



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**MARIA VITORIA FERREIRA DA CUNHA**

**DA DUNA À ROCHA: DISTRIBUIÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS EOLIANITOS DA  
COSTA OESTE CEARENSE**

**FORTALEZA**

**2026**

MARIA VITORIA FERREIRA DA CUNHA

DA DUNA À ROCHA: DISTRIBUIÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS EOLIANITOS DA  
COSTA OESTE CEARENSE

Trabalho de conclusão de curso apresentada  
ao Curso de Graduação em Ciências  
Ambientais da Universidade Federal do  
Ceará, como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof. Dra. Lidriana de Souza  
Pinheiro

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Medeiros  
de Carvalho

FORTALEZA

2026

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)

---

C979d Cunha, Maria Vitória Ferreira da.  
Da duna à rocha : Distribuição e composição dos eolianitos da costa oeste cearense / Maria Vitória Ferreira da Cunha. – 2026.  
64 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Ciências Ambientais, Fortaleza, 2026.  
Orientação: Prof. Dr. Lidriana de Souza Pinheiro.  
Coorientação: Prof. Dr. Alexandre Medeiros de Carvalho.

1. Eolianito. 2. Petrografia sedimentar. 3. Litoral do Ceará. I. Título.

CDD 333.7

---

## ERRATA

Folha	Linha	Onde se lê	Leia-se
42	1-4	muscovitas) e 0,61% de minerais pesados.	muscovitas) e 0,61% de minerais pesados. A proporção de bioclastos e carapaças carbonáticas de organismos corresponde a cerca de 30,88% da amostra, distribuídas entre algas coralíneas (20,86%), foraminíferos (2,09%), moluscos (3,16%), equinodermas (0,27%), braquiópodes (0,13%) e bioclasto de taxonomia não evidente (4,37%).

MARIA VITORIA FERREIRA DA CUNHA

DA DUNA À ROCHA: DISTRIBUIÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS EOLIANITOS DA  
COSTA OESTE CEARENSE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Ciências Ambientais do Instituto de  
Ciências do Mar – LABOMAR da  
Universidade Federal do Ceará, como requisito  
parcial à obtenção do Título de Bacharel em  
Ciências Ambientais.

Aprovada em: 27/01/2026.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Lidriana de Souza Pinheiro (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Alexandre Medeiros de Carvalho (Coorientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Antônio Rodrigues Ximenes Neto  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

---

Ma. Jaqueline Mesquita Aquino  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais e aos meus irmãos.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, meu melhor amigo, que me deu forças para continuar sempre que pensei em desistir. Agradeço imensamente a Ele por ver meu coração e potencial, renovando diariamente minha fé e esperança. Ao Senhor, que me devolveu a capacidade de sorrir e ver o lado bom, mesmo em dias nublados e cinzas, acreditando na perfeição do meu ser imperfeito.

Aos meus pais, Suzy Rodrigues e Francisco Aldenor, agradeço por sempre acreditarem em mim, me apoiarem e me amarem incondicionalmente. Ao meu irmão, Israel Rodrigues, o melhor irmão do universo e a pessoa mais resiliente que conheço, que sempre esteve ao meu lado quando precisei. À minha irmã Ana Carolina Rodrigues, por ter ficado ao meu lado em todos os momentos e ser minha companheira fiel em todas as minhas aventuras reais e imaginárias. Ao meu querido amigo Damião Souza, por sempre me fazer sorrir e por ter sido meu anjo da guarda em toda essa jornada. Sem sua amizade, eu provavelmente teria desistido. Obrigada por existir na minha vida e me impulsionar com suas palavras gentis.

Em especial, agradeço a meu afilhado, Francisco Zaqueu, por mesmo de longe ser minha fonte de força e sorrisos. Você tem um dos corações mais lindos que eu já conheci e sou imensamente grata a Deus por tê-lo em minha vida. Sua amizade me fez ser uma pessoa melhor e seus abraços fizeram meu coração sorrir. Sem sua amizade não teria forças para chegar até aqui.

Agradeço à minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lidriana de Souza Pinheiro, por me proporcionar a oportunidade de trabalhar ao lado de uma mulher com tanta empatia e competência. Seus conselhos e orientações me trouxeram até aqui.

Ao meu coorientador, Alexandre, por ter me dado a oportunidade de trabalhar ao seu lado e por sempre acreditar no meu potencial. Sua presença diária e amizade foram essenciais não apenas para o desenvolvimento desta pesquisa, mas também para o meu crescimento como pessoa. Sou eternamente grata a você por tudo que fez por mim.

Ao Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG), minha segunda casa e lugar onde essa pesquisa se iniciou, agradeço por me acolher de braços abertos. Agradeço especialmente à equipe de técnicos, com destaque para Jaqueline Mesquita, Isabelly Ferro, Francisco Gleidson e Paulo Roberto, por aceitarem a minha inexperiência com paciência e carinho. Os dias e as experiências compartilhadas com cada um de vocês contribuiu para que esta pesquisa se tornasse realidade.

Agradeço ao programa PIBIC/CNPq, que fomentou esta pesquisa e possibilitou meu crescimento profissional. Agradeço também a todo o corpo docente do Curso de Ciências Ambientais, que contribuíram imensamente para que hoje eu esteja aqui. Sou grata por todo o conhecimento compartilhado e amor ao ensinar.

Às minhas colegas de pesquisa, Lauanda, Vitória Régia, Maria Eduarda, Monique, Miliana e Letícia, sempre serei grata a vocês por tornarem minhas horas de laboratório mais leves e divertidas. Amo imensamente a cada uma e desejo que possamos ser amigas para sempre.

Por fim, quero agradecer especialmente à minha amiga, Meiryel dos Santos. Deus usou você para me fazer chegar onde estou hoje e sempre serei imensamente grata por tudo que fez por mim. Tenho muito orgulho de você e sei que ainda vai chegar muito longe. Seu nome nunca sairá das minhas orações e sempre estarei aqui quando você precisar.

“Só se ver bem com o coração. O essencial é invisível aos olhos” (Antoine de Saint-Exupéry, 2009, p. 70).

## RESUMO

Os eolianitos são dunas cimentadas com presença significativa no setor oeste da zona costeira do Estado do Ceará, sendo registros paleoclimáticos e atuando na defesa da linha de costa dessa região. Nesse ínterim, o presente trabalho tem como objetivo analisar a distribuição espacial e a composição dos eolianitos situados entre a Praia de Bitupitá, localizada no município de Barroquinha (CE), e a Praia do Pecém, em São Gonçalo do Amarante. Para tanto, a metodologia adotada compreendeu revisão bibliográfica, elaboração de base cartográfica e análise petrográfica detalhada. As análises evidenciaram que os eolianitos estudados possuem composição predominantemente terrígena, tendo como principais componentes o quartzo e o feldspato, além de uma presença significativa de minerais pesados em localidades como Moitas e Bitupitá. Também foi identificada a presença de constituintes biogênicos, evidenciando um gradiente composicional influenciado pela Plataforma Continental adjacente, uma vez que as amostras coletadas no setor leste da área de estudo, próximas ao Pecém, apresentaram baixo teor de bioclastos, enquanto o setor oeste, em direção a Barroquinha, destacou-se pelo aumento de fragmentos biogênicos., principalmente algas coralinas, moluscos e foraminíferos. Além das variações composicionais entre localidades, o estudo também evidenciou heterogeneidade entre frações da mesma localidade, como identificado na praia da Baleia, localizada no município de Itapipoca. A cimentação, variando de micrítica a espática, sugere diferentes condições de precipitação carbonática. Desta forma, conclui-se que a formação dos eolianitos da costa oeste cearense não ocorre de forma aleatória, mas é condicionada por fatores como o clima semiárido, a presença de uma plataforma rasa com baixa declividade e a presença de habitats carbonáticos em águas ultra-rasas, além da geomorfologia costeira da região, que favorece a existência desses afloramentos eólicos. É sob a influência dessas variáveis que a dinâmica do aporte terrígeno e biogênico atua, marcando a composição dos eolianitos e destacando-os como uma feição geológica essencial para a zona costeira cearense.

**Palavras-chave:** eolianito; petrografia sedimentar; litoral do Ceará.

## ABSTRACT

Eolianites are cemented dunes with a significant presence in the western sector of the coastal zone of the State of Ceará, serving as paleoclimatic records and acting in the defense of the coastline in this region. In this interim, the present study aims to analyze the spatial distribution and composition of eolianites located between Bitupitá Beach, in the municipality of Barroquinha (CE), and Pecém Beach, in São Gonçalo do Amarante. To this end, the adopted methodology included a literature review, the creation of a cartographic database, and detailed petrographic analysis. The analyses evidenced that the studied eolianites have a predominantly terrigenous composition, with quartz and feldspar as main components, in addition to a significant presence of heavy minerals in locations such as Moitas and Bitupitá. The presence of biogenic constituents was also identified, highlighting a compositional gradient influenced by the adjacent Continental Shelf, since samples collected in the eastern sector of the study area, near Pecém, showed low bioclast content, while the western sector, towards Barroquinha, stood out for the increase in biogenic fragments, mainly coralline algae, mollusks, and foraminifera. In addition to compositional variations between locations, the study also evidenced heterogeneity between fractions of the same location, as identified at Baleia Beach, located in the municipality of Itapipoca. The cementation, ranging from micritic to sparitic, suggests different conditions of carbonate precipitation. Thus, it is concluded that the formation of eolianites on the western coast of Ceará does not occur randomly, but is conditioned by factors such as the semi-arid climate, the presence of a shallow platform with low slope, and the presence of carbonate habitats in ultra-shallow waters, in addition to the coastal geomorphology of the region, which favors the existence of these eolian outcrops. It is under the influence of these variables that the dynamics of terrigenous and biogenic input acts, marking the composition of the eolianites and highlighting them as an essential geological feature for the Ceará coastal zone.

**Keywords:** eolianites; sedimentary petrography; coast of Ceará.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Eolianito de Bitupitá .....	36
Figura 2 – Fotomicrografia de eolianito em Bitupitá .....	37
Figura 3 – Eolianitos existentes na região de Moitas .....	38
Figura 4 – Fotomicrografia de eolianito em Moitas .....	39
Figura 5 – Ocorrências de eolianitos em Caetanos.....	40
Figura 6 – Fotomicrografia da amostra coletada em Caetanos .....	41
Figura 7 – Afloramento exibindo erosão em Baleia .....	42
Figura 8 – Estrato de grulação fina em amostra de Baleia .....	43
Figura 9 – Estrato de textura média em amostra de Baleia .....	44
Figura 10 – Desgaste erosivo entre 2001 e 2021 de eolianito em Emboaca .....	45
Figura 11 – Fotomicrografia de eolianito em Emboaca .....	46
Figura 12 – Afloramento de eolianitos em Paraipaba .....	46
Figura 13 – Eolianito de Paraipaba visto em fotomicrografia.....	47
Figura 14 – Eolianitos observados em Pecém .....	48
Figura 15 – Fotomicrografia de eolianito encontrado no Pecém.....	49
Figura 16 – Eolianitos encontrados na localidade de Cauípe .....	50
Figura 17 – Fotomicrografia de eolianito da região de Cauípe .....	51

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Fácies sedimentares da Plataforma Continental do Ceará .....	19
Mapa 2 – Ocorrências de eolianitos no litoral oeste cearense.....	23
Mapa 3 – Distribuição global dos eolianitos .....	28
Mapa 4 – Maiores ocorrências de eolianitos na costa noroeste do Ceará .....	29
Mapa 5 – Amostras de eolianitos submetidas à confecção em lâmina delgada .....	35

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Proporção relativa de terrígenos e bioclastos .....	51
Gráfico 2 – Abundância relativa de constituintes terrígenos .....	52
Gráfico 3 – Abundância relativa de constituintes biogênicos.....	53

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Identificação das amostras coletas .....	33
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Proteção Permanente
UC's	Unidades de Conservação
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
QGIS	Quantum Geographic Information System
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SRC	Sistema de Referência de Coordenadas
Datum	Sistema de Referência
SIRGAS	Sistema de Referências Geocêntrico para a América do Sul
UTM	Universal Transversa de Mercator
UFPA	Universidade Federal do Pará
LME	Laboratório de Microscopia Eletrônica
UFC	Universidade Federal do Ceará
LOG	Laboratório de Oceanografia Geológica
LABOMAR	Instituto de Ciências do Mar
Qz	Quartzo
Fsp	Feldspatos
Ttn	Titanita
Mmin	Minerais Máficos
CAe	Algas Coralinas
Mollusk	Moluscos
Forams	Foraminíferos
Mc	Microclina
Plagioclásio	PI
Hm	Minerais Pesados
SpC	Cimento Espático
MsC	Microespático
QzR	Fragmentos de rochas quartzíticas
PsC	Cimento Pseudoespático
Bt	Biotita
Mvita	Muscovita
Amp	Anfibólio
Mcc	Micrítico

Tne	Turmalina
Piroxênio	Px

## SUMÁRIO

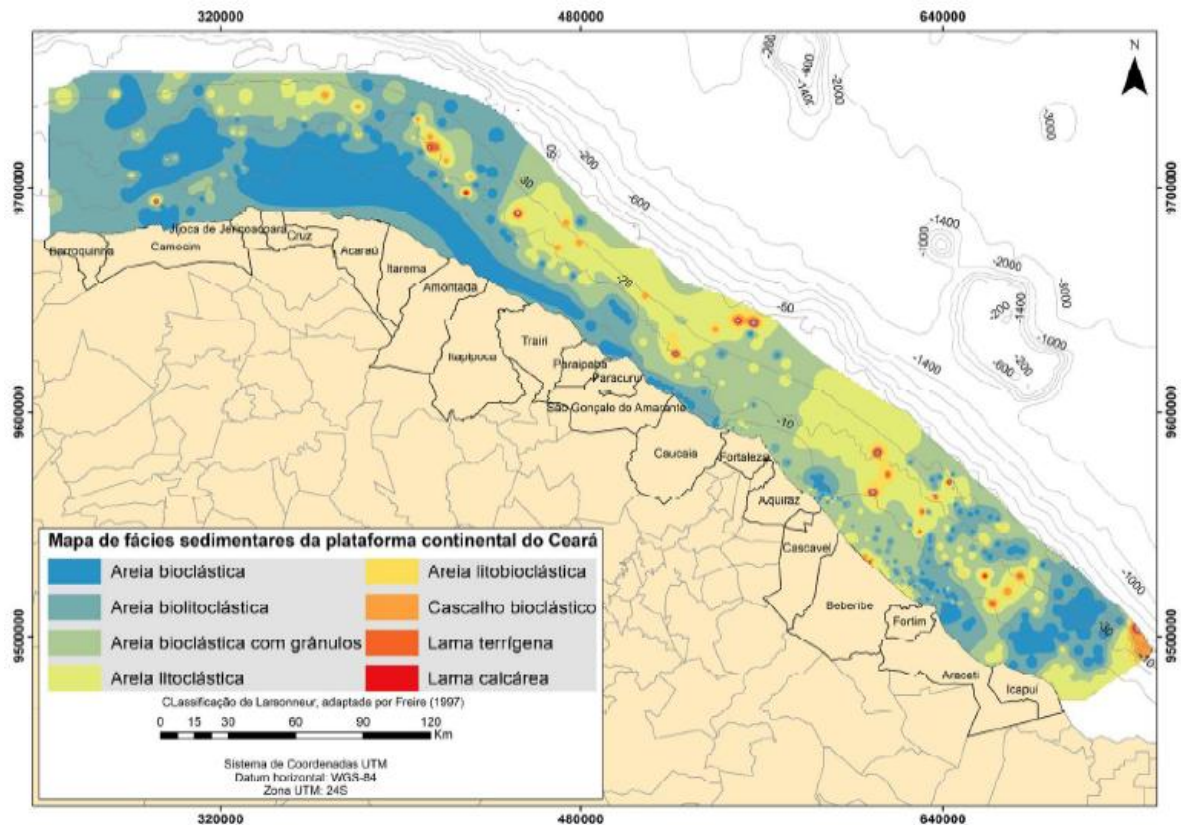
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>22</b>
2.1 Objetivo geral.....	22
2.2 Objetivos Específicos.....	22
<b>3 ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>23</b>
3.1 Características ambientais da área de estudo .....	24
<b>4 REFERÊNCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>26</b>
4.1 Dunas do litoral cearense .....	26
4.2 Geodiversidade Terrestre.....	30
4.3 Legislação ambiental do Estado do Ceará .....	31
<b>5 METODOLOGIA</b> .....	<b>32</b>
5.1 Análise bibliográfica e elaboração de base cartográfica .....	32
5.2 Observação de campo.....	32
5.3 Análise laboratorial .....	33
5.3.1 <i>Confecção e análise petrográfica de lâminas delgadas</i> .....	34
<b>6 RESULTADOS</b> .....	<b>35</b>
6.1 Petrografia.....	35
6.1.1 <i>Eolianitos na Localidade de Bitupitá (Barroquinha)</i> .....	36
6.1.2 <i>Ocorrência de Eolianito na Localidade de Moitas</i> .....	37
6.1.3 <i>Ocorrência de Eolianitos na praia de Caetanos (Amontada)</i> .....	39
6.1.4 <i>Ocorrência de eolianitos na localidade de Baleia (Itapipoca)</i> .....	41
6.1.5 <i>Ocorrência de Eolianitos na localidade de Emboaca (Trairi)</i> .....	44
6.1.6 <i>Ocorrência de Eolianito na localidade de Paraipaba</i> .....	46
6.1.7 <i>Ocorrências de eolianitos na localidade de Pecém</i> .....	48
6.1.8 <i>Ocorrência de eolianitos na localidade de Cauípe (Pecém)</i> .....	49
6.2 Descrição quantitativa dos componentes composicionais.....	51
<b>7 DISCUSSÃO</b> .....	<b>54</b>
<b>8 CONCLUSÃO</b> .....	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>60</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Eolianito é o nome atribuído às dunas arenosas e demais depósitos eólicos cimentados por carbonato de cálcio. Segundo Sayles (1931), define-se os eolianitos como toda rocha sedimentar formada pela ação do vento, porém com o passar do tempo essa classificação foi usada para descrever sedimentos trabalhados pela ação eólica e cimentados por carbonato de cálcio, normalmente encontrados em regiões de clima árido e semiárido, com destaque para ambientes com areias biogênicas (Pye, 1983, p. 175-204 *apud* Carvalho, 2008, p. 121-130). Segundo McKee e Ward (1983), os eolianitos são formados pelos mesmos princípios das dunas costeiras terrígenas, possuindo grande dependência do aporte biogênico rico em carbonato.

