



VARIAÇÃO MORFOSEDIMENTAR DO SETOR EXTREMO OESTE DA PRAIA DO ICARAÍ, CAUCAIA-CE

Morphossedimentary variation of the west extreme sector of Icaraí beach, Caucaia-CE

Variación morfosedimentaria del sector extremo oeste de la playa Icaraí, Caucaia-CE

Antônio Emanuel dos Santos Silva¹

Matheus Silveira Pinheiro²

Davis Pereira de Paula³

RESUMO

Ambientalmente as dunas frontais constituem estruturas verdes de proteção costeira contra o avanço do mar, em muitos casos, são responsáveis pela manutenção do equilíbrio sedimentar do sistema praia-duna, impedindo que processos como a erosão costeira e a inundação marinha se tornem danosos a sociedade civil e ao patrimônio construído. O objetivo deste estudo foi monitorar as variações morfológicas e sedimentares do sistema praia-duna entre os anos de 2016 e 2018, no trecho extremo oeste da Praia do Icaraí, através da determinação das taxas granulométricas, volumétricas e morfológicas do sistema praia-duna na Praia do Icaraí. Os procedimentos metodológicos foram divididos em três etapas principais: levantamento bibliográfico, geocartográfico e experimentos de campo. Considerou-se que as forçantes oceanográficas foram as principais responsáveis pela erosão e solapamento das dunas frontais presentes na área de estudo. Em linhas gerais, os resultados deste trabalho significam um importante instrumento de análise dos impactos das condicionantes oceanográficas e antrópicas sobre uma praia que sofre de erosão costeira acentuada. O estudo em um trecho mais preservado dessa praia indicou de forma direta os impactos sofridos em um litoral que vem passando por transformações contínuas em suas praias, como é o caso do litoral de Caucaia.

Palavras-chave: Morfodinâmica; Sistema Praial; Dunas Frontais.

ABSTRACT

Environmentally the frontal dunes constitute green structures of coastal protection against the advance of the sea, in many cases, they are responsible for the maintenance of the sedimentary balance of the beach-dune system, preventing that processes such as coastal erosion and marine flooding become harmful to civil society and built heritage. The objective

¹ Bacharel em Geografia, Universidade Estadual do Ceará – UECE, Av. Dr. Silas Munguba, 1700 - Itaperi, Fortaleza - CE, 60714-903, (85)99110-2679, antonioemanuel2912@gmail.com

² Graduando em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará – UECE, Av. Dr. Silas Munguba, 1700 - Itaperi, Fortaleza - CE, 60714-903, (85)99723-7589, matheus_spinheiro@hotmail.com

³ Prof°. Dr. dos Cursos de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia-PropGeo da Universidade Estadual do Ceará – UECE, Av. Dr. Silas Munguba, 1700 - Itaperi, Fortaleza - CE, 60714-903, (85)98819-1342, davis.paula@uece.br

of this study was to monitor the morphological and sedimentary variations of the beach-dune system between the years 2016 and 2018, in the extreme west section of Icaraí Beach, by determining the granulometric, volumetric and morphological rates of the beach-dune system in Praia of Icaraí. The methodological procedures were divided into three main stages: bibliographic survey, geocartographic and field experiments. It was considered that the oceanographic forcings were the main responsible for the erosion and overlap of the frontal dunes present in the study area. In general terms, the results of this work represent an important instrument for analyzing the impacts of oceanographic and anthropogenic conditions on a beach that suffers from marked coastal erosion. The study in a more preserved stretch of this beach indicated in a direct way the impacts suffered on a coast that has undergone continuous transformations in its beaches, as is the case of the coast of Caucaia.

Keywords: Morphodynamics; Praia System; Fore Dunes.

RESUMEN

Ambientalmente, las dunas frontales son estructuras verdes de protección costera contra el avance del mar. En muchos casos, son responsables de mantener el equilibrio sedimentario del sistema de dunas de playa, evitando que procesos como la erosión costera y las inundaciones marinas dañen a la sociedad civil. y el patrimonio construido. El objetivo de este estudio fue monitorear las variaciones morfológicas y sedimentarias del sistema de dunas de playa entre 2016 y 2018, en el extremo occidental de Praia do Icaraí, determinando el tamaño de partícula, las tasas volumétricas y morfológicas del sistema de dunas de playa en Praia de Icaraí. Los procedimientos metodológicos se dividieron en tres etapas principales: estudio bibliográfico, geocartográfico y experimentos de campo. El forzamiento oceanográfico se consideró el principal responsable de la erosión y el debilitamiento de las dunas frontales presentes en el área de estudio. En general, los resultados de este trabajo representan un instrumento importante para analizar los impactos de las condiciones oceanográficas y antropogénicas en una playa que sufre una severa erosión costera. El estudio en un tramo más preservado de esta playa indicó directamente los impactos sufridos en una costa que ha sufrido cambios continuos en sus playas, como es el caso de la costa de Caucaia.

