



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR  
CURSO DE OCEANOGRAFIA**

**JOSÉ VICTOR SOUSA NASCIMENTO**

**EROSÃO E PROGRADAÇÃO DA LINHA DE COSTA DE ICARAÍ DE AMONTADA -  
CEARÁ**

**FORTALEZA  
2018**

JOSÉ VICTOR SOUSA NASCIMENTO

EROSÃO E PROGRADAÇÃO DA PRAIA DE ICARAÍ DE AMONTADA - CEARÁ

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

Orientador: Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro.

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Lacerda Barros.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

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

---

- N195e Nascimento, José Victor Sousa.  
Erosão e Progradação da Linha de Costa de Icarai de Amontada - Ceará / José Victor Sousa Nascimento.  
– 2019.  
74 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro.  
Coorientação: Prof. Dr. Eduardo Lacerda Barros.
1. Erosão Costeira. 2. Progradação. 3. Linha de Costa. I. Título.

CDD 551.46

---

JOSÉ VICTOR SOUSA NASCIMENTO

EROSÃO E PROGRADAÇÃO DA PRAIA DE ICARAÍ DE AMONTADA - CEARÁ

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

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Eduardo Lacerda Barros (Coorientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Renan Gonçalves Pinheiro Guerra  
Secretaria do Meio Ambiente – SEMA

---

Dra. Mônica Pimenta de Novaes Castelo Branco  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Ângelo e Inês.

## AGRADECIMENTOS

Como não poderia deixar de ser, gostaria de agradecer primeiramente a Deus, meu melhor amigo e o responsável por tudo que eu tenho e sou. Valeu, Deus! Em seguida, agradeço à minha família, por me incentivarem e colaborarem com a construção do homem que eu sou hoje. Obrigado pai, por sempre deixar bem claro que minha felicidade é mais importante que um diploma ou qualquer outra coisa. Mãe, te agradeço por me amar imensamente e me apoiar sempre que eu preciso de você. Às minhas irmãs, por sempre se preocuparem comigo e por torcerem por mim. E também à Letícia, minha sobrinha. Espero conseguir tornar o mundo um pouco melhor para ela. Amo muito cada um de vocês.

À professora Dra. Lidriana de Souza Pinheiro, por acreditar em mim e aceitar embarcar nessa jornada junto comigo. Obrigado pelo apoio, pelo ânimo de sempre, pelas palavras de incentivo e por me mostrar que fazer ciência é algo que tem que partir de dentro de cada um de nós.

Ao meu coorientador professor Dr. Eduardo Lacerda Barros, o famoso Dudu. Quem me conhece sabe a importância que ele teve para que esse trabalho fosse realizado. Obrigado por toda ajuda e pelos puxões de orelha, talvez sem eles eu não tivesse conseguido terminar em tempo hábil.

Ao Laboratório de Oceanografia Geológica – LOG – do LABOMAR, por ter me auxiliado em todas as minhas análises. Agradeço a cada um que compõe esse laboratório, mas especialmente à Mônica e a Maria Cidrônea (Cida), por, desde o começo da minha graduação terem me ensinado sobre práticas laboratoriais e por terem me dado conselhos que me fizeram ser uma pessoa melhor. Muito obrigado a vocês duas por todo o apoio de sempre. Agradeço também ao Francisco Gleidson da Costa Gastão por todo o auxílio dado no tratamento dos dados e em qualquer outra dúvida que surgisse no caminho.

Aos membros da minha banca examinadora, por aceitarem o convite e por terem colaborado com sugestões enriquecedoras para a melhoria deste trabalho.

Agradeço também a Universidade Federal do Ceará (UFC), ao Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) e a todos os professores e servidores que me acompanharam nessa jornada, fazendo a rotina ser mais tranquila e divertida. Agradeço imensamente à secretária do curso de Oceanografia, Ingrid Silveira, por sempre estar disposta a me ajudar, mesmo quando eu ia na secretaria 4 ou 5 vezes no mesmo dia pedir para ela resolver alguma coisa. “Valeu Ingrid, tu salvou minha vida (de novo)”. Agradeço também aos funcionários da limpeza e aos porteiros do LABOMAR, pelas piadas e momentos de descontração.

A todos os meus amigos de curso, em especial à turma de 2018.2. Agradeço a cada um de vocês que viveram comigo as alegrias e desesperos que ocorreram nos últimos 4 anos, sem vocês teria sido muito mais difícil trilhar esse caminho. Não é à toa que todo mundo fala que a nossa turma é muito unida. Obrigado por todas as histórias de campo, congressos e idas à Satehut.

Como não poderia ser diferente, agradeço imensamente aos meus grandes amigos Antônio Derley e Lorena Sampaio por todo o apoio de sempre. Obrigado por serem um conforto no meio da loucura dessa vida, obrigado por dividirem as bads, o desespero do tcc, mas, principalmente, a felicidade de estarmos juntos. Valeu, Trio Parada Dura.

Aos meus amigos que me acompanharam desde a época do Ari e se fazem presente até hoje, Ana Flávia e Gabriel Ávila. Obrigado por cada saída pra desestressar um pouco da rotina, por cada conversa e por torcerem por mim desde sempre. Tamo junto!

E por último, mas de forma alguma menos importante, agradeço à Débora Moraes, por me mostrar que nem tudo é tão assustador como parece. “Tu vai passar nessa cadeira”, “tu vai conseguir terminar o tcc”, “tu vai se formar”, e todas as palavras de ânimo que só ela sabe dizer. Obrigado por toda ajuda, na vida e no tcc! Um obrigado especial também para a Mariany. Obrigado pela companhia no laboratório, nas análises, enfim, por toda a ajuda... Agradeço também aos amigos de outras turmas que são tão próximos quanto os da minha turma, Isaías Farias e Sarah Maria. É nois!

Enfim, seria impossível agradecer individualmente a cada um que, de uma forma ou de outra, contribuiu para que tudo desse certo e hoje eu estivesse me formando. Mas cada um sabe a importância que teve e que tem na minha vida. E no fim, é isso que realmente importa, ser grato a todos que nos ajudaram nos momentos em que mais precisamos. E que sempre possamos fazer a diferença na vida do próximo, pois, como aprendi em um lugar que eu amo muito “é mais feliz quem faz o outro feliz”.

“Alma, espírito, corpo, mente. Sua jornada diligente faz valer o sacrificio”.

Forfun.

## RESUMO

As praias são um dos sistemas dinâmicos do planeta, por sofrerem influência direta das ondas, marés e ventos, sendo, por essa razão, rapidamente modificadas. Diante disto, a linha de costa é a primeira a sofrer variações, o que lhe garante maior mobilidade ao longo da faixa de praia. A praia de Icará de Amontada, localizada no litoral oeste do estado do Ceará, é classificada como arenosa com ocorrência de dunas fixas, dunas frontais e eolianitos, sendo, portanto, grande parte do aporte de sedimentos realizado pelo transporte eólico. O que motivou a realização desse estudo foi compreender a dinâmica espaço-temporal da variação da linha de costa, caracterizando os processos de erosão e progradação entre os anos de 2003 a 2018 no litoral de Icará de Amontada. Para tal, a metodologia utilizada consistiu em levantamentos bibliográficos relacionados à área de estudo e processos morfodinâmicos da dinâmica costeira, levantamento cartográfico, levantamento topográfico e coleta de amostras. Para análise da variação espaço-temporal da linha de costa, foram utilizadas imagens Quickbird dos anos de 2003, 2004, 2010, 2013, 2014, 2015 e 2018 e uma ortofotocarta disponibilizada pela SEMACE (Superintendência Estadual do Meio Ambiente) para o último diagnóstico realizado no estado do Ceará. Para o cálculo das taxas de recuo/progradação das linhas de costa foi utilizada a extensão DSAS 3.2 do *software* ArcGIS. O experimento de campo ocorreu nos dias 09 e 10 de outubro de 2018 e consistiu em coleta de dados para posicionamento da linha de costa através da utilização do equipamento RTK 6 da marca Trimble. Foram realizados de seis perfis de praia na área de estudo com o RTK e coleta de sedimentos nos setores da antepraia, estirâncio e pós-praia em cada um dos perfis. Além disso, também houve amostragem em malha topográfica com o RTK em uma área de dunas frontais para elaboração de um Modelo Digital de Terreno (MDT) para analisar a taxa de inundação e de erosão da área. Os resultados mostraram que a praia de Icará de Amontada, no intervalo de tempo de 15 anos, apresentou um caráter predominantemente erosivo, atingindo taxas de -2,50 m/ano, resultando em uma diminuição na faixa de praia de, aproximadamente, 40 m no intervalo de tempo analisado. Foi observado que, apesar de predominantemente erosiva, um setor da praia, correspondente aos perfis de praia 1 e início do perfil 2, apresentou progradação, atingindo valores máximos de cerca de 2,03 m/ano, totalizando um acréscimo de 32,4 m de faixa de praia no intervalo de tempo analisado. Essa acresção é possivelmente associada a ocorrência de um promontório arenoso na área do setor progradante, que atua atenuando a incidência direta das ondas na região de sombra formada por ele e também por haver uma plataforma de abrasão na área, que ocasiona uma redução na intensidade com que as ondas chegam na praia na região defronte a plataforma.

**Palavras-chave:** Erosão; Progradação; Linha de costa.

## ABSTRACT

The beaches are one of the most dynamic environments on the planet earth, due to the direct influence of the waves, tides and winds and are therefore rapidly modified. Faced with this, the shoreline is the first to undergo variations, which guarantees greater mobility along the beach. The Icaraí de Amontada beach, located on the west coast of the state of Ceará, is classified as sandy beach with occurrence of fixed dunes, frontal dunes and eolianites, being, therefore, a great part of the contribution of sediments carried out by the wind transport. The motivation on the accomplishment of this study was to understand the space-time dynamics of the shoreline variation, in order to characterize the environment as to the levels of erosion and progradation of the beach between the years 2003 and 2018. For this, the methodology used consisted of bibliographical surveys related to the study area and morphodynamic processes of coastal circulation, cartographic survey, topographic survey and sample collection. For the analysis of the spatial-temporal variation of the shoreline, Quickbird images from the years 2003, 2004, 2010, 2013, 2014, 2015 and 2018 were used and an orthophoto provided by SEMACE (State Superintendence of the Environment) for the last Ecological Economic Zoning (ZEE in Portuguese) in the state of Ceará. The DSAS 3.2 extension of the ArcGIS software was used to calculate the shoreline retreat. The field experiment was carried out on October 09 and 10, 2018 and consisted of data collection for positioning of the shoreline through the use of RTK 6 equipment of the Trimble brand, realization of six beach profiles in the study area with the RTK and collection of sediments from the region of the foreshore, intertidal zone and backshore in each one of the profiles. In addition, there was also the RTK trek in a frontal dune area to elaborate a Digital Terrain Model (DTM) to analyze the flood and erosion rate of the area. The results showed that the beach of Icaraí de Amontada, in the interval of 15 years, presented a predominantly erosive character, reaching rates of  $-2.50$  m / year, resulting in a decrease in the beach range of approximately 40 m in the time interval analyzed. It was observed that, although it was predominantly erosive, a sector of the beach, presented progression, reaching maximum values of about  $2.03$  m / year, totalizing an increase of 32.4 m of beach strip in the interval of time analyzed. This increase is possibly associated to the occurrence of a sandy promontory in the area of the prograding sector, which acts by attenuating the direct incidence of the waves in the region of shade formed by it and also by an abrasion platform in the area, which causes a reduction in the intensity with that the waves arrive on the beach in the region opposite the platform.

**Keywords:** Erosion; Progradation; Shoreline

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Mapa de localização da área de estudo.....	16
Figura 2	– Feições morfológicas dos indicadores de linha de costa de Schweitzer.....	23
Figura 3	– Caracterização do sistema praial.....	25
Figura 4	– Aquisição dos dados de perfil com RTK.....	29
Figura 5	– Base do RTK, aquisição dos dados e <i>software</i> utilizado para posterior tratamento dos dados adquiridos.....	30
Figura 6	– Mapa dos pontos de monitoramento em campo.....	31
Figura 7	– Shape de pontos coletados com o RTK para realização da linha de costa, dos perfis de monitoramento e do MDT da duna frontal.....	31
Figura 8	– Interface entre os sedimentos secos e molhados no perfil 5, perfil com ocorrência de dunas frontais.....	32
Figura 9	– Delimitação da linha de costa a partir do limite da área vegetada, na área correspondente ao perfil 4.....	33
Figura 10	– Delimitação da linha de costa a partir da feição do berma.....	33
Figura 11	– Procedimento de análise do teor de carbonato de cálcio (CaCO <sub>3</sub> ) nas amostras.....	35
Figura 12	– Linhas de costa da praia de Icaraí de Amontada nos anos de 2003, 2004, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016 e 2018.....	39
Figura 13	– Duna fixa.....	49
Figura 14	– Plataforma de abrasão.....	49
Figura 15	– Obra de contenção instalada pelos proprietários do estabelecimento.....	52
Figura 16	– Ocorrência de duna frontal no perfil 5.....	57

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– Comparação entre as médias mensais de precipitação e evaporação.....	18
Gráfico 2	– Precipitação anual do município de Amontada/CE, entre os anos de 1998 a 2018.....	19
Gráfico 3	– Taxa de variação da linha de costa entre os anos de 2003 a 2018 pelo método EPR.....	40
Gráfico 4	– Taxa de variação da linha de costa entre os anos de 2003 a 2018 pelo método LRR.....	40
Gráfico 5	– Porcentagem do diâmetro médio do grão nos dois dias de experimento.....	41
Gráfico 6	– Curtose dos grãos nos dois dias de experimento.....	42
Gráfico 7	– Assimetria dos grãos nos dois dias de experimento.....	43
Gráfico 8	– Grau de selecionamento dos grãos nos dois dias de experimento.....	45
Gráfico 9	– Perfil 1 nos dois dias de experimento.....	47
Gráfico 10	– Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 1 no primeiro dia de experimento.....	48
Gráfico 11	– Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 1 no segundo dia de experimento.....	48
Gráfico 12	– Perfil 2 nos dois dias de experimento.....	49
Gráfico 13	– Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 2 no primeiro dia de experimento.....	50
Gráfico 14	– Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 2 no segundo dia de experimento.....	51
Gráfico 15	– Perfil 3 nos dois dias de experimento.....	52
Gráfico 16	– Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 3 no primeiro dia de experimento.....	53
Gráfico 17	– Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 3 no segundo dia de experimento.....	54

Gráfico 18 – Perfil 4 nos dois dias de experimento.....	54
Gráfico 19 – Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 4 no primeiro dia de experimento.....	55
Gráfico 20 – Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 4 no segundo dia de experimento.....	56
Gráfico 21 – Perfil 5 nos dois dias de experimento.....	56
Gráfico 22 – Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 5 no primeiro dia de experimento.....	58
Gráfico 23 – Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 5 no segundo dia de experimento.....	58
Gráfico 24 – Modelo Digital de Terreno da duna frontal no primeiro dia de experimento.....	59
Gráfico 25 – Modelo Digital de Terreno da duna frontal no segundo dia de experimento.....	59
Gráfico 26 – Balanço sedimentar da área da duna frontal.....	60
Gráfico 27 – Perfil 6 nos dois dias de experimento.....	61
Gráfico 28 – Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 6 no primeiro dia de experimento.....	62
Gráfico 29 – Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 6 no segundo dia de experimento.....	62
Gráfico 30 – Volume de sedimentos nos perfis de monitoramento no primeiro dia de experimento.....	64
Gráfico 31 – Volume de sedimentos nos perfis de monitoramento no segundo dia de experimento.....	64
Gráfico 32 – Balanço sedimentar dos perfis de monitoramento.....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limites da orla.....	21
Tabela 2 – Parâmetros utilizados para delimitação da linha de costa dos pontos de monitoramento.....	34
Tabela 3 – Características das imagens de satélites e ortofotocarta utilizadas.....	36
Tabela 4 – Teor de carbonato de cálcio das amostras analisadas.....	46

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
CaCO <sub>3</sub>	Carbonato de Cálcio
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
DSAS	<i>Digital Shoreline Analysis System</i>
EPR	<i>End Point Rate</i>
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GPS	Sistema de Posicionamento Global
HCl	Ácido Clorídrico
Hm <sub>máx</sub>	Altura Máxima
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LOG	Laboratório de Oceanografia Geológica
LPM	Linha de Preamar Máxima
LRR	<i>Linear Regression Rate</i>
MDT	Modelo Digital de Terreno
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PNGC	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RTK	<i>Real Time Kinematic</i>
SAG	Sistema de Análise Granulométrica
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SIG	Sistema de Informação Geográfica
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFF	Universidade Federal Fluminense
UGI	União Geográfica Internacional
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
ZEE	Zoneamento Econômico Ecológico

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	14
2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	15
2.1	Aspectos dinâmicos do litoral.....	16
2.1.1	Regime de ondas e marés.....	16
2.1.2	Ventos.....	17
2.1.3	Precipitação.....	18
3	OBJETIVOS.....	19
3.1	Objetivo geral.....	19
3.2	Objetivos específicos.....	19
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
4.1	Definição de zona costeira e aspectos legais.....	19
4.2	Processos costeiros e definição de linha de costa.....	21
4.2.1	Linha de costa.....	21
4.2.2	Ambiente praial.....	24
4.2.3	Dunas frontais.....	26
4.2.4	Ondas.....	26
4.2.5	Marés.....	27
4.2.6	Corrente longitudinal costeira.....	27
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
5.1	Levantamento bibliográfico e cartográfico.....	28
5.2	Aquisição de dados.....	28
5.2.1	Perfis morfodinâmicos.....	28
5.2.2	Delimitação da linha de costa.....	32
5.3	Etapa de laboratório.....	34
5.3.1	Análise granulométrica.....	34
5.3.2	Carbonato de cálcio.....	34
5.4	Etapa de gabinete.....	35
5.4.1	Análise da variação de linha de costa.....	35
5.4.2	Processamento dos dados topográficos.....	36
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37

6.1	Variação da linha de costa.....	37
6.2	Caracterização morfosedimentar de Icaraí de Amontada.....	40
6.2.1	Ponto de monitoramento 1.....	44
6.2.2	Ponto de monitoramento 2.....	47
6.2.3	Ponto de monitoramento 3.....	49
6.2.4	Ponto de monitoramento 4.....	52
6.2.5	Ponto de monitoramento 5.....	54
6.2.6	Ponto de monitoramento 6.....	59
6.3	Balanço sedimentar.....	60
7	CONCLUSÕES.....	63
8	REFERÊNCIAS.....	64

## 1 INTRODUÇÃO

As praias são uma das feições da zona costeira mais dinâmicas, nas quais elementos como vento, água e areia interagem e resultam em processos hidrodinâmicos deposicionais (Brown & McLachlan, 1990). Por essa razão esses ambientes podem ser rapidamente modificados.

A linha que delimita a interface da preamar de sizígia coincide com a linha de costa em áreas costeiras arenosas (CROWELL, 1991). Ao ocorrer alguma variação morfológica na praia, a primeira feição a mudar é a linha de costa, seja essa variação de caráter progradante ou erosivo (MAZZER *et al*, 2009). Além dessa delimitação, Boak e Turner (2005) afirmam que existem inúmeros outros indicadores de linha de costa, como a delimitação marcada pelo contato da água com a base da duna frontal, que normalmente ocorre em eventos de preamar de sizígia e em eventos de alta energia. Há também a delimitação da linha de costa a partir do contato da água com a vegetação. Quando a vegetação se faz presente na praia, é sinal de que a água do mar não entra em contato com aquele limite, sendo, assim, o que torna a vegetação um bom indicador de linha de costa.

Alguns estudos que foram realizados pela União Geográfica Internacional (UGI), apontam que cerca de 70% das costas sedimentares mundiais estão sofrendo com processos erosivos, ao passo que apenas 10% dessas costas estão em progradação e 20% são consideradas áreas estáveis (MORAIS *et al*, 2018). Abreu (2013), utiliza a definição de erosão costeira como sendo a saída de sedimentos acima do considerado “normal” do sistema oceano-continente, ocorrendo devido a ação das ondas, correntes de marés, correntes da deriva litorânea ou pelo vento. A erosão costeira pode ocorrer de forma acelerada caso haja um *déficit* no fornecimento de sedimentos para o sistema praial.

No Nordeste, o processo de erosão costeira ocorre de forma acentuada, sendo, por essa razão, comum encontrar obras de contenção ao longo de todo o litoral nordestino, como espigões, enrocamentos, *bagwalls*, etc. Morais (2008) define como principais causadores da erosão costeira os seguintes fatores: elevação relativa do nível do mar, ocupação de áreas-fonte de sedimentos, construção de obras portuárias e ocupação nas áreas de bacias de drenagens.

Segundo Morais *et al* (2018), a erosão costeira no Ceará é acentuada pela característica de drenagem intermitente, sendo sua contribuição de sedimentos para a zona costeira significativa apenas durante o período chuvoso. Além do baixo fluxo dos rios, ainda existem diversos barramentos nos rios do estado do Ceará, o que reduz ainda mais a

influência dos rios, uma vez que essas barragens acarretam em uma diminuição do fluxo dos mesmos, que ocasiona um menor aporte de sedimentos das bacias hidrográficas na zona costeira.

A praia de Icaraí de Amontada, pertencente ao município de Amontada, litoral oeste do estado do Ceará, sendo classificada quanto ao estágio morfodinâmico, de acordo com Pinheiro *et al* (2018), como uma praia de Terraços de Baixa-Mar, (R-LTT) o que significa que o seu perfil emerso é erodido durante os eventos de preamar. Por haver uma plataforma de abrasão e um promontório arenoso na praia de Icaraí de Amontada, a área de sombra dessas unidades acabam por possuírem um grau de progradação, ao passo que as áreas seguintes, que sofrem com a difração decorrente dessas mesmas unidades, possuem uma considerável taxa de erosão.

