



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

JOSÉ MATHEUS DA ROCHA MARQUES

**DISTRIBUIÇÃO DE DUNAS FRONTAIS NO LITORAL SETENTRIONAL DO
CEARÁ**

FORTALEZA

2022

JOSÉ MATHEUS DA ROCHA MARQUES

DISTRIBUIÇÃO DE DUNAS FRONTAIS NO LITORAL SETENTRIONAL DO CEARÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Dinâmica territorial e ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M318d Marques, José Matheus da Rocha.
Distribuição de dunas frontais no litoral setentrional do Ceará / José Matheus da Rocha Marques. – 2022.
79 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programade Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos.
1. Planície litorânea. 2. Zona costeira. 3. Dunas. I. Título.

CDD 910

JOSÉ MATHEUS DA ROCHA MARQUES

DISTRIBUIÇÃO DE DUNAS FRONTAIS NO LITORAL SETENTRIONAL DO CEARÁ

Tese ou Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Dinâmica territorial e ambiental.

Aprovada em: 24/03/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof. Dr. Davis Pereira de Paula
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Célia Maria da Rocha Marques, Marília da Rocha Marques, Maria Luíza Pinheiro da Rocha, Maria Gelcy Rodrigues Marques, Victória do Nascimento Viana e José Maurício Rodrigues Marques. Familiares que me ajudam e ajudaram fortemente na realização desta pesquisa.

Agradecimento especial à psicóloga Danielle Campos Pacheco pelo seu excelente trabalho e ajuda durante esse meu período de mestrado. Sua parceria, acolhida, escuta e compreensão foram ações fundamentais para realização do meu mestrado, sem as quais eu não conseguiria concretizar esse trabalho. Caso você leia este texto algum dia, muito obrigado especialmente a você, Danielle!

Agradeço a todos os amigos queridos que estiveram ao meu lado e aos que sempre pude contar com suas forças e amparos. Cada um de vocês foi de forma singular importante para mim nesse período de vida.

Agradeço de modo inestimável ao professor Jader de Oliveira Santos pelo apoio, compreensão, senso de humanidade e confiança na realização dessa pesquisa e nos trabalhos desenvolvidos até então.

Aos amigos da turma de mestrado em Geografia 2019.2 que ajudaram a vivenciar o período turbulento e hostil da pandemia da COVID-19. Sou muito grato e serei durante a vida por toda a ajuda prestada e vivenciada por todos vocês.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará que prestam um excelente serviço e retorno à sociedade com suas pesquisas.

Agradecimentos aos professores Marcos José Nogueira de Souza, Vlândia Pinto Vidal de Oliveira, Davis Pereira de Paula, Adunias dos Santos Teixeira, Paulo Roberto Lopes Thiers, Adryane Gorayeb, José Levi Furtado Sampaio, Antônio Jeovah de Andrade Meireles e José Borzarcchiello da Silva.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela manutenção da bolsa de auxílio à pesquisa.

RESUMO

O estudo aborda a distribuição de dunas frontais no litoral setentrional do estado do Ceará, abrangendo desde o município de Acaraú ao município de Barroquinha. Busca-se avaliar o padrão de distribuição dos sistemas ambientais com ênfase nas dunas frontais nesse litoral para compreender sua dinâmica. Tem-se como hipótese principal que as dunas frontais, caracterizadas como morros de areia situados geralmente no limite superior da faixa praial, sempre ocorrem e mantêm conexão direta também com as superfícies de deflação ativas. Para tanto, realizam-se trabalhos de campo e utiliza-se de bibliografia especializada no tema associada a técnicas de geoprocessamento para classificação e avaliação do padrão de distribuição de dunas frontais. Os resultados analíticos apontam que no litoral setentrional cearense são identificados 18 sistemas ambientais pertencentes e associados à planície litorânea, ao passo em que são caracterizadas suas dinâmicas físico-naturais. Ademais, identificam-se 12 dunas frontais localizadas desde a porção extremo-Leste até o extremo-Oeste desse litoral com diferentes padrões de ocorrência e mantendo conexão com múltiplos ambientes. Verifica-se que aonde há predominância de dunas frontais bem desenvolvidas, há presença de vegetação fitoestabilizadora de dunas e conexões diretas com praias dissipativas ou próximas a estuários, cujas ondas de pequena altura com baixa velocidade e lento espraiamento, grãos de areia menores e a baixa declividade desses ambientes contribui para formação desses tipos de dunas. As dunas frontais ainda em processo de formação recente não possuem evidentes expressões espaciais de morfologias de dunas, embora frequentemente associadas aos ambientes fornecedores de sedimentos, como as faixas praiais e superfícies de deflação eólica ativas. O estudo enfatiza-se na busca do entendimento da funcionalidade natural dos sistemas com ênfase na dinâmica costeira das dunas frontais que são menos conhecidas, encerrando, assim, na compreensão da distribuição das dunas frontais no litoral setentrional cearense.

Palavras-chave: planície litorânea; zona costeira; dunas.

ABSTRACT

The study addresses the distribution of foredunes on the northern coast of the state of Ceará, ranging from the municipality of Acaraú to the municipality of Barroquinha. We seek to evaluate the distribution pattern of environmental systems with emphasis on the foredunes on this coast to understand their dynamics. The main hypothesis is that the foredunes, characterized as sand hills located generally at the upper limit of the beach strip, always occur and also maintain a direct connection with the active deflation surfaces. To this goal, fieldwork is carried out and specialized bibliography on the subject is used, associated with geoprocessing techniques for classification and evaluation of the distribution pattern of foredunes. The analytical results indicate that 18 environmental systems belonging to and associated with the coastal plain are identified on the northern coast of Ceará, while their physical-natural dynamics are characterized. In addition, 12 foredunes located from the extreme east to the extreme west of this coast are identified with different patterns of occurrence and maintaining connection with multiple environments. It is verified that where there is a predominance of well-developed foredunes, there is the presence of phytostabilizing vegetation of dunes and direct connections with dissipative beaches or close to estuaries, whose small waves with low speed and slow spreading, smaller sand grains and low slope of these environments contributes to the formation of these types of dunes. The foredunes still in the process of recent formation do not have evident spatial expressions of dune morphologies, although they are often associated with sediment-supplying environments, such as beach strips and active aeolian deflation surfaces. The study emphasizes the search for understanding the natural functionality of the systems with emphasis on the coastal dynamics of the foredunes that are less known, thus ending in the understanding of the distribution of the foredunes on the northern coast of Ceará.

Keywords: coastal plain; coastal zone; dunes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da planície litorânea no Estado do Ceará.....	32
Figura 2 - Demarcação do limite físico-natural do litoral setentrional do Estado do Ceará.....	38
Figura 3 - Sistemas ambientais no litoral setentrional do Ceará.....	42
Figura 4 - Classificação morfo-ecológica das dunas frontais condicionadas pelo seu grau de cobertura vegetal.....	54
Figura 5 - Localização das dunas frontais no litoral setentrional do Estado do Ceará.....	55
Figura 6 - Informações dimensionais das dunas frontais 1 a 4 no litoral setentrional do Ceará.....	58
Figura 7 - Direção e velocidade dos ventos no litoral de Acaraú no ano de 2019.....	61
Figura 8 - Informações dimensionais das dunas frontais 5 a 8 no litoral setentrional do Ceará.....	62
Figura 9 - Informações dimensionais das dunas frontais 9 a 12 no litoral setentrional do Ceará.....	63
Figura 10 - Sistemas ambientais adjacentes as dunas frontais 1, 2, 3 e ,4 no litoral setentrional do Ceará.....	66
Figura 11 - Sistemas ambientais adjacentes as dunas frontais 5, 6, 7 e 8 no litoral setentrional do Ceará.....	67
Figura 12 - Sistemas ambientais adjacentes as dunas frontais 9, 10, 11 e 12 no litoral setentrional do Ceará.....	69
Figura 13 - Registros de dunas frontais conectadas a zona de estirâncio e a superfície de deflação estabilizada na praia de Pontal das Almas, município de Barroquinha.	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Atividades de campo desenvolvidas na área de estudo durante o período da pesquisa.....	21
Quadro 2 - Características do sistema sensor SPOT 6/7.....	22
Quadro 3 - Dados espaciais secundários complementares utilizados na interpretação do mapeamento dos sistemas ambientais na escala 1:10.000.	24
Quadro 4 - Informações quantitativas espaciais dos sistemas ambientais em km ² e %.....	42
Quadro 5 - Informações dimensionais das dunas frontais no litoral setentrional..	56
Quadro 6 - Identificação dos sistemas ambientais adjacentes as dunas frontais.	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPRM	Serviço Geológico do Brasil
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GNSS	Global Navigation Satellite System
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Estado do Ceará
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LIDAR	Light Detection and Ranging
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDT	Modelo Digital do Terreno
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PNGC	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro
PROINF TUR	Programa de Valorização da Infraestrutura Turística
RPA	Remoted Pilot Aircraft
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SPOT	Satellite Pour l'Observation de la Terre

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Hipóteses.....	15
1.2	Objetivos.....	15
2	METODOLOGIA.....	16
2.1	Procedimentos metodológicos.....	20
2.1.1	<i>Geomorfologia no mapeamento dos sistemas ambientais.....</i>	25
3	CARACTERIZAÇÃO DO LITORAL CEARENSE.....	30
3.1	O litoral setentrional cearense.....	35
4	DUNAS FRONTAIS NO LITORAL SETENTRIONAL DO CEARÁ.....	51
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
	REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

O litoral é ambiente emblemático da interface entre os processos que ocorrem no continente, oceano, atmosfera e sociedades humanas. Possui intensa dinâmica em seus ambientes naturais e sociais que tornam sua compreensão complexa quando se busca o entendimento sobre os problemas, questões e relações atuais que ocorrem nesses ambientes.

Essa complexidade se inicia quando são identificados e estabelecidos os fluxos de matéria e energia que predominam no litoral. Sendo a área que concebe a Planície litorânea, é um ambiente com forte potencial erosivo e baixa fertilidade natural em múltiplas áreas, cujos processos morfogenéticos predominam em detrimento dos pedogenéticos, configurando alta instabilidade para instalação de sociedades humanas, de acordo com Meireles (2014).

Na contemporaneidade, o litoral é um ambiente que tem sido cobiçado pela ocupação e uso humano, conforme analisa Paula (2012). É a base terrestre de exploração direta dos recursos marinhos que possibilitam a existência das redes intercontinentais de mercadorias e a concentração de equipamentos e serviços portuários e industriais mundiais, na medida em que, por outro lado, o desenvolvimento cultural atual o concebe como áreas de lazer e veraneio, como afirmam Moraes *et al.* (2008) e Dantas (2009).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2015), o Brasil possui aproximadamente 8,500 km de extensão linear de linha de costa com 395 municípios nos 17 estados localizados no litoral. Nesse estudo, estima-se que a população residente no litoral brasileiro é por volta dos 44 milhões de habitantes com densidade populacional de 135 hab/km².

O litoral do Ceará estende-se para o continente de 2 a 5 km em linha reta até o limite terrestre entre a faixa praial e os campos de dunas, de acordo com Guerra (2018). Conforme a última atualização dos limites territoriais dos municípios realizada pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Estado do Ceará (CEARÁ, 2019) e a portaria n° 34 do MMA do ano de 2021, esse Estado possui no total 20 municípios que tem como fronteira natural o oceano e 3 municípios com atividades econômicas associadas ao litoral (Chaval, Pindoretama e Eusébio).

Embora o processo de ocupação intensa das populações nesse estado não tenha se iniciado no litoral e sim paulatinamente do interior para o litoral, esse ambiente defrontante com o mar foi sendo transformado constantemente pela ação antrópica. Essas alterações se materializam nas múltiplas formas de instalações e modificações urbanas que descaracterizam a paisagem natural, segundo Meireles e Silva (2002) e Dantas (2015).

Segundo Pereira (2014), esse processo acarreta uma incorporação da paisagem litorânea como fator de bem-estar social. Mas, de modo premente, Paula (2012) analisa que esse processo determina diretamente no aumento de riscos ambientais nos ambientes litorâneos, sejam por ressacas do mar ou sejam por processos erosivos lineares associados a eventos de alta energia.

O crescimento demográfico associado a existência da especulação imobiliária atual nos ambientes litorâneos dessa Unidade da Federação configura uma ameaça ao equilíbrio ambiental e socioeconômico desses ambientes ao mesmo tempo em que afeta de modo negativo a vivência de comunidades tradicionais e degrada a conservação da biodiversidade, como salientam Gorayeb, Silva e Meireles (2004).

Hoje, esse litoral setentrional faz parte da área de abrangência do Programa de Valorização da Infraestrutura Turística (PROINFTUR) financiado pelo Banco de Desenvolvimento da América Latina desde 2012, de acordo com Castro e Pereira (2019). O programa busca manter esse litoral cearense como espaço prioritário para destino de recursos financeiros, sendo contemplados todos os municípios citados acima, com exceção de Chaval e Barroquinha.

Conforme o relatório setorial especial do turismo do Projeto Ceará 2050 (2018, p.35), o programa busca o crescimento e desenvolvimento econômico do litoral extremo-Oeste cearense mediante o financiamento na ordem de quase cinquenta milhões e meio de dólares para melhoria de infraestrutura (aeroportos, rodovias, vias), saneamento básico e crescimento de áreas urbanas e quase noventa milhões e meio de dólares de investimento para a infraestrutura turística no geral.

Configura-se um litoral pouco explorado em pesquisas em função de possuir vários locais de difícil acesso terrestre, por demandar recursos significativos para exploração e reconhecimento, por não se saber exatamente sua configuração e importância perante a configuração do litoral cearense e por não conter um

mapeamento e caracterização precisa dos sistemas ambientais pertencentes a sua Planície litorânea.

Nesse contexto, emerge necessidade e importância de compreender a configuração dos ambientes litorâneos e a dinâmica funcional do meio físico natural desse litoral setentrional em razão ao uso indiscriminado e exploração excessiva de recursos naturais que historicamente existem nesses ambientes litorâneos; por serem locais emblemáticos e preferenciais do desenvolvimento urbano e econômico da sociedade atual; por serem moradia e fonte de segurança alimentar de comunidades tradicionais.

Em acordo com Christofolletti (1999, p.37), os sistemas ambientais são os responsáveis pelo fornecimento de materiais e energia aos sistemas sócio-econômicos, cujos produtos das atividades humanas (construções, insumos, emissões, dejetos e bens) são derivados da exploração do meio físico natural.

Em meio a essa problemática, Ross (1990) lembra que há necessidade de se utilizar conceitos definidos por uso de bases holísticas e sistêmicas com enunciados precisos que permitam a operacionalização por meio do uso de procedimentos analíticos e critérios de avaliação dos sistemas ambientais.

Nesse íterim, destacam-se as dunas frontais enquanto sistemas ambientais que são especialmente escolhidos neste estudo em função de serem ambientes de exceção por ocorrerem somente em ambientes particulares no litoral, por possuem dinâmica própria pouco conhecida, por serem procuradas pelos interesses do capital turístico imobiliário e que não se sabe sua expressão e arranjo espacial de ocorrência no litoral setentrional cearense. Assim, elenca-se aqui por possuir importância ímpar na dinâmica costeira e na configuração do litoral e por serem pouco estudados no Estado do Ceará, tendo a possibilidade de contribuir para o entendimento sobre o litoral setentrional, proposto na pesquisa.

Estes ideais justificam uma importância estratégica de preservação em termos ambientais, econômicos, culturais e recreativos para se compreender a fundo a configuração e dinâmica dessa área. Da mesma forma, a necessidade de uma exata quantificação dos sistemas ambientais e adequada caracterização desse litoral pode fundamentar as necessidades de planos de ações e estratégias de gestão do ordenamento do território neste espaço.

Nesta pesquisa, busca-se responder como ocorre a configuração do litoral setentrional do Estado do Ceará a partir da distribuição de dunas frontais possíveis de serem encontradas.

1.1 Hipóteses

Considerando que, na literatura, as dunas frontais possuem sempre associação direta com a faixa praial, assume-se que essa também mantém conexão com a superfície de deflação eólica ativa no litoral setentrional cearense.

Portanto, presume-se que há um padrão de ocorrência de distribuição espacial das dunas frontais estando sempre diretamente ligadas aos corredores eólicos de deflação de areia, pois são visualizadas de modo predominante como dunas de pequena expressão espacial, que não integram os grandes campos de dunas móveis, semi-fixas e fixas e que se localizam na área defrontante na faixa praial e ao mar.

1.1 Objetivos

Como objetivo geral, busca-se compreender o padrão de ocorrência e configuração das dunas frontais no litoral setentrional cearense.

São elencados como objetivos específicos:

1. Caracterizar a fisiografia o litoral setentrional cearense, indicando os ambientes que constam com base em revisão bibliográfica;
2. Identificar e cartografar os principais sistemas ambientais no litoral setentrional pertencentes e associados a planície litorânea;
3. Identificar distribuição de distribuição de dunas frontais na área de estudo indicada e;
4. Identificar os padrões e ocorrências das dunas frontais na Planície Litorânea, associando com os sistemas ambientais associados.

2 METODOLOGIA

Como delineamento metodológico da pesquisa, decide-se empregar o método hipotético-dedutivo, preconizado por Popper (1975, p.73), por permitir identificar problemas, contradições ou lacunas em algum conhecimento existente por meio de análises de verificação e eliminação de erros.

De acordo com Marconi e Lakatos (2010), esse método tem como objetivo final a proposição de ideias, soluções ou hipóteses que, metodologicamente, devem ser testadas através de experimentações e análises de dados com métodos estatísticos com o intuito de serem refutadas ou mantidas como válidas (corroboradas).

Segundo Popper (1975, p.92), caso a hipótese seja rejeitada, essa deve ser reformulada e submetida a um novo processo de refutação da ideia até que seja encontrada a hipótese que mais corrobore com o entendimento real do problema. Caso a hipótese logo se corrobore, não é de fato confirmada, pois ainda é possível surgir um fato que a invalide.

Essa concepção faz parte das etapas de falseamento metodológico da investigação científica. Mediante o mesmo autor, entende-se que esse o uso desse método não busca estabelecer o conhecimento mais certo, mas sim uma compreensão da realidade que erre menos em novas análises e nas perspectivas de entendimento sobre questões e hipóteses elencadas.

Com a adoção do método mencionado, a fase inicial dessa pesquisa contou com o reconhecimento revisão de literatura e obtenção de mapeamentos sistemáticos em busca de verificação e formulação do problema. Avaliou-se que há importância e necessidade de compreender a dinâmica contemporânea do litoral setentrional do estado do Ceará em razão, especialmente, do crescimento de atividades humanas e instalações de empreendimentos turísticos de grande porte; por não se saber de modo preciso ou exato e de modo detalhado a configuração espacializada e quantificada dessa Planície litorânea; por conter locais de difícil acesso terrestre; e por possuírem ambientes de destaque ímpar, tais como as dunas frontais, que podem auxiliar na compreensão da configuração desse litoral.

Com base nesses múltiplos fatores, formula-se a hipótese já descrita no capítulo introdutório desta dissertação. Na procura de se investigar a rejeição ou validação dessa, adota-se as perspectivas dos métodos sistêmicos e holísticos nos

procedimentos metodológicos e operacionais em função de atenderem de modo adequado as análises dos objetivos elencados na pesquisa.

O uso da concepção sistêmica e holística nesta pesquisa exige o esforço de se fundamentar de modo teórico e metodológico para completo e adequado entendimento dos geossistemas através da análise ambiental integrada. Utiliza-se a concepção sistêmica e holística para compreensão da estrutura superficial da paisagem.

A abordagem sistêmica é efetivada através do entendimento sobre o uso de sistemas em estudos ambientais. Monteiro (2000) afirma que, nos estudos de base físico-geográfica contemporâneos, verifica-se a necessidade de adoção dessa concepção por permitir analisar de modo metodológico e adequado os variados componentes das paisagens, facilitando o estabelecimento de relações e fluxos naturais.

Conforme demonstra Christofolletti (1999, p.46), as abordagens de concepções sistêmicas e holísticas adotadas na Geografia possuem caráter interdisciplinar. O autor lembra que Bertalanffy no ano de 1933 idealiza a Teoria Geral dos Sistemas e conceitua um sistema de modo geral como um “conjunto de partes interagentes e interdependentes que, conjuntamente, formam um todo unitário com determinado objetivo e efetuam determinada função”.

Gregory (1992) lembra que os estudos pioneiros na Geografia com abordagem sistêmica se desenvolveram a partir de Chorley e Kennedy em 1971 como forma de avançar no tratamento adequado de problemas perante a prevalência de pesquisas com abordagens setorializadas.

No âmbito da Geografia Física, Christofolletti (1979, p.46) entende um sistema como um conjunto de elementos e relações que são estabelecidas mútuas entre si e seus atributos. A estrutura de um sistema é formada pelas combinações de seus elementos e se manifesta através da conexão entre esses componentes.

Para Souza (2000), os sistemas são estruturados por objetos ou unidades partes de um todo interligados por relações que se materializam entre si. Dessa forma, os componentes dos sistemas possuem interdependência em função dos fluxos de ação e reação atuantes nesse íterim.

Ross (2006) lembra que os sistemas não conseguem serem compreendidos por uma análise setorializada, pois um sistema só existe em função da funcionalidade entre todos os seus elementos que o integram. No envolvimento em que se

estabelece essa concepção, esse autor ressalta a importância do uso da perspectiva sistêmica e holística na década de 1970 pela União Soviética (URSS) por Sotchava (1976).

