campos dunares. Para Goldsmith (1985, p. 320) “vegetação é tão importante para a fixação de dunas e sua estabilidade que pode ser comparada com o papel que colunas e vigas de ferro exercem nos grandes edifícios”. Esse processo é denominado de fitofixação, nele as raízes das plantas estabilizam as dunas (COSTA, 2013).

Para Hesp (2008), a presença de vegetação proporciona a formação de campos dunares com feições de menor mobilidade, menores em largura e comprimento e mais altas. Isso acontece porque a vegetação exerce um papel de proteção contra a ação dos ventos e da chuva, fixando os sedimentos. A vegetação tem fator importante no controle de erosão pluvial com a interceptação das gotas de chuva, contenção das partículas do solo, difusão do escoamento superficial e maior infiltração.

Costa (2013) afirma que as plantas presentes nas proximidades da praia são adaptadas a solos arenosos e salinos, com baixo teor de matéria orgânica, baixa retenção de umidade por causa da infiltração e alta temperatura nas camadas superficiais. Nessas áreas, a vegetação é

herbácea e rarefeita, com folhas duras e pequenas. À medida em que adentra ao continente, a vegetação se adensa para emaranhados vegetais, com arbustos e pequenas arvores ramificadas coexistindo com herbáceas.

Brown e Mclachlan (1994) afirmam que uma duna é constituída por duas faces, uma a barlavento em erosão e outra a sotavento em deposição. Entre as duas faces é formada a crista ou topo. Essas partes começam a se desenvolver assim que as dunas atingem 1 metro de altura. A face sotavento cria uma sombra onde o vento cessa e deposita areia, fazendo com que o acúmulo nessa área mova a duna. A distância percorrida por dunas varia entre 1 a 10 metros por ano a depender das condições ambientais.

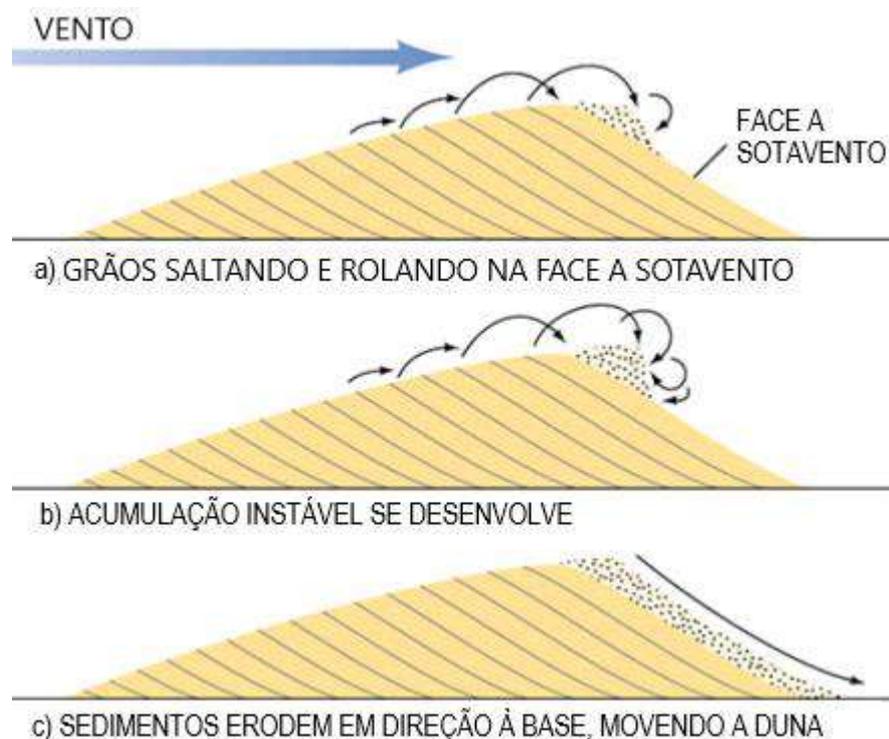
Guerra (1993) e Costa (2013) mencionam que a parte da duna a barlavento possui declividade baixa (5 a 15°) e a parte a sotavento é mais íngreme (20 a 35°). Quando o flanco sotavento supera os 35° a cobertura areno-quartzosa tende a deslizar, ativando a mobilidade da feição dunar.

O movimento das dunas em direção a sotavento forma camadas sobrepostas de sedimentos, que no entendimento de Guerra (1993) pode ter estratificação cruzada ou diagonal. A configuração da estratificação (Figura 2.8) está diretamente ligada ao comportamento dos ventos, para o mesmo autor, a estratificação diagonal muda para cruzada quando a direção dos ventos muda a deposição de sedimentos para divergente da original.

A partir da observação da estratificação das dunas é possível ter uma ideia da história de evolução dessa morfologia. Além disso, a datação de dunas pode ser feita considerando a localização em relação à linha de costa. De acordo com Bird (2008), as dunas mostram um padrão de distribuição cronológica no sentido em que as dunas mais interiores são mais velhas e as mais próximas da praia, são mais novas. Isso é notado pela formação vegetal, solo (quando existente) e topografia.

À medida que as dunas migram para o interior, os efeitos dos ventos diminuem, pois os cordões dunares anteriores servem como uma barreira aos ventos. Quanto mais distante da praia, menor é a mobilidade das feições e recepção de sedimentos. Ao longo do tempo as dunas perdem altura pela remoção da cobertura sedimentar por causa da atividade de animais, drenagem por água, deslizamento, assentamento de substrato e falta de renovação sedimentar. (MAUN, 2009).

Figura 2.8 – Estratigrafia de dunas a partir de deposição sedimentar



Fonte: adaptado de Press & Siever (2006)

Presentes em quase todas as costas sedimentares, os campos dunares são formados e influenciados por diversos elementos que tem sua presença e intensidade variáveis em cada área.

Os campos dunares mais desenvolvidos são encontrados principalmente em ambientes deposicionais fluviais e oceânicos. Em zonas costeiras, as maiores morfologias estão associadas a praias de morfodinâmica dissipativa. Nesses ambientes, a praia (em maré baixa) fica exposta mais tempo, permitindo que os sedimentos sejam removidos e transportados pelos ventos (MARTÍNEZ *et al.*, 2008). Isso não significa que ambientes erosivos, com menor suprimento de areia (morfodinâmica refletiva e intermediária) não criem campos dunares, pois alguns estudos mostraram que praias erosivas estão associadas a existência de dunas (BIRD, 2008).

Em virtude da variação de fatores que proporcionam a formação de dunas, cada ambiente de deposição eólica tem uma característica peculiar. Existem diversos tipos de classificações de campos dunares e morfologias associadas a estes. Baseando-se em alguns autores (GOLDSMITH, 1985; MCLACHLAN, 1994; SILVA *et al.*, 2004; GIANNINI *et al.*, 2005; PSUTY, 2008; HESP, 2008; GROOTJANS *et al.*, 2008; MAUN, 2009; BIRD, 2008;

COSTA, 2013) foram sintetizados dois tipos de campos dunares considerando sua estrutura de sedimentação: Campos de dunas fixas (vegetadas) e campos de dunas móveis (não vegetadas).

De acordo com Goldsmith, (1985) dunas vegetadas (fixas) geralmente possuem forma parabólica, com as extremidades ancoradas por vegetação e seu centro recuado de volta para a praia. São os tipos mais comuns de dunas costeiras com clima úmido. Nessas feições a crista se move na direção dos ventos e os “braços” são fixados pela vegetação. (SILVA *et al.*, 2004)

Giannini *et al.* (2005, p. 236) entendem que as dunas fixas estão associadas a – dunas frontais (*foredunes*) incipientes (embrionárias) e estabelecidas, exclusivas de áreas costeiras; rupturas de deflação (*blowouts*), que, quando alongadas, se transformam em dunas parabólicas com rastros lineares residuais (*trailing ridges*); os retrocordões (*gegenwalle*); e os *nebkhas*.

Dunas móveis envolvem as dunas migratórias, onde não existe o efeito de fixação ocasionado pela vegetação. Movem-se livremente em direção ao continente. Podem estar isoladas em forma de dunas barcanas, ou formando cadeias transversais ou longitudinais, com cristas retas ou sinuosas, algumas vezes formadas por diversas cristas coalescidas de barcanas (SILVA, *et al.*, 2004).

De acordo com Giannini *et al.* (2005, p. 236)

as dunas móveis são grandes massas individuais de areias em movimento (megaformas), constituídas de dunas eólicas simples e/ou compostas (cavalgantes ou coalescentes). Contêm invariavelmente dunas de orientação transversal ao vento efetivo, com crista linear (dunas transversais *sensu stricto*), em meia-lua (barcanas) ou sinuosa (barcanas lateralmente coalescidas ou cadeias barcanóides).

Para Silva *et al.* (2004), é importante ressaltar que os dois grupos não são independentes, pois campos de dunas fixas (vegetadas) algumas vezes associam-se a campos de dunas móveis ou transversas (não vegetadas). Então não é aconselhável generalizar antes de analisar.

Além do tipo de morfodinâmica, existe a classificação de dunas enquanto sua interação com a dinâmica praial, se esta existe de forma direta ou indireta. Nesse sentido, Sloss; Sheperd; Hesp (2012) desenvolveram a classificação de dunas primárias e dunas secundárias.

As dunas primárias são aquelas localizadas mais próximas às praias e tem seu material originado diretamente de areia das praias, transportada e depositada pelos ventos, quando encontram algum obstáculo, geralmente vegetação. Esses campos dunares são influenciados diretamente pelos processos morfodinâmicos das praias pela ação das ondas, nesse sentido, as dunas primárias estão associadas a processos erosivos e deposicionais costeiros.

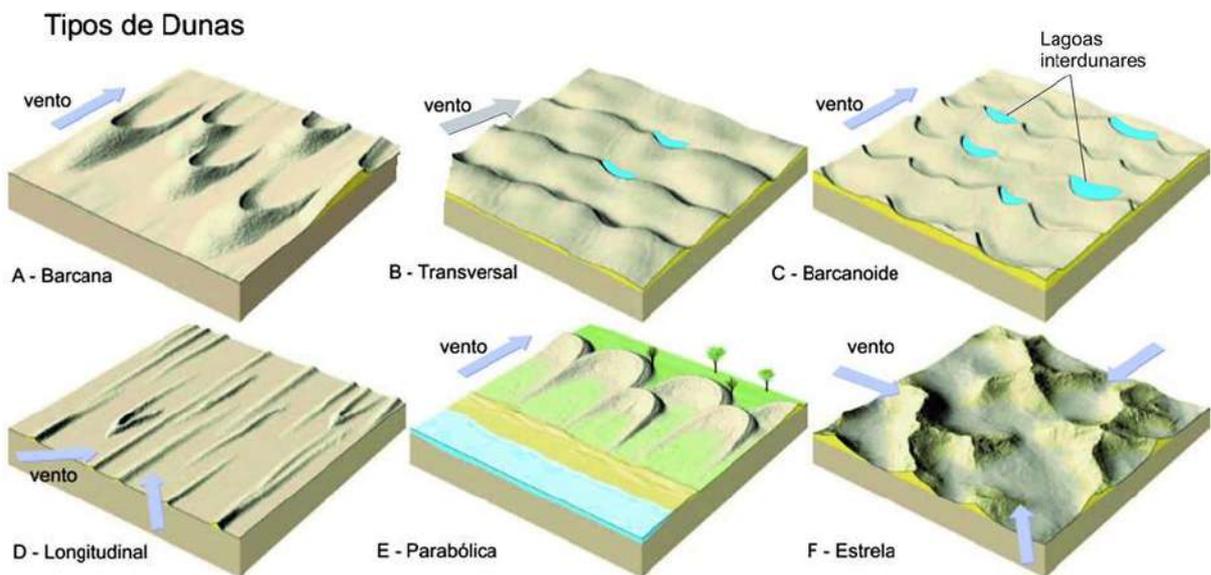
As dunas secundárias são originadas a partir de processos derivados das dunas primárias e são encontradas em áreas mais afastadas da praia, dessa forma, afirmam Sloss; Sheperd; Hesp

(2012), as dunas secundárias não são influenciadas por processos da praia e hidrodinâmicos. Nesse sentido, os processos erosivos e deposicionais ocorrem por fatores relacionados à precipitação e ventos.

É importante pontuar que áreas de dunas primárias e secundárias podem abrigar morfologias semelhantes. Dessa forma, não é correto classificar dunas enquanto primárias ou secundárias apenas por seu aspecto morfológico. Sloss; Sheperd; Hesp (2012) ressaltam que dunas parabólicas, *blowouts* e outros tipos de dunas complexas podem ser observadas em relação direta com a dinâmica da praia. As dunas frontais são uma particularidade dessa regra, pois sempre são encontradas adjacentes às praias.

Diversas morfologias (Figura 2.9) estão associadas aos dois tipos de campos dunares, destacam-se as dunas parabólicas, barcanas, transversais, longitudinais, estrelas, dunas de precipitação, dunas de sombra, dunas frontais, retrocordão, baixios, *blowouts*, eolionatos, lençóis de areia, leques de espraio etc.

Figura 2.9 – Principais morfologias de dunas



Fonte: My Brain Society, 2013

Dunas frontais ou antedunas (foredunes) são feições estabelecidas em meio à vegetação ao interior da zona de pós-praia (sob morfodinâmica praias intermediária) ou da ante-praia superior (sob morfodinâmica dissipativa) e são o componente mais alto e mais interior da troca de sedimentos. Segundo Psuty (2008) a formação de dunas frontais é intimamente ligada ao regime de ondas, correntes e marés nas praias e seus sedimentos.

As características climáticas no ambiente praial condicionam a formação e erosão das dunas frontais. Os eventos de tempestades, removem sedimentos e geram feições erosivas. Enquanto, no período de estiagem, a faixa de areia exposta à radiação solar, tem seus sedimentos transportados pela ação eólica e depositados nas dunas.

As dunas frontais têm sua formação associada a zonas de alta energia (onde existe plantas resistentes) ou em zonas de baixa energia e ventos fracos (onde a areia é fixada por plantas que preferem menos acúmulo de areia). Elas podem tomar a forma de dunas incipientes, ou seja, dunas em processo de formação por vegetação pioneira, ou de dunas estabilizadas, apresentando formação vegetal avançada (BROWN; MCLACHLAN, 1994).

Para Bird (2008), as dunas frontais mais próximas da praia servem como uma proteção para as dunas frontais predecessoras, diminuindo o fornecimento de areia permitindo estabilidade e colonização de espécies mais desenvolvidas. Elas podem existir de forma estabelecida ou incipiente. As dunas incipientes se formam logo acima da linha de maré mais alta, que limita a ação de ondas, correntes e marés. Elas surgem em razão da presença de rugosidades na praia, que propicia a redução da velocidade de ventos e favorece processos deposicionais.

As dunas estabelecidas também estão localizadas paralelas à linha de costa e surgem a partir da evolução de dunas incipientes, possuindo maior complexidade geomorfológica, pois são mais altas. Isso ocorre porque os ambientes de dunas frontais estabelecidas dão maior suporte à colonização de vegetação, sendo assim, as plantas se desenvolvem e agem como uma barreira ao transporte de sedimentos, favorecendo à acumulação.

Nebkhas, referem-se a montículos de areia formados por deposição eólica em meio à vegetação. Elas possuem formatos variados, mas o mais típico é de montes íngremes como topo plano. Podem possuir caudas alongadas no sentido do vento. Nesse caso, denominam-se dunas de sombra (GIANNINI *et al.*, 2005).

Dunas de sombra (*Shadow dunes*) são dunas incipientes formadas por obstáculos. Na praia, nuvens de saltação de sedimentos encontram obstáculos e o vento é redirecionado para os lados. A barlavento e laterais do obstáculo o vento acelera e erode os sedimentos, enquanto a sotavento desaceleram e depositam as partículas, criando sombras de vento (MAUN, 2009).

Ao passar pelas laterais, os ventos criam vórtices que convergem a barlavento, depositando mais e mais sedimentos. As dunas de sombra quando associadas a obstáculos como plantas efêmeras tem curto prazo de duração, pois assim que as plantas morrem, a dinâmica

natural dos ventos remove a areia e destroem as dunas. As dunas de sombra e nebkhas são comuns em lençóis de areia.

Giannini *et al.*, (2005), classificam os lençóis de areia (*sand sheets*) como massas de areia eólica em movimento, com superfície de relevo negligenciável, isto é, sem superimposição de dunas com faces erosivas. Por sua vez, Psuty (2008) caracteriza como extensas áreas de areia sem vegetação em lugares de forte erosão e constituem uma transferência contínua de sedimentos para o continente como no caso de leques de espraiamento (*washover fans*). Eles podem também estarem em localizações onde ventos fortes fazem com que as areias soterram relevos preexistente sem criar formas de dunas definitivas. Leques de espraiamento e lençóis de areia representam um movimento unidirecional de areia de sua praia de origem.

Segundo Giannini *et al.*, (2005), dunas parabólicas são caracterizadas por geometria plana em U ou V, e convexidade voltada para sotavento. Podem ser simples (*hairpin*), ou compostas (imbricada) por coalescência. Para Goldsmith (1985), grandes campos de dunas parabólicas costeiras se formam atrás das dunas frontais. São caracterizadas por sua forma planimétrica distinta e geralmente estão entre 5 e 10 metros de altura e 1 a 2 km e comprimento.

Em estágios iniciais, as dunas parabólicas possuem uma zona de erosão a barlavento, deflacionada até o lençol freático, com dois braços. E uma face convexa a sotavento. As dunas parabólicas podem ser estabilizadas por vegetação, nesses casos elas ficam menos largas e mais altas. Em seus eixos, a depressões podem formar lagoas em períodos úmidos (BIRD, 2008).

As dunas barcanas, estão associadas a áreas de areias não vegetadas, que tem braços voltados para a direção que o vento sopra, ao contrário das parabólicas. Elas podem chegar a 30 metros de altura e seus braços 350 metros de comprimento. O lado a sotavento é íngreme. As dunas barcanas geralmente não são vegetadas. Quando estão associadas de forma cavalgante ou coalescente, formam as cadeias de dunas barcanóides. (BIRD, 2008).

Dunas transversas ou dunas migrantes, são caracterizadas pela falta de vegetação que sirva de ancora. Se movem em direção ao continente e podem se desenvolver com cristas retas e estreitas de até 1 km ou em forma de dunas barcanas. Esse tipo de duna se forma com a mesma orientação da linha de costa e a depender do comportamento da vegetação, pode ter morfologia barcana ou parabólica (GOLDSMITH, 1985).

Os lençóis de dunas transgressivas, ocorrem onde consideráveis quantidades de areia são transportadas de praias dissipativas por ventos fortes. Muito expostas, elas geralmente consistem em dunas transgressivas com seus eixos perpendiculares à direção dos ventos. Por

outro lado, dunas barcanas e planície de deflação podem se formar nesses lençóis. São mais comuns em áreas de transporte longitudinal de areia de praia. (BROWN; MCLACHLAN, 1994).

Dunas de precipitação são dunas transversas que se depositam sobre diversos ambientes naturais e antrópicos. Goldsmith (1985), afirma que elas têm esse nome porque a areia de sua formação precipita sobre qualquer coisa, como uma chuva de areia. Podem estar associadas com áreas de deflação profunda, que podem gerar pequenos canais em direção ao mar ou pequenas lagoas, formando pequenos corpos de água.

Montes residuais são montes de dunas sem um formato específico, surgem a partir de dunas erodidas e tem a sua face a sotavento predominantemente vegetada e deposicional enquanto a face a barlavento é sem vegetação e erosiva (MARTINHO, 2004).

Rastros lineares residuais, para Giannini *et al.*, (2005) surgem durante a migração de dunas a partir de sedimentos da face a barlavento. Possuem direção longitudinal ao vento efetivo e caracterizam-se por apresentar face externa vegetada, com caráter deposicional, e face interna sem vegetação, com caráter erosivo.

Rupturas de deflação (*blowouts*) são feições mistas, erosivas e deposicionais, geradas pelo vento por retirada e reposição local de sedimentos arenosos preexistentes. A ruptura faz-se através da produção de bacia deflacionar, delimitada por paredes erosivas subparalelas que se fecham, rumo sotavento, em lobos deposicionais em forma de U, com faces de erosivas deslizantes (GIANNINI *et al.*, 2005).

Eles se formam onde cristas de dunas são enfraquecidas por forças físicas ou bióticas, bem como atividades humanas. Quando surge um ponto de instabilidade, a ação erosiva dos ventos inicia os *blowouts*. A geometria deles depende dos ventos e cobertura vegetal, podendo existir em formas arredondadas ou alongadas. Os ventos causam rebaixamento do centro dessas feições e escarpas em suas paredes. (MAUN, 2009).