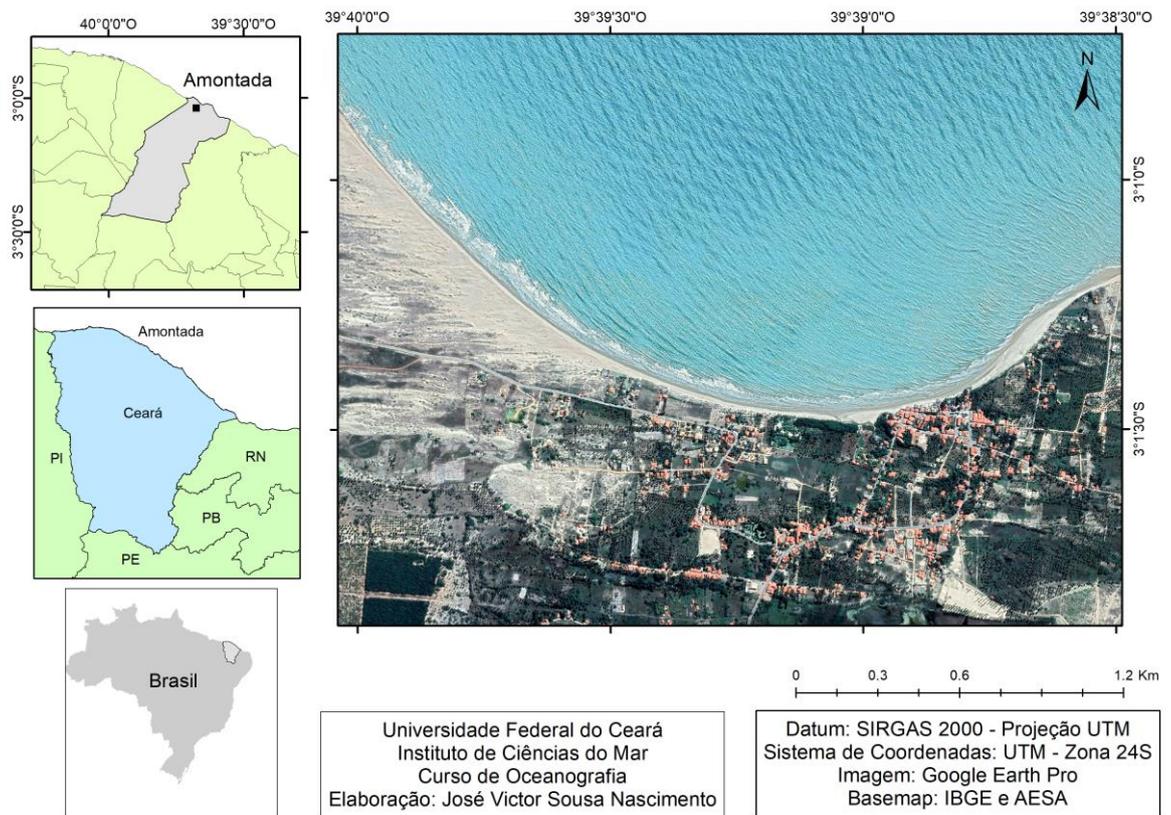
Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi compreender a dinâmica espaço-temporal da variação da linha de costa, caracterizando os processos de erosão e progradação entre os anos de 2003 a 2018 no litoral de Icaraí de Amontada, visto que se trata de um local com crescente interesse turístico, sendo, portanto, necessário um conhecimento acerca da situação em relação a atuação de processos erosivos e progradacionais.

Nesse contexto, este estudo busca responder qual a interferência dos processos costeiros peculiares a áreas de promontórios na configuração dos processos erosivos e progradantes na praia de Icaraí de Amontada.

## **2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A praia de Icaraí de Amontada está localizada a uma distância de aproximadamente 197 km de Fortaleza, sendo o seu acesso realizado através da CE-085. É uma praia pertencente ao município de Amontada, situado no litoral oeste do Ceará. Os municípios limítrofes de Amontada são: Itapipoca, a leste; Miraíma, ao sul; Santana do Acaraú, Morrinhos e Itarema a oeste. Seu limite ao Norte é o Oceano Atlântico. Possui aproximadamente 24km de linha de costa e uma população em cerca de 3.677 habitantes (IBGE, 2010).

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.



De acordo com Marino e Lehueur (2007), as temperaturas do município de Amontada são elevadas, ao passo que as amplitudes térmicas são pequenas, sendo a amplitude térmica anual inferior a 3° C. A média anual de temperatura está entre 26° e 27° C.

A área em questão está se tornando cada vez mais atrativa para fins turísticos, devido ao fato de ainda ser uma praia pouco conhecida e pouco visitada, e que reúne atributos naturais de relevante beleza cênica. Já é possível evidenciar indícios de construções como pousadas e hotéis, sendo necessário, assim, um estudo acerca da linha de costa e dos processos erosivos nela atuantes, para que não haja problemas relacionados à destruição de construções próximas à praia durante a ocorrência de eventos de alta energia.

## 2.1 Aspectos Dinâmicos do Litoral

### 2.1.1 Regime de Ondas e Marés

O clima de ondas no litoral cearense é caracterizado por uma grande sazonalidade (LIMA, 2012; GUERRA, 2014). Segundo Maia (1998) e Moraes et al (2018) as ondas no estado do Ceará possuem uma forte componente de leste, com as direções podendo variar

entre os quadrantes leste (E), leste-nordeste (E-NE) e leste-sudeste (E-SE), sendo essas variações relacionadas diretamente com as variações predominantes dos ventos. A frequência de ondas do tipo *swell* é bem maior durante o primeiro semestre, em decorrência da diminuição dos alísios de SE e do aumento da turbulência no Atlântico Norte. São consideradas ondas do tipo *swell* aquelas com períodos acima de 10 s. Ondas com períodos variando entre 4 s e 9 s são consideradas ondas *sea*. Das ondas que incidem na região, de acordo com Carvalho *et al.* (2007), 72% são do tipo *sea* e 28% são do tipo *swell*.

Silva *et al* (2011), caracterizou as ondas do litoral oeste do estado do Ceará, a partir de registros históricos coletados a partir de estações ondográficas, com uma altura máxima (H<sub>máx</sub>) média de 2,05 m, ocorrendo picos que chegaram até 7 m. As ondas do tipo *sea* atingiram períodos de, em média, 6,8 s, e as ondas do tipo *swell* alcançaram períodos superiores a 20 s. Em relação a direção de onda, os dados históricos demonstraram que, durante o primeiro semestre, as ondas se apresentaram entre os quadrantes 40-60°, e entre os meses de junho e novembro, a direção das ondas estavam entre os quadrantes 100-120°, sendo essas ondas preferencialmente na direção E-SE.

A maré é uma forçante oceanográfica que interfere diretamente na morfodinâmica e na hidrodinâmica costeira, uma vez que ocasionam uma ampliação na área de alcance das ondas (GUERRA, 2014). De acordo com estudos de Morais (1981) e Maia (1998), o regime de marés do litoral cearense é caracterizado por mesomarés com uma amplitude máxima de 3,2 metros, de periodicidade semidiurna, com duas baixa-mares e duas preamares.

### 2.1.2 Ventos

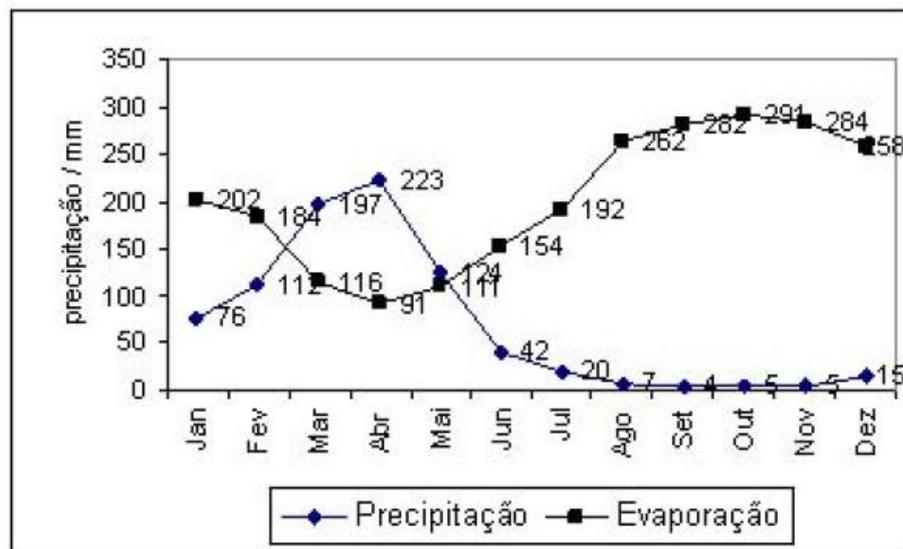
Carvalho *et al.* (2007), afirma que as condições climáticas, de ventos e de ondas no litoral cearense possuem uma estreita relação com o deslocamento ou migração da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e com as condições meteorológicas no Hemisfério Norte. A ZCIT migra em direção ao norte durante o inverno austral (de agosto a outubro) e para sul durante o verão austral.

Claudino-Sales (1993) e Maia (1998), caracterizaram o regime de ventos do litoral do estado do Ceará pela acentuada atuação dos ventos alísios de sudeste, com maior intensidade no segundo semestre do ano, entre os meses de julho a dezembro. Nesse período, os ventos incidem com uma velocidade média de cerca de 8 m/s.

### 2.1.3 Precipitação

De acordo com dados obtidos através do posto pluviométrico da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME – instalado no município de Amontada, o período chuvoso na região costuma ter início em janeiro, sendo seu período mais intenso após a segunda metade do mês de fevereiro. Os níveis de precipitação atingem as maiores marcas entre os meses de março, abril e maio, sendo esse trimestre o que concentra a maior taxa de precipitação anual, como observado no gráfico 1, concentrando aproximadamente 65% de toda a quantidade de precipitação do ano, chegando a atingir, em média, 830 mm. Setembro e outubro são considerados os meses mais secos do ano na região (MARINO; LEHUGEUR, 2007).

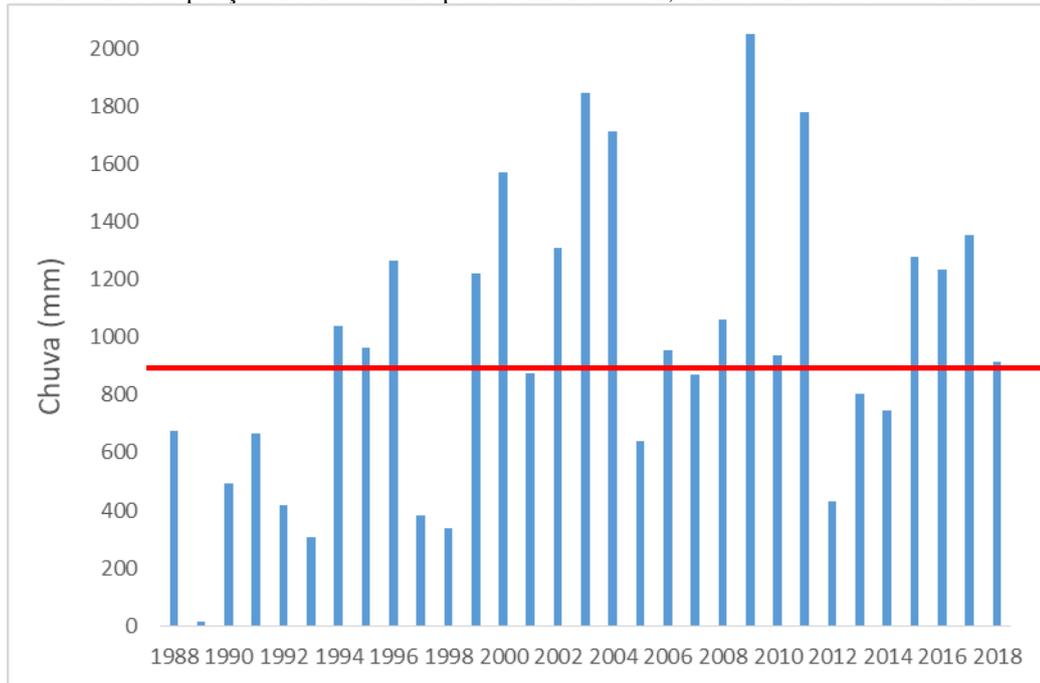
Gráfico 1: Comparação entre as médias mensais de precipitação e evaporação.



Fonte: Marino, 2007.

A média anual de pluviosidade para o município de Amontada é de 800 mm. Em uma série histórica dos anos de 1988 a 2018 (gráfico 2) obtida através de dados observacionais da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, pode-se observar que, desde 2015, todos os anos obedeceram à média anual proposta pela FUNCEME, ainda que o estado esteja passando por um período de seca desde o ano de 2010. A linha vermelha presente no gráfico 2 representa a precipitação anual esperada para a região. Desde o ano de 2010, apenas os anos de 2012, 2013 e 2014 obtiveram uma média pluviométrica menor do que a esperada para a região.

Gráfico 2: Precipitação anual do município de Amontada/CE, entre os anos de 1988 a 2018.



Fonte: O autor, a partir de dados observacionais da FUNCEME.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo Geral

Compreender a dinâmica espaço-temporal da variação da linha de costa de Icaraí de Amontada entre os anos de 2003 a 2018.

#### 3.2 Objetivos Específicos

- Definir as taxas de erosão e progradação da linha de costa entre os anos 2003 e 2018;
- Caracterizar o comportamento morfológico do ambiente praial no período de um ciclo de maré;
- Identificar as áreas mais vulneráveis a erosão de curto prazo durante eventos de alta energia.

### 4 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 4.1 Definição de Zona Costeira e Aspectos Legais

De acordo com Marino (2014), as zonas costeiras caracterizam-se como um dos ambientes mais dinâmicos existentes no planeta e, devido a estarem localizadas na interface continente-oceano-atmosfera, estão suscetíveis a processos de todos esses ambientes. Essas regiões possuem um equilíbrio dinâmico, isto quer dizer que não se mantêm estáticas, e esse

dinamismo é coordenado pelas variações energéticas dos processos naturais que acontecem em diferentes escalas espaciais e temporais. Esse ambiente se torna bastante vulnerável e frágil frente as ações antrópicas devido a alteração desse equilíbrio dinâmico.

A Lei 7.661 define a zona costeira brasileira como “o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre” (BRASIL, 1988).

O projeto Orla, que é um programa de gestão territorial da zona costeira do Ministério do Meio Ambiente (MMA), definiu as faixas marítimas e terrestres como:

1. Faixa marítima: todo o mar territorial do país, sendo ele definido pela Convenção das Nações Unidas Sobre o Direito do Mar como até a distância de 12 milhas náuticas a partir da linha de base da costa;

2. Faixa terrestre: todo o território de municípios costeiros do país, sendo esses municípios estabelecidos pelo Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC).

O inventário desse conjunto de municípios foi realizado segundo os critérios explicitados no PNGC, a saber:

a) Os municípios defrontantes com o mar, assim considerado em listagem desta classe, estabelecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);

b) Os municípios não defrontantes com o mar que se localizem nas regiões metropolitanas litorâneas;

c) Os municípios contíguos às grandes cidades e às capitais estaduais litorâneas, que apresentem processo de conurbação;

d) Os municípios próximos ao litoral, até 50 km da linha de costa, que aloquem, em seu território, atividades ou infra-estruturas de grande impacto ambiental sobre a zona costeira, ou ecossistemas costeiros de alta relevância;

e) Os municípios estuarino-lagunares, mesmo que não diretamente defrontantes com o mar, dada a relevância destes ambientes para a dinâmica marítimo-litorânea; e

f) Os municípios que, mesmo não defrontantes com o mar, tenham todos os seus limites estabelecidos com os municípios referidos nas alíneas anteriores. (BRASIL, 1988, p. 2).

Muehe (2001) define a orla costeira como uma pequena faixa de contato entre o mar e a terra, além de afirmar que na orla os processos costeiros têm uma maior influência, uma vez que os processos erosivos decorrentes deles podem alterar a configuração da linha de costa. Também definiu os limites submarinos e terrestres da orla, sendo eles explanados na tabela 1:

Tabela 1: Limites de orla.

Zona submarina	Tem como limite a isóbata de 10 m, ainda que possa ser alterado conforme estudos comprobatórios.
Orla terrestre urbanizada	Limite de 50 m a partir do limite da praia ou a partir da base do reverso da duna frontal, caso exista.
Orla terrestre não urbanizada	Limite de 200 m a partir do limite da praia ou a partir da base do reverso da duna frontal, caso exista.
Falésias sedimentares	Limite de 50 m a partir da borda da falésia; em lagunas ou lagoas costeiras 50 m contados a partir do limite da praia ou da borda superior da margem; em estuários 50 m contados a partir do limite da praia ou da borda superior em ambas as margens e ao longo das mesmas até onde cessa a penetração da água do mar.
Falésias ou costões em rochas duras	O limite é definido pelo plano diretor do município, sendo definida uma faixa de segurança de, no mínimo, 1 m acima do limite máximo de ação das ondas de tempestade.
Áreas inundáveis	O limite é definido a partir de uma isolinha em uma cota de, no mínimo, 1 m acima do limite da área atualmente alcançada pela preamar de sizígia.

Fonte: O autor, com dados de Muehe (2001).

## 4.2 Processos Costeiros e Definição de Linha de Costa

### 4.2.1 Linha de Costa

O conceito de linha de costa é extremamente amplo, sendo caracterizado pelo ponto de vista físico como a linha que demarca a interface entre a terra e a água (FARIAS; MAIA, 2009). Entretanto, para fins práticos, Boak & Turner (2005) ressaltam que a definição

específica escolhida para linha de costa é geralmente de menor importância do que a capacidade de quantificar como um indicador de linha de costa escolhido se relaciona em um sentido vertical/horizontal com o limite físico terra-água.

Crowell (1991), afirma que a posição de linha de costa em áreas costeiras arenosas é semelhante à linha que delimita a marca da preamar de sizígia, sendo essa delimitação caracterizada pela mudança da tonalidade entre a parte úmida e a parte seca, sendo facilmente percebida através de imagens aéreas e de sensoriamento remoto. Como essa posição depende da maré, Muehe (2014), indica que é necessário definir qual maré deve ser considerada, ou seja, qual das alturas entre as marés máximas e mínimas de sizígia.

A posição da linha de costa é resultado de interações morfodinâmicas e controlada basicamente pelas características das ondulações geradas pelos sistemas meteorológicos e pelo balanço hídrico e sedimentar resultante do aporte continental e marinho, os quais influenciam diretamente no seu avanço ou recuo (MARINO, 2014). Além disso, a ação das marés e dos ventos também possuem forte influência na posição da linha de costa.

Uma vez que houver atuação de eventos de alta energia, como, por exemplo, marés equinociais e tempestades, a linha de costa será radicalmente alterada em um curto espaço de tempo (HONEYCUTT *et al.*, 2001).

É necessário perceber que a linha de costa é unidimensional, não contendo uma espessura e/ou um diâmetro. Ela somente demonstra o contorno de determinado indicador de sua posição. Por essa razão, a linha de costa não sofre erosão ou progradação, podendo apenas sofrer mudanças em sua localização (OERTEL, 2005).

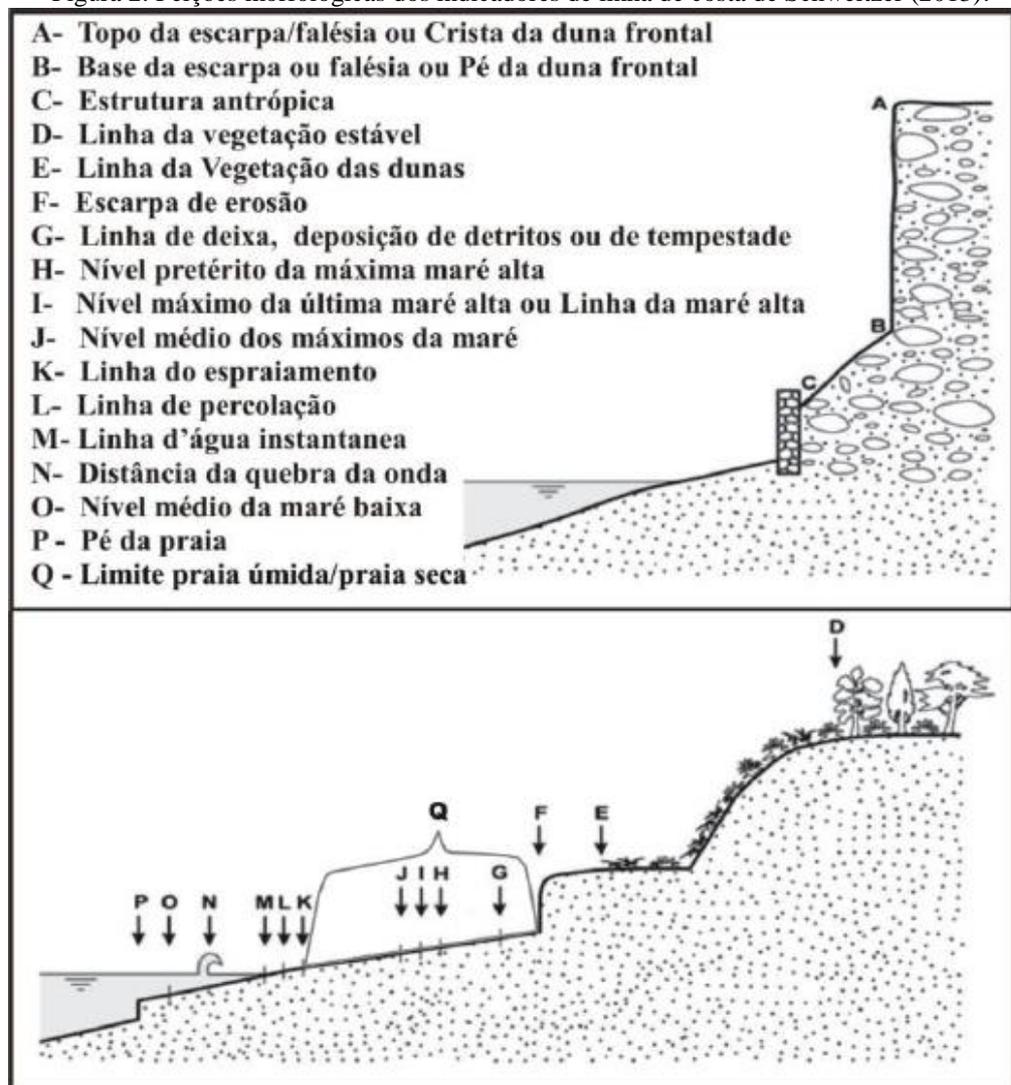
Boak e Turner (2005), afirmam que, devido a dinâmica do limite de linha de costa, são necessários parâmetros para representar a “verdadeira” posição da linha de costa, sendo esses parâmetros chamados de indicadores de linha de costa, demonstrados na figura 2. Os indicadores de linha de costa consistem em feições morfológicas, visuais ou antrópicas que são tomadas como uma representação verdadeira da posição da linha de costa em certo momento.

Esses indicadores foram enquadrados, por Boak e Turner (2005), em categorias, sendo elas:

- baseadas em uma característica costeira visualmente discernível, como o limite entre a parte úmida e seca da praia;
- baseadas em um dado de maré específico, como o perfil costeiro de uma elevação vertical específica, definida pelos constituintes das marés de uma área particular, como o nível da maré alta ou o nível médio do mar;

- baseadas na aplicação de técnicas de processamento de imagens para extrair características de linha de costa digital, não sendo necessariamente visíveis a olho nu (e.g., AARNINKHOF; CALJOUW; STIVE, 2000).

Figura 2: Feições morfológicas dos indicadores de linha de costa de Schweitzer (2013).



Fonte: Adaptado de Boak e Turner (2005).

Souza *et al.* (2005), propôs que os processos erosivos podem ser estudados a partir de dois métodos, sendo esses:

- Métodos diretos: normalmente utilizados para identificar eventos erosivos de baixa frequência. O monitoramento das praias é realizado a partir de perfis topográficos, incluindo o estudo da morfologia da praia, análises sedimentológicas e dados meteorológicos e oceanográficos integrados, podendo esses dados serem obtidos de formas diretas (medições *in situ*) ou indiretas (a partir de campanhas pretéritas). Através desse método pode-se fazer

uma análise comparativa das variações da linha de costa e do volume de sedimentos entre os perfis e calcular o balanço sedimentar de cada perfil de praia;

- Métodos indiretos: geralmente utilizado para caracterizar eventos de erosão costeira de longo prazo. Nesse método, utiliza-se fotografias aéreas, imagens de satélites e mapas topográficos e batimétricos para calcular as taxas de retração ou retrogradação da linha de costa em metros/ano, com o objetivo de mapear as variações da linha de costa. Também pode-se utilizar um GPS (Sistema de Posicionamento Global) para realizar o monitoramento da linha de costa.