Palabras claves: Morfodinámica; Sistema de playa; Dunas frontales.

INTRODUÇÃO

O litoral é um território que bordeja o mar, designadamente é um trecho de terra limitado à costa marítima, podendo se estender por até 50 km para interior, englobando diversos sistemas ambientais, dentre eles: dunas, falésias, estuários, bosques de manguezais e praias. O litoral brasileiro se estende por mais de 8,5 mil km, enquanto que no Estado do Ceará, esse trecho de terra ocupa aproximadamente 573 km (BRASIL, 2018).

Nesse mosaico de subsistemas que compõe o litoral, temos as dunas frontais, que delimitam em muitos casos, a influência direta da agitação marítima sobre o continente. As dunas são formas eólicas que se desenvolvem junto ao mar a partir de uma oferta de sedimentos que transitam por ação dos ventos em direção ao continente (MARTÍNEZ et al., 2008).

Ambientalmente as dunas frontais constituem estruturas verdes de proteção costeira contra o avanço do mar, em muitos casos, são responsáveis pela manutenção do equilíbrio

sedimentar do sistema praia-duna, impedindo que processos como a erosão costeira e a inundação marinha se tornem danosos à sociedade civil e ao patrimônio construído.

O sistema praia-duna é formado por um cordão arenoso paralelo à linha de costa que serve como uma barreira de amortecimento contra atuação da agitação marítima. Por isso, a importância de considerar as dunas frontais, enquanto estruturas/feições “verdes” que tem a função ecossistêmica de proteção do litoral contra o avanço do mar e até mesmo contra eventos de tempestade.

Quando as dunas frontais são substituídas por construções/obras urbanas, perde-se essa zona de amortecimento e os danos materiais são inevitáveis, mas as consequências não são imediatas, podendo levar de alguns meses até anos para consolidação do processo erosivo em praias arenosas.

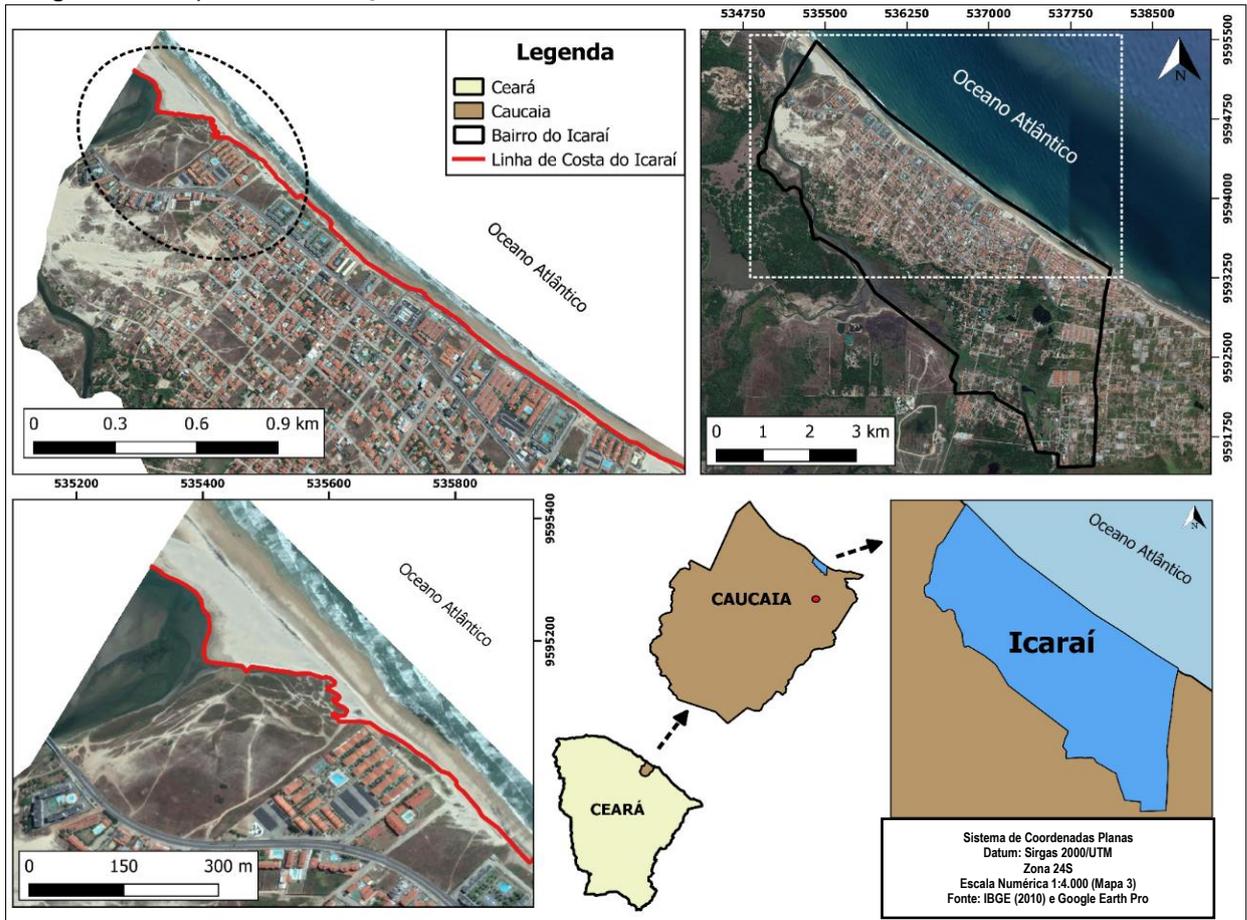
Em todo o mundo, as dunas frontais tem sido alvo de uma série de políticas públicas de conservação, na Holanda, por exemplo, essas feições de areia que são sustentadas por vegetações típicas, fazem parte do sistema de defesa contra o avanço do mar sobre as terras que ficam abaixo do nível do mar nesse território (HANLEY et al., 2014). Autores como Arens e Geelen (2006) e Hommes et al. (2011), compartilham em seus estudos que na Holanda quase 70% do PIB nacional está concentrado nas cidades costeiras, que suportam uma população de quase 9 milhões de habitantes.