Para orientar e servir os interesses de desenvolvimento do ordenamento do território nas repúblicas socialistas pautado no pragmatismo, Sotchava (op. cit., p.15) apresentou o conceito de Geossistema como resultado efetivo do uso da concepção sistêmica na Geografia, conceituando-o como “fenômenos naturais, todavia os fatores econômicos e sociais, ao influenciarem sua estrutura e peculiaridades espaciais, devem ser tomados em consideração”.

Bertrand (1972) também idealiza o conceito de geossistemas, entendendo esse como uma unidade de paisagem resultada da combinação de um potencial ecológico (geomorfologia, clima e hidrologia); uma exploração biológica (cobertura vegetal, classes de solos e fauna) e uma ação antrópicas. As relações desse sistema se dão fundamentalmente através de fatores morfo-estruturais, climato-hidrológicos e a interferência das atividades humanas materializadas nas múltiplas formas de uso e ocupação da terra.

Embora sejam unidades, Christofolletti (1999, p.42) afirma que não existe necessariamente uma homogeneidade fisionômica que caracterize o geossistemas, pois a funcionalidade desse sistema possui dinâmica natural intensa, tornando complexa sua caracterização.

O autor afirma que o geossistemas varia de tamanho, assumindo desde o quilômetro quadrado até centenas de quilômetros quadrados, ao passo em que é possível subdividir esse sistema ambiental em unidades menores, denominados de geofácies e geótopos, ambos existindo no interior de um geossistemas e submetidos aos elementos descritos e ilustrados na figura 1.

Esse entendimento de interpretação dos geossistemas exige por necessidade um modo de organização detalhada e taxonomia dos sistemas, uma vez que há a necessidade de se estabelecer uma sequência lógica da hierarquia dos sistemas ambientais em função da escala geográfica (desde uma área mínima até a escala global). Bertrand (1972) realiza essa sistematização em uma estrutura hierárquica das unidades de paisagem de Zona, Domínio, Região Natural, Geossistema, Geofácies e Geótopo, elencando, em uma mesma série de paisagens, uma associação com a escala têmporo-espacial e unidades elementares (quadro 1).

Dessa forma, considera-se que, em cada nível de escala, os sistemas ambientais possuem estruturação, funcionamento e organização nos seus arranjos naturais e espaciais. Souza (2018) lembra que os sistemas ambientais só podem ser entendidos, identificados e mapeados em função da compreensão dos variados componentes integrados que mantêm relações através dos fluxos de matéria e energia que ocorrem entre si.

Nesse ínterim, adota-se como categoria de análise principal o conceito de paisagem, cuja definição por Monteiro (2000, p.89) se estabelece como:

a paisagem é vista de um modo bem mais dinâmico porquanto não ignora as relações, seus feedbacks e interações, de modo a configurar um verdadeiro “sistema” onde as áreas pertinentes a ela estão muito além das formas e aparências assumidas pelos elementos, sendo capazes, até mesmo de provocar importantes reações em áreas distantes. Isso decorre do fato: o homem é considerado na paisagem como qualquer outro elemento ou fator constituinte do sistema paisagem (geossistema) porque ele desempenha aqui um papel realmente ativo.

Face ao exposto, entende-se que se deve adotar o critério de homogeneidade enquanto elemento principal na análise geossistêmica da paisagem para caracterização e delimitação dos sistemas ambientais, aspecto preconizado e materializado em especial nos estudos de Ross (1990), Monteiro (2000), Souza (1988, 2000, 2018), Souza *et al.* (2009), Souza e Oliveira (2015) e Santos (2011, 2016) e Santos e Ross (2012).

É nesse sentido que Tricart (1977) considera a análise sistêmica como método lógico preferencial para tratar de problemas que envolvam as relações entre sociedade e natureza. O autor utiliza como princípio a interrelação entre partes para delinear os estados de instabilidade e estabilidade do meio físico natural motivados pelas relações entre morfogênese e pedogênese.

Ao adotar essa máxima, Ross (1995) observa que o uso de uma análise sistêmica em Geografia encerra uma visão sinóptica dos problemas ambientais. Com essa visão do todo, é possível ter adequado controle de informações, análise e gerenciamento das estruturas e processos na paisagem e no território.

A ênfase sistêmica é uma abordagem teórica da Geografia que têm se aplicado em pesquisas e projetos de planejamento e gestão ambiental, avaliação de potencialidades e limitações do meio físico, pela capacidade de interconexão de múltiplas propriedades naturais com formas de uso e ocupação no espaço, como é

possível verificar em Souza (2000), Souza *et al.* (2009), Santos (2011, 2016), FUNCEME (2015a, 2015b).

Tanto Ross (1995) quanto Santos (2016) ensinam que o critério geomorfológico serve de referência de síntese nesse contexto geoambiental. Tal critério facilita a interpretação da compartimentação morfológica e das feições morfoesculturais dos sistemas ambientais. Através da teoria geossistêmica, é possível a compreensão da dinâmica dos diferentes sistemas ambientais e uso humano na paisagem.

A sua execução destaca-se enquanto abordagem teórico-metodológica por ser capaz de fornecer resultados analíticos e cartográficos para planos de gestão sustentável no território, assim como possui o potencial de subsidiar a construção de modelos teóricos que incorporem princípios de sustentabilidade ambiental nas ações de ordenamento territorial.

Entende-se que é nos sistemas ambientais que acontece a dinâmica de fluxos de matéria e energia naturais. Somente com esse entendimento é possível realizar o mapeamento de unidades homogêneas em escala de dos diferentes sistemas e subsistemas ambientais que existem na paisagem.

Considera-se nesta pesquisa a revisão de literatura científica de diferentes autores com essa perspectiva que convergem no entendimento do uso teórico e metodológico da análise geossistêmica para compreensão de sistemas ambientais sujeitos às trocas de matéria e de energia, merecendo destaque os autores Grigoriev (1968), Sotchava (1978), Bertrand (1972), Tricart (1977), Christofolletti (1979; 1999), Monteiro (2000), Ross (1990, 1992, 1994, 1995, 2006), Souza (2000, 2018), Souza *et al.* (2009); Santos e Ross (2012); Santos (2011, 2016), e Rodriguez e Silva (2016).

Para aplicação de geotecnologias, tratamento e uso da geoinformação na pesquisa, consulta-se, principalmente, os trabalhos de Câmara *et al.* (2001), Florenzano (2002, 2008), Fitz (2008), Jensen (2009), Novo (2010), Longley *et al.* (2013) e Meneses, Almeida e Baptista (2019).

2.1 Procedimentos metodológicos

Para materialização dos objetivos listados, foram utilizados procedimentos e atividades planejadas e sistemáticas justificando as etapas de análise, síntese e integração (SANTOS, 2015).

Considerando que deve ser realizado o entendimento teórico e espacial dos sistemas ambientais na área de estudo, utiliza-se o método da análise ambiental integrada como instrumento de estabelecimento de relações entre os sistemas.

Na fase analítica, realizou-se principalmente as atividades de campo de exploração e reconhecimento preliminar do litoral setentrional juntamente obtenção de produtos cartográficos básicos e mapeamentos temáticos; revisão bibliográfica e definição da concepção teórica da pesquisa.

Como início, desenvolveu-se a elaboração de um mapa básico do litoral setentrional e organização da base cartográfica com informações planialtimétricas de múltiplas escalas através de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Essa sequência também contou com verificação e uso de mapeamentos sistemáticos, sendo os de maior importância o geológico (CPRM, 2020), geomorfológico (FUNCEME, 2018), hidroclimático (FUNCEME, 2020), pedológico, (IPECE, 2007), fitoecológico (FUNCEME, 2015) e ocupação da terra (FUNCEME, 1997).

As atividades de campo possuíram o papel de identificação e checagem da ocorrência dos sistemas ambientais da Planície litorânea, visualizados nas imagens digitais obtidas, com ênfase na localização de dunas frontais. Nesse período, os dados secundários auxiliaram a elaboração e execução dos roteiros de campo.

Em cada área no litoral percorrida, indicadas com as respectivas datas no quadro 1, foi realizado o levantamento de dados primários obtenção de coordenadas planimétricas por meio de um receptor de Sistema de Navegação Global por Satélite (Global Navigation Satellite System, GNSS) de navegação, registro fotográficos terrestres e aéreos com uso de Aeronave Remotamente Pilotada (RPA), anotações em cadernetas sobre as discussões de nível técnico em campo em relação a meios de caracterização dos objetos de estudo.

Quadro 1 – Atividades de campo desenvolvidas na área de estudo durante o período da pesquisa.

Datas		
2019		2020
Dias 16, 17, 18, 19 e 20 do mês de Agosto	Dias 28, 29, 30 e 31 Outubro	Dias 17 e 18 de Agosto
Atividades de campo desenvolvidas nas praias dos municípios de Acaraú (Enseada de Timbaú, Coroa Grande, Aranaú, Morgado, Barrinha); Cruz (Formosa, praia das Barreiras); Camocim (Barreiras, Maceió, Barrinha das Cangalhas, Xavier); e em Barroquinha (Barra dos Remédios, Praia Nova, Curimã, Bitupitá e Pontal das Almas).	Atividades de campo desenvolvidas nas praias dos municípios de Cruz (Preá); Jijoca de Jericoacoara (Mangue Seco); Camocim (Guriú, Umburana, Foz do rio Coreaú); Chaval (Montante da planície flúvio-marinha do rio Timonha); e em Barroquinha (Rio Timonha e Pontal das Almas).	Atividades de campo desenvolvidas nas praias dos municípios de Acaraú (Enseada de Timbaú, Aranaú, Barrinha); Cruz (Formosa, praia das Barreiras, Preá); Jijoca de Jericoacoara (Jericoacoara); Camocim (Guriú, Umburana, Barreiras, Maceió, Barrinha das Cangalhas, Xavier); Chaval (Montante da planície flúvio-marinha do rio Timonha); e em Barroquinha (Barra dos Remédios, Praia Nova, Curimã, Bitupitá e Pontal das Almas).

Fonte: José Matheus da Rocha Marques (2021).

Na fase de síntese, mediante o rigor assumido para caracterização geoambiental e mapeamento demandados nos objetivos elencados nesta pesquisa, opta-se por utilizar a escala cartográfica de 1:10.000 para produção sintética das informações primárias, em razão de atender o mapeamento de feições diminutas que exigem alto nível de detalhamento. Embora seja evidente que essa escala requeira maior complexidade de se estabelecer relações entre os sistemas, identificá-los e delimitá-los, esse nível de detalhamento é plenamente possível, em razão da rica disponibilidade de dados concedida.

O mapeamento temático proposto da caracterização geoambiental do litoral setentrional conta com o uso de modelos de dados espaciais vetoriais e rasters georreferenciados no datum horizontal oficial brasileiro Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000) e no sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator.

Adota-se as imagens orbitais de alta resolução espacial do sistema sensor óptico *Satellite Pour l'Observation de la Terre 6 e 7* (SPOT 6/7) datadas do período inicial da pesquisa (junho, julho e agosto do ano de 2019). No quadro 2 são apresentadas as características desse sistema sensor, bem como a qualidade das suas resoluções (espectral, espacial, radiométrica e temporal).

Quadro 2 – Características do sistema sensor SPOT 6/7

Órbita	Circular, heliossíncrona, descendente, 98,7º de inclinação, período de 98.79 minutos e altitude de 694 km
Horário de imageamento local	10 h 00 min
Resolução Espectral	Pancromático (450 – 745 nm); Azul (450 – 520 nm, banda 1); Verde (530 – 590 nm, banda 2); Vermelho (625 – 695 nm, banda 3) e infravermelho próximo (760 – 890 nm, banda 4)
Resolução Espacial	Pancromático: 1,5 metros; multiespectral: 6,0 metros
Resolução Radiométrica	12 bits por pixel
Tamanho da cena original	60 x 60 km
Precisão de localização planimétrica obtida sem correção	10 metros de erro
Frequência de revisita	Diária

Fonte: ENGESAT (2020)

As imagens foram concebidas no formato GEOTIFF já com o seu pré-processamento digital de correção geométrica e fusão com a banda pancromática realizados, cuja resolução espacial em todas foi verificada como sendo de 1,5 metros o pixel ou 2,25 m² a abrangência do pixel na imagem.

Jensen (2009), Novo (2010), Meneses, Almeida e Baptista (2012) e Thiers (2013) demonstram que essas imagens, por possuírem resolução espectral que varia do azul (450 – 520 nm, banda 1) até o infravermelho próximo (760 – 890 nm, banda 4), facilitam interpretar com alta acurácia sistemas ambientais que não são passíveis de serem visualizadas de modo pleno no espectro do visível, como, por exemplo, planícies flúvio-marinhas com bosques de manguezais (florestas perenifólias paludosas marítimas) e matas densas de tabuleiro. Desse modo, justifica relevância da escolha do uso desse sistema sensor para o mapeamento na escala e detalhamento proposto.

Demais dados espaciais secundários são utilizados como complementos na interpretação das múltiplas paisagens e na produção do mapeamento se encontram no quadro 3. São os principais os limites dos municípios do Ceará estabelecidos pela Lei Estadual 16.821/2019, curvas de nível com equidistância de 1 metro, especialmente para áreas com existência de dunas frontais, do projeto de Reestruturação do Mapeamento do Zoneamento Ecológico e Econômico da Zona Costeira e Unidades de Conservação Costeiras (SEMACE, 2016), as curvas de nível com equidistância de 5 metros da base cartográfica Pólo Ceará Costa do Sol (IPECE, 2009) e produtos rasters de tecnologia Light Detection and Ranging (LIDAR) com resolução espacial de 0,5 metros.

Quadro 3 – Dados espaciais secundários complementares utilizados na interpretação do mapeamento dos sistemas ambientais na escala 1:10.000.

Material	Tipo	Especificações	Uso
Limites municipais do Ceará	Arquivo vetorial (shapefile)	Delimitação atualizada de todos os municípios da zona costeira do estado do Ceará, conforme a Lei Estadual 16.821/2019.	Delimitação exata dos municípios do Estado do Ceará
Curvas de nível da base cartográfica Pólo Ceará Costa do Sol.	Arquivo vetorial (shapefile)	Curvas de nível do ano de 2009 com equidistância de 5 metros produzidas na escala 1:20.000 provenientes da base cartográfica Pólo Ceará Costa do Sol.	Auxílio na interpretação visual do mapeamento dos sistemas ambientais pelo critério morfológico e altimétrico.
Distritos do Ceará	Arquivo vetorial (shapefile)	Localização de comunidades rurais e urbanas nos municípios litorâneos	Auxílio na checagem de informações e planejamentos sistemáticos em análises técnicas em campo.
Unidades de Conservação municipais	Arquivo vetorial (shapefile)	Unidades de Conservação da esfera municipal cadastradas no Cadastro Estadual de Unidades de Conservação (CEUC).	Auxílio na checagem de informações e planejamentos sistemáticos em análises técnicas em campo.
Unidades de Conservação estaduais	Arquivo vetorial (shapefile)	Unidades de Conservação da esfera estadual cadastradas no Cadastro Estadual de Unidades de Conservação (CEUC).	Auxílio na checagem de informações e planejamentos sistemáticos em análises técnicas em campo.
Unidades de Conservação federais	Arquivo vetorial (shapefile)	Unidades de Conservação da esfera federal cadastradas no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC)	Auxílio na checagem de informações e planejamentos sistemáticos em análises técnicas em campo.
Projeto de Reestruturação do Mapeamento do Zoneamento Ecológico e	Arquivo vetorial (shapefile)	Curvas de nível com equidistância de 1 metro produzidas na escala 1:2.000 provenientes do aerolevantamento LIDAR;	Auxílio na interpretação visual do mapeamento dos sistemas ambientais pelo critério morfológico e altimétrico.

Econômico da Zona Costeira e Unidades de Conservação Costeiras (SEMACE, 2016).		tomada de ortofotos e fotoíndice do ano de 2014, disponibilizadas pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE)	
Ortofotos e dados LIDAR, correspondentes a Modelos Digitais de Terreno (MDT), Modelos Digitais de Superfície (MDS)	Imagens raster. Formato: GeoTIFF	MDT's, MDS's e imagens do satélite Quickbird do ano de 2014 na composição colorida RGB 321, com 0,50 metros de resolução espacial e com abrangência de 1.057km ² no litoral cearense	Auxílio na interpretação visual do mapeamento dos sistemas ambientais pelo critério morfológico e altimétrico.
Receptor GNSS do modelo Garmin 64sc	Sistema de Informação Geográfica. Equipamento de navegação em campo.	Receptor de alta precisão Garmin do modelo MAP 64sc, capaz de captar os sistemas <i>Global Position System</i> (GPS) e GLONASS. Possui precisão máxima de 3,65 metros.	Auxílio na checagem em campo e na fotointerpretação sistemas ambientais

Organização: José Matheus da Rocha Marques (2021).

Com posse dessas informações e na fase integrativa, os sistemas ambientais são individualizados e cartografados, adotando-se o critério de homogeneidade, pelas suas propriedades fisiográficas, funcionalidade, expressão espacial. Para isso, considera-se a integração dos dados espaciais planimétricos, geológicos, geomorfológicos e fitoecológicos já realizados para a área e informações primárias coletadas *in situ*.

Para atender aos objetivos finais da pesquisa, os aspectos dimensionais das dunas frontais são extraídos no SIG e discutidos no capítulo final. Seus padrões dimensionais e de localização de ocorrência, fluxos de matéria e energia, proximidade com estuários, correlação entre esses ambientes, bem como a verificação analítica da hipótese estabelecida são analisados. Mapas e registros fotográficos são empregados para discussão clara dessa etapa.

2.1.1 Geomorfologia no mapeamento dos sistemas ambientais

O mapeamento geomorfológico possui o desafio maior pela sua complexidade em ser realizado em virtude da dificuldade de representar através de modelos espaciais a realidade das formas de relevo, assim como suas dinâmicas e gêneses, conforme explica Ross (1990).

Não sendo apenas um desenho ao final, Souza (2018) lembra que esse tipo de mapeamento demanda bases teórico-metodológica pautadas na concepção geossistêmica e em critérios. Nesse ínterim, a adoção do critério geomorfológico se sobressai por permitir mapear qualquer contexto geoambiental superficial em compartimentos topograficamente sequenciais lógicos.

Penck (1953) foi um dos pioneiros ao elaborar teorias acerca do relevo e reconhecer que o relevo terrestre foi e é elaborado por agentes exógenos, como a atmosfera e os seus diferentes climas, e endógenos, como a força tectônica.

Ao detalhar sua teoria, atribui os estados ativos e passivos das forças endógenas. Os ativos são controlados de modo geral, pela tectônica de placas, cuja dinâmica da crosta se manifesta através de formas de dobramentos, vulcanismos, fraturas, falhas, abalos sísmicos, intrusões, soerguimentos e afundamentos. Por outro lado, as forças endógenas passivas dominam a resistência litológica perante ao desgaste e a erosão, em função dos diferentes tipos de rochas e suas organizações estruturais e minerais que conferem, ao longo do tempo geológico, menor ou maior resistência aos processos de meteorização.

Regida pelas condições e ações climáticas, a força exógena se manifesta no processo de meteorização de rochas, nas ações de intemperismo químico e mecânico das águas, ventos em diferentes temperaturas. O autor chama a atenção ao afirmar que essas duas forças atuaram e atuam em escalas zonais, regionais e locais de modos diferentes e combinados na superfície terrestre.

Santos (2011, p.45) lembra que nesse entendimento a ação climática juntamente com a estrutura física das superfícies se manifestam na forma de processos que produzem perpétua evolução do relevo. Assim, entende-se que o relevo revela de um modo as interações entre os demais elementos paisagísticos, refletindo as influências de manifestações tectônicas nas deformações estruturais do relevo.

Nesse assunto, Ab'saber (1969) elabora uma abordagem de cunho analítico para pesquisas que envolvem o Quaternário que possui três etapas.

A primeira etapa corresponde a caracterização e descrição das formas de relevo, com o intuito de produzir uma compartimentação topográfica do objeto de estudo a nível regional. Ainda nessa etapa, detalha-se de modo preciso cada um dos

compartimentos analisados, descrevendo as múltiplas formas encontradas e delimitando unidades de relevo.

A segunda etapa consiste em elaborar efetivamente a estrutura superficial da paisagem. Essa possui o objetivo de evidenciar as características morfológicas e morfometrias elementares da paisagem, assim como o material superficial constituído por diferentes tipos de depósitos, coberturas litológicas e pedológicas, por exemplo. De posse dessas informações, analisa-se os processos e relações morfoclimáticas e paleoclimáticas, decorridas ao longo do período Quaternário.

A investigação sobre o entendimento dos processos atuais e funcionalidade do relevo encerra na terceira etapa, cujo autor denomina de fisiologia da paisagem. A compreensão a respeito da interação dos fluxos de matéria e energia biogênica, físicas e químicas correlacionados que regem o comportamento do meio físico paisagístico devem fazer parte das discussões das pesquisas para o entendimento completo acerca do relevo. Segundo o autor, isso é somente possível através do uso de dados e informações precisas e exatas.

Sendo passíveis de uma delimitação cartográfica de detalhe, os sistemas ambientais homogêneos são passíveis de serem individualizados. Souza (2000) e Santos (2011) associam as associações de solos com os padrões florísticos e de topossequências dos tabuleiros pré-litorâneos para diferenciar os predominantemente arenosos e os areno-argilosos e oferecer maior detalhamento no mapeamento geomorfológico a partir das reflexões nos padrões fisiográficos do relevo.

Nesse ínterim, Ross (1992) elabora a proposta de classificação taxonômica do relevo baseado nos preceitos lógicos de morfoestrutura e morfoescultura idealizados por Mercejakov (1968).