#### **4.2.2 Ambiente Praial**

MUEHE (2007), descreveu praia como sendo depósitos de sedimentos, mais comumente arenosos, acumulados por ação de ondas que, por apresentar mobilidade, se ajustam às condições de ondas e maré. Representam, por essa razão, um importante elemento de proteção do litoral.

Os processos morfodinâmicos que atuam na linha de costa são representados por ações naturais físicas, biológicas e químicas, que exercem grande influência na modelagem costeira, seja através da ação destrutiva (erosão) em determinados locais ou da ação construtiva em outros (deposição). Os processos físicos são basicamente gerados pela ação das ondas e correntes costeiras ou pela ação das marés. Nos processos biológicos, os organismos que habitam a zona costeira são os responsáveis por modificações através da interação com os sedimentos e através da bioconstrução de edifícios e esqueletos carbonáticos. Os processos químicos são resultantes do intemperismo das rochas e precipitação de materiais (SILVA *et al.*, 2004).

As praias dividem-se, quanto a suas características morfológicas, em: face de praia ou estirâncio, correspondente a parte exposta durante a maré baixa e submersa durante a maré alta; pós-praia, correspondente a zona sempre exposta, onde o mar só alcança em eventos extremos, como no caso de tempestades; antepraia, correspondente a região que sempre está emersa. Há também a crista da berma, que separa o estirâncio e o berma, que é um terraço formado na pós-praia acima do alcance da maré mais alta. Uma praia pode conter um ou mais bermas, ou até mesmo nenhum (SILVA *et al.*, 2004).

Figura 3: Caracterização do sistema praiial.



Fonte: Muehe (2007).

Os processos responsáveis pelo comportamento das praias começam a atuar na base da antepraia, através de trocas de sedimentos entre o limite superior e inferior da praia, através da zona de arrebentação (CALLIARI *et al.*, 2003).

Quanto à atuação dos processos hidrodinâmicos, a faixa praiial se divide em: zona de arrebentação, local onde as ondas começam a ficar instáveis; zona de surfe, local onde ocorre a quebra das ondas; e zona de espraiamento, local onde ocorre a subida e descida da parcela de água na face de praia (KOMAR, 1998).

Wright e Short (1984), classificaram as praias em seis estágios morfológicos associados a diferentes regimes de ondas e marés, sendo um dissipativo, quatro intermediários e um refletivo. No estágio dissipativo, a zona de surfe é larga, apresenta baixo gradiente topográfico e elevado estoque de areia, sendo também baixo o gradiente da praia. Ocorre sob condições de ondas altas e de elevada esbeltez ou na presença de areias de granulometria fina. Silva *et al* (2004) apontam ainda que esse estágio é composto por praias planas e rasas, com uma grande zona de surfe e mais de uma linha de arrebentação, ocasionando a ocorrência de vários bancos arenosos paralelos à praia.

O estágio refletivo, ao contrário, é caracterizado por elevados gradientes da praia e fundo marinho adjacente, o que praticamente elimina a zona de surfe. A berma da praia é elevada devido à velocidade de espraiamento da onda. O estoque de areia na zona submarina é baixo.

As oscilações do nível do mar, seja em termos absolutos ou relativos (quando a variabilidade decorre de movimentos crustais), representam uma variável significativa no controle da mobilidade horizontal da linha de costa. No entanto, outras forçantes climáticas e oceanográficas indutoras do transporte de sedimentos, como o clima de ondas e o transporte

litorâneo associado, o regime de chuvas e a descarga fluvial sólida e líquida, desempenham papel extremamente importante. Afinal, há processos erosivos e progradacionais ocorrendo simultaneamente ao longo do litoral (MUEHE, 2013).

#### 4.2.3 Dunas Frontais

De acordo com Hesp (2002) e Calliari *et al.* (2005), dunas frontais podem ser definidas como sendo cristas de dunas paralelas à linha de costa que são formadas logo após a pós-praia, sendo, na maioria dos casos, vegetadas. São formadas a partir do transporte de sedimentos, normalmente de granulometria fina, através da ação dos ventos. Esses sedimentos, ao encontrarem uma barreira física, geralmente a vegetação, ficam retidos e assim formam as dunas frontais. Carter *et al.* (1990) afirma que a ocorrência de dunas frontais está, em sua maioria, associada a praias dissipativas dominadas pela ação das ondas.

Park e Edge (2010), chamam a atenção da importância das dunas frontais para a proteção da zona costeira, pois, por funcionarem como uma barreira, elas são consideradas uma defesa natural a eventos de alta energia, como ressacas, *swell* e marés equinociais.

#### 4.2.4 Ondas

As ondas constituem perturbações que se movem sobre ou através de um meio. Estas perturbações podem estar relacionadas a forças periódicas, a exemplo das marés astronômicas. Entretanto, a maioria das ondas, resulta de perturbações de natureza não-periódica, causadas por tempestades, por terremotos ou pela ação dos ventos (MEDEIROS *et al.*, 2003).

Entre os agentes que participam do transporte e distribuição de sedimentos na zona costeira, as ondas respondem pela maior parte deste processo. Notadamente, a dispersão de sedimentos ao longo da linha de costa é basicamente determinada pela intensidade e distribuição da energia das ondas e a interação entre a sua propagação com o fundo marinho e/ou obstáculos ao seu deslocamento, o que resulta em modificações na sua altura e trajetória, principalmente através do processo de refração (CARVALHO; MAIA; DOMINGUEZ, 2007).

De acordo com Guerra (2014), as ondas podem ser classificadas em dois tipos, sendo eles:

- *Sea*: quando as ondas são formadas em decorrência de ventos locais, sendo ondas irregulares que se movem em diferentes direções e possuem diferentes períodos;

- *Swell*: quando as ondas se propagam por longas distâncias do seu local de origem sem perder as suas propriedades. São ondas mais uniformes, com grandes comprimentos de ondas e de pequenas amplitudes. São consideradas ondas *swell* as ondas com períodos a partir de 10 segundos.

#### 4.2.5 Marés

Marés são alterações periódicas, de curto prazo, na altura da superfície do oceano, em um determinado lugar, causadas pela combinação da força gravitacional da Lua e do Sol com o movimento da Terra (GARRISON, 2010).

A ação das marés representa um papel relevante na morfodinâmica e hidrodinâmica costeira, principalmente no sentido de ampliar a área de ataque das ondas (MUEHE, 2018).

Se a Terra, a Lua e o Sol estiverem alinhados, ocorrerá uma maré de sizígia, o que significa que as marés altas e as marés baixas atingirão maiores amplitudes. Esse tipo de maré ocorre em intervalos de duas semanas, correspondentes às luas cheia e nova.

Mas, se a Terra, a Lua e o Sol formarem um ângulo reto, haverá uma maré de quadratura, o que significa que as marés altas e as marés baixas possuirão menores amplitudes. Esse tipo de maré também ocorre em intervalos de duas semanas, correspondentes às luas minguante e crescente.

De acordo com Morais (1996), as marés são classificadas pela sua influência e atração gravitacional exercida pela lua e pelo sol, o que reflete na duração da maré. As marés podem ser diurnas, com uma preamar e uma baixa-mar durante o dia lunar (24 horas e 50 minutos); semi-diurna, com duas preamares e duas baixa-mares durante o dia lunar, com altura e duração do ciclo similares; e maré mista, também com duas preamares e duas baixa-mares em um dia lunar, porém com diferenças relevantes na altura e duração de cada ciclo.

#### 4.2.6 Corrente longitudinal costeira

Uma das causas mais frequentes da erosão ou progradação costeira é a alteração no volume de sedimentos transportados paralelamente à linha de costa. Esse transporte, efetuado pela corrente longitudinal, gerada entre a zona de arrebentação e a linha de praia, em decorrência da obliquidade de incidência das ondas, tem sua intensidade e sentido definidos

pela altura e direção das ondas incidentes e pela orientação da linha de costa (CUNHA; GUERRA, 2006).

Muehe (1996) afirmou que as ondas são as principais responsáveis pela forma das zonas costeiras, uma vez que, ao chegarem à praia, constituem a corrente longitudinal, que transporta os sedimentos para as zonas litorâneas.

Morais (1996), explicou o funcionamento da corrente longitudinal costeira como sendo um transporte de sedimentos que ocorre de forma transversal, onde os sedimentos ficam suspensos e são transportados pela ação das ondas até o limite da zona de espraiamento. Depois voltam para o mar devido ao refluxo das ondas. Porém, algumas partículas, ao chegarem na zona de espraiamento, são transportadas pela ação dos ventos, sendo esse transporte paralelo à linha de costa.

## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1 Levantamento bibliográfico e cartográfico**

Essa etapa inicial de levantamento de dados consistiu no levantamento bibliográfico e cartográfico do litoral oeste do Ceará, com ênfase no litoral de Amontada. Foram utilizadas imagens Quickbird adquiridas a partir do *software* Google Earth Pro e uma ortofotocarta disponibilizada pela SEMACE (Superintendência Estadual do Meio Ambiente). Também foram utilizados como referências artigos nacionais e internacionais de revistas científicas, repositórios de universidades nacionais e internacionais, *Elsevier*, *Google scholar*, portal de periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), entre outros.

### **5.2 Aquisição de dados**

Os experimentos de campo foram realizados entre os dias 9 e 10 de outubro de 2018. A aquisição dos dados foi realizada durante maré de sizígia, sendo os dados de marés coletados através do portal *online* de tábuas de marés da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) da Marinha do Brasil.

Foram totalizados dois experimentos, nos quais foram adquiridos dados topográficos a partir da aquisição de dados com equipamento RTK 6 da marca Trimble (figura 4) e sedimentológicos durante o período de baixa-mar.

### 5.2.1 Perfis morfodinâmicos

A realização de perfis topográficos nos dois dias de experimento teve por finalidade observar as variações no volume de sedimentos da praia, podendo assim documentar a erosão e/ou deposição costeira. Para realização do experimento, foram distribuídos perfis de praia que abrangessem toda a área estudada, sendo totalizados seis perfis de monitoramento direto perpendiculares à linha de costa, com uma distância média de aproximadamente 135 m entre um e outro.

Figura 4: Aquisição dos dados de perfil com RTK.



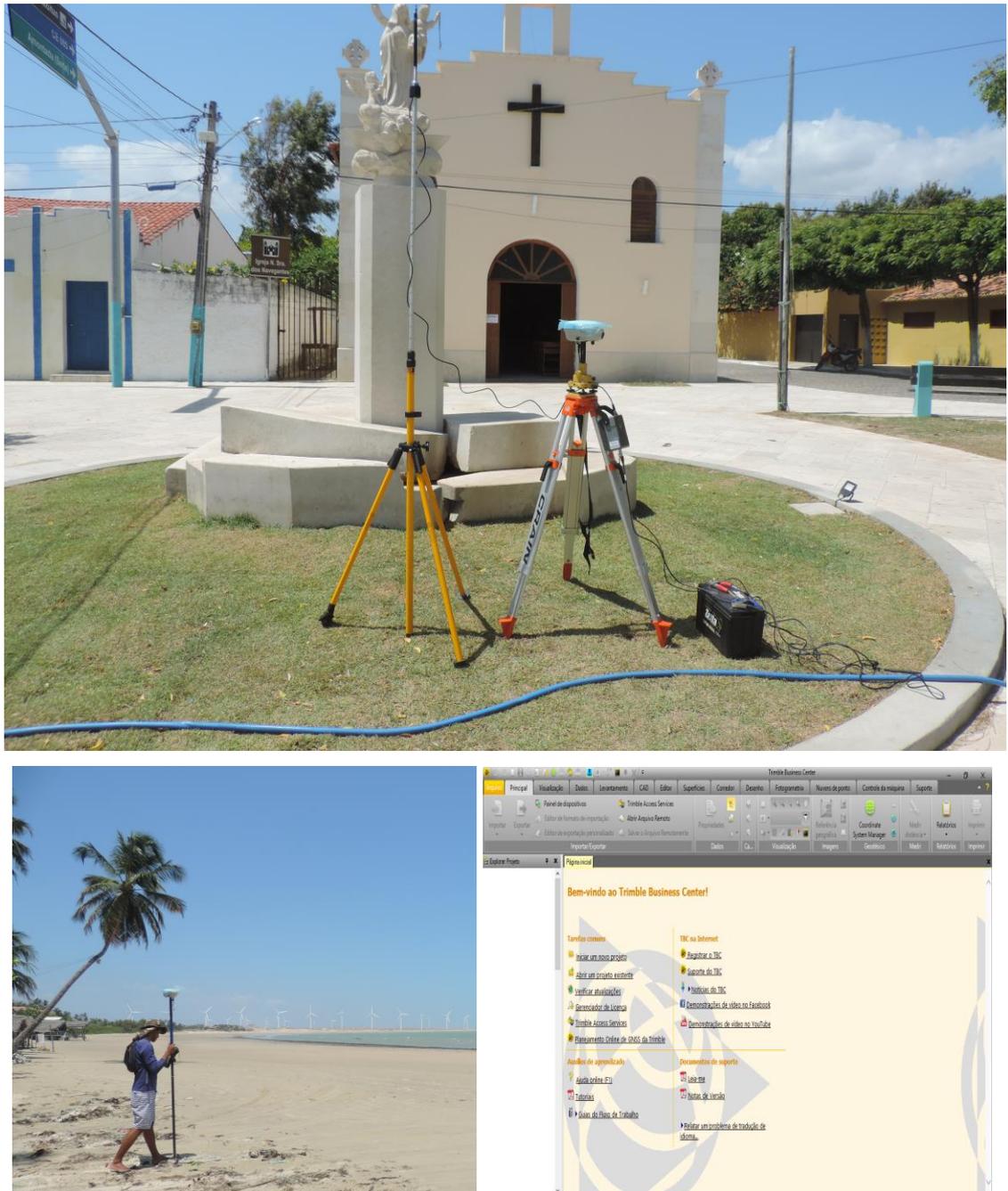
Fonte: autores.

Para aquisição dos dados foi utilizado um RTK 6 (*Real Time Kinematic*) (figura 5) da marca Trimble, com precisão vertical de 15 mm. O RTK funciona a partir do princípio da triangulação, ele contém uma base que permanece fixa, um rover, unidade móvel para realização do caminhamento na área de estudo para coletar os pontos com o auxílio de uma coletora.

Inicialmente, põe-se a base do equipamento em um local fixo, nivelando-a ao inserir a bolha na circunferência indicada. A base permanece ligada durante todo o experimento, com a finalidade de obter dados de localização com o máximo de precisão. Finaliza-se a instalação da base medindo a altura da antena do equipamento em relação ao solo e configurando-a para o modo cinemático de pós-processamento.

Para iniciar o Rover, foi necessário configurá-lo também para o modo cinemático de pós-processamento, para posteriormente tratar os dados obtidos no *software* Trimble e com o auxílio de planilhas no *software* Excel. Os pontos são coletados a partir da conexão da base e do *rover* do RTK com os satélites.

Figura 5: Base do RTK, aquisição dos dados e software utilizado para posterior tratamento dos dados adquiridos.



Fonte: O autor.

Em cada perfil de praia (figura 6), foram coletadas amostras de sedimentos do pós-praia, do estirâncio e da antepraia para fins de caracterização sedimentológica da área de estudo. A partir dessa coleta, foi possível realizar a caracterização textural dos sedimentos. Ao final de cada dia de experimento, foram coletadas 18 amostras, totalizando 36 amostras.

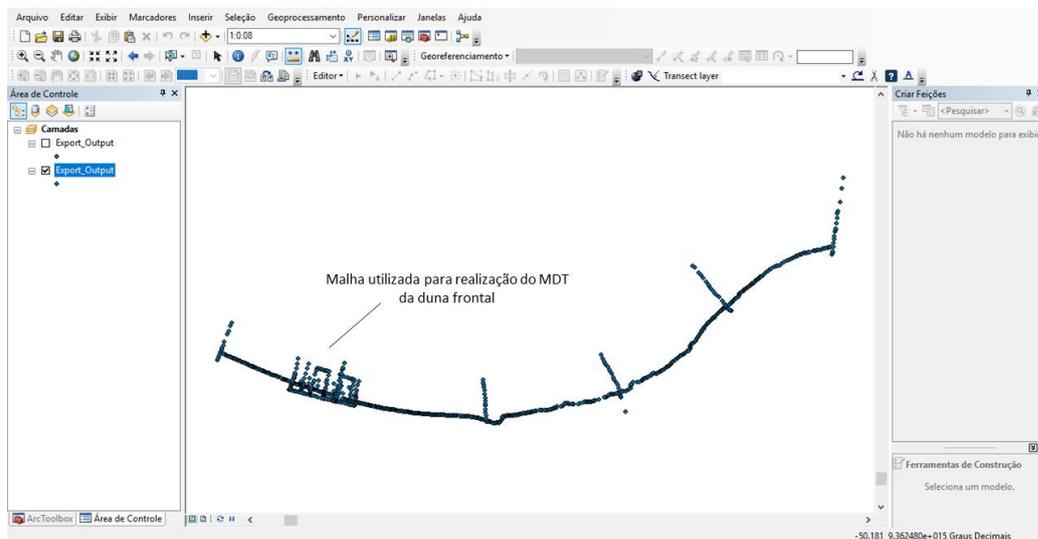
Figura 6: Mapa dos pontos de monitoramento em campo. A área correspondente ao P5 é a área com ocorrência de dunas frontais.



Fonte: O autor.

Além dos perfis de monitoramento, também foram adquiridos dados em uma área de dunas frontais (figura 7), a fim de produzir um Modelo Digital de Terreno (MDT) em 3-D para simular a taxa de inundação da área.

Figura 7: Shape de pontos coletados com o RTK para realização da linha de costa, dos perfis de monitoramento e do MDT da duna frontal.



Fonte: O autor.

### 5.2.2 Delimitação da linha de costa

A delimitação da linha de costa foi realizada por meio de levantamento com o RTK6 da marca Trimble, realizando um levantamento geodésico por posicionamento relativo, através da obtenção das coordenadas x e y com precisão de 15 mm. O modo de operação do equipamento para delimitação da linha de costa funcionou de forma similar ao de aquisição dos dados topográficos. A base foi nivelada e fixada e foi observada e anotada a altura da antena. Posteriormente, foi iniciado o caminhamento pela área de estudo com o rover, onde os pontos eram marcados na coletora a cada 2 m, aproximadamente.

A delimitação da linha de costa foi baseada no critério proposto por Crowell (1991) de linha de preamar máxima (LPM), onde é levada em consideração a interface entre a parte molhada dos sedimentos e a parte de sedimentos secos (figura 8). Também eram consideradas variações morfológicas na área, como base de dunas frontais, limite de área vegetada (figura 9) e base de feições de berma (figura 10) onde não era possível identificar precisamente a LPM. A tabela 2 demonstra qual parâmetro para delimitação da linha de costa foi utilizada em cada um dos perfis de monitoramento realizados.

Figura 8: Interface entre os sedimentos secos e molhados no perfil 5, perfil com ocorrência de dunas frontais.



Fonte: Autores.

Figura 9: Delimitação da linha de costa a partir do limite da área vegetada, na área correspondente ao perfil 4.



Fonte: Autores.

Figura 10: Delimitação da linha de costa a partir da feição do berma.



Fonte: Autores.

Tabela 2: Parâmetros utilizados para delimitação da linha de costa dos pontos de monitoramento.

Ponto de monitoramento 1	Linha de preamar máxima e base da duna
Ponto de monitoramento 2	Linha de preamar máxima
Ponto de monitoramento 3	Obras de contenção e limite de área vegetada
Ponto de monitoramento 4	Limite de área vegetada
Ponto de monitoramento 5	Linha de preamar máxima e base da duna frontal
Ponto de monitoramento 6	Linha de preamar máxima

Fonte: o autor.

### 5.3 Etapa de laboratório

#### 5.3.1 Análise granulométrica

Após o campo, foi utilizada a metodologia de peneiramento proposta por SUGUIO (1973), que consiste na secagem em estufa a aproximadamente 56° C, quarteamo, pesagem de 100 gramas para realizar a análise, peneiramento úmido auxiliado por uma peneira de malha com abertura de 0,062 milímetros para separar o sal e a fração de silte-argila da amostra e posteriormente a amostra foi levada novamente para a estufa.

Com o que sobrou da amostra de 100 g, foi realizado o peneiramento seco, que consiste na utilização de um *rot-up* com um conjunto de onze peneiras de diferentes malhas, que separa a fração mais grossa da amostra (que fica retida na peneira com malha de abertura (4,000 mm) até a fração mais fina (retida na peneira com malha de abertura 0,062 mm). O *rot-up* realiza um agitação mecânica de todas as peneiras simultaneamente, o que auxilia na seleção dos grãos.

Após o término do funcionamento do *rot-up*, as parcelas de amostras que ficaram retidas em cada uma das peneiras foi pesada e os dados foram anotados em fichas de análise granulométrica.

Os valores obtidos através do peneiramento seco foram inseridos no *software* SAG – Sistema de Análise Granulométrica, desenvolvido pela Universidade Federal Fluminense (UFF), onde foram gerados os resultados estatísticos, como grau de seleção, curtose, assimetria e a classificação de acordo com Larssonneur.

### 5.3.2 Carbonato de Cálcio

Para determinar o teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) das amostras, foi utilizado o método do calcímetro de Bernard (modificado) (figura 11), onde esse teor é inferido indiretamente, a partir da oscilação do volume de uma solução salina, que é causada pela liberação de gás carbônico devido ao contato do ácido clorídrico ( $\text{HCl}$ ) com o carbonato presente na amostra.

$$\% \text{CaCO}_3 = \frac{V_{\text{amostra}} \times C_{\text{padrão}}}{V_{\text{padrão}}}$$

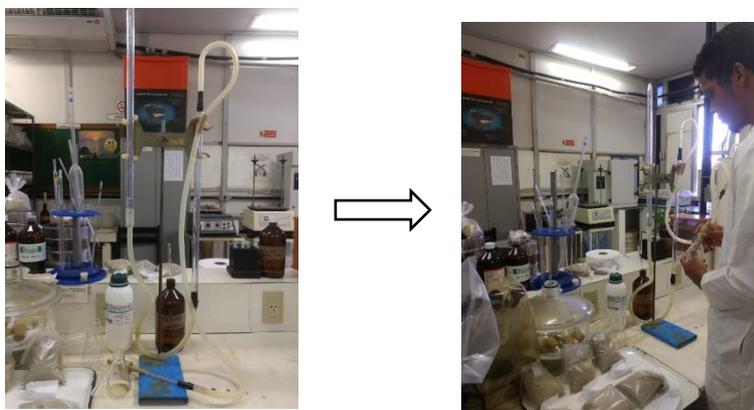
Onde:

$V_{\text{amostra}}$ : quantidade, em mL, do volume da solução salina deslocada pelo gás carbônico que foi produzido pela reação entre o teor de carbonato na amostra e o  $\text{HCl}$ ;

$C_{\text{padrão}}$ : concentração padrão da amostra a 99% de  $\text{CaCO}_3$ ;

$V_{\text{padrão}}$ : quantidade, em mL, do volume da solução salina deslocada pelo gás carbônico quando o  $\text{HCl}$  reagiu com a solução padrão (branco).

Figura 11: Procedimento de análise do teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) nas amostras.