A manifesta preocupação relatada pelos autores anteriores não é evidente em todos os países, como é o caso do Brasil, em que as dunas frontais são incorporadas a malha urbana, havendo o seu desmonte para construção de infraestruturas urbanas, consequentemente contribuindo para o avanço do mar sobre as frentes urbanas marinhas, como é o caso da Praia do Icaraí, localizada no litoral da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) (Figura 1).

Nesse sentido alguns trabalhos foram desenvolvidos na área, tais como por Paula (2015), Silva (2018) e Lima (2018).

O objetivo deste trabalho foi monitorar as variações morfológicas e sedimentares do sistema praia-duna, entre os anos de 2016 e 2018, no trecho extremo oeste da Praia do Icaraí, em que os processos erosivos são atuantes e a gestão costeira não tem sido eficiente na atenuação dos impactos costeiros nessa área.

Figura 1 – Mapa de Localização da Praia do Icaraí-Setor Extremo Oeste com dunas frontais.



Fonte: Autores (2018).

MATERIAL E MÉTODO

A primeira etapa do estudo consistiu na leitura, fichamento e tradução de relatórios, resumos, artigos, teses e dissertações nacionais e internacionais acerca do tema proposto da pesquisa e da área de estudo, assim como o levantamento básico de dados secundários pertinentes à pesquisa. Em um segundo momento, foi realizada uma pesquisa de geodados e informações geocartográficas em plataformas de dados do IBGE, IBAMA e IPECE, para posteriormente serem processados em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) e posterior criação dos mapas de localização e de reconhecimento da área. Para fins de cartografia digital e geoprocessamento foi utilizado o QGis (versão 2.18.7) na elaboração dos mapas de localização da área de estudo e seu entorno em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) através do georreferenciamento das imagens de satélite do Google Earth Pro, como também de bases cartográficas do IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia

Econômica do Ceará), COGERH (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará) e IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

A coleta de dados de agitação marítima foi baseada no acompanhamento diário das previsões de ondas *Sea* e *Swell* do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), além do acompanhamento das amplitudes de maré, por meio das tábuas de maré da Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN.