De acordo com Maia (1998), a presença de eolianitos nessas regiões está associada à existência de fácies carbonáticas na plataforma adjacente (Mapa 1), sendo possível perceber essa relação pela variação na distribuição geográfica dessas rochas, que se tornam menos frequentes em locais a leste de Fortaleza. Adicionalmente, Kowsmann e Costa (1997) indicam que o trecho que possui maior presença de eolianitos ocorre entre os estados do Piauí e Ceará, mais especificamente nas regiões de Luís Correia e Mundaú, onde se destaca a existência do domínio carbonático na plataforma interna e média. Essa distribuição mostra a importância das características geológicas regionais na formação dos eolianitos, tornando ainda mais relevante a sua preservação.

Mapa 1 – Fácies sedimentares da Plataforma Continental do Ceará



Fonte: (Vital; Dias; Bastos, 2021)

O domínio carbonático é um fator muito importante para a formação dos eolianitos, visto que, segundo Carvalho *et al.* (2008), essas rochas possuem em sua composição uma quantidade significativa de organismos carbonáticos, principalmente algas e foraminíferos, sendo esse material biodetrítico seu grande diferencial em relação a outras dunas. Já quando se trata de sedimentos terrígenos, Carvalho *et al.* (2008) apontam que o quartzo é um dos minerais mais representativos, correspondendo a 70% ou 80% dos grãos.

Na região cearense o clima predominantemente quente e seco da região favorece a proliferação de organismos produtores de carbonato de cálcio, tais como as algas vermelhas e os foraminíferos (Claudino-Sales; Carvalho; Pedrosa, 2021), favorecendo a presença dos eolianitos e revelando como o clima e os processos sedimentares que ocorrem ao longo do tempo se unem para dar origem a esses litotipos. Esse tipo de clima também favorece um menor aporte de sedimentos terrígenos para a plataforma continental. Sendo também um clima favorável à incidência de fortes ventos, à erosão de carbonatos que estão submersos na plataforma e ao seu transporte para a formação de dunas (Brooke, 2001).

Apesar de não serem muito conhecidos fora do ambiente científico, os eolianitos estão se tornando cada vez mais relevantes, despertando o interesse dos cientistas. A relevância

crescente dessas rochas não é apenas no contexto geológico, mas também ambiental, histórico e cultural, especialmente no litoral cearense. Os eolianitos apresentam significativa rigidez, decorrente da cimentação por carbonato de cálcio, sendo por isso chamados de 'cascudos' pelos povos nativos da região. Essa relação antiga evidencia-se no uso dessas rochas como locais de abrigo e alimentação no passado, consolidando esses depósitos como elementos essenciais da geodiversidade e da identidade cultural do litoral cearense (Claudino-Sales; Carvalho; Pedrosa, 2021).

Essa união entre geodiversidade e a cultura desses povos nativos do litoral cearense demonstra a necessidade de se pensar políticas públicas e ações de preservação que não vejam apenas o valor geológico dessas rochas, mas também a importância delas para a identidade desses povos nativos, dando a devida importância ao valor imaterial desses depósitos eólicos. Nesse sentido, iniciativas de preservação têm surgido, como o movimento “Salve o Cascudo do Fogo”, em Icarai de Amontada, que atua na defesa dos depósitos eólicos existentes no local e na denúncia de ações ilegais contra essas rochas, como por exemplo, a denúncia de ações que estavam prejudicando a integridade dos depósitos eólicos existentes próximos à Praia de Moitas no ano de 2020 (Sales, 2020). Essas ações de proteção realizadas por esse coletivo de moradores se tornam ainda mais significativas quando se leva em consideração que eles também buscam proteger a APP (Área de Proteção Permanente) Paleoduna Cascudo do Fogo, que está presente na região (Sales, 2020).

Além do movimento “Salve o Cascudo do Fogo”, que desempenha suas ações somente em Icarai de Amontada, existem outras iniciativas que demonstram o valor socioambiental das demais feições encontradas no litoral do Estado do Ceará. Um bom exemplo disto é o coletivo Fortaleza Pelas Dunas, que tem realizado ações que buscam proteger e preservar as dunas existentes em Fortaleza, principalmente através da criação de UC's (Unidades de Conservação) por iniciativa popular, por meio do recolhimento de assinaturas para a criação de leis de preservação desses ambientes (G1, 2020).

Nesse ínterim, também é importante citar o Monumento Natural das Falésias de Beberibe, localizado no Ceará, como uma importante política de conservação costeira que busca proteger e conservar as formações naturais que estão presentes no litoral do Estado do Ceará, sejam essas formações, falésias ou dunas (Semace, 2010). Além da necessidade de proteção e conservação dessas feições geológicas, o Monumento Natural das Falésias de Beberibe também busca controlar o turismo na área (Semace, 2010).

A criação do Monumento Natural das Falésias de Beberibe evidencia uma evolução no entendimento de que a geodiversidade do litoral cearense é rica e complexa, onde natureza,

cultura e sociedade interagem entre si, tendo os eolianitos um papel importante nessas interações. Desta forma, é perceptível que a presença dos eolianitos no litoral cearense possui uma relevância que vai muito além da geológica, revelando também um elevado valor socioambiental, que pode ser visto tanto na sua relação com os povos nativos quanto nas ações atuais de preservação. Assim, reconhecer e valorizar a importância dos eolianitos, é compreender a complexa interação entre sociedade, cultura e natureza que marca o litoral do Estado do Ceará.

A presente pesquisa fundamenta-se na importância dos eolianitos como registros paleoclimáticos essenciais para a reconstrução da dinâmica eólica e costeira do Ceará, e como litotipos protegidos por lei. Por serem classificados como Áreas de Preservação Permanente (APP), esses depósitos eólicos exigem estratégias de conservação que só se tornam plenamente eficazes por meio do conhecimento científico. Assim, a análise da distribuição espacial e a caracterização petrográfica detalhada proposta neste trabalho busca fornecer o embasamento necessário para a gestão ambiental, partindo do pressuposto de que o conhecimento sobre a gênese e a composição dessas rochas é o passo inicial para a sua efetiva proteção e valorização.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Caracterizar os eolianitos ao longo da costa cearense, levando em consideração aspectos espaciais e composicionais.

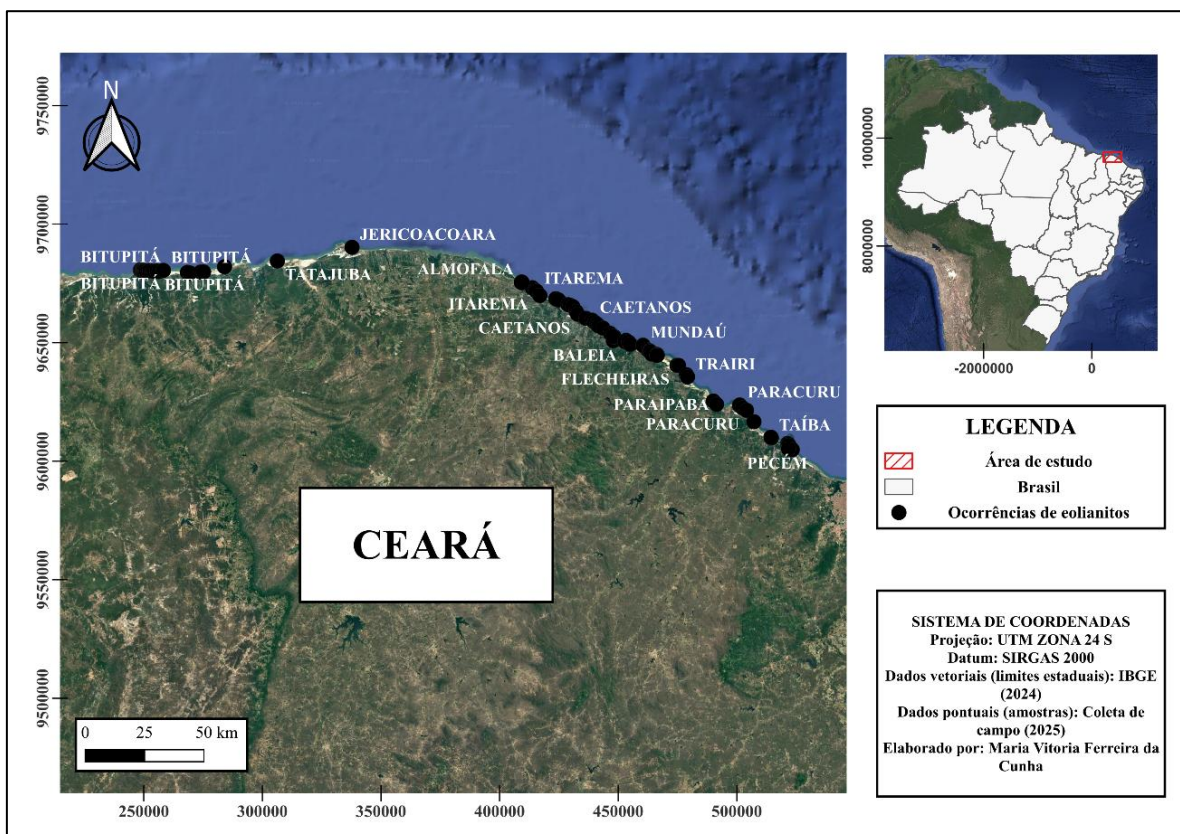
### **2.2 Objetivos Específicos**

1. Mapear as ocorrências de eolianitos ao longo da costa cearense;
2. Realizar descrição petrográfica dos eolianitos estudados.

### 3 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo analisa o litoral oeste do Ceará, no trecho compreendido entre a Praia de Bitupitá, localizada no município de Barroquinha (CE), e a Praia do Pecém, em São Gonçalo do Amarante (Mapa 2). Foram selecionados oito pontos de amostragem distribuídos em sete localidades: Bitupitá, Moitas, Caetanos, Baleia, Emboaca, Paraipaba e Pecém. A escolha desses pontos baseou-se no critério de viabilidade técnica para a análise petrográfica, priorizando afloramentos com grau de litificação adequado ao processo de confecção de lâminas delgadas. Cabe ressaltar que, no Pecém, foram analisados dois afloramentos distintos (Pecém e Cauípe), agrupados em uma mesma localidade devido à proximidade geográfica e similaridade de ocorrência.

Mapa 2 – Ocorrências de eolianitos no litoral oeste cearense



### 3.1 Características ambientais da área de estudo

Embora este trabalho foque no litoral oeste cearense, a análise ambiental leva em consideração as características da Plataforma Continental Semiárida brasileira. Essa abordagem justifica-se pelo fato de que a área de estudo é parte integrante desta plataforma, permitindo uma análise holística dos fatores ambientais que norteiam a dinâmica desse setor do litoral.

Alves *et al.* (2017) afirmam que a irregularidade das chuvas que ocorrem no semiárido está diretamente ligada ao comportamento das temperaturas da superfície do mar no Atlântico. Os mesmos autores ainda abordam que esse fenômeno possui influência da migração da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) e dos ventos alísios, que conseqüentemente garante a região períodos de estiagem que são alternados com anos onde a pluviosidade é normal ou abundante. Apesar da ZCIT influenciar fortemente o regime de chuvas regional, também é importante levar em consideração fatores globais, como o El Niño e La Niña, que atuam sobre a América do Sul (Molion; Bernardo, 2002) e afetam a pluviosidade de diferentes cidades cearenses.

A ZCIT não é o único fator que afeta o regime de chuvas nessa região, tendo em vista que os sistemas de brisa, vórtices ciclônicos de altos níveis e os distúrbios ondulatórios do Leste também são exemplos de fatores climáticos que impactam na pluviosidade regional (Ferreira; Melo, 2005). Esses processos possuem grande importância para o litoral do Ceará, pois eles influenciam o comportamento das paisagens da região semiárida do estado, além de também influenciar algumas bacias hidrográficas importantes, como as bacias dos rios Acaraú e Jaguaribe, fato já evidenciado por alguns autores, como Morais e Pinheiro (2011), Paula *et al.* (2009) e Miola (2017).

Tendo em vista que o nível das bacias hidrográficas está ligado ao regime de chuvas, o déficit hídrico encontrado nessas bacias altera os processos de produção, transporte e deposição dos sedimentos fluviais, o que resulta em uma menor chegada desse sedimento tanto na zona costeira quanto na plataforma continental adjacente (Pinheiro *et al.*, 2020). Apesar da grande quantidade de sedimentos siliciclásticos na zona costeira, a composição sedimentar da região não é exclusivamente siliciclástica, pois as oscilações na água dos rios que chegam à plataforma influenciam a formação de depósitos sedimentares mistos (Morais *et al.*, 2020). Neste contexto, os autores Testa e Bosence (1999) afirmam que a extensão das zonas de deposição carbonáticas na porção interna da plataforma depende de dois fatores, sendo eles a variação no regime de chuvas e as vazões das bacias hidrográficas. O litoral cearense integra

um sistema sedimentar que se estende de Touros (Rio Grande do Norte) à Parnaíba (Piauí), que tem um assoalho marinho caracterizado pela presença de sedimentos siliciclásticos e carbonáticos (Coutinho; Morais, 1970).

A plataforma continental semiárida apresenta feições submersas, que podem ser divididas em deposicionais consolidadas, inconsolidadas e erosivas, sendo as consolidadas representadas pelos beachrocks e as bioconstruções recifais, como apontado por Morais *et al.* (2020). O clima semiárido é um fator essencial para esta plataforma, refletindo-se no sistema costa-plataforma através de três fatores principais, tais como a existência de siliciclásticos recentes, o avanço de sedimentos carbonáticos para áreas rasas e a ocorrência de eolianitos ao longo da costa. Estando o litoral oeste do Ceará entre o Rio Grande do Norte e o Piauí, ele se apresenta como um reflexo da variabilidade do clima semiárido, sendo uma importante região para o entendimento de como o clima e outras variáveis ambientais moldam o ambiente costeiro (Morais *et al.*, 2020; Pinheiro *et al.*, 2020).

## 4 REFERÊNCIAL TEÓRICO

A presente seção traz o referencial teórico que norteou esta pesquisa, abordando alguns aspectos importantes relacionados aos eolianitos existentes no Estado do Ceará e o ambiente em que estão inseridos. Para tanto, foi realizada uma pesquisa referente aos seguintes temas: dunas do litoral cearense, geodiversidade terrestre e legislação ambiental.

### 4.1 Dunas do litoral cearense

Formadas pelo acúmulo de areia transportada pelo vento, as dunas costeiras são feições de relevo que diferenciam-se de acordo com o grau de estabilidade, podendo ser fixas, quando estabilizadas pela vegetação, móveis, quando possuem migração ativa, ou semifixas, quando ainda não estão completamente estabilizadas (Claudino-Sales, 2019). Diante da diversidade de formas dunares encontradas no estado, Maia (1998) propôs um modelo organizacional apresentando quatro gerações de dunas no litoral cearense, sendo elas, paleodunas, dunas parabólicas inativas, eolianitos e as dunas atuais. De acordo com Bezerra (2009), as paleodunas são a geração de depósitos eólicos mais antigas do litoral, ocorrendo abaixo de dunas móveis e fixadas pela vegetação, o que impede a ação de transporte eólico.

Em relação à composição terrígena dessas dunas, Maia (1998), afirma que o mineral predominante é o quartzo, com uma granulometria que varia de fina a média e seleção variando de bem a moderadamente selecionadas. No estado também podem ser encontradas as dunas parabólicas inativas, depósitos eólicos quartzosos e alongados, que estão suscetíveis à intensa fixação por vegetação arbórea (Maia, 1998). Na região nordeste de Fortaleza ocorrem as dunas parabólicas ‘grampo de cabelo’ (hairpin), que possuem sua estrutura mantida pela deflação na zona central e acúmulo na face da duna, o que permite a migração desse tipo de duna para o continente (Claudino-Sales, 2010). Um exemplo de dunas parabólicas pode ser encontrado em Jericoacoara, com essas dunas recobrimo falésias mortas e limitadas por canais estuarinos, estando fixadas por uma vegetação de porte arbóreo e arbustivo (Meireles; Raventos, 2002).

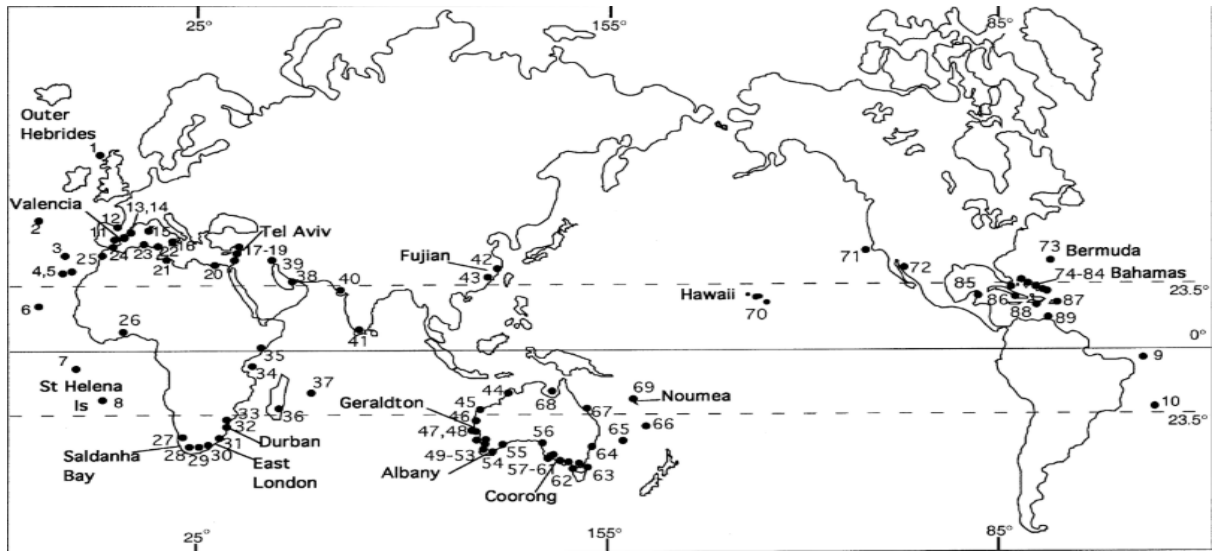
A região cearense também é caracterizada pela presença de dunas frontais, que conforme Hesp (1988) possuem cristas de areia que ficam localizadas paralelas à costa. As diferentes formas de dunas frontais estão relacionadas a alguns fatores, sendo alguns deles, o aporte de sedimentos arenosos, a recorrência da ação eólica/marinha e a cobertura vegetal (Silva *et al.*, 2008), tendo a cobertura vegetal a função de limitar o transporte de areia desses depósitos

eólicos (Hesp, 1983). Dunas barcanas são feições que possuem forma crescente, com capacidade de movimentação, formadas através da força eólica atuando em uma única direção e do baixo aporte sedimentar (Zaroubin, 2018). Essas formas dunares são bastante comuns no litoral cearense, podendo ser encontradas em Paracuru, Jericoacoara e Flexeiras (Carvalho; Maia; Dominguez, 2006).