Dunes slacks (Baixios ou lagoas interdunares) são, no entendimento de Grootjans *et al.* (2008), depressões dentro de dunas costeiras que são inundados durante estações chuvosas. São formados pela deflação de sedimentos entre as dunas e tem importância ecológica, colonizados por várias formas de vida, sendo anuais, bienais ou perenes. O ambiente das lagoas interdunares é muito diferente das dunas, por conta da maior umidade e mistura dos sedimentos com matéria orgânica.

O sistema hidrológico das lagoas interdunares pode ser perene ou intermitente, com o fornecimento de água podendo ser pluvial ou subterrânea. Nesses ambientes, algumas espécies de gramíneas e arbustos podem chegar a 10 ou 15 metros de altura (GROOTJANS *et al.*, 2008).

Paleodunas, também designadas dunas fixas ou inativas de acordo com Giannini *et al.* (2005), atualmente não passam pelo processo de morfodinâmica dunar. Para Psuty (2008) essas dunas são encontradas afastadas das costas, onde o processo de transporte eólico de sedimentos não é suficiente para criar novas morfologias eólicas.

Entre a praia e os campos dunares existe uma zona de transição denominada sistema praia-dunas. É caracterizado por troca de 4 tipos de elementos: lençol freático, maresia, areia e matéria orgânica morta ou viva. Para Brown e McLachlan (1994) depende dos ventos e dos intervalos intermarés, bem como do alinhamento da praia. Os lençóis freáticos podem formar aquíferos confinados ou não confinados e contém relevante quantidade de nutrientes. A maresia resulta da formação de gotículas de água na quebra de ondas que liberam sal no ar e são transportados pelo vento.

De acordo com Muehe (2011) o ciclo característico do sistema praia-duna consiste no vento retirando o material da face da praia e depositando nas dunas à retaguarda, que por sua vez, alimentam praias subsequentes à direção jusante do vento.

c) Dunas: importância biótica, abiótica e antrópica, seus usos e conservação

Segundo Martínez, Maun e Psuty (2008), por sua composição inconsolidada e dinâmica, as dunas são consideradas ambientes de fragilidade, pois uma abrupta mudança em sua estrutura pode causar alterações irreversíveis em sua progressiva evolução.

Dessa forma, é imprescindível que o uso e ocupação das dunas seja feito de forma ordenada, considerando a potencialidade desses ambientes. Para Costa (2013) a remoção de vegetação afetará negativamente o sistema dunar, fazendo com que os sedimentos sejam transportados, aterrando elementos naturais e antrópicos. Sendo assim, preservar a vegetação das dunas é muito importante no manejo desses ambientes.

As dunas exercem funções relevantes nos aspectos ecológicos, abióticos e antrópicos, dentre estes estão:

- Proteção aos sistemas evolutivos costeiros, pois estão conectados com as dunas a nível continental através de ação de agentes climáticos, morfogênicos e biodiversidade.
- Fornecimento de material para a formação de manguezais, além de ser abrigo para aves;
- Atrativos socioambientais econômicos (paisagem, ecodinâmica e biodiversidade);

- Recreio e turismo por comunidades tradicionais, veranistas e turísticas;
- Fonte de inspiração artística e suporte de valores culturais, espirituais e religiosos para a sociedade. (COSTA, 2013. p. 49).

Martinez (2008) faz ressalvas sobre a importância das dunas. Para o autor através dos anos as dunas têm sido usadas para defesa territorial, captação de água, agricultura, mineração, habitação e turismo. Além disso, as dunas servem como locais de recarga de lençol freático e assiste na retenção de água salgada, impedindo sua mistura com a água doce subterrânea.

Os campos dunares são importantes *habitats* da fauna. Aarde, (2008) e Baeyens e Martínez (2008) afirmam que nas dunas existem colônias de roedores vegetarianos, frutívoro, insetívoro e carnívoro, mostrando a importância ecológica da cadeia alimentar de sistema dunar vegetado. De acordo com eles, as dunas foram espaço de criação de animais, como ovelhas, cabras, porcos e cachorros que diversas vezes competiram com espécies nativas, causando estresse na cadeia alimentar.

Como resultado da ocupação humana em todo o mundo, sistemas dunares estão em estados avançados de degradação e em muitos casos espécies nativas e endêmicas foram removidas ou substituídas por espécies exóticas. Dessa forma a proteção fornecida pelas dunas contra eventos de tempestades na zona costeira está sendo degradada, aumentando exponencialmente os casos de danos relacionados à erosão costeira.

A degradação de dunas por ação antrópica está associada a diversos usos, como mineração, recreação, deposição de lixo, introdução de espécies exóticas e a pavimentação e obras. Alguns campos de dunas e paleodunas são explorados pela mineração que retira sedimentos para diversos fins, como para a construção civil e aterramento de terrenos. A retirada desse material acarreta diversos problemas, como o déficit de balanço sedimentar no sistema praia-dunas (GIANNINI *et al.*, 2005).

De acordo com Brown e Mclachlan (1994), o tráfego ligado à atividade pesqueira e principalmente ao lazer, que inclui motos e carros é problemático para a dinâmica das dunas. A ação de tráfego de carros é comparada em alguns sistemas praia-duna à mudança gerada por tempestades. O peso de veículos interfere na movimentação de areia entre praia e duna. As dunas podem ser rebaixadas e compactadas, aumentando a instabilidade. Em alguns locais os efeitos de compactação chegam a 20 cm de profundidade.

O tráfego de veículos prejudica também fauna e flora. Causando a perturbação em populações de oligoquetas, artrópodes, lagartos e mamíferos, assim como de pássaros que têm ninhos nas dunas. As plantas são muito prejudicadas pelos veículos porque a deterioração da vegetação expõe as dunas e pode criar a formação de *blowouts* (NORDSTROM, 2010; BIRD, 2008).

Estudos mostram que dunas não toleram nenhum tipo de tráfego de veículos e a recuperação desses ambientes pode levar muitos anos. Os danos causados nas dunas são registrados quando os primeiros carros passam sobre esses ambientes, os danos mais mensuráveis ocorrem entre a primeira e quinta passagem de veículo, o que sugere que do ponto de vista geomorfológica, as dunas devem ser um local totalmente proibido para o tráfego de veículos (BROWN; MCLACHLAN, 1994).

Martinez, Maun e Psuty (2008) ressaltam que como as dunas têm sido ameaçadas por diversas ações humanas, como expansão urbana, mineração, poluição, turismo e agropecuária, gradualmente vêm se tornando ecossistemas protegidos, principalmente em médias latitudes devido a sua importância ecológica.

Desse modo, a relação antrópica com as dunas passou a ser de conservação e diminuição de ocupação dessas áreas, principalmente na Europa e Estados Unidos da América. Para Martinez, Maun e Psuty (2008) a conservação de dunas passa por reinserção de espécies nativas de plantas e animais e sua observação deve ser feita com prognósticos de uso, para mitigar ao máximo os impactos antrópicos sobre esses ambientes que são extremamente frágeis e dinâmicos.

Nordstrom (2010) elenca algumas razões para recuperação de dunas: melhorar o *habitat* degradado por poluentes, distúrbios físicos ou espécies exóticas; renovar os recursos exauridos por uso excessivo; substituir perfis e *habitats* perdidos por meio de erosão, converter terrenos antropizados em reservas naturais; compensar perda de áreas naturais resultante da construção de novas instalações antrópicas e estabelecer uma nova paisagem ou recuperar patrimônios culturais e ambientes perdidos.

O autor alerta para a importância da conservação das dunas, porque elas fornecem proteção natural contra extravasamento da água do mar, inundação, estresse de vento, transporte de sedimentos e *spray* marinho durante tempestades, o que ajuda a manter a integridade dos ambientes naturais. A recuperação desses ambientes pode abarcar não apenas o fator ecológico, mas também valores humanos culturais, históricos, tradicionais, artísticos, sociais, econômicos e vivenciais.

Nordstrom (2010) sugere que as dunas podem ser reconstruídas por engordamento de praia, que favorece a formação de dunas incipientes, por aterro de areia de fontes externas, por raspagem de praia, direcionando areia para dunas, por instalação de cercas para conter vento e sedimentos, plantação de vegetação fixadora e dentre outros.

Ainda de acordo com Nordstrom (2010) é possível alcançar uma paisagem costeira mais dinâmica e com funcionamento natural pela adoção de uma estratégia de gestão que: tolere mudanças; utilize zonas (não linhas) para delinear a fronteira entre as unidades de gestão; valorize recursos iniciais como protofases na evolução das formas e habitats; redescubra o patrimônio ambiental e o valor de um aspecto de paisagem natural que inclua as pessoas; faça tentativas de aumentar o turismo com base na natureza e apreciação pela natureza, que pode refletir no valor imobiliário.

Para isso, Nordstrom (2010) ressalta que soluções consensuais das partes interessadas no manejo de dunas é necessária para manter valores naturais, recreacionais e de proteção de perfis de terrenos em espaços restritos com o máximo de harmonia. Elemento-chave na exploração de dunas é convencer às partes envolvidas nos processos que campos dunares são ambientes dinâmicos e não estéticos e que eles devem aceitar espécies nativa, detrito natural etc. Cientistas, ambientalistas, gestores públicos, agentes imobiliários, proprietários residentes e turistas devem estar incluídos no ordenamento do manejo de sistemas dunares, visando harmonia e meios-termos entre os anseios dos diversos atores.

3 CONDICIONANTES AMBIENTAIS DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ESTÂNCIA

3.1 DINÂMICA CLIMÁTICA

O clima é um dos principais condicionantes para a modelação de campos dunares e suas feições. Os elementos climáticos, principalmente a precipitação e os ventos, associados à disponibilidade de sedimentos, controlam a morfodinâmica dunar. Em períodos chuvosos, a morfodinâmica dunar tende a ser menos intensa, pois a umidade dos sedimentos dificulta a mobilidade por ação eólica. Por outro lado, durante períodos secos, ela tende a ser mais ativa, uma vez que os sedimentos secos estão menos coesos e mais propícios ao transporte pelos ventos.

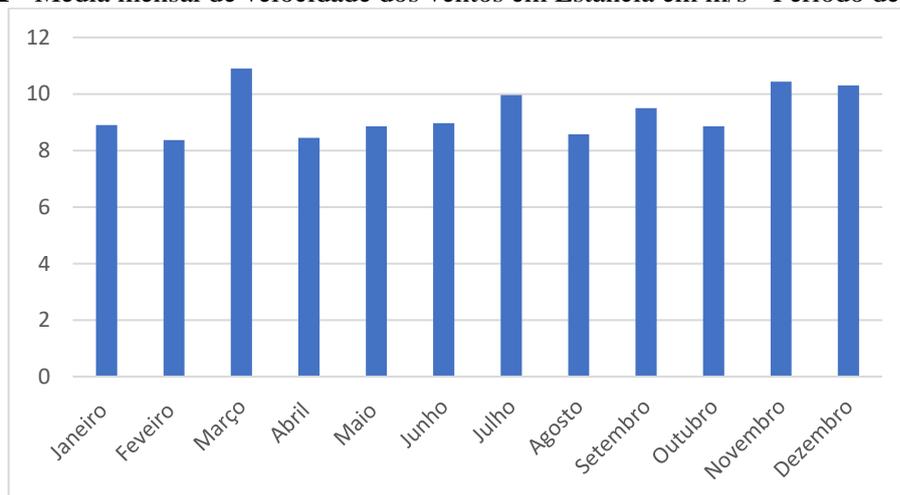
O clima do Nordeste brasileiro é Tropical com predominância de características quente e úmida, com à exceção do Polígono da Seca. Sergipe está inserido nesse contexto, onde, de acordo com Molion e Bernardo (2002) a Zona de Convergência do Atlântico do Sul (ZCAS) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) atuam para diferenciar as condições atmosféricas ao longo do ano. Além disso, as massas Equatorial do Atlântico Sul (MEAS), a Polar Atlântica (MPA) e a Massa Tropical Atlântica (MTA) interferem na dinâmica atmosférica, em particular, nos índices de precipitação e temperatura.

De acordo com Giannini *et al.*, (2005), no litoral nordestino, o regime de ventos é influenciado por três massas de ar principais – a Massa Equatorial Norte associa-se à zona de alísios de Nordeste do Anticiclone do Atlântico Norte, mais atuante na estação chuvosa, entre os meses de dezembro e abril. A Massa Equatorial Atlântica relaciona-se com a zona de alísios de Sudeste do Anticiclone do Atlântico Sul, mais atuante durante a período de menores índices pluviométricos. Esses autores ressaltam que os ventos alísios são impulsionados do Atlântico Sul em direção ao Nordeste Brasileiro por influência da Massa Tropical Atlântica, que produz instabilidades e a ação de alísios de Leste, entre janeiro e junho.

De modo geral, são os ventos alísios que agem para direcionar a migração preferencial das dunas, cujo potencial migratório é potencializado no período seco, nas estações de primavera-verão.

De acordo com Fraga (2006, *apud* OLIVEIRA, 2008, p. 11), a Massa Tropical Atlântica (MTA) impulsiona ventos de SE com velocidade acima de 8m/s, considerados com força relativamente suficiente para proporcionar o transporte dos sedimentos arenosos do sistema praia-dunas e, por consequência, a migração de dunas. Dados coletados no INPE corroboram com essa informação, pois entre os anos 2008 e 2011, as médias mensais de velocidade dos ventos variaram entre 8 m/s e 11 m/s, como visto no Gráfico 3.1.

Gráfico 3.1 - Média mensal de velocidade dos ventos em Estância em m/s - Período de 2008 a 2011

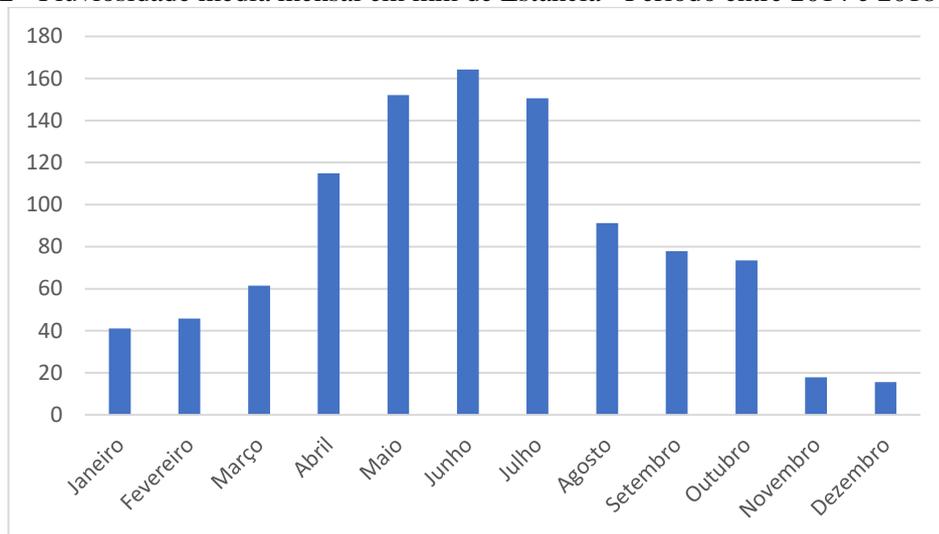


Fonte: INPE (2020)

Dados obtidos juntos à Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe (EMDAGRO) e ao Centro de Meteorologia de Sergipe (CEMESE) indicam para o município de Estância o clima Tropical quente e sub-úmido. As médias anuais da temperatura e da precipitação foram respectivamente, 24,7°C entre os anos de 2006 e 2016 (Gráfico 4.3), e

1006,42 mm/ano no período compreendido entre 2014 e 2018 (Gráfico 3.2; Figura 3.1). A Figura 3.1 exhibe os níveis de precipitação para o estado de Sergipe no qual indica que em setores da planície costeira Estância pode alcançar 2000 mm/ano.

Gráfico 3.2 - Pluviosidade média mensal em mm de Estância - Período entre 2014 e 2018



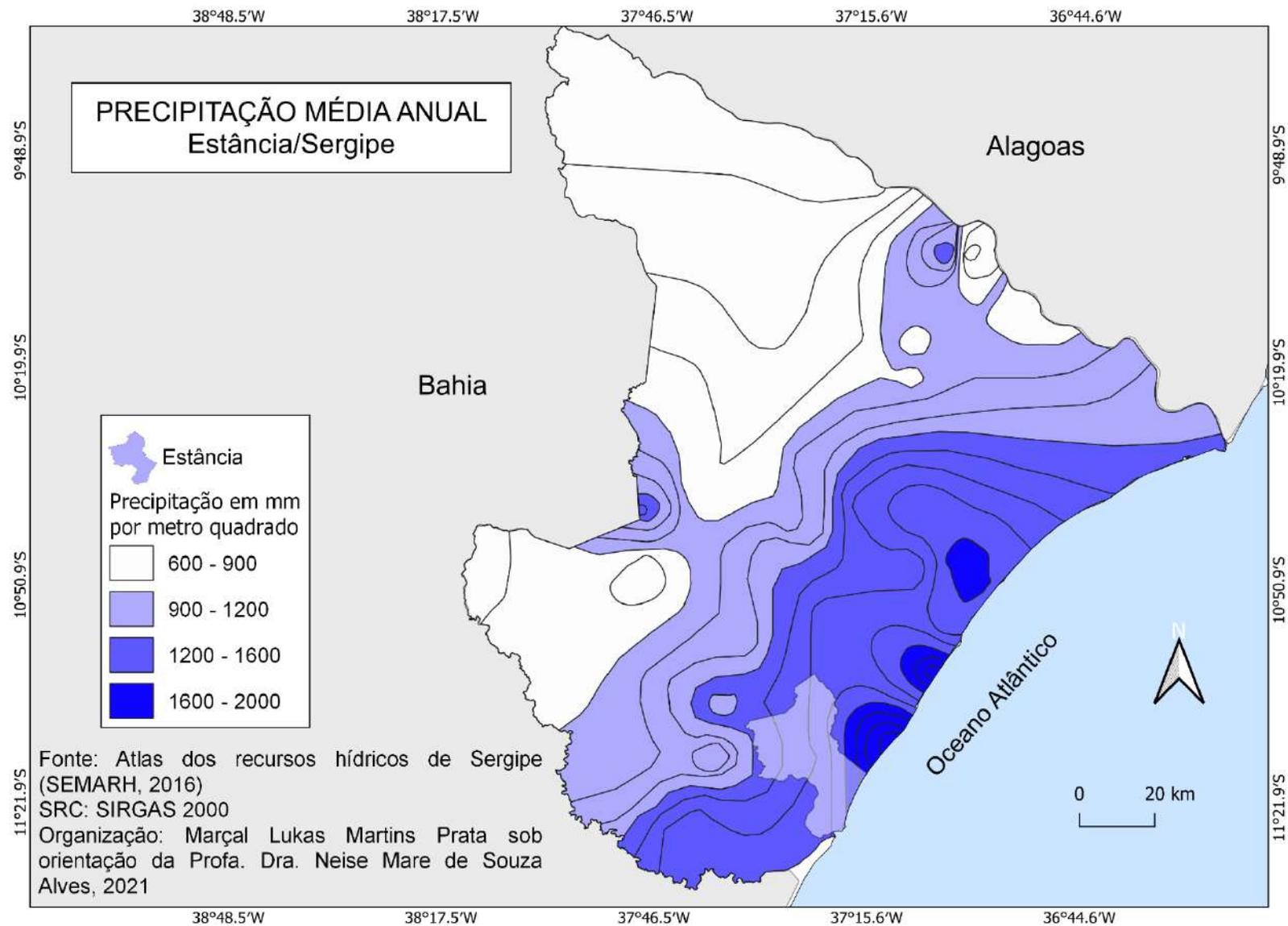
Fonte: EMDAGRO (2019)

As médias de precipitação e temperatura representadas nos gráficos 3.2 e 3.3 demonstram que os meses mais chuvosos coincidem com os meses de temperatura menos elevadas, e os meses mais quentes são os mais secos.

A partir desses dados, depreende-se que a morfodinâmica dunar na planície costeira de Estância está mais ativa entre os meses de setembro a fevereiro, quando a relação temperatura/precipitação oferece condição propícia à mobilidade dos sedimentos. Nesse período, as partículas arenosas que compõem as feições eólicas encontram-se secas e menos coesas, portanto, sujeitas ao transporte eólico.