Fonte: O autor.

## 5.4 Etapa de gabinete

### 5.4.1 Análise da variação de linha de costa

Para analisar a variação da linha de costa, foi utilizada uma ortofotocarta, disponibilizada pela SEMACE (Superintendência Estadual do Meio Ambiente) georreferenciada no datum horizontal SIRGAS 2000 obtida durante o diagnóstico do estado de Ceará de 2016. Também foram utilizadas imagens Quickbird obtidas através do *software* Google Earth Pro e georreferenciadas com base na ortofotocarta da área adquirida no ano de

2014. Posteriormente foi realizada a vetorização das linhas de costa e integralização dos dados em ambiente SIG.

Tabela 3: características das imagens de satélites e ortofotocarta utilizadas.

Ano	Mês	Tipo de material	Resolução espacial	Satélite/Fornecedor
2003	Novembro	Imagem de satélite	2,4 m	Quickbird
2004	Setembro	Imagem de satélite	2,4 m	Quickbird
2010	Dezembro	Imagem de satélite	2,4 m	Quickbird
2013	Setembro	Imagem de satélite	2,4 m	Quickbird
2014	Agosto	Imagem de satélite	2,4 m	Quickbird
2014	Setembro	Ortofotocarta	20 cm	SEMACE
2015	Novembro	Imagem de satélite	2,4 m	Quickbird
2018	Julho	Imagem de satélite	2,4 m	Quickbird

Fonte: O autor.

Em ambiente SIG, utilizando um banco de dados tipo Geodatabase, foi inserida uma linha de base (*baseline*) e, a partir dela, transectos perpendiculares equidistantes e de mesmo tamanho para, através desses transectos, serem calculadas as taxas de variação temporais da linha de costa. As linhas de costa utilizadas foram vetorizadas em formatos *shapefile*. As variações das linhas de costa foram calculadas por meio de uso da extensão *Digital Shoreline Analysis System – DSAS 3.2* para o *software ArcGIS 10.5* (THIELER *et al.*, 2009). Essas taxas foram calculadas por meio de dois métodos estatísticos, o *End Point Rate* (EPR) e o *Linear Point Rate* (LRR). O método EPR elabora o cálculo a partir da variação da primeira e da última linha de costa utilizada, e o LRR faz o cálculo através de regressão linear simples, considerando a variação de todas as linhas de costa utilizadas.

#### 5.4 Processamento dos dados topográficos

Para utilizar os dados adquiridos em campo através do equipamento RTK, foi necessária a realização de um tratamento dos dados brutos. Os dados adquiridos a partir da base do equipamento foram pós-processados através do *software Trimble Business Center*,

sendo realizada a correção da altura elipsoidal para ortométrica. Para isso, foram utilizadas duas Redes Brasileiras de Monitoramento Contínuo (RBMC), uma em Fortaleza, no Porto do Mucuri (CEFT) e a outra no município do Eusébio (CEEU), ambas em projeção SIRGAS 2000. A partir do método da triangulação, pôde-se obter as coordenadas UTM e a altitude geométrica da base, sendo esses dados utilizados na correção dos dados de linha de costa. Após o tratamento dos dados, foram geradas tabelas que foram exportadas a fim de inserir os dados obtidos em ambiente SIG.

A partir da utilização do *software* Surfer 10, utilizou-se o shape da malha realizada na região da duna frontal para criar um Modelo Digital de Terreno (MDT) da área, a partir da geração de um *grid*, com a finalidade de observar a taxa de inundação da duna frontal durante os dois dias de experimento.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Variação da linha de costa

Os resultados obtidos a partir dos cálculos das taxas de variação de linha de costa dos anos de 2003 a 2018 demonstraram que o trecho estudado da praia de Icará de Amontada (figura 12) possui um caráter predominantemente erosivo nesse intervalo de tempo, como observado nos gráficos 3 e 4. As maiores taxas de erosão foram de 2,50 m/ano a partir do método EPR (gráfico 3), totalizando uma erosão de cerca de 40 m de faixa de praia entre os anos de 2003 e 2018. Já na utilização do método de Regressão Linear Simples (LRR), a taxa de erosão foi de 1,44 m/ano (gráfico 4), o que totaliza uma redução na faixa de praia de aproximadamente 23 m em um intervalo de tempo de 15 anos.

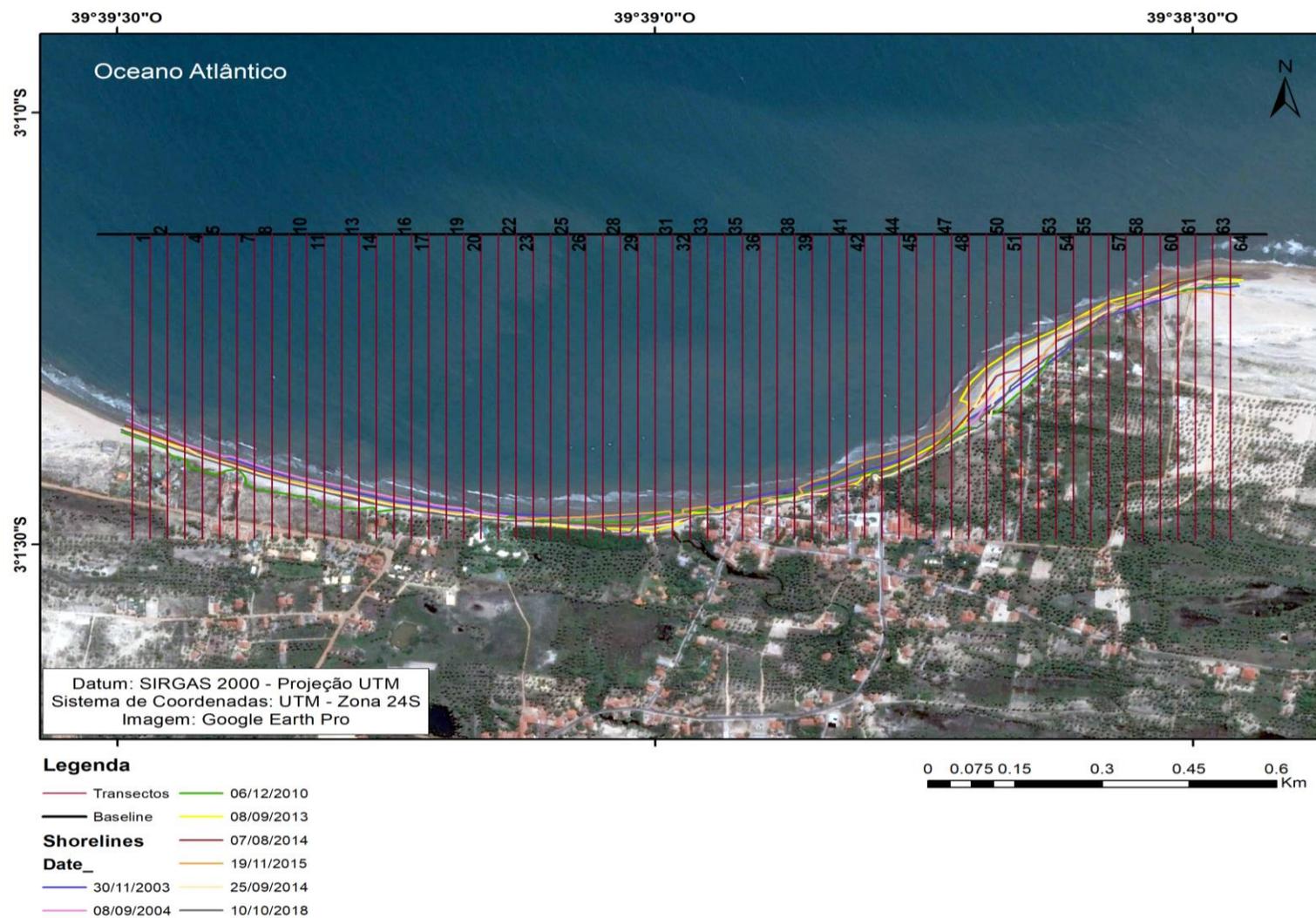
A área coberta pelos transectos 29 a 39 é a área que apresentou maiores taxas erosivas no intervalo de tempo analisado, sendo o transecto 29 o que obteve maior taxa erosiva a partir do método EPR, com uma perda anual de aproximadamente 2,5 m/ano, o que totaliza, em 15 anos, uma redução na faixa de praia de cerca de 37,5 m

Já de acordo com o método LRR, o transecto que obteve maior taxa erosiva foi o de número 39, com uma taxa anual de erosão de aproximadamente -1,5 m, o que totaliza, no intervalo de tempo de 15 anos, uma redução na faixa de praia de cerca de 22,5 m. Apesar disso, a área compreendida pelos transectos 50 a 63 mostraram resultados com deposição de sedimentos, sendo, então, esse setor da praia o único a possuir um caráter progradante.

O valor máximo de progradação atingido foi de 1,48 m/ano a partir do método EPR (gráfico 3), resultando em um acréscimo de cerca de 23,5 m de faixa de praia na região compreendida entre os transectos 50 a 63, e de 2,03 m/ano a partir do método LRR (gráfico 4),

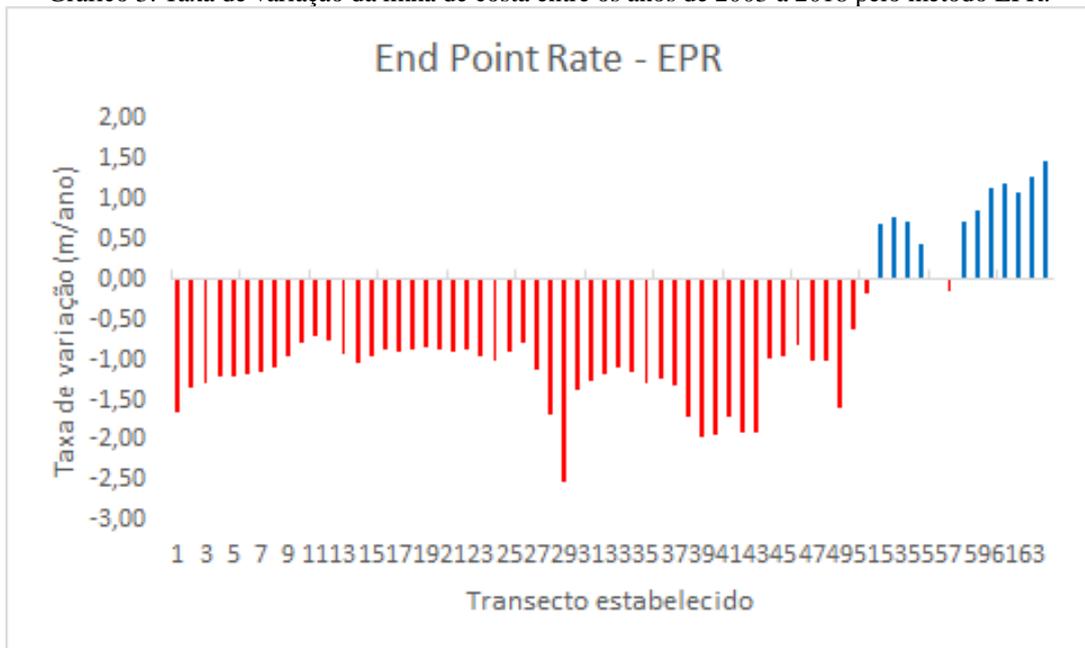
totalizando uma progradação total de aproximadamente 32,4 m entre esses transectos em um período de 15 anos (2003 – 2018). A progradação nessa área pode ser explicada por dois fatores: o promontório arenoso presente na região, que atua amenizando a incidência direta das ondas na zona de sombra, que é a zona abrigada pelo promontório, e a ocorrência também de uma plataforma de abrasão na área, que atua diminuindo a força com que as ondas incidem na região, fazendo com que as ondas cheguem com menor intensidade na região da praia correspondente aos perfis progradantes.

Figura 12: Linhas de costa da praia de Icaraf de Amontada nos anos de 2003, 2004, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016 e 2018.



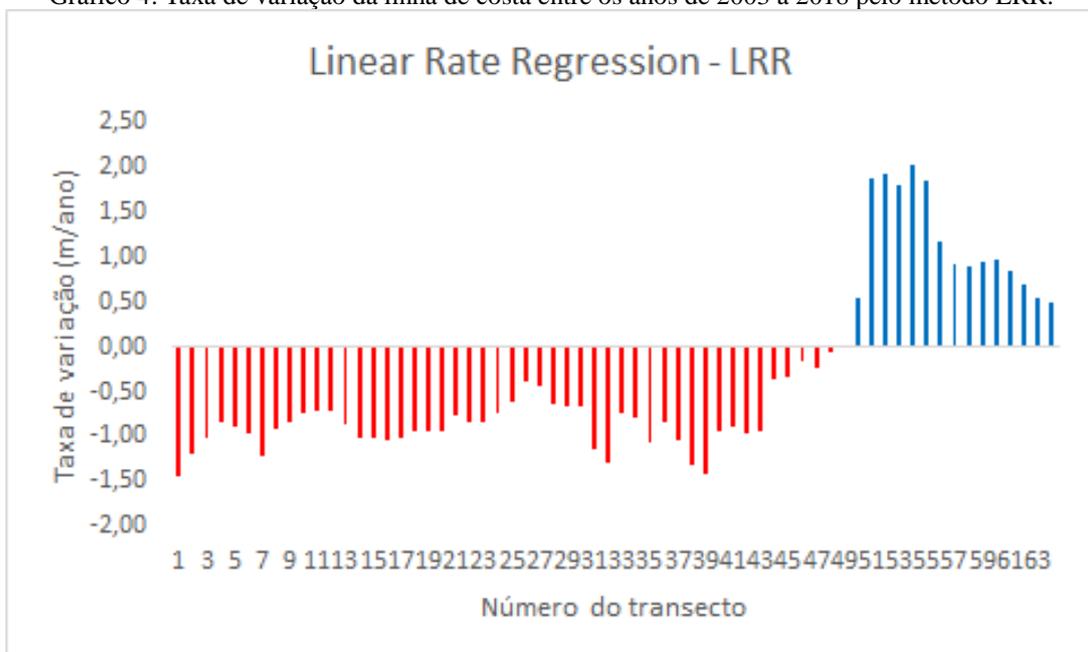
Fonte: o autor.

Gráfico 3: Taxa de variação da linha de costa entre os anos de 2003 a 2018 pelo método EPR.



Fonte: O autor.

Gráfico 4: Taxa de variação da linha de costa entre os anos de 2003 a 2018 pelo método LRR.



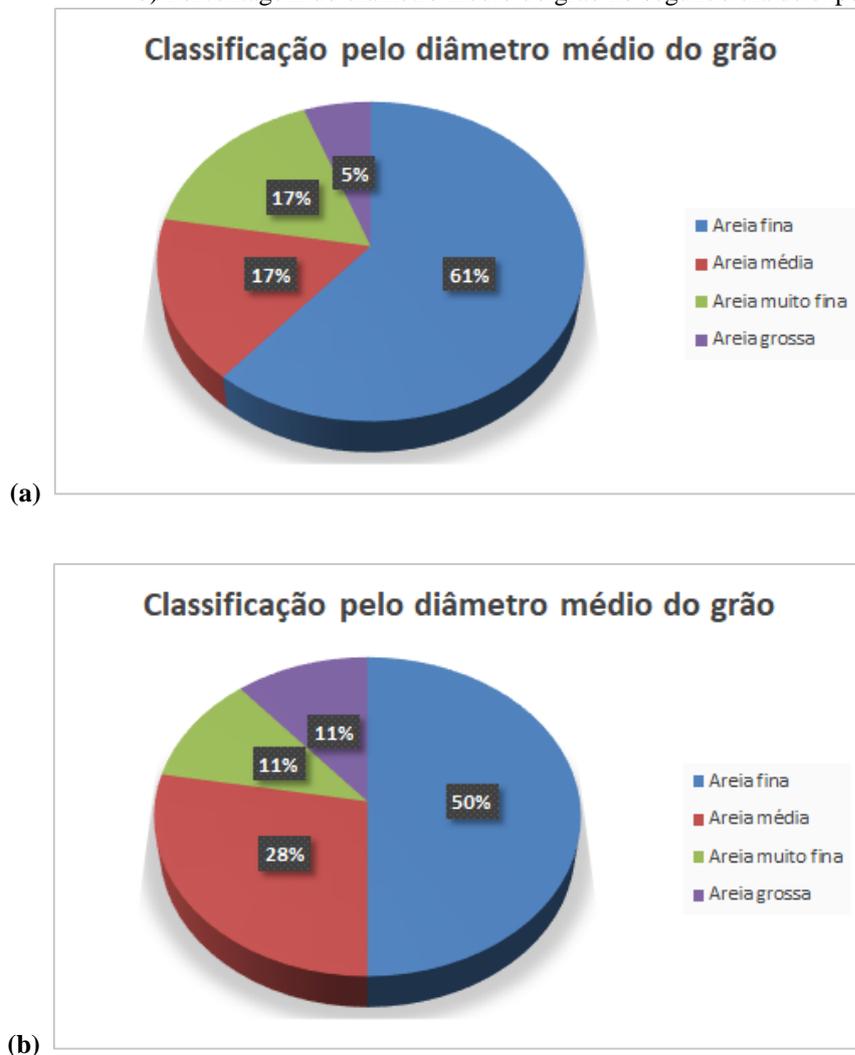
Fonte: O autor.

## 6.2 Caracterização morfosedimentar de Icaraí de Amontada

Os resultados provenientes da análise granulométrica das amostras coletadas em cada perfil de monitoramento foram expostos em formato de gráficos individuais. Entre esses resultados, temos: classificação quanto ao diâmetro do grão (gráfico 5), curtose (gráfico 6), assimetria (gráfico 7) e grau de selecionamento (gráfico 8).

O diâmetro médio do grão está relacionado ao tamanho médio das partículas que compõem a amostra dos sedimentos. De acordo com Davis Jr. e Fitzgerald (2004), os sedimentos finos tendem a ser mais expressivos em ambientes de baixa energia de ondas, ao passo que os sedimentos mais grossos tendem a se acumularem em ambientes de alta energia de ondas.

Gráfico 5: a) Porcentagem do diâmetro médio do grão no primeiro dia de experimento.  
b) Porcentagem do diâmetro médio do grão no segundo dia de experimento.



Fonte: O autor.

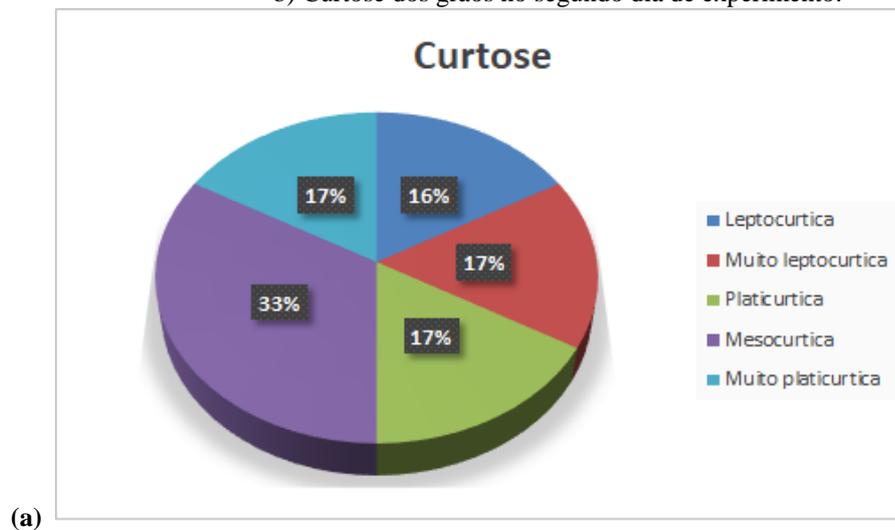
Nos dois dias de experimento, houve uma predominância de areia fina, sendo o percentual do primeiro dia de 61% (11 amostras) e do segundo dia de 50% (9 amostras), o que

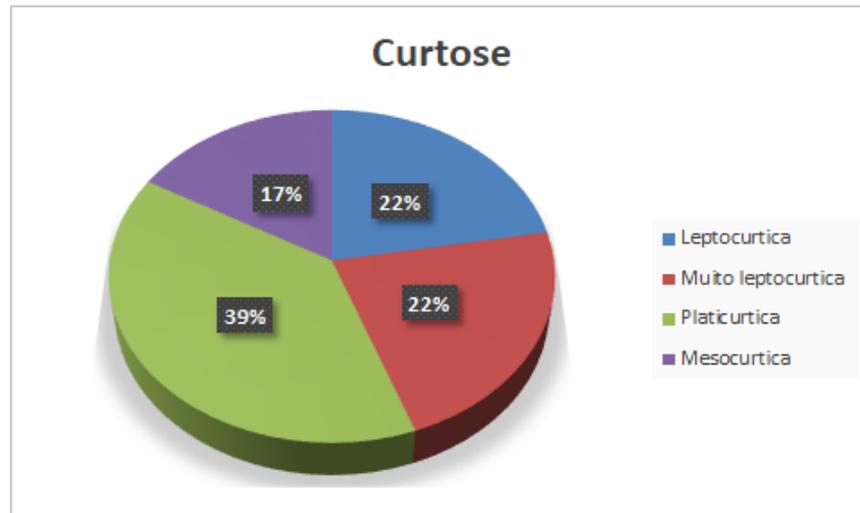
permite inferir que a praia de Icaraí de Amontada é uma praia de, predominantemente, baixa energia de ondas.

O aumento na quantidade de areia média pode ter ocorrido devido à ação eólica, uma vez que os ventos na região apresentaram forte intensidade nos dias de experimento, sendo, portanto, possível ter ocorrido o transporte de areia média nesse intervalo de tempo.

Andriotti (2003), expressa que a curtose é referente ao grau de achatamento de uma curva em relação a uma curva representativa de uma distribuição normal. A classificação da curtose é platicúrtica quando a curva é achatada, mesocúrtica quando a curva é normal e leptocúrtica quando a curva é alongada. Valores de curtose muito altos ou muito baixos podem significar que o sedimento foi transportado da área-fonte para o ambiente de deposição sem perder suas características originais (FOLK, 1957). Martins (1965), explicitou que os sedimentos praias são, geralmente, leptocúrticos, ao passo que sedimentos eólicos costumam ser mesocúrticos.

Gráfico 6: a) Curtose dos grãos no primeiro dia de experimento.  
b) Curtose dos grãos no segundo dia de experimento.





(b)

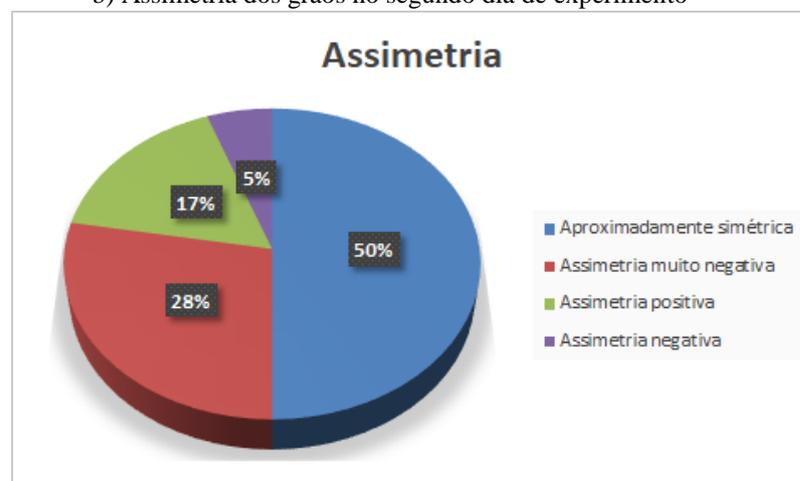
Fonte: O autor.