Outra forma dunar existente na região cearense são as cristas barcanóides (Bachanoid Ridge), formadas pelos mesmos princípios das dunas barcanas, apesar de possuírem maior aporte sedimentar (McKee, 1979). Ademais, também é preciso levar em consideração a ocorrência de dunas transversais, depósitos eólicos com alinhamento perpendicular (transversal) à direção do vento predominante, possuindo uma crista contínua de linha reta (Martinho; Gianinni; Sawakuchi, 2003). Outro tipo de depósito eólico importante na região cearense são os lençóis de areia (sand sheets), que podem ser definidos como sedimentos arenosos que se movimentam, possuindo ondulações suaves e ausência de sobreposição dunar (Kocurek; Nielson, 1986).

Embora as dunas móveis demonstrem o dinamismo do litoral cearense, para o entendimento desse complexo ambiente é preciso olhar mais atentamente para os eolianitos, pois são componentes essenciais do litoral cearense. A nível mundial, segundo Brooke (2001), os eolianitos podem ser encontrados em muitos locais do globo (Mapa 3), contudo, tendem a ter suas maiores ocorrências em regiões pertencentes às latitudes 20° e 40°, no hemisfério Sul. De forma mais específica, o estudo aponta as maiores ocorrências de eolianitos na Oceania (Austrália), mesmo que também ocorram de forma considerável no Oriente Médio, América, Europa e Ásia.

Mapa 3 – Distribuição global dos eolianitos



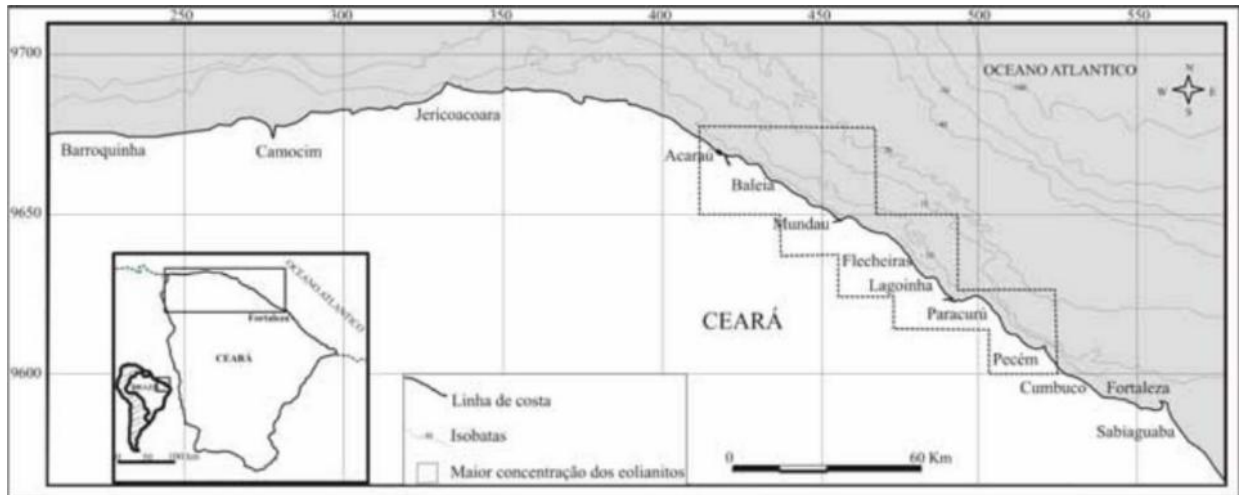
Fonte: Brooke, B. (p. 136, 2001)

Em uma perspectiva global, a Austrália possui as maiores ocorrências de eolianitos, estando mais significativamente nas suas costas Sul e Oeste (Brooke, 2001). Ainda segundo o autor, no Hemisfério Sul, a África do Sul traz ocorrências dessas rochas nas costas Sul e Leste, estendendo-se de Saldanha Bay a East London, juntamente com a região de Durban. Já no continente asiático, as maiores ocorrências são na Índia (Gujarat) e China (Fujian e Guangdong), havendo também registros no Oriente Médio, principalmente em Israel. Já na Europa, a presença de eolianitos pode ser observada na bacia do Mediterrâneo, com destaque para a Espanha. Ademais, também é importante citar a presença desses depósitos no continente americano, sendo encontrados principalmente nos Estados Unidos e no México (Brooke, 2001). Esta distribuição global tão abrangente é um forte indício de que esses lugares apresentam características ambientais que favorecem a formação dessas paleodunas, como ventos constantes e climas quentes (McKee; Ward, 1983).

Em um contexto brasileiro, a formação de campos dunares no Ceará, que também incluem os eolianitos por serem um tipo distinto de paleoduna, é influenciada por uma série de fatores, sendo um deles o climático. Com relação ao clima, o estado está localizado na zona subequatorial, possuindo um clima semiárido e grande variabilidade pluviométrica (Claudino-Sales, 1993). Já os ventos predominantemente vindos do Leste, a boa quantidade de sedimentos arenosos e a presença de praias dissipativas e intermediárias, são outros fatores que causam influência no desenvolvimento dos campos de dunas cearenses (Maia, 1998; Claudino-Sales,

2002). O Ceará é um estado com grande presença de eolianitos, abrangendo grande parte da costa noroeste (Mapa 4), que segundo Kowsmann *et al.* (1979), pode ser explicado pelo fato de o estado possuir uma plataforma interna (próxima à costa oeste) com grande quantidade de areias bioclásticas (Morais *et al.*, 2020; Pinheiro *et al.*, 2020).

Mapa 4 – Maiores ocorrências de eolianitos na costa noroeste do Ceará



Fonte: Claudino-Sales, V.; Carvalho, A. M.; Pedrosa, A. (p. 60, 2021)

A presença de eolianitos em solo cearense se dá pelas características da região (McKee; Ward, 1983), pois o estado possui um clima quente e seco, que é favorável para a proliferação de foraminíferos e algas vermelhas, responsáveis pela produção carbonática encontrada nos eolianitos (Brooke, 2001). Carvalho *et al.* (2008) afirmam que a formação dos eolianitos pode estar ligada a variações negativas do nível do mar no período Quaternário. Essas mudanças teriam favorecido a exposição dos sedimentos com elevada concentração de carbonato biogênico, sendo posteriormente transportados para a zona costeira e originando os campos de dunas com maior conteúdo em fragmentos carbonáticos.

Carvalho *et al.* (2008) também afirmam que quando os eolianitos finalizaram sua migração e foram estabilizadas, eles se tornam mais suscetíveis às chuvas e é nesse processo que ocorre a dissolução de parte de suas carapaças e outros compostos enriquecidos de carbonato ali existentes. Essa diluição enriquece a água que se infiltra na duna. Posteriormente, as altas temperaturas evaporam essa água e os carbonatos não voláteis acabam se cristalizando dentro do sedimento dunar, o que, com o passar do tempo, torna essa duna mais rígida e menos suscetível a erosão pela força eólica e outros agentes ambientais. Suguio (2003) define a cimentação como um processo que está associado à precipitação química de materiais que

causam o preenchimento dos espaços vazios de uma rocha, sendo comum em rochas conglomeráticas e areníticas, entrando em acordo com a cimentação apresentada pelas amostras de eolianitos estudadas. Neste interim, Folk (1974) afirma que os cimentos carbonáticos (responsáveis pela cimentação dos eolianitos) possuem minerais com hábitos que podem ser micríticos ou fibrosos.

## 4.2 Geodiversidade Terrestre

Para entender a importância de se preservar os eolianitos, antes é preciso entender o que é essa geodiversidade da qual eles fazem parte, que diferentemente da biodiversidade, não é tão conhecida, mas é igualmente importante. Tendo em vista que o termo geodiversidade é relativamente novo, sendo trazido pela primeira vez na Conferência de Malvern sobre Conservação Geológica e Paisagística, e tendo, atualmente 32 anos de existência, não é de se estranhar que ele não seja amplamente conhecido (Gray, 2004). Mesmo que a geodiversidade compreenda os fatores abióticos, isso não a torna menos relevante para a sociedade. Sua importância está presente desde o início, visto que o ser humano sempre precisou condicionar seu desenvolvimento a alguns fatores, como por exemplo disponibilidade de alimento, abrigo, disponibilidade de matéria prima para suas construções e clima (Brilha, 2005).

De acordo com Gray (2004), um dos principais pesquisadores sobre geodiversidade e responsável por publicar o primeiro livro que teve esse assunto como tema central, denominado *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature*, todos os elementos que compõem a geodiversidade devem ser protegidos e devidamente gerenciados, pois possuem grande valor e estão sofrendo ameaças constantes por causa da atividade humana desordenada. O mesmo autor também discorre sobre o valor da geodiversidade para o ambiente natural, categorizando esse valor como: intrínseco, cultural, estético, econômico, funcional, científico e educacional. De modo similar, Sharples (2002) sintetiza a valoração da natureza abiótica em apenas três eixos: ecológico, intrínseco e humano.

Nesse contexto, a preservação dos eolianitos do litoral oeste cearense justifica-se por ser possível enquadrá-los como elementos representativos dessa geodiversidade discutida por Gray (2004) e Sharples (2002). Sabendo que esses litotipos são registros da história climática e costeira da região, esses depósitos eólicos ultrapassam a função de componentes da paisagem litorânea do Ceará, incorporando os valores científicos, estéticos e funcionais propostos por Gray (2004). Diante da importância que os fatores abióticos exercem para a

sociedade (Brilha, 2005), a preservação dos eolianitos torna-se vital, especialmente por serem elementos que sofrem impactos das atividades humanas (Gray, 2004).

### **4.3 Legislação ambiental do Estado do Ceará**

Visto que a Lei nº 13.796, de 30 de junho de 2006 institui a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro e o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro, além de estabelecer outras providências, sua regulamentação foi de grande importância para os eolianitos cearenses. A declaração dos eolianitos como áreas de preservação permanente foi essencial para a manutenção desses litotipos e para os estudos geológicos a elas relacionados, tendo em vista que segundo a referida lei,

Sem prejuízo da proteção estabelecida pelo art.2º, da Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, código Florestal e demais legislações específicas, declaram-se de preservação permanente, no âmbito do território do Estado do Ceará, nos termos do inciso I, do art. 1º c/c art. 3º, da Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, as áreas ocupadas pelos eolianitos ou cascudos e pelas falésias vivas, definidos nos termos dos incisos VII e XIV, do art. 3º, da presente Lei (Ceará, 2006, cap. V, art. 14).

A presente lei pode ser encontrada no livro *Legislação ambiental cearense* traz todas as leis que tratam sobre o meio ambiente dentro do território do Estado do Ceará, estando a Lei nº 13.796, de 30 de junho de 2006 dentro do compilado de leis trazidas pela obra.

## **5 METODOLOGIA**

O processo metodológico deste estudo foi dividido em etapas, iniciando com a elaboração de uma pesquisa bibliográfica detalhada e a elaboração de uma base cartográfica. Posteriormente foi feita uma coleta em campo e confecção e análises de lâminas delgadas.

### **5.1 Análise bibliográfica e elaboração de base cartográfica**

Para a realização da análise bibliográfica de temas pertinentes ao presente estudo, foram pesquisados diversos artigos, monografias e dissertações que discorrem sobre aspectos geológicos e geoambientais, fornecendo subsídios para a elaboração deste trabalho.

A base cartográfica foi elaborada no software QGIS (Quantum Geographic Information System), um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os procedimentos metodológicos para o geoprocessamento e a organização dos dados seguiram as orientações propostas por Oliveira (2023), conforme descrito nas etapas a seguir. O primeiro passo para a criação da base cartográfica foi a escolha da área de estudo (litoral oeste do Ceará), além da seleção de imagens que foram submetidas ao processamento.

Dentro do QGIS, primeiramente foi escolhido um sistema de referência de coordenadas (SRC), que para esse projeto foi utilizado o Datum (Sistema de Referência) SIRGAS (Sistema de Referências Geocêntrico para a América do Sul) 2000, além do UTM (Universal Transversa de Mercator) Zone 24S, que foi o fuso de coordenadas da área de estudo. Depois dessa configuração inicial, foram selecionadas as camadas raster que foram georreferenciadas. A última etapa foi a criação da feição vetorial, com a camada raster feita anteriormente como base.

### **5.2 Observação de campo**

A etapa de campo concentrou-se em 8 praias, selecionadas a partir do mapeamento prévio de todas as ocorrências de eolianitos identificadas no litoral oeste cearense. Enquanto o mapeamento em ambiente SIG buscou abranger a totalidade de ocorrências da área de estudo, a etapa de campo teve como objetivo reconhecer e coletar amostras em 7 localidades (oito

pontos distintos): Bitupitá, Moitas, Caetanos, Baleia, Emboaca, Paraipaba e Pecém (incluindo o afloramento de Cauípe). Esses oito afloramentos (Quadro 1) foram coletados para a confecção de lâminas delgadas, servindo como pontos de validação para a confirmação das informações observadas remotamente.

Quadro 1 – Identificação das amostras coletadas

AMOSTRAS	LOCAIS	COORDENADAS
AC - 1	Praia de Bitupitá	x: 250285 y: 9680441
AEM-1	Praia de Moitas	x: 422582 y: 9668382
AIC - 1	Praia de Caetanos	x: 432340 y: 9663107
BA-3-2	Praia da Baleia	x: 455156 y: 9649362
A16	Praia de Emboaca	x: 465316 y: 9645440
PLSA-1	Praia da Lagoinha (Paraipaba)	x: 483733 y: 9630464
P11-AE-6	Praia do Pecém	x: 521842 y: 9605216
P7	Praia do Cauípe	x: 522798 y: 9605615

Fonte: Elaborado pela autora (2026)

### 5.3 Análise laboratorial

A terceira etapa consistiu na confecção de lâminas delgadas das amostras de eolianitos que foram coletadas na etapa de campo, para que fosse possível realizar a descrição composicional dessas rochas.

### ***5.3.1 Confeção e análise petrográfica de lâminas delgadas***

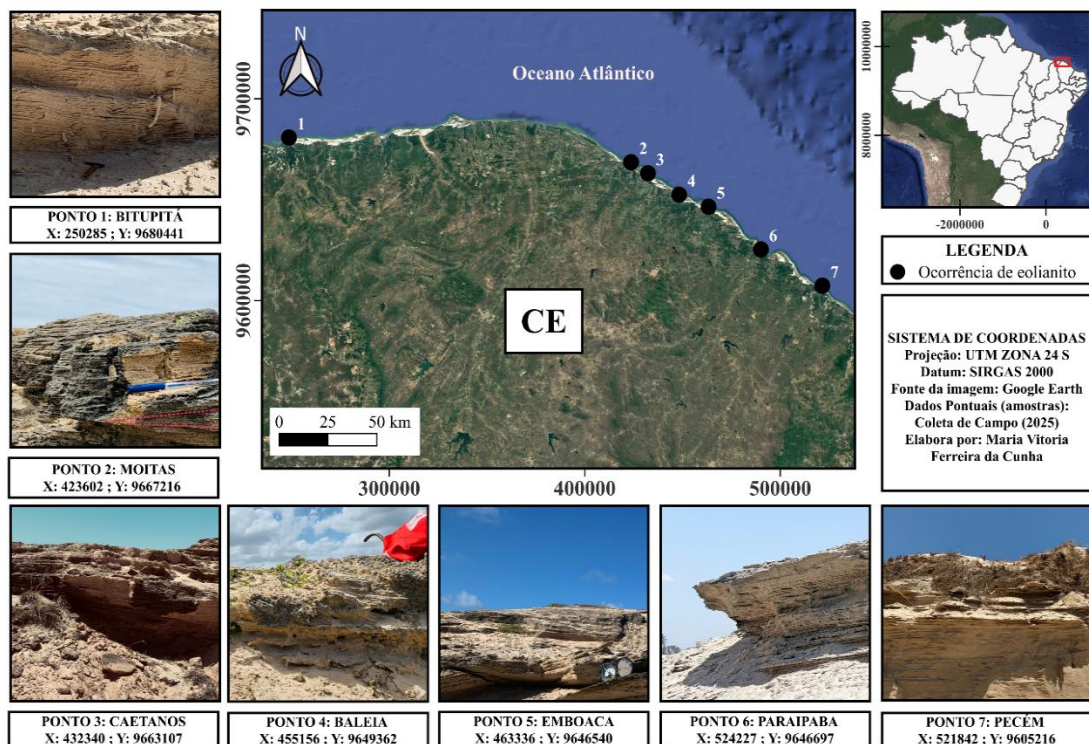
Os eolianitos selecionados para a confecção de lâminas delgadas foram submetidos a uma preparação em duas etapas, consistindo no preparo das amostras e na confecção das mesmas. O processo de confecção das lâminas de eolianitos utilizadas neste estudo foi realizado no Laboratório de Laminação do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA). Considerando a friabilidade das amostras de eolianito coletadas, as etapas de preparação tiveram como objetivo aumentar sua resistência, permitindo a confecção das lâminas. Inicialmente as amostras foram colocadas em uma chapa aquecedora para retirar a umidade dessas rochas. Posteriormente, as amostras foram colocadas em uma solução de resina EPOXI CY-250 e álcool isopropílico, para serem levadas para uma capela com exaustão por, em média 18 horas. Após o período de secagem, as amostras foram submetidas a um lixamento que buscou nivelar uma de suas faces para ser laminada. Depois do nivelamento da face que foi escolhida para laminação, as amostras foram devidamente identificadas. Em seguida, foram tirados os excessos e a espessura da mesma foi nivelada, utilizando uma serratriz-desbastadora. Para finalizar, as lâminas foram limpas e embaladas.