A morfoestrutura relaciona-se ao conhecimento da gênese, morfologia e estrutura combinada através de características litológicas, estruturais e tectônicas. Ross (1992) utiliza um exemplo das bacias sedimentares do Amazonas para aplicar esse conceito, usando informações de períodos geológicos, gênese e morfologias encontradas nas bacias ao explicar o desenvolvimento morfoestrutural nessa área comandados por processos erosivos e mudanças climáticas ao longo do período geológico.

O resultado direto da ação climática sobre o relevo, na medida em que modifica o modelado da superfície, é determinado pela morfoescultura. Mercejakov (*op. cit*) ensina que a modelação atual, afloração de morfologias e tipos de formas gerados na camada superficial dos relevos, gerados pelo desgaste erosivo do clima pretérito e regente mostra resultados explícitos de processos morfoesculturais através de diferentes padrões de fisionomia do relevo.

Segundo o autor, a expressão espacial das formas de relevo é determinada pela influência de ordem genética e idade, cujas elementos morfoestruturais e, principalmente, morfoesculturais ganham destaque por relevarem a tipologia das formas.

Através do uso desses dois conceitos aplicados em geomorfologia é possível compreender a função e dinâmica vigente do relevo nas relações entre paisagem e sociedade, conferindo a identificação de sistemas ambientais, segundo Santos (2011, p. 48).

Assim, Ross (1992) classifica o relevo terrestre em seis unidades taxonômicas, considerando que a gênese e dinâmica devem ser levadas em todo e qualquer tipo de relevo, sendo os sistemas ambientais passíveis de serem individualizados em diferentes classificações somente em função da escala de análise.

O primeiro táxon compreende as unidades de maior dimensão morfoestrutural, que contém outras unidades taxonômicas menores e se caracteriza pela sua gênese, ou seja, as unidades morfoestruturais. Essas exibem condições estruturais que definem um padrão de grandes formas de relevo em escala cartográfica pequena (assumindo um mapeamento com nível mínimo de detalhe). Como exemplo dessa unidade, pode-se mencionar as coberturas sedimentares Cenozóicas.

O segundo táxon são as unidades morfoescultural, uma unidade taxonômica menor que é gerada pelo desgaste promovido pela ação climática ao longo do tempo geológico sobre determinada morfoestrutura. Assim, dentro de uma unidade morfoestrutural há diferentes tipos de unidades morfoesculturais, por exemplo, a Planície litorânea inserida na unidade morfoestrutural das coberturas sedimentares Cenozóicas.

Já o terceiro táxon associa-se pela rugosidade topográfica, índice de dissecação do relevo e o formato do topo das vertentes em cada padrão de forma semelhante. Representa padrões de unidades de relevo que correspondem a conjuntos de formas menores do relevo perante o táxon anterior, apresentando diferenciações entre si e maior detalhamento. Nessas unidades, as repercussões dos processos morfoclimáticos recentes ou contemporâneos começam a serem visualizados, como nos campos de dunas móveis.

O quarto nível taxonômico representa maior detalhe perante aos táxons anteriores, na medida em que são individualizadas formas dentro de cada padrão semelhantes ou tipos de relevos. Nessa categoria, classificam-se as formas em dois tipos: agradacionais (relevos de acumulação de sedimentos), sendo por exemplo as planícies, e em denudacionais (formas de relevo que sofrem erosão de sedimentos), como o caso dos tabuleiros pré-litorâneos.

No quinto táxon, estão os tipos de vertentes encontradas em cada uma das formas de relevo. São unidades de formas de relevo que possuem características geométricas e genéticas semelhantes, mas com dinâmicas desiguais em razão das suas condições de inclinação, formato, extensão. Como exemplo no litor, tem-se as dunas móveis do tipo barcanas.

O sexto táxon concebe às menores unidades de relevo produzidas pelos processos mais atuais e que na contemporaneidade ainda exercem influência no relevo, sejam processos naturais ou antrópicos. Também concebem são passíveis de serem ou denudação ou acumulação. Como exemplo dessas formas, tem-se as feições ruiformes como ravinas, dunas frontais, voçorocas, os bancos arenosos, desmonte de dunas, tafones em relevos cristalinos, marcas de fazendas de carcinicultura ou de aterro sanitário.

A importância para se considerar esse entendimento no mapeamento geomorfológico é de se buscar o aproveitamento das geoformas com base em suas gênese e dinâmica; nos padrões de dissecação pelos interflúvios (relevos aguçados, convexos, tabulares); na predominância de classes de declividades, sejam indicando relevos planos a escarpados; na avaliação da configuração superficial da paisagem indicando aonde ocorrem fluxos de colúvios, alúvios e eluviais, ocorrência de afloramentos rochosos; formas de erosão linear atuais como Sulcos, ravinas, voçorocas e areolar.

Com esse entendimento, assume-se que a operacionalização do mapeamento pode ser efetivada com essa metodologia, uma vez que essa proposta justifica o uso de uma cartografia geomorfológica que necessita da integração de diferentes dados para caracterização dos sistemas ambientais na Planície litorânea.

Nesta pesquisa, adota-se o sexto táxon para mapeamento da ocorrência de dunas frontais em razão aos objetivos propostos e escala de detalhe pretendida. Para identificação do padrão de ocorrência das dunas frontais, utiliza-se a classificação de Hesp (2002). A análise, síntese e integração das teses adotadas ensejam a produção de resultados de uma cartografia geomorfológica sintética, mas que seja passível de discussão mediante os dados que serão apresentados.

Utiliza-se a técnica de vetorização no SIG para produção do mapeamento dos sistemas ambientais. Cada sistema é delimitado manualmente como polígono, tal como foi reconhecido em campo e interpretado visualmente nas imagens. Em subsequência, pratica-se a técnica de suavização do polígono (*smooth*) em cada e em todos os polígonos do mapeamento digital com o objetivo de eliminar possíveis ruídos grosseiros nos vértices e serrilhamento nas bordas dos sistemas.

O cuidado com a prevenção de erros topológicos de sobreposição e ausência de áreas mapeadas no litoral setentrional é estabelecido no mapeamento mediante procedimentos de validação topológica para verificação e correção de eventuais erros espaciais (áreas incompletas dentro dos limites municipais estabelecidos ou interseção ou interseção e duplicação de vértices dos polígonos). Para isso, considera-se somente a área emersa visualizada nas imagens utilizadas.

O procedimento de checagem in loco, através de análises técnicas em campo em toda a área da Planície litorânea, é adotado para validação dos setores ambientais em ambiente SIG. Foram procedidas extensivas atividades de campo para checagem compreensão real da configuração e dinâmica do litoral setentrional. Os pontos de reconhecimento foram coletados utilizando receptor de captação do receptor GNSS Garmin GPSMAP® 64sc, listado no quadro 3.

Por fim, todo o mapeamento temático é procedido no *software* ArcGIS da empresa *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) na sua versão 10.4.1 com licença para operação disponibilizada pelo Laboratório de Geoprocessamento e

Cartografia Social do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará.

3 CARACTERIZAÇÃO DO LITORAL CEARENSE

Esses ambientes litorâneos são identificados ao longo de toda a costa como feições litorâneas deposicionais submetidas continuamente a ação dos processos de transporte, acumulação e erosão.

Conforme Souza (2000), abrange a unidade geoambiental Planície litorânea (figura 1), datada do Quaternário, possuindo condições ricas de geodiversidade e biodiversidade, com depósitos sedimentares que foram influenciados pelos agentes naturais, por episódios transgressivos e regressivos do mar motivados pelos eventos de glacioeustatismo, paleoclimáticos e que hoje expressam a morfologia e o contexto de geodiversidade do litoral.

Nesse íterim, possui duas direções preferenciais que são reconhecidas e possíveis de serem visualizadas na figura seguinte: desde a fronteira com RN até a ponta do Presídio no município de Acaraú a orientação da linha de costa que se verifica é SE-NO e; desse ponto até o a localidade Pontal das Almas, no município Barroquinha, predomina a direção E-O.

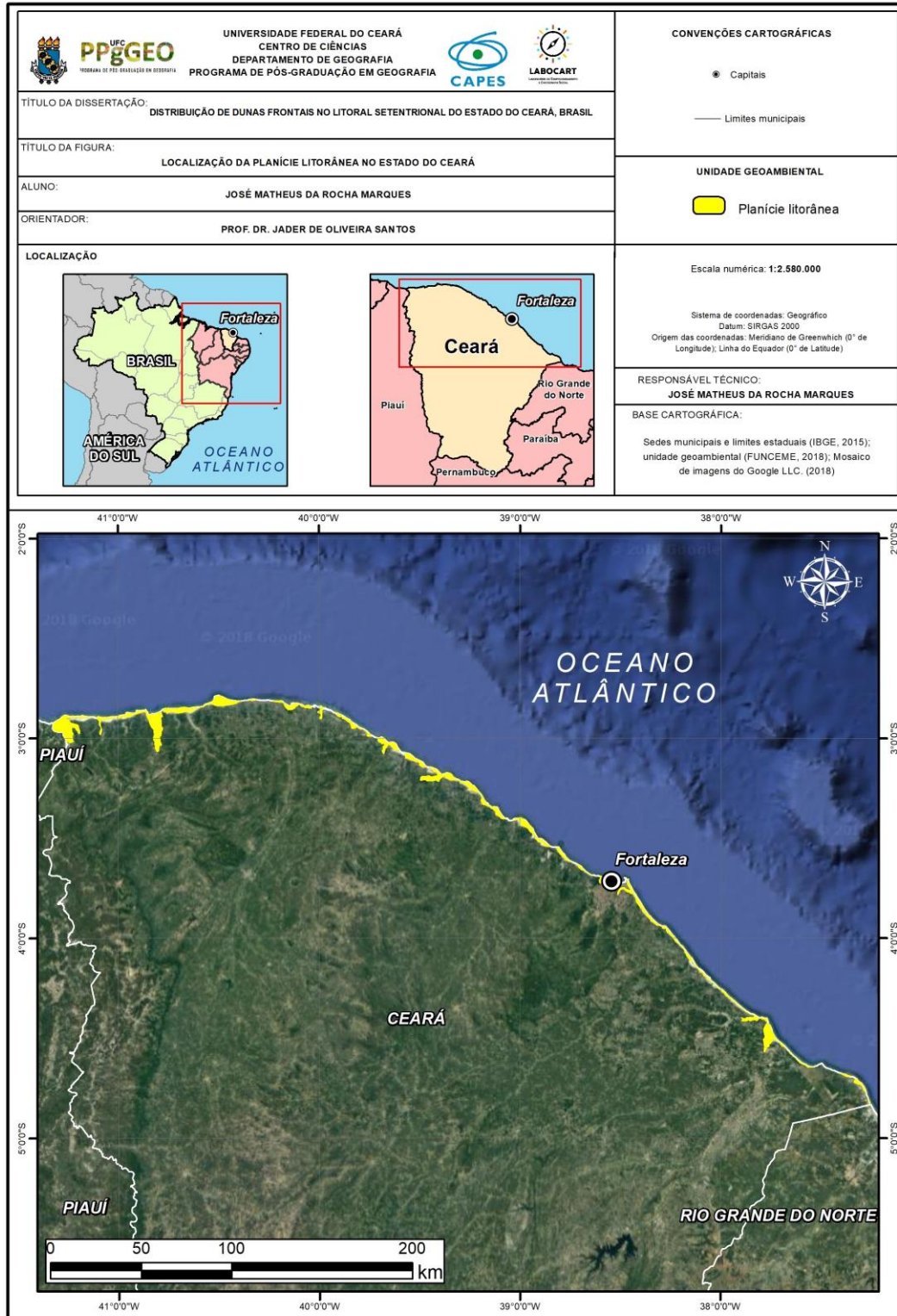
Em termos territoriais-políticos, é delimitado na porção Leste pela praia do Manibú, localizada no município de Icapuí e na fronteira com Tibau no Estado do Rio Grande do Norte (RN) e, na porção Oeste, até a área de contato entre o rio Timonha e o mar, possuindo fronteira com o Estado do Piauí.

Há ocorrência de totais pluviométricos anuais no litoral superiores a 800 mm com frequência e distribuição de episódios de chuva perante as demais unidades geoambientais existentes no Ceará, com exceção dos maciços residuais úmidos situados adentro do continente. Ferreira e Mello (2005) afirmam que esses episódios de chuva, embora ocorram sazonalmente, determinam a recarga subsuperficial de aquíferos e a drenagem hídrica, contribuindo com os processos de lixiviação em falésias, erosão de solos e de camadas sedimentares.

Meireles (2014) aponta que os fluxos de matéria e energia que mantêm ações constantes nas feições deposicionais são as correntes marinhas, a deriva litorânea, as oscilações do nível do mar e das marés, a ocorrência de lagoas,

lagunas, rios, riachos e canais de maré na superfície e em subsuperfície enquanto aquíferos, áreas de *bypass* de sedimentos eólicos, a ação dos sistemas produtores de chuva e climáticos como o vento fazem parte da dinâmica litorânea.

Figura 1 – Localização da planície litorânea no estado do Ceará



Organização: José Matheus da Rocha Marques (2021).

A atuação conjunta e constante dos agentes morfogenéticos de trabalharem e retrabalharem sedimentos promovem a formação e desenvolvimento de ambientes com alta instabilidade e fragilidade ambiental perante ocupação e uso de atividades humanas, à exemplo emblemático dos cordões arenosos e ilhas arenosas.

As formas de abrasão são representadas em todo o litoral por falésias vivas submetidas sazonalmente a ação pluvial, especialmente em ravinas e voçorocas, e retrabalhadas pelas ações das marés nas camadas da Formação Barreiras e Camocim, essa última ocorrendo de modo especial somente no litoral setentrional, todas se expondo por alguns quilômetros contínuos de extensão.

Meireles *et al.* (2006) afirmam que a zona costeira cearense possui uma largura estreita que varia entre 2 a 5 km de áreas com predominância litológica originadas no neógeno, cujos ambientes dessa categoria são caracterizados como depósitos eólicos recentes, depósitos lacustres, fluviais e flúvio-marinhos e camadas coluviais e aluviais. Os sistemas ambientais nesse sentido se caracterizam como sendo as praias, plataformas de abrasão, falésias vivas e mortas, os campos de dunas fixas, semi-fixas, móveis, terraços marinhos e superfícies de deflação ativas ou estabilizadas e as planícies flúvio-marinhas e flúvio-lacustres.

São ambientes que por possuírem alta permoporosidade de sedimentos, ofertam bom potencial de mananciais e reservatórios hídricos superficiais e subsuperficiais que são utilizados como recursos pelas comunidades tradicionais que vivem no litoral. Essa maior disponibilidade hídrica justifica a alta frequência de exutórios, rios e estuários distribuídos por todo o litoral.

Embora apresente predominância generalizada de feições sedimentares plio-pleistocênicas e Neógenas, possui também afloramentos do embasamento cristalino do Pré-Cambriano. São feições que possuem relevância natural importante para compreensão da configuração da linha de costa e hidrodinâmica marinha de todo o litoral.

De acordo com Morais (2000), essas são formadas por materiais de maior resistência litológica, sobretudo as pontas, com destaque para ocorrências nas localidades de Ponta Grossa, Ponta do Fortim, Ponta do Iguape, Ponta do Mucuripe, Ponta do Pecém, Ponta da Taíba, Ponta do Paracuru, Ponta da Lagoinha, Ponta de

Mundaú, Ponta do Presídio e Ponta de Jericoacoara. Todas essas possuem projeção perpendicular para o mar com algumas se caracterizando enquanto promontórios.

De acordo com Moro et al. (2015), sua fitoecologia se caracteriza pelos distintos tipos de cobertura vegetal presentes na Planície litorânea, como a Vegetação Pioneira Psamófila; Vegetação Subcaducifólia de Dunas e; Vegetação Paludosa Marítima de Mangue. Para cada tipo de vegetação, associa-se um grupo de fauna que compartilham características em comum, relevando a biodiversidade existente nesse ambiente.

Na Vegetação Pioneira Psamófila e nas áreas de pós-praia, podem ser encontrados variedades de espécies de artrópodes, aves e reptéis; na Vegetação Subcaducifólia de Dunas e nas depressões interdunares em lagoas freáticas, essa mesma fauna pode ser encontrada juntamente com diferentes espécies de mamíferos, moluscos, peixes e anfíbios. Nas vegetações paludosas marítimas de mangue, a riqueza de espécies ocorre com a existência de poliquetos, crustáceos, aves migratórias, mamíferos, peixes, moluscos e quelônios marinhos.

De acordo com Souza (2018), a descrição, caracterização e mapeamento com base em uma metodologia que avalie as potencialidades e limitações do meio, revela que ambientes desse tipo possuem alta instabilidade ambiental, configurando baixa capacidade de resiliência aos impactos negativos promovidos pelos usos exploratórios e ocupações que não consideram a capacidade de suporte da terra.

Esse é um tipo de problema contemporâneo presente no litoral do Ceará facilmente detectados de modo geral ao longo da linha de costa praial e nas planícies fluviais e flúvio-marinhas. Problemas ambientais litorâneos nos meios urbanos e rurais ocorrem na forma de inundações e alagamentos, degradação indevida de bosques de manguezais e de matas ciliares de rios, remoção de areia de dunas, aterramento de lagoas e áreas de inundação sazonal, poluição e contaminação de recursos hídricos superficiais e subsuperficiais com o despejo inadequado de resíduos sólidos, além de ocupações irregulares nas bordas de tabuleiros e em campos de dunas fixas com riscos iminentes às vidas humanas.

Nos próximos capítulos da dissertação, enfatiza-se na descrição dos resultados uma abordagem descritiva e quantitativa na busca de estabelecer a compreensão do litoral setentrional cearense a partir do mapeamento dos sistemas ambientais. Também se discute todas as ocorrências de dunas frontais, apontando

padrões, arranjos espaciais, aspectos dimensionais e padrões de conexão com os ambientes adjacentes.

3.1 O litoral setentrional cearense

O litoral setentrional cearense é reconhecido nesta pesquisa como a área no litoral do Estado que possui configuração diferenciada em relação aos demais litorais desse Estado, estando localizada com a linha de costa orientada na direção Leste-Oeste em contraponto ao perfil Sudeste-Noroeste da costa cearense.

Nesse sentido, enfatizam-se os centros urbanos dos municípios de Chaval, Barroquinha, Camocim, Jijoca de Jericoacoara, Cruz e Acaraú por possuírem potenciais de expansão de suas áreas urbanas e crescimento de atividades turísticas, pesqueiras, petrolíferas, de exploração e carcinicultura.

A orientação Leste desse litoral inicia-se na praia Enseada de Timbaú, localizada na margem Oeste da planície flúvio-marinha da foz do rio Acaraú (coordenadas 2°48'56"S, 40°11'50"O) e sua margem Oeste litorânea se encerra na praia de Pontal das Almas, localizada na porção extremo-Oeste do município de Barroquinha (coordenadas 2°54'53"S; 41°18'14"O).

Para esta pesquisa, foi preciso demarcar o limite Leste desse litoral, uma vez que não se conhece o ponto exato de inflexão dessa orientação estabelecida. Para tanto, adota-se o critério fotointerpretativo através da visualização da base cartográfica disponível (curvas de nível e imagens) para demarcação do limite Leste do litoral setentrional a partir da visualização do ponto de desvio de orientação da linha e costa na imagem utilizada e, no interior da Planície litorânea, a orientação das curvas de nível da base cartográfica.

Com esse entendimento, foi possível estabelecer a demarcação do limite Leste da Planície litorânea do litoral a partir do ponto de inflexão da faixa praial na imagem (não foi utilizado o limite político-territorial do município); por outro lado, o seu limite Oeste foi estabelecido pela fronteira estadual nos municípios de Barroquinha e Chaval.