A praia de Icaraí de Amontada, em relação à curtose dos grãos, foi, em sua maioria, mesocúrtica no primeiro dia e platicúrtica no segundo dia, sendo essa variação entre um dia e outro possivelmente relacionada ao retrabalhamento dos grãos devido a ação das ondas, das marés e do vento entre os dois dias. Pelo fato de haver uma duna no primeiro perfil de monitoramento, pode-se explicar a ocorrência de uma predominância de sedimentos mesocúrticos, uma vez que a duna é uma importante área-fonte de sedimentos para a praia.

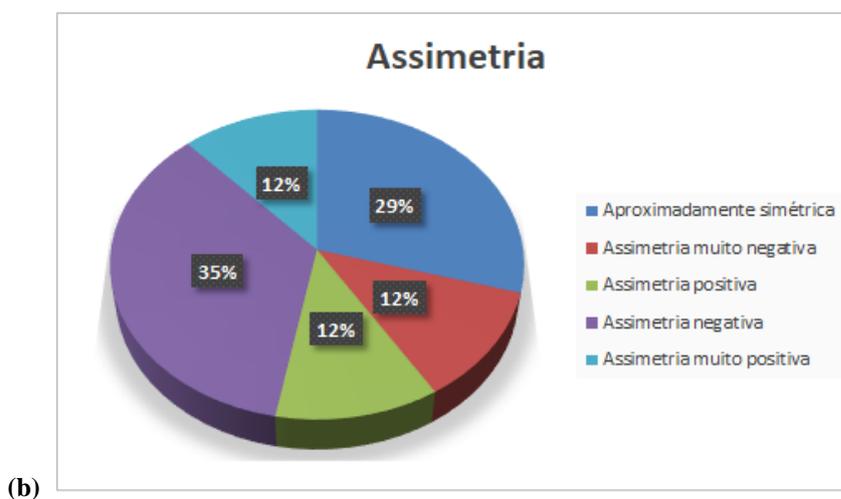
A assimetria representa o grau de deformação de uma curva no sentido horizontal, podendo essa variação ser positiva ou negativa (ANDRIOTTI, 2003). A assimetria é um parâmetro intrínseco ao ambiente de deposição e, na maioria das vezes, amostras de praia possuem assimetria negativa e areias de rios e dunas costumam possuir assimetria positiva. Uma amostra é simétrica quando há igualdade entre os valores de média, moda e mediana, o que comprova que a amostra é bem dividida entre grãos finos e grossos (JESUS & ANDRADE, 2013).

Gráfico 7: a) Assimetria dos grãos no primeiro dia de experimento.

b) Assimetria dos grãos no segundo dia de experimento



(a)

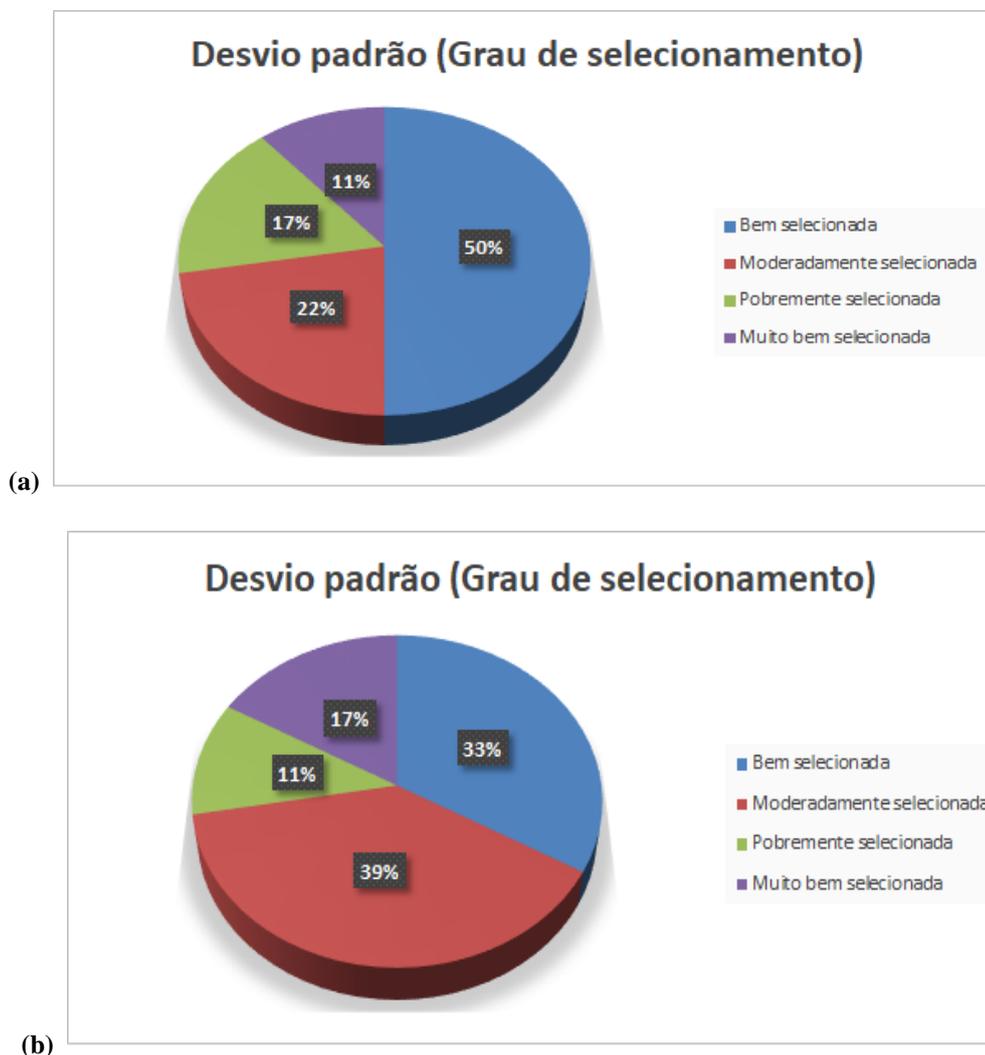


Fonte: O autor.

No primeiro dia do experimento, o resultado de assimetria dos grãos foi, em sua maioria, aproximadamente simétrico (50%), ao passo que no segundo dia do experimento, a maior parte dos sedimentos foram caracterizados com assimetria negativa. Esses resultados indicam que, no primeiro dia do experimento, os grãos estavam, em sua maioria, relativamente bem divididos entre finos e grossos, ainda que a porcentagem de assimetria muito negativa também tenha tido um resultado expressivo. Já no segundo dia, os grãos foram, em sua maioria, de assimetria negativa (35%), seguidos por uma assimetria aproximadamente simétrica (29%). Essa variação pode ter ocorrido devido a ação das ondas e da maré de sizígia entre um dia e outro, o que corrobora com o elevado poder de mobilização proveniente da ação conjunta de ondas e marés, podendo alterar a classificação sedimentar da praia em um curto intervalo de tempo. A atuação do vento na área também pode ser responsável por essa variação na assimetria das amostras.

De acordo com Jesus e Andrade (2013), o grau de selecionamento, ou desvio padrão, é uma medida de dispersão da amostra relacionado ao seu tamanho. Quanto mais selecionado for o grão, menor será a dispersão de seus valores granulométricos, ou seja, os grãos possuirão tamanhos similares. Martins (1965) ressalta que os sedimentos que ocorrem em praias são, geralmente, bem selecionados e moderadamente selecionados, ao passo que sedimentos fluviais são pobremente selecionados e moderadamente selecionados, e sedimentos de origem eólica são normalmente classificados como bem selecionados e muito bem selecionados.

Gráfico 8: a) Grau de selecionamento dos grãos no primeiro dia de experimento.  
b) Grau de selecionamento dos grãos no segundo dia de experimento.



Fonte: O autor.

Em relação ao grau de selecionamento das amostras, nos dois dias houve a predominância de grãos bem selecionados, seguidos de grãos classificados com moderadamente selecionados. Isso permite inferir que os sedimentos da praia de Icaraí de Amontada são provenientes de um mesmo tipo de ambiente, por essa razão, não há grandes diferenças entre os grãos. Também devido a predominância de grãos bem selecionados, característicos de sedimentos de origem eólica, pode-se inferir que grande parte do aporte de sedimentos da praia de Icaraí de Amontada é proveniente de dunas.

Através da medição do carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) nas amostras coletadas, chegou-se ao teor de  $\text{CaCO}_3$  em porcentagem. Esse teor é importante para que se possa identificar o tipo de material que se acumulou na área que não seja silicosa.

O teor de carbonato de cálcio nas amostras é elevado, como pode-se observar na tabela 4. Esse elevado teor pode ser explicado pela grande quantidade de material bioclástico que existe na plataforma da praia de Icaraí de Amontada, como por exemplo as algas calcárias, especialmente rodolítos, que são bastante expressivos na região e fragmentos de conchas.

Tabela 4: Teor de carbonato de cálcio das amostras analisadas.

<b>Amostra</b>	<b>% CaCO<sub>3</sub> 09/10/18</b>	<b>% CaCO<sub>3</sub> 10/10/18</b>
P1 Antepraia	24,42%	45,56%
P1 Estirâncio	35,2%	28,58%
P1 Pós-praia	21,12%	28,99%
P2 Antepraia	37,69%	39,35%
P2 Estirâncio	13,66%	11,59%
P2 Pós-praia	12,42%	10,35%
P3 Antepraia	35,62%	48,05%
P3 Estirâncio	13,66%	19,05%
P3 Pós-praia	14,08%	10,35%
P4 Antepraia	26,92%	33,13%
P4 Estirâncio	24,82%	27,75%
P4 Pós-praia	7,04%	13,66%
P5 Antepraia	11,18%	29,41%
P5 Estirâncio	21,53%	14,08%
P5 Pós-praia	25,26%	42,66%
P6 Antepraia	24,85%	18,64%
P6 Estirâncio	16,56%	16,98%
P6 Pós-praia	33,13%	36,86%

Fonte: o autor.

As análises demonstraram que, de forma geral, o teor de carbonato de cálcio foi mais elevado na região da antepraia, ocorrendo nos pontos de monitoramento 1, 2, 3 e 4. Entretanto, nos pontos de monitoramento 5 e 6 a predominância ocorreu na região do pós-praia.

O elevado teor de carbonato de cálcio também pode ser resultado da ocorrência de um swell pouco antes do experimento. O swell pode ter transportado os fragmentos bioclásticos que existem na plataforma para a região da praia, resultando, assim, nos elevados teores de carbonato de cálcio.

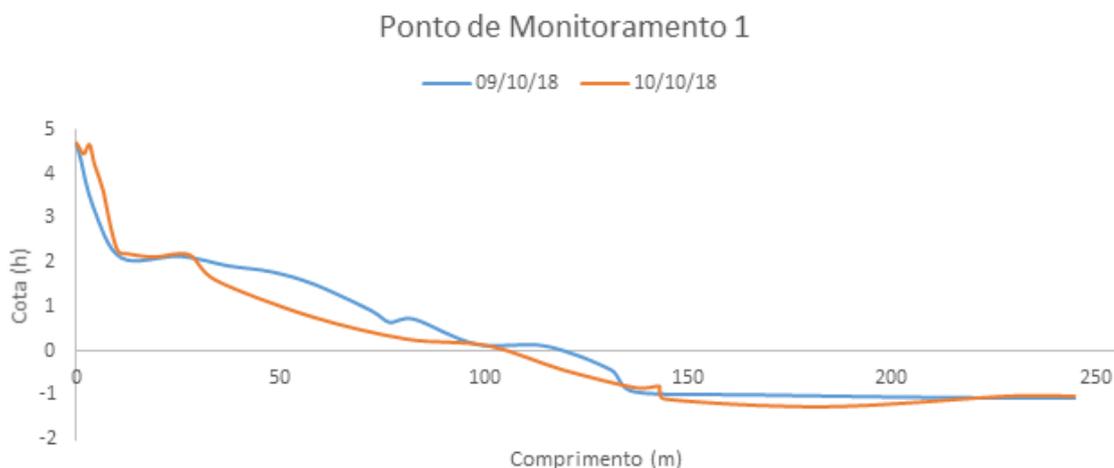
### **6.2.1 Ponto de monitoramento 1**

Na área que corresponde ao Perfil 1 há uma duna fixa (figura 13), o que pode ser observado no gráfico 9, uma vez que o perfil começa há cerca de 4,5 m acima do nível do mar. Há uma queda abrupta na altura do perfil, de 4,5 m para 2 m, sendo a altura máxima o topo da duna e os 2 m a base da duna.

De acordo com Pinheiro *et al*, 2016, a praia de Icaraí de Amontada é caracterizada como terraço de baixa-mar, que são praias intermediárias com o menor nível de energia. Esse tipo de praia é caracterizado pela ocorrência predominante de sedimentos finos e uma faixa de praia relativamente íngreme que, na baixa-mar, forma um terraço plano.

Após a base da duna, o perfil apresenta um declive suave na região do estirâncio. Esse declive suave é recorrente em todos os perfis, devido ao fato da praia ser classificada como terraço de baixa-mar, onde a praia é modificada principalmente pelas marés, que atuam na região do estirâncio assegurando um terreno mais aplainado. Após atingir o nível da água, o perfil apresenta uma continuidade, na profundidade de aproximadamente 1,5 m. Essa continuidade ocorre pelo fato de que, ao atingir o nível da água existe uma plataforma de abrasão (figura 14) nesse perfil, que se estende até o final do perfil. Por essa razão o perfil 1 é o maior dos perfis, atingindo o comprimento de 250 m, ao passo que os outros perfis possuem, em média, 150 m de comprimento.

Gráfico 9: Perfil 1 nos dois dias de experimento



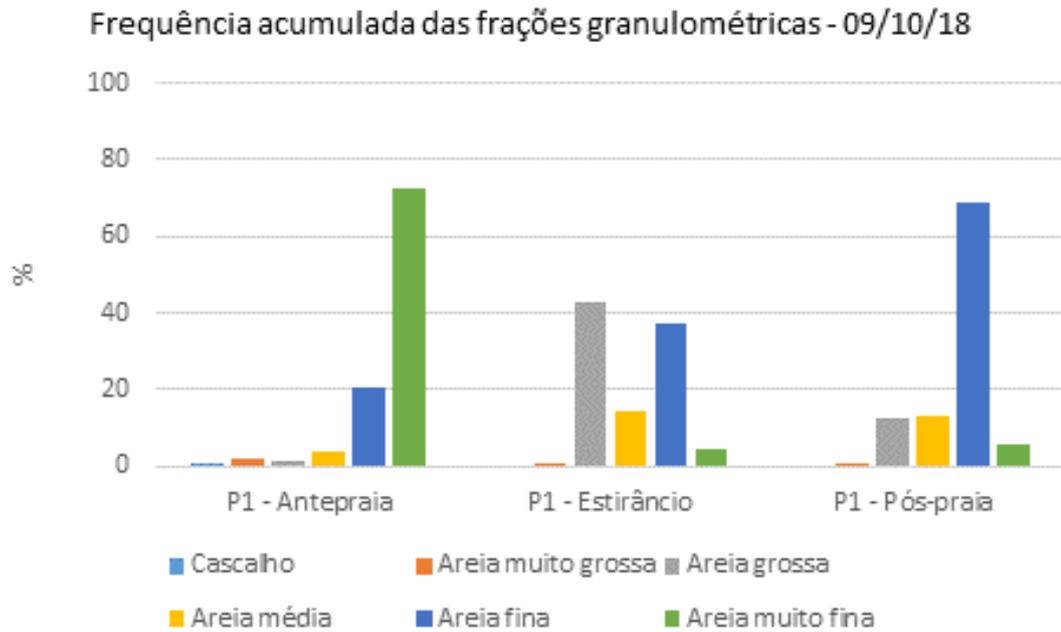
Fonte: O autor.

Quanto aos sedimentos, houve um predomínio de areia muito fina na antepraia nos dois dias de experimento, de areia grossa no estirâncio também nos dois dias e de areia fina no pós-praia nos dois dias de experimento. O elevado valor de areia muito fina na antepraia pode ser explicado pelo retrabalhamento dos grãos pela ação das marés, que transportam os sedimentos mais finos para a antepraia; a areia grossa no estirâncio pode ser explicada pela ação das ondas, que remobilizam os sedimentos mais grossos e os transportam para a região do estirâncio, região onde há o alcance máximo do espraiamento das ondas; já a região do pós-praia possui um predomínio de areia fina devido a ocorrência da duna no perfil, que é caracterizada por possuir sedimentos finos, que podem ser retrabalhados pela ação dos ventos.

Em relação ao grau de seleção, nos dois dias, cerca de 85% das amostras (5 amostras), foram classificadas como moderadamente selecionadas. O grau de curtose das amostras foram predominantemente muito platicúrtica no primeiro dia (2 amostras de 3) e platicúrtica no segundo dia (2 amostras de 3).

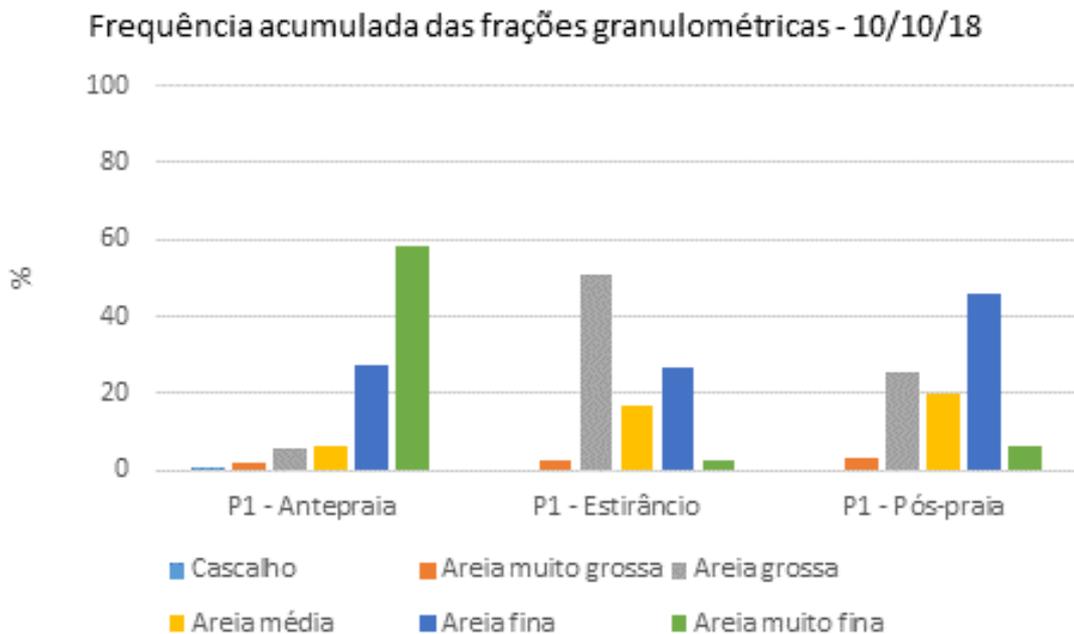
A assimetria das amostras no primeiro dia foi, na maioria das amostras, positiva, ao passo que, no segundo dia, a amostra da antepraia obteve assimetria muito negativa, do estirâncio muito positiva e do pós-praia, negativa.

Gráfico 10: Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 1 no primeiro dia de experimento.



Fonte: O autor.

Gráfico 11: Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 1 no segundo dia de experimento.



Fonte: O autor.

Figura 13: Duna fixa.



Fonte: O autor.

Figura 14: Plataforma de abrasão.

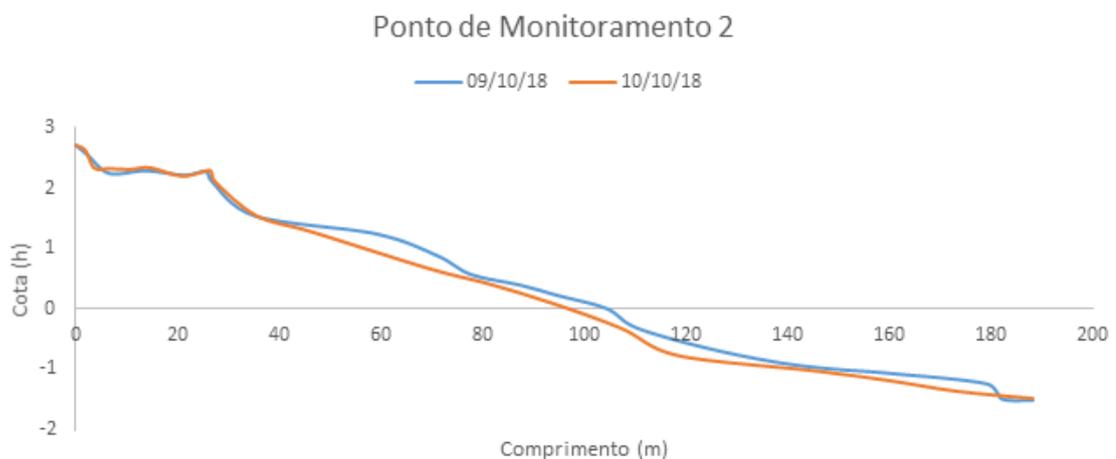


Fonte: O autor.

### 6.2.2 Ponto de monitoramento 2

O Perfil 2, se iniciou a uma altitude de cerca de 2,69 m acima do nível do mar (gráfico 12). O estirâncio nesse perfil é o que possui a declividade mais acentuada, mas ainda assim esse declive não é tão abrupto. Também no perfil 2 encontra-se a maior faixa de praia de toda a área estudada, por essa razão o estirâncio é mais longo do que nos demais perfis. A região da antepraia também possui um comprimento acima do comum na região, sendo o perfil 2 o que possui a maior região também da antepraia, à exceção do perfil 1, devido a ocorrência da plataforma de abrasão. Foi perceptível a variação na topografia do perfil, especialmente nas regiões do estirâncio e da antepraia.

Gráfico 12: Perfil 2 nos dois dias de experimento.



Fonte: O autor.