A análise das mesmas ocorreu no Laboratório de Microscopia Eletrônica (LME), localizado no Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará (UFC), seguindo os critérios de descrição e classificação petrográfica propostos por Dunham (1962). No laboratório foram identificados os minerais através de suas características ópticas, e os bioclastos a partir de comparação com bibliografias especializadas. Em seguida foram fotografados vários setores das lâminas seguindo o mesmo trajeto da contagem e o mesmo número de pontos ao longo de toda a lâmina delgada, iniciando em uma extremidade da amostra e se direcionando à extremidade oposta e repetindo esse processo de acordo com as características de cada amostra. Posteriormente, o conjunto de fotografias referente a cada amostra foi analisado no Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG), localizado no LABOMAR (Instituto de Ciências do Mar), da Universidade Federal do Ceará, quando foram refeitas as contagens de pontos, mas desta vez envolvendo a contagem de forma mais detalhada e abrangendo todo o foco das fotografias.

## 6 RESULTADOS

Esta seção detalha a análise petrográfica dos depósitos eólicos do litoral oeste cearense, demonstrando a variabilidade composicional desses eolianitos. A distribuição espacial das amostras analisadas está representada no mapa 5.

Mapa 5 – Amostras de eolianitos submetidas à confecção em lâmina delgada



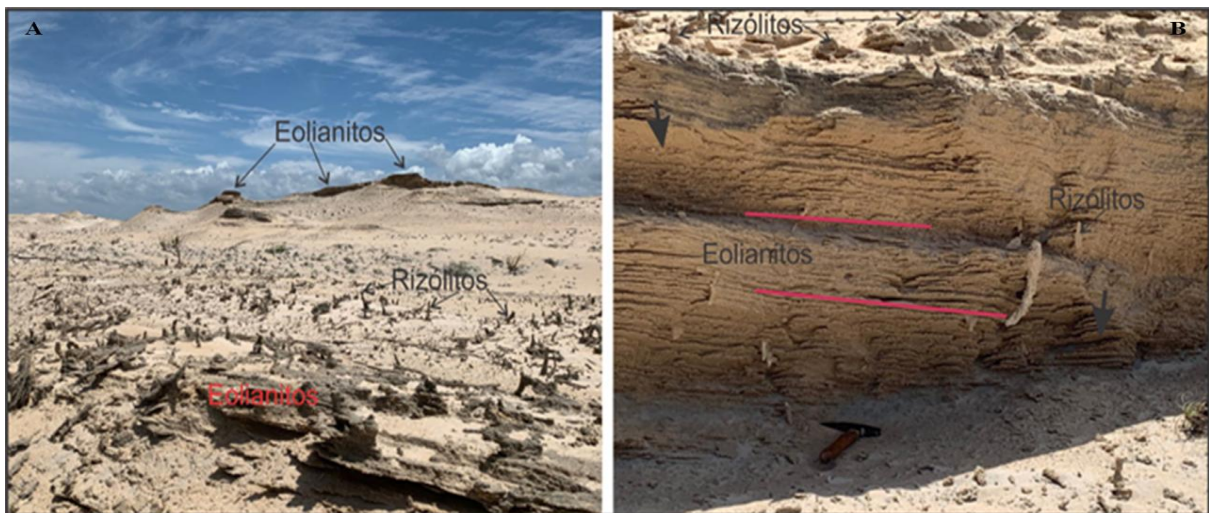
### 6.1 Petrografia

A análise petrográfica das amostras, realizada sob objetiva de 10x, evidenciou uma composição marcada pela predominância de constituintes terrígenos e uma presença considerável de fragmentos biogênicos. Como observado nas micrografias obtidas sob nicóis cruzados (luz polarizada cruzada) e nicóis descruzados (luz polarizada plana), nota-se ainda uma cimentação carbonática que litificou os componentes encontrados.

### 6.1.1 Eolianitos na Localidade de Bitupitá (Barroquinha)

No trecho entre Camocim e o município de Barroquinha, há afloramentos de eolianitos na forma de plataformas descontínuas alongadas e com mergulho no sentido ENE-WSW, exibindo morfologias ruiformes e tipo yardang (Figura 1A). Semelhantemente às ocorrências de outros trechos costeiros, essas rochas apresentam uma predominância de estratificações plano-paralelas e cruzadas tangenciais de baixo e alto ângulos de mergulho (Figura 1A e B). Destaca-se a presença de raízes litificadas (Figura 1A e B).

Figura 1 – Eolianitos de Bitupitá



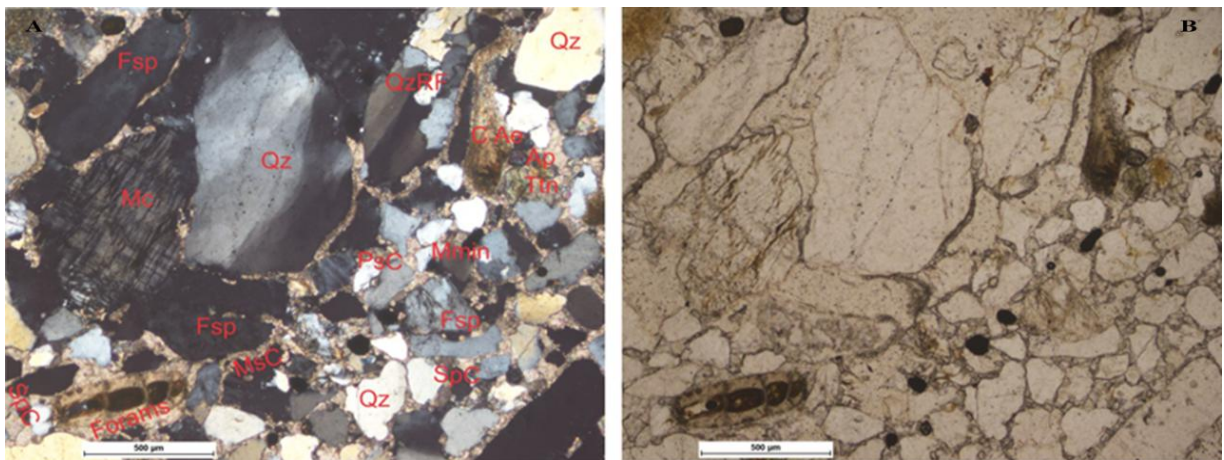
Fonte: Alexandre Medeiros de Carvalho

Legenda: A) Plataformas tabulares inclinadas para WSW e presença de raízes litificadas B) Estratificações plano-paralelas e presença de raízes litificadas nos eolianitos.

Ao microscópio (Figura 2) a amostra AC-1, exibe um arenito laminado, onde laminações finas se alternam com médias e grossas cimentadas por carbonato de cálcio. Nessa amostra as laminações das frações grossas estão comumente orientadas e sustentadas em matriz fina a média. Os grãos, com diâmetros entre 0,060 até 1,200 mm, são subangulosos e de média esfericidade e variam de bem a moderadamente selecionados, estando predominantemente flutuando no cimento, mas exibindo raros contatos tangenciais, normalmente separados por cimento carbonático. O cimento representa cerca de 20,59% da amostra, apresentando uma granulometria que varia de 5,00 a 200,00  $\mu\text{m}$ , correspondendo a predominantemente pseudoespático e espático, e secundariamente microespático.

No geral, a rocha exibe uma composição de grãos representada por cerca 73,32% de terrígenos, distribuídos entre 39,12% de quartzo, 19,38 % de feldspatos, distribuídos entre microclina, feldspato potássico e plagioclásio, variando de bem preservados a muito alterados. Essa rocha também apresenta 1,70% de fragmentos de rochas quartzíticas e 0,18% de micas (biotitas e muscovitas) e 12,94% de minerais pesados. Também apresenta um conteúdo de 6,09% de bioclastos distribuídos entre algas coralíneas (3,05%), foraminíferos (0,23%), moluscos (0,53%) e bioclasto de taxonomia não evidente (2,28%).

Figura 2 – Fotomicrografia de eolianito em Bitupitá



Fonte: Alexandre Medeiros de Carvalho

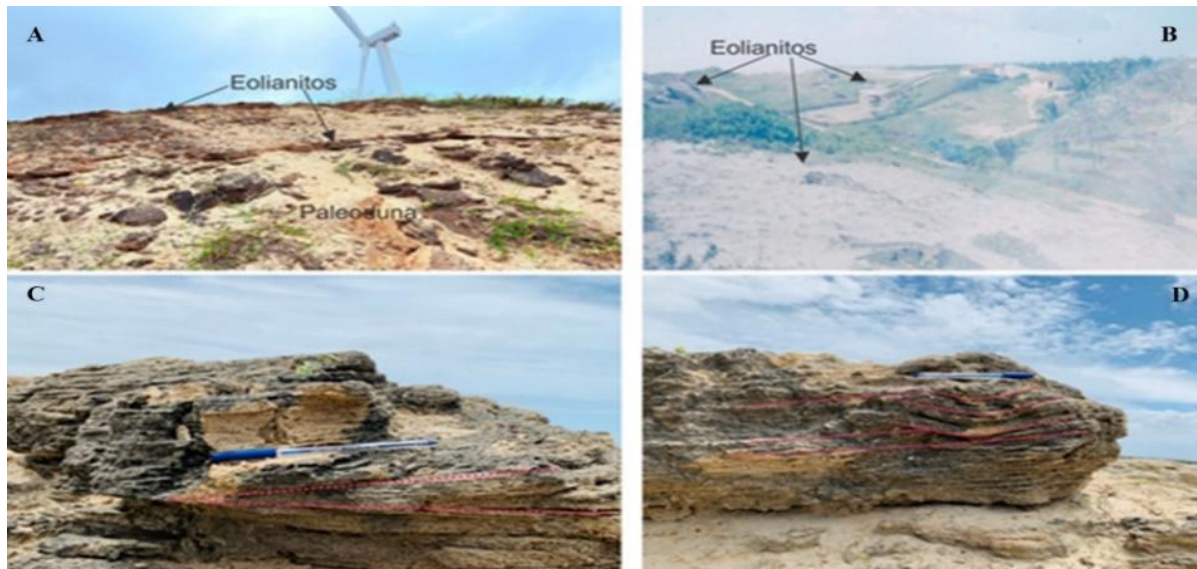
Legenda: A composição desta amostra é predominantemente formada por quartzo (Qz) e feldspatos (Fsp), além de minerais pesados, a exemplo de titanita (Ttn) e minerais máficos (Mmin). Também ocorrem muitos bioclastos, como algas coralíneas (CAe), moluscos (Mollusk) e foraminíferos (Forams).

### 6.1.2 Ocorrência de Eolianito na Localidade de Moitas

Os eolianitos da região estão assentados sobre depósitos de paleodunas e se distribuem descontinuamente em geometrias tabulares e/ou convexas (Figura 3A) que se alongam paralelamente à direção do vento. Nessa região, os afloramentos apresentam cristas frequentemente ocupadas por unidades habitacionais (Figura 3B). A erosão diferencial eólica escava vales de centenas de metros, separando as cristas de eolianitos no sentido SE-NW, exibindo morfologias do tipo yardang e ruiformes, com diversos desmoronamentos de suas bordas. Dominam as estratificações plano-paralelas, mas também se observam estratificações cruzadas tangenciais (Figura 3C) e acanaladas (Figura 3D). Em amostra de mão, a rocha

sedimentar exibe coloração cinza esbranquiçada e amarelada, sendo caracterizada como arenito estratificado, variando de friáveis a bem litificados, composto por laminações de arenito fino a grosso (Figura 3C e D).

Figura 3 – Eolianitos existentes na região de Moitas



Fonte: Alexandre Medeiros de Carvalho

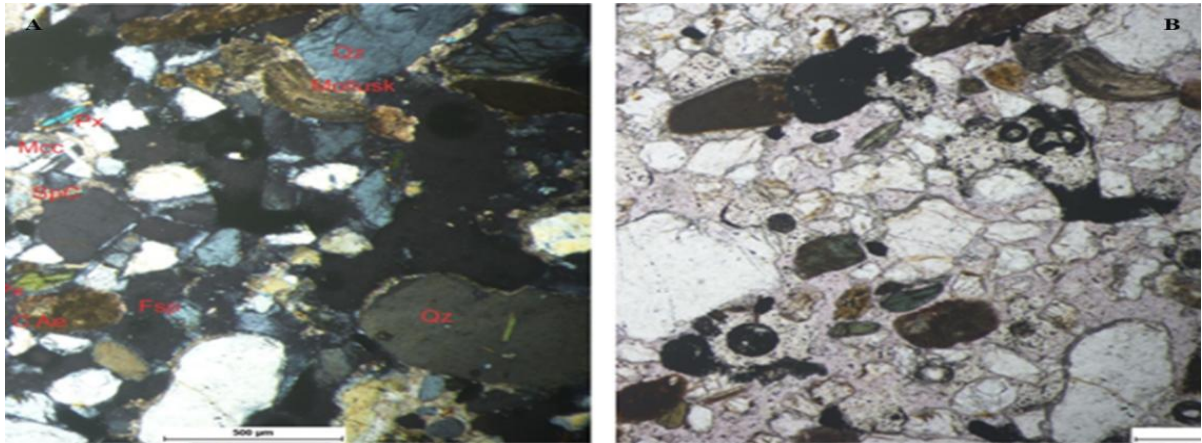
Legenda: A) Exibição de plataformas tabulares alongadas convexas B) Cristas alongadas convexas ocupadas por construções C) Detalhe de afloramento de eolianito exibindo estratificação plano-paralela e cruzada tangencial D) Pequena estratificação acanalada.

Ao microscópio (Figura 4), a rocha corresponde a um arenito estratificado e com grãos orientados, com granulometria predominantemente média, mas com fácies mais grossas e com ocorrência de grãos com diâmetros entre 0,060 até 1,200 mm, variam de pobre a moderadamente selecionado. Os grãos são subangulosos e de baixa a média esfericidade, mergulhados no cimento micrítico de composição carbonática e com raros contatos tangenciais, normalmente separados por cimento carbonático. São cimentados por carbonato de cálcio com tamanho variando de 5,00 a 125,00  $\mu\text{m}$ , correspondendo a cerca de 22,21% da amostra. O cimento varia de predominantemente espático e microespático.

Exibe uma composição de grãos representada por cerca 69,49% de terrígenos, distribuídos entre 28,06% quartzo, 22,72% de feldspatos, distribuídos entre microclina, feldspato subarcósio e plagioclásio, variando de bem preservados a muito alterados, além de 17,86% de minerais pesados. Essa rocha também apresenta 0,77% de fragmentos de rochas

quartzíticas e 0,07% de micas (biotitas e muscovitas). O conteúdo de 8,30% de bioclastos e carapaças carbonáticas de organismos se distribuem entre algas coralíneas (6,34%), foraminíferos (0,38%), moluscos (0,25%) e bioclasto de taxonomia não evidente (1,34%).

Figura 4 – Fotomicrografia de eolianito em Moitas



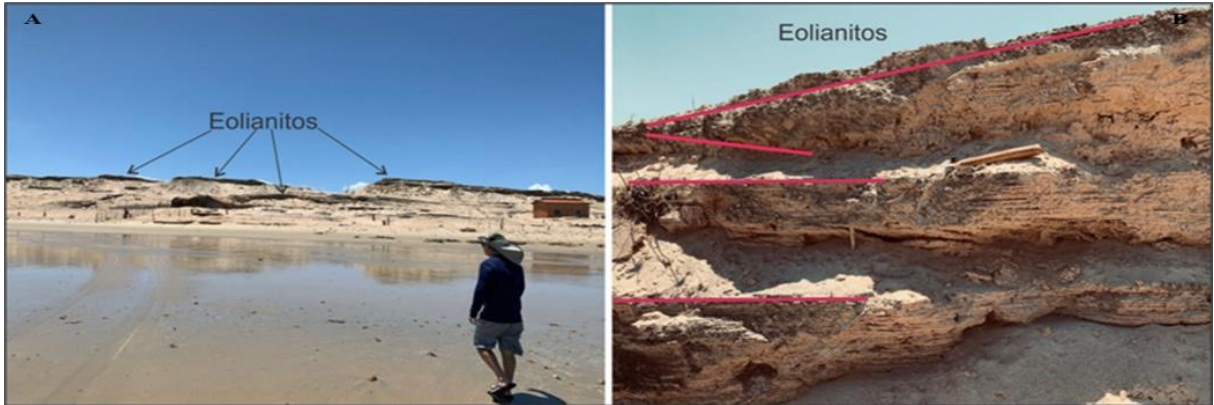
Fonte: Alexandre Medeiros de Carvalho

Legenda: Fotomicrografia com e sem nicois cruzados, respectivamente à esquerda e direita. Mostra uma composição predominantemente formada por quartzo(Qz) e feldspatos (Fsp), a exemplo de microclina (Mc) e plagioclásio (Pl), e minerais pesados (Hm), além de algas coralinas (CAe) e moluscos (Mollusk). O cimento nesta seção é predominantemente espático (SpC) e secundariamente microespático (MsC).