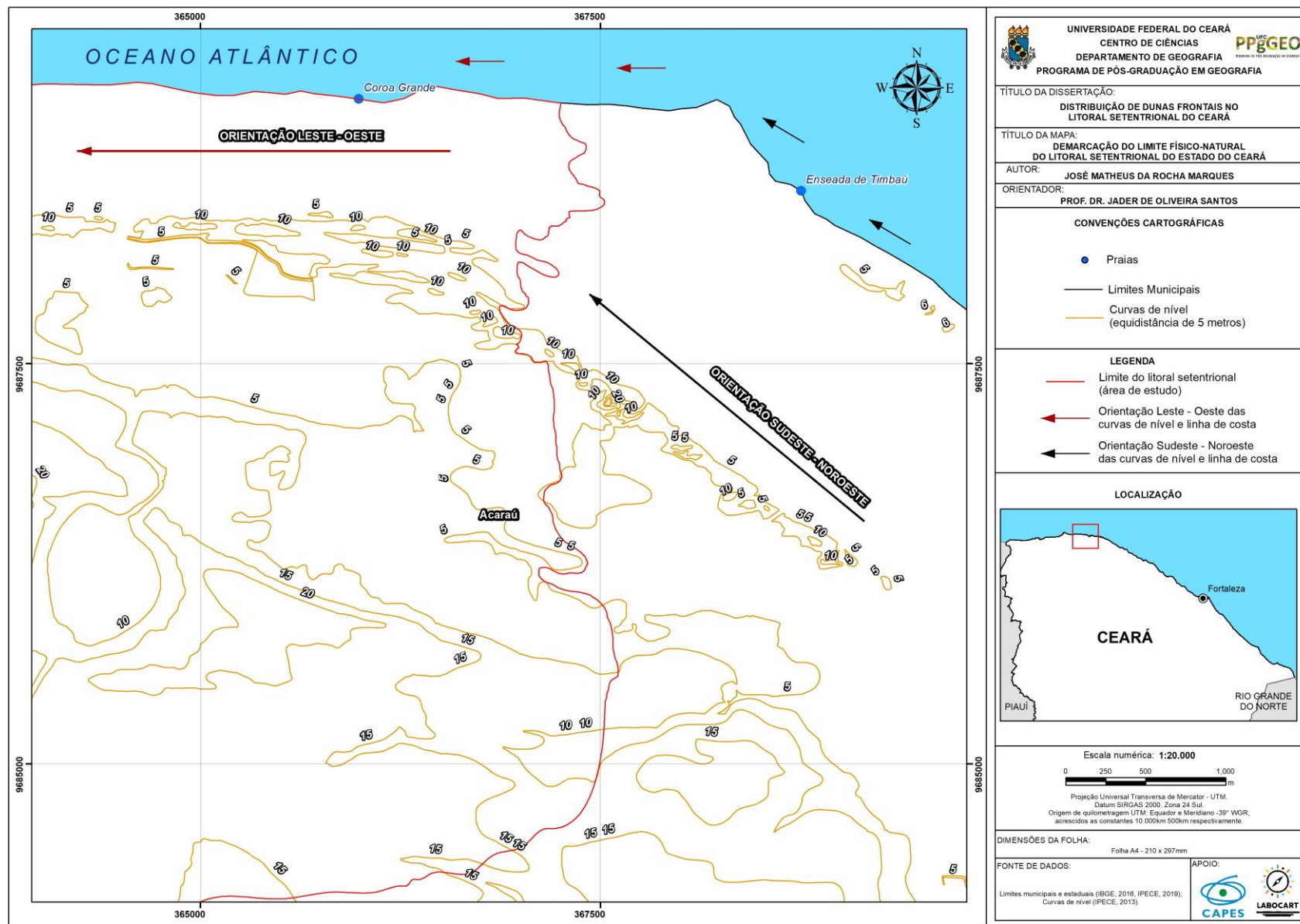
Essa demarcação da porção Leste é apresentada na figura 02 com a exibição de setas direcionadas nas orientações Sudeste-Noroeste e Leste-Oeste na linha de costa dos limites municipais e das curvas de nível. A linha na cor vermelha representa o limite Leste da Planície litorânea que divide as duas orientações e é adotado para demarcação do litoral desde a praia até o interior do continente. É a partir desse limite que o mapeamento dos sistemas ambientais é realizado.

Isto posto, o litoral setentrional engloba parte do município de Acaraú, com

sua porção Leste localizada nas proximidades da praia Enseada de Timbaú (coordenadas 2°48'56"S, 40°11'50"O), abrangendo os municípios de Cruz, Jijoca de Jericoacoara, Camocim e encerra seu limite nos municípios de Barroquinha e Chaval, fronteira com o Estado do Piauí.

A composição do meio físico nesse litoral é marcada pela diversidade de sistemas ambientais integrados, compostos, no geral, pelas múltiplas superfícies que compõem a planície litorânea, as planícies e áreas rebaixadas, os tabuleiros pré-litorâneos e, em menor expressão e nas proximidades dos ambientes litorâneos, a depressão sertaneja.

Ao todo, a área mapeada possui área total de 674,49 km² e é composta por uma faixa de superfícies de deposição de sedimentos holocênicos com granulometria variada e dispostos sobre os sedimentos da Formação Barreiras, exceto onde se verificam exposições de áreas de falésias.



Fonte: José Matheus da Rocha Marques (2022).

Seu limite é disposto entre a linha de preamar até a área de ligação com as superfícies contínuas de tabuleiros pré-litorâneos no interior do continente, com larguras variando de 1,5 km até 8km em linha reta. Encontram-se sistemas ambientais litorâneos compartimentados em ilhas arenosas, restingas, faixas de praia, áreas de falésias vivas, superfícies de deflação, dunas frontais, móveis, fixas e fixadas por diagênese (eolianitos), planícies flúvio-marinhas com apicuns e salgados e com manguezais.

Por um lado, parte desses sistemas são compostos por alto porte de sedimentos arenosos quaternários, modelados por processos eólicos, fluviais, estuarinos ou combinados que ocorreram e ocorrem ao mesmo tempo entre si, na medida em que produziram e produzem os ambientes mais recentes e com diferentes morfologias encontrados no litoral. De outro modo, as falésias e rochas de praia compõem as formas erosivas litorâneas, cujos processos naturais atuantes são condicionados por agentes pluviais, marinhos, eólicos, fluviais e combinados.

De acordo com Meireles (2014), esse litoral deriva de flutuações do nível do mar que ocorreram durante o Quaternário. O autor lembra que essas oscilações atingiram centenas de metros e deram origem a vários depósitos e processos geológicos e geomorfológicos que contribuíram para diversificação de ambientes. Nesse ínterim, Junior, *et al.* (2017) assinalam que esses processos ocorreram mais especificamente no litoral do município de Itarema, vizinho ao de Acaraú, através de fortes transgressões e regressões marinhas, sobretudo com a última transgressão no período holocênico ocorrido entre 10.000 e 7.000 Antes do Presente.

Conforme o mapeamento pedológico realizado pelo IPECE (2018), há o predomínio de ocorrência dos Neossolos Quartzarênicos nos sistemas ambientais que apresentam litologia sedimentar nessa Planície litorânea, manifestando-se nos campos de dunas de modo geral e nas superfícies de deflação ativas e estabilizadas. Já nos sistemas estuarinos, os Gleissolos Sálícos prevalecem, sobretudo nas planícies flúvio-marinhas com manguezais e com apicuns e salgados.

Moro (2015) realiza uma análise fitoecológica para esses ambientes, expressando que a vegetação se apresenta na forma de complexo litorâneo, exibindo múltiplas espécies pioneiras psamófilas, gramíneas em superfícies de deflação estabilizadas, em dunas fixas e semi-fixas, manguezais e halófilas em apicuns.

Nesse assunto, o autor também afirma que a Planície litorânea dispõe de

elevada potencialidade hídrica superficial e subterrânea em toda a sua paisagem. Lagoas interdunares, rios, cursos d'água, exutórios de menor dimensão espacial e aquíferos subterrâneos evidenciam a atuação conjunta de processos climáticos, geológicos, geomorfológico, pedológicos e fitoecológicos para condicionar a formação desse aporte hídrico.

Todo esse contexto geral é evidenciado no mapeamento apresentado na figura 03 com a espacialização cartográfica dos sistemas ambientais. Suas respectivas áreas que ocupam na paisagem são exibidas no quadro 03. Além da Planície litorânea, outros sistemas contíguos a ela foram mapeados e categorizados na porção inferior da legenda da figura.

A faixa praial apresenta-se predominantemente arenosa em toda a extensão do litoral setentrional, ocupando área total de 12,21 km², correspondendo a 1,81% de todos os sistemas ambientais mapeados. Sua largura se mantém de modo geral entre os valores de 60m a 200m, podendo chegar a 400m em algumas localidades, como nas praias da Barra dos Remédios e Tatajuba, onde verifica-se intensa quantidade de sedimentos inconsolidados e alargamento dessa faixa.

Queiroz (2014, p.43) e Carneiro *et al.* (2021) analisam que as praias nesse litoral possuem estágio morfodinâmico dissipativo de ondas e são compostas por sedimentos arenosos de granulometria fina a média, cujas características contam com a contribuição de ambientes marinhos, fluviais e flúvio-marinhos. Quando próximas às desembocaduras de rios, apresentam ambientes de sedimentação mista de areias quartzosas com siltes, cascalhos, matéria orgânica, variados tipos de minerais micáceos e fragmentos de conchas.

Os autores ainda apontam que apenas na zona de pós-praia pode-se notar a presença de vegetação pioneira com espécies psamófilas. Onde há ocorrência de vegetação, a praia contém alto teor de salinidade com baixa quantidade de matéria orgânica, em virtude do efeito persistente dos ventos e das inundações diárias e constantes, justificando o constante transporte do material arenoso inconsolidado.

Adjacentes as faixas praias, é comum encontrar superfícies de deflação eólica e dunas frontais, além de um tipo de geofácies formadas por arenitos e materializadas na forma de rochas de praia, também denominadas de *beach rocks*. Essas últimas estão dispostas, em Camocim, por toda a extensão da praia de Tatajuba, entre as praias Praia das Barreiras e Barrinha das Cangalhas e na praia de Xavier. No município de Barroquinha, localizam-se logo a Oeste da localidade Barra

dos Remédios e continuam mantendo expressão espacial pelas praias de Praia Nova, Curimãs até em Bitupitá.

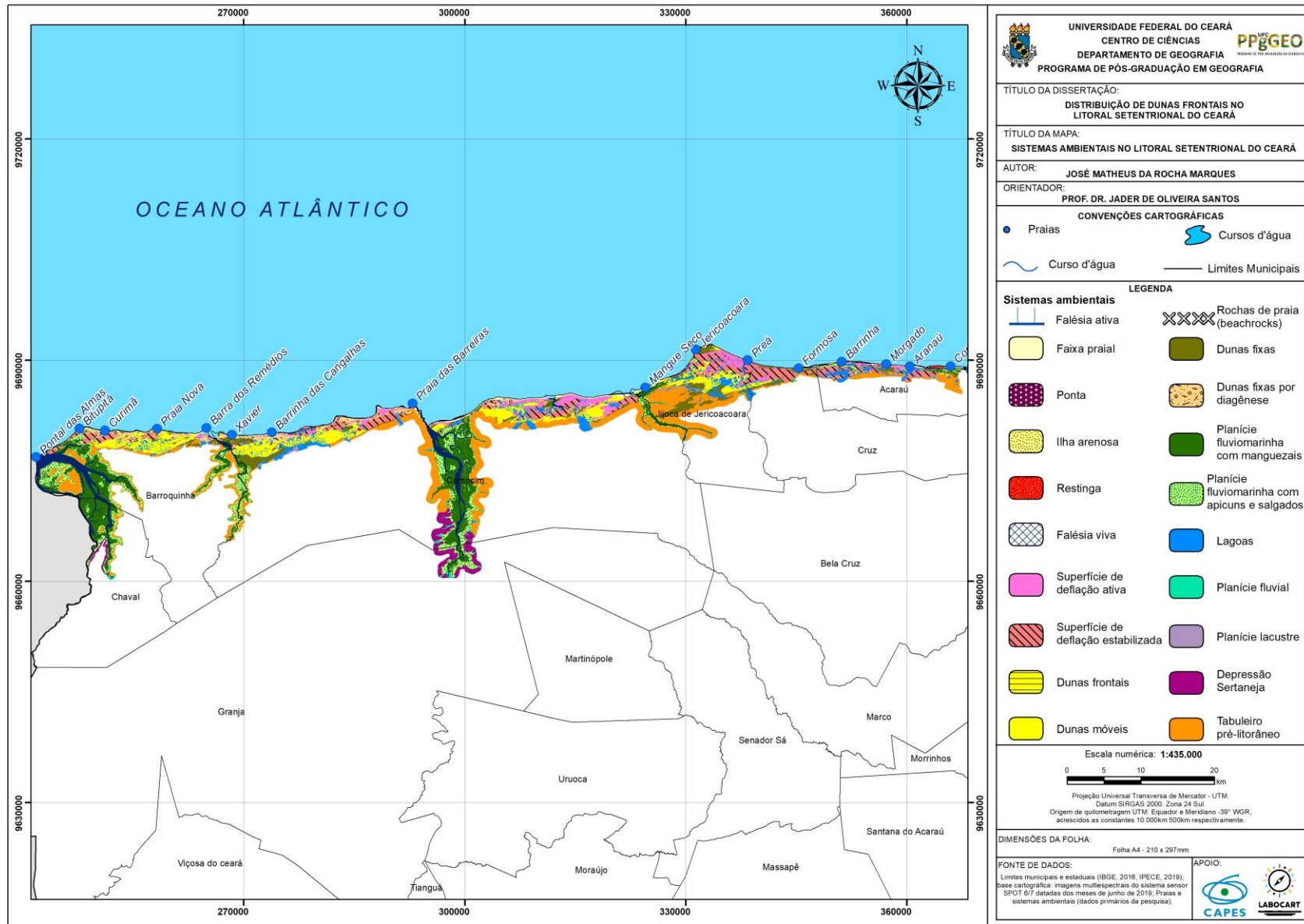
Nesse litoral, possuem expressão espacial linear de 15,55 km. Conforme Carneiro (*op. cit.*) as *beach rocks* encontradas no litoral setentrional correspondem a arenitos constituídos por areias cimentadas por CaCO_3 (Carbonato de Cálcio) próximas ao nível do lençol freático, cujo intenso processo diagenético foi determinante para dar origem natural dessas rochas em condições de elevadas temperaturas. Situam-se abaixo da linha de alta maré, na zona de estirâncio, constituindo alinhamentos rochosos sem grande continuidade espacial.

Mantendo conexão com a faixa praial, áreas de falésias vivas apresentam-se com marcantes rupturas altimétricas topográficas abruptas à retaguarda das praias de Tatajuba, no sítio urbano em Camocim, em Barrinha das Cangalhas, Praia Nova e em Curimãs. Em todo o litoral em termos de área, abrangem 0,08 km² e apenas 0,01% de todos os sistemas ambientais mapeados. Em extensividade linear, se prologam em 11,82 km de comprimento em sua totalidade.

Segundo Marques, Claudino-Sales e Pinheiro (2019), correspondem a serem áreas de sedimentos da Formação Camocim que estão abaixo de sedimentos do Grupo Barreiras, na medida em que conferem alto teor de material ferruginoso expostas aos processos de pluviação, abrasão e erosão. Estando expostas, exibem escarpas marcantes pela evidente descontinuidade altimétrica em relação ao nível da superfície praial que sofrem, principalmente, a abrasão marinha.

Similar a esse entendimento, verifica-se de modo local na porção setentrional do município de Jijoca de Jericoacoara um promontório rochoso contínuo de natureza cristalina rochas dos tipos xistos, gnaisses e quartzitos, denominado comumente de Ponta de Jericoacoara. Segundo Julio et al. (2013), esse sistema releva o registro histórico de processos tectônicos, desde a Orogênese Brasileira no período Neoproterozoico, até geomorfológicos recentes, com as flutuações eustáticas do nível do mar, formando uma enseada a sotamar da vila.

Sua dimensão é de 0,13 km², cujo ambiente é destaque perante os demais sistemas ambientais litorâneos em virtude de sua grande resistência litológica, sendo um sistema ambiental complexo e frágil do ponto de vista ambiental por apresentar abrigos naturais, cavernas, pilares marinhos, plataformas de abrasão e entalhes basais.



Fonte: José Matheus da Rocha Marques (2022).

De modo muito localizado e à vanguarda da faixa praial, as restingas e ilhas arenosas contemplam ainda os sistemas próximos e que mantém relação direta e indireta com o continente. Ambos são sistemas ambientais que se configuram como esporões ou cordões arenosos, cujas características que diferem um do outro é a conectividade ou não com a faixa praial.

Quadro 4 – Informações quantitativas espaciais dos sistemas ambientais no litoral setentrional em km² e %.

Sistemas ambientais*	Área (km ²)	Área (%)
Faixa praial	12,21	1,81
Ponta	0,13	0,02
Ilha arenosa	0,11	0,02
Restinga	1,82	0,27
Falésia ativa	0,08	0,01
Superfície de deflação ativa	31,58	4,68
Superfície de deflação estabilizada	64,02	9,49
Dunas frontais	0,23	0,03
Dunas móveis	73,98	10,97
Dunas fixas	37,86	5,61
Dunas fixas por diagênese	16,84	2,5
Planície flúvio-marinha com apicuns e salgados	62,71	9,3
Planície flúvio-marinha com manguezais	133,67	19,82
Lagoas	46,66	6,92
Planície fluvial	11,8	1,75
Planície lacustre	4,47	0,66
Depressão sertaneja	20,75	3,08
Tabuleiro pré-litorâneo	155,57	23,06
Total	674,49	100

*As extensões lineares das falésias vivas e beach rocks não compõem o quadro por representarem comprimentos lineares e não áreas. As falésias vivas possuem 11,82 km de extensão na costa litorânea e as *beach rocks* 15,55 km de extensão.

Fonte: José Matheus da Rocha Marques (2022).

Denominadas popularmente apenas como “ilhas”, as ilhas arenosas contemplam os ambientes arenosos paralelos à linha de costa que são dispostas de forma alongada com extremidade não conectadas ao continente. Conforme Meireles (2014), exibem o acúmulo de sedimentos arenosos isolados no mar devido a ação de processos geomorfológicos costeiros que promovem a sedimentação no mar.

No litoral setentrional, as ilhas arenosas estão presentes no município de Camocim, localmente na praia Barrinha das Cangalhas e porção Oeste da foz do rio

dos Remédios, distantes em cerca de 40m e 115m da faixa praial, respectivamente. Totalizam área de 0,11 km², representando 0,02% de todos os sistemas ambientais mapeados.

Como sistema ambiental semelhante, as restingas também são faixas de areia alongadas dispostas paralelamente ao continente, porém conectadas com a faixa praial. Ocorrem, em Acaraú, nas praias de Coroa Grande e Barrinha; à Leste da praia do Preá, na divisa dos municípios de Cruz e Jijoca de Jericoacoara; entre as praias de Jericoacoara e Mangue Seco; em Camocim, à Leste da foz do riacho Tucunduba na praia de Tatajuba e na praia de Barrinha das Cangalhas.

No litoral setentrional, as restingas ocupam área total de 1,82 km², representando 0,27% a paisagem desse litoral. Seu padrão de ocorrência associa-se a desembocadura de rios e cursos d'água de maior expressão ou aonde fluxos de maré são de alta energia com competência suficiente para realizar o processo de erodir parte do excesso de sedimentos na faixa de praia, na medida em que o se estabelece um microcanal lagunar que liga um fluxo fluviolagunar com o mar, sendo disposto entre a faixa praial e esse sistema, conforme também analisa Guerra (2018).

As superfícies de deflação eólica foram subdivididas em ativas e estabilizadas para atender a escala cartográfica de detalhe. No litoral setentrional, ambas se localizam em que não ultrapassam os 6 metros e estão sempre adjacentes à zona de alta praia até o limite de confluência com os campos de dunas ou apicuns e salgados, quando próximas de estuários.

De modo geral, correspondem a ambientes arenosos formados nos períodos da última transgressão e regressão marinha, possuindo superfícies de topografia plana a levemente ondulada com montículos de areia. A diferenciação das superfícies de deflação eólicas ativas das estabilizadas ocorreu em virtude da presença ou não de vegetação gramínea em suas superfícies.

Conforme analisam Carvalho e Claudino-Sales (2016), a predominância dessa superfície com evidentes sedimentos arenosos sem cobertura vegetal confere a essa morfologia a condição de deflação eólica ativa, cujos processos geomorfológicos eólicos atuam fortemente na modelagem da superfície. Esse sistema é a principal fonte de sedimentos que alimentam os campos de dunas móveis em todo o litoral setentrional, abrangendo 31,58 km², expressando 4,68% de todo o litoral.

No litoral setentrional, essas superfícies ativas aparecem logo no município de Acaraú, desde a praia de Aranaú até Barrinha e se distribuem com grande expressividade à Leste do município de Jijoca de Jericoacoara e; em Camocim, nas praias de Tatajuba, Barreiras. À Oeste do rio Coreaú, essas superfícies se estreitam, apresentando padrão de ocorrência estreito e longitudinal, se encerrando imediatamente na praia da Barra dos Remédios, à Oeste do rio dos Remédios.

Já as superfícies de deflação eólica estabilizadas foram classificadas onde esse tipo de superfície apresentava vegetação fitoestabilizadora de sedimentos, incipiente ou já desenvolvida. Se manifestam em 64,02 km² (9,49% de todo o litoral) e. com maior intensidade nos litorais dos municípios de Acaraú até a vila de Jericoacoara; à retaguarda das superfícies de deflação ativas nas praias de Tatajuba e Praia das Barreiras em Camocim.

Ocorrem por último na porção extremo-Oeste em Barroquinha, desde a Praia Nova até Pontal das Almas. De modo geral, são interrompidas por ambientes estuarinos, como rio Guriú, Coreaú e dos Remédios, além dos extensos campos de dunas entre a porção Oeste de Camocim e Leste de Barroquinha.

Em relação as dunas no litoral setentrional, essas podem ser identificadas através de sua expressão espacial; presença ou ausência de vegetação; menor ou maior estabilidade na superfície e; pela presença de concreções fixadoras de sedimentos cimentados. Assim, distribuem-se no litoral como dunas frontais, móveis, fixas e fixas por diagênese.

No geral, as dunas frontais podem apresentar ou não cobertura vegetal. São pequenos morros que não ultrapassam os 10m de altitude, compostos fundamentalmente pelos sedimentos oriundos do transporte eólico do sistema praia-duna e das superfícies de deflação ativas, principalmente, no período de escassez de chuvas no ano. Ocupam área de 0,23 km² em todo o litoral setentrional, representando apenas 0,03% da paisagem nesse espaço.

Embora dependam fundamentalmente da mesma fonte de sedimentos, as dunas móveis se diferem por não apresentarem cobertura pedológica e vegetal. São morros de areias que chegam a 40m de altitude com granulometria que varia de fina a média de materiais bem selecionados e com cores claras.

Possuem 73,98 km² (10,97% da paisagem do litoral) de dimensão espacial no litoral setentrional. Ocorrem de modo diminuto entre as praias de Morgado e Preá, no município de Acaraú; de modo localizado no interior da Planície litorânea dos

municípios de Jijoca de Jericoacoara e na porção Leste de Camocim, ao Sul das superfícies de deflação ativas e estabilizadas e. De modo expressivo e com grande continuidade espacial, são presentes à retaguarda das superfícies de deflação estabilizadas entre as praias de Praia das Barreiras até Curimãs, cujos campos dunares são interrompidos somente pelo estuário do rio dos Remédios.