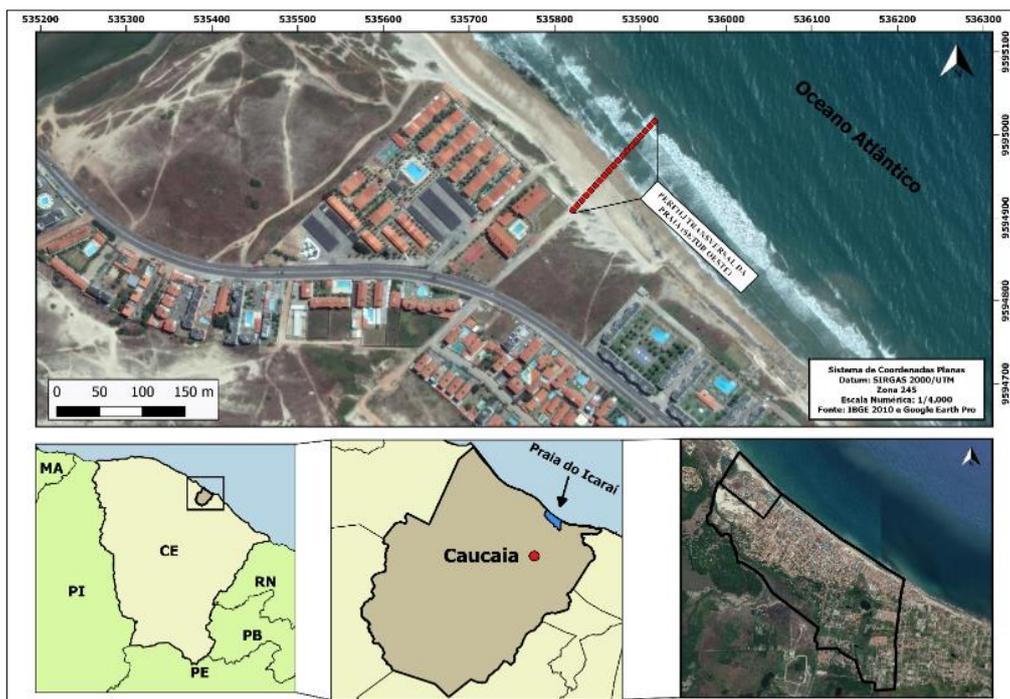
A análise das alterações morfológicas induzidas pela agitação marítima foi determinada a partir da execução de perfis topográficos transversais à linha de costa, cuja aferição foi obtida com o uso de uma estação total obedecendo ao método da Estadia de Birkemeier (1981). Essas informações foram determinadas a partir de uma seção de controle, com estruturas morfológicas diferentes no limite da alta praia.

Essa etapa consistiu nos trabalhos de campo para levantamentos primários de dados topográficos, sedimentológicos e registros fotográficos da área de estudo, como medições de temperatura, ventos incidentes e período de ondas. A escolha dos dias das campanhas de monitoramento em campo foi associada com agitação marítima do CPTEC e do SURFGURU, baseada no acompanhamento mensal das tábuas de maré da DHN.

Foram realizados de 29 experimentos de campo para determinação da variação morfossedimentar de um trecho de praia. Para efeito de designação de análise foi traçado um perfil topográfico transversal à praia e recobrimo o setor de dunas frontais, sendo identificada através das coordenadas UTM: 535825250E, 9594921352S (Figura 2).

A aferição de campo foi obtida com o uso de uma estação total obedecendo ao método da Estadia de Birkemeier (1981). Foi determinado um ponto de controle no limite da alta praia (RN). Na seção transversal, o limite da alta praia é definido através do contato entre a praia e a duna frontal.

Figura 2 – Localização do perfil topográfico na Praia do Icarai (Caucaia-CE).