### **6.1.3 Ocorrência de Eolianitos na praia de Caetanos (Amontada)**

Em Caetanos os eolianitos se distribuem descontinuamente na forma de plataformas planas e ruiformes desde o limite geográfico entre a praia da Baleia. Formam plataformas alongadas no sentido do vento, onde a erosão diferencial eólica escava vales no sentido SE-NW, resultando em plataformas alongadas resultantes de até 115 m de comprimento, por 30 m de largura e espessura aparente de mais de 2 m para cada patamar, e exibindo baixa inclinação para SE (Figura 5A e B). Em amostra de mão, a rocha sedimentar exibe coloração cinza esbranquiçada, sendo caracterizada como arenito estratificado, variando de friáveis a bem litificados, composto por laminações de arenito fino a grosso.

Figura 5 – Ocorrências de eolianitos em Caetanos



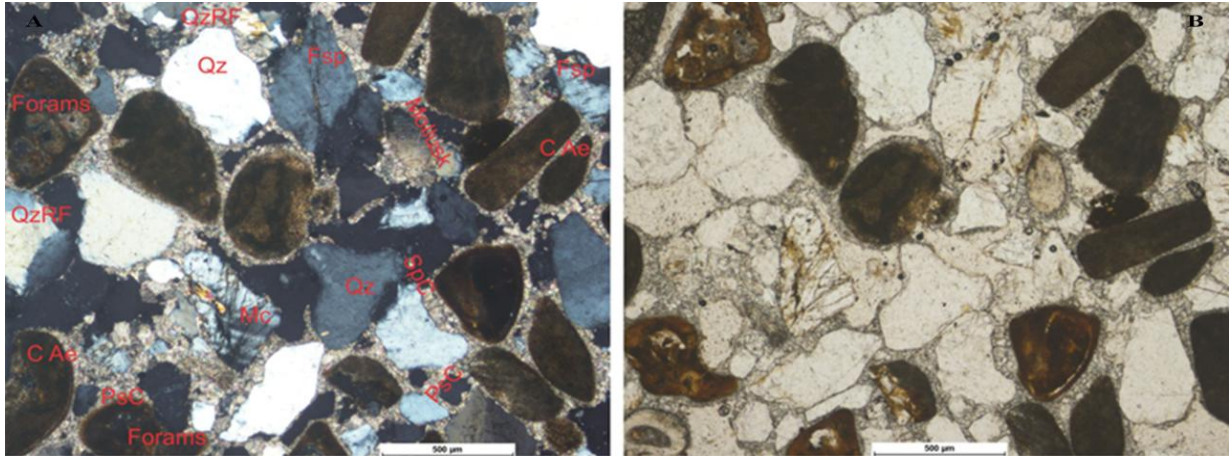
Fonte: Alexandre Medeiros de Carvalho

Legenda: A) Exibição de plataformas tabulares inclinadas para SE, formando morfologias yardang B) Detalhe da estratificação plano-paralela dos eolianitos.

Ao microscópio (Figura 6), a rocha corresponde a um arenito estratificado e com grãos orientados, com granulometria predominantemente média, mas com fácies mais grossas e com ocorrência de grãos com diâmetros entre 0,060 até 1,200 mm, variam de pobre a moderadamente selecionado. Os grãos são subangulosos e de baixa a média esfericidade, predominantemente flutuando no cimento e com raros contatos tangenciais, normalmente separados por cimento carbonático. São cimentados por carbonato de cálcio com textura variando de 5,00 a 150,00  $\mu\text{m}$ , correspondendo a cerca de 23,25% da amostra. O cimento varia de predominantemente espático e pseudoespático e secundariamente microespático.

Exibe uma composição de grãos representada por cerca 56,80% de terrígenos, distribuídos entre 36,14% quartzo, 17,26% de feldspatos, distribuídos entre microclina, feldspato potássico e plagioclásio, variando de bem preservados a muito alterados. Essa rocha também apresenta 2,06% de fragmentos de rochas quartzíticas e 0,10% de micas (biotitas e muscovitas) e 1,25% de minerais pesados. Também apresenta um conteúdo de 19,95% de bioclastos distribuídas entre algas coralíneas (12,70%), foraminíferos (2,32%), braquiópode (0,45%), moluscos (0,54%) e bioclasto de taxonomia não evidente (3,93%).

Figura 6 – Fotomicrografia da amostra coletada em Caetanos



Fonte: Alexandre Medeiros de Carvalho

Legenda: Composição dominadamente formada por quartzo (Qz) e feldspatos (Fsp) e fragmentos de rochas quartzíticas (QzR), minerais pesados (Hm), além de algas coralinhas (CAe), moluscos (Mollusk) e foraminíferos (Forams). O cimento nesta seção é dominadamente pseudoespático (PsC) e espático (SpC) e secundariamente microespático (MsC).

#### **6.1.4 Ocorrência de eolianitos na localidade de Baleia (Itapipoca)**

Na região, os eolianitos ocorrem em vários trechos de forma descontínuas, geralmente desenvolvendo plataformas tabulares, exibindo erosão diferencial ruiforme, geralmente formando morfologias do tipo yardang e zeugen, anteriormente observadas por Claudino-Sales (2002). Em campo, os arenitos apresentam uma coloração cinza amarelada, e as estruturas sedimentares mais comuns são plano-paralelas formadas por laminações de arenitos mais finos separados por outros mais grossos, além estratos cruzados tabulares, tangenciais e acanalados (Figura 7A). Observa-se que o afloramento da figura 7 experimentou processo erosivo entre os anos 2001 e 2021, resultando na perda do estrato superior esquerdo, além de outras partes (Figura 7B).

Figura 7 – Afloramento exibindo erosão em Baleia

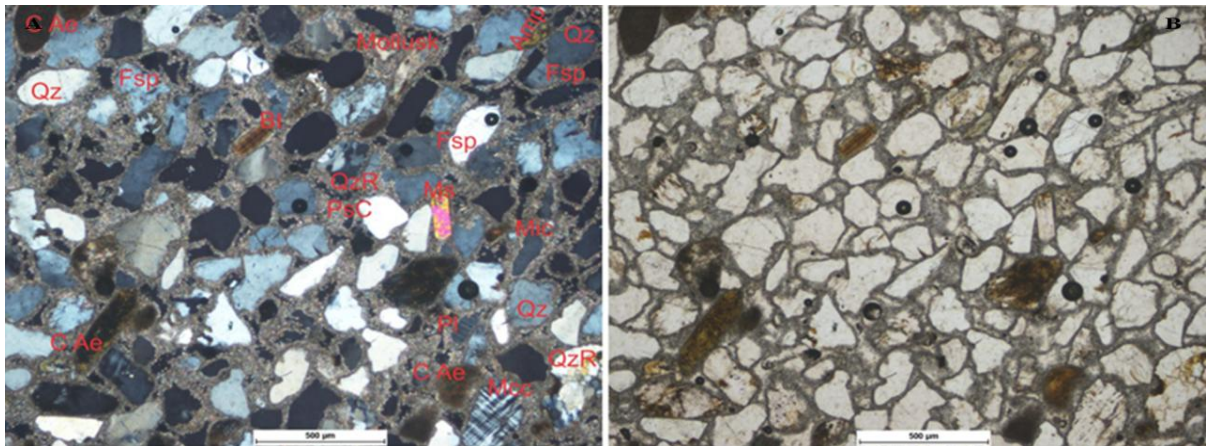


Fonte: Alexandre Medeiros de Carvalho

Legenda: A) No afloramento em 2001, se observa estratificações cruzadas tangenciais e acanaladas bem visíveis. B) Em 2021 o afloramento perdeu o estrato superior esquerdo (pontilhado) e algumas outras partes frontais e do topo, além das estruturas se tornarem mais difíceis de serem visualizadas.

Já o estudo petrográfico mostrou uma rocha laminada, com lâminas de grãos finos separados por grãos médios. No conjunto, essa lâmina mostra um arenito fino a médio, com tamanhos de grãos variando de 0,030 a 0,700 mm, litificados por cimento carbonático na proporção de 28,48% da amostra. Essa proporção de cimento se soma a um conteúdo de 71,51% de grãos divididos entre 50,48% de terrígenos e 21,03% de bioclastos. Analisando separadamente, as estratificações desenvolvidas por laminações formadas por grãos mais finos (Figura 8) corresponde a um arenito fino, bem selecionado, com grãos subangulosos e de média esfericidade, com grãos variando de 0,030 a 0,650 mm, que predominantemente flutuam no cimento. Neste caso a cimento varia de 2,0 a 40,0  $\mu\text{m}$ , sendo caracterizado como predominantemente micrítico (Mic) e pseudoespático (PsC), mas variando até esparito, correspondendo a cerca de 32,92% da amostra.

Figura 8 – Estrato de grulação fina em amostra de Baleia



Fonte: Alexandre Medeiros de Carvalho

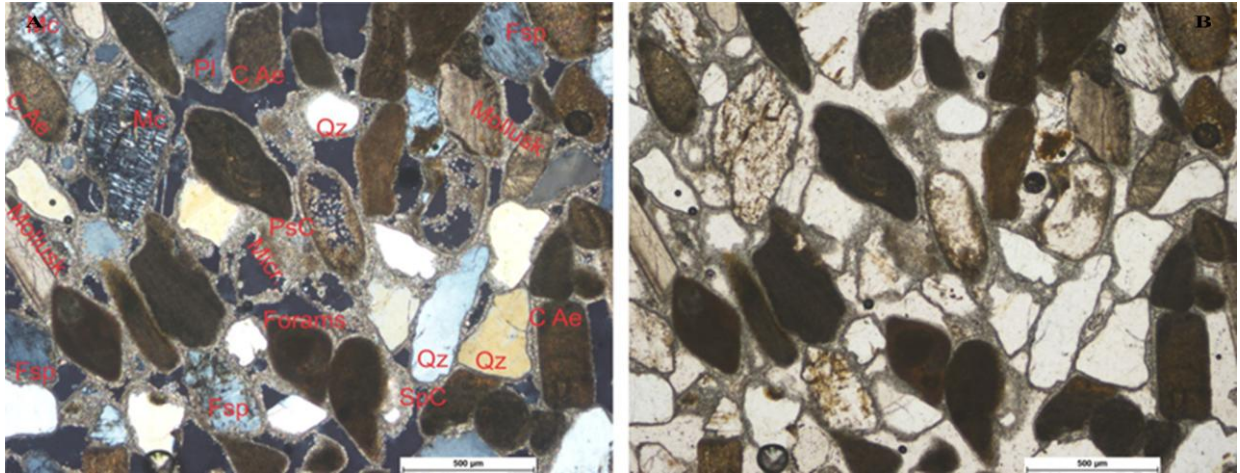
Legenda: Fotomicrografia com e sem nicois cruzados, respectivamente à esquerda e direita. Mostra uma composição dominadamente formada por quartzo (Qz), feldspatos (Fsp), a exemplo de microclina (Mc), micas, biotita (Bt) e muscovita (Mvita), Fragmentos de rocha quartzítica (QzR) e minerais pesados como anfibólio (Amp). Destaque para os bioclastos, entre os quais algas coralinas (CAe) e molusco (Mollusk), etc. O cimento nesta seção é dominadamente micrítico (Mcc), secundariamente variando de microespático (MsC), pseudoespático (PsC) e espático (SpC).

Exibe uma composição de grãos representada por cerca 57,63% de terrígenos, distribuídos entre 37,81% quartzo, 17,20% de feldspatos, distribuídos entre microclina, feldspato potássico e plagioclásio, variando de bem preservados a muito alterados. Essa rocha também apresenta 0,98% de fragmentos de rochas quartzíticas, 0,68% de micas (biotitas e muscovitas) e 0,98% de minerais pesados. Também apresenta um conteúdo de 9,45% de bioclastos e carapaças carbonáticas de organismos distribuídas entre algas coralíneas (6,13%), foraminíferos (0,68%), moluscos (1,06%) e bioclastos não identificáveis (1,59%).

Por outro lado, os estratos com laminações formadas por grãos mais grossos (Figura 9) corresponde a um arenito médio, bem selecionado, com grãos subangulosos e esfericidade variando de média a baixa, com grãos dominadamente flutuando no cimento e com raros contatos tangenciais. O cimento varia de 2,0 a 60,0 µm, caracterizado como um cimento variando entre micrítico até esparito, correspondendo a 26,06% da amostra. A textura grossa desta amostra demonstra uma composição de grãos representada por cerca 43,06% de terrígenos, correspondendo a 25,70% de quartzo, 14,60% de feldspatos, distribuídos entre microclina, feldspato potássico e plagioclásio, variando de bem preservados a muito alterados. Apresenta cerca de 1,81% de fragmentos de rochas quartzíticas, 0,34% de micas (biotitas e muscovitas) e 0,61% de minerais pesados. A proporção de bioclastos e carapaças carbonáticas de organismos corresponde a cerca de 30,88% da amostra, distribuídas entre algas coralíneas

(20,86%), foraminíferos (2,09%), moluscos (3,16%), equinodermas (0,27%), braquiópodes (0,13%) e bioclasto de taxonomia não evidente (4,37%).

Figura 9 – Estrato de textura média em amostra de Baleia



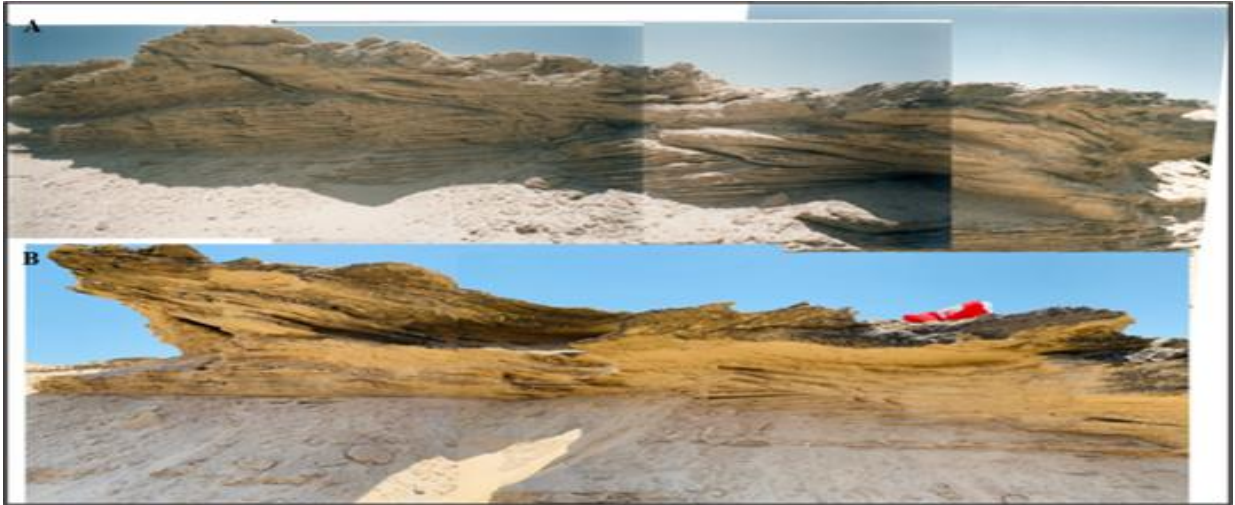
Fonte: Alexandre Medeiros de Carvalho

Legenda: Fotomicrografia evidenciando uma composição formada por quartzo (Qz) e feldspatos (Fsp), destaque para microclina (Mc), e grande volume de bioclastos, entre os quais algas coralinas (CAe), molusco (Mollusk) e foraminíferos (Forams). O cimento nesta seção se divide entre micrítico (Mcc), microespático (MsC), pseudoespático (PsC) e espático (SpC).

### 6.1.5 Ocorrência de Eolianitos na localidade de Emboaca (Trairi)

No trecho de Emboaca, os eolianitos se apresentam como uma plataforma com cerca de 80m de extensão (Figura 10), parcialmente contínua, com superfície inclinada para NE e espessura aparente de cerca de até 6m. A rocha exhibe coloração cinza e amarelada, e estratificação com uma tênue orientação dos grãos, sendo caracterizada como arenito grosso com níveis de grãos variando de 0,7 até 1,1 mm. Sua superfície exhibe erosão ruiforme (Figura 10A e B). As estruturas sedimentares são do tipo cruzada plano paralela e cruzadas angulares e acanaladas. O acompanhamento da evolução do afloramento em face das intempéries naturais entre 2001 e 2021 (Figura 10B), mostra um desgaste acentuado de partes do afloramento, bem como a tombamento de blocos à medida que perdem sustentação devido a erosão em sua base.

Figura 10 – Desgaste erosivo entre 2001 e 2021 de eolianito em Emboaca



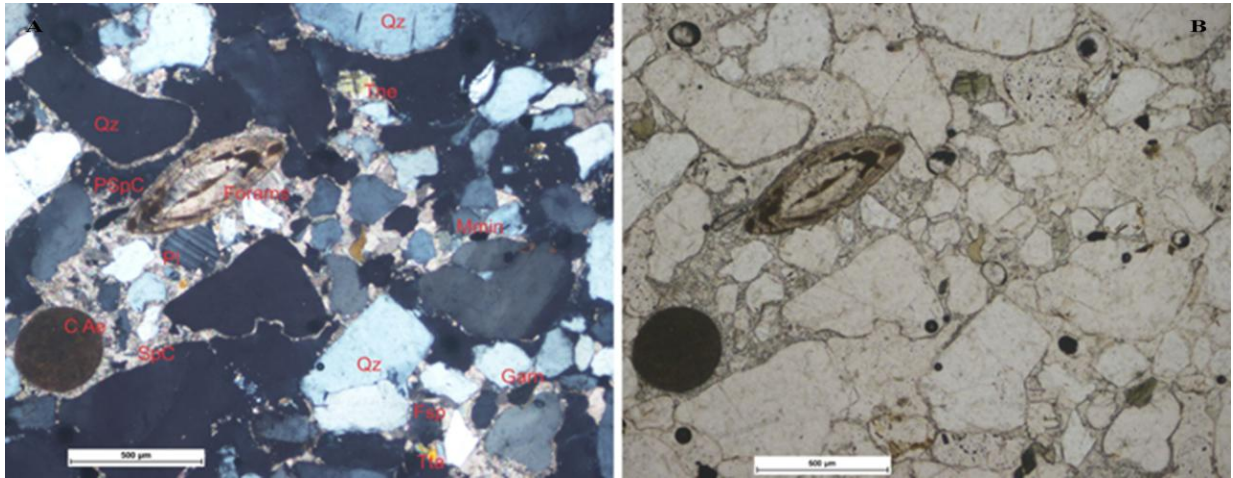
Fonte: Alexandre Medeiros de Carvalho

Legenda: A) Eolianitos com processo erosivo ruíniforme, desenvolvendo morfologia yardang/zeugen, exibindo seqüências de estratificações cruzadas plano paralelas e acanaladas. B) Afloramento em 2021, mostrando processo de desgaste erosivo entre 2001 e 2021.