As dunas fixas são morros de areia que apresentam evidente densidade de vegetação de bosques arbóreos-arbustivos que cumprem a função de fixação dos seus sedimentos arenosos, cuja maior presença está nas encostas a sotavento, na vertente protegida dos ventos. Por consequência, possuem Neossolos Quartzarênicos distróficos mais desenvolvidos, profundos e demasiadamente drenados.

Apesar de possuírem grande dimensão espacial nesse litoral (37,86 km², refletindo 5,61% do litoral), aparecem localizadas com morfologias longitudinais em cordões paralelos orientados com as direções predominantes dos ventos (E, E-SO). Manifestam-se no intermeio da superfície de deflação estabilizada na Planície litorânea do município de Acaraú; à Oeste do campo de dunas móveis em Jijoca de Jericoacoara e; por último, ao Sul dos grandes campos de dunas móveis e fixas por diagênese nas localidades de Xavier, porção Leste de Camocim, no estuário do rio dos Remédios.

As dunas fixas por diagênese são denominadas comumente como eolianitos, conforme se observa nos trabalhos de Mesquita (2015) e Claudino-Sales, Carvalho e Pedrosa (2021). Também fazem parte do contexto dos ambientes dunares fixados na superfície, mas por camadas estratificadas plano-paralelamente de arenitos friáveis e litificados que são oriundos de períodos de deposições de material marinho em um ambiente de mar raso com condições climáticas úmidas. Os sedimentos foram cimentados em função da deposição desse material através de transgressões e regressões marinhas que, juntamente com a alta energia cinética das chuvas, produzia-se a lixiviação desses sedimentos nesse litoral ao longo do tempo, mantendo os morros fixados.

Esses tipos de dunas posicionam-se no litoral setentrional de modo preferencial à Leste das superfícies de deflação ativas e estabilizadas, ao Norte dos campos de dunas móveis, fixas e dos tabuleiros pré-litorâneos e ao Sul das faixas praias. Ocorrem de modo restrito e dispostos longitudinalmente de forma contínua à Leste das praias de Tatajuba e Praia das Barreiras, em Camocim, e se estendem até

a praia de Bitupitá, em Barroquinha. Assim, ocupam área de 16,84 km², representando 2,5% de todo o litoral.

Nos ambientes estuarinos, as planícies flúvio-marinhas merecem destaque principal, em virtude de sua complexidade de suas características. Nesse litoral, configuram-se transversalmente a Planície litorânea, mantendo conexão e confluência direta entre o mar e as planícies fluviais, participando de modo efetivo no fluxo de envio sedimentar para as faixas praias.

De acordo com Dias (2005, p. 30) e Alencar (2018, p. 55), são terrenos extensivamente contínuos e planos que de modo geral não ultrapassam os 5m naturais da confluência de processos terrestres, fluviais e marinhos. Possuem sedimentos mal selecionados e com alta presença de matéria orgânica de cores escuras em sua superfície, em função de serem permanentemente inundados em toda a sua extensão, conferindo alto teor de salinidade nos solos.

Abrangem 133,67 km² (19,82% de toda a paisagem litorânea) e possuem o formato de estuários caracterizados essencialmente por serem ambientes confinados em coordenadas específicas e por haver mistura de águas doces e marinhas, decorrente da ação fluvial combinada com a oscilação das altas marés. Nesse litoral de modo geral, os canais fluviais principais apresentam padrão apenas meândrico, a exemplos dos rios Guriú, Coreaú, dos Remédios e Timonha.

Na foz do canal principal, há ocorrência de flechas e bancos de areia em virtude, por um lado, da deposição do aporte de sedimentos do canal fluvial e, de outro, da ação refrativa das ondas e marés que retrabalham os sedimentos da faixa praias, dando forma a espécies de pequenos cordões arenosos.

O elemento caracterizador e evidente desse sistema é a dimensão espacial dos bosques de manguezais. Faz parte do complexo vegetacional da zona costeira, sendo dotado de alta salinidade e submetida a inundações diárias. Nesse assunto, nos periódicos momentos de preamar, a energia mecânica das marés dificulta o fluxo de águas de origem fluvial, deslocando a água doce para a montante, justificando a manutenção da matéria orgânica, a salinidade nos Gleissolos e a fixação dos manguezais.

Essas planícies envolvem áreas denominadas de apicuns e salgados que abrangem 62,71 km² de área na Planície litorânea, ocupando 9,3% de todo o litoral, situando-se geralmente em áreas de supra-maré no sistema flúvio-marinho, mantendo conexão com sistemas da Planície litorânea ou demais associados, como

planícies fluviais, tabuleiros pré-litorâneos ou depressão sertaneja.

Também são planícies, mas que, embora façam parte do ambiente estuarino, não abrigam bosques de manguezais, sendo desprovidas de vegetação ou com vegetação herbácea incipiente. Sua topografia plana permite essas áreas sejam submetidas a periódicos eventos de inundação quando há ocorrência de marés de sizígia, conferindo áreas de alta salinidade.

Também como planícies, mas compondo o cenário de sistemas adjuntos a planície litorânea e de modo menos expressivo, as planícies fluviais e lacustres apresentam a diversidade de ambientes nesse litoral. Situam-se embutidas na planície litorânea, nos tabuleiros pré-litorâneos e em superfícies cristalinas da depressão sertaneja.

As de características fluviais aparecem com área de 11,8 km² (1,75% de todo o perímetro litorâneo setentrional) e aparecem de modo geral nos baixos cursos dos ambientes estuarinos, nas áreas de confluência entre as planícies flúvio-marinhas e fluviais. Precisamente, ocorrem nas bordas das planícies flúvio-marinhas dos rios Guriú, Coreáú, dos Remédios e Timonha, cumprindo a função de acumulação de sedimentos aluviais e fluviais nos cursos d'água. Em rara exceção, também ocorre no riacho Tucumduba, interrompendo a continuidade espacial dos sistemas da Planície litorânea na praia de Tatajuba, em Camocim.

As planícies lacustres bordejam as lagoas costeiras não embutidas nos campos de dunas, mas no interior do continente. Ocorrem de modo esparsos por todo o litoral, com morfologia transversal à Planície litorânea, estendendo-se de modo pronunciado ao continente.

Encontram-se em 4,47 km² (sendo 0,66% em todo o litoral) com grande evidência ao Sul da localidade Preá, em Cruz; em Jijoca de Jericoacoara, ocorre à retaguarda dos campos de dunas móveis, exatamente na lagoa popularmente conhecida como "Lagoa de Jijoca" e; ao Sul dos campos de dunas em Tatajuba e Barrinha das Cangalhas, no município de Camocim.

Os tabuleiros pré-litorâneos estão dispostos em todos os municípios que compõem o litoral setentrional como interflúvios de material arenoso e areno-argiloso. Denota-se que são as superfícies com maior representatividade no litoral com 155,57 km², representando 23,06% de todo o litoral mapeado, muito embora não façam parte essencialmente da Planície litorânea.

Souza (2000), Medeiros e Souza (2015) afirmam que esses são compostos

do período Neógeno da Formação Barreiras, modelados em vertentes com declividade plana a suavemente ondulada em direção à Planície litorânea. Sua litologia associa-se ao Grupo Barreiras e a Formação Camocim restritamente no município homônimo, cujos sedimentos arenosos são encontrados quando há predominância dos Neossolos Quartzarênicos e os argilosos na ocorrência dos Argissolos Vermelho-Amarelos.

Bezerra (2009) afirma que os tabuleiros nesse litoral correspondem a uma vasta superfície de agradação de glaciais de deposição pré-litorânea oriundos do interior do continente, dispostos paralelamente ao Sul da Planície litorânea e se estendendo de modo amplo ao interior do continente até onde há presença da Depressão sertaneja. Em algumas localidades, alcançam o nível do mar e foz dos rios, expondo feições de áreas de falésias vivas submetidas a abrasão marinha, como no caso das falésias na praia de Camocim, Barrinha das Cangalhas e Praia Nova, em Barroquinha.

Encerrando a variedade da geodiversidade encontrada nesse litoral, a Depressão sertaneja encontra-se em seus 20,75 km² de área (3,08% associado ao litoral setentrional) de modo muito localizado no limite Sul dos estuários dos rios Coreaú, na divisa dos municípios de Camocim e Granja, e do rio Timonha, restritamente no município de Chaval, além de marcar tímida presença na ponta de Jericoacoara.

Conforme analisa Souza (2000), caracterizam-se por serem sistemas ambientais com embasamento cristalino com feições de erosão dissecadas que derivam do período Pré-Cambriano Inferior e Médio, de rochas do tipo feldspáticas, graníticas, dioríticas, migmatitos, biotita e gnaisses.

Próximas ao ambiente estuarino do rio Timonha, exibem-se feições graníticas do tipo Inselbergs no município de Chaval características desse tipo de sistema, mas, de modo geral, são recobertas por sedimentos do Grupo Barreiras e Formação Camocim nas localidades mencionadas, além dos sedimentos quaternários de neoformação localizados na Planície litorânea.

Suas características apontam rede de drenagem densa com padrão dendrítico, mas com baixo potencial hidrogeológico, em virtude da reduzida capacidade permoporosa das rochas cristalinas. Nota-se também a predominância de solos pouco profundos e com baixa fertilidade natural, a exemplo dos Neossolos Litólicos, Luvissolos e solos Plínticos, sendo a caatinga a cobertura vegetal de maior

representatividade espacial, por ser adaptada as condições adversas dos solos e indisponibilidade hídrica regular.

Em análise, cumpre referir que o litoral setentrional cearense é configurado por grande diversidade de sistemas ambientais característicos da Planície litorânea. Com exceção das planícies flúvio-marinhas com manguezais e apicuns e salgados, seus sistemas são dispostos preferencialmente na orientação dos ventos de E- e E-NO.

Em sua porção Leste, há o predomínio de uma estreita faixa praial com superfícies de deflação estabilizadas distribuídas continuamente até a vila de Jericoacoara. Essas fazem limite com os campos de dunas móveis e fixas que compõem a beleza cênica natural da localidade de Guriú.

A partir desse ponto, logo na porção Oeste após o estuário do rio Guriú, as superfícies ativas e estabilizadas de deflação eólica retomam sua presença de modo excessivamente extensas à retaguarda da faixa praial em Tatajuba. Ao Sul dessas superfícies, os campos de dunas móveis alongam-se até serem interrompidos por planícies lacustres com lagoas e tabuleiros pré-litorâneos no interior do continente.

À Leste, toma evidente notoriedade o estuário do rio Coreaú com grande prolongamento transversal de 640 km de extensão até os limites dos municípios de Camocim e Granja no interior do continente. Evidencia-se, assim, um dos principais estuários com natureza moderadamente conservada do próprio Estado do Ceará.

Em sua desembocadura à Oeste, áreas de falésias e tabuleiros pré-litorâneos fazem parte do meio físico-natural do sítio urbano de Camocim. Ainda seguindo nessa direção, o litoral é repleto de lagoas interdunares embutidas nos maiores e extensivos campos de dunas móveis desse litoral que são interrompidos apenas pelo estuário do rio dos Remédios, localizado entre os municípios de Camocim e Barroquinha.

Esses campos de dunas retomam sua expressividade espacial por quase toda a Planície litorânea do município de Barroquinha, cuja conservação natural dos ambientes dunares e dos ambientes adjacentes de menor dimensão espacial (faixa praial, superfícies de deflação estabilizadas e dunas fixas por diagênese), ainda é presente.

Os campos de dunas encerram sua existência nesse litoral na praia de Curimãs, dando vez a continuidade espacial da faixa praial com *beach rocks*, superfícies de deflação estabilizadas desse ponto até a praia de Pontal das Almas,

com rara presença de dunas frontais nessa específica praia. O estuário do rio Timonha finaliza a disposição e expressão das planícies flúvio-marinhas e com apicuns e salgados desde sua conexão com o mar até o interior do município de Chaval, com cerca de 1.347,04 km de extensão do seu canal fluvial para continente adentro.

4 DUNAS FRONTAIS NO LITORAL SETENTRIONAL DO CEARÁ

Dunas frontais são um tipo específico de sistemas pertencente aos ambientes dunares e que, nesse litoral, se manifestam com um padrão de ocorrência diferente dos demais tipos de dunas. Na literatura internacional, os estudos específicos que se destacam ao pesquisar esse tipo de duna a denominam como “*foredune*”, enquanto a duna subsequente à sua retaguarda é chamada de “*backdune*”. Isso pode ser evidenciado nos trabalhos de Carter (1988), Davis (1992), Arens, Van Bowel e Abuodha (2002), Davidson-Arnott (2010, p. 259) e Keijsers, Groot e Riksen (2015).

Segundo Hesp (1988), são caracterizadas como morros com cristas de areia paralelas à costa. Carter *et al.* (1990) define essas dunas como cordões paralelos à linha de costa e formadas de modo imediato no intermédio de ambientes de alta praia e berma, posto que os sedimentos bem selecionados e de granulometria fina são transportados pela ação eólica costeira e depositados quando são barrados por algum tipo de barreira natural.

A morfologia dessas dunas não apresenta processos migratórios, tais como são perceptíveis nas dunas móveis, e se desenvolvem a partir das múltiplas e combinadas ações de processos locais costeiros, eólicos, geomorfológicos e fitoestabilizadores através da ação de espécies do complexo vegetacional da zona costeira, segundo a análise de Hesp (2002).

Martinho, Hesp e Dillenburg (2010) analisam que a morfologia desse sistema ambiental é diretamente ligada ao sistema praia-duna frontal. A dimensão espacial desses ambientes é determinada pela energia das ondas, calibre de sedimentos e a orientação predominante no vento no litoral em relação à linha de costa.

Nesse assunto, Silva *et al.* (2008) acrescentam que o aporte de sedimentos arenosos, a conexão ou não com ambientes de deflação eólica, a frequência de processos eólicos ou de abrasão marinha periódicas e o grau de cobertura vegetal são fatores que determinam diferentes morfologias de dunas frontais de diferentes extensões altimétricas, lineares e em larguras.

Nesse ínterim, Hesp (1983) ensina que dunas frontais com alto grau de cobertura vegetal em sua superfície possuem a função de restringir o transporte de areia das dunas, promovendo maior deposição de sedimentos transportados por

arrasto e saltação provenientes da faixa praial, na medida em que promovem o aumentam a altura da duna.

Nos estudos de Short e Hesp (1982), Goldsmith (1985) e Hesp (1988) e Carter *et al.* (1990) é demonstrado que praias dissipativas dominadas por ondas com grande intensidade de ventos são formadoras de dunas frontais com notáveis alturas e bem vegetadas. Já em praias refletivas verifica-se a predominância de dunas frontais com pouca vegetação e expressão espacial em termos de área.

Assim, Hesp (2002) classifica as dunas frontais em dois principais tipos: dunas incipientes (marcadas pelo estado de morfologia embrionária em fase de desenvolvimento) e dunas estabelecidas, quando há modelado completo dos morros de areia situados na faixa praial e predominância de vegetação em sua superfície.

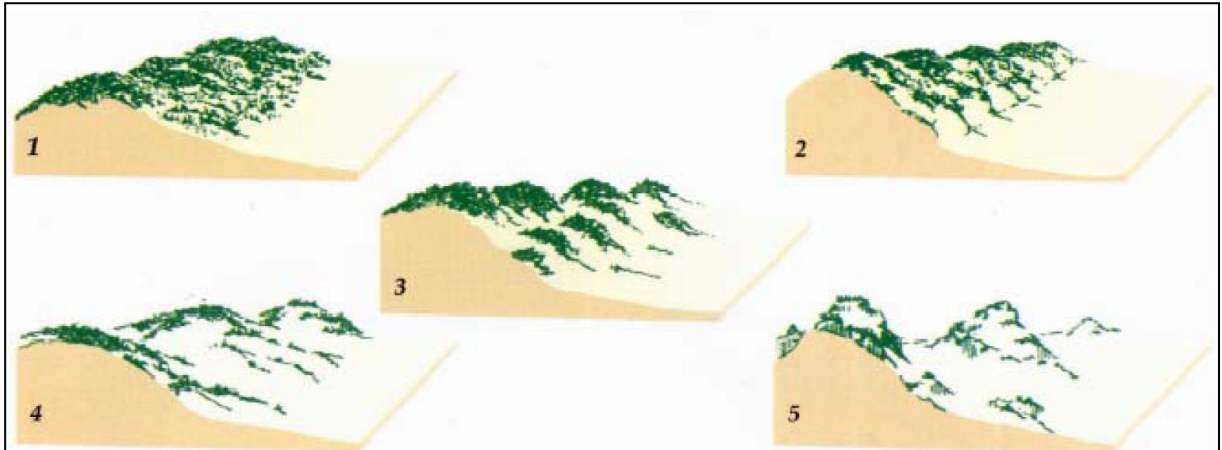
Estudos desenvolvidos por Hesp (2002) e Davidson-Arnott (2010, p.262) ensinam que a orientação da linha de costa em relação ao vento predominante caracteriza-se como um dos elementos importantes para o desenvolvimento das dunas frontais. Consideram que diferentes orientações da linha de costa podem diminuir ou aumentar o efeito para formação de dunas frontais, caso o transporte sedimentar seja condicionado de modo paralelo ou oblíquo em direção ao oceano.

Hesp (1988, 2002) busca uma classificação para identificar padrões de ocorrência de dunas frontais estáveis ou em estado de erosão. Segundo ele, as dunas seguem o modelo esquemático da figura 4 que exhibe sucessivos estados evolutivos divididos em cinco estados.

O estado de máximo equilíbrio de processos naturais é evidenciado na numeração um, onde configura-se dunas frontais de topografias de morros com muita cobertura vegetal, dispostas continuamente e paralelas a faixa praial. No estado dois é verificado que é similar ao estado 1, porém com evidente ruptura de topografia na base das dunas e menor presença de vegetação nos topos dos morros de areia.

No estado três já são exibidos estados de descontinuidade dos topos de morros, com montículos de areia sendo individualizados, em função da ação eólica produzir corredores de deflação de sedimentos. No quarto estado nota-se dunas frontais com grandes variações de alturas no perímetro da duna, com maior evidência de pequenos morros ainda vegetados, resistentes a erosão diferencial, porém com surgimento de pequenas superfícies de deflação eólica ativas.

Figura 04 – Classificação morfo-ecológica das dunas frontais condicionadas pelo seu grau de cobertura vegetal: (1) estado de máxima fixação de sedimentos com cobertura vegetal; (5) estado com mínima presença de cobertura vegetal e altos níveis de erosão do relevo.



Fonte: adaptado de Hesp (2002).

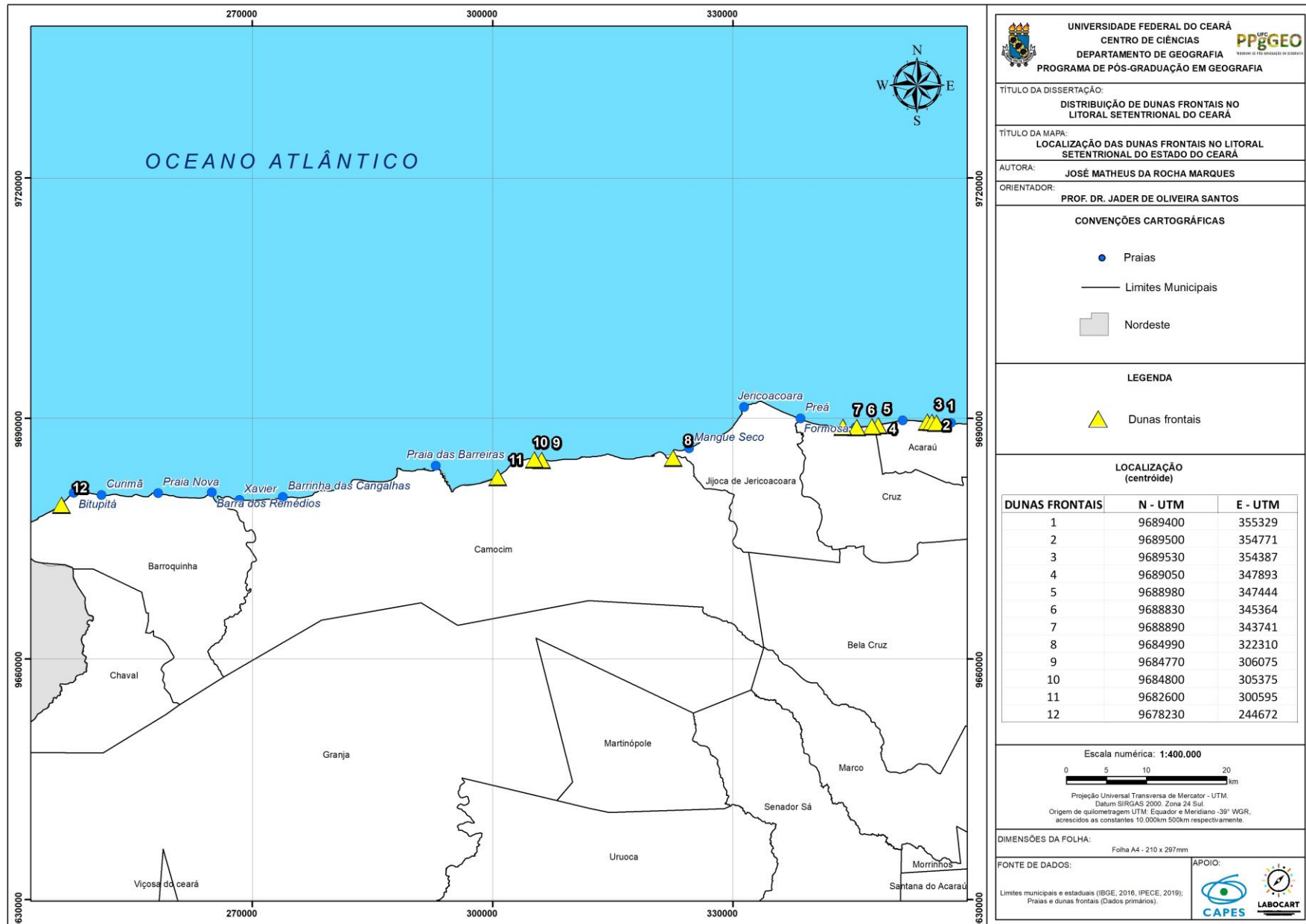
No quinto e último estado, permanece somente feições dunares remanescentes que foram resistentes a erosão eólica, cuja grande parte dos sedimentos inconsolidados foram ou são continuamente transportados pela ação eólica. Sendo esse o modelo pertinente na literatura para classificar dunas frontais, busca-se utilizar desse entendimento para evidenciar os estados nas dunas frontais da área de estudo desta pesquisa.