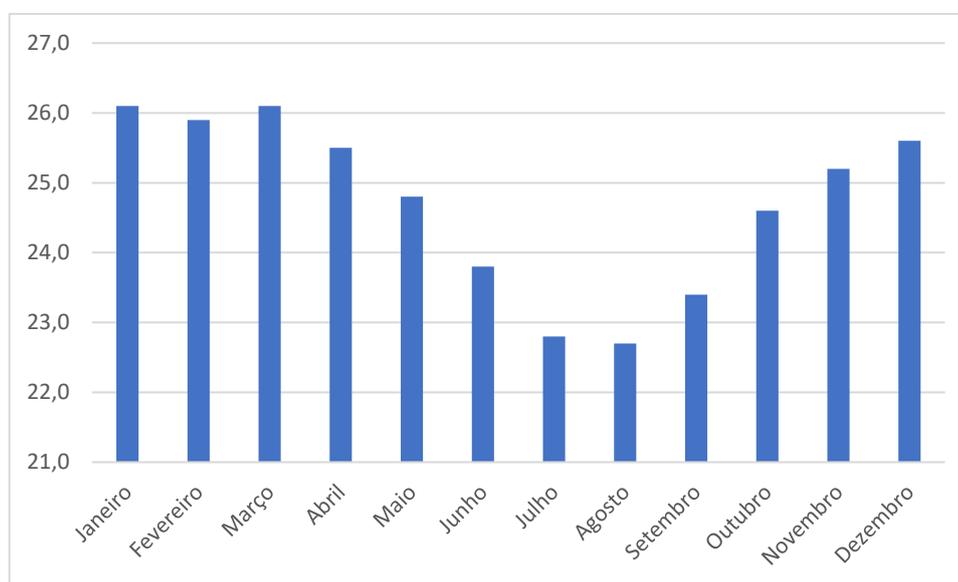
Por outro lado, entre os meses de março e agosto, a relação temperatura/precipitação cria condições desfavoráveis ao transporte eólico de sedimentos, em razão da elevação dos índices pluviométricos, que aumenta a umidade dos sedimentos, dificultando o seu transporte. Nesse período, as dunas tendem a ficar mais estáveis do que nos períodos secos.

Figura 3.1 – Precipitação em média anual em mm para Sergipe



As condições climáticas do município de Estância não são favoráveis à formação de dunas de elevada altitude, como em climas áridos e semiáridos. Conseqüentemente, o Campo Dunar de Estância caracteriza-se pela predominância de cordões de dunas baixas e pouco transgressivos. Bird (2008) e Martínez; Maun; Psuty (2008) ressaltam isso em seus trabalhos, ao afirmarem que, nas zonas tropicais e subtropicais, as dunas são menores e menos transgressivas – quando comparadas àquelas de clima árido - devido ao fato de os ventos mais fortes estarem associados aos períodos chuvosos, que são justamente quando os sedimentos estão mais densos e mais coesos, dificultando a mobilidade pela ação eólica.

Gráfico 3.3 - Temperatura Média de Estância - Período entre 2006 e 2016



Fonte: CEMESE

Na planície costeira de Estância, durante os meses mais chuvosos é comum afloramento do lençol freático nas depressões, criando lagoas interdunares onde ocorre vegetação típica de sítios pantanosos, que estão adaptadas a ambientes úmidos. Em outros setores, onde existem pequenas depressões entre os cordões litorâneos, verifica-se a presença de lagoas intermitentes ou perenes. As características desses ambientes são fatores limitantes à mobilidade dunar.

3.2 GEOLOGIA

A planície costeira de Estância marca o limite sul do trecho que foi caracterizado por Bittencourt *et al.* (1983), localizando-se na bacia costeira situada entre os estuários do rio Vaza-Barris e dos rios Piauí/Real. Atualmente, podem ser identificadas algumas feições relacionadas ao Quaternário na área, tais como praia, dunas, paleodunas, terraços marinhos, terraços fluviais, lagoas, cordões litorâneos, áreas de deflação, manguezais e dentre outros.

Na planície costeira de Estância são encontradas coberturas das épocas do Pleistoceno e Holoceno que consistem 6 unidades: Terraços marinhos holocênicos (QHt); Terraços marinhos pleistocênicos (Qpa); Depósitos eólicos litorâneos atuais (QHe1); Depósitos eólicos continentais (Qpe1); Depósitos fluviolagunares (Qhf) e Depósitos de pântanos e mangues (QHp) (Figura 3.2).

Como visto em CPRM (1997), as coberturas pleistocênicas correspondentes à planície costeira de Estância são Terraços marinhos pleistocênicos (Qpa) e os depósitos eólicos continentais (Qpe1).

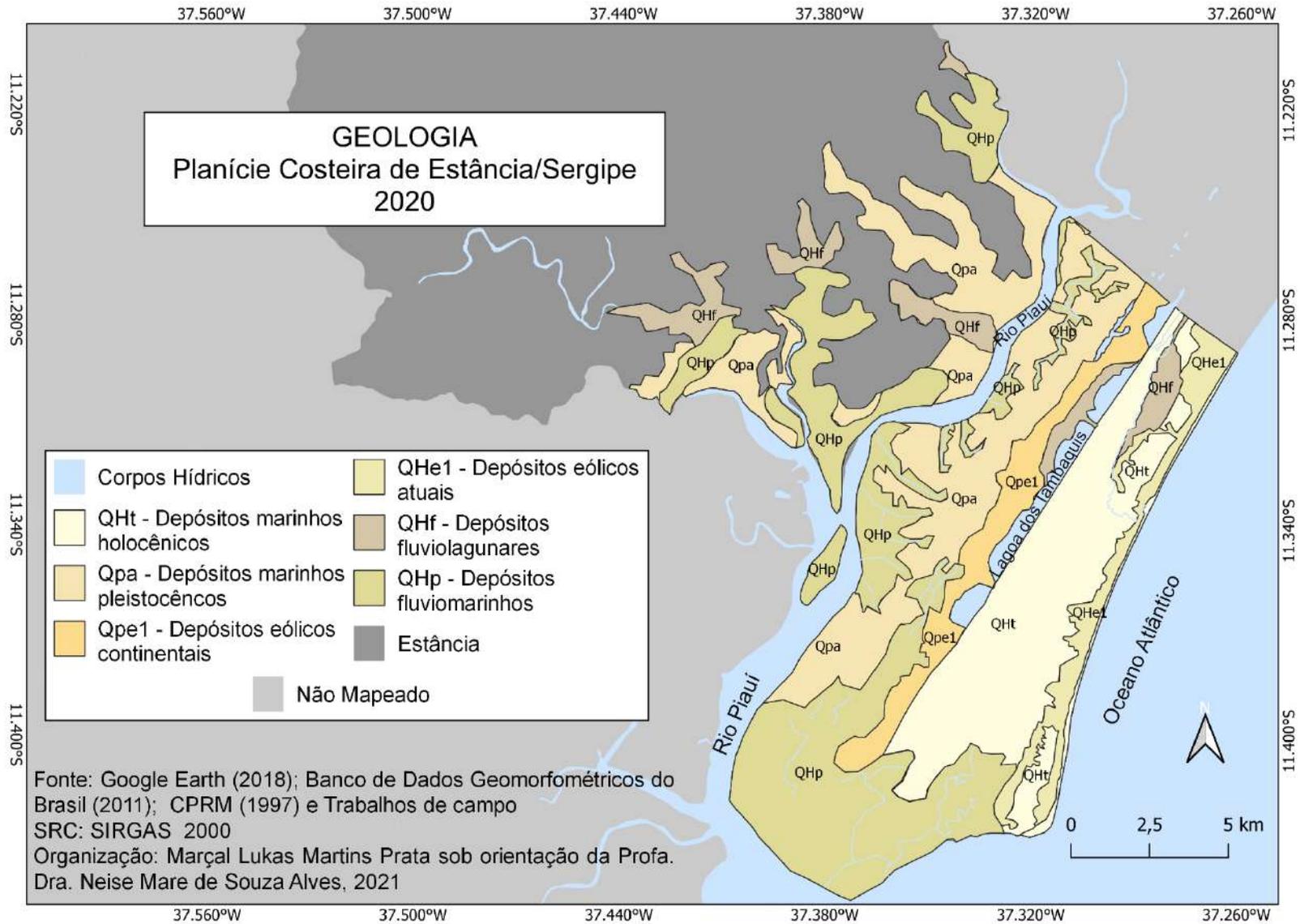
De acordo com o modelo de Bittencourt *et al.* (1983), 6 estágios de transgressões e regressões marinhas elaboraram as feições da planície costeira quaternária do estado de Sergipe. No setor que abrange o município de Estância, são identificáveis morfologias e depósitos originados a partir do Estágio IV, quando foram formados os terraços marinhos e os depósitos eólicos com datação pleistocênica.

De acordo com Bittencourt *et al.* (1983), os depósitos marinhos pleistocênicos (Qpa), podem ser encontrados em todo o estado de Sergipe, quase sempre em contato direto com sedimentos terciários da Formação Barreiras. Em Estância, os depósitos desse tipo são encontrados nas proximidades do canal fluvial do Rio Piauí e da Lagoa dos Tambaquis. Nessa área, o terraço marinho apresenta vestígios de antigos cordões litorâneos que durante os meses de maior pluviosidade apresentam depressões que permanecem alagadas durante todo o ano.

Os depósitos eólicos continentais encontrados em Sergipe pertencem a duas gerações. A mais antiga, primeira geração (Qpe2) está situada mais internamente e a mais recente, segunda geração (Qpe1), posiciona-se mais próxima à linha de costa. Em Estância, são encontrados apenas depósitos eólicos pleistocênicos de segunda geração (Qpe1). Estas feições dunares (Qpe1) apresentam-se colonizadas por vegetação e estado morfodinâmico estável. Elas bordejam a margem oeste da Lagoa dos Tambaquis, também conhecida como Lagoa Grande ou Lagoa Azul. De acordo com Bittencourt *et al.* (1983), esses ambientes têm idade entre 120.000 e 5.100 anos A.P.

Segundo os dados da CPRM (1997) as coberturas holocênicas do município de Estância são formadas por depósitos fluviolagunares (Qhf), depósitos marinhos holocênicos (QHt), depósitos eólicos litorâneos atuais (QHe1) e depósitos de pântanos e mangues (QHp).

Figura 3.2 – Geologia da planície costeira de Estância



Os depósitos fluviolagunares (QHf) representam o ambiente com menor cobertura na planície costeira de Estância, sendo encontrados às margens da Lagoa dos Tambaquis ou ocupando a rede de drenagem instalada sobre os depósitos marinhos pleistocênicos. Bittencourt *et al.* (1983) afirmam que, na planície costeira do estado de Sergipe, esses sedimentos têm idades entre 6.150 ± 95 anos A.P., e são constituídos por areias e siltes argilosos, ricos em matéria orgânica. De acordo com estes autores, tais depósitos resultam da colmatção dos sedimentos em antigas lagoas na regressão subsequente à Última Transgressão, quando estas tiveram sua comunicação cortada com o oceano.

Os depósitos fluviomarinhos (QHp) são encontrados na planície costeira estanciana e são submetidos às oscilações das marés. Estes ambientes são drenados por canais de maré e estão colonizados por vegetação de mangue. Eles podem ser encontrados tanto no contato dos terraços marinhos pleistocênicos quanto dos holocênicos, devido da sua dinâmica ativa atual. Para Bittencourt *et al.* (1983), são compostos por sedimentos argilo-siltosos, ricos em material orgânico.

Os depósitos marinhos holocênicos (QHt) são encontrados a leste da Lagoa dos Tambaquis e alcançam a faixa praias atual. De acordo com os autores supracitados, eles foram formados na última regressão marinha. Estão dispostos no ambiente em uma configuração alinhada, formada por antigas cristas praias ou cordões litorâneos e pequenas depressões que abrigam lagoas perenes e intermitentes. Em outras áreas, estes terraços estão separados daqueles de idade pleistocênica por uma zona baixa pantanosa. Contudo, na planície costeira de Estância estas feições estão separadas pela Lagoa dos Tambaquis.

Os depósitos eólicos litorâneos atuais têm datação holocênica, cerca de 5.100 anos A.P., e são encontrados em quase costa de Sergipe. Entretanto, Bittencourt *et al.* (1983) ressaltam que esses depósitos se subdividem em dois conjuntos, um mais antigo (QHe2) e outro mais recente (QHe1). O grupo mais antigo está composto por dunas menos ativas situadas em áreas mais internas do continente, enquanto o mais recente é caracterizado por morfodinâmica mais ativa, estando mais próximo da linha de costa.

Em Estância, os depósitos eólicos litorâneos atuais formam as dunas da geração mais recente (QHe1), presentes sobre os depósitos marinhos holocênicos (QHt). De acordo com Bittencourt *et al.* (1983) na área entre os rios Piauí e Vaza-Barris, que corresponde à planície costeira de Estância, podem ser encontradas dunas de segunda geração com um estado avançado de desenvolvimento.

3.3 USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS

A planície costeira está inserida no Litoral Sul Sergipano, na Bacia Costeira Caueira/Abaís e na APA Litoral Sul, desde 1993. A distribuição das atividades produtivas, os tipos de usos dos recursos e a ocupação dos ambientes que a integram deveria nortear o ordenamento territorial dessa área, sendo perceptível na paisagem aspectos indicativos de problemas ambientais (Figura 3.3).

Até meados dos anos 1970, a ocupação da planície costeira de Estância se caracterizava-se, principalmente, por pequenas comunidades tradicionais e vilas de pescadores. A partir da década de 1980, o sul do estado de Sergipe, em particular o sul do município de Aracaju, as praias da Caueira em Itaporanga d'Ajuda, e do Abaís e Saco em Estância começaram a receber seus primeiros investimentos em casas de segunda residência (VILAR; SANTOS, 2014).

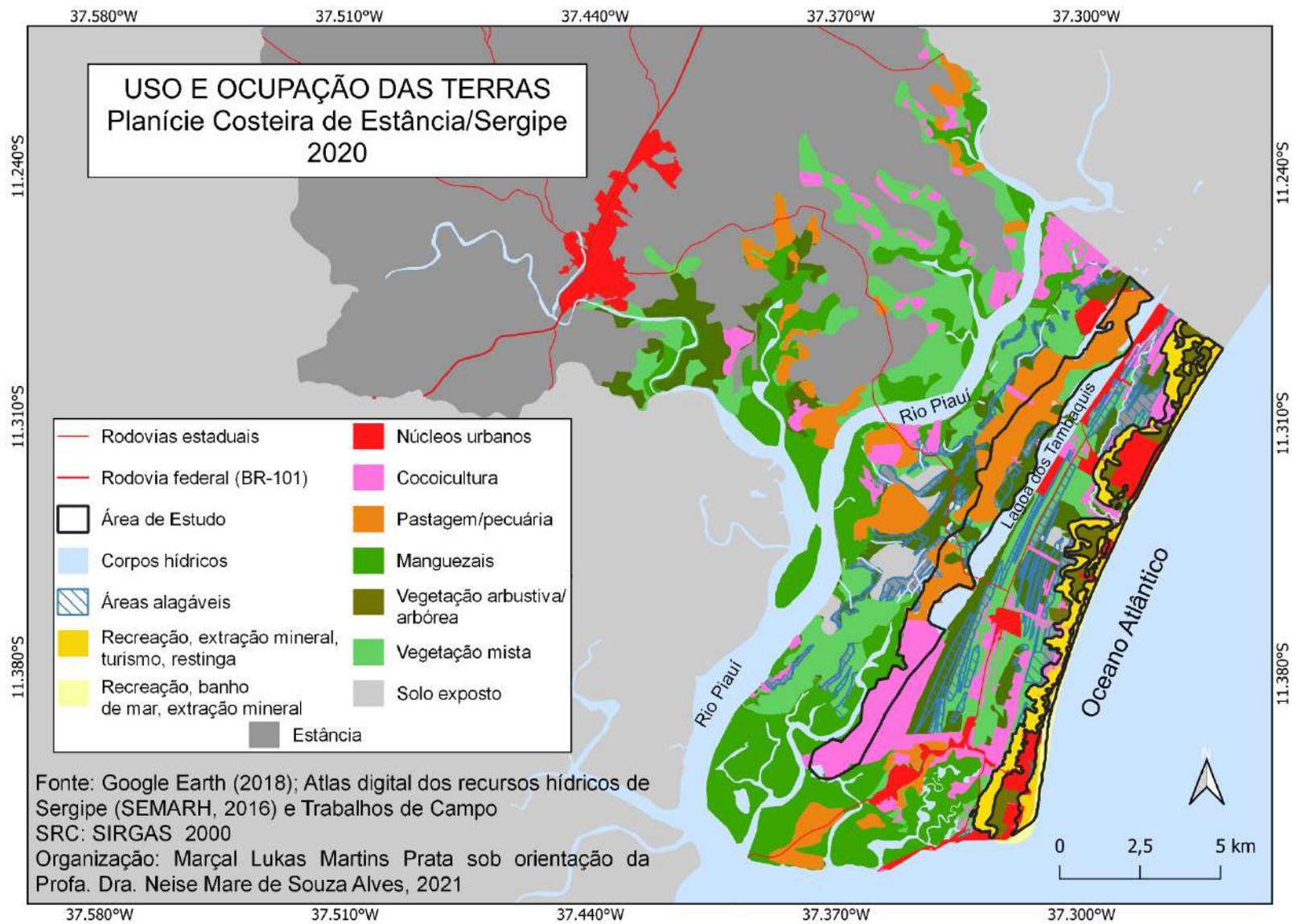
Após 2010, com a finalização da ponte Joel Silveira, que interliga o município de Aracaju ao litoral sul do estado, a zona costeira dos municípios de Itaporanga d'Ajuda e Estância passaram a atrair investidores do setor imobiliário, seja para empreendimentos individuais ou para loteamentos e condomínios (VILAR; SANTOS, 2014).

Atualmente, as atividades econômicas que mais se destacam na utilização dos recursos naturais da planície costeira são a cocoicultura, pecuária, setor imobiliário (segunda residência, condomínios, rede hoteleira) e o turismo de sol e praia. Tais atividades constituem-se em ameaça aos ambientes componentes dessa unidade, considerando que podem gerar impactos negativos ao meio ambiente se não atenderem aos padrões do ordenamento territorial pré-estabelecido.

Das atividades agrícolas, a que mais se destaca é cocoicultura. É comum encontrar plantações de coqueiros nas áreas de terraços marinhos, cordões litorâneos, superfície de deflação e até mesmo em depressões alagáveis (Figura 3.4). Em escala menor que a cocoicultura, a pecuária também se faz presente, quase sempre de forma consorciada com as plantações de coqueiros. Apesar de ser uma forma de cultivo que vem perdendo interesse de produtores no litoral sul de Sergipe, os remanescentes de cultivos do coco do passado ainda ocupam grande parte da planície costeira de Estância.

Ambas as atividades se desenvolvem em ambientes originalmente ocupados por vegetação de restinga. Em razão disso, são poucos os remanescentes da vegetação nativa na planície costeira de Estância, que foi submetida a forte antropização. Na atualidade observa-se a presença de espécies pioneiras em pequenas extensões.

Figura 3.3 - Uso e ocupação de terras da planície costeira de Estância em 2018



As áreas com vegetação nativa estão relacionadas ao Campo Dunar e em proximidades das áreas alagadas, e se justifica em razão desses ambientes serem menos favoráveis ao desenvolvimento da cocoicultura e da pastagem para a prática da pecuária extensiva. Essas atividades contribuem para a degradação dos ambientes da área de estudo, considerando que descaracterizam a dinâmica sistêmica entre os elementos bióticos e abióticos. Dentre os problemas gerados podem ser citados:

- Extinção de espécies por destruição de *habitats* através do desmatamento e o impulso de colonização por espécies exóticas através da inserção de espécies vegetais de outros domínios;

Figura 3.4 – Cocoicultura sobre área de cordões litorâneos em Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2019)

- Alterações no ciclo hidrológico, devido a remoção de vegetação que aumenta o escoamento superficial, bem como por efeito do pisoteio de animais, que compacta o solo;
- Alterações na mobilidade de dunas, de duas maneiras – por um lado aumentando o transporte de sedimentos em virtude da remoção de vegetação fixadora, e por outro, diminuindo-o por causa da compactação das partículas de areia;
- Erosão costeira, em consequência da remoção da vegetação fixadora dos ambientes dunares, suporte para a troca de sedimentos arenosos com a praia, através da dinâmica sistêmica praia/duna (SILVA, 1999).

As atividades do setor imobiliário e do turismo têm impulsionado o avanço da especulação imobiliária na área, motivado pela urbanização. Existem dois núcleos urbanos

principais na planície costeira de Estância, a Praia do Abaís (Figura 3.5) que está adjacente à linha de costa, e a Praia do Saco situada acerca do complexo estuarino dos rios Piauí e Real. Ambos os núcleos ocupam áreas circunvizinhas às dunas móveis e semifixas. Além desses núcleos urbanos supracitados, existem imóveis em ambientes dunares e de cordões litorâneos, devido a abertura de loteamentos e condomínios de alto padrão.

Figura 3.5 – Orla da praia do Abaís em Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2019)

Os maiores problemas ambientais relacionam-se com o núcleo urbano da praia do Abaís, situado no setor em que ocorrem os avanços e recuos da linha de costa, e sobre áreas de dunas frontais, superfície de deflação, dunas semifixas, lagoas e baixios alagados.