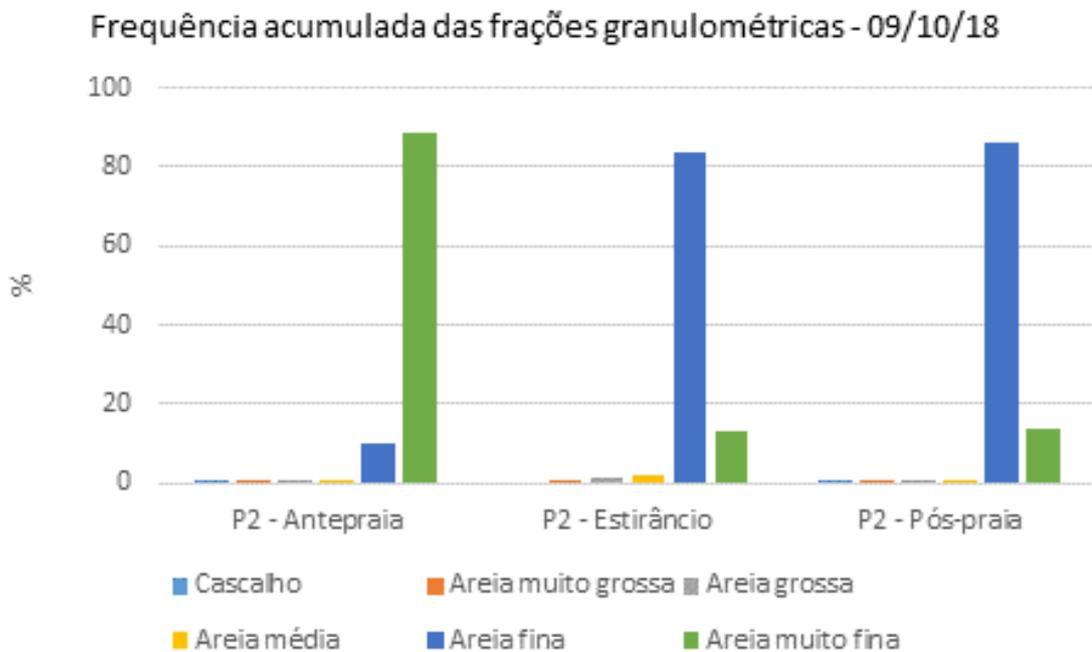
Relacionado a granulometria do perfil 2, houve um predomínio de areia muito fina na região da antepraia nos dois dias de experimento, sendo cerca de 90% das amostras

somente areia fina. As amostras da antepraia também obtiveram um percentual de areia fina, embora muito pequeno (7% no primeiro dia e 9% no segundo dia). Já as amostras do estirâncio e do pós-praia foram predominantemente compostas de areia fina nos dois dias de experimento, sendo superior a 80% em todas as amostras.

Em relação aos parâmetros estatísticos, as amostras do primeiro dia foram classificadas quanto ao grau de seleção como bem selecionadas (pós-praia e estirâncio), sendo apenas a amostra da antepraia classificada como muito bem selecionada (gráfico 13). Já no segundo dia, as três amostras do perfil 2 foram classificadas como muito bem selecionadas (gráfico 14).

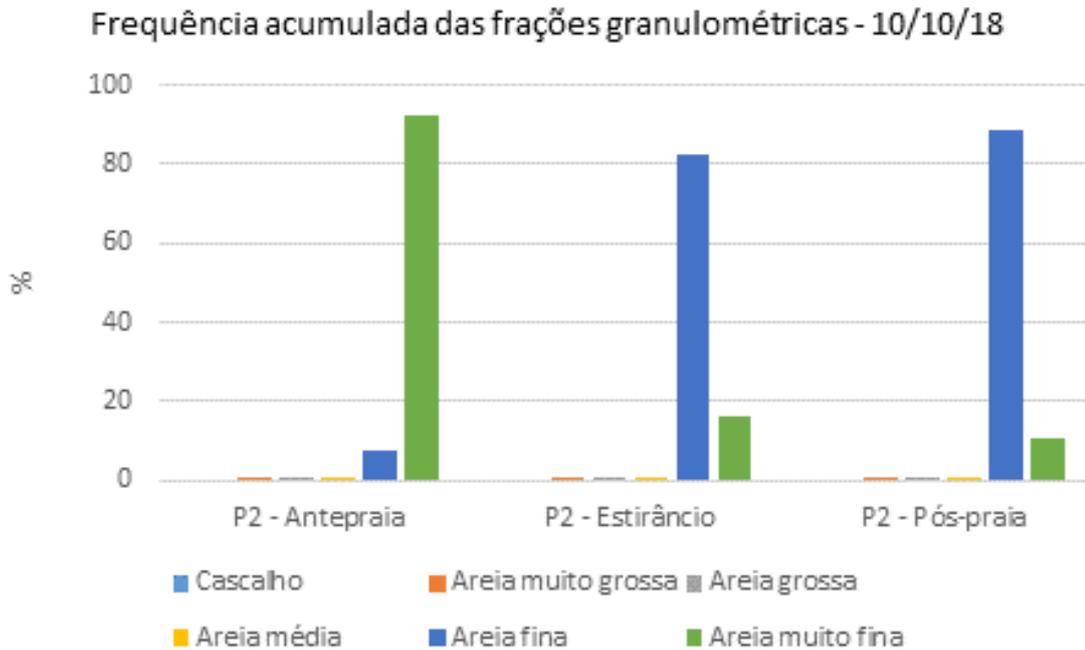
Quanto à curtose, as amostras do primeiro dia foram classificadas como mesocúrticas (pós-praia e estirâncio) e leptocúrtica (antepraia), e as amostras do segundo dia foram classificadas como mesocúrticas (pós-praia e antepraia) e leptocúrtica (estirâncio). Quanto ao grau de assimetria, todas as amostras do primeiro dia no perfil 2 foram classificadas como aproximadamente simétricas, bem como todas as amostras do segundo dia.

Gráfico 13: Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 2 no primeiro dia de experimento.



Fonte: O autor.

Gráfico 14: Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 2 no segundo dia de experimento.

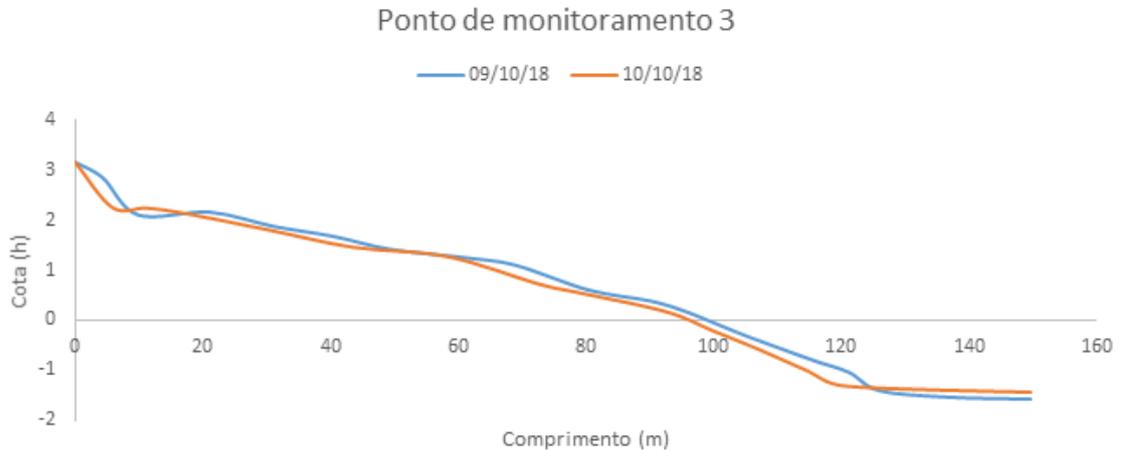


Fonte: O autor.

### 6.2.3 Ponto de monitoramento 3

O Perfil 3, se inicia em uma altitude de aproximadamente 3 m acima do nível do mar (gráfico 15). É marcado por uma rápida diminuição para a altitude de 2 m acima do nível do mar e logo em seguida inicia-se um longo e atenuado estirâncio, atingindo o nível d'água a uma distância de aproximadamente 100 m de comprimento do perfil. Sua parte submersa atingiu uma cota de - 2 m em relação ao zero hidrográfico. Em relação a variação topográfica, o perfil apresentou variação considerável em todas as regiões da praia, entretanto, as variações mais consideráveis se encontram na região da antepraia e do pós-praia.

Grafico 15: Perfil 3 nos dois dias de experimento.



Fonte: O autor.

No perfil 3 foi possível observar obras de contenção construídas pelos donos dos estabelecimentos (figura 15) como tentativa de conter os problemas erosivos decorrentes da atuação das ondas. O aparecimento desse tipo de obra demonstra que, mesmo em uma taxa pequena de erosão, os impactos já podem ser sentidos em edificações próximas à linha de costa.

Figura 15: Obra de contenção instalada pelos proprietários do estabelecimento.



Fonte: Autores.

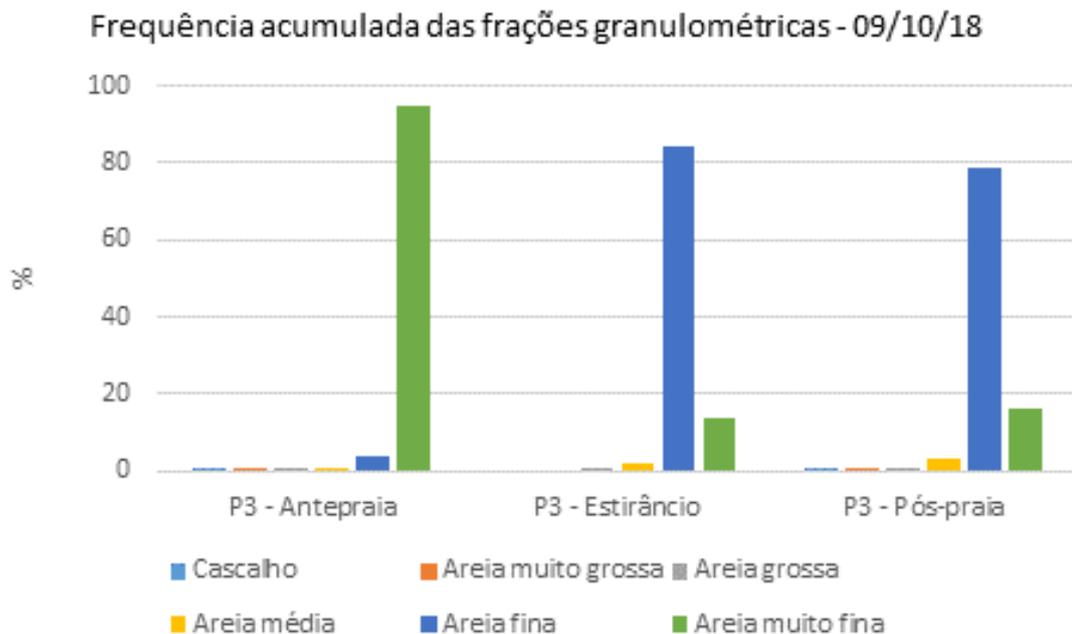
Em relação a granulometria, há um predomínio de areia muito fina na região da antepraia nos dois dias de experimento. Há também uma preponderância de areia fina nas regiões de estirância e pós-praia nos dois dias de experimento.

Considerando os parâmetros estatísticos das amostras, as três amostras do primeiro dia de experimento foram classificadas quanto a assimetria como sendo aproximadamente simétricas (gráfico 16), ao passo que no segundo dia de experimento todas as amostras foram classificadas como assimetria negativa (gráfico 17).

Quanto ao grau de seleção, todas as amostras foram classificadas como bem selecionadas, à exceção da amostra da região da antepraia do primeiro dia de experimento, que foi classificada como muito bem selecionada.

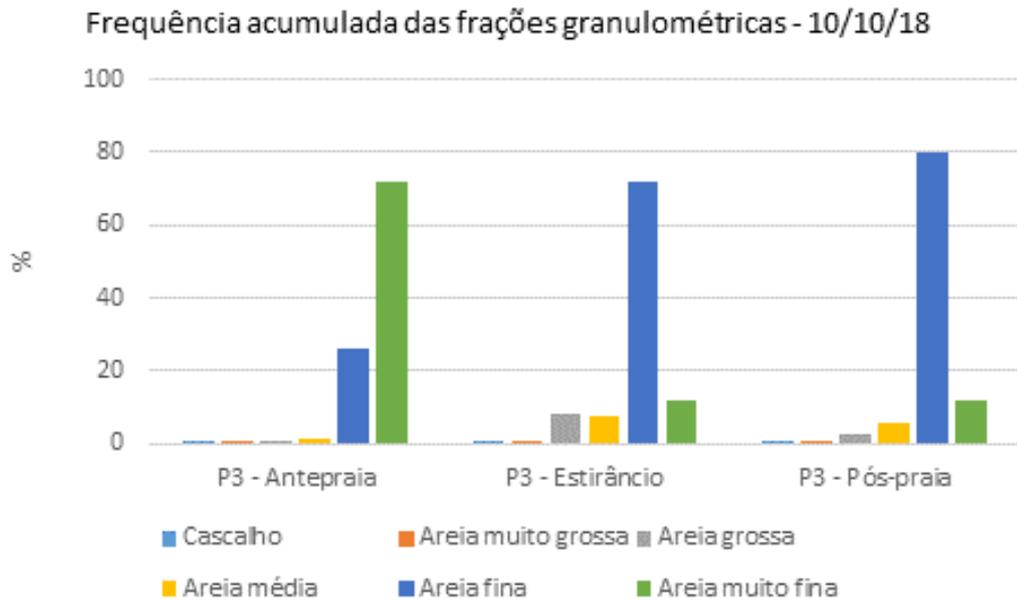
Em relação a curtose, as amostras da região do pós-praia e do estirâncio do primeiro dia foram classificadas como mesocúrticas e a da região da antepraia foi definida como platicúrtica; já as amostras do segundo dia foram caracterizadas como leptocúrticas (antepraia e pós-praia) e muito leptocúrtica (estirâncio).

Gráfico 16: Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 3 no primeiro dia de experimento.



Fonte: O autor.

Gráfico 17: Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 3 no segundo dia de experimento.

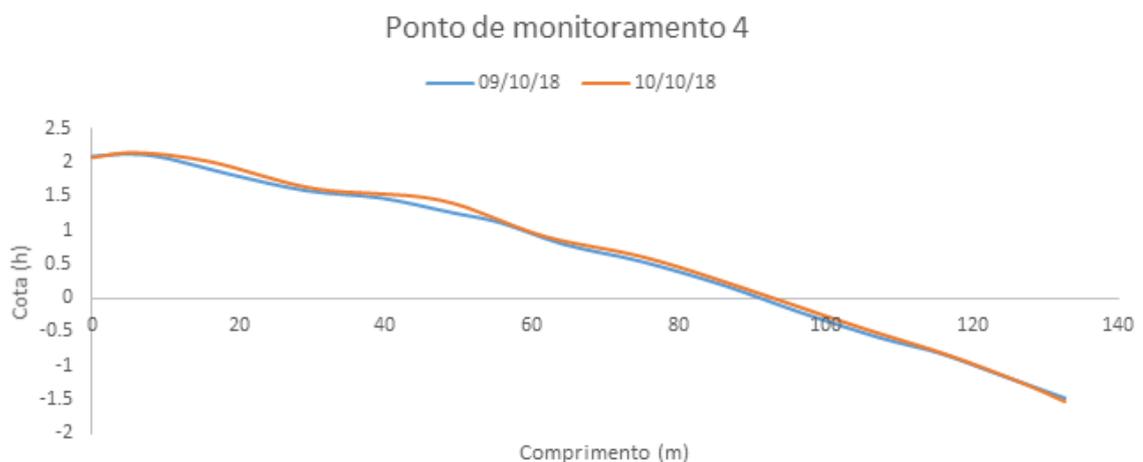


Fonte: O autor.

#### 6.2.4 Ponto de monitoramento 4

O Perfil 4 é o perfil que apresenta menor variação topográfica, uma vez que sua cota máxima é de aproximadamente 2,2 m (gráfico 18). O perfil inteiro apresenta uma configuração atenuada, havendo uma variação total de aproximadamente 4 m de altitude em cerca de 135 m de comprimento do perfil.

Gráfico 18: Perfil 4 nos dois dias de experimento.



Fonte: O autor.

Em relação a caracterização sedimentar do perfil 4, houve um predomínio de areia muito grossa nos dois dias de experimento, com um aumento na fração granulométrica de areia muito grossa de cerca de 17 g em 24 horas. Também houveram frações de areia muito

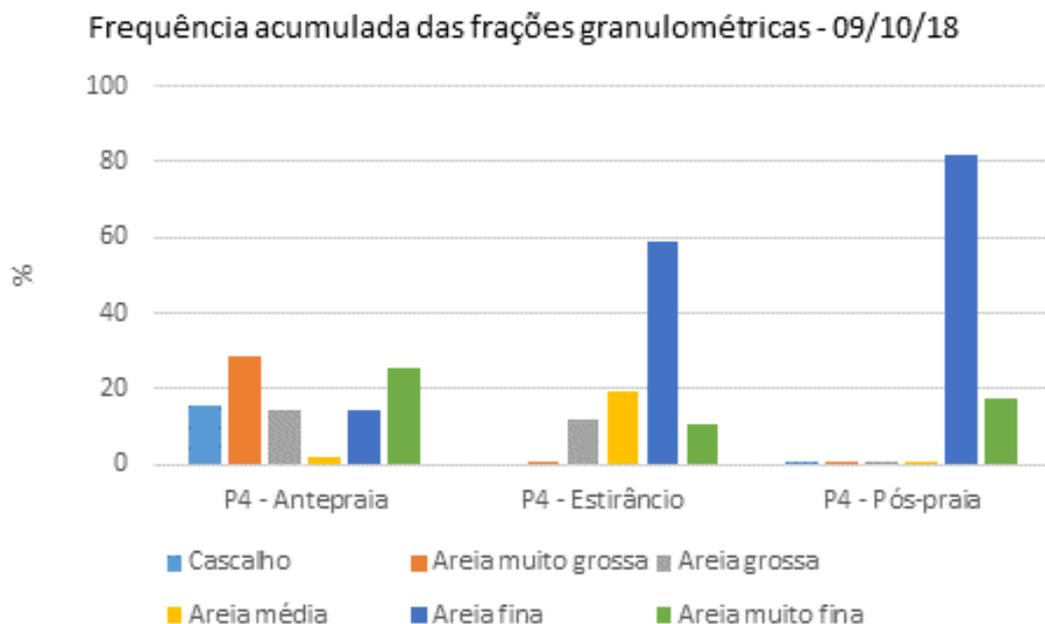
fina, cascalho, areia grossa e areia fina nos dois dias, sendo um dos perfis mais heterogêneos entre todos.

Quanto ao grau de seleção, as amostras dos dois dias foram classificadas como pobremente selecionada (antepraia), moderadamente selecionada (estirâncio) e bem selecionada (pós-praia). Tal classificação pode ser explicada pela grande variação de tamanhos de sedimentos.

Em relação a curtose, a amostra do primeiro dia correspondente a antepraia foi caracterizada como muito platicúrtica, do estirâncio, mesocúrtica e do pós-praia, leptocúrtica. Já no segundo dia, foram caracterizadas como platicúrtica (antepraia e estirâncio) e mesocúrtica (pós-praia).

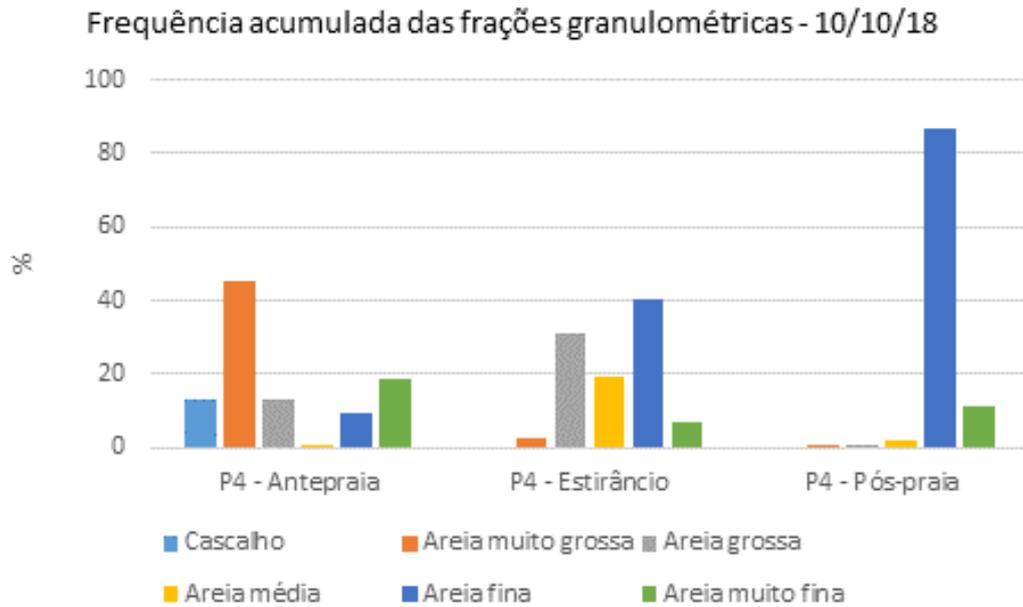
Quanto a assimetria, a região da antepraia no primeiro dia foi caracterizada com assimetria positiva, o estirâncio como muito negativa e o pós-praia como aproximadamente simétrica (gráfico 19). Já no segundo dia, a amostra correspondente à antepraia foi classificada como assimetria muito positiva, a do estirâncio como aproximadamente simétrica e a do pós-praia, assimetria positiva (gráfico 20).

Gráfico 19: Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 4 no primeiro dia de experimento.



Fonte: O autor.

Gráfico 20: Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 4 no segundo dia de experimento.

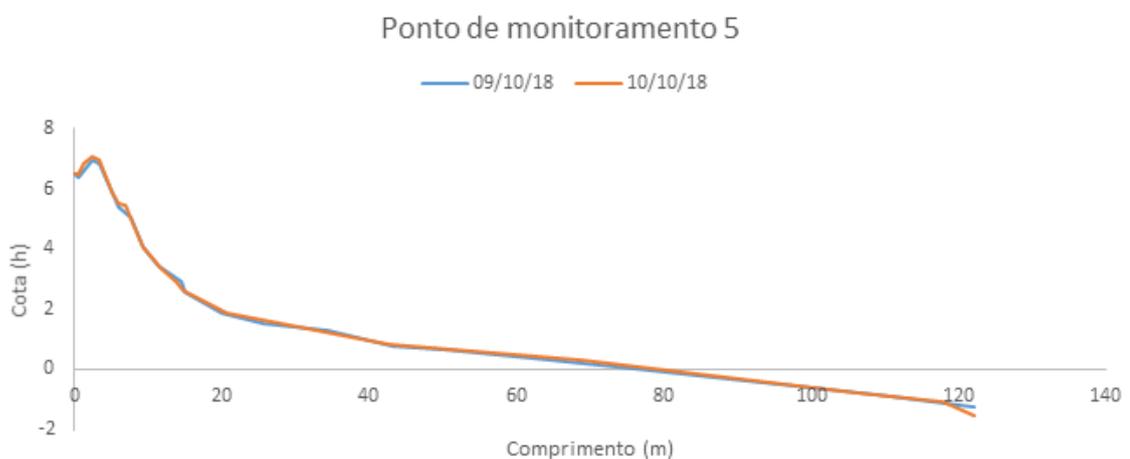


Fonte: O autor.

### 6.2.5 Ponto de monitoramento 5

O Perfil 5 é marcado pela ocorrência de uma duna frontal (figura 16) no seu início, por essa razão o perfil se inicia a uma atitude de 6 m acima do nível do mar, sendo o perfil mais alto entre os 6 (gráfico 21). A base da duna frontal se encontra a uma altitude de aproximadamente 2 m acima do nível do mar, então, após essa cota, inicia-se a região de estirâncio, marcada pelo declive suave comum em todos os perfis. O perfil 5 é o menor entre todos os perfis. Esse perfil foi o que apresentou menor variação entre os dois dias de experimento, quase não havendo mudanças significativas na topografia da área.