No litoral setentrional do Ceará, são identificadas doze dunas frontais distribuídas ao longo de toda a costa. Elas são enumeradas e suas localizações exatas estão detalhadas na figura 5. Grande parte dessas dunas (7 dentre as 12 encontradas) concentram-se efetivamente na porção extremo-Leste desse litoral.

Essas ocorrem, no município de Acaraú, nas praias de Barrinha e Formosa e; no município de Cruz, na praia do Preá. As demais dunas encontradas (8 a 12) localizam-se de modo disperso próximo ao estuário do rio Guriú, no extremo-Leste do município de Camocim; na praia de Tatajuba, à Leste do estuário do rio Coreaú e, por fim, na praia de Pontal das Almas, em Barroquinha.

Com a utilização digital do SIG e de Modelos Digitais do Terreno (MDT's) disponíveis para cada uma das dunas, foi possível obter informações dimensionais de detalhe sobre cada duna individualizada. As larguras das dunas foram obtidas através da média de 3 medições de largura em cada extremidade e centro da duna

Figura 5 – Localização das dunas frontais no litoral setentrional do Estado do Ceará.



Fonte: José Matheus da Rocha Marques (2022).

Embora os MDT's sejam do ano de 2014, foram os dados encontrados mais próximos do período atual disponíveis com escala que atendesse aos objetivos da pesquisa. Para a duna de número 12, localizada na praia de Pontal das Almas, não foi possível obter seu MDT respectivo. Com o intuito de caracterizar suas dimensões, foram utilizadas curvas de nível da base cartográfica Pólo Ceará Costa do Sol do ano de 2013 do IPECE.

Os aspectos dimensionais das dunas frontais encontradas são listados no quadro 5 e, de modo espacial, nas figuras 7, 8 e 9. Sendo a distância vertical entre o a base da duna e sua crista, a altura dessas dunas é apresentada somente nessas figuras por variar muito em toda a dimensão espacial desses ambientes dunares.

A figura 6 exibe as informações espaciais, dimensionais e de localização das dunas enumeradas em 1, 2, 3 e 4. A imagem utilizada para o mapeamento foi colocada para evidenciar o contexto atual dos sistemas ambientais adjacentes às dunas perante o Modelo Digital do Terreno nas dunas.

Quadro 5 – Informações dimensionais das dunas frontais no litoral setentrional.

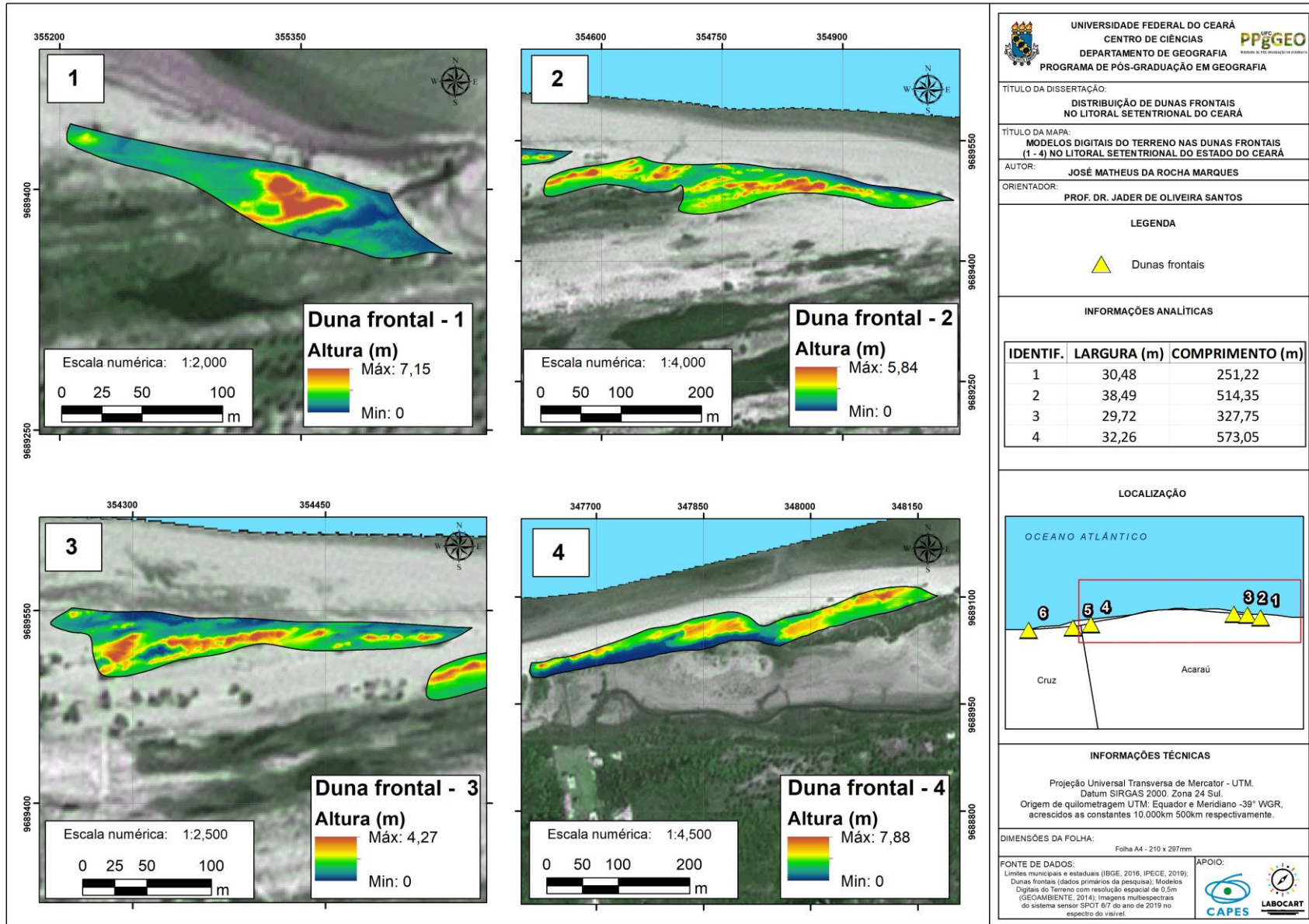
Identificação	Largura (metros)	Comprimento (metros)	Altura (metros)	Cobertura vegetal	Estado (HESP, 2002)
1	30,48	251,22	7,15	Fixada por vegetação	4
2	38,49	514,35	5,84	Fixada por vegetação	4
3	29,72	327,75	4,27	Fixada por vegetação	4
4	32,26	573,05	7,88	Fixada por vegetação	4
5	22,11	174,41	4,98	Ausência de cobertura vegetal	Sem classificação
6	23,51	236,15	3,52	Ausência de cobertura vegetal	Sem classificação
7	16,94	293,78	1,67	Ausência de cobertura vegetal	Sem classificação
8	41,53	801,31	8,69	Fixada por vegetação	Sem classificação
9	18,91	270,82	2,86	Ausência de cobertura vegetal	Sem classificação
10	38,23	421,47	6,62	Semi-fixada por vegetação	2
11	44,61	186,44	2,55	Fixada por vegetação	4
12	49,02	3.476,07	10	Fixada por vegetação	4

Fonte: José Matheus da Rocha Marques (2022).

A duna frontal 1 é disposta paralelamente a faixa praial e possui largura média de 30,48 metros com comprimento de 251,22, ocupando área de 6585,02 m². Sua altura varia entre 0m em sua base até 7,15m em sua crista.

A duna frontal 2 é mais desenvolvida com muitos montículos de areia em processo de desenvolvimento, situando-se muito próxima à faixa praial. Apresenta largura média de 38,49 m e comprimento de 514,35 m, possuindo altura que ultrapassa os 7 metros, abrangendo área de 16.566,8 m².

Figura 6 – Informações dimensionais das dunas frontais 1 a 4 no litoral setentrional do Ceará.



Fonte: José Matheus da Rocha Marques (2022).

Em seguida, a duna frontal 3 confere 29,72 metros de largura média e 327,75 de comprimento, possuindo área exata de 8.274,36 m². Situa-se na altura de 4,27m nas cristas de montículos de areia contínuos longitudinalmente e também disposta ao Sul da faixa praial e próxima a depósitos eólicos semi-fixos com presença de tufos de vegetação gramínea em suas adjacências.

Encerrando esse grupo, a duna frontal 4 localiza-se na fronteira dos municípios de Acaraú e Cruz, na praia de Formosa com altura que encerra nos 7,88m.. Possui orientação E-SO e é evidentemente disposta entre o limitiar da faixa praial e zona de apicuns e salgados, possuindo largura média de 32,26m com extensão de 573,05m, representando um total de área de 17.703 m².

A figura 7 apresenta as informações dimensionais das dunas enumeradas em 5, 6, 7 e 8. A duna frontal 5 situa-se na orientação E-SO com a sua zona de sotavento centrada na porção Oeste, muito próxima da faixa praial e da superfície de deflação ativa. Possui largura média de 22,11m, comprimento de 174,41m apresentando altura de 4,98m e contendo área de 3.611,62 m².

De número 6, a duna frontal localizada na praia do Preá é composta por pequenos morros de areia em desenvolvimento geomorfológico que chegam aos 3,52m de altura. Em seu total, possui largura média de 23,51m e 236,15m de extensão longitudinal com área total de 4.888,98 m².

A duna 7 situa-se ainda na praia do Preá com disposição E-O paralelamente à faixa praial. Com uma continuidade de morros ainda em desenvolvimento, possui largura média de 16,94m se alonga por 293,78 m na superfície. Apresenta área de 4.614,59m.

À Oeste da planície flúvio-marinha do rio Guriú, na praia de Mangue Seco, a duna frontal de número 8 se distribui próximo ao povoado contínuo estabelecido em uma superfície de deflação estabilizada. Apresenta altura que chega até quase 9 metros com largura média de 41,53m, se estendendo linearmente por 801,31m sempre disposta entre esse povoado e a faixa praial com sua superfície ainda em fase de desenvolvimento, conforme o MDT do ano de 2014. Em termos de área atual, ocupa 31.135,1m².

Com evidência das dunas 9, 10, 11 e 12, a figura 8 designa o último conjunto de dunas localizadas no extremo-Oeste do litoral setentrional. Essas se localizam de modo concentrado na praia de Tatajuba, no município de Camocim, com exceção da duna frontal 12, situada na praia de Pontal das Almas. Com 18,91m de largura média

e 270,82m de comprimento longitudinal, a duna frontal 9 se orienta nas direções E-NO acompanhando o formato morfológico da margem da zona de berma na faixa praial. É composta por montículos sendo desenvolvidos com alturas máximas de 2,86m e com área de 4.448,82 m².

A duna frontal 10 apresenta morfologia com reentrâncias nas faces a sotavento com pequenos morros de areia em desenvolvimento e orientados nas direções preferenciais dos ventos de E-SO. Sua largura média é de 38,23m com comprimento de 421,47m e altura chegando até 6,62m, expressando 11.783,5m² de área.

A duna frontal 11 consiste em estar adjacente à porção Leste do estuário do rio Coreaú, disposta na orientação NE-SO. Conforme o MDT do ano de 2014, apesar de estar rente a faixa praial, não se verifica a formação e materialização de pequenos morros de areia nesse ano, embora atualmente pela imagem e com dados em campo seja possível evidenciá-la. Essa ocupa área de 7.495,13 m², contendo largura média de 44,61m e se estende por 186,44m de comprimento com alturas que possuem máxima de 2,55m.

De maior dimensão espacial, a duna frontal 12 possui destaque perante as outras dunas, em virtude de ser extensivamente alongada paralelamente a faixa praial, a superfície de deflação estabilizada e a planície flúvio-marinha com manguezais do estuário do rio Timonha.

Embora não seja possível visualizar sua topografia com detalhe, os trabalhos de campo realizados no âmbito da pesquisa junto com as curvas de nível auxiliaram a interpretação da delimitação dessa duna em específico na imagem do ano de 2019. É possível de visualizá-la através do seu perímetro destacado em vermelho na figura 9, sendo disposta na orientação E-SO, conferindo largura média de 49,02 com extensão linear de 3,47km. Ocupa uma área de 111.250 m² com elevações que chegam aos 10m de altura.

Por padrão, as dunas frontais no litoral setentrional cearense seguem orientação E-SO ou E-O em função da orientação dos ventos. Com dados de velocidade e orientação para estação no município de Acaraú, obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), é possível as diferentes intensidades de ventos ocorridos entre os dois semestres do ano de 2019 (figura 7).

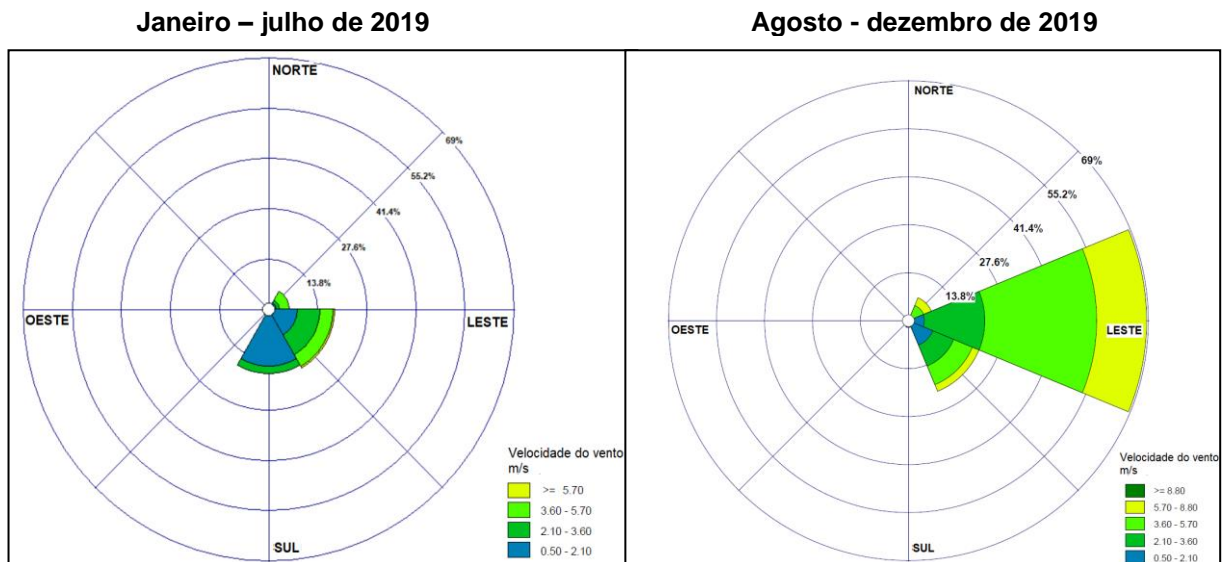
Entre os meses de janeiro a julho do ano de 2019 predominaram os ventos de fracas intensidades com velocidades de até 2,1 m/s, representando 28,1% das

intensidades registradas. Ventos calmos de energia muito baixa (velocidades abaixo de 0,5 m/s) predominaram nesse período analisado com 55,6% dos dados registrados. Já no segundo semestre (agosto a dezembro), a predominância são ventos de 3,6 m/s a 5,7 m/s correspondendo a frequência de 41,6% das intensidades registradas.

Os ventos mais intensos chegam a velocidades de 8,8 m/s que representam 18,8% dos registros no período de escassez de chuvas (segundo semestre do ano). As tendências dessas velocidades são encontradas para os mesmos períodos analisados (primeiro e segundo semestre anual) nos trabalhos de *Morais et al.* (2006) e *Guerra* (2018) em diferentes locais da zona costeira no Ceará.

Contudo, as direções Sul e SE dos ventos são as que se apresentam como predominantes no período úmido do litoral setentrional no ano de 2019 e, no período seco, as direções E e SE dominam em diferentes intensidades, cuja ocorrência associa-se a incidir paralelamente a linha de costa, exercendo controle sobre a morfogênese e morfodinâmica das dunas frontais.

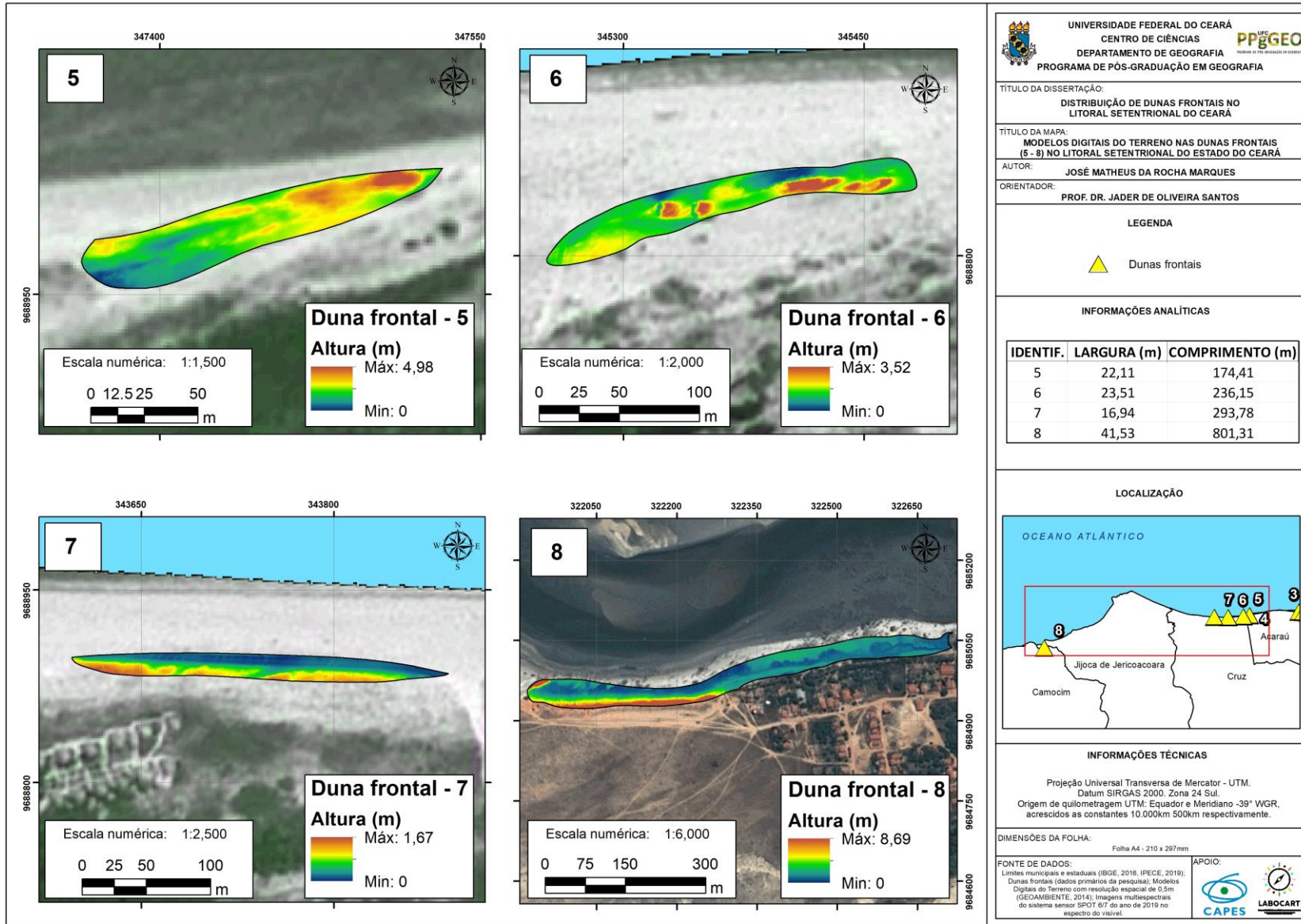
Figura 7 – Direção e velocidade do vento no litoral de Acaraú no ano de 2019.



Fonte: INMET (2019). Organização: José Matheus da Rocha Marques (2022).