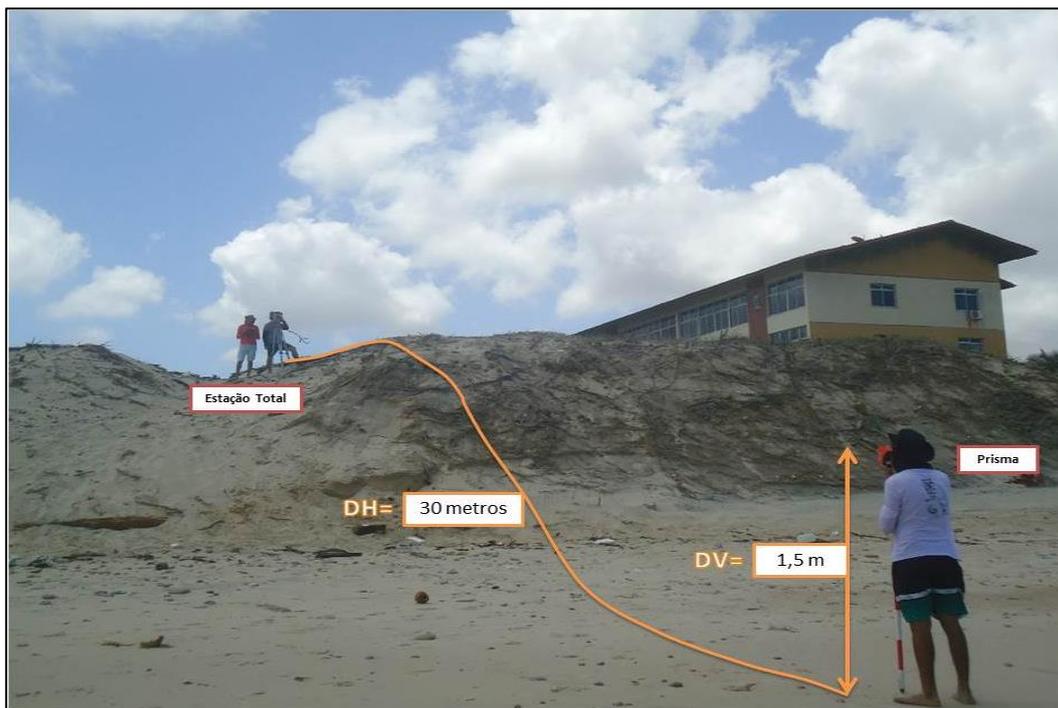


Fonte: Autores (2018).

O georreferenciamento e a transposição de cotas topográficas para o referencial de nível base foram realizados com auxílio de um DGPS (*Differential Global Positioning System*). Todos os perfis praias foram referenciados ao zero hidrográfico (ZH) da DHN, transpostos em uma linha horizontal, variando de 100m a 180m em linha reta (Figura 3). Esses perfis foram levantados com o auxílio de uma Estação Total e um Prisma, indicando uma Distância Horizontal (DH) e uma Distância Vertical (DV), anotadas numa ficha de campo, para posterior tabulação em planilhas do *Microsoft Excel*® (versão 2010).

Os dados topográficos gerados em campo já tabulados em planilhas do Excel, são organizados por anos, meses e datas de campo. Posteriormente são gerados gráficos de dispersão em X e Y, a fim de verificar alguma alteração nas cotas topográficas. Num segundo momento os arquivos foram copiados em formato “.xls” e carregado no *software GeoBeach*® (versão 1.0). No *GeoBeach*, foi possível gerar três informações básicas: área emersa e submersa dos perfis, perfis topográficos reais e variação dos perfis mínimo, médio e máximo.

Figura 3 – Esquema de levantamento das cotas topográficas com Estação Total e o Prisma.



Fonte: Autores (2018).

Por fim, foram coletadas amostras em trechos diferentes do sistema para análise granulométrica (berma e estirância). As amostras foram armazenadas e etiquetadas para posterior processamento em laboratório (Figura 4).

Figura 4 - Coleta manual dos sedimentos e armazenamento.



Fonte: Autores (2018)

Em laboratório, a amostra é posta para secagem em sua forma bruta, a uma temperatura de 60°, por aproximadamente dois dias. Posteriormente, é realizada a homogeneização da amostra através do quarteamento, passando por pesagem e lavagem em uma peneira com malha de 0,062 mm. O peso do material lavado foi determinado pela diferença entre peso inicial e final de cada amostra, e o somatório de todas as outras classes obtidas durante a granulometria seca.

No peneiramento a seco, é feito passando a amostra por uma série de 13 peneiras com o auxílio de um agitador mecânico (*Rotap*) em uma sequência que vai da mais grossa, de 4 mm (cascalhos e seixos) de abertura, até um fundo de metal onde ficam os grãos correspondentes à classe de 0,062 mm, critério adotado de acordo com a escala de *Wentworth*. O material retido em cada peneira é pesado e anotado na ficha de análise granulométrica, gerando dados a serem trabalhados estatisticamente para classificação das amostras (SUGUIO, 1973). Os resultados da análise granulométrica foram processados no *software* Sistema de Análise Granulométrica (SAG).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Levando em consideração as mudanças na paisagem costeira em escala local, demonstra-se a seguir os resultados dessa pesquisa, acerca da morfologia e sedimentologia sobre um determinado trecho do litoral da Praia do Icaraí-CE (figura 5), obedecendo os critérios pré-estabelecidos nos objetivos.