Em análise petrográfica (Figura 11), a amostra corresponde a um arenito médio a grosso, moderadamente selecionado, cimentado por carbonato de cálcio. Os grãos são subangulosos e de média esfericidade, predominantemente flutuando na matriz/cimento e com raros contatos tangenciais, com os grãos predominantemente e separados por cimento carbonático, variando de 5,0 a 150  $\mu\text{m}$ , sendo caracterizado como um cimento variando de microspático a espático granular e eventuais aciculares envoltas dos grãos, correspondendo a cerca de 23,56% da amostra.

A rocha apresenta uma composição de grãos representados por cerca 70,80% de terrígenos, distribuídos entre de cerca 36,42% de quartzo, 23,40% de feldspatos, distribuídos entre microclina, feldspato potássico e plagioclásio, variando de bem preservados a muito alterados. Essa rocha também apresenta 1,76% de fragmentos de rochas quartzíticas e 0,57% de micas (biotitas e muscovitas) e 8,65% de minerais pesados. A proporção de fragmentos e carapaças carbonáticas de organismos corresponde a cerca de 5,63%, distribuídas entre, algas coralinas (2,90%), foraminíferos (0,45%), equinoderma (0,17%), bivalves (0,06 %) e bioclasto de taxonomia não evidente (2,05%).

Figura 11 – Fotomicrografia de eolianito em Emboaca



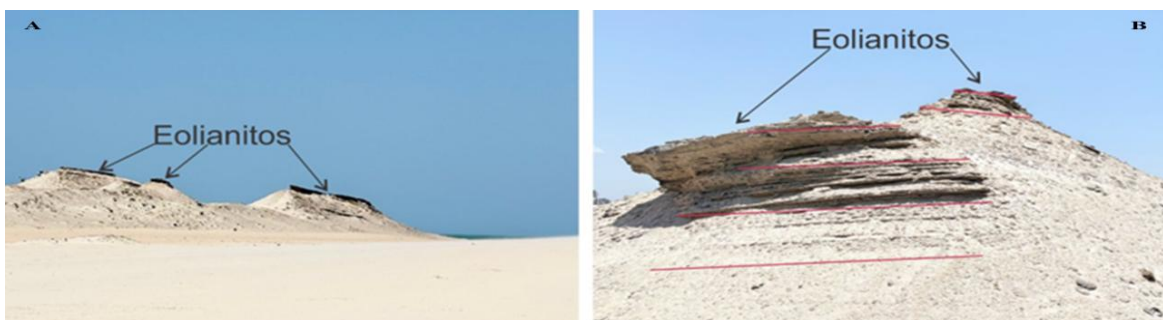
Fonte: Alexandre Medeiros de Carvalho

Legenda: Fotomicrografia com e sem nicois cruzados, respectivamente à esquerda e direita. Mostra uma composição predominantemente formada por quartzo (Qz) e feldspatos (Fsp), com plagioclásio bem preservado (Pl), além de fragmentos de rochas quartzíticas (QzR) e muscovita (Mvita) e minerais pesados, a exemplo de turmalina (Tne), titanita (Tta) e minerais máficos (Mmin), bem como bioclastos, entre os quais foraminíferos (Forams) e algas coralinas (CAe). O cimento microespático (MsC) e pseudoespático (PsC).

### 6.1.6 Ocorrência de Eolianito na localidade de Paraipaba

Os afloramentos estudados estão localizados entre as embocaduras do Rio Curu e Capim Açú. Os afloramentos desse trecho costeiro exibem erosão diferencial de um campo de dunas mais amplo. Apresentam seqüências de leitos exibindo estratificação plano-paralela, com mergulho para N, E e SE (Figura 12A e B). São plataformas tabulares, exibindo morfologia yardang alongada segundo a direção do vento (Figura 12A). A amostra selecionada para análise petrográfica apresenta coloração cinza, estratificada e parcialmente friável (Figura 12B).

Figura 12 – Afloramento de eolianitos em Paraipaba



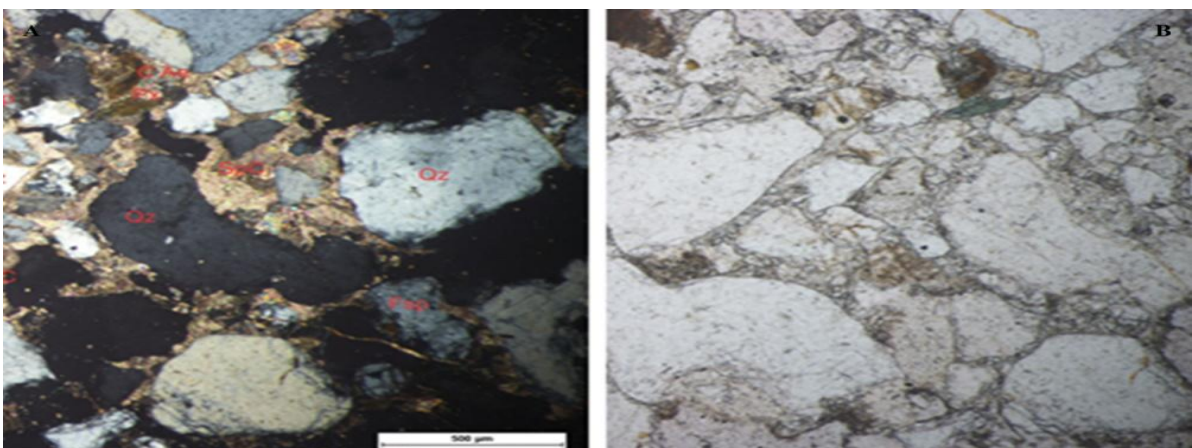
Fonte: Alexandre Medeiros de Carvalho

Legenda: A) Sequência de afloramentos paralelos de eolianitos resultantes de erosão diferencial gerando morfologia yardang inclinadas para N, E e SE; B) Afloramento exibindo estratificação plano-paralela e tangencial.

Em lâmina (Figura 13) a rocha corresponde a um arenito grosso, variando de bem a moderadamente selecionado, cimentado por carbonato de cálcio. Os grãos são subangulosos e de média esfericidade, predominantemente flutuando na matriz/cimento e com raros contatos tangenciais separados por cimento carbonático que varia de 10,0 a 150,0  $\mu\text{m}$ , caracterizado como um cimento variando entre predominantemente pseudospático e espático granular equidimensional e eventualmente acicular no entorno dos grãos, correspondendo a cerca de 20,64% da amostra.

Exibe uma composição de grãos formada por cerca 69,33% de terrígenos, distribuídos entre 34,66% de quartzo, 26,60% de feldspatos, distribuídos entre microclina, feldspato potássico e plagioclásio, variando de bem preservados a muito alterados. Essa rocha também apresenta 3,49% de fragmentos de rochas quartzíticas e de bioconstruções recifais, 3,92% de minerais pesados, a exemplo de titanita, piroxênios e minerais máficos, além 0,65 de micas. A proporção de fragmentos e carapaças carbonáticas de organismos corresponde a cerca de 10,13%, distribuídas entre algas coralinas (7,85%), moluscos (0,65%) e bioclasto de taxonomia não evidente (1,53%).

Figura 13 – Eolianito de Paraipaba visto em fotomicrografia



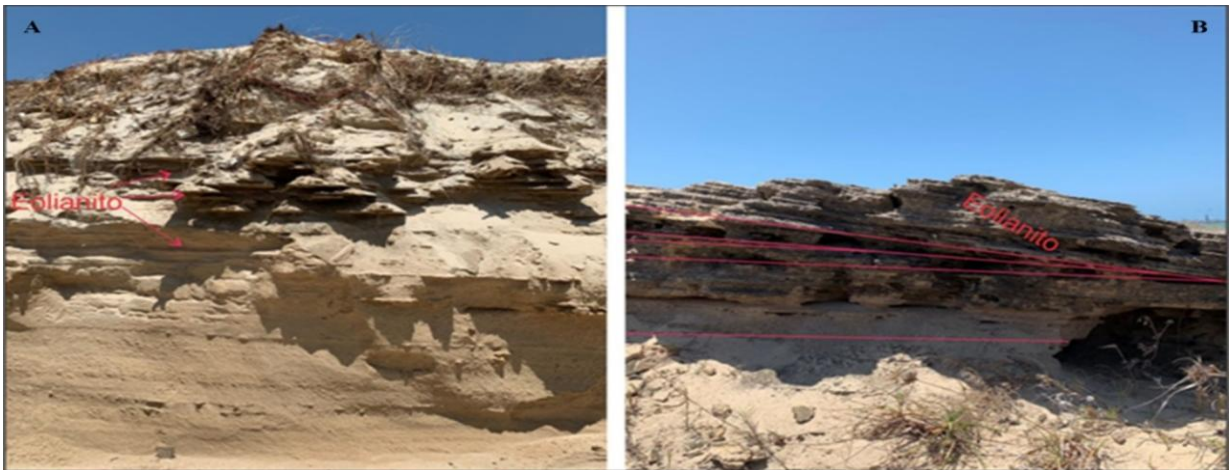
Fonte: Alexandre Medeiros de Carvalho

Legenda: Fotomicrografia com e sem nicóis cruzados, respectivamente à esquerda e direita. Mostra uma composição predominantemente formada por quartzo (Qz) e feldspatos (Fsp), além de fragmentos de rochas quartzose (QzR) e minerais pesados, a exemplo de piroxênios (Px), bem como bioclastos, a exemplo de algas coralinas (CAe), cimentados principalmente por cimento pseudoespático (PsC).

### 6.1.7 Ocorrências de eolianitos na localidade de Pecém

O afloramento está localizado próximo ao Porto do Pecém, sendo formado por uma sequência de leitos estratificados com granulometria aparente variando de média a fina. Corresponde a uma plataforma tabular e morfologia yardang com cerca de 20 m de comprimento, 5 de largura e uns 2 m de espessura (Figura 14), com a camada superficial apresentando mergulhos de 6 a 13 NE. A amostra selecionada para análise petrográfica apresenta coloração cinza, estratificada e bem litificada.

Figura 14 – Eolianitos observados no Pecém



Fonte: Alexandre Medeiros de Carvalho

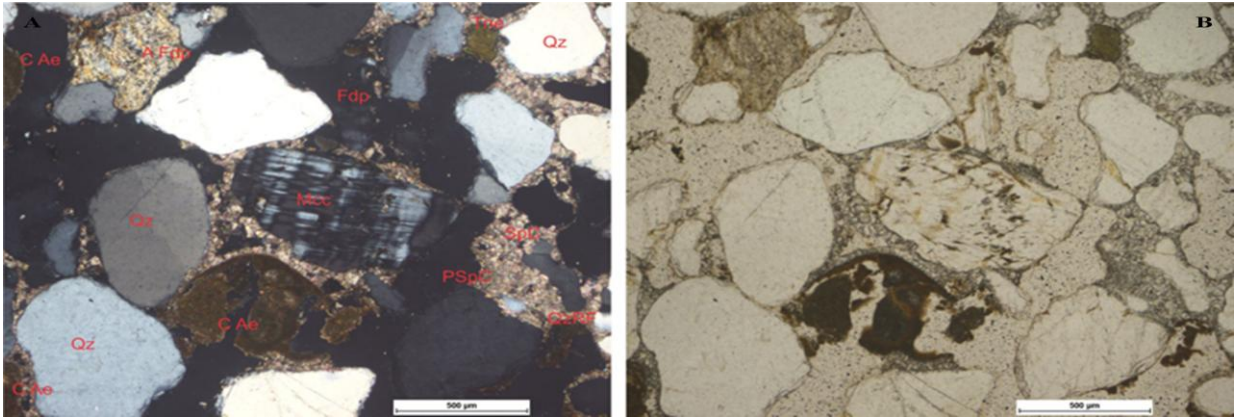
Legenda: A) Afloramento de estratos de eolianito na face da falésia na praia B) Afloramento de eolianito exibindo uma morfologia tipo yardang, formando uma sequência de estratos laminados horizontais a sub-horizontais, sobrepostos por uma sequência de estratos cruzados de baixos ângulos, variando de 6 a 13NE.

Em lâmina (Figura 15) a rocha corresponde a um arenito médio, variando de bem a moderadamente selecionado, cimentado por carbonato de cálcio. Os grãos são subangulosos e de baixa esfericidade, predominantemente flutuando na matriz/cimento e com raros contatos tangenciais separados por cimento carbonático que varia de 10,0 a 200,0  $\mu\text{m}$ , caracterizado como um cimento variando entre predominantemente pseudospático e espático granular equidimensional e eventualmente acicular no entorno dos grãos, correspondendo a cerca de 22,96% da amostra.

Exibe uma composição de grãos formada por cerca 72,05% de terrígenos, distribuídos entre 52,32% de quartzo, 14,95% de feldspatos, distribuídos entre microclina, feldspato potássico e plagioclásio, variando de bem preservados a muito alterados. Essa rocha também apresenta 3,09% de fragmentos de rochas quartzíticas e 1,69% de minerais pesados, a

exemplo de titanita. A proporção de fragmentos e carapaças carbonáticas de organismos corresponde a cerca de 4,98%, distribuídas entre algas coralinas (4,88%) e bioclastos não identificáveis (0,10%).

Figura 15 – Fotomicrografia de eolianito encontrado no Pecém



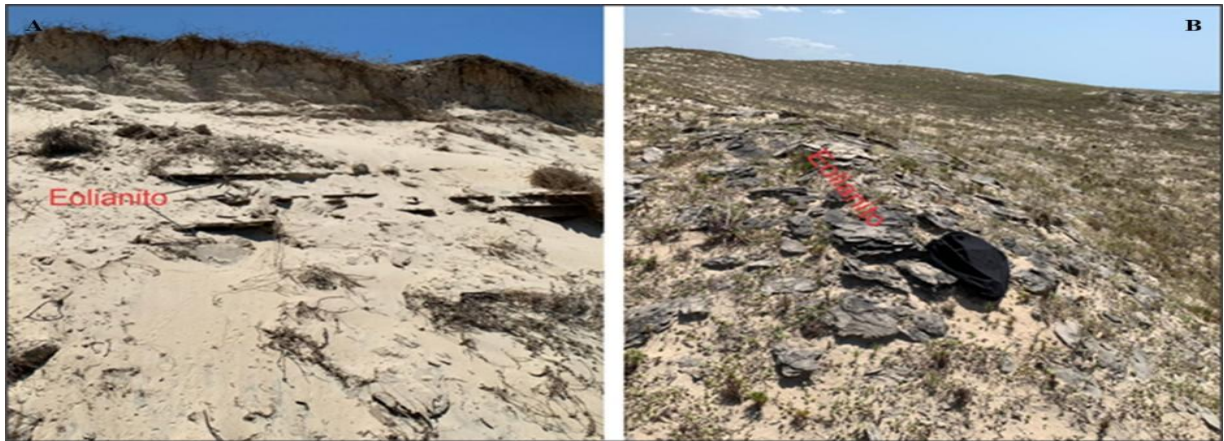
Fonte: Alexandre Medeiros de Carvalho

Legenda: Fotomicrografia com e sem nicois cruzados, respectivamente à esquerda e direita. Mostra uma rocha de composição predominantemente formada por quartzo (Qz) e secundariamente por feldspatos (Fsp), a exemplo de microclina (Mc) e fragmentos de rochas quartzíticas (QzR) e minerais pesados, a exemplo de titanita (Ttn), além alga coralina (CAe), cimentada predominantemente por cimento pseudoespático (PsC) e espático (SpC) granular equidimensional.

### **6.1.8 Ocorrência de eolianitos na localidade de Cauípe (Pecém)**

Os eolianitos no trecho próximo ao estuário do Rio Cauípe formam estruturas rochosas tabulares, bastante erodidas posicionadas sobre campos de antigas dunas frontais e recobertas por sedimentos de dunas frontais atuais (Figura 16). Apresentam estratificações plano-paralela sem aparente variação significativa da granulometria, e cuja amostra selecionada para análise petrográfica apresenta coloração cinza e textura aparentemente homogênea.

Figura 16 – Eolianitos encontrados na localidade de Cauípe



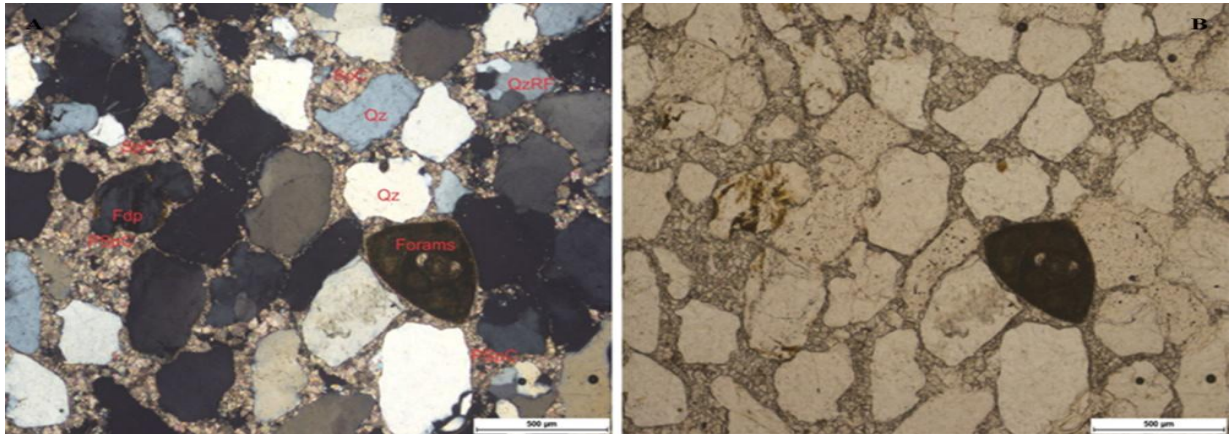
Fonte: Alexandre Medeiros de Carvalho

Legenda: A) Sequência de estratos de eolianitos mostrando estrutura laminar aflorando na face de uma falésia esculpadas nas dunas frontais; B) Afloramento de eolianitos no trecho de dunas frontais.