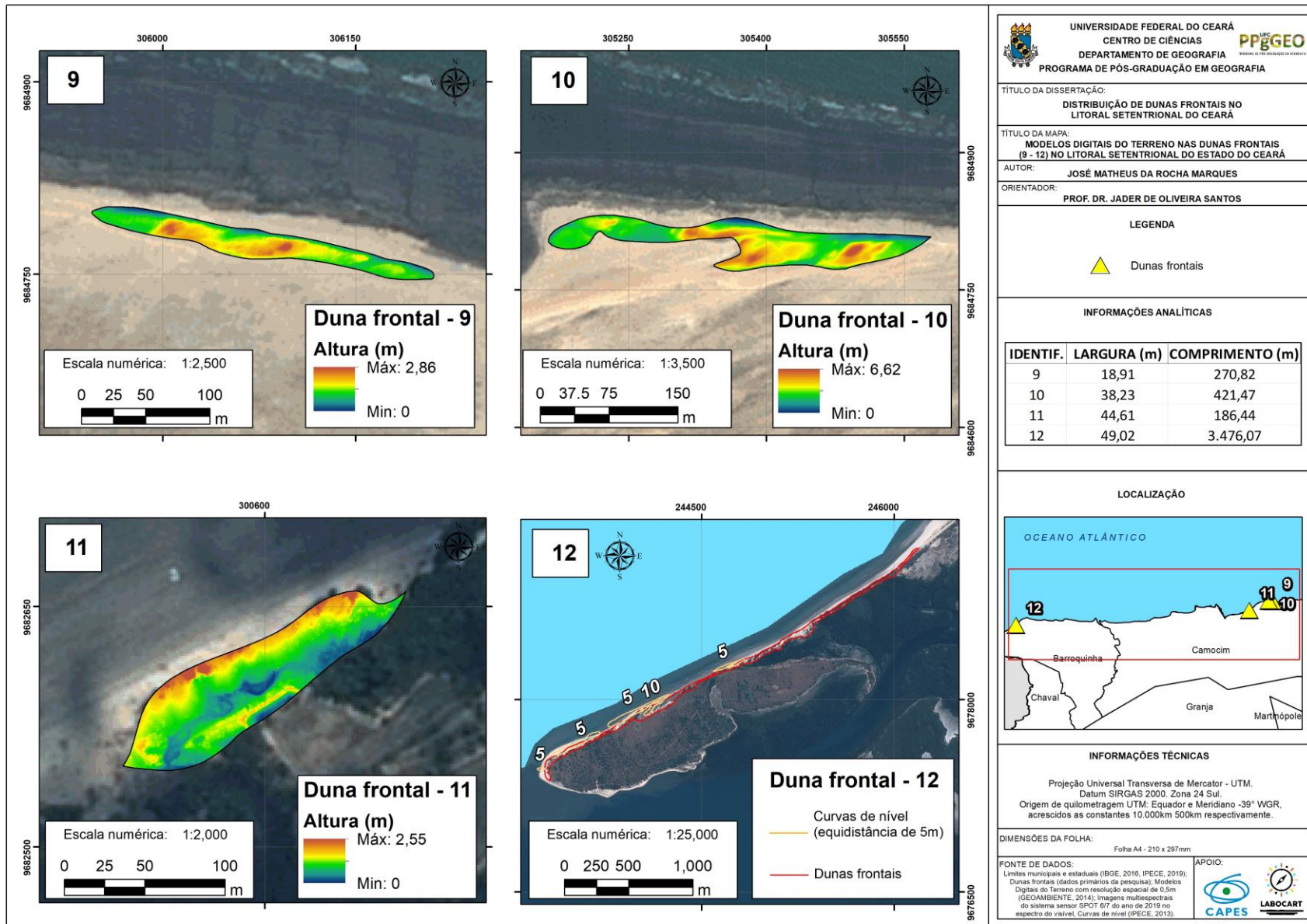
No intuito de evidenciar o contexto dos sistemas ambientais que se conectam com as dunas frontais, as figuras 9, 10 e 11 apresentam os limites das dunas frontais cartografados junto aos sistemas ambientais imediatamente adjacentes a elas. O quadro 6 exhibe a identificação dessas dunas e os sistemas que mantém conexões diretas com essas.

Figura 8 – Informações dimensionais das dunas frontais 5 a 8 no litoral setentrional do Ceará.



Fonte: José Matheus da Rocha Marques (2022).

Figura 9 – Informações dimensionais das dunas frontais 9 a 12 no litoral setentrional do Ceará.



Fonte: José Matheus da Rocha Marques (2022).

Com exceção da duna frontal 12 na praia de Pontal da Almas, todas as dunas frontais foram apresentadas na escala de detalhe em função de suas pequenas dimensões espaciais muito localizadas por todo o litoral. Essa situação só foi possível mediante a obtenção de dados de alta resolução espacial que permitem efetivamente produzir informações cartográficas em escalas de detalhe.

Em termos de largura média, as dunas frontais 1 a 4 no litoral setentrional mantêm suas variações latitudinais em cerca de 30m a 40m semi-fixadas por vegetação. Esse padrão de largura é verificado devido ao se situarem a uma posição estratégica nas praias de Barrinha e Formosa, em Acaraú, para o acúmulo de sedimentos provenientes da ação eólica e deriva litorânea, somado o contexto de sistemas ambientais adjacentes (figura 9).

6

Quadro 6 – Identificação dos sistemas ambientais adjacentes as dunas frontais.

Identificação da duna frontal	Sistemas ambientais adjacentes
1	Faixa praial; Superfície de deflação ativa; Superfície de deflação estabilizada
2	Faixa praial; Superfície de deflação ativa
3	Faixa praial; Superfície de deflação ativa
4	Faixa praial; Superfície de deflação ativa; Superfície de deflação estabilizada; Planície fluviomarinha com apicuns e salgados
5	Faixa praial; Superfície de deflação ativa
6	Faixa praial; Superfície de deflação ativa
7	Faixa praial; Superfície de deflação ativa
8	Faixa praial; Superfície de deflação estabilizada; Dunas móveis; Planície fluviomarinha com manguezais
9	Faixa praial; Superfície de deflação ativa
10	Faixa praial; Superfície de deflação ativa; Eolianitos
11	Faixa praial; Superfície de deflação estabilizada; Planície fluviomarinha com apicuns e salgados
12	Faixa praial; Superfície de deflação estabilizada; Dunas fixas; Planície fluviomarinha com apicuns e salgados; Planície fluviomarinha com manguezais

Fonte: José Matheus da Rocha Marques (2022).

Sempre dispostas em contato direto com a faixa praial, em seus períodos de desenvolvimento, possuíram frequentemente o contato com as superfícies de deflação ativas que também promovem o transporte de sedimentos e acúmulo de

sedimentos nas porções a sotavento das dunas frontais para sua manutenção de sua funcionalidade natural.

Quando não há conexão com as superfícies de deflação ativa a sotavento das dunas frontais, a faixa praial cumpre esse papel quando possui zona de berma em estado de progradação, na medida em que o excesso de sedimentos inconsolidados se acumulam nas dunas nos períodos de formação de seus pequenos morros de areia, como evidenciado na duna frontal 4. Esse entendimento é corroborado por Calliari *et al.* (2005) quando verificam esse padrão de ocorrência no litoral do Estado do Rio Grande do Sul.

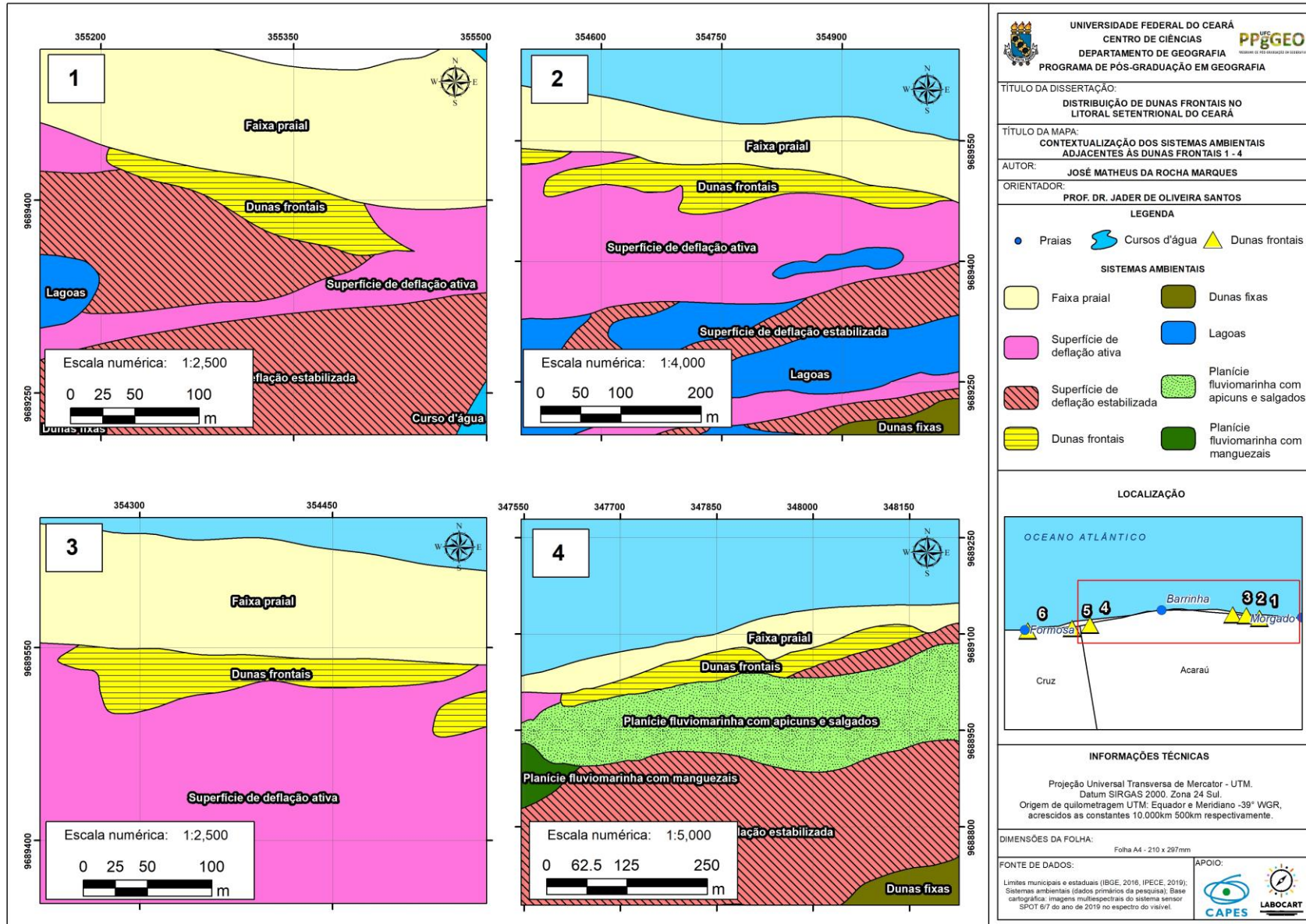
Esse entendimento não é evidenciado nas dunas 5, 6, 7 (figura 10), embora exista associação das dunas frontais com as superfícies de deflação ativas e sejam descobertas de vegetação. Isso ocorre em função de estarem aparentemente em desenvolvimento muito recente.

Nessas dunas frontais, as superfícies de deflação e faixa praial adjacentes são alongadas longitudinalmente, porém com larguras muito estreitas, o que também explica menores larguras médias das dunas frontais, que variam entre 17m e 23,5m nesse setor do litoral, configurando dunas menores perante as com numerações anteriores.

A duna frontal 8 se sobressai nesse entendimento por possuir largura média e comprimento considerável perante as demais, embora não possua associação em seu contexto com uma superfície de deflação ativa e já esteja fixada por vegetação mantenedora de seus sedimentos. Seu contexto é marcado por ser um ambiente de descarga fluvial à Oeste do estuário do rio Guriú.

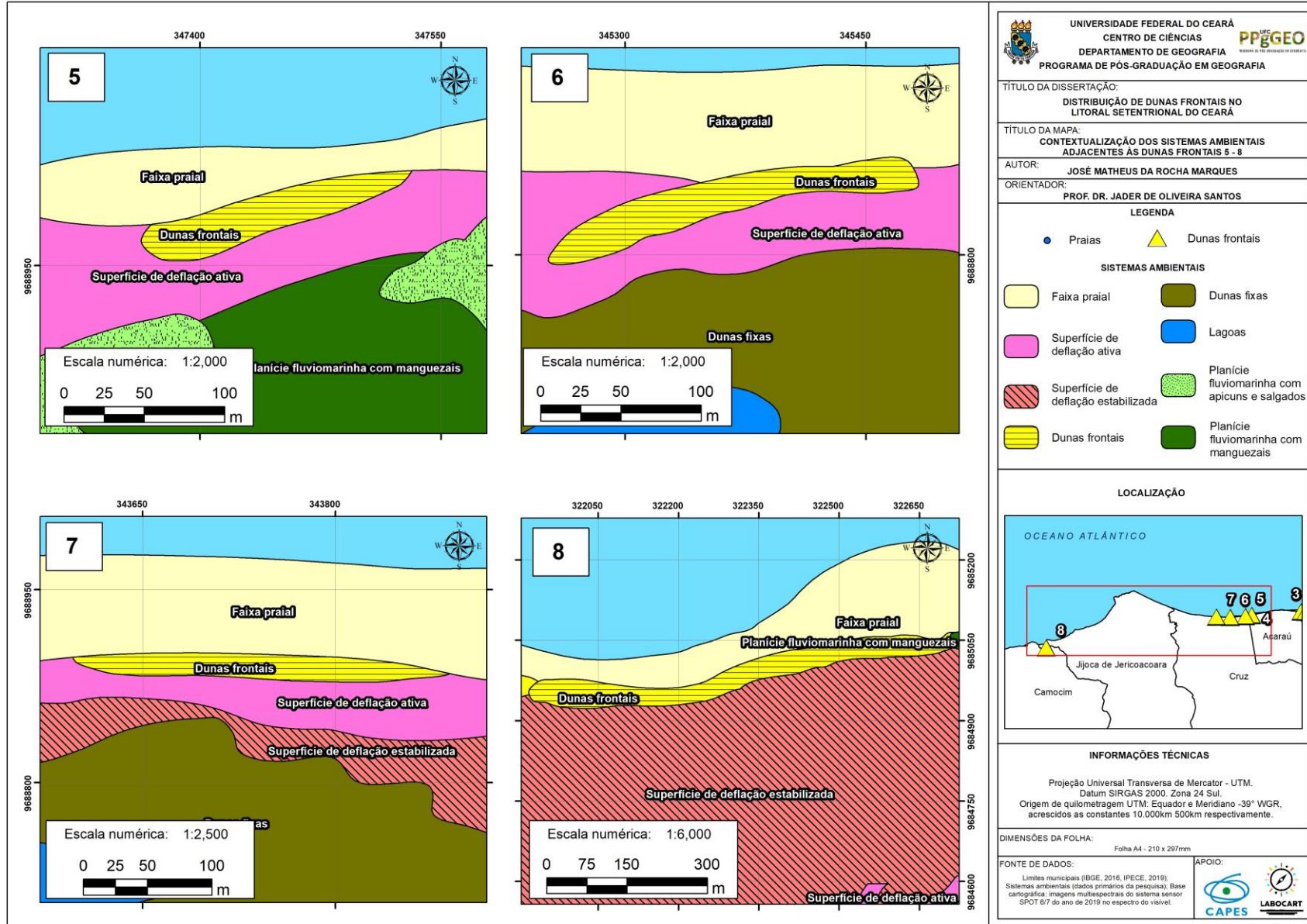
Apesar de ser um pequeno estuário, possui sua foz disposta diretamente para a faixa praial, cujo transporte do material arenoso é mais eficaz para realizar o transporte e deposição imediata na faixa praial de Tatajuba.

Figura 10 – Sistemas ambientais adjacentes as dunas frontais 1, 2, 3 e ,4 no litoral setentrional do Ceará.



Fonte: José Matheus da Rocha Marques (2022).

Figura 11 – Sistemas ambientais adjacentes as dunas frontais 5, 6, 7 e 8 no litoral setentrional do Ceará



Fonte: José Matheus da Rocha Marques (2022).

Esse processo comum de manutenção e deposição de sedimentos em faixas praias por ambientes estuarinos justifica a largura excessiva da duna frontal 8 em seu período de formação, antes de ser fixada pela vegetação e da faixa praial que é extensa em todo o litoral de Tatajuba, assim como os grandes corredores de deflação ativa e campos de dunas móveis que são contínuos até o rio Coreaú.

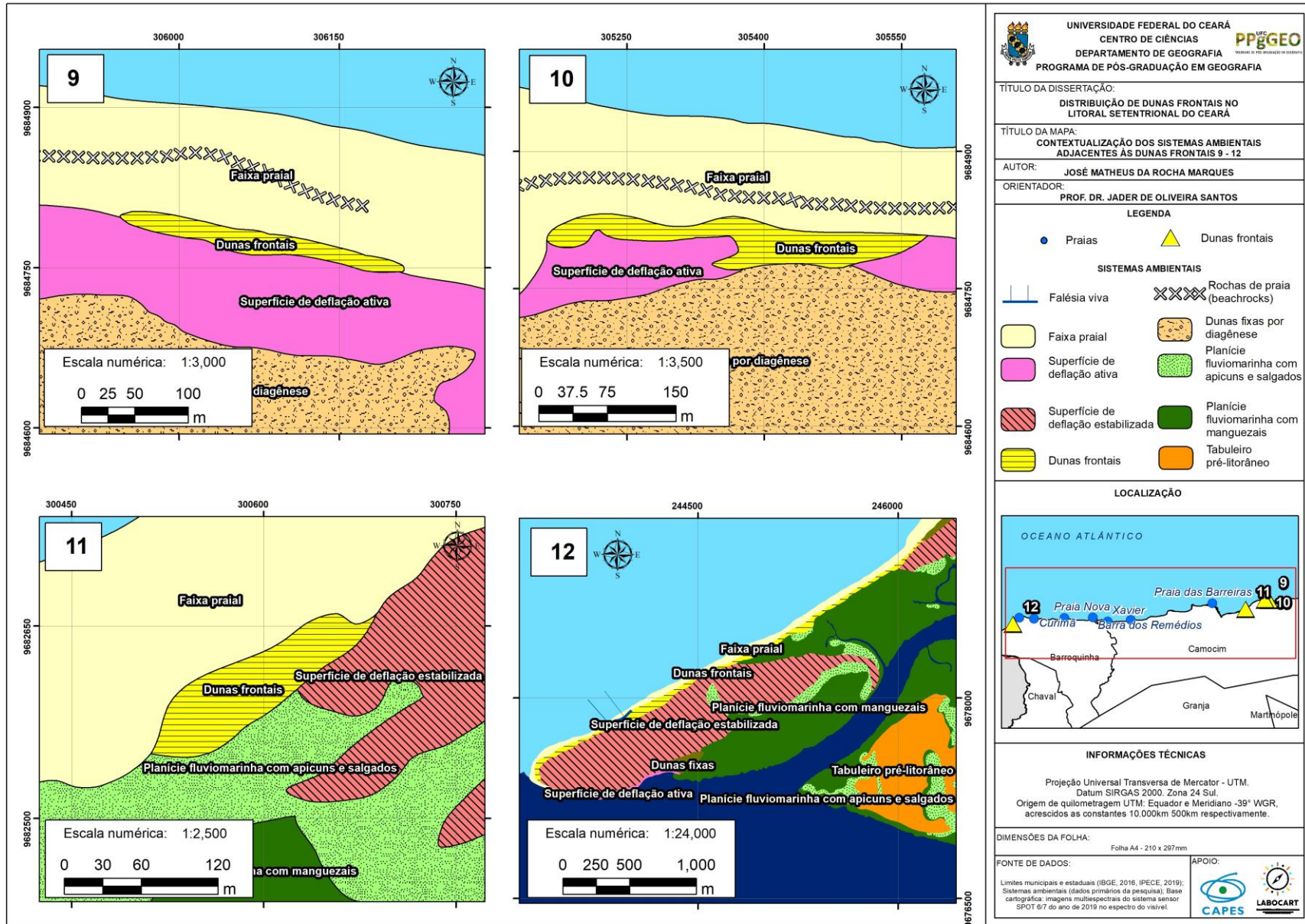
Em continuidade na direção Oeste, a duna frontal 9 aparece com pouca expressão espacial com a 2ª menor largura média dentre todas as dunas frontais no litoral setentrional (figura 11). Exibe um padrão de configuração uma duna frontal incipiente ainda em face recente de desenvolvimento, sem morfologia de cristas arenosas, mesmo possuindo conexões diretas com a faixa praial e a superfície de deflação ativa, exibe-se de modo tímido à Oeste do riacho Tucunduba, justificando sua pequena dimensão espacial perante as demais dunas.

Embora a imagem utilizada possua alta resolução espacial, na imagem essa duna em específico assemelha-se muito com características de superfície de deflação ativa ou de níveis de alta praia, por não configurar um morro em superfície praial com declividade acentuada, sem faces evidentes de barlavento e sotavento, além da ausência de vegetação fixadora. Apenas por meio dos trabalhos de campo foi possível realizar seu mapeamento.

A duna 10 está localizada muito próxima da duna 9, mas com características morfológicas bem distintas. É a única duna no litoral setentrional que não apresenta efetiva vegetação fitoestabilizadora e que possui formas de morros de areia situados na faixa praial, perceptíveis nos trabalhos de campo e remotamente na imagem do sistema sensor SPOT 6/7 utilizada.

Suas características visualizadas na imagem são semelhantes as dunas fixas por diagênese por estarem conectadas juntamente com superfícies de deflação estabilizadas, mas são individualizadas no mapeamento como dunas frontais por não possuem camadas mantenedoras de arenitos friáveis e estarem dispostas com feições de morros paralelos a faixa de praia. No entanto, apresentam vegetação gramínea incipiente em suas faces a barlavento.

Figura 12 – Sistemas ambientais adjacentes as dunas frontais 9, 10, 11 e 12 no litoral setentrional do Ceará



Fonte: José Matheus da Rocha Marques (2022).

Como um evidente morro situado na faixa de praia, a duna 11 se exhibe em estado de fitoestabilização em desenvolvimento. Seu contexto é eminentemente favorável ao surgimento de vegetação em feições morfológicas, como se verifica em seus sistemas adjacentes.