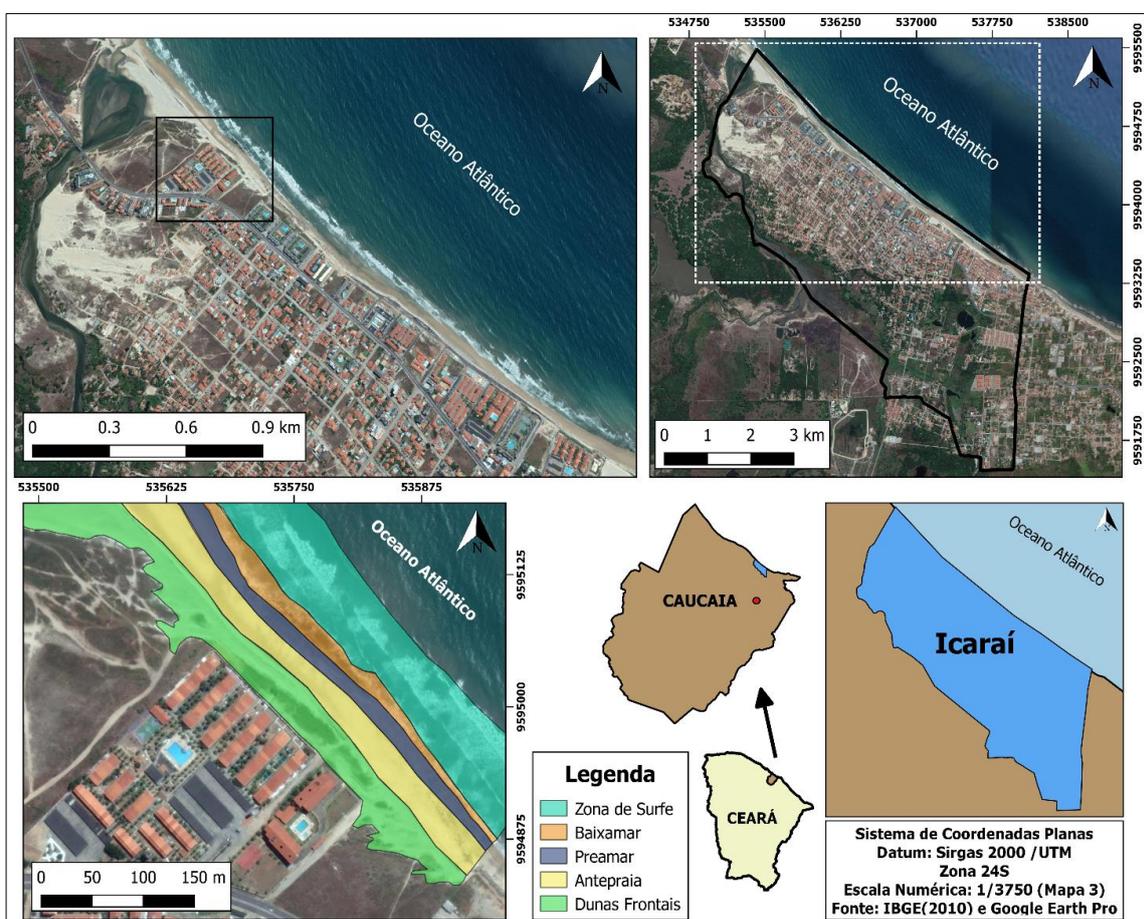
Figura 5 – Linha de costa da área de estudo.



Fonte: Autores (2018).

Na Figura 6, foram mapeados cinco trechos diferentes da mesma costa que são adotados na análise desse estudo. A partir do uso de imagens disponibilizadas pelo aplicativo *Google Earth Pro* (versão 7.1), que permite a aquisição de imagens de alta resolução gratuitas, foi possível zonestar as áreas de domínio continental e marítimo que influenciam na análise morfossedimentar da área de estudo. Assim, foram identificadas cinco zonas a partir das definições propostas por Harris *et al.* (2012), no qual elaborou um mapeamento da linha de costa a partir de polígonos perpendiculares entre si, formando assim um tipo de classificação da zona costeira.

Figura 6 – Mapa de zoneamento das linhas de costa da área de estudo.



Neste estudo houve a necessidade de elaborar esse mapeamento (figura 6), de forma adaptada, a fim de zonestar os vários limites de praia que existem na área de estudo, pois o monitoramento da pesquisa engloba os cinco limites (em condições de agitação marítima normais) seguintes: Zona de Surfe (120m-180m), Baixamar (120m-80m), Preamar (80m-60m), Antepraia (60m-30m) e Dunas frontais (0m-30m).