Apesar do município estar inserido em uma Área de Proteção Ambiental, o ordenamento territorial parece não atender a legislação do CONAMA, que protege os ambientes costeiros e de restinga. Dentre os problemas associados à urbanização da área da praia do Abaís e do Saco podem ser destacados:

- Impermeabilização do solo, que inibe a infiltração de água das chuvas e altera o ciclo hídrico;
- Problemas de acúmulo de lixo e despejo de efluentes líquidos, pois em muitos pontos não existem obras de saneamento básicos e serviços de coleta de lixo;
- Supressão de áreas do Campo Dunar, considerando que o núcleo urbano está situado sobre dunas frontais, semifixas e campo de deflação eólica. Constata-se, que neste setor da planície costeira há menor presença de dunas, posto que estando ocupado por edificações, estas reduzem o transporte de sedimentos que alimentam as dunas

situadas mais adentro do continente, além da remoção de areia destinada à construção civil;

- Alterações na linha de costa, por causa de infraestruturas urbanas no ambiente praiar e usos em toda extensão das bacias hidrográficas dos rios Piauí e Real, resultaram em uma costa em erosão, com riscos não somente aos elementos bióticos como também aos antrópicos. (Figura 3.6).

Figura 3.6 – Erosão costeira e destruição de infraestrutura da orla da praia do Abaís – Estância/SE.



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2019)

Figura 3.7 – Escombros de casas destruídas por erosão fluviocosteira nas margens do estuário Piauí-Real em Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2019)

Assim como a praia do Abaís, a praia do Saco tem passado pelos mesmos problemas, porém com uma especificidade, está situada em área estuarina. A constante migração das fozes dos rios Piauí e Real (Figura 3.7) tem provocado erosão em parte da infraestrutura, causando danos a residências de moradores de veranistas. Vale ressaltar que a erosão costeira nessa área também está associada aos usos em toda a bacia hidrográfica dos rios Piauí e Real, tornado este problema mais complexo do que aqueles associados aos usos que acontecem apenas em escala local.

Além das praias referidas, há áreas no interior do continente que têm sido alvo da especulação imobiliária, em razão de novos vetores de acessibilidade ao litoral sul, como a ponte Joel Silveira, que encurtou o tempo de viagem entre a capital do estado e o sul sergipano. Com isso, a região passou a ser valorizada por empresários do setor imobiliário, surgindo obras de terraplenagem e construção de condomínios em áreas de terraços marinhos, cordões litorâneos, lagoas e manguezais, ocasionando a descaracterização desses ambientes.

O setor do turismo também tem crescido, tendo em vista que a área atrai mais turistas em busca de lazer e da beleza cênica das dunas, que são naturalmente frágeis. Assim, com usos desordenados, estas morfologias tendem a ter potencializados os riscos de degradação.

Parte das dunas da planície costeira de Estância tem apresentado alguns sinais de degradação relacionados à atividade turística de sol e praia. Uma das principais causas é a destruição da vegetação, devido à circulação de automóveis e motocicletas. Esse tipo de atividade põe em risco esse ambiente, tendo em vista que a circulação de veículos causa a destruição de raízes de plantas que colonizam e ajudam a fixar as dunas. Desta maneira, pode ativar processos erosivos, contribuir para a compactação de areia, alterar *habitats* da fauna e flora, entre outras consequências.

Vale destacar que ainda hoje vivem na área comunidades tradicionais que realizam atividades culturais de subsistência, como as marisqueiras, as catadoras de mangaba e os pescadores. Esses sujeitos têm sofrido com a pressão das atividades turísticas e do setor imobiliário, tendo em conta que seus espaços de trabalho para a prática do extrativismo vegetal, coleta de mariscos e pesca estão sendo destruídos ou tendo o acesso bloqueado.

3.4 GEOMORFOLOGIA

A principal unidade geomorfológica do Quaternário nas zonas litorâneas, são as planícies costeiras (Figura 3.8). Essa unidade é composta por diversos ambientes – terraços marinhos holocênicos e pleistocênicos, dunas costeiras ativas (onde se encontram as dunas

Ativas Primárias e Secundárias), dunas continentais inativas (onde se encontram as dunas Inativas Pleistocênicas), cordões litorâneos, planície fluviolagunar e planície fluviomarinha.

Neste item serão abordadas as características das principais feições morfológicas que compõem a planície costeira de Estância, exceto das dunas, dado que serão tratadas detalhadamente no capítulo 4, quando da abordagem sobre a composição e compartimentação do Campo Dunar.

3.4.1 Terraços Marinhos

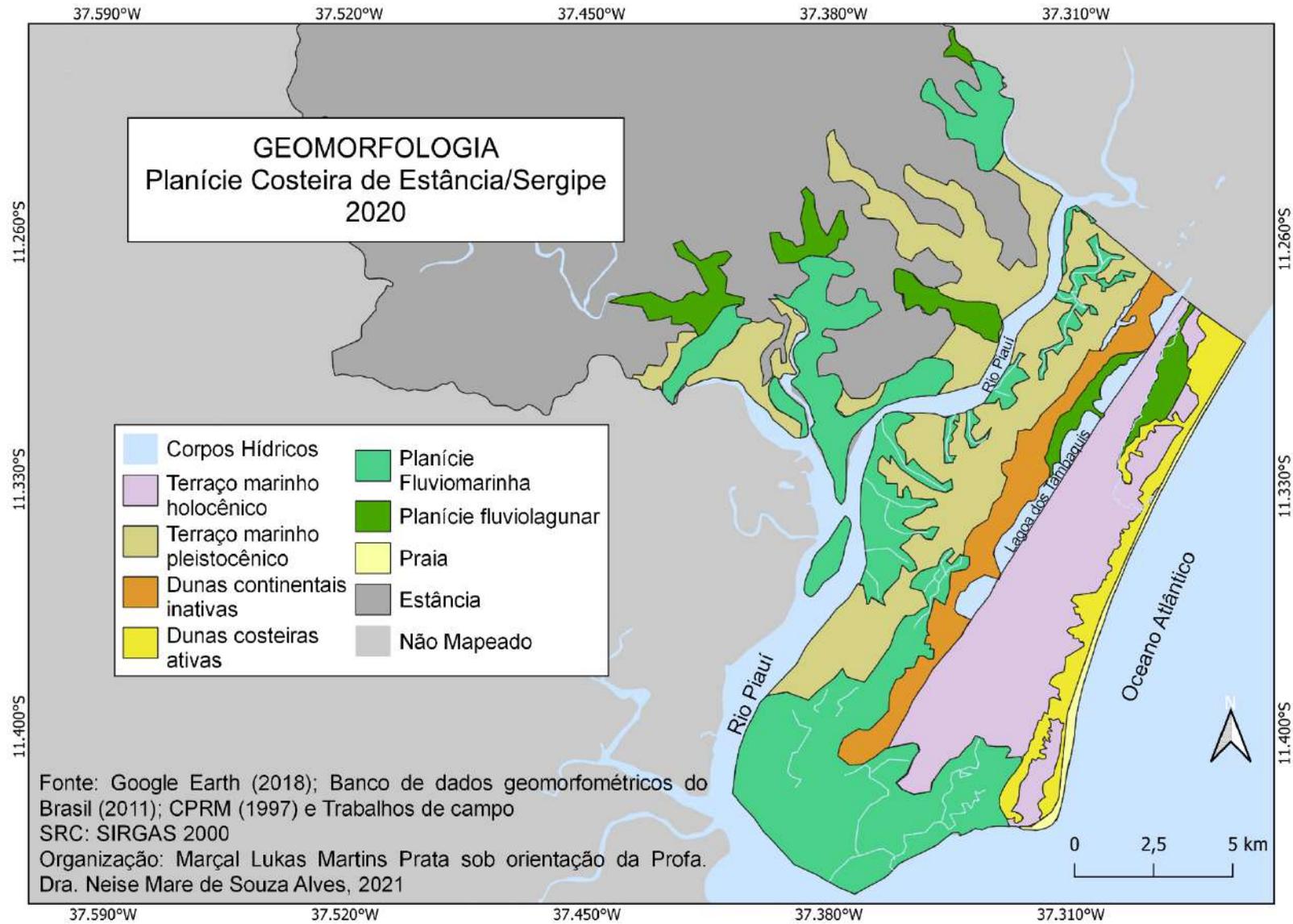
Os terraços marinhos são encontrados na maior parte da costa brasileira (DOMINGUEZ *et al.*, 1981; BITTENCOURT *et al.*, 1983; DOMINGUEZ *et al.*, 1990) e na planície costeira de Estância se relacionam com as duas épocas do Quaternário – Pleistoceno e Holoceno.

Segundo Guerra (1993, p. 413), essa feição corresponde a um “depósito sedimentar de origem marinha situado acima do nível médio do atual”. As datações com C¹⁴ sugerem que os terraços marinhos foram originados nas fases trans-regressivas (DOMINGUEZ *et al.*, 1990). A posição em que estes depósitos estão acomodados, sugere que quanto mais para o interior do continente, mais antigo é o terraço, se analisado do ponto de vista horizontal. Quando a comparação dos depósitos se faz de forma vertical, as evidências preconizam que os mais recentes são os que se encontram nas camadas superficiais.

A configuração mais comum dos terraços marinhos se relaciona com a formação de cordões litorâneos, que são antigas cristas de praias. Os terraços marinhos mais próximos da Formação Barreiras foram formados no Pleistoceno, enquanto aqueles mais próximos da linha de costa são do Holoceno (DOMINGUEZ *et al.*, 1990).

De modo geral, os terraços marinhos mapeados, como visto em Bittencourt *et al.* (1983) e Dominguez *et al.* (1981, 1990), se estendem desde limite superior da face da praia até a transição com outras feições circundantes. Na planície costeira em análise, os terraços holocênicos possuem altitude que varia de poucos centímetros a 4 m (BITTENCOURT *et al.*, 1983). Eles ocupam uma área extensa que se estende no sentido nordeste-sudoeste e estão situados entre o oceano Atlântico e as dunas continentais.

Figura 3.8 – Geomorfologia Costeira da Planície Costeira de Estância



Por sua vez, os terraços pleistocênicos apresentam altitude entre 8 m e 10 m (BITTENCOURT *et al.*, 1983). O setor mais contíguo na planície costeira estanciana situa-se a oeste da Lagoa dos Tambaquis até o rio Piauí. Entre as dunas continentais e o canal fluvial, estas feições apresentam uma rede de drenagem incipiente de pequenos canais, que são influenciados pela oscilação das marés. A deposição de sedimentos finos originou um substrato que propiciou a instalação da vegetação de mangue, que caracterizam a planície fluviomarinha. Os terraços pleistocênicos avançam para o continente, até contatar com os depósitos da Formação Barreiras.

3.4.2 Planície fluviolagunar e fluviomarinha

De acordo com Bittencourt *et al.* 1983, a origem das planícies fluviolagunares se relaciona com “Máximo da Última Transgressão”, quando o sistema lagunar se instalou a partir do afogamento dos vales fluviais presentes no setor inferior da Formação Barreiras e nos terraços marinhos pleistocênicos. Os autores afirmam também, que estas morfologias podem estar relacionadas com o isolamento das lagunas por ilhas-barreiras, que ao perderem contato com o mar, passaram por um processo de colmatção.

No contexto da planície costeira de Estância, a planície fluviolagunar ocupa uma área de pequena extensão. Ela encontra-se distribuída no entorno da Lagoa dos Tambaquis e nos vales dos canais fluviais instalados a base da Formação Barreiras e dos terraços marinhos pleistocênicos.

A maior parte dos sedimentos é de granulometria areia fina, argila e silte e em alguns locais, com matéria orgânica. Dominguez *et al.* (1990. p. 210), afirmam que “como esses vales foram invadidos durante o Máximo da Última Transgressão, é muito provável que esses depósitos fluviais estejam capeando sedimentos de origem lagunar/estuarina”. No mesmo sentido, os canais abandonados tiveram transição de dinâmica fluvial para lagunar, sendo assim, há autores que classificam essas feições como fluviolagunares (BITTENCOURT *et al.*, 1983).

Na planície costeira de Estância esses ambientes estão associados a pequenos canais fluviais, que são majoritariamente efêmeros, surgindo apenas em estações chuvosas, entre os meses de março e agosto.

As planícies fluviomarinhas são feições morfológicas que estão situadas em áreas associadas a desembocaduras fluviais influenciadas pela oscilação das marés oceânicas. Nas zonas tropicais é comum que a planície fluviomarinha ou planície de maré esteja ocupada pela

vegetação de mangue. Em Estância esses ambientes estão associados às fozes dos rios Piauí e Real, além dos seus tributários (Figura 3.9).

Segundo Bittencourt *et al.* (1983) e Dominguez *et al.* (1990), a composição sedimentológica desses ambientes é argilo-siltosa com elevado teor de matéria orgânica.

Figura 3.9 – Depósitos de matéria orgânica, argila e silte associados à planície fluviomarinha do Estuário Piauí/Real atualmente sem vegetação de mangue



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2019)

3.4.3 Lagoas costeiras

Essas lagoas são observáveis na planície costeira estanciana, associadas às depressões entre os cordões litorâneos e em baixios interdunares (Figura 3.10). Elas podem conter água salgada ou salobra, em razão da influência do mar, porque encontram-se separadas desse ambiente por obstáculos pouco efetivos e inconsolidados, como por exemplo, cordões litorâneos e terraços marinhos.

A perenidade das lagoas costeiras depende dos índices de precipitação pluviométrica. Nos eventos climáticos globais, que provocam estiagem prologada, há lagoas que podem secar ou ter o volume de água reduzido.

Figura 3.10 – Visão panorâmica de cordões litorâneos sobre terraço marinho com presença de lagoa intercordão – Estância/SE.



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2019)

Na planície costeira de Estância existe um complexo lagunar conhecido como lagoas dos Tambaquis. Esse complexo foi formado por depressões esculpidas em eventos regressivos e que atualmente abrigam grandes lagoas com água doce durante todo o ano (Figura 3.11).

Figura 3.11 – Complexo lagunar nas proximidades de dunas continentais



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2019)

4 COMPARTIMENTAÇÃO GEOSSISTÊMICA DO CAMPO DUNAR DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ESTÂNCIA

A partir das propostas de Bertrand (2004), Sloss; Sheperd; Hesp (2012) e Giannini *et al.* (2005), foram identificados três compartimentos de feições eólicas no Campo Dunar da planície costeira de Estância. Dois destes apresentam morfologias com atividade eólica ativa, identificados como Geofácies Dunas Ativas Primárias e Geofácies Dunas Ativas Secundárias, e o terceiro compartimento onde a atividade eólica é nula ou fraca foi definido como Geofácies Dunas Inativas Pleistocênicas (Figura 4.1).

O modelo teórico-metodológico de Bertrand (2004) possibilita adequar o recorte espacial aos objetivos da pesquisa. Por isso, o Campo Dunar foi considerado um Geossistema integrador de unidades de paisagem hierarquicamente inferiores. Diante desse entendimento, a Planície Costeira se equivale à Região Natural.

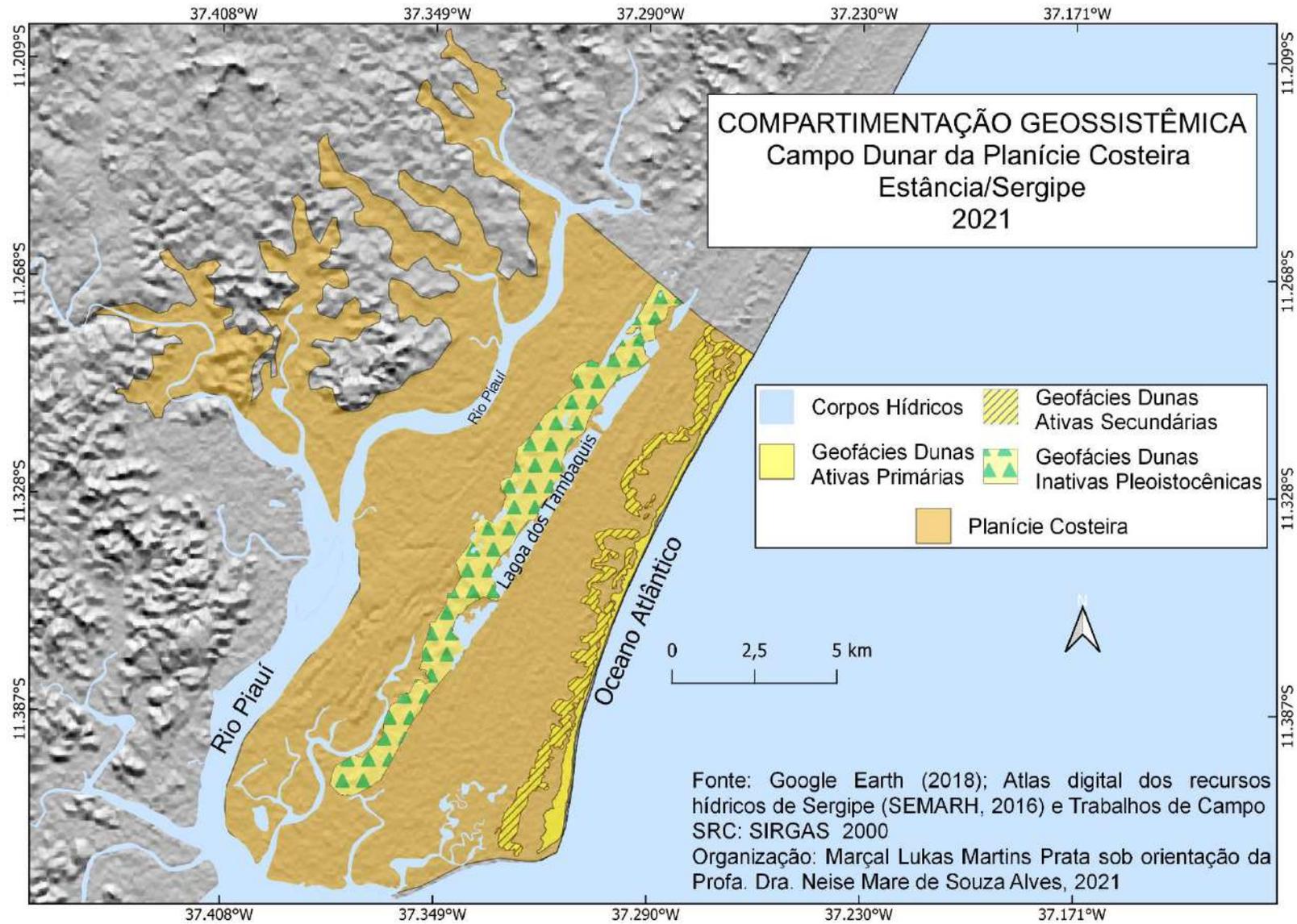
É pertinente ressaltar que os três geofácies não estão isolados uns dos outros. Apesar da interdependência em razão das trocas sistêmicas de matéria, energia e das relações ecológicas, observa-se uma conexão mais efetiva entre os Geofácies Dunas Ativas Primárias e Dunas Ativas Secundárias. Isso porque, em alguns pontos do Geossistema Campo Dunar, estas unidades de paisagem estão conectadas diretamente por setores de transição, onde há troca de sedimentos por ação dos processos eólicos.

Nesses ambientes, as atividades antrópicas têm interferido nas relações dinâmicas que se estabelecem entre estas unidades, principalmente por causa da expansão urbana, que vem ocorrendo de forma mais intensa na área. Dessa forma, o Campo Dunar de Estância pode estar sofrendo limitações no seu funcionamento, e por consequência não se verifica o pleno desenvolvimento das feições dunares dos Geofácies.

Vale salientar, que no município de Estância, as dunas estão inseridas na Unidade de Conservação de Uso Sustentável – APA Litoral Sul. Portanto, estão protegidas por legislação ambiental específica, porque são dotadas de funções essenciais na dinâmica dos ambientes costeiros – controle da erosão da costa, recarga de aquíferos, *habitat* de espécies da fauna e flora, além de integrarem um conjunto paisagístico de grande beleza cênica.

Apesar disso, constata-se que na APA Litoral Sul as ações de manejo empreendidas mostram fragilidades no sentido de preservação e conservação das feições do Campo Dunar, seja das dunas ativas ou inativas.

Figura 4.1 – Visão geral dos compartimentos geossistêmicos da planície costeira de Estância



Nos ambientes costeiros predominam os processos eólicos, precipitação, dinâmica das correntes e ondas oceânicas e variação de marés. No Campo Dunar predominam os processos eólicos, que agem como principal elemento modelador das feições dunares. Além disso, as características da cobertura vegetal presente em cada ambiente do Campo Dunar condiciona a intensidade desses processos dinâmicos de formas específicas em cada geofácia.

4.1 GEOFÁCIAS DUNAS ATIVAS PRIMÁRIAS

De acordo com Sloss; Sheperd; Hesp (2012), dunas primárias são aquelas que tem sua morfodinâmica interrelacionada diretamente com a praia, portanto, além de serem modificadas pela ação eólica, também são influenciadas pelos agentes oceânicos, como ondas, correntes e marés (Figura 4.2).