Gráfico 21: Perfil 5 nos dois dias de experimento.



Fonte: O autor.

Figura 16: Ocorrência de duna frontal no perfil 5.



Fonte: Autores.

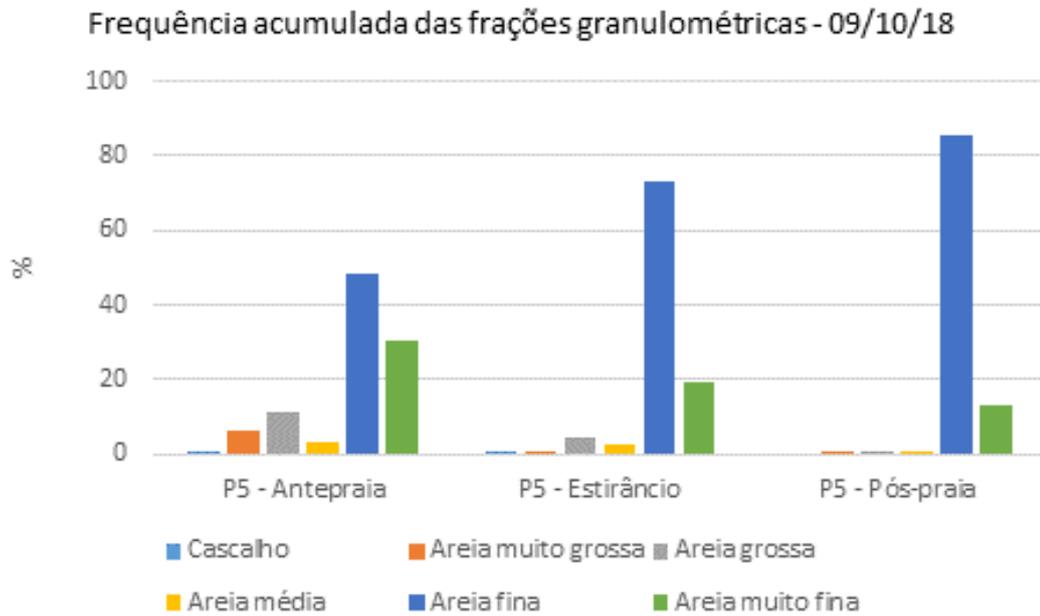
Em relação a análise granulométrica do perfil 5, há uma predominância de areia fina em todas as amostras, exceto pela região do pós-praia no segundo dia de experimento, onde houve o predomínio de areia grossa. Essa dominância nos sedimentos de areia fina pode ser explicada pelo fato de haver uma duna frontal no perfil, que é responsável pela grande quantidade de sedimentos finos provenientes do transporte eólico dos mesmos em direção à praia.

Em relação aos parâmetros estatísticos, as amostras do primeiro dia de experimento foram classificadas quanto ao grau de seleção como bem selecionada (estirâncio e pós-praia) e pobremente selecionada (antepraia) (gráfico 22).

Em relação a curtose, as amostras foram classificadas como muito leptocúrtica (antepraia e estirâncio) e mesocúrtica (pós-praia). As assimetrias das amostras foram definidas como muito negativa (antepraia), negativa (estirâncio) e aproximadamente simétrica (pós-praia).

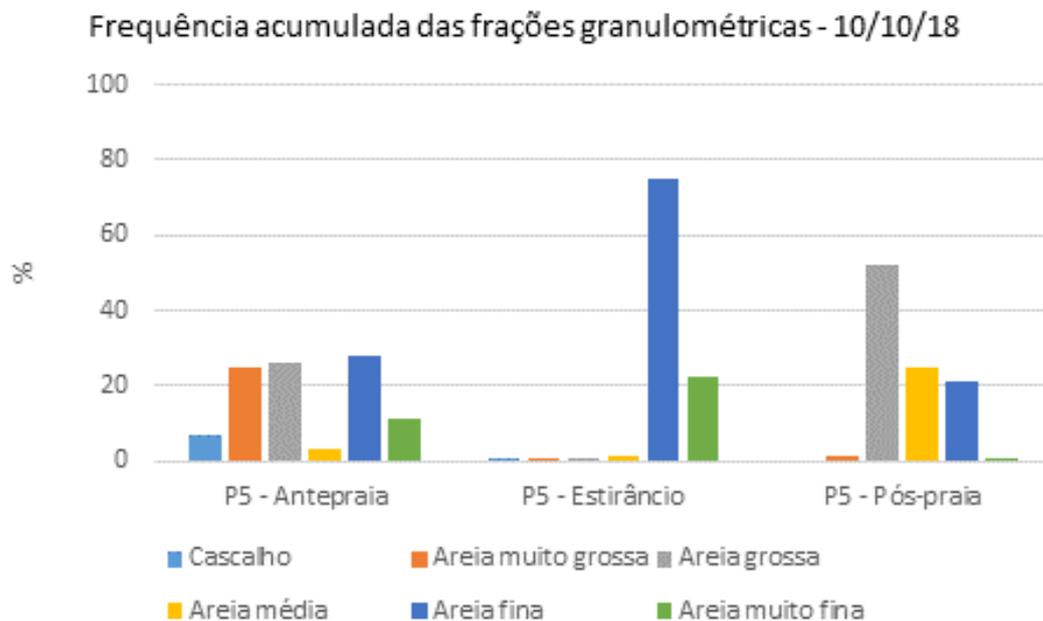
Já no segundo dia, houve grande divergência entre o grau de seleção das amostras, sendo a amostra da antepraia classificada como pobremente selecionada, do estirâncio, bem selecionada e do pós-praia, moderadamente selecionada (gráfico 23). Quanto a curtose, as amostras da antepraia e do pós-praia foram definidas como platicúrticas e a do estirâncio, leptocúrtica. Em relação ao grau de assimetria, a amostra do antepraia foi positiva, do estirâncio, aproximadamente simétrica e do pós-praia, muito positiva.

Gráfico 22: Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 5 no primeiro dia de experimento.



Fonte: O autor.

Gráfico 23: Frequência acumulada das frações granulométricas do perfil 5 no segundo dia de experimento.



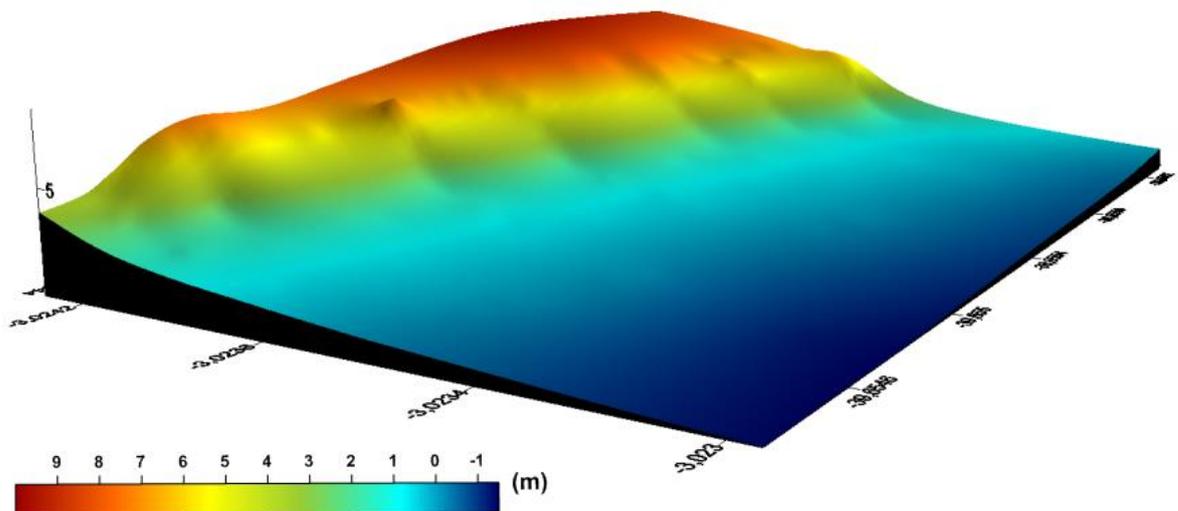
Fonte: O autor.

A partir da malha de pontos realizada no local da duna frontal e posterior tratamento dos dados no *software* Surfer, foi possível realizar um Modelo Digital de Terreno

(MDT) da área da duna frontal, onde pôde-se observar o alcance máximo da água no primeiro dia do experimento (gráfico 24) e do segundo dia de experimento (gráfico 25).

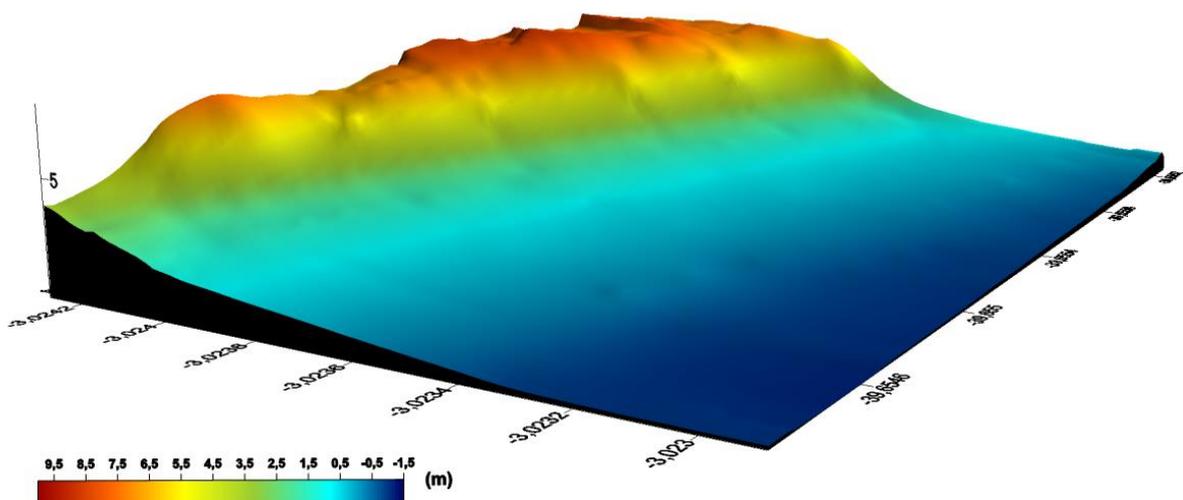
Também foi possível, ao cruzar as informações dos dois MDTs, calcular as taxas de erosão e progradação da região da duna frontal (gráfico 26), ao calcular a diferença do volume de sedimentos da duna frontal entre os dois dias.

Gráfico 24: Modelo Digital de Terreno da duna frontal no primeiro dia de experimento.



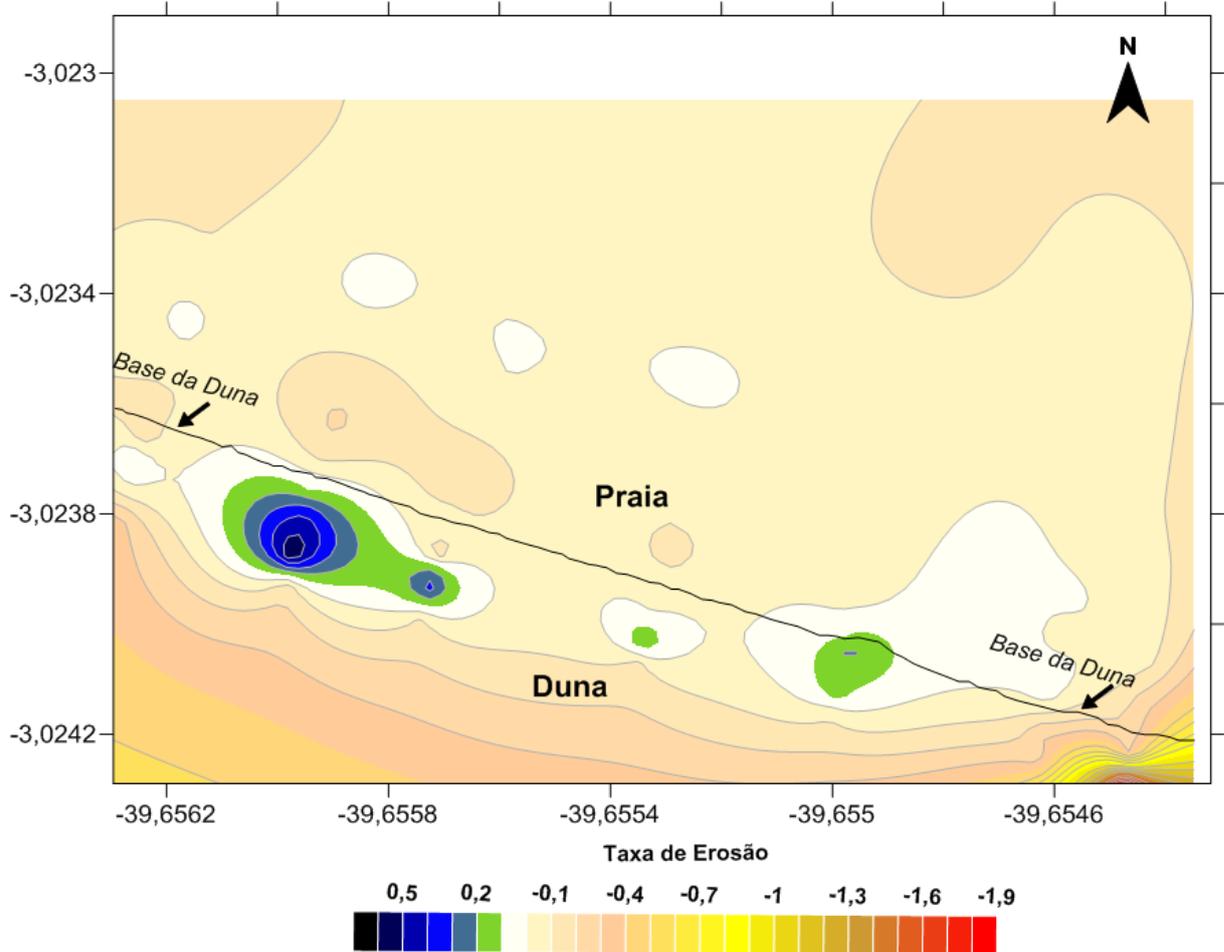
Fonte: O autor.

Gráfico 25: Modelo Digital de Terreno da duna frontal no segundo dia de experimento.



Fonte: O autor.

Gráfico 26: Balanço sedimentar da área da duna frontal.



Fonte: O autor.

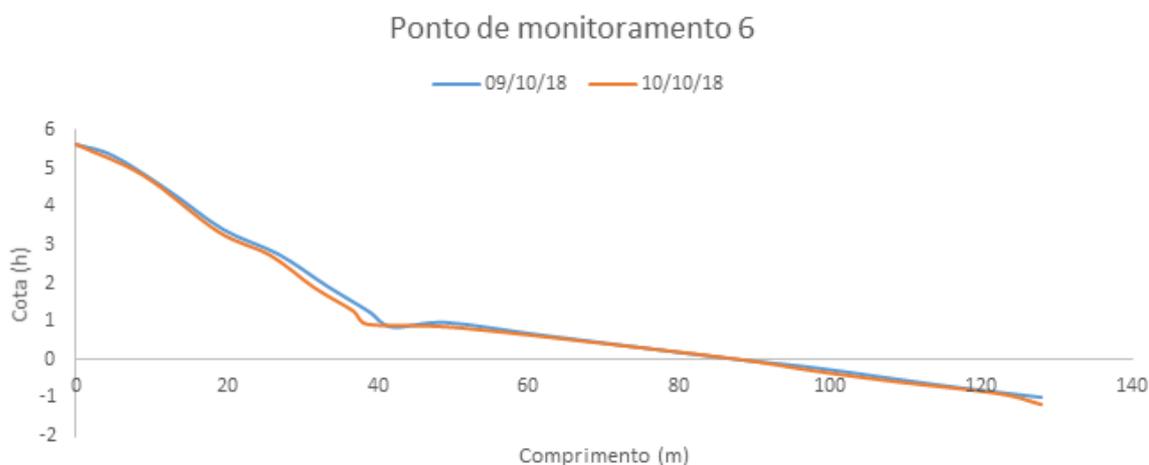
Foi observado que, de uma forma geral, a região do perfil 5, obteve pequenas taxas de erosão, com uma média de aproximadamente  $-0,095\text{m}$ . Entretanto, alguns setores da duna frontal progradaram, atingindo valores entre 0,2 até 0,5 m, representados no gráfico 26 pelas faixas de cores verdes e azuis. Em uma análise geral do perfil 5 e da região da duna frontal, as taxas de progradação foram superiores às de erosão, possuindo o perfil, portanto, um caráter progradacional, ainda que com uma progradação pouco expressiva, uma vez que também houveram regiões erodidas.

Também foi observado que as regiões extremas do topo da duna frontal sofreram erosão, atingindo a marca de cerca de  $-0,8\text{ m}$ . Tal fato pode ser explicado pela intensa atuação dos ventos no topo da duna frontal, que proporciona um maior transporte de sedimentos da duna para retroalimentar o ambiente praial, ocasionando essas taxas erosivas.

### 6.2.6 Ponto de monitoramento 6

No Perfil 6 pode-se observar uma diminuição abrupta da altura, passando de aproximadamente 5,5 m para 1 m, em um espaço de apenas 40 m de comprimento (gráfico 27). Esse desnível ocorre entre a região do pós-praia e o início do estirâncio. Logo após esse desnível abrupto, o perfil assume a configuração de todos os outros, com um declive suave até o final do perfil.

Gráfico 27: Perfil 6 nos dois dias de experimento.

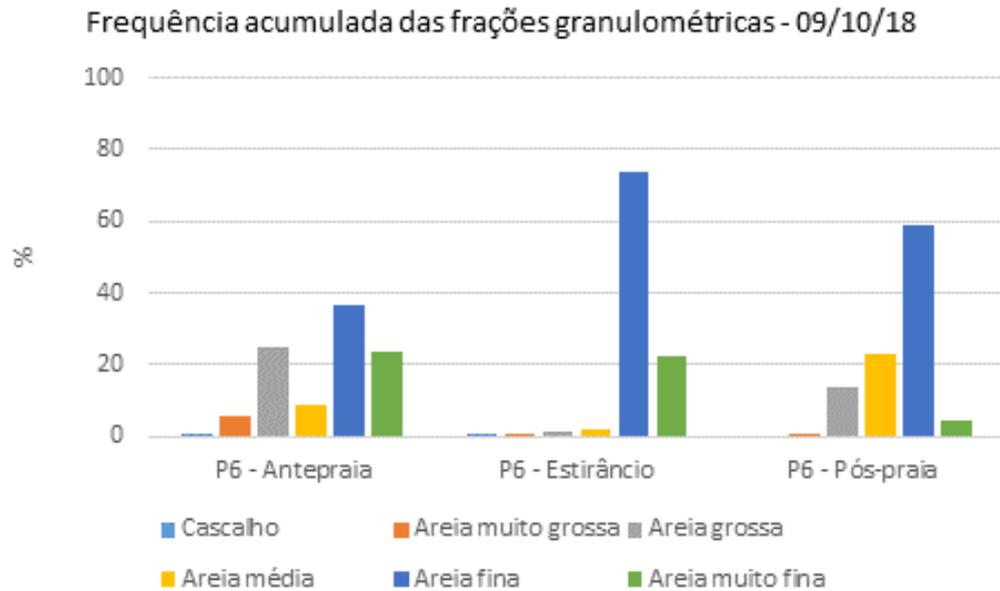


Fonte: O autor.

Em relação aos sedimentos, houve uma predominância de areia fina em todos os setores da praia nos dois dias de experimento, havendo um aumento de aproximadamente 36 g para 54 g na antepraia, o que nos leva a inferir que o retrabalhamento das marés e das ondas contribuiu para um aumento de areia fina nessa região. Nas regiões de pós-praia e estirâncio, os valores de areia fina permaneceram praticamente iguais, havendo um pequeno aumento na parcela de areia média, ao passo que a areia média na antepraia sofreu uma diminuição.

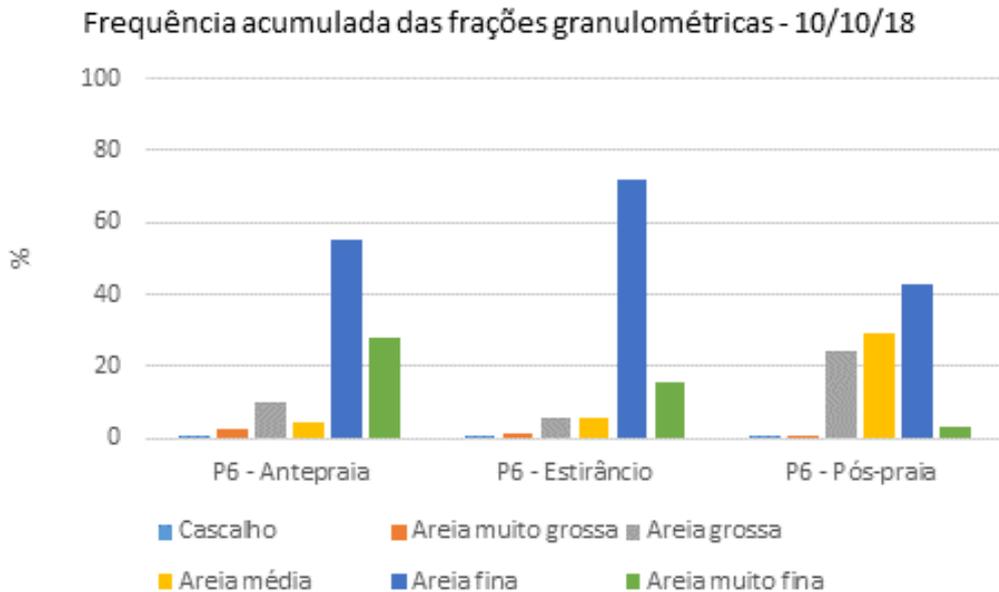
Em relação a assimetria, a maioria das amostras foram caracterizadas como muito negativas e negativas nos dois dias de experimento. Metade das amostras, nos dois dias de experimento, foram classificadas como platicúrticas, seguidas de muito leptocúrticas (33% das amostras). Metade das amostras dos dois dias foram classificadas quanto ao grau de seleção como moderadamente selecionadas (3 amostras), seguidas de amostras bem selecionadas (2 amostras).

Gráfico 28: Frequência acumulada das frações granulométricas no primeiro dia de experimento.



Fonte: O autor.

Gráfico 29: Frequência acumulada das frações granulométricas no segundo dia de experimento.



Fonte: O autor.

### 6.3 Balanço sedimentar

O balanço sedimentar demonstra a variação sedimentar dos perfis de monitoramento do primeiro (gráfico 30) e do segundo dia de experimento (gráfico 31), indicando se houve aporte de sedimento ou saída de sedimento.

O P1 – Perfil 1, foi o perfil que obteve o balanço sedimentar mais negativo, perdendo cerca de 325 m<sup>3</sup> no intervalo de tempo de 24 horas, como pode ser observado no

gráfico 32, que representa o balanço sedimentar entre os dois dias de experimento. Essa elevada perda pode estar relacionada ao fato de que, nesse perfil, há a ocorrência de uma duna, e os sedimentos provenientes de dunas são facilmente transportados pela ação eólica. No primeiro dia de experimento o vento estava muito intenso, o que pode ter favorecido esse transporte e consequente perda de sedimentos no perfil 1.