Em lâmina (Figura 17), a rocha corresponde a um arenito estratificado de granulometria média bem selecionado, com grãos variando de 0,08 a 1,5mm, cimentados por carbonato de cálcio variando de 4,0 a 125,00  $\mu\text{m}$ , correspondendo a cerca de 25,31% da amostra. O cimento é caracterizado como variando entre predominantemente pseudoespático, principalmente no contato com os grãos, e espático, mais afastado dos grãos, o que converge para precipitação. Os grãos são subangulosos e de média esfericidade, predominantemente flutuando na matriz/cimento e com raros contatos tangenciais, mas quase sempre separados pelo cimento carbonático.

A rocha exibe uma composição de grãos representada por cerca 73,59% de terrígenos, distribuídos entre 55,05% de quartzo, 13,90% de feldspatos, distribuídos entre microclina, feldspato potássico e plagioclásio, variando de bem preservados a muito alterados. Essa rocha também apresenta 4,41% de fragmentos de rochas quartzíticas e 0,22% de minerais opacos. A proporção de bioclastos corresponde a cerca de 1,10%, distribuídas basicamente entre algas coralinas (0,55%), foraminíferos (0,11%), moluscos (0,11%) e bioclasto de taxonomia não evidente (0,33%).

Figura 17 – Fotomicrografia de eolianito da região de Cauípe



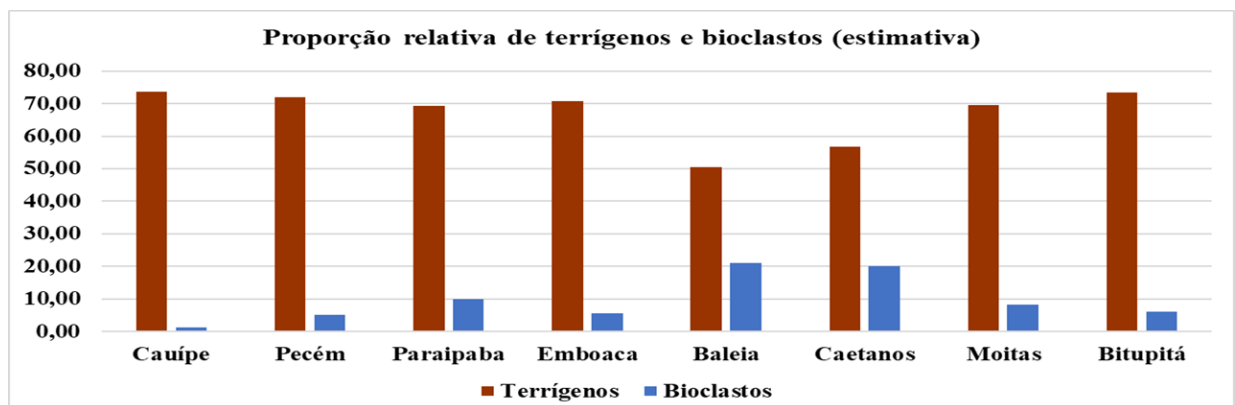
Fonte: Alexandre Medeiros de Carvalho

Legenda: Foto de lâmina com e sem nicóis cruzados, respectivamente à esquerda e direita. Exibe uma composição predominantemente formada por quartzo (Qz) e feldspatos (Fdp) e fragmentos de rochas quartzíticas (QzR). Também se observa foraminíferos (Forams) e o cimento é predominantemente pseudoepitaxial (PsC) principalmente no contato com os grãos e espático (SpC) mais afastado dos grãos.

## 6.2 Descrição quantitativa dos componentes composicionais

Como é possível observar no gráfico 1, os componentes terrígenos foram a fração majoritária na constituição das amostras analisadas. A análise quantitativa indica uma variação considerável, com valores que oscilam entre 43,06% e 73,56%. Essa elevada presença de terrígenos mostra a forte influência do aporte continental na composição dessas rochas.

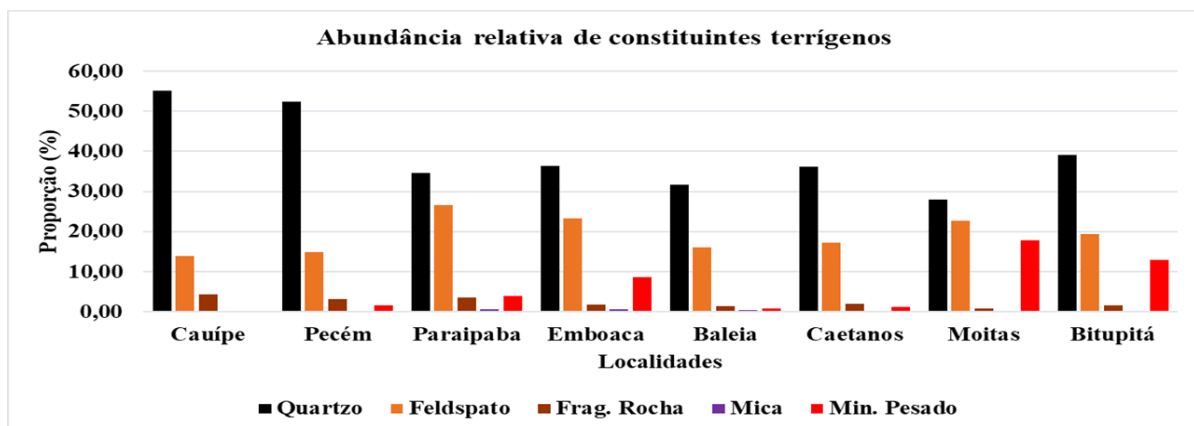
Gráfico 1 – Proporção relativa de terrígenos e bioclastos



Fonte: Elaborado pela autora (2026)

A composição da fração terrígena (Gráfico 2), mostra a forte predominância do quartzo, que se apresenta como o constituinte mineral mais abundante em todas as amostras, variando de 25,70% a 55,05% e representando em média 39,19% dos grãos encontrados. Juntamente com o quartzo também ocorreram, em menores proporções, outros componentes, como feldspatos (representados de forma geral no gráfico, embora tenham sido identificados diferentes tipos, como o feldspato potássico), além de fragmentos de rocha, minerais pesados e algumas micas.

Gráfico 2 – Abundância relativa de constituintes terrígenos

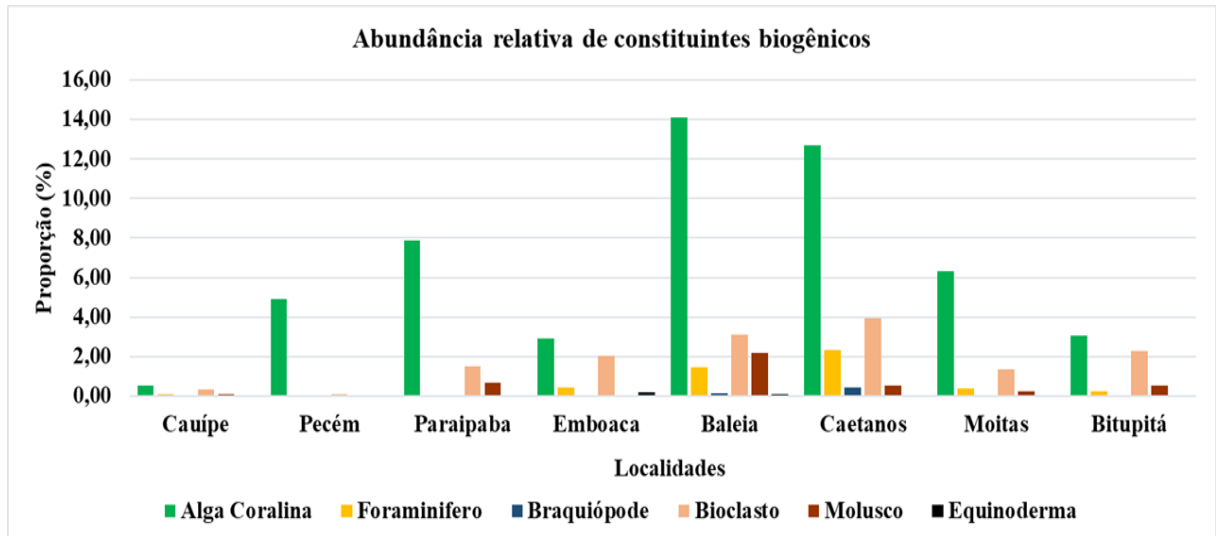


Fonte: Elaborado pela autora (2026)

Já os componentes bióticos (Gráfico 3) apresentaram uma presença marcante de algas coralinas, que apresentaram uma média total de 7,01% e variação de 0,55% a 20,86%, sendo este organismo o mais predominante nas amostras analisadas. Além das algas coralinas, também foram encontrados fragmentos de moluscos (bivalves/gastrópodes), foraminíferos bentônicos, equinodermas e braquiópodes, que mesmo em menor quantidade são importantes para a caracterização do ambiente ao qual esses depósitos eólicos estão/estavam submetidos.

Apesar das amostras apresentarem maior predominância de terrígenos, os componentes bióticos tiveram maior amplitude de variação entre os três grupos (terrígeno, biogênico e cimento) de componentes analisados, com alguns trechos do litoral apresentando valores mínimos como 1,10%, e outros atingindo valores de 30,88%. Esse fato evidencia a heterogeneidade do aporte biogênico no litoral oeste cearense.

Gráfico 3 – Abundância relativa de constituintes biogênicos



Fonte: Elaborado pela autora (2026)

## 7 DISCUSSÃO

Os eolianitos analisados neste estudo possuem uma grande presença de estruturas tabulares que sofrem significativa erosão diferencial, resultando na ocorrência de morfologias do tipo yardang e ruiformes. Em locais como Caetanos, Moitas e Paraipaba, observou-se que essas plataformas são alongadas e seguem a direção preferencial do vento, que na região é de E-NE, evidenciando o registro de paleocorrentes. É preciso destacar que o processo erosivo também esculpiu formas de relevo do tipo zeugen, principalmente na localidade de Baleia. Tais feições corroboram as observações de Claudino-Sales (2002), reforçando a recorrência dessas morfologias nos eolianitos ao longo do litoral cearense.

A estratificação plano-paralela foi bastante encontrada nessas rochas, estando presente em todas as ocorrências, desde Cauípe até Bitupitá. Essa característica, somada à ocorrência de estratificações cruzadas, reforça que a gênese desses depósitos foi a partir da migração e estabilização de antigos campos de dunas. Também é preciso levar em consideração a existência de eventos paleoclimáticos (raízes litificadas) em Bitupitá, característica também identificadas por Carvalho *et al.* (2008) em seu estudo.

A comparação temporal entre os anos de 2001 e 2021 revelou que os eolianitos de Emboaca e Bitupitá encontram-se em acelerado processo de degradação, o que pode ser observado evidências de vulnerabilidade costeira. Essa fragilidade observada nesses eolianitos pode ser causada pela variação na litificação dessas rochas, tendo em vista que, segundo Claudino-Sales, Carvalho e Pedrosa (2021), a alternância entre porções mais resistentes e friáveis facilita a ação erosiva, seja fluvial ou eólica. No caso dos eolianitos estudados, a agressividade da dinâmica costeira também é um fator que pode ter potencializado a erosão em apenas 20 anos.

Apesar desses eolianitos compartilharem origem semelhante, eles exibem variações consideráveis de textura e litificação, com algumas amostras variando de arenitos finos a grossos e com litificação que vai desde extremamente bem litificadas (como em Pecém) a parcialmente friável (como em Paraipaba), sugerindo diferentes intensidades nos processos de cimentação diagenéticas. Contudo, essa friabilidade pode ser acentuada pelo intemperismo químico e mecânico, que favorece a dissolução do cimento carbonático e a degradação dos grãos, reduzindo a resistência da rocha a ação eólica. A coloração também sofreu variações, com o cinza sendo predominante, mas também ocorrendo tons de amarelo e esbranquiçado, o

que pode sugerir diferentes constituintes mineralógicos na composição desses eolianitos analisados.

A análise das lâminas delgadas trouxe informações importantes sobre a composição dos eolianitos estudados. Os grãos terrígenos, compostos predominantemente por quartzo e feldspatos, foram os componentes dominantes em todas as amostras estudadas. Apesar da significativa presença desses minerais, a fração terrígena apresentou uma proporção variável, com os maiores teores sendo encontrados em localidades como Cauípe (73,59%), Bitupitá (73,32%) e Pecém (72,05%), enquanto os menores valores foram encontrados em Caetanos (56,80%) e a fração fina de Baleia (57,63%), com destaque para a fração grossa dessa mesma amostra, onde os terrígenos representaram somente 43,06% do valor total e foram o menor valor encontrado.

Diferentemente do observado por Carvalho *et al.* (2008), ao afirmar que os eolianitos cearenses são marcados pela mistura de areias ricas em quartzo, foi perceptível através da análise em lâmina que a quantidade de quartzo variou ao longo da costa, com algumas localidades apresentando um teor elevado, como Cauípe (55%) e Pecém (52%), enquanto outras regiões trouxeram valores menores, como em Moitas, com apenas 28,06%. Desta forma, não é perceptível nessas amostras uma predominância absoluta de quartzos, mas sim a presença significativa do quartzo juntamente com a expressiva participação de outros grãos, como feldspatos e minerais pesados, que unidos garantem a elevada quantidade de constituintes terrígenos.

Além dos constituintes terrígenos, os componentes bióticos, que tiveram as algas coralinas como seu maior representante em quase todas as amostras, também apresentaram variação, sendo ela a mais significativa entre os principais grupos de constituintes composicionais dos eolianitos estudados (Cimento, Terrígeno, Biótico). Quando se trata de componentes bióticos, a amostra da Praia da Baleia se destaca, com 30,88% de bioclastos em sua camada mais grossa. A localidade de Caetanos também apresentou um valor significativo, com 19,95% de bioclastos. Em contrapartida, Cauípe e Pecém apresentaram os menores valores entre todas as amostras, com 1,10% e 4,98%, respectivamente. A abundância de fragmentos biogênicos nas amostras da Praia da Baleia e de Caetanos sugere uma influência marinha mais acentuada nessas áreas ou uma disponibilidade superior de sedimentos carbonáticos.

A variação na quantidade de bioclastos observada nas amostras reflete a distribuição das fácies sedimentares na plataforma continental do Ceará, pois a fácies de areia bioclástica possui maior abrangência entre as regiões de Barroquinha e Amontada, cobrindo a plataforma interna, média e externa (Vital; Dias; Bastos, 2021). Essa grande disponibilidade de material

biogênico no sedimento da plataforma cearense é o principal responsável pelos elevados teores de bioclastos encontrados nos eolianitos da Praia da Baleia (30,88%) e Caetanos (19,95%), visto que nessa área da plataforma existe maior quantidade de fragmentos biogênicos para serem transportados. Em contrapartida, no setor entre Amontada e São Gonçalo do Amarante, a ocorrência de areias bioclásticas é menor, limitando-se à plataforma interna, em uma profundidade de 10 a 15 metros (Vital; Dias; Bastos, 2021). Essa redução na presença de areias bioclásticas refletiu-se na composição dos eolianitos de Pecém e Cauípe, que apresentaram as menores proporções de bioclastos do estudo, com 4,98% e 1,10%, respectivamente, o que evidencia um “empobrecimento” biogênico nessas rochas e um gradiente de aumento da presença de bioclásticos na direção de leste a oeste.

A predominância de organismos biogênicos nos eolianitos da região oeste deste estudo (setor de Bitupitá) corrobora a tese de Aguiar Neto *et al.* (2014), ao apontarem que a sedimentação da plataforma oeste possui alta predominância de bioclastos, o que indica um aumento desses constituintes à medida que se avança para oeste em relação ao Porto do Pecém. A caracterização petrográfica dos eolianitos presentes no setor oeste apresenta as associações carbonáticas comumente descritas na literatura para a plataforma continental cearense. Embora estudos realizados na plataforma leste (Freire *et al.*, 2007) apontem a existência de cinco associações carbonáticas principais, incluindo algas coralinas, foraminíferos e biodetritos, os dados petrográficos deste trabalho evidenciam que esses constituintes carbonáticos da plataforma leste também podem ser encontrados no setor oeste. Tendo em vista que os foraminíferos, moluscos e algas foram encontrados em quase todas as amostras analisadas, com exceção de Paraipaba e Pecém, é perceptível uma homogeneidade na composição carbonática desses dois setores da plataforma continental cearense.

Ao longo da área estudada foi possível observar algumas variações que merecem destaque, como a diferença de textura e teores composicionais no eolianito de Baleia, onde existe uma clara diferença entre as frações finas e grossas, sendo a mais fina rica em constituintes terrígenos (57,63%) e a mais grossa em fragmentos biogênicos (30,88%). Essa heterogeneidade composicional indica que a ação eólica selecionou os componentes desse eolianito, depositando os fragmentos bióticos, que são mais leves, na fração mais grossa. Segundo análise quantitativa, o cimento apresentou variação de 20,59% (Bitupitá) a 32,92% (Baleia), transitando entre micrítico e espático, apresentando características de uma cimentação rápida, conforme observado principalmente nas amostras de Bitupitá. Essa forma de cimentação corrobora com a hipótese de Carvalho *et al.* (2008), que aponta a água meteórica como um agente precipitador de carbonato para esses eolianitos. A cimentação é um fator essencial para

essas rochas, tendo em vista que ela é responsável por aumentar a litificação da rocha e garantir maior resistência à erosão eólica.

## 8 CONCLUSÃO

Diante dos dados apresentados no presente estudo, foi possível estabelecer algumas conclusões sobre os eolianitos do litoral oeste cearense, principalmente relacionadas à natureza petrográfica, à variabilidade bioclástica, ao processo de cimentação e heterogeneidade textural. Os eolianitos estudados apresentaram predominância de componentes terrígenos, com o mineral quartzo sendo o constituinte principal em todas as amostras, tendo o feldspato como o segundo componente mais predominante. Ainda na fração terrígena, destacou-se a presença de minerais pesados, que apresentaram valores consideráveis, principalmente na localidade de Moitas e Bitupitá, o que sugere a diferença de aporte mineral ao longo da costa cearense.