Outra informação a se considerar é que o nível de interferência da dinâmica de praias é diferente entre os setores ocupados por dunas primárias, de forma em que as dunas mais próximas da praia e das ações hidrodinâmicas são as que mais sofrem modelação pelos agentes costeiros, seja por sedimentação ou erosão, que ocorre de forma direta, conforme observado nas Figuras 4.3 A, B e 4.4. As dunas mais afastadas da linha de costa sofrem menor interferência da dinâmica praial.

Figura 4.2 – Distribuição espacial do Geofácies Dunas Ativas Secundárias do Geossistema Campo Dunar - Planície costeira de Estância – Sergipe

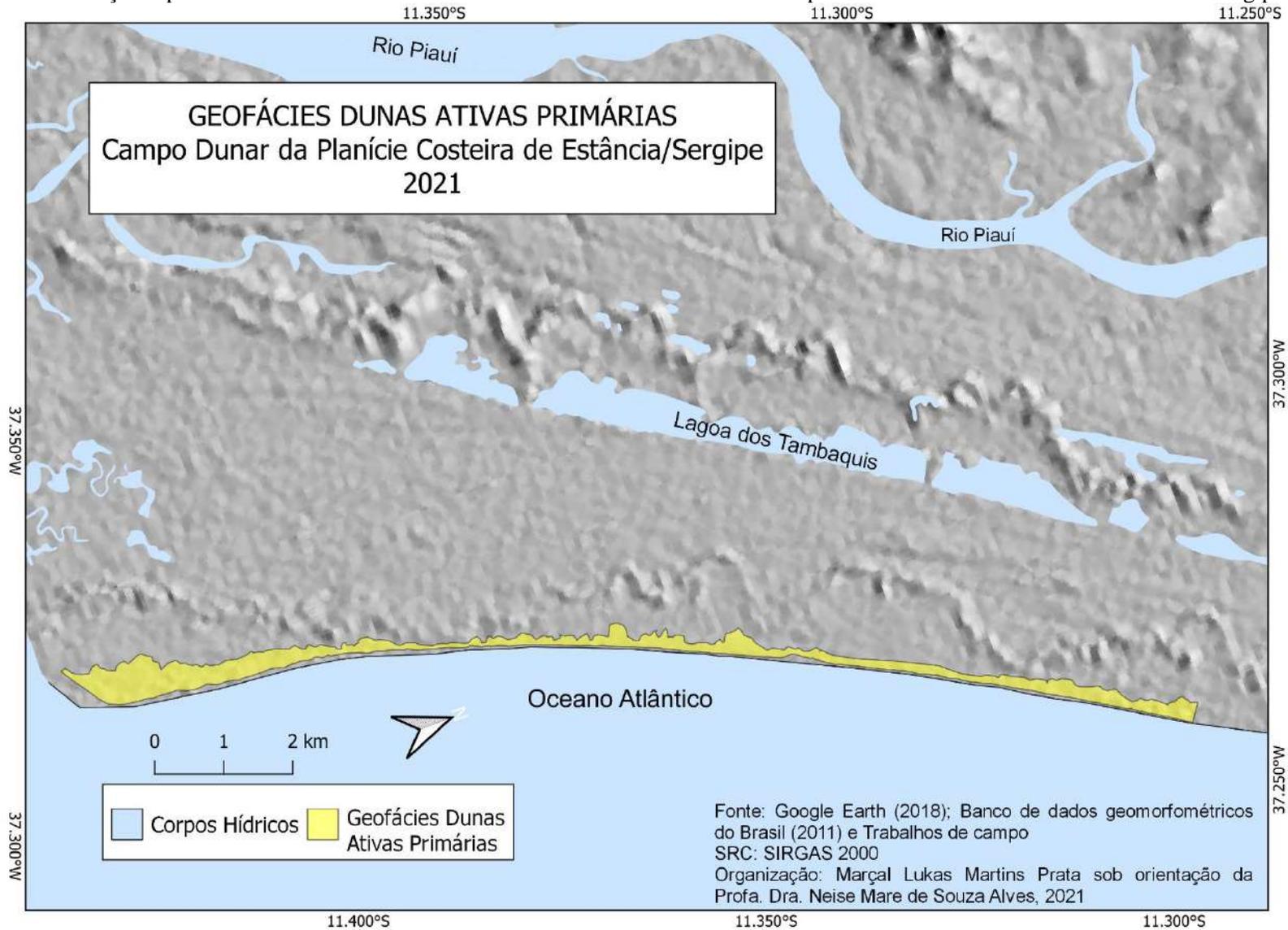


Figura 4.3 – A: Dunas primárias internas; B: Superfície de dunas primárias frontais



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Figura 4.4 – Dunas primárias diretamente integradas ao sistema praia-duna



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Essas dunas se estendem desde a linha de costa até aproximadamente 300 metros adentro do continente. A maior área de dunas primárias concentra-se nas proximidades do estuário do Rio Piauí/Real e na divisa com o município de Itaporanga D’Ajuda. As feições nesse compartimento estão em evolução geomorfológica inicial e possuem alturas entre menos de 1 m até aproximadamente 10 m (OLIVEIRA, 2008).

As feições encontradas são, principalmente, dunas embrionárias, dunas de sombra (*shadow dunes*) e dunas *nebkhas* (Figura 4.5). São colonizadas por vegetação herbácea, com destaque para a salsa-da-praia (*Ipomoea pescaprae*) e, dependendo das condições ambientais locais, há arbustos que se instalam nas morfologias que compõem esse Geofácies, favorecendo a formação de dunas *nebkhas* (Figura 4.6).

Figura 4.5 – Dunas de sombra observáveis nas proximidades da praia do Abaís



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Figura 4.6 – Dunas *nebkhas* em estágio de fitofixação – Praia do Abaís – Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

A baixa densidade de colonização vegetal nesse Geofácies contribui para que os efeitos dos processos eólicos sejam intensos. De modo geral, a proteção que a vegetação oferece para reduzir a ação do vento é mínima. Assim, os sedimentos estão submetidos ao retrabalhamento constante na área de abrangência das dunas primárias.

Nesse Geofácies a intensidade da morfodinâmica é a mais forte dentre as demais unidades de paisagem identificadas na área de estudo. O primeiro fator ligado a isto é a

proximidade das feições dunares com a faixa praial, principalmente as dunas frontais ou incipientes. Neste contexto, essas geofomas são alvo da ação de ondas e marés em épocas de marés de sizígia e tempestades, que favorece a erosão destas morfologias. Na paisagem são detectadas feições escarpadas nas dunas frontais, como ilustrado na Figura 4.7.

Figura 4.7 – Feições escarpadas esculpidas (em destaque) por agentes oceânicos – evidência de erosão em dunas primárias – proximidades da Praia do Abaís – Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Por outro lado, essa proximidade das dunas com o oceano proporciona maior deposição de sais na superfície dos sedimentos, o que dificulta o desenvolvimento de espécies vegetais robustas. Assim, a vegetação dessa unidade geossistêmica é rarefeita e composta, predominantemente, por espécies herbáceas. Apesar de haver pequenos arbustos, a quantidade é pouco significativa para atenuar a morfodinâmica na maior parte deste compartimento.

As características da vegetação colonizadora tornam as dunas expostas também aos processos desencadeados pela precipitação pluviométrica. A ação do efeito *splash* se verifica diretamente sobre a cobertura areno-quartzosa e o escoamento superficial erode os sedimentos com maior facilidade.

Neste Geofácies foram identificados os seguintes Geótopos – lagoas formadas em baixios, dunas livres, semifixas e dunas fixas.

As lagoas encontradas no ambiente das dunas primárias podem ser permanentes ou temporárias. Entretanto, elas obtêm o desenvolvimento máximo na estação chuvosa, principalmente entre os meses de março e agosto (Figura 4.8). Essas lagoas têm importante papel ecológico, pois abrigam espécies de fauna e flora. Além disso, os ambientes lacustres representam um obstáculo ao transporte eólico de sedimentos, fator que influencia na morfodinâmica de dunas.

Figura 4.8 – Lagoa intermitente formada em área de dunas primárias – Praia do Saco – Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

As dunas livres que integram o Geofácies Dunas Primárias Ativas estão restritas a montículos de areia ou dunas embrionárias, que são movidos pela ação dos ventos em direção ao continente. As dunas semifixas têm mobilidade reduzida por conta da colonização de herbáceas, nessas condições é comum a formação de dunas de sombra. As dunas *nebkhas* estão mais afastadas da praia e vinculadas à vegetação arbustiva, que proporciona maior acúmulo de sedimentos na feição dunar, algumas destas estão fixadas.

Nesse Geofácies há dunas migrantes que se deslocam sobre o campo de deflação e terraços marinhos holocênicos formando uma espécie de lençol de areia (Figura 4.9). Os principais obstáculos naturais, além da vegetação, são os cordões litorâneos e as lagoas freáticas intercordões. Esses elementos são fatores limitantes para a mobilidade dunar.

Figura 4.9 – Lençol de dunas primárias migrantes recobrimdo superfície de deflação – Praia do Abaís



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

As dunas primárias são um importante elemento para a conservação dos ambientes costeiros, pois fazem parte do sistema praia-duna. Nesse cenário, praia e dunas primárias têm uma relação direta de troca de matéria e energia, essenciais para a manutenção do funcionamento desses ambientes. A degradação de um destes componentes, provavelmente, afetará o funcionamento do outro. Além disso, são *habitats* de diversas formas de vida animal, como aves e répteis, que dependem diretamente destes para sua sobrevivência. A degradação de dunas frontais pode ameaçar o equilíbrio da cadeia trófica que é sustentada por esses ambientes (Figura 4.10 – A, B e C).

Apesar do Geossistema Campo Dunar de Estância estar incluído na Área de Preservação Ambiental Litoral Sul, este não tem recebido ações de ordenamento que assegurem a sustentabilidade. Isso é constatado na paisagem, pois é notável o estado de degradação dessa unidade no recorte espacial da planície costeira de Estância. Além disso, importante ressaltar que de acordo com a resolução do CONAMA 303/2002, as dunas, fixas ou móveis, são consideradas Área de Preservação Permanente.

Os principais vetores de degradação estão associados aos núcleos urbanos das praias do Abaís e do Saco, que estão assentados sobre área de dunas ativas e outros ambientes da planície costeira. É na praia do Abaís inclusive que a degradação se encontra mais acentuada, considerando que áreas ocupadas por dunas primárias foram totalmente substituídas por edificações.

Figura 4.10 – Representações da fauna que vive nas dunas primárias de Estância: A: Toca que serve de abrigo para espécies da fauna; B: Coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) que tem como um dos habitats a área de dunas primárias; C: Carcaça de caranguejo maria-farinha (*Ocypode quadrata*).



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Nesse compartimento, as morfologias são menos elevadas e, no que diz respeito à ocupação para construção civil, são ambientes menos complexos. Observa-se que há compartimentos totalmente ocupados por estruturas, em ambos os núcleos urbanos. Com isso, os processos que conduzem a morfodinâmica dunar estão inviabilizados ou comprometidos. A ocupação desordenada potencializa o avanço da erosão costeira, problema recorrente em Estância (Figura 4.11).

Figura 4.11 – Aspecto da erosão costeira na orla da praia do Abaís – Estância/SE.



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2019)

Como as dunas primárias estão diretamente ligadas à praia e aos agentes oceânicos, sua conservação é fundamental na manutenção do equilíbrio de suprimento sedimentar na linha de costa. Como resultado da ocupação, ocorre o *déficit* de sedimentos no setor da praia e se constata a erosão costeira. Nesse cenário, o deslocamento da linha de costa em direção ao continente tem causado perdas nas estruturas urbanas. Como medida para conter a erosão, são instalados enrocamentos com fragmentos de rochas a fim de proteger os bens privados e públicos, como observado na Figura 4.12.

A remoção de sedimentos de forma irregular é outro problema que ocorre nessa área. Algumas pessoas retiram areia de área de dunas primárias com o objetivo de utilizar esse material em construção civil. Essa prática causa déficit de sedimentos nas dunas e potencializa processos erosivos.

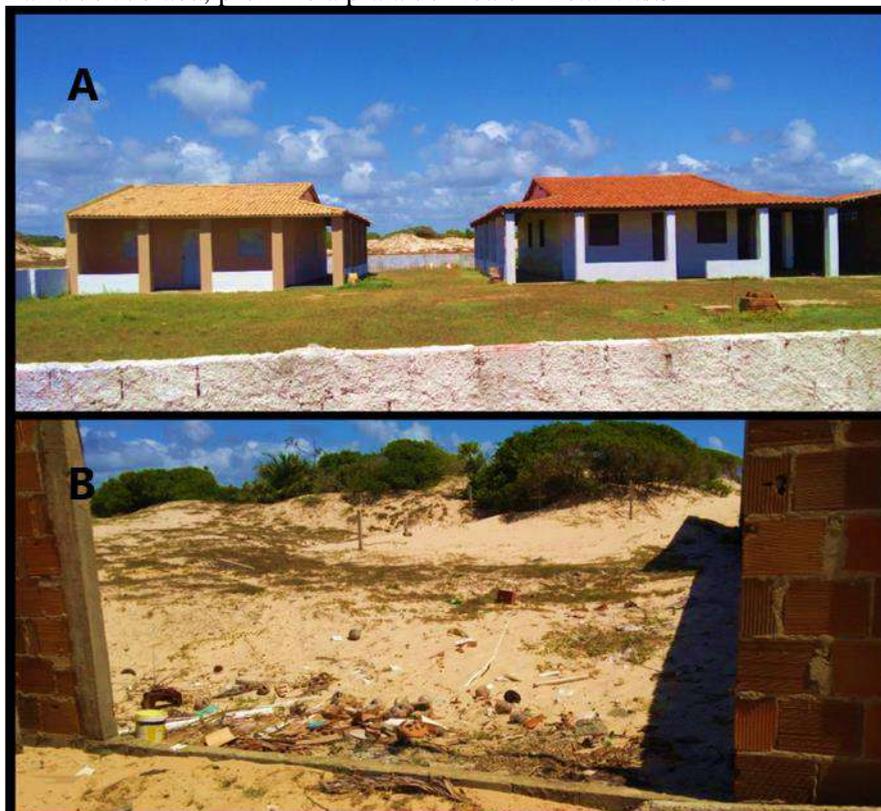
Figura 4.12 – Estruturas de enrocamento utilizadas para minimizar os eventos erosivos, na praia do Saco, Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Os núcleos urbanos funcionam como uma barreira para o vento, diminuindo sua velocidade e duração, o que interfere na competência desse agente em transportar os sedimentos oriundos da praia. Isso faz com que as dunas primárias não tenham desenvolvimento pleno. Outro problema observado na área é o descarte irregular de resíduos sólidos, como visto na Figura 4.13.

Figura 4.13 – A: Construções de casas de veraneio; B: Descarte irregular de lixo em área de dunas primárias em Barra do Jubiabá, próximo à praia do Abaís – Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

As atividades rurais também degradam os ambientes que estão interligados ao sistema ambiental que rege a dinâmica dos Geofácies Dunas Primárias Ativas, dentre as quais se destacam a cocoicultura e a pecuária.

A cocoicultura substitui a vegetação nativa dos cordões litorâneos e nas dunas em que essa atividade é presente (Figura 4.14). Isso acarreta menor proteção das dunas contra os agentes eólico e hídrico. Assim, há alterações na dinâmica sistêmica do Campo Dunar.

Em relação à pecuária, apesar de não existir pastagem plantada nas dunas primárias, o gado bovino pasteja nessa área, consumindo a vegetação herbácea. O constante pisoteio de gado nesse tipo de terreno provoca a compactação dos sedimentos. O aumento da coesão interfere no processo de infiltração e, por conseguinte, favorece o escoamento superficial. Essas alterações no ambiente resultam em menor transporte das partículas pelos ventos.

Figura 4.14 – Plantação de coqueiros em ambiente associado a dunas primárias nas proximidades da praia do Saco – Estância/SE.



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

De mesmo modo, as atividades turísticas e de lazer contribuem para a degradação das dunas primárias. Apesar de restrita, a circulação de veículos fora de estrada (*off-road*) sobre esse ambiente causa a compactação das partículas de areia, e por outro lado podem danificar as raízes de plantas que colonizam as dunas (Figura 4.15). A deterioração da vegetação pode levar à intensificação de processos erosivos e à descaracterização das feições, pois as participam da sua estrutura de sustentação.

Figura 4.15 – A: Placas informam a proibição de circulação de veículos e construção na praia do Saco; B: Trilhas abertas em dunas primárias para acesso de veículos às praias - Praia do Abaís – Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

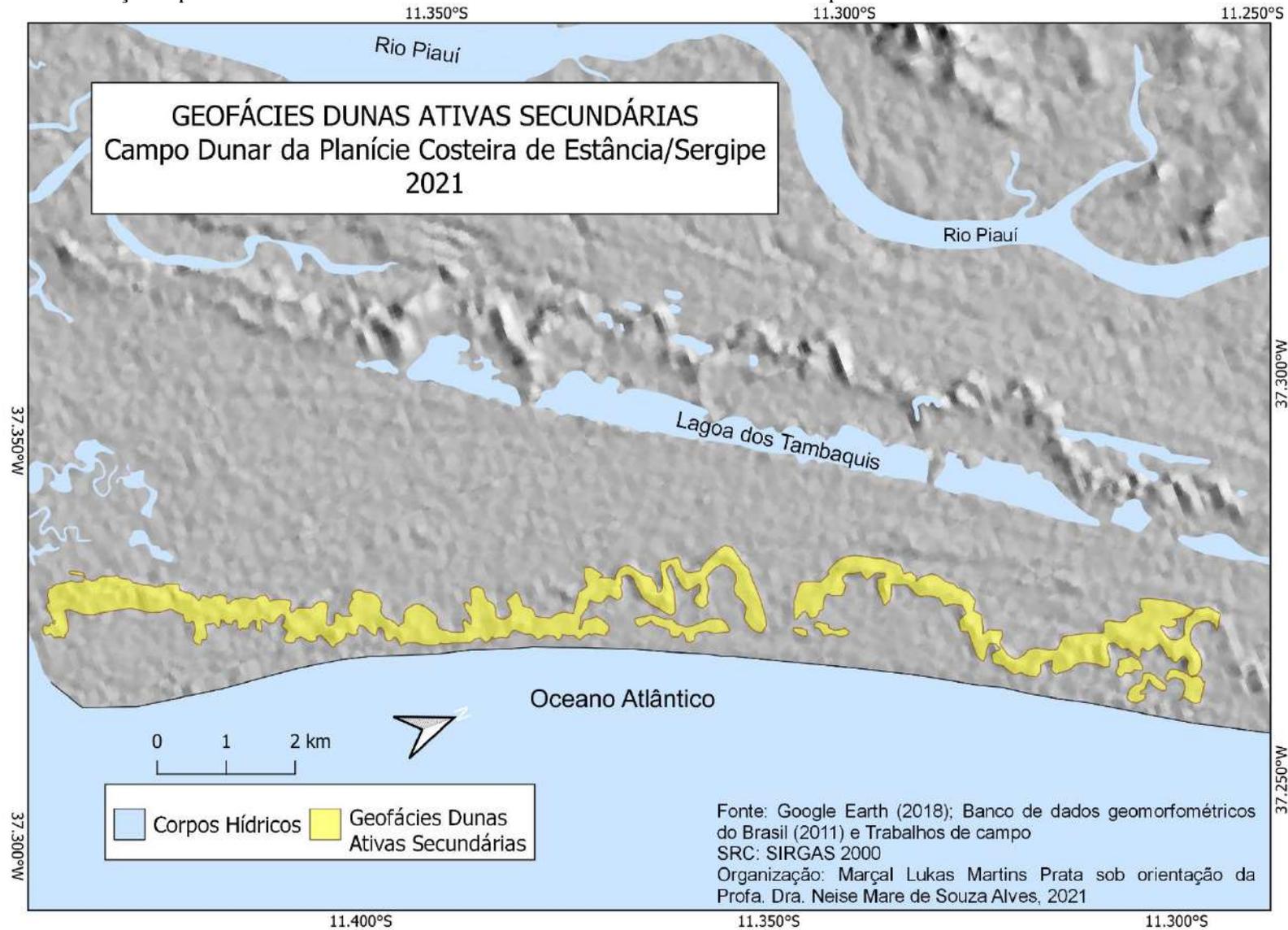
A análise do contexto ambiental do Geofácies Dunas Ativas Primárias permitiu reconhecer para esta unidade paisagem o estágio de Resistasia com Geomorfogênese Natural e Antrópica, porque a atuação do vento comanda os processos de erosão e transporte de sedimentos arenosos. A erosão participa como um componente natural do seu estado de clímax. Essa característica não favorece pedogênese nem o desenvolvimento de cobertura vegetal densa, que permitiriam a estabilidade das feições. Por outro lado, o componente antrópico reforça a morfogênese com os tipos de uso das terras – edificações em ambiente da faixa praial, supressão da vegetação herbácea, práticas de atividades de lazer nas dunas, entre outros. A conjugação dos fatores naturais com a ação antrópica define para este Geofácies – forte atuação da morfodinâmica.