Possuindo conexão direta com superfícies de deflação estabilizadas e planícies flúvio-marinhas com apicuns e salgados, situa-se em um contexto de pouca ação eólica de transporte de sedimentos para esse sistema ao mesmo tempo em um quadro de acumulação de matéria orgânica. Mesmo mantendo conexão com a faixa praial, existe pouca relação entre esses dois sistemas periodicamente, em virtude da zona de estirâncio ser predominante de modo completo nesse setor do litoral.

Localizada na porção extremo-Oeste do litoral setentrional, a duna frontal 12 merece destaque especial por possuir os maiores valores de comprimentos, larguras e alturas dentre todas as dunas frontais no litoral setentrional (figura 12). É composta por um conjunto de baixos morros contínuos dispostos ao longo da faixa praial na praia de Pontal das Almas.

Figura 13 – Registros de dunas frontais conectadas a zona de estirâncio e a superfície de deflação estabilizada na praia de Pontal das Almas, município de Barroquinha.





Fonte: José Matheus da Rocha Marques (2020).

Possuindo associação com a zona de estirâncio da faixa praial, superfícies de deflação estabilizadas, planícies flúvio-marinha com manguezais e com apicuns e salgados, além de dunas fixas em sua porção Oeste, são dunas já estabelecidas com declividade acentuada durante toda a sua extensão linear, sendo completamente fixadas por vegetação ainda em desenvolvimento.

No geral, o litoral setentrional do Ceará possui a configuração de dunas frontais em diferentes estados de desenvolvimento morfológico. As dunas frontais 1 a 4, na porção extremo-Leste, e a de número 8 na porção central do litoral, possuem morfologias de pequenos morros de areia situados em faixas praiais com superfícies fitoestabilizadas por vegetação.

Nesse mesmo padrão, apresentam-se as dunas frontais 10 a 12, mas localizadas na porção extremo-Oeste do litoral. Todas essas, em suma, fazem parte do conjunto de dunas frontais largas, podendo serem classificadas nos estados 2 a 4 de Hesp (2002), em virtude de não serem vegetadas por completo, embora apresentem morfologia de cristas de morros contínuos na imagem utilizada e em campo.

Do outro lado, as demais dunas 5, 6, 7, na porção extremo-Leste e 9 na porção central do litoral não são passíveis de serem classificadas por Hesp (2002), em função de não haver nenhum tipo de cobertura vegetal e feições morfológicas

dunares bem desenvolvidas. Compõem o conjunto de dunas frontais em desenvolvimento recente no litoral setentrional.

Dentre os sistemas dunares no litoral setentrional cearense, os campos de dunas móveis, fixas e fixas por diagênese (eolianitos) marcam predominância por suas expressões espaciais. Mas, nesse litoral, as dunas frontais merecem destaque por, embora serem classificadas como ambientes dunares, possuem morfologias diferentes das demais dunas de maior dimensão.

Hesp (2002) colabora com esse entendimento quando afirma que as dunas frontais são morfologias não migratórias e que se desenvolvem a partir da confluência de processos areolares de erosão e sedimentação, fitoestabilização e hidrodinâmico. De menor dimensão espacial, são ambientes de significância para compreensão da configuração do litoral cearense.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O litoral setentrional do Ceará é marcado por sua orientação E-O, sendo essa orientação interrompida apenas pela ponta na porção Norte em Jericoacoara. Esse litoral merece destaque no Estado do Ceará por exibir grande variedade de sistemas ambientais para formar paisagem cênicas em toda a costa.

A partir dos objetivos propostos, realiza-se a caracterização dos ambientes de toda a costa do Ceará com ênfase nos sistemas ambientais pertencentes a planície litorânea para compreensão completa do litoral setentrional.

São contabilizados 18 tipos de sistemas ambientais distribuídos por todo o litoral. Nessas paisagens estão presentes pontas litorâneas, cordões arenosos, faixas de praias, áreas de falésias vivas, campos de dunas móveis, ambientes estuarinos, fluviais e lacustres, além dos tabuleiros pré-litorâneos e depressões sertanejas.

Nesse íterim, as dunas frontais foram selecionadas de modo específico para compreensão desse litoral por serem ambientes que merecem destaque, em virtude do aparecimento de recentes morros de areia situados nos limiares de transição entre as faixas praias e ambas as superfícies de deflação eólicas.

Das 12 dunas frontais identificadas e mapeadas, 8 (66,66%) situam-se nas porções extremo-Leste e extremo-Oeste, apresentando padrões de morfologia dunares bem desenvolvidas com avançado estágio de vegetação. Verifica-se que

essas possuem de modo geral conexões com ambientes praias, de deflação eólica ativa e estabilizada, além de se situarem próximas de planícies flúvio-marinhas com manguezais e apicuns e salgados, ora conectadas, ora um pouco afastadas, mas próximas em um contexto local.

As demais 4 dunas (33,34%) possuem padrão de ocorrência diferente, configurando morfologias dunares ainda em estágios de desenvolvimento muito recentes e sem cobertura vegetal., embora sempre associadas a superfícies de deflação ativas e a faixas praias.

Sendo o estado morfológico de dunas frontais com vegetação o de maior predominância em todo o litoral analisado, é possível afirmar que grande parte das dunas frontais já estão em situações de baixa a moderada erosão. Essa situação, aliada a morfodinâmica de praias dissipativas encontradas nesse litoral, cria condições para ampliação de montículos de areia vegetados.

Entende-se que a hipótese estabelecida é parcialmente corroborada, uma vez que além das dunas manterem conectividade direta e frequente com as superfícies de deflação ativas por todo o litoral, também mantêm nesse ínterim conexões com a faixa praias, ambientes de deflação estabilizados e estuarinos, configurando diferentes paisagens em um mesmo litoral. Portanto, compreende-se que, no litoral setentrional, a faixa praias não é o único sistema ambiental a fornecer sedimentos e manter conexão com as dunas frontais.

A dissertação possui o intuito de contribuir para um melhor conhecimento da funcionalidade natural dos sistemas e suas consequências ambientais com ênfase na dinâmica costeira das dunas frontais que são menos conhecidas. Na medida em que se verifica sempre conexões e interações entre múltiplos ambientes por toda a linha de costa, esse entendimento possibilita a compreensão precisa da configuração e dinâmica físico-natural do litoral setentrional.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Um conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas Sobre o Quaternário. **Geomorfologia**: GEOG/USP. São Paulo, n. 18, 1969.
- ALENCAR, Vanessa Barbosa de. **Zoneamento geoambiental com vista ao planejamento territorial do município de Camocim, CE**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2018. 139 f.
- ARENS, S. M.; VAN BOXEL, J. H.; ABUODHA, J. O. Z. **Changes in grain size of sand in transport over a foredune**. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 27, n. 11, p.1163-1175, 2002
- BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global**: esboço metodológico. Tradução Olga Cruz – Caderno de Ciências da Terra. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, nº13, 1972.
- BEZERRA, Luiz José Cruz. **Caracterização dos tabuleiros pré-litorâneos do Estado do Ceará**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2009. 132 f.
- CÂMARA, G.; DAVI, C.; MONTEIRO, A.M.; D'ALGE, J.C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001. Campinas: Embrapa, Monitoramento por Satélite, 2013. Disponível em: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 13 jun. 2021.
- CALLIARI, L. R.; PEREIRA, P. S.; OLIVEIRA, A. O. de; FIGUEIREDO, S. A. Variabilidade das dunas frontais no litoral Norte e médio do Rio Grande do Sul, Brasil. **Gravel**, n. 3, p. 15-30, nov. 2005.
- CARNEIRO, Pedro Bastos de Macêdo; NETO, Antônio Rodrigues Ximenes; FEITOSA, Caroline Vieira; BARROSO, Cristiane Xerez; MATTHEWS-CASCON, Helena; SOARES, Marcelo de Oliveira; LOTUFO, Tito Monteiro da Cruz. Marine hardbottom environments in the beaches of Ceará state, equatorial coast of Brazil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 54, n. 2, p. 120 – 153, 2021.
- CARTER, R. W. G. **Coastal Environments**. Londres, 1988. 617 p.
- CARVALHO, Alexandre Medeiros de; CLAUDINO SALES, Vanda de. Contribuição do transporte eólico no processo de evolução da linha de costa. **Revista Mercator**, v. 15, n. 2, Fortaleza, p. 105, 115, 2016.
- CASTRO, Tiago da Silva. PEREIRA, Alexandre Queiroz Pereira. Produção dos territórios turísticos no Ceará. **Revista Ateliê Geográfico**, v. 13, n. 2, p.51-72, 2019.

CLAUDINO-SALES, Vanda de; CARVALHO, Alexandre de; PEDROSA, Adriana. Caracterização geomorfológica dos eolianitos do Estado do Ceará, Brasil. *Geografia Acadêmica*, v. 15, n. 2, p. 56 – 67, 2021.

CEARÁ. **Lei nº16.821 de 09 de janeiro de 2019**. Descreve os limites intermunicipais relativos a todos os municípios do Estado do Ceará.

CEARÁ. Projeto Ceará 2050: estudo setorial especial – turismo – parte I. Versão preliminar. 2018. Disponível em: <https://fastef.ufc.br/wp-content/uploads/2018/07/Estudo-Setorial-Turismo.pdf>. Acesso em: 15/06/2021.

CEARÁ. SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Reestruturação e atualização do mapeamento do projeto Zoneamento Ecológico-Econômico do Ceará – zona costeira e unidades de conservação costeiras** - Relatório final de caracterização ambiental e dos mapeamentos. Superintendência Estadual do Meio Ambiente; GEOAMBIENTE – Fortaleza: SEMACE, 2016.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo. HUCITEC, 1979.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: editora Blucher, 1999. 236 p.

CHRISTOPHERSON, R.N. **Geossistemas- uma introdução à geografia física**. 7ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2012.

DANTAS, Eustógio Wanderley. **Maritimidade nos trópicos** – por uma geografia do litoral. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

DANTAS, Eustógio Wanderley. **De resignificação das cidades litorâneas à metropolização turística**. In: COSTA, M. C. L; PEQUENO, R. Fortaleza: transformações na ordem urbana. Rio de Janeiro: Letra Capital; Observatório das Metrôpoles, p. 111-141. 2015.

DAVIS, R. A. **Depositional Systems**. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall College, 1992. 604 p.

DAVIDSON-ARNOTT, R. **Introduction to Coastal Processes and Geomorphology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. 442 p.

DIAS, Carolina Braga. **Dinâmica do sistema estuarino Timonha/Ubatuba (Ceará – Brasil):** considerações ambientais. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2018. 146 f.

FERREIRA, Antônio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1, p. 15-27, 2005.

FITZ, Paulo Roberto. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, Maria Terezza Galotti. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FLORENZANO, T. G. **Sensoriamento Remoto para Geomorfologia**. In: Florenzano, Teresa Gallotti. (Org.). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Zoneamento ecológico-econômico das áreas susceptíveis à desertificação do núcleo I – Irauçuba/Centro-Norte. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. - Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2015a. 304p.

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Zoneamento ecológico-econômico das áreas susceptíveis à desertificação do núcleo II – Inhamuns. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. - Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2015b. 290p.

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Tipos climáticos. 2020. Disponível em:
http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/pdf/Tipos_Climaticos_2020.pdf.
 Acesso em: 26 mai. 2021.

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Compartimentação geoambiental e regiões de planejamento. 2018. Disponível em:
http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/pdf/Compartimentacao_Geoambiental_2020.pdf. Acesso em: 26 mai. 2021.

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Unidades fitoecológicas. 2015. Disponível em:
http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/pdf/Unidades_Fitoecologicas.pdf.
 Acesso em: 26 mai. 2021.

GEOAMBIENTE. AEROLEVANTAMENTO LIDAR, TOMADA DE ORTOFOTOS E FOTOÍNDICE. Relatório técnico. São José dos Campos: Geoambiente, 2014.

GOLDSMITH, V. Coastal Dunes. **Coastal Sedimentary Environments**, p.303-378, 1985.

GORAYEB, A.; SILVA, E. V. e MEIRELES, A. J. A. Meio Ambiente e Condições de Sustentabilidade da Planície Flúvio Marinha do Rio Pacoti – Ceará – Brasil. **Geoambiente On-line**, Jataí/GO, n. 2, 1-17. 2004.

GRIGORIEV, A. A. Os fundamentos teóricos da moderna geografia física. In: **The Interaction of Science in the Study of the Earth**. Moscou, 1968.

GUERRA, Renan Gonçalves Pinheiro. **Erosão de praia associada a evolução de esporão arenoso em Parajuru, Beberibe, Ceará**. Tese (doutorado) – Universidade

Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2018.

HESP, P. Morphodynamics of Incipient Foredunes in New South Wales, Australia. **Eolian Sediments and Processes**, p.325-342, 1983

HESP, P. Morphology, dynamics and internal stratification of some established foredunes in southeast Australia. **Sedimentary Geology**, v. 55, n. 1-2, p.17-41, mar. 1988.

HESP, P. Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. **Geomorphology**, v. 48, n. 1-3, p.245-268, nov. 2002.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTRATÉGICAS ECONÔMICAS DO CEARÁ. **Nota Técnica N°35**: Base cartográfica do Pólo Ceará Costa do Sol. Fortaleza: Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, 2009.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Parêntese, São José dos Campos, 598 p, 2009.

JULIO, Katia de; MAGINI, Christiano; MAIA, Luis Parente; CASTRO, João Wagner de Alencar. Ponta de Jericoacoara, CE: belo promontório de rochas neoproterozoicas associadas a praias e dunas quaternárias com registros de variações do nível do mar. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Souza, C.R.G.; Fernandes, A.C.S.; Berbert-Born, M.; Sallun filho, W.; Queiroz, E.T.; (Edit.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. 2013.

JUNIOR, Daniel Rodrigues do Nascimento; TOSSI, Lola Natalia Camesi; OLIVEIRA, Viktor Ferreira de; LUCENA, Bruno Brandão de. Morfodinâmica, transporte e proveniência do sistema praia – duna frontal recente entre Itarema e Camocim, litoral Oeste do Ceará. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 8, n.1, 2017, p. 24-45.

KEIJSERS, J. G. S.; GROOT, A. V.; RIKSEN, M. J. P. M. Vegetation and sedimentation on coastal foredunes. **Geomorphology**, v. 228, p.723-734, jan. 2015.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINHO, C. T.; HESP, P. A.; DILLENBURG, S. R. Morphological and temporal variations of transgressive dunefields of the northern and mid-littoral Rio Grande do Sul coast, Southern Brazil. **Geomorphology**, v. 117, n. 1-2, p.14-32, abr. 2010

MEDEIROS, Cleyber Nascimento de; SOUZA, Marcos José Nogueira de. Mapeamento dos sistemas ambientais do município de Caucaia (CE) utilizando sistema de informação geográfica: subsídios para o planejamento territorial. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 1, p. 25 – 40, 2015.

MEIRELES, Antônio Jeovah de Andrade; SILVA, Edson Vicente da. Abordagem geomorfológica para a realização de estudos integrados para o planejamento e

gestão em ambientes flúvio-marinhos. **Scripta Nova - GeoCrítica** - Universidad de Barcelona – Espanha. vol 7, nº118, 25p, 2002. Disponível em: www.ub.es/geocrit/nova-ig.htm. Acesso em: 14 jun. 2021.

MEIRELES, A. J. A SILVA, E. V. e THIERS P. R. L. Os Campos de Dunas Móveis: fundamentos para um modelo integrado de planejamento e gestão da zona costeira. **GEOUSP: Espaço e Tempo**. São Paulo, n. 20, p. 101-119, 2006.

MEIRELES, Antônio Jeovah de Andrade. **Geomorfologia costeira: funções ambientais e sociais**. Fortaleza: Edições UFC, 2014.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de; BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello. *Reflectância dos materiais terrestres: análise e interpretação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

MECERJAKOV. J. P. Les Concepts de Morphostruture et de Morphoesculture: un novel instrument de l'analysis Geomorfologique. In: **Annales de Geographie**. Paris, 1968.

MESQUITA, Áquila Ferreira. **Eolianitos e beachrocks no litoral Oeste do Ceará: significado sedimentológicos e neotectônico**. Dissertação de Mestrado - (Programa de Pós-Graduação em Geologia), Fortaleza, 2015. 79 f.

MONTEIRO, C. A. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000.

PEREIRA, A. Q. **A urbanização vai à praia**. Fortaleza: Edições UFC, 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano nacional de gerenciamento costeiro: 25 anos do gerenciamento costeiro no Brasil. Brasília: MMA, 2015. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/sites/www.marinha.mil.br/secirm/files/gerco.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2021.

MONTEIRO, C.A.F. **Geossistemas: História de uma procura**. São Paulo. Contexto. 2000.

MORAIS, Jáder Onofre de; PINHEIRO, Lidriano de Sousa; CAVALCANTE, A. A.; PAULA, Davis Pereira de; SILVA, R. L. Erosão costeira em praias adjacentes às desembocaduras fluviais: o caso de Pontal de Maceió, Ceará, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v.8, p.61-76. 2008

MORAIS, Jáder Onofre de. Compartimentação Territorial e evolutiva da zona costeira do Estado do Ceará. In: **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. LIMA, Luiz Cruz; SOUZA, Marcos José Nogueira de; MORAIS, Jáder Onofre de. (orgs.), Editora: FUNECE, Fortaleza, p.106-180, 2000.

MORAIS, Jáder Onofre de; PINHEIRO, L. S.; SOUZA, M. J. N.; CARVALHO, A. M.; PESSOA; P. R. S. Capítulo ceará. In: **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. (Org.). 2006.

MORO, Marcelo Freire; MACEDO, Mariana Bezerra; MOURA-FÉ, Marcelo Martins SÉRGIO, Antônio; CASTRO, Farias; COSTA, Rafael Carvalho da. Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia**, v.66, n.3, p.717-743, 2015.

MEIRELES, A. J. de Andrade; SILVA, E. V. da; RAVENTOS, J. S. Geomorfologia e Dinâmica Ambiental da Planície Litorânea Entre as Desembocaduras dos Rios Pacotí e Ceará, Fortaleza –Ceará. **GeoNotas: Revista do Departamento de Geografia**, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, v.5, n.1, 2001.

NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: editora Blucher, 2010. 362p.

OLIVEIRA, M.R.L. de; NICOLODI, João Luiz. A gestão costeira no Brasil e os dez anos do Projeto Orla: uma análise sob a ótica do poder público. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.12, n.1, p.89-98. 2012;

PAULA, Davis Pereira de. **Análise dos riscos de erosão costeira no litoral de Fortaleza em função da vulnerabilidade aos processos geogênicos e antropogênicos**. Tese (Doutorado em Ciências do Mar). Universidade do Algarve. 2012.

PENCK, Walter. **Morphological Analysis of Land Forms: a contribution of physical geology**. London: Macmilian, 1953.

PEREIRA, Alexandre Queiroz. **A urbanização vai à praia: vilegiatura marítima e metrópole no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Edições UFC, 2014. 202 p.

POPPER, Karl. S. **A lógica da pesquisa científica**. 2.ed. São Paulo: Cultrix, 1975.
 QUEIROZ, Liana Rodrigues. **As praias arenosas do Estado do Ceará: relação entre ambiente físico e a estrutura de comunidade em um ambiente tropical**. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2014. 152f.

RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, E. V. DA; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: BNB/UFC. 2016.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v.6, p.17- 29, 1992.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade empírica dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo. v.8, p.63-74, 1994.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v.9, p.65-75, 1995.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para o planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de textos, 2006. 208p.

SANTOS, Jader de Oliveira. **Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza-CE**: contribuições ao ordenamento territorial. 2011. 331f. Tese (doutorado em Geografia Física) –Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas (FFLCH), São Paulo, 2011.

SANTOS, Jader de Oliveira. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 75-90, mai./ago. 2015.

SANTOS, Jader de Oliveira. **Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza-CE**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2016. 188 p.

SANTOS, Jader de Oliveira; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Fragilidade ambiental urbana. **Revista da ANPEGE**, v.8, n.10, p.127-144, ago./dez. 2012.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Mapa geológico do Estado do Ceará**. 2020. Disponível em: <https://geosgb.cprm.gov.br/downloads/#>. Acesso em: 11 jun. 2021.

SHORT, A. D.; HESP, P. A. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. **Marine Geology**, v. 48, n. 3-4, p.259-284, ago. 1982.

SILVA, G. M.; HESP, P. A.; PEIXOTO, J.; DILLENBURG, S. R. Foredune vegetation patterns and alongshore environmental gradients: Moçambique Beach, Santa Catarina Island, Brazil. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 33, n. 10, p.1557-1573, set. 2008.

SOTCHAVA, V. B. **O Estudo dos geossistemas**. Métodos em questão. IGEOG/USP. São Paulo, 1978.

SOUZA, Marcos José Nogueira de; NETO, José Meneleu; SANTOS, Jader de Oliveira; GONDIM, Marcelo de Souza. **Diagnóstico Geoambiental do Município de Fortaleza**: subsídios ao macrozoneamento ambiental e à revisão do plano diretor participativo – PDPFor. Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2009. 172p.

SOUZA, Marcos. José Nogueira de. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In: **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. LIMA, Luiz Cruz; SOUZA, Marcos José Nogueira de; MORAIS, Jáder Onofre de. (orgs.), Editora: FUNECE, Fortaleza, p.106-180.

SOUZA, Marcos. José Nogueira de. Geomorfologia e planejamento ambiental. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 35, n. 4. 2018.

THIERS, Paulo Roberto Lopes. **Análise da dinâmica espacial da vegetação de mangue com abordagem metodológica orientada a objetos**. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2013.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 97p.

VIANNA, Humberto Dias; CALLIARI, Lauro Julio. Diversidade morfológica das dunas frontais no litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 2, p. 339 – 359, 2019.