Também é possível concluir que na área estudada existe uma variabilidade bioclástica considerável, bastante influenciada pela Plataforma Continental do Ceará. Enquanto as amostras de regiões mais a leste, como Cauípe e Pecém, apresentaram baixo teor de bioclasto, ocorre um enriquecimento desses fragmentos biogênicos nas amostras do setor oeste, com destaque para a Praia da Baleia. A existência de algas coralinas como organismos carbonáticos predominantes, seguidas por moluscos e foraminíferos, corrobora com a hipótese de que a composição dos eolianitos é marcada pela disponibilidade de sedimentos da plataforma, que possui maior disponibilidade de material carbonático no setor oeste.

Ademais, o estudo também evidenciou que as variações composicionais não ocorrem apenas entre diferentes localidades, mas também no interior de depósitos eólicos da mesma região, como na Praia da Baleia. As diferenças quantitativas entre as frações fina e grossa no eolianito desta localidade demonstram a capacidade de seleção do transporte eólico, atuando como um forte agente selecionador na distribuição dos constituintes composicionais. Adicionalmente, o padrão de cimentação sugere uma precipitação química precoce, ocorrida ainda na eodiagênese. A presença de grãos 'flutuantes' no cimento corrobora essa interpretação, pois indica que a litificação ocorreu antes de uma compactação significativa. Tal aspecto reflete uma história diagenética complexa, com condições de precipitação carbonática que oscilaram ao longo do tempo geológico.

Desta forma, conclui-se que os eolianitos do litoral oeste cearense constituem-se como um registro geológico da conectividade marinha-continente, com uma formação e composição definidas por alguns fatores, como o clima semiárido, a presença de uma plataforma com habitats carbonáticos e o aporte terrígeno continental, além da produtividade biogênica da plataforma continental adjacente. Essas evidências demonstram a importância

científica desses litotipos e reforçam a necessidade crescente de preservação desses depósitos eólicos essenciais para o litoral oeste cearense.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR NETO, A. B.; FREIRE, G. S. S.; ALMEIDA, N. M. Pláceres Marinhas entre Caucaia e Trairi, Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. São Paulo: **Geociências**, v. 33, n. 4, p. 647-660, 2014. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/337292334\\_PLACERES\\_MARINHOS\\_ENTRE\\_CAUCAIA\\_E\\_TRAIRI\\_ESTADO\\_DO\\_CEARA\\_NORDESTE\\_DO\\_BRASIL](https://www.researchgate.net/publication/337292334_PLACERES_MARINHOS_ENTRE_CAUCAIA_E_TRAIRI_ESTADO_DO_CEARA_NORDESTE_DO_BRASIL). Acesso em: 18 jan. 2025.
- ALVES, J. M. B.; SILVA, E. M.; SOMBRA, S. S.; BARBOSA, A. C. B.; SANTOS, A. C. S.; LIRA, M. A. T. Eventos Extremos Diários de Chuva no Nordeste do Brasil e Características Atmosféricas. São Paulo: **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 227-233, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-77863220012>. Acesso em: 17 set. 2025.
- BEZERRA, L. J. C. **Caracterização dos tabuleiros pré-litorâneos do Estado do Ceará**, 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/11465/1/2009\\_dis\\_ljbezerra.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/11465/1/2009_dis_ljbezerra.pdf). Acesso em: 15 dez. 2025.
- BRILHA, J. B. R. **Patrimônio Geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. São Paulo: Palimage, 2005. Disponível em: [http://www.dct.uminho.pt/docentes/pdfs/jb\\_livro.pdf](http://www.dct.uminho.pt/docentes/pdfs/jb_livro.pdf). Acesso em: 25 nov. 2025.
- BROOKE, B. The distribution of carbonate eolianite. Estados Unidos: **Earth-Science Reviews**, v. 55, n. 1-2, p. 135-164, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(01\)00054-X](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(01)00054-X). Acesso em: 15 jan. 2025.
- CARVALHO, A. M.; MAIA, L. P.; DOMINGUEZ, J. M. L. Caracterização do processo de migração das dunas de Flexeiras, Baleia, Paracuru e Jericoacoara, costa noroeste do Ceará. Fortaleza: **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 39, p. 44-52, 2006. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/53937/1/2006\\_art\\_amcravalho.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/53937/1/2006_art_amcravalho.pdf). Acesso em: 15 mai. 2025.
- CARVALHO, A. M.; CLAUDINO-SALES, V.; MAIA, L. P.; CASTRO, J. W. A. Eolianitos de Flecheiras/ Mundaú, Costa Noroeste do Estado do Ceará, Brasil. Brasília: **Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos - SIGEP**, p. 121–130, 18 mar. 2008. Disponível em: <https://www.sigep.eco.br/sitio118/sitio118.pdf>. Acesso em: 10 jan, 2025.
- CEARÁ. **Lei nº 13.796, de 30 de junho de 2006**. Institui a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro, e o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Fortaleza, CE: Diário Oficial do Estado, 2006. Disponível em: [https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/info\\_cidade/leis\\_estaduais.pdf](https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/info_cidade/leis_estaduais.pdf). Acesso em: 14 jan, 2025.
- CLAUDINO-SALES, V. **Les littoraux du Ceará: géomorphologie de la zone côtière de l'État du Ceará: du long terme au court terme**. 2002. Tese (Doutorado em Geografia) – UFR de Géographie, Université Paris-Sorbonne, Paris, 2002. Disponível em:

<https://www.sudoc.abes.fr/cbs//DB=2.1/SET=7/TTL=1/SHW?FRST=2>. Acesso em: 14 jun. 2025.

CLAUDINO-SALES, V. Paisagem dunar em área urbana consolidada: natureza, ciência e política no espaço urbano de Fortaleza, Brasil. Uberlândia: **Sociedade & Natureza**, v. 22, n. 3, p. 447-459, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/zB3xpzPJJQqS4JvzjCdH33Yv/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 mar. 2025.

CLAUDINO-SALES, V. **Fortaleza pelas dunas**. Fortaleza: Agência Eco Nordeste, 2019. Disponível em: <https://agenciaeconordeste.com.br/opiniaofortaleza-pelas-dunas/>. Acesso em: 18 mar. 2025.

CLAUDINO-SALES, V.; CARVALHO, A. M.; PEDROSA, A. Caracterização geomorfológica dos eolianitos do Estado do Ceará, Brasil. Roraima: **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 15, n. 2, p. 56–67, 2021. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/rga/article/view/7198>. Acesso em: 12 fev, 2025.

CLAUDINO-SALES, V. **Cenários Litorâneos: Lagoa do Papicu, Natureza e Ambiente na Cidade de Fortaleza, Ceará**. 1993. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-23012024-125750/publico/1993\\_VandaCarneiroDeClaudinoSales.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-23012024-125750/publico/1993_VandaCarneiroDeClaudinoSales.pdf). Acesso em: 03 jan, 2025.

COUTINHO, P. N.; MORAIS, J. O. Distribucion de los sedimentos em la plataforma continental Norte y Nordeste del Brasil. Fortaleza: **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 10, n. 1, p. 79-90, 1970. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/2002>. Acesso em: 16 dez. 2025.

DUNHAM, R. J. Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. In: Ham, W.E., Ed., **Classification of Carbonate Rocks**, Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 108-121, 1962. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/495756377/Dunham-1962-AAPG-Classification-of-Carbonate-Rocks>. Acesso em: 12 ago. 2025.

FERREIRA, A. G; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. Paraná: **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, p. 15-28, 2005. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/download/25215/16909>. Acesso em: 13 jan, 2025.

FOLK, R. L. Petrology of sedimentary rocks. Texas: **Handbook Hemphill Pub. Co**, p. 185, 1974. Disponível em: <file:///C:/Users/Dja%20Dantas/Downloads/Petrology%20of%20Sedimentary%20Rock%20-%20Robert%20L.%20Folk.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2025.

FREIRE, G. S. S. [et al.]; ASSIS, H. M. B. (Coord). **Potencialidade dos granulados marinhos da plataforma continental leste do Ceará**. Recife: CPRM, 2007. p. 62 (Informe de Recursos Minerais. Série Recursos Minerais Marinhos; 1). Disponível em:

<https://rigeo.sgb.gov.br/items/56bca99e-cdb6-4702-b0e0-1aafa5164796>. Acesso em: 21 ago. 2025.

**G1. Campanha Fortaleza pelas dunas busca criar unidade de conservação no Coco.** Rio de Janeiro: Globo, 2020. Disponível em:

<https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2020/08/31/campanha-fortaleza-pelas-dunas-busca-criar-unidade-de-conservacao-no-coco.ghtml>. Acesso em: 3 dez. 2025.

GRAY, M. **Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature.** John Wiley and Sons, New York, 2004. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/235864115\\_Geodiversity\\_Valuing\\_and\\_Conserving\\_Abiotic\\_Nature](https://www.researchgate.net/publication/235864115_Geodiversity_Valuing_and_Conserving_Abiotic_Nature). Acesso em: 5 dez 2025.

HESP, P. Morphodynamics of Incipient Foredunes in New South Wales, Australia. In: BROOKFIELD, M. E.; AHLBRANDT, T. S. (Ed.). **Eolian Sediments and Processes**, Amsterdam: Elsevier Science Publishers, p.325-342, 1983. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/profile/Patrick-Hesp/publication/279608897\\_Morphodynamics\\_of\\_Incipient\\_Foredunes\\_in\\_New\\_South\\_Wales\\_Australia/links/602de16ea6fdcc37a8333186/Morphodynamics-of-Incipient-Foredunes-in-New-South-Wales-Australia.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Patrick-Hesp/publication/279608897_Morphodynamics_of_Incipient_Foredunes_in_New_South_Wales_Australia/links/602de16ea6fdcc37a8333186/Morphodynamics-of-Incipient-Foredunes-in-New-South-Wales-Australia.pdf). Acesso em: 19 abri. 2025.

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

Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(88\)90088-7](https://doi.org/10.1016/0037-0738(88)90088-7). Acesso em: 20 Abri. 2025.

KOCUREK, G.; NIELSON, J. Conditions favourable for the formation of warm climate aeolian sand sheets. Reino Unido: **Sedimentology**, v. 33, n. 6, p. 795-816, 1986. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1986.tb00983.x>. Acesso em: 16 fev. 2025.

KOWSMANN, R. O.; COSTA, M. D. A. **Sedimentação Quaternária da Margem Continental Brasileira e das Áreas Oceânicas Adjacentes.** Rio de Janeiro: Petrobrás, v. 55, p. 8, 1979. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/285641424\\_Sedimentacao\\_quaternaria\\_da\\_margem\\_continental\\_brasileira\\_e\\_das\\_areas\\_oceanicas\\_adjacentes\\_-\\_In\\_Projeto\\_REMAC\\_-\\_Reconhecimento\\_Global\\_da\\_Margem\\_Continental\\_Brasileira](https://www.researchgate.net/publication/285641424_Sedimentacao_quaternaria_da_margem_continental_brasileira_e_das_areas_oceanicas_adjacentes_-_In_Projeto_REMAC_-_Reconhecimento_Global_da_Margem_Continental_Brasileira). Acesso em: 12 jan. 2025.

PINHEIRO, L. S.; XIMENES NETO, A. R.; MEDEIROS, D. H. M.; PESSOA, P. R. S.; MORAIS, J. O. A plataforma continental semiárida do Brasil. In: **Geografia Marinha: Oceanos e costas na perspectiva dos Geógrafos.** Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PPGM) / Associação Brasileira dos Estudos do Quaternário (ABEQUA), p. 129-153, Fortaleza, 2020. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/352752240\\_A\\_Plataforma\\_Continental\\_Semiárida\\_do\\_Brasil](https://www.researchgate.net/publication/352752240_A_Plataforma_Continental_Semiárida_do_Brasil). Acesso em: 10 mar. 2025.

MARTINHO, C. T.; GIANNINI, P. C. F.; SAWAKUCHI, A. O. Fácies morfológicas e fácies deposicionais de campos de dunas transgressivos ativos da região de Jaguaruna-Imbituba, SC. In: II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. **Anais** [...]. Recife: ABRH, 2003. Disponível em:

<https://repositorio.usp.br/bitstreams/b6a62595-1cda-4745-af23-eb0d917bcf26>. Acesso em: 15 mar. 2025.

MCKEE, E.D. Sedimentary structures in dunes. In: MCKEE, E.D. (editor). **A Study of global sand seas**. Geological survey professional paper. Washington: U.S. Government Printing Office, 1979, p. 83-134. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/pp/1052/report.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2025.

MCKEE, E. D.; WARD, W. C. Eolian environment. In: SCHOLLE, P. A.; BEBOUT, D. G.; MOORE, C. H. (ed.). **Carbonate Depositional Environments**. Tulsa: AAPG, 1983. p. 131-170. Disponível em: <https://archive.org/details/carbonatedeposit0000unse/page/n9/mode/2up>. Acesso em: 17 abri. 2025.

MEIRELES, A. J. A.; RAVENTOS, J. S. Um modelo geomorfológico integrado para a planície costeira de Jericoacoara/Ceará. Fortaleza: **Mercator**, v. 1, n. 1, p. 79-94, 2002. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/197/163>. Acesso em: 12 fev. 2025.

MIOLA, B. **Proveniência de sedimentos para os ecossistemas estuarinos do litoral oeste do Ceará**. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) - Universidade Federal do Ceará. p. 167. Fortaleza, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/27117>. Acesso em: 20 fev. 2025.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. São Paulo: **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/327219140/Uma-revisao-da-dinamica-das-chuvas-no-Nordeste-brasileiro-pdf>. Acesso em: 22 jan. 2025.

MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S. The effect of semi-aridity and damming on sedimentary dynamics in estuaries – Northeastern region of Brazil. Flórida: **Journal of Coastal Research**, v. 64, p. 1540-1544, 2011. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26482433>. Acesso em: 18 dez. 2025.

MORAIS, J. O.; XIMENES NETO, A. R.; PESSOA, P. R. S.; PINHEIRO, L. S. Morphological and sedimentary patterns of a semi-arid shelf, Northeast Brazil. Alemanha: **Geo-Marine Letters**, v. 40, n. 4, p. 835-842, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00367-019-00587-x>. Acesso em: 14 dez. 2025.

OLIVEIRA, M. T. **Evolução morfogênica e usos no estuário do Rio Pacoti e seu entorno**. 2023. Trabalho de conclusão de curso (graduação em oceanografia) - Curso de Oceanografia, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

PAULA, D. P.; MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S. Longitudinal suspended sediments transport in the Jaguaribe river estuary, Brazil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 42, n. 2, p. 21-27, Fortaleza, 2009. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/53540>. Acesso em: 19 dez. 2025.

SALES, A. **Movimento faz nova denúncia por desmonte de duna em Icarai de Amontada**. Fortaleza: Agência Eco Nordeste, 2020. Disponível em: <https://agenciaeconordeste.com.br/biodiversidade/movimento-faz-nova-denuncia-por-desmonte-de-duna-em-icarai-de-amontada/>. Acesso em: 08 dez. 2025.

SAYLES, R. W. Bermuda during the ice age. Estados Unidos: **Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences**, v. 66, n. 11, p. 381-468, 1931. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/20026356>. Acesso em: 20 jul. 2025.

SCHWINZEKEL, N.; ROBL, N. D.; ZANETTI, P. M.; MORAIS, T. G.; CAVALLI, L. Os impactos ambientais da revolução industrial: mudanças econômicas sociais. 7 Ed., 2022, Ijuí. Anais [...]. Ijuí: **Mostra Interativa da produção estudantil em educação científica e tecnológica** (MoEduCiTec), 2022. Disponível em: <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/moeducitec/article/download/22652/21173>. Acesso em: 22 ago. 2025.

SEMACE. **Monumento Natural das Falésias de Beberibe**. Fortaleza: SEMACE, 2010. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/2010/12/08/monumento-natural-das-falesias-de-beberibe/>. Acesso em: 8 dez. 2025.

SHARPLES, C. **Concepts and Principles of Geoconservation**. Austrália: Tasmanian Parks & Wildlife Service, 2002. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/266021113\\_Concepts\\_and\\_principles\\_of\\_geoconservation](https://www.researchgate.net/publication/266021113_Concepts_and_principles_of_geoconservation). Acesso em: 4 dez. 2025.

SILVA, G. M.; HESP, P. A.; PEIXOTO, J.; DILLENBURG, S. R. Fore-dune vegetation patterns and alongshore environmental gradients: Moçambique Beach, Santa Catarina Island, Brazil. Reino Unido: **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 33, n. 10, p.1557-1573, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/esp.1633>. Acesso em: 18 mai. 2025.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Edgard Blucher, 2003. E-book. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521214908>. Acesso: 13 fev. 2025.

TESTA, V.; BOSENCE, D. W. J. Physical and biological controls on the formation of carbonate and siliciclastic bedforms on the North- East Brazilian shelf. Reino Unido: **Sedimentology**. v. 46, p. 279-301, 1999. Disponível em: [https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/5066/1/Physical\\_biological\\_controls\\_on\\_carbonate\\_andbars\\_NE\\_Brazil\\_shelf.pdf](https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/5066/1/Physical_biological_controls_on_carbonate_andbars_NE_Brazil_shelf.pdf). Acesso em: 23 ago. 2025.

VITAL, H.; DIAS, M. S.; BASTOS, A. C. **Plataforma continental brasileira: Estados do Espírito Santo e Ceará**. 2. ed. Rio de Janeiro: Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM), 2021. Disponível em: <https://www.pggmbrasil.org/publica%C3%A7%C3%B5es>. Acesso em: 21 abri. 2025.

ZAROUBIN, J. **Análise de estruturas sedimentares e dunas barcanas em simulações computacionais**. 2018. p. 132, Trabalho de conclusão de curso – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Ceará, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://pantheon.ufjf.br/bitstream/11422/7052/1/ZAROUBIN,%20J.pdf>. Acesso em: 12 abri. 2025.