4.2 GEOFÁCIES DUNAS ATIVAS SECUNDÁRIAS

Sloss; Sheperd; Hesp (2012) reconheceram as dunas ativas secundárias como evoluídas das dunas ativas primárias, que migraram para o continente, afastando-se da praia. Portanto, em algum momento, estas dunas tiveram sua morfodinâmica diretamente ligada à praia e agentes oceânicos.

No recorte espacial, pode-se constatar que as dunas que compõem esta unidade de paisagem são mais desenvolvidas na altura, largura e comprimento, que as morfologias do Geofácies Dunas Ativas Primárias (Figura 4.16). É no Geofácies Dunas Ativas Secundárias que são observados os eventos mais notáveis de migração das feições eólicas do Geossistema Campo Dunar da Planície costeira do município de Estância.

Figura 4.16 – Distribuição espacial do Geofácies Dunas Ativas Secundárias do Geossistema Campo Dunar - Planície costeira de Estância/SE



De acordo com Bittencourt *et. al.* (1983), as dunas desse Geofácies têm datação mais recentes do que 5400 A.P., contudo, foram formadas anteriormente às dunas primárias (Figura 4.17). No mesmo sentido, Correia *et. al.* (2010) ressaltam que as dunas situadas no interior do continente são mais antigas do que aquelas presentes acerca da linha de costa.

Figura 4.17 – Dunas ativas secundárias nas proximidades da praia do Saco – Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Na área de estudo, as dunas ativas secundárias, quase sempre, estão separadas por corredores ou campo de deflação eólica. Porém, em alguns pontos, estas feições se conectam diretamente com as dunas primárias, existindo uma zona de transição entre estas. Essa zona de transição não existe como uma linha exata e é caracterizada pela mistura de elementos dos dois geofácies, no qual a presença de arbustos é maior e as dunas passam a ser mais desenvolvidas em relação à área mais próxima da praia. Nesse caso, o limite entre a zona de transição e o geofácies de dunas secundárias ficou definido pelo início da presença de vegetação arbórea.

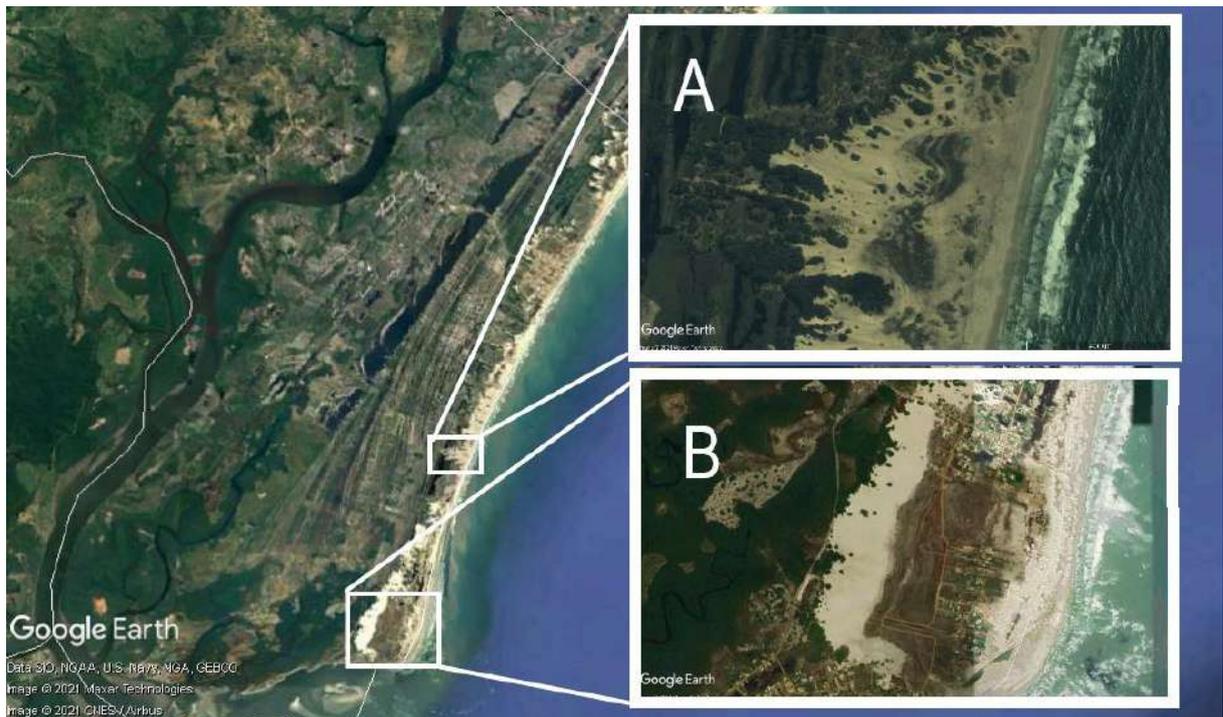
A partir das observações em campo e da análise de imagens de satélite, observou-se que as dunas secundárias começam a surgir a partir de 250 m a 280 m da linha de costa e podem alcançar até aproximadamente 2 km de distância. Estas dunas se distribuem em toda extensão da Planície costeira de Estância. De acordo com Oliveira (2008), elas podem atingir entre 20 e 25 metros de altura.

Das feições dunares que compõem este Geofácies se destacam as dunas barcanas e barcanóides (Figura 4.19). São encontradas também outras formas de modelado associadas como – rupturas ou corredores de deflação (*blowouts*), dunas residuais e *nebkhas* (Figura 4.20).

A cobertura vegetal nessas dunas apresenta diferentes composições florísticas. Há setores colonizados por vegetação arbórea e arbustiva densa, e, identifica-se áreas com

vegetação herbácea ou totalmente desvegetadas. Existem particularidades nessa unidade, pois são observáveis setores em que as dunas barcanas/barcanóides estão evoluindo para o formato de ruptura de deflação e parabólica (Figura 4.18). Isso ocorre devido ao adensamento de vegetação, que limita a mobilidade daquelas feições, contribuindo para que haja modificações nas geofomas (CLAUDINO-SALES, 2010). Nesse contexto, as dunas não ocorrem nesse geofácies de maneira isolada, mas sim em forma de cordões dunares contínuos e sistêmicos.

Figura 4.18 – Diferentes padrões de migração no Campo Dunar de Estância: A – Padrão de ruptura de deflação e parabólicas; B – Padrão barcana/barcanóide



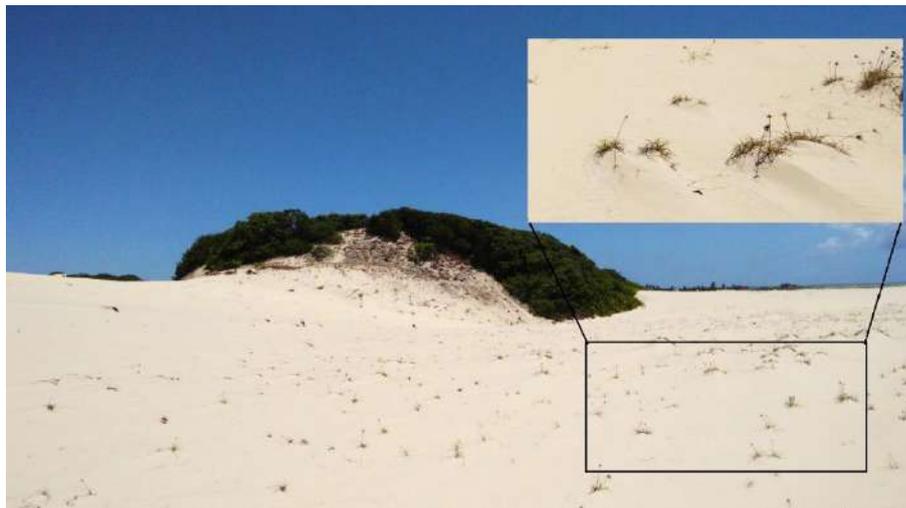
Fonte: Google Earth, 2020

Figura 4.19 – Duna barcana migrando (linha preta representa face a sotavento) sobre área de vegetação – Campo Dunar de Estância



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Figura 4.20 – Monte residual (duna erodida) e dunas de sombra (no destaque) no Geofácies Dunas Ativas Secundárias – Campo Dunar, Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Como ocorre no compartimento de dunas primárias, a intensidade do transporte de sedimentos é influenciada pelas características e pela presença ou não de vegetação. Dessa forma, nas áreas com vegetação rarefeita ou ausente, a ação do transporte eólico é mais efetiva. Por outro lado, nos setores em que a vegetação é mais densa, os sedimentos são retidos e o transporte é menos efetivo. De acordo com Oliveira (2008), as dunas com mais desenvolvimento apresentam mobilidade bastante reduzida.

As dunas migrantes desse Geofácies avançam sobre terraços marinhos holocênicos, recobrem cordões litorâneos e podem assorear lagoas. Do mesmo modo que ocorre na unidade composta por dunas primárias. O diferencial entre o Geofácies Dunas Ativas Primárias e as Dunas Ativas Secundárias está no fato que, ao se deslocarem sobre o campo de deflação, as dunas secundárias deixam rastros de migração conhecidos como traços dunares (*dunes traces*).

A posição mais afastada da linha de costa resguarda o Geofácies Dunas Ativas Secundárias da ação dos processos erosivos ligados aos agentes oceanográficos, como também de teores elevados de salinidade. Por isso, é comum encontrar morfologias colonizadas por espécies da restinga arbustiva e arbórea, principalmente, no topo e na face a sotavento de dunas barcanas e dunas residuais.

Apesar do material de origem e a morfodinâmica atuante não serem favoráveis ao desenvolvimento de processos pedogenéticos, a vegetação de restinga presente nas dunas secundárias são naturalmente pouco exigentes em nutrientes e sua presença reduz os efeitos da erosão pluvial. Essas condições permitem que esta unidade de paisagem apresente processos

dinâmicos cuja intensidade da ação é diferenciada nos setores, estando na dependência direta dos aspectos vegetacionais.

As raízes das espécies arbustivas e arbóreas agem como “âncoras”, pois estabilizam as dunas e limitam sua mobilidade. Por outro lado, o porte da cobertura vegetal protege os sedimentos arenosos contra a ação dos ventos, diminuindo os processos de erosão e transporte, e da ação direta do efeito *splash*. Embora, este efeito ocorra de forma secundária, uma vez que a água acumulada nas folhas cai sobre o solo, e seu impacto possa gerar o destacamento das partículas, esse efeito é bem menor do que o impacto direto, tendo em vista que a energia cinética foi amenizada pela cobertura vegetal (PENTEADO, 1974).

Por sua vez, o escoamento superficial ocorrendo de forma difusa, dado que ao encontrar raízes, galhos e os troncos das árvores, o filete de água se reparte, tornando-se anastomosado. Dessa forma, constata-se menor intensidade da erosão pluvial (PENTEADO, 1974).

É pertinente ressaltar que na face a barlavento das dunas barcanas, onde a vegetação é geralmente rarefeita, formada por espécies herbáceas com raros arbustos, desenvolvem-se processos dinâmicos semelhantes àqueles verificados no Geofácies Dunas Ativas Primárias. Assim, essas dunas mais altas movimentam-se na direção dos ventos, adentrando o continente, e, em algumas áreas os sedimentos recobrem estruturas antrópicas, como rodovias e imóveis.

Os geótopos observados na unidade de paisagem em análise são – dunas livres, semifixas, fixas e superfícies ou campos de deflação eólica (Figura 4.21).

Figura 4.21 – Três tipos de feições do Geofácies Dunas Ativas Secundárias encontradas no Campo Dunar - Planície costeira de Estância; A: Duna livre; B: Duna semifixa; C: Duna fixa.



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

As dunas fixas estão na paisagem ancoradas por vegetação arbustiva e arbórea, assim como as dunas semifixas. A diferença entre os dois tipos de dunas está na densidade da cobertura vegetal, no tocante em que as dunas semifixas tem uma certa mobilidade.

Entre as dunas existem depressões onde é possível aflorar o lençol freático, formando-se lagoas temporárias ou permanentes. De modo semelhante ao que ocorre no compartimento de dunas primárias, as lagoas são mais desenvolvidas no período chuvoso.

As superfícies ou campos de deflação eólica (Figura 4.22) constituem um Geótopo nesse compartimento, pois entende-se que esse ambiente é de suma importância para o desenvolvimento das dunas secundárias. É nesses sítios que se formam os corredores onde o vento concentra energia suficiente para moldar as dunas secundárias. Além disso, a partir da análise dos traços deixados pelas dunas ao migrar nesses ambientes, é possível inferir que no local onde hoje está a superfície de deflação, no passado estavam as dunas que no momento estão em áreas mais no interior do continente.

Figura 4.22 – Superfície ou campo de deflação eólica e dunas do Geofácies Dunas Ativas Secundárias ao fundo – Campo Dunar de Estância/SE.



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

A intervenção antrópica ocorre de forma diferente daquela constatada no Geofácies Dunas Ativas Primárias. Como as dunas secundárias são mais altas e o transporte de sedimentos mais intenso, a construção de estruturas antrópicas, como residências não é algo simples. Então, não são encontradas edificações nesta unidade de paisagem.

Porém, após a conclusão da ponte Jornalista Joel Silveira, o litoral do município de Estância tem sido alvo de especulação imobiliária, identificando-se rápida expansão urbana através da construção de casas de segunda residência, aumento de loteamentos e condomínios

(Figura 4.23). Esse fenômeno tem pressionado as feições desse Geofácies e futuramente poderá colocar em risco sua dinâmica sistêmica.

Em relação às atividades rurais, a declividade do terreno no ambiente das dunas secundárias ativas não é favorável à cocoicultura. Outrossim, a circulação de gado bovino é menos intensa. Portanto, a degradação ligada a essas atividades não é relevante sobre as estruturas dessas morfologias. Porém, quando a base das dunas contata com cordões litorâneos, há uso das áreas para cocoicultura e pecuária (Figura 4.24). Isso ocorre na medida em que a vegetação contribui com a adição de matéria orgânica e outros processos pedogenéticos, podendo evoluir a neossolos quartzarênicos. Desse modo, favorecendo certos tipos de cultivos.

Figura 4.23 – Avanço de expansão urbana sobre áreas do Geofácies Dunas Ativas Secundárias – Campo Dunar de Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Figura 4.24 – Plantação de coco em área do entorno de morfologias do Geofácies Dunas Ativas Secundárias – Campo Dunar de Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Por outro lado, o turismo causa impactos nas dunas secundárias. Elas, tal como ocorre no ambiente do Geofácies Dunas Ativas Secundárias, são objeto de intenso tráfego de veículos fora de estrada (*off-road*) (Figura 4.25). As trilhas são visíveis entre as dunas. Em alguns pontos, há evidências que a circulação desses veículos contribui para a degradação da vegetação e por consequência, podem surgir nas feições dunares rupturas de deflação (*blowouts*).

Figura 4.25 – Veículos automotres circulando sobre dunas secundárias e trilhas deixadas entre a vegetação colonizadora, nas proximidades da praia da Saco – Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

A instalação de vias públicas na planície costeira do município em análise, também traz consequências sobre a morfodinâmica dunar, nessa unidade de paisagem, pois interceptam o transporte eólico dos sedimentos. Desse modo, principalmente nas proximidades das praias dos Abaís e do Saco, há pontos em que a mobilidade das dunas propicia o recobrimento constantemente das vias de acesso a essas localidades, obrigando ações que removam o material arenoso para assegurar o tráfego rodoviário. Essa situação adiciona gastos adicionais aos governos estadual e municipal (Figura 4.26).

Figura 4.26 – Mobilidade natural de dunas secundárias recobrindo estruturas antrópicas nas proximidades da praia do Saco



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Outro problema relacionado às atividades antrópicas é a remoção de areia destinadas à construção civil. Essa prática causa déficit de sedimentos no Campo Dunar e interfere no desenvolvimento as feições eólicas e na dinâmica natural dessa unidade.

Além das intervenções diretas sobre as dunas secundárias, constatam-se outras em ambientes que se relacionam com a sua dinâmica, como os campos de deflação eólica. Estas feições apresentam topografia mais regular, às vezes estão colonizados por vegetação herbácea, apresentando pouca ou nenhuma mobilidade de sedimentos. Tais condições permitem que atividades produtivas sejam desenvolvidas nesses ambientes.

Os núcleos urbanos das Praias do Saco e Abaís possuem parte da estrutura instalada sobre o campo de deflação (Figura 4.27). As edificações limitam a ação dos ventos, visto que o corredor natural para o transporte eólico dos sedimentos passou a ter obstáculos criados pelas estruturas da construção civil. Além disso, áreas das superfícies de deflação são utilizadas para atividades rurais, principalmente cocoicultura e pecuária, que também interferem na dinâmica das dunas (Figura 4.28).

Figura 4.27 – A: Pista de pouso nas proximidades da praia do Saco; B: casa de veraneio do núcleo periurbano do Abaís, ambos em superfície de deflação – Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Figura 4.28 – Atividade de pecuária extensiva em superfície de deflação nas proximidades da praia do Abaís – Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

A análise empreendida revelou aspectos ambientais e da ocupação antrópica que permitiu atribuir ao Geofácies Dunas Ativas Secundárias o estágio Mosaico Associado com Biostasia e Resistasia. Para a aplicação dessa categoria considerou-se o fato de serem encontrados na unidade setores em que prevalece a biostasia e outros onde há predomínio da resistasia.

Constatou-se a existência de algumas dunas semifixas cujos topos e faces a sotavento encontram-se colonizados por vegetação arbustiva e arbórea, que favorece tanto para reduzir a erosão eólica, como para agregar matéria orgânica sobre a cobertura arenoquartzosa, possibilitando o desenvolvimento de processos pedogenéticos. Tendo em vista as características dessas áreas, considerou-se que o clímax está associado aos aspectos da exploração biológica, principalmente a vegetação. Portanto, a morfodinâmica é de intensidade fraca a média, permitindo relacionar com o estágio de biostasia.

Diferentemente, no setor que abrange as faces a barlavento a intensidade da morfodinâmica é semelhante àquela do Geofácies Dunas Ativas Primárias. A cobertura vegetal rarefeita ou inexistente expõe os sedimentos arenosos. Dessa forma, a atuação dos processos eólicos encontra condições favoráveis para esculpir feições erosivas como corredores de deflação, que com frequência se desenvolvem, pois não há elementos pedogenéticos estabilizadores do transporte de sedimentos.

Considerando-se a intensidade dos processos naturais e as interferências antrópicas, no contexto geral desse Geofácies, registrou-se para morfodinâmica que a intensidade varia entre média a forte.

4.3 GEOFÁCIES DUNAS INATIVAS PLEISTOCÊNICAS

Segundo Giannini *et. al.* (2005) dunas inativas encontram-se estabilizadas. Geralmente são mais antigas que as dunas ativas, se encontram distante da linha de costa, apresentam cobertura vegetal densa e maior estabilidade.

Na atualidade, o Geofácies Dunas Inativas Pleistocênicas reflete estas condições apresentadas pelos autores supracitados (Figura 4.29). A atividade eólica não exerce papel relevante na dinâmica das feições dunares. Essas dunas são as mais antigas do Geossistema Campo Dunar de Estância. Elas estão situadas na parte mais interior da planície costeira e estão nas proximidades do complexo lagunar, conhecido localmente por Lagoa dos Tambaquis (Figura 4.30). Essa unidade está a aproximadamente 5 km de distância da linha de costa.