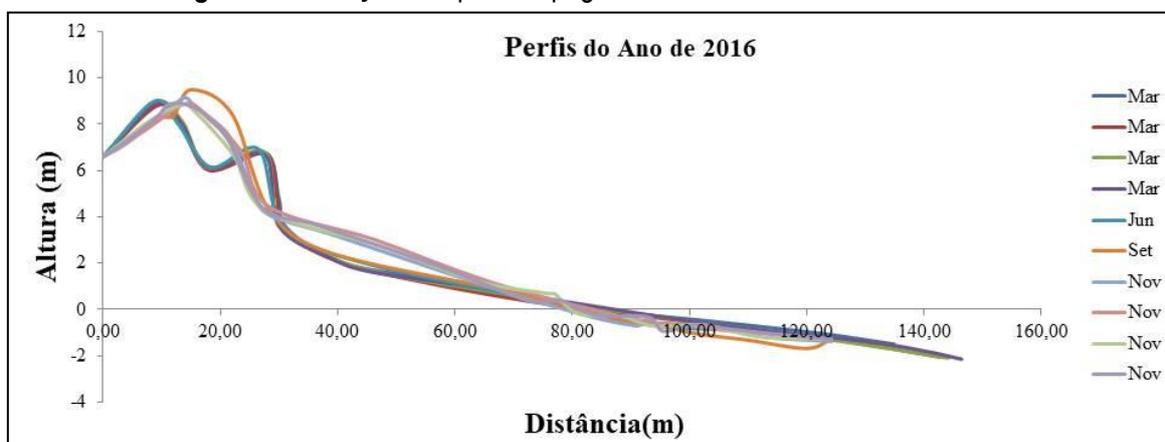
Variação morfológica

No ano de 2016 (Figura 7), foram realizadas dez campanhas de campo, sendo que duas delas ocorreram durante eventos de ressaca do mar. A primeira campanha foi realizada no mês de março, entre os dias 09/03/2016 e 12/03/2016. O evento foi induzido pela associação de maré e onda, coincidentemente as ondas de *Swell* atingiram a costa de Caucaia durante o pico do maré de sizígia do mês.

Nesse episódio de alta energia à base da duna recuo 2 m em direção ao continente, acarretando uma erosão temporária, pois um mês depois o perfil de praia e a base da duna já estavam recompostos, o que denota uma dinâmica intensa na transformação da paisagem da praia.

O segundo evento de ressaca do mar ocorreu no mês de novembro/16, período em que o clima de ondas estava dominado pela moda, ou seja, com ondas de curto período do tipo *Sea* (Hs de 0,8, L de 65 e Tp 8s). A amplitude de maré foi de 3 m, denotando ação de uma maré de sizígia, porém devido a baixa energia da onda, o evento de ressaca do mar não provocou erosão, mais sim, um aumento vertical de areia de quase 2 m entre a zona do estirâncio e a base da duna.

Figura 7 - Variação dos perfis topográficos reais durante o ano de 2016.

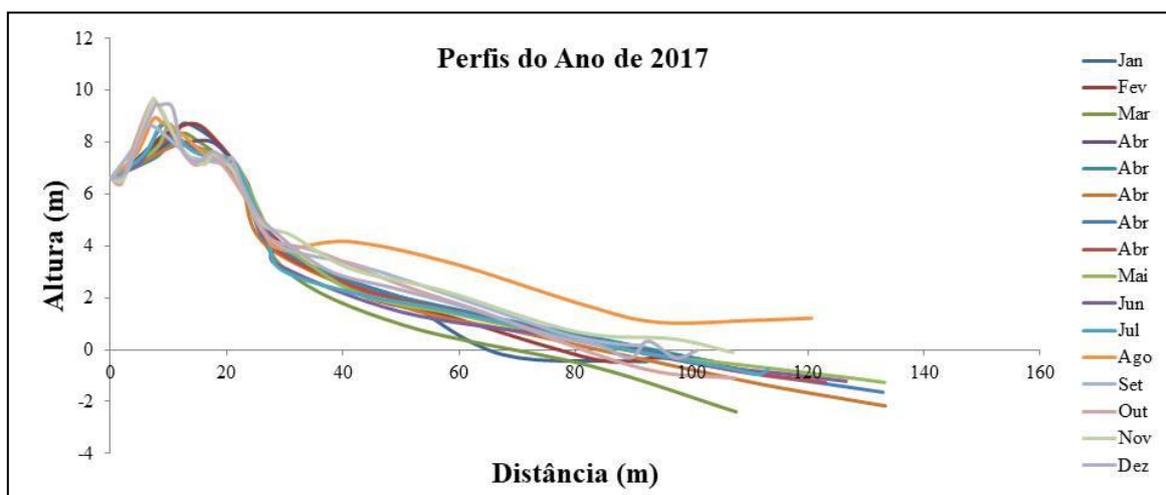


Fonte: Autores (2018).