O P2 – Perfil 2, foi o segundo perfil em que mais houve perda de sedimento, sendo perdido, no intervalo de tempo de 24 horas, aproximadamente 118 m<sup>3</sup> de sedimento. Ainda que o P2 tenha sido o segundo perfil com balanço sedimentar mais negativo, sua perda não chegou à metade da perda observada no P1.

O P3 – Perfil 3, também obteve um balanço sedimentar negativo, sendo perdido em 24 h, cerca de 60 m<sup>3</sup> de sedimento. Os três primeiros perfis foram, em ordem decrescente, os perfis que obtiveram maiores perdas de sedimento, podendo essa perda ser justificada pela direção e grande intensidade dos ventos na região no período do experimento. Apesar disso, ao se considerar a variação espaço-temporal estudada (intervalo de 15 anos), esses perfis são caracterizados como perfis progradantes. Ou seja, ainda que esses perfis sejam erosivos a curto prazo, eles sofrem acúmulo de sedimento ao longo dos anos.

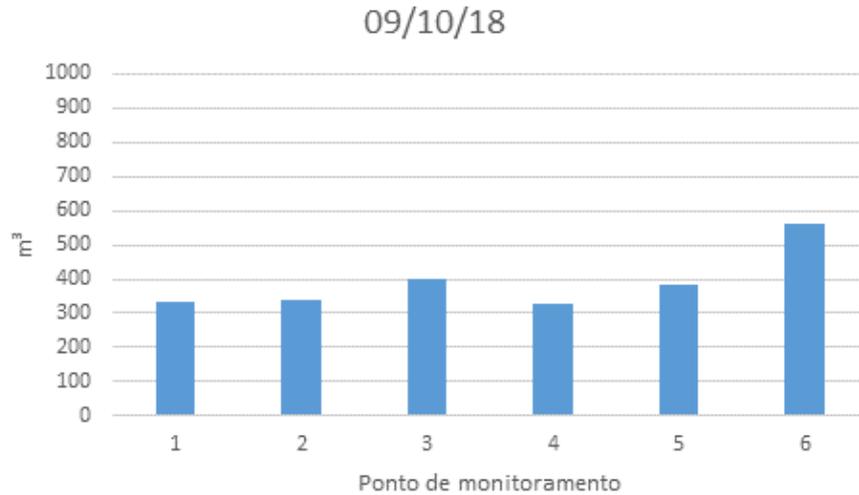
O P4 – Perfil 4, foi o perfil que obteve o balanço sedimentar mais positivo, tendo sido ganho, no intervalo de 24 h, cerca de 35 m<sup>3</sup> de sedimento, tendo sido o maior ganho de sedimento entre todos os perfis. Tal ganho pode ser explicado através do promontório arenoso, uma vez que o perfil 4 encontra-se protegido da ação dos ventos pelo promontório, o que explica o fato de não haver transporte de sedimentos decorrentes da ação dos ventos.

O P5 – Perfil 5, também se encontra na área protegida pelo promontório arenoso, ainda que não esteja tão abrigado quanto o perfil 4, por essa razão, a entrada de sedimentos não é tão elevada quanto o perfil 4. Houve, no intervalo de um dia para outro, um acréscimo de cerca de 13 m<sup>3</sup> de sedimento, sendo o segundo (e último) perfil que apresentou um balanço sedimentar positivo de um dia para outro. Apesar de haver acréscimo de sedimento, ele representa menos de 50% do acréscimo do perfil 4, o perfil imediatamente anterior ao perfil 5. O perfil 5 foi o perfil em que houve menor variação em relação ao balanço sedimentar, havendo apenas um acréscimo sedimentar de aproximadamente 13,3 m<sup>3</sup>, mantendo-se praticamente igual entre um dia e outro.

O P6 – Perfil 6, apresentou um decréscimo de sedimento bem reduzido de um dia para outro, sendo o balanço sedimentar negativo, mas tendo sido perdido somente cerca de aproximadamente 32 m<sup>3</sup> de sedimento, um valor bem pequeno, se comparado com as taxas dos três primeiros perfis. Esse valor pode ser reduzido devido à fraca incidência de ventos na

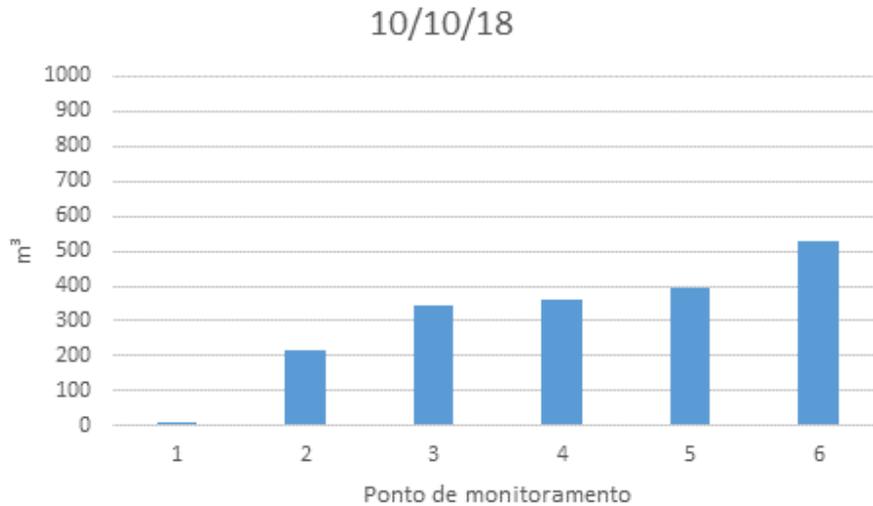
região desse perfil, podendo essa incidência reduzida ser proveniente ainda da atuação do promontório arenoso como uma forma de barrar a intensidade dos ventos.

Gráfico 30: Volume de sedimentos nos perfis de monitoramento no primeiro dia de experimento.



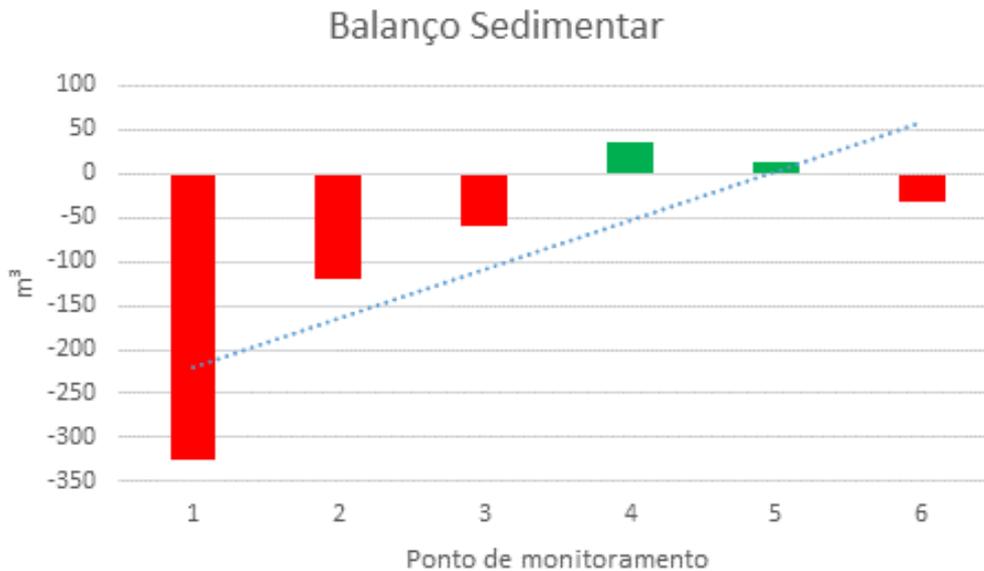
Fonte: O autor.

Gráfico 31: Volume de sedimentos nos perfis de monitoramento no segundo dia de experimento.



Fonte: O autor.

Gráfico 32: Balanço sedimentar dos perfis de monitoramento.



Fonte: O autor.

## 7 CONCLUSÃO

A partir da análise da variação da linha de costa, pôde-se observar que a praia de Icaraí de Amontada apresenta um caráter predominantemente erosivo, com suas taxas máximas de erosão chegando a, aproximadamente, - 2,50 m/ ano. Esses valores, ainda que aparentemente baixos, já ocasionam problemas relativos a erosão de edificações próximas à linha de costa.

A área com maiores taxas erosivas no período de tempo analisado (2003 a 2018), foi a área correspondente aos pontos de monitoramento 3 e 4, atingindo uma taxa erosiva máxima de - 37,5 m em um intervalo temporal de 15 anos.

Foi observado, principalmente entre os pontos de monitoramento 2 e 3, que já existem obras de contenção instaladas em diversas barracas de praia e outras construções, o que demonstra que os níveis de erosão já atingem essas construções. O ponto de monitoramento 4, ainda que inserido na área mais erosiva, não contém obras de contenção, pois não existem construções na faixa de praia desse perfil, uma vez que sua área é coberta por vegetação.

Apesar de predominantemente erosiva, o setor compreendido entre o perfil 1 e o início do perfil 2 apresentou progradação, atingindo valores máximos de cerca de 2,03 m/ano, resultando, em 15 anos, em um acréscimo de aproximadamente 32,4 m de faixa de praia. Esse caráter progradante pode ser explicado pela ocorrência de um promontório arenoso no início

do perfil 1, que reduz a incidência direta das ondas na região de sombra formada pelo promontório e por haver uma plataforma de abrasão na antepraia, que atenua a intensidade das ondas na praia defronte a ele.

É necessário um monitoramento da linha de costa da praia de Icaraí de Amontada, uma vez que a região se torna cada vez mais atrativa para fins turísticos, o que acarreta em um aumento nas construções estabelecidas na região do pós-praia, sendo, portanto, necessário esse conhecimento acerca dos processos erosivos e progradacionais atuantes na região, com o intuito de amenizar os problemas relacionados a destruição ou desgaste dessas construções muito próximas à linha de costa.

## 8 REFERÊNCIAS

ABREU, M. R. M. de; ABREU NETO, J. C. de. Evolução da linha de costa da praia do Iguape, Aquiraz, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 1, n. 7, p.44-53, nov. 2013. Disponível em: <www.ufpe.br/rbgfe>. Acesso em: 10 set. 2018.

ANDRIOTTI, J. L. S. Fundamentos de Estatística e Geoestatística. Editora Unisinos. 1ª Edição. São Leopoldo. 165 p. 2003.

BAPTISTA NETO, J. A.; SILVA, C. G. Ambientes de Sedimentação Costeira e Processos Morfodinâmicos Atuantes na Linha de Costa. In: BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. (org.) Introdução à Geologia Marinha. Rio de Janeiro: Interciência, Cap. 8. p. 175-218, 2004.

BOAK, E.H. and TURNER, I.L., 2005. Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research*, 21(4), 688–703. West Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208.

BROWN, A. C; MCLACHLAN, A. Ecology of Sandy shores (328 pp.) 1990.

BRASIL. **Lei 7.661/88 que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências.** 1988.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Projeto Orla: fundamentos para a gestão integrada. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2006.

CALLIARI, L. J.; FIGUEIREDO, S. A. **Variabilidade das dunas frontais no litoral norte e médio do Rio Grande do Sul, Brasil**. Gravel (Porto Alegre), Porto Alegre, v. 3, p. 15-31, 2005.

CALLIARI, L.J., MUEHE D., HOEFEL F.G., TOLDO JR.. E.E. Morfodinâmica praias: uma breve revisão. Revista Brasileira de Oceanografia. v. 51.p. 63-78. 2003.

CARTER, R. W. G.; NORDSTROM, K. F. & PSUTY, N. N. 1990. The study of coastal dunes. in: NORDSTROM, K. F., PSUTY, N. N. & CARTER, R. W. G. Coastal dunes - form and process, Chichester: J. Wiley, cap. 1, p. 1-16.

CARVALHO, A. C. B.; CAVALCANTE, A. R. O.; VASCONCELOS, F. P. RECUPERAÇÃO DE FAIXA DE PRAIA: CASO DA PROPRIEDADE CROA DOS COCOS, ICARAÍ DE AMONTADA - CE. In: SINAGEO - SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 11., 2016, Maringá. **Anais...** Disponível em: <<http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/7/7-269-1468.html>>. Acesso em: 08 jul. 2018.

CARVALHO, Alexandre Medeiros; MAIA, Luís Parente; DOMINGUEZ, José Maria Landim. A deriva e o transporte litorâneo de sedimentos no trecho entre Cumbuco e Matões - Costa Noroeste do estado do Ceará. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 40, n. 1, p.43-51, 2007. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufc.br/arquivosdecienciadomar>>. Acesso em: 09 jul. 2018.

CLAUDINO-SALES, V. (1993). *Cenários Litorâneos: Lagoa do Papicu, Natureza e Ambiente na cidade de Fortaleza-CE*. Dissertação (Mestrado), São Paulo: USP.

CROWELL, M.; LEATHERMAN, S. P.; BUCKLEY, M. K. Historical Shoreline Change: Error Analysis and Mapping Accuracy. *Journal of Coastal Research*, 7 (3), 839-852. Ft. Lauderdale (Florida), ISSN 0749-0208. 1991.

CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira (Org.). **Geomorfologia do Brasil**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 392 p.

Davis Jr., R. A. & Fitzgerald, D. M. 2004. **Beaches and Coasts**. Blackwell Publishing. UK. 419p

Davis Pereira de Paula & J. Alveirinho Dias (orgs.), *Ressacas do Mar / Temporais e Gestão Costeira*, pp. 173-201, Editora Premium, Fortaleza, CE, Brasil.

MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S.; CAVALCANTE, A. A.; PAULA, D. P.; SILVA, R. L. Erosão Costeira em Praias Adjacentes às Desembocaduras Fluviais: O Caso de Pontal de Maceió, Ceará, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. v. 8, n. 2. 61-76. 2008.

FARIAS, E. G. G.; MAIA, L. P. Aplicação de técnicas de geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do estado do Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 4797-4804. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. IBI: <3ERPFQRTBW/3485PTL>. (INPE-15962-PRE/10571). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTBW/3485PTL>>.

Folk, R.L., Ward, W.C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1957, 27: 3-26.

GARRISON, T. **Fundamentos de oceanografia**. Cengage Learning. Boston, EUA. 2010.

GUERRA, Antônio José Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira (Org.) **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

GUERRA, Renan Gonçalves Pinheiro. **Vulnerabilidade Costeira a Eventos de Alta Energia no Litoral de Fortaleza, Ceará**. 2014. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

HESP, P. **A gênese de cristas de praias e dunas frontais**. Mercator - Revista de Geografia da UFC, Vol 01, número 02. 2002.

HESP, Patrick. Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. **Geomorphology**, [s.l.], v. 48, n. 1-3, p.245-268, nov. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0169-555x\(02\)00184-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0169-555x(02)00184-8).

HONEYCUTT, M. G.; CROWELL, M.; DOUGLAS, B. C. **Shoreline-position forecasting: impact of storms, rate-calculation methodologies, and temporal scales**. *Journal of Coastal Research*, 17(3): 721- 730. 2001.

JESUS, Luciana Vieira de; ANDRADE, Ana Cláudia da Silva. Parâmetros Granulométricos dos Sedimentos da Praia dos Artistas - Aracaju - SE. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 9, n. 5, Maio, 2013. Disponível em: <<https://www.scientiaplena.org.br>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

KOMAR, P.D. (1998). *Beach Processes and Sedimentation*, Prentice-Hall, Inc. 544 pp.

LIMA, R. S. **Vulnerabilidade da linha de costa a eventos de alta energia na praia da Caponga – Cascavel, Ceará**. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2012.

MAIA, Glacianne Oliveira; PINHEIRO, Lidriana de Souza. EVENTOS DE ALTA ENERGIA E SUAS CONSEQUÊNCIAS NA ZONA COSTEIRA DO MUNICÍPIO DE AQUIRAZ, ESTADO DO CEARÁ. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 49, n. 1, p.74-90, 2016. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufc.br/arquivosdecienciadomar/article/view/6163>>. Acesso em: 09 ago. 2018.

MAIA, L. P. **Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil): Implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral**. PhD Thesis, Universidad de Barcelona, Barcelona, Espanha. 1998.

MALLMAN, D. L. B. Vulnerabilidade do litoral Sul de Pernambuco a erosão. Dissertação de Mestrado. Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2008.

MARINO, Márcia Thelma Rios Donato et al. Vulnerabilidade física de parte do litoral leste do Ceará à erosão. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 38, n. 1, p.253-281, ago. 2016. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/made>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

MARINO, Márcia Thelma Rios Donato. **ANÁLISE INTEGRADA DOS ASPECTOS GEOAMBIENTAIS E DA DINÂMICA COSTEIRA DE MÉDIO E CURTO PERÍODO DA PLANÍCIE LITORÂNEA ENTRE AS PRAIAS DO FUTURO E PORTO DAS DUNAS, CEARÁ, BRASIL**. 2014. 274 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

MARINO, Márcia Thelma Rios Donato; LEHUGEUR, Loreci Gislaíne de Oliveira. Zoneamento geoambiental do município de Amontada costa oeste do estado do Ceará. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 20, n. 1, p.39-55, jun. 2007. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufc.br/index.php/geologia>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

MARTINS, L. R. Significance of skewness and kurtosis in environmental interpretation. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1965, 35 (1): 768-770.

MAZZER, A.M.; DILLENBUR, S.R.; SOUZA, C.R.G. **Variações temporais da linha de costa em praias arenosas dominadas por ondas do sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil)**. *Pesquisas em Geociências*, v. 36, p. 117-135. 2009.

MEDEIROS, C.; ROLLNIC, M. Ondas e suas interações com a costa. In: Enide Eskinazi-Leça; Sigrid Neumann-Leitão; Monica Ferreira Costa. (Org.) *Oceanografia, um cenário tropical*. 1ed. Recife: Edições Bagaço, 2003, v. 1, p. 233-254.

MORAIS, J.O. Evolução sedimentológica da enseada de Mucuripe (Fortaleza-Ceará-Brasil). **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 21, n.1, p. 16-46, 1981.

MORAIS, J. O, PINHEIRO, L. S., CAVALCANTE, A. A., PAULA, D. P., SILVA, R. L. (1996) Processos e Impactos Ambientais em Zonas Costeiras. *Revista de Geologia da UFC*, Fortaleza – CE, v. 9, p. 191-242.

MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S.; CAVALCANTE, A. A.; PAULA, D. P.; SILVA, R. L. Erosão Costeira em Praias Adjacentes às Desembocaduras Fluviais: O Caso de Pontal de Maceió, Ceará, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. v. 8, n. 2, 61-76. 2008.

MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S.; PESSOA, P. R. S. et al. Ceará. In: MUEHE, D. (org.) (2018). **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial, 2018. 759 p.

MOURA, M. R. Dinâmica costeira e vulnerabilidade à erosão do litoral dos municípios de Caucaia e Aquiraz, Ceará. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, p. 210. 2012.

MUEHE, D. (org.) (2018). **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial, 2018. 759 p. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80342/Panorama\\_erosao\\_costeira\\_brasil.pdf](http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80342/Panorama_erosao_costeira_brasil.pdf). Acesso em: 02 dez. 2018.

MUEHE, D.; KLUMB-OLIVEIRA, L. Deslocamento da linha de costa versus mobilidade praias. *Quaternary and Environmental Geosciences*. 5(2):121-124. 2014. (doi <http://dx.doi.org/10.5380/abequa.v5i2.35884>).

MUEHE, Dieter. Critérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da Orla Costeira para fins de Gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 2, n. 1, p.35-44, set. 2001.

MUEHE, Dieter. Erosão Costeira, Mudança do Clima e Vulnerabilidade. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira (Org.). **Processos Erosivos e Recuperação de Áreas Degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 160-186.

MUEHE, Dieter. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. Cap. 6. p. 253-308.

OERTEL, G.F. Coasts, coastlines, shores, and shorelines. In: SCHWARTZ, M.L. **Encyclopedia of Coastal Science**. Dordrecht: Springer, 2005.p. 323-327.

PARK, Young Hyun; EDGE, Billy L.. An Empirical Model to Estimate Overwash. **Journal Of Coastal Research**, [s.l.], v. 26, p.1157-1167, nov. 2010. Coastal Education and Research Foundation. <http://dx.doi.org/10.2112/jcoastres-d-09-00017.1>.

PAULA, D. P. de; MORAIS, J. O.; FERREIRA, Ó.; DIAS, J. A. (2015) - **Análise histórica das ressacas do mar no litoral de Fortaleza (Ceará, Brasil): origem, características e impactos**. In: Davis Pereira de Paula & J. Alveirinho Dias (orgs.), *Ressacas do Mar / Temporais e Gestão Costeira*, pp. 173-201, Editora Premium, Fortaleza, CE, Brasil.

PINHEIRO, L. S., MORAIS, J. O., MAIA, L.P. **The beaches of Ceará**. In: SHORT, A. D., KLEIN, A. H. F. (org.), *Brazilian Beach Systems*, p. 175-199, Coastal Research Library, Springer. 2016.

RODRIGUES, R.A.; MAIA, L.P. **Impactos ambientais na zona costeira e a qualidade de vida das comunidades**. In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário/II Congresso do Quaternário de Países de Línguas Ibéricas/II Congresso sobre Planejamento e Gestão da Zona Costeira dos Países de Expressão Portuguesa. Recife, 2003. São Paulo, Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Disponível em: [http://www.abequa.org.br/trabalhos/sensoriamento\\_337.pdf](http://www.abequa.org.br/trabalhos/sensoriamento_337.pdf). Acesso: 10 ago. 2018.

SILVA, Alex Costa da et al. Características das ondas: variabilidade anual e inter-anual.. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 39, n. 2, p.123-132, 20 dez. 2011. Tropical Oceanography. <http://dx.doi.org/10.5914/tropocean.v39i2.5182>. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/TROPICALOCEANOGRAPHY/article/view/5182>>. Acesso em: 01 dez. 2018.

SILVA, Cleverson Guizan et al. Ambientes de Sedimentação Costeira e Processos Morfodinâmicos Atuantes na Linha de Costa. In: BAPTISTA NETO, José Antônio; PONZI, Vera Regina Abelin; SICHEL, Susanna Eleonora (Org.). **Introdução à Geologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. Cap. 8. p. 175-218.

SOUZA, C. R. G.; SOUZA FILHO, P. W. M.; ESTEVES, S. L.; VITAL, H.; DILLENBURG, S. R.; PATCHINEELAM, S. M. & ADDAD, J. E. *Praias Arenosas e Erosão Costeira*. In: C. R. G. Souza et al. (eds.). Quaternário do Brasil. Holos Editora, Ribeirão Preto (SP). P. 130-152, 2005.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. Ed. Edgard Blucher Ltda. 317 p., São Paulo-SP. 1973.

THIELLER, E. R.; MARTIN, D.; ERGUL, A. **The Digital Shoreline Analysis System, version 2.3. Shoreline change measurement software extension ArcMap 9.0**. USGS Open-File. 2005.

WRIGHT, L.d; SHORT, A.d. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. **Marine Geology**, [s.l.], v. 56, n. 1-4, p.93-118, abr. 1984. Elsevier BV.  
[http://dx.doi.org/10.1016/0025-3227\(84\)90008-2](http://dx.doi.org/10.1016/0025-3227(84)90008-2).