Figura 4.29 – Distribuição espacial do Geofácies Dunas Inativas Pleistocênicas do Geossistema Campo Dunar - Planície costeira de Estância/Sergipe

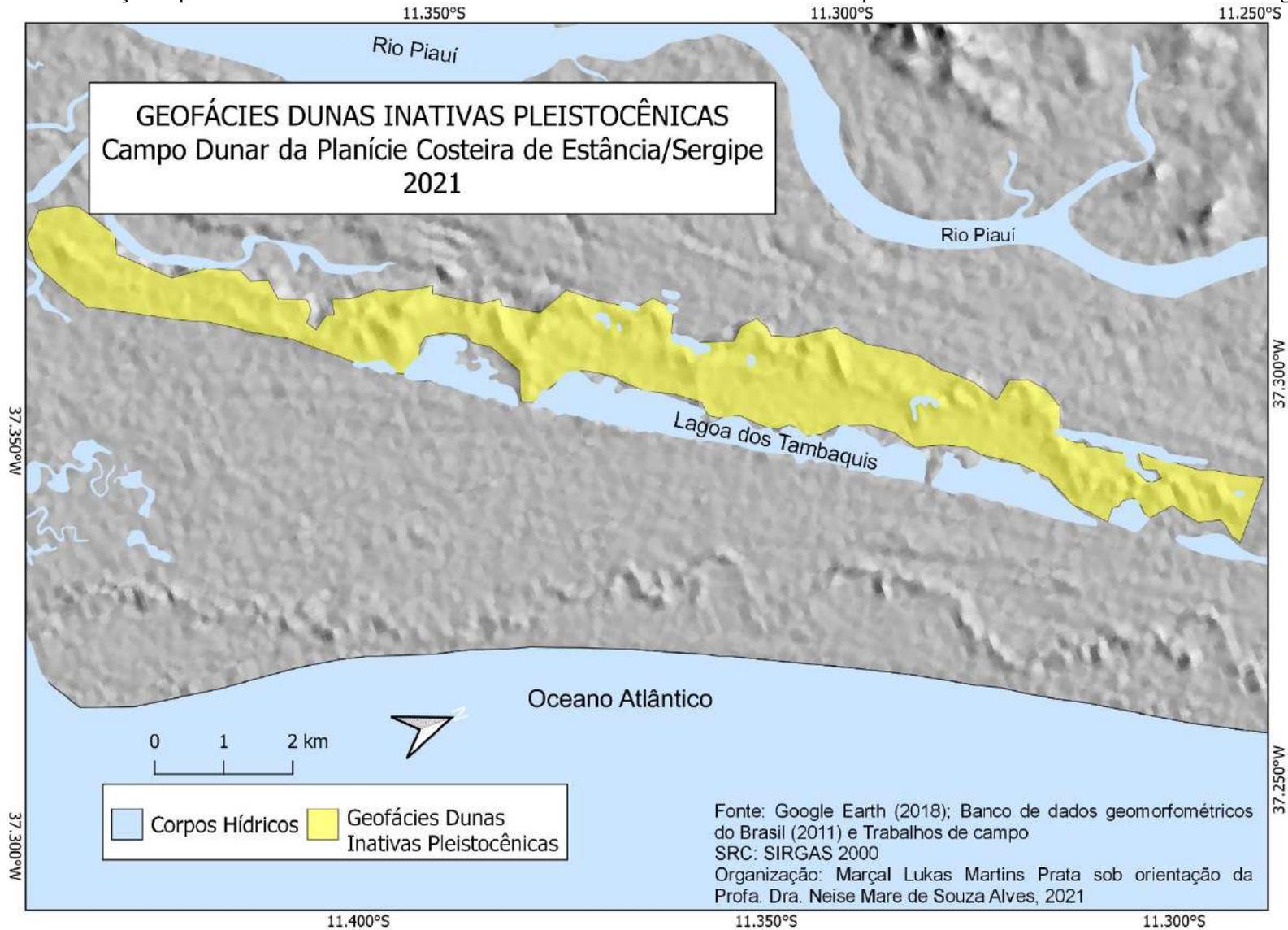


Figura 4.30 – Visão panorâmica da Lagoa dos Tambaquis (em primeiro plano) e dunas pleistocênicas ao fundo – Campo Dunar de Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

As dunas desse Geofácies apresentam maior estabilidade, ou seja, seus sedimentos não estão sujeitos à mobilidade, em razão da fraca intensidade dos ventos que chegam a essa área. Outra contribuição para que apresente este estado é conferida pela cobertura vegetal formada por espécies da restinga arbustiva e arbórea, que favorece o desenvolvimento da pedogênese, com a adição de matéria orgânica.

Essas características dos componentes ambientais reduzem também a erosão pluvial. Os processos atrelados ao escoamento superficial não têm a mesma competência no transporte de sedimentos, porque a matéria orgânica interfere na estrutura do solo, além de agregar nutrientes. Ademais, o efeito *splash* também é freado pela cobertura vegetal.

Em algumas áreas do Geofácies Dunas Inativa Pleistocênicas, há atividades antrópicas que provocam a remoção da cobertura vegetal e do solo, como a mineração. A extração de areia em determinados pontos das feições produz uma instabilidade localizada, levando à reativação de processos erosivos. Nesse contexto, é possível observar características da morfodinâmica semelhantes às encontradas nos Geofácies Dunas Ativas Primárias e Geofácies Dunas Ativas Secundárias, isto é, forte morfodinâmica evidenciada no transporte de sedimentos pelos ventos, que apesar da velocidade reduzida em comparação à área de dunas ativas, possuem competência para erodir.

As dunas inativas se desenvolveram sobre os terraços marinhos pleistocênicos e se estendem na planície costeira de Estância, desde a margem canal do rio Piauí até a divisa com o município de Itaporanga D'Ajuda. Elas são as feições mais altas do Campo Dunar. De acordo

com Bittencourt *et. al.* (1983), essas dunas pleistocênicas têm idade inferior a 120 000 anos A.P. e anterior a 5 100 anos AP., pois foram erodidas no máximo da Última Transgressão (Figura 4.31).

Figura 4.31 – Dunas pleistocênicas inativas com cobertura vegetal arbustiva em Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Em relação aos geótopos encontrados nesse Geofácies, podem ser destacados – solo exposto, baixios pantanosos e lagoas freáticas. As áreas de solo exposto estão associadas principalmente à extração dos sedimentos arenosos, resultando no desmatamento e degradação da feição dunar. Solo exposto foi caracterizado como geótopo apenas neste geofácies, considerando a natureza de cobertura totalmente vegetada das dunas pleistocênicas na área de estudo. (Figura 4.32).

Figura 4.32 – Duna pleistocênica com sedimentos expostos em escarpa resultante de intervenções antrópicas – Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Os baixios pantanosos são encontrados entre as dunas pleistocênicas, esses ambientes apresentam elevada umidade devido à elevação do lençol freático. Em determinadas áreas podem surgir lagoas perenes ou temporárias (Figura 4.33).

Figura 4.33 – Lagoa permanente formada em depressão interdunar do Geofácies Dunas Inativas Pleistocênicas – Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Nesse Geofácies, durante o período chuvoso, verifica-se o aumento do nível hídrico das lagoas. Assim, ocorre a coalescência entre elas, que passam a configurar pequenos canais fluviais, afluentes do rio Piauí.

Assim como nos compartimentos de dunas ativas, as atividades rurais também estão presentes nesse geofácies, principalmente a pecuária e a cocoicultura, além de outras culturas como o plantio de árvores coníferas, em menor escala.

O manejo é feito de forma que a vegetação de restinga – composta por espécies arbóreas e arbustivas, como cajueiro (*Anacardium occidentale*), mangabeira (*Hancornia speciosa*) e murici (*Byrsonima sp.*) – seja removida para dar espaço a pastagem e cultivos. A remoção da vegetação nativa expõe os sedimentos à erosão pluvial e eólica, além de degradar *habitat* de espécies da fauna.

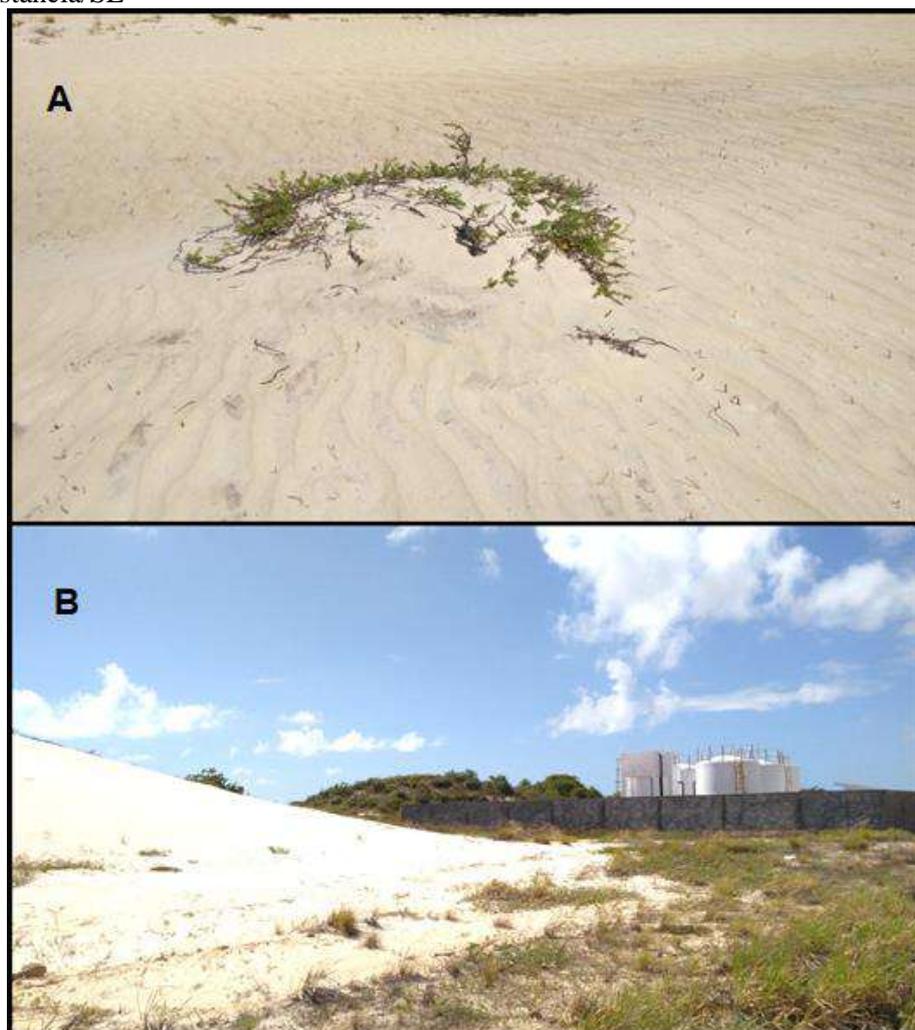
Outra atividade que provoca o desmatamento nesse Geofácies é a remoção de areia destinada para construção civil. Esse tipo de extrativismo, quase sempre, ocorre de modo irregular e potencializa a reativação dos processos erosivos, além de descaracterizar a paisagem (Figura 4.34). A reativação da ação eólica modifica a dinâmica da paisagem e permite a formação de feições dunares semelhantes àsquelas encontradas nas áreas dos Geofácies Dunas Ativas Primárias e Geofácies Dunas Ativas Secundárias, como as dunas de sombra (shadow dunes) (Figura 4.35).

Figura 4.34 – Área com indícios de remoção de areia, expondo os sedimentos das dunas inativas pleistocênicas à erosão - Campo Dunar de Estância - SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Figura 4.35 – A: Duna de sombra no Geofácies Dunas Inativas Pleistocênicas – indicativo da reativação de processos eólicos. B: Infraestrutura antrópica nas proximidades de dunas pleistocênicas - Planície costeira – Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Além das atividades rurais, essa unidade de paisagem tem sofrido pressão ligada à expansão urbana, assim como ocorre nos demais Geofácies. Apesar de não contar com núcleos urbanos como os das praias do Abaís e Saco, as áreas no entorno das dunas inativas pleistocênicas têm passado, recentemente, pela instalação de condomínios e loteamentos, impulsionada pela especulação imobiliária crescente no litoral sul de Sergipe (Figura 4.36).

Uma das principais consequências dessa ocupação é a impermeabilização do solo, fator que altera as taxas de infiltração das águas pluviais e diminui a recarga hídrica do lençol freático, que é explorado por meio de poços artesianos em toda a planície costeira.

Figura 4.36 – Condomínio instalado em área de dunas pleistocênicas, nas proximidades do limite dos municípios de Estância e Itaporanga D’Ajuda



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

A longo prazo, a diminuição da infiltração associada à extração de água do lençol freático pode acarretar diminuição dos níveis de água nas lagoas que se formam entre as dunas, podendo ocasionar o desaparecimento das lagoas intermitentes (Figura 4.37).

A remoção da cobertura vegetal nativa e o cercamento de terrenos têm sido um fator potencializador de conflitos com as comunidades tradicionais, que subsistem do extrativismo praticado de árvores frutíferas típicas da restinga. Dentre estas, destacam-se as catadoras de mangabas, que vivem da prática centenária da cata da mangaba. O desmatamento tem diminuído o número de mangabeiras na área, o que tem colocado em risco a reprodução social dessas comunidades. Além disso, pescadores e marisqueiros também estão sendo impactados de forma semelhante pela rápida expansão urbana na área.

Figura 4.37 – Muro de condomínios são sinal evidente da pressão exercida pela expansão urbana sobre as lagoas associadas às dunas inativas pleistocênicas – Campo Dunar – Estância/SE



Fotógrafo: Marçal Lukas Martins Prata (2020)

Diante dessa análise, depreende-se que o estágio de evolução geral do Geofácies Dunas Inativas Pleistocênicas é relacionado naturalmente à biostasia, no qual a pedogênese prevalece sobre a geomorfogênese num contexto em que a intensidade da morfodinâmica é fraca.

Contudo, pontualmente, essa unidade vem experimentando intervenções antrópicas, que têm degradado a cobertura vegetal arbórea, expondo os sedimentos aos processos eólicos e pluviais, que erodem as partículas arenosas. Nesses setores, a morfodinâmica tende a ser de forte intensidade. Portanto, nesse contexto essa unidade de paisagem foi inserida na categoria Biostasia com Dinâmica Regressiva.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A perspectiva da teoria Geossistêmica de Bertrand (2004) e da classificação das tipologias de feições eólicas de Sloss; Sheperd; Hesp (2012) e de Giannini *et al.* (2005) foram confirmadas a partir da compartimentação geossistêmica do Campo Dunar da planície costeira de Estância.

Foram identificadas dois geofácies com morfodinâmica eólica ativa, o Geofácies Dunas Ativas Primárias e o Geofácies Dunas Ativas Secundárias e, um com morfodinâmica eólica inativa, o Geofácies Dunas Inativas Pleistocênicas (Quadro 5.1). A análise integrada da paisagem permitiu enquadrá-las em três categorias de estágio evolutivo – Geofácies em Resistasia com Geomorfogênese Natural e Antrópica (Dunas Ativas Primárias), Geofácies em Mosaico Associado com Biostasia e Resistasia (Dunas Ativas Secundárias) e Geofácies em Biostasia com Dinâmica Regressiva (Dunas Inativas Pleistocênicas).

Quadro 5.1 – Síntese da compartimentação geossistêmica do Campo Dunar da Planície Costeira de Estância

CLASSIFICAÇÃO GEOSSISTÊMICA		FEIÇÕES ASSOCIADAS	USO E OCUPAÇÃO	VEGETAÇÃO PREDOMINANTE	INTENSIDADE DA MORFODINÂMICA	ÁREA	
COMPARTIMENTO GEOSSISTÊMICO	TIPOLOGIA DINÂMICA						
GEOSISTEMA CAMPO DUNAR	GEOFÁCIES DUNAS ATIVAS PRIMÁRIAS	RESISTASIA COM GEOMORFOGÊNESE NATURAL	Dunas incipientes; <i>nebkhas</i> ; dunas de sombra; lagoas.	Urbanização; cocoicultura; turismo e lazer; mineração irregular	Herbácea; Arbustiva	Forte	3,2km ²
	GEOFÁCIES DUNAS ATIVAS SECUNDÁRIAS	MOSAICO ASSOCIADO A BIOSTASIA E RESISTASIA	Barcanas; lagoas; parabólica; dunas de precipitação; duna residual	Urbanização; cocoicultura; pecuária; extrativismo vegetal; turismo e lazer; mineração irregular.	Herbácea; Arbustiva; Arbórea	Média em pontos vegetados / Forte em pontos sem vegetação	7,4km ²
	GEOFÁCIES DUNAS INATIVAS PLEISTOCÊNICAS	BIOSTASIA DINÂMICA REGRESSIVA COM	Morros, lagoas; solo exposto; pântanos.	Urbanização; cocoicultura; pecuária; extrativismo vegetal; mineração irregular	Arbustiva; Arbórea	Fraca a média / Forte em pontos degradados por ação antrópica	16,7km ²

Nessas unidades de paisagem geossistêmicas foram observadas feições características, com destaque para as dunas de sombra, nebkhas, barcanas, parabólicas, bem como outros ambientes relacionados com a dinâmica dunar, como campo de deflação, baixios pantanosos e lagoas costeiras. Além disso, foi possível analisar como os processos atuantes relacionados aos agentes costeiros condicionam de forma diferenciada os geofácies e os setores de cada uma delas.

Portanto, a análise sistêmica da paisagem e o uso do tripé geossistêmico em associação com classificações para ambientes dunares mostraram-se adequados como metodologia de pesquisa para este trabalho.

Os resultados alcançados apontam que nos compartimentos do Geossistema Campo Dunar as atividades antrópicas estão relacionadas à degradação da dinâmica natural, colocando em risco a sustentabilidade socioambiental. Essas atividades estão associadas ao desmatamento de vegetação colonizadora e retirada de material arenoso, elementos que são essenciais para o funcionamento da morfodinâmica dunar.

As intervenções antrópicas ocorrem de diversas formas, incluem as práticas agropecuárias, o turismo e o lazer. Em alguns locais, o avanço da expansão urbana tem limitado o acesso de grupos das comunidades tradicionais aos recursos naturais. Destacam-se as catadoras de mangaba, que estão sofrendo por conta da diminuição de plantas dessa espécie devido à expansão urbana e cercamento de áreas que anteriormente eram acessíveis ao público, de modo geral.

A acelerada expansão urbana, da qual a planície costeira de Estância tem sido alvo nos últimos anos, principalmente depois da conclusão das obras da ponte Joel Silveira, tem sido uma agravante para os problemas socioambientais na área.

Apesar das dunas se constituírem em Área de Preservação Permanente, e o Campo Dunar de Estância estar inserido na APA Litoral Sul, esta unidade de paisagem não tem recebido a devida atenção das autoridades competentes, no que se refere ao ordenamento e fiscalização das atividades antrópicas. A delimitação dessa área de preservação ambiental pode servir de suporte para aplicação da lei com objetivo de manter a sustentabilidade socioambiental.

Esse estudo serve de alerta para as autoridades responsáveis intervirem de forma efetiva no que tange às ações de fiscalização e ordenamento, que objetivem a manutenção de um patrimônio natural, que é valioso nos aspectos paisagístico, ambiental e social, mas, que possui

também fragilidades. A continuidade de usos que causem degradação, poderá levar a um estado de irreversibilidade de danos e ruptura de sua dinâmica.

Nesse sentido, esta pesquisa contribui com informações que permitem entender as características dos diferentes tipos de dunas presentes no Campo Dunar da planície costeira de Estância. Com a divulgação desses resultados é possível que as autoridades as utilizem para desenvolver ações de ordenamento na área. Dessa forma, o Estado poderá destinar recursos e equipes específicas para fiscalização, conservação e/ou recuperação dos Geofácies Dunas Ativas Primárias, Geofácies Dunas Ativas Secundárias e Geofácies Dunas Inativas Pleistocênicas.

Nesse contexto, Nordstrom (2010) sugere alguns métodos de conservação e recuperação de dunas, dentre estes, o autor defende que o combate ao desmatamento de vegetação presente nas dunas e a fiscalização contra a remoção de material arenoso são vitais para este fim. Outrossim, o autor afirma que a replantação de vegetação nativa associada ao engordamento com material arenoso são efetivos para a recuperação de dunas degradadas.

No sentido de associar a conservação das dunas e a manutenção de atividades turísticas, importantes para a economia local, a implantação de passarelas com material de concreto ou de madeira pode ser uma saída para minimizar os impactos do pisoteio sobre as dunas. Existem intervenções semelhantes em Sergipe, como aquelas feitas em praias na capital do estado, Aracaju.

Para isso, o Estado deverá trabalhar de forma integrada os grupos sociais atuantes na produção do espaço do município de Estância. A busca de um consenso entre esses grupos se faz necessário, embora seja um desafio. Contudo, maior desafio será reverter danos socioambientais quando o estágio de degradação ambiental estiver muito avançado. Sendo assim, os esforços são válidos no sentido de definir tipos de uso que não comprometam as interações sistêmicas entre os componentes abióticos e bióticos.

6 REFERÊNCIAS

AARDE, R. L. V. **Coastal dune forest reabilitaion:** A case study on rodent and bird assemblages. In: MARTÍNEZ, M. Luisa; PSUTY, Norbert P. **Coastal Dunes: Ecology and conservation.** Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York. 2008. 386 p.

ARCHELA, R S; ROSOLÉM, N. P. **Geossistema, Território E Paisagem Como Método De Análise Geográfica.** VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física; II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra, maio de 2010.

BAEYENS, G; MARTINEZ, M.L. **Animal life on coastal dunes:** from exploitation and prosecution to protection and monitoring. In: MARTÍNEZ, M. Luisa; PSUTY, Norbert P. **Coastal Dunes: Ecology and conservation.** Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York. 2008. 386 p.

BERTALANFFY, L. **Teoria geral dos sistemas:** fundamentos, desenvolvimento e aplicações. 5. ed. Petropolis, RJ: Vozes, 2010. 360 p.

BERTRAND, G. **Paisagem E Geografia Física Global:** Esboço Metodológico. R. RA´E GA, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Editora UFPR.

BERTRAND, C.; BERTRAND, G. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades.** Maringá: Ed. Massoni, 2009. p. 29-56; 304-345.

BIGARELLA, J. J. **Contribuição ao Estudo da Planície Litorânea do Estado do Paraná.** In: BRAZILIAN ARCHIVES OF BIOLOGY AND TECHNOLOGY AN INTERNATIONAL JOURNAL. Jubilee Volume (1946-2001): pp. 65 - 110, Dezembro, 2001.

BIRD, E. C. F. (Eric Charles Frederick), 1930 **Coastal geomorphology: an introduction /** Second edition. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 2007

BIRD, E. **Coastal geomorphology: an introduction.** Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2008. 411 p.

BITTENCOURT, A. C. S.P.; MARTIN, L; DOMINGUEZ, J. M. L.; FERREIRA, Y. D. A. **Evolução Paleogeográfica Quaternária da Costa do Estado de Sergipe e da Costa Sul do Estado de Alagoas.** Revista Brasileira de Geociências 13(2):93-97, Junho, 1983 - São Paulo.

BOOTHROUD, J. C. **Tidal Inlets and Tidal Deltas** in: DAVIS, Jr. Richard A. (Ed.). **Coastal sedimentary environments.** 1. ed. New York: Springer-Verlag, 1978. 716 p.

BRAIDO, L. M. H. **Geocomplexo:** Interação De Elementos Naturais E Sociais -Produção E Expansão Da Cana-De-Açúcar Na Bacia Hidrográfica Do Rio Paranapanema – Pr. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente: [s.n], 2015 182 f.: il.

BRASIL. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. **LEI Nº 7.661, DE 16 DE MAIO DE 1988.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7661.htm. Acesso em: 06/08/2019.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL**: folha SC.24/25 Aracaju/Recife: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1983.

BRITTO, M. C.; FERREIRA, C. C. M. **Paisagem E As Diferentes Abordagens Geográficas**. Revista de Geografia – PPGEO/UFJF - v. 2, nº 1 (2011)

BROWN, A. C.; MCLACHLAN, A. **Ecology of sandy shores**. Amsterdam: Elsevier, 1994. 328 p.

BURK, Cr. A.; DRAKE, C. L. **The geology of continental margins**. New York: Springer-Verlag, 1974.

CALLIARI, L. Julio. **Sedimentação marinha** in CASTELLO, Jorge P.; Luiz C. Krug. **Introdução às ciências do mar**. Pelotas, RS: Textos, 2015. 602 p.

CAMARGO, L. H. R. **A ruptura do meio ambiente**: conhecendo as mudanças ambientais do planeta através de uma nova percepção da ciência : a geografia da complexidade. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 237 p.

CAMARGO, R; HARARI, J. **Marés** in CASTELLO, Jorge P.; Luiz C. Krug. **Introdução às ciências do mar**. Pelotas, RS: Textos, 2015. 602 p.

CAPRA, F. **A Teia da Vida**. 4ªed. São Paulo : Cultrix, 1999

CHRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas**: uma introdução à geografia física. 7. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2012. 727 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo, SP: E. Blucher, 1980. 188 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**: o canal fluvial. São Paulo: E. Blucher, 1981. 188 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo, SP: E. Blucher, 1997.

CLAUDINO-SALES, V. **Paisagem dunar em área urbana consolidada**: natureza, ciência e política no espaço urbano de Fortaleza, Brasil. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 22 (3): 447-459, dez. 2010

COSTA, J. J. **Sistemas ambientais costeiros**: temas de pesquisa. – São Cristóvão: Editora UFS, 2013. 146p.

COE, A. L.; CHURCH, K. D.; **Sea-level change** in: COE, Angela L; BOSENGE, D. W. J; CHURCH, Kevin D; FLINT, Steve. **The sedimentary record for sea-level change**. New York: Cambridge University, 2002.

CORRÊA, I. C. S; WESCHENFELDER, J. **Fisiografia do Fundo Oceânico** in CASTELLO, Jorge P.; Luiz C. Krug. **Introdução às ciências do mar**. Pelotas, RS: Textos, 2015. 602 p.

CORREIA, A. L. F; FONTES, A. L.; COSTA, J. J. **O Quaternário e a Bacia Costeira do Rio Vaza Barris (SE)**. VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, III Encontro Latino Americano de Geomorfologia, I Encontro Ibero-Americano de Geomorfologia e I Encontro Ibero-Americano do Quaternário. Recife. 2010.

CPRM, 1997. **Mapa Geológico do Estado de Sergipe**. Escala 1:250.000. Codise/CPRM, Aracaju.

DAVIS, Jr. R. A. (Ed.). **Coastal sedimentary environments**. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 1985. 716 p.

DAVIS, Jr. R. A. **Beach and Nearshore Zone**. In: DAVIS, Jr. Richard A. (Ed.). **Coastal sedimentary environments**. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 1978. 716 p.

DAUPHINÉ, A. **Caos, fractais e dinâmicas em geografia**. Paris: Reclus, 1995.

DIAS, J.; SANTOS, L. **A paisagem e o geossistema como possibilidade de leitura da expressão do espaço sócio-ambiental rural**. Confins, número 1, 2º semestre, 2007.

DOMINGUEZ, J. M. Landim; BITTENCOURT, A. C. da S. P; LEÃO, Z. M A. N; AZEVEDO, Antônio Expedito Gomes de. **Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco**. Revista Brasileira de Geociências 20(1-4):208-215, março/dezembro de 1990.

DOMINGUEZ, J. M. L; BITTENCOURT, A. C. S. P; MARTIN, L. **Esquema Evolutivo da Sedimentação Quaternária nas Feições Deltaicas dos Rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) E Paraíba Do Sul (RJ)**. Revista Brasileira de Geociências 11(4): 227-237, Dez. 1981 - São Paulo.

DUANA, I. A. L. CHAPARRO, J. J. G. **La Ciencia Del Paisaje, Un Criterio De Intervención Y Ordenación De Las Ciudades. Una Propuesta De Actuación Sobre La Vialidad Solidaridad Las Torres, Ciudad De Toluca México**. Quivera, vol. 13, núm. 1, enero-junio, 2011, pp. 156-166 Universidad Autónoma del Estado de México Toluca, México.

EICHER, D. L. **Geologic Time**. Prentice-Hall, 1976. Tradução: Tempo Geológico, Editora Blucher Ltda. São Paulo. 1996.

EMDAGRO (Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe) **Pluviosidade por município de Sergipe**. Disponível em: https://www.emdagro.se.gov.br/?page_id=1736. Acesso em: 02/01/2020.

FERNANDES, E. H. L; JUNIOR, O. O. M; CUCHIURA, D. C.; **Ondas** in CASTELLO, Jorge P.; Luiz C. Krug. **Introdução às ciências do mar**. Pelotas, RS: Textos, 2015. 602 p.

FONTES, A. L; COSTA, J. J. **O Quaternário Costeiro dos Municípios de Barras dos Coqueiros**. Revista Geonordeste. Ano XIX, n.1, 2008

FONTES, A. L. **O Quaternário Costeiro e o Município de Aracaju (SE)**. in: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos Quaternários, 2003, Recife. II Congresso do Quaternário

de Países de Língua Ibérica e II Congresso sobre Planejamento e Gestão da Zona Costeira dos Países de Expressão Portuguesa. Recife: ABEQUA, 2003. v. 1.

GARRISON, T. **Fundamentos de Oceanografia**. 4ª edição. 2010. CENAGE LEARNING.

GIANNINI, P.C.F; ASSINE, M. L; BARBOSA, L. M; BARRETO, A. M; CARVALHO, A. M; CLAUDINO-SALES, V.; MAIA, L. P; MARTINHO, C. T; PEULVAST, J.-P.; SAWAKUCHI, A. O; TOMAZELLI, L. J. **Dunas e Paleodunas Eólicas Costeiras e Interiores**. In: SOUZA, Celia Regina de Gouveia; SUGUIO, Kenitiro; OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos; OLIVEIRA, Paulo Eduardo De. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, Editora, 2005. 382p.

GOMES F. V. **A Gestão da Zona Costeira Portuguesa**. Revista de Gestão Costeira Integrada. Faculdade Engenharia da Universidade do Porto. 7(2):83-95. 2007.

GOLDSMITH, V. **Coastal Dunes**. In: DAVIS, Jr. Richard A. (Ed.). **Coastal sedimentary environments**. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 1985. 716 p.

GROOTJANS, A.P; ADEMA, E.B; BEKKER, R.M; LAMMERTS, E.J. **Why coastal dune slacks sustain a high biodiversity**. In: MARTÍNEZ, M. Luisa; PSUTY, Norbert P. **Coastal Dunes: Ecology and conservation**. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York. 2008. 386 p.

GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 3ªd. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1993. 648 p.

GUERRA, A. J. T; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 189 p.

GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. – **GEOMORFOLOGIA: uma atualização de bases e conceitos**. 10ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2009.

HESP, P. **Coastal dunes in the tropics and temperate regions: Location, formation, morphology and vegetation processes**. In: MARTÍNEZ, M. Luisa; PSUTY, Norbert P. **Coastal Dunes: Ecology and conservation**. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York. 2008. 386 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. **Anuário estatístico do Brasil 2016**. Rio de Janeiro.

LABOURIAU, M.L.S. **História Ecológica da Terra**. São Paulo: Edgard Blucher. 370.p. 1994.
LEWIS, J. R. **THE LITTORAL ZONE ON ROCKY SHORES - A BIOLOGICAL OR PHYSICAL ENTITY?** Oikos, Vol. 12, Fasc. 2 (1961), pp. 280-301.

LOCZY, L. ; LADEIRA, E. A. **Geologia estrutural e introdução à geotectônica**. São Paulo: E. Blucher; Brasília, DF: CNPq, 1981. 528 p.

MACEDO, H. S., 2014. **Ordenamento territorial ambiental na Bacia Costeira Caueira/Abais**. Dissertação (Mestrado). Sergipe, UFS.

MANOSSO, F. C. **Estudo Integrado Da Paisagem Nas Regiões Norte, Oeste E Centro-Sul Do Estado Do Paraná: Relações Entre A Estrutura Geocológica E A Organização Do Espaço.** Bol. geogr., Maringá, v. 26/27, n. 1, p. 81-94, 2008/2009.

MARTIN, L; BITTENCOURT, A. C. S.P; VILAS BOAS, G. S; FLEXOR, J. M. **Quaternary Marine Formations of the Coast of the State of Bahia (Brazil).** Proceedings of the "1978 International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary" São Paulo, Brasil, 1979. 232-253

MARTIN, L; SUGUIO, K. **The State of Sao Paulo Coastal Marine Quaternary Geology** An. Acad. brasil. CiBnc., 1975.

MARTÍNEZ, M.L; PSUTY, N.P; LUBKE, R.A. **A perspective on Coastal Dunes.** In: MARTÍNEZ, M. Luisa; PSUTY, Norbert P. **Coastal Dunes: Ecology and conservation.** Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York. 2008. 386 p.

MARTÍNEZ, M.L; MAUN, M.A; PSUTY, N.P – **The fragility and conservation of the world's coastal dunes: Geomorphological, ecological and Socioeconomic perspectives** In: MARTÍNEZ, M. Luisa; PSUTY, Norbert P. **Coastal Dunes: Ecology and conservation.** Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York. 2008. 386 p.

MARTINHO, C. Thaís. **Morfodinâmica e sedimentologia e campos de dunas transgressivos da região de Jaguaruna-Imbituba, Santa Catarina.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociência, USP, São Paulo, 2004.

MAUN, M. A. **The biology of coastal sand dunes.** New York: Oxford University Press, 2009. 265 p. ISBN 9780198570363.

MENDES, J. C. **Elementos de Estratigrafia.** São Paulo: T. A. Queiroz, 1984.

METZGER, J.P. **O que é ecologia das paisagens?** São Paulo, 2001. Departamento de Ecologia. Universidade de São Paulo.

MOLION, L. C. B; BERNARDO, S. O. **Dinâmica Das Chuvas No Nordeste Brasileiro.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.17, n.1,1- 10, 2002.

MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistemas: a história de uma procura.** São Paulo: Contexto. 2ª. 2001.

MONTEIRO, C. A. F. **Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no brasil e alterações climáticas.** Perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. Raega. São Paulo, ACIESP, 43-74, 1978.

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

MORIN, E. O Método: **A Natureza da Natureza.** Tradução de Maria Gabriela de Bragança. Mira-Sintra/Europa-América Ltda., 1997

MUEHE, D. **Geomorfologia Costeira.** In: GUERRA, Antônio Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista de. **GEOMORFOLOGIA: uma atualização de bases e conceitos.** 10. ed. Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 2011. 472 p. ISBN 9788528603262.

MY BRAIN SOCIETY. **Dunas**. Disponível em: [https:// mybrainsociety.blogspot.com/2013/07/dunas.html](https://mybrainsociety.blogspot.com/2013/07/dunas.html). Acesso em: 24/01/2020.

NICHOLS, M; BIGGS, Robert. **Estuaries** in: DAVIS, Jr. Richard A. (Ed.). **Coastal sedimentary environments**. 1. ed. New York: Springer-Verlag, 1978. 716 p.

NETO, J. L. S.; NERY, J. T. **Variabilidade E Mudanças Climáticas No Brasil E Seus Impactos Regionais** in: SOUZA, Celia Regina de Gouveia; SUGUIO, Kenitiro; OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos; OLIVEIRA, Paulo Eduardo De. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, Editora, 2005. 382p.: il.; 28.

NETO, J. A. B; SILVA, C. G. **Morfologia dos Oceanos** in: NETO, Baptista (org.) **Introdução à geologia marinha**. Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2004. 279 p
NETO, Baptista (org.) **Introdução à geologia marinha**. Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2004. 279 p

NORDSTROM, K. F. **Recuperação de praias e dunas**. Tradução Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

OED - **Dictionary Etymology Dictionary**. Disponível em: [https:// www.etymonline.com/word/littoral? ref=etymonline_ crossreference](https://www.etymonline.com/word/littoral?ref=etymonline_crossreference). Acesso em 22/01/2020.

OLIVEIRA, A. C. de A. **Ecodinâmica das dunas costeiras Sergipe**. 2008. 122 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2008.

OLIVEIRA, I. S. S; OLIVEIRA, Danielle Costa; GOMES, Laura Jane; ANASTÁCIO, Robério. **Indicadores de sustentabilidade: diretrizes para a gestão do turismo na APA Litoral Sul de Sergipe**. Caderno Virtual de Turismo ISSN: 1677-6976 Vol. 8, Nº 2 (2008).

OXFORD. **Lexico**. Disponível em: <https://www.lexico.com/en/definition/shore>. Acesso em 22/01/2020.

PENTEADO, M. M; **Fundamentos de Geomorfologia**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Rio de Janeiro. 1974

PISSINATI, M. C.; ARCHELA, R. S. **GEOSSISTEMA TERRITÓRIO E PAISAGEM - MÉTODO DE ESTUDO DA PAISAGEM RURAL SOB A ÓTICA BERTRANDIANA**. Geografia - v. 18, n. 1, jan./jun. 2009 – Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências.

PRESS, F; SIEVER, R. **Para entender a terra**. 4. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2006. 656 p.

PRIGOGINE, I; STENGERLS, I. **Order out of chaos: man's new dialogue whit nature**. Bantom Books, 1984.

PSUTY, N. P. **The Coastal foredune: A morphological basis for regional coastal dune development**. In: MARTÍNEZ, M. Luisa; PSUTY, Norbert P. **Coastal Dunes: Ecology and conservation**. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York. 2008. 386 p.

PYE, K; TSOAR, H. **Aeolian sand and sand dunes**. Springer Netherlands. ISBN: 978-94-011-5988-3 Ed.1 Pgs. 416. 1990.

ROSS, J. L. Sanches. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2006.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Contexto, 1991. 85p.
ROSSETI, Dilce de Fátima. **Ambientes Costeiros** in: FLORENZANO, Teresa Gallotti ((org.)). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2008. 318 p.

RODRIGUEZ, J. M.. SILVA, E. V. **A classificação da paisagem a partir de uma visão geossistêmica**. Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 01, número 01, 2002. p. 95 a 112.

SALGUEIRO, T.B. **Paisagem e Geografia**. Finisterra. XXXVI, 72, p. 37-53. 2001.

SCHMIEGELOW, J. M. M. **O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas**. Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2004. 202 p.

SILVA, Cl. G; PATCHINEELAM, S. M; NETO, J. A. B; PONZI, V. R. A. **Ambientes de sedimentação costeira e processos morfodinâmicos atuantes na linha de costa**. In: NETO, José Antônio Batista; PONZI, Vera Regina Abelin; SICHEL, Susanna Eleonora **Introdução à geologia marinha**. Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2004. 279 p.

SILVA, S.M. **Diagnósticos das restingas do Brasil**. In: WORKSHOP DE Avaliação e ações prioritárias para conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha, 1999, Porto Seguro. Anais eletrônicos. Porto Seguro, Fundação BIO RIO, 1999. Disponível em: http://www.brasilrounds.gov.br/round7/arquivos_r7/SISMICA_R7/refere/Restingas.pdf. Acesso em 09/08/2019.

SLOSS, C. R., SHEPHERD, M. & HESP, P. (2012) **Coastal Dunes: Geomorphology**. *Nature Education Knowledge* 3(10):2

SILVA, S.M. **Diagnósticos das restingas do Brasil**. In: WORKSHOP DE Avaliação e ações prioritárias para conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha, 1999, Porto Seguro. Anais eletrônicos. Porto Seguro, Fundação BIO RIO, 1999.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo dos geossistema: Método em Questão**. IGEOG/USP. São Paulo. 1977.

SOUZA, C. R. de G; SUGUIO, K; OLIVEIRA, A. M. S; OLIVEIRA, P. E. . **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, Editora, 2005. 382p.: il.; 28

SOUZA, C. R. G; FILHO, P. W. M. S; ESTEVES, L. S; VITAL, H; DILLENBURG, S Rebello; PATCHINEELAM, S. M; ADDAD, J. E; – **Praias arenosas e erosão costeira** in: SOUZA, Celia Regina de Gouveia; SUGUIO, Kenitiro; OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos; OLIVEIRA, Paulo Eduardo De. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, Editora, 2005. 382p.: il.; 28

SUGUIO, K; BITTENCOURT, A C S.P.; MARTIN, L; DOMINGUEZ, J. M L.; FLEXOR, J.-M.; AZEVEDO, A. E.G. de.; **Flutuações do Nível Relativo do Mar Durante o Quaternário Superior ao Longo do Litoral Brasileiro e suas Implicações na Sedimentação Costeira.** Revista Brasileira de Geociências, Volume 15. 15(4): 273-286, agosto de 1985.

SUGUIO, K; ANGULO, R J.; CARVALHO, A M.; CORRÊA, I C.S.; TOMAZELLI, L J.; WILLWOCK, J A.; VITAL, H. **Paleoníveis do Mar e Paleolinhas de Costa** in: SOUZA, Celia Regina de Gouveia; SUGUIO, Kenitiro; OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos; OLIVEIRA, Paulo Eduardo De. **Quaternário do Brasil.** Ribeirão Preto: Holos, Editora, 2005. 382p.: il.; 28

SUGUIO, K. **Geologia do quaternário e mudanças ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar.** São Paulo: Blucher, 2003.

TRICART, J. **ECODINÂMICA.** Rio de Janeiro. IBGE/SUPREN. 1977.

UHLMANN, G. W. **Teoria Geral dos Sistemas: Do Atomismo ao Sistemismo** (Uma abordagem sintética das principais vertentes contemporâneas desta Proto-Teoria). Instituto Siegen. São Paulo, 2002.

VALENTIN, J. L; MUELBERT, J. H. **Ambientes marinhos** in CASTELLO, Jorge P.; Luiz C. Krug. **Introdução às ciências do mar.** Pelotas, RS: Textos, 2015. 602 p.

VILLWOCK, J. A.; LESS, G. C; SUGUIO, K; ANGULO, R J; DILLENBURG, S. R. **Geologia e Geomorfologia de Regiões Costeiras.** In: SOUZA, Celia Regina de Gouveia; SUGUIO, Kenitiro; OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos; OLIVEIRA, Paulo Eduardo De. **Quaternário do Brasil.** Ribeirão Preto: Holos, Editora, 2005. 382p.: il.; 28.

VILLWOCK, J. A. **Litoral ou costa?: a questão conceitual.** In.: VERDUM, R.; STROHAECKER, T. (Orgs.). Ensino de geografia, planejamento ambiental e gestão territorial. Porto Alegre: Associação dos Geógrafos Brasileiros, 2001. p.76-80.

VILAR, J. W. C.; SANTOS, P. P. **A segunda residência no litoral de Sergipe (Brasil):** entre os “velhos” e os “novos” territórios. VI Congresso Iberoamericano de Estudios Territoriales y Ambientales. São Paulo, 8 a 12 de setembro de 2014.

WRIGHT, L. D. **Deltas** in: DAVIS, Jr. Richard A. (Ed.). **Coastal sedimentary environments.** 1. ed. New York: Springer-Verlag, 1978. 716 p.