No ano de 2017 (Figura 8), foram realizadas quinze campanhas de campo, distribuídas em todos os meses do ano. Os perfis do primeiro semestre se comportaram de maneira regular aos demais perfis verificados nos anos anteriores, atingindo as maiores taxas erosivas entre os meses de fevereiro, março e abril, condicionados pela entrada de ondas *Swell* de norte (L= 140m) e marés de 3m de amplitude.

Em relação às áreas emersas e submersas, o evento de ressaca registrado em abril (26/04/2017 a 29/04/2017) teve um papel fundamental no equilíbrio do déficit sedimentar que a praia havia perdido nos meses de fevereiro e março, alimentando em cerca de 46 m² de área emersa da praia durante esse período do evento. Há de se fazer um destaque para o aumento significativo de 1,5m na crista da duna frontal e um recuo em direção ao continente de 10 m entre os campos do dia 10/02/2017 e 03/11/2017, mostrando o alto grau de mobilidade da duna em busca do equilíbrio morfológico.

Figura 8 - Variação dos perfis topográficos reais durante o ano de 2017.



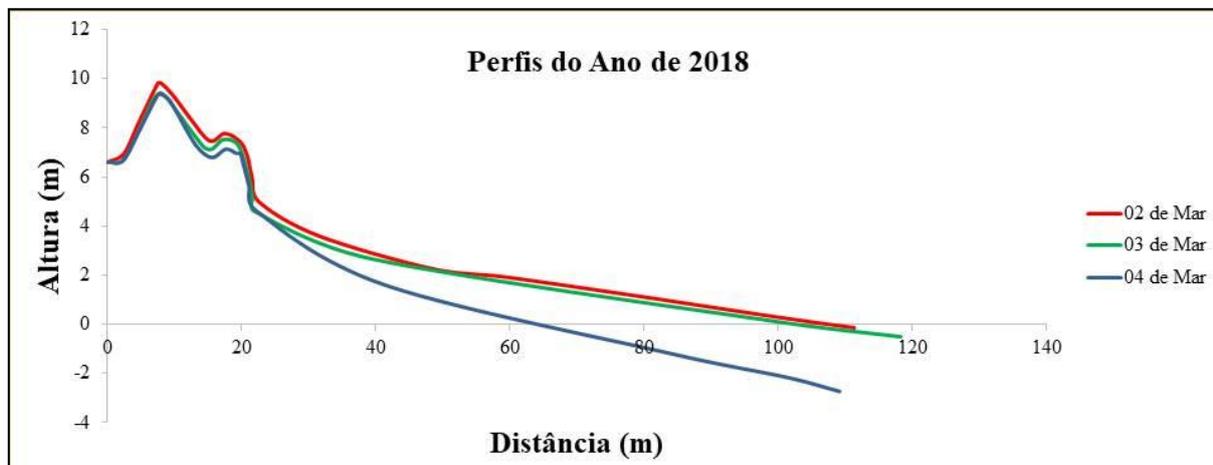
Fonte: Autores (2018).

No ano de 2018 (Figura 9), foram realizadas apenas três campanhas de campo, em virtude do prazo de confecção do presente trabalho. A escolha da data para o monitoramento em campo foi definida a partir de um rastreamento por satélite de um “Mega Swell” (Tempestade Emma) que atingiria o litoral da região Norte e Nordeste do Brasil no início de março de 2018. O fenômeno se concretizou, chegando no litoral de Caucaia no início do mês de março, com ondas de Hs= 2,7m, Tp=17,1s e L= 456m, aliados às marés de 2,9 m de amplitude. Tudo isso alcançava uma altura de até 2,6m além da faixa de maré alta média dos dias monitorados.

O comportamento dos perfis nesse período obedeceu às forçantes oceanográficas, que acabaram negativando em -93m² de área do perfil monitorado em apenas três dias de evento de ressaca. O setor mais atingido foi a antepraia, com perda de areia variando de 1 m a 3 m, entre o perfil inicial (02/03/2018) e o perfil final (04/03/2018). Os impactos também foram sentidos na zona de berma e base das dunas, onde o ataque de colisão do espraio das ondas que

quebravam mais acima do perfil, favoreceram o desmoronamento do topo dessas dunas e consequentemente o rebaixamento das mesmas.

Figura 9 - Variação dos perfis topográficos reais durante o ano de 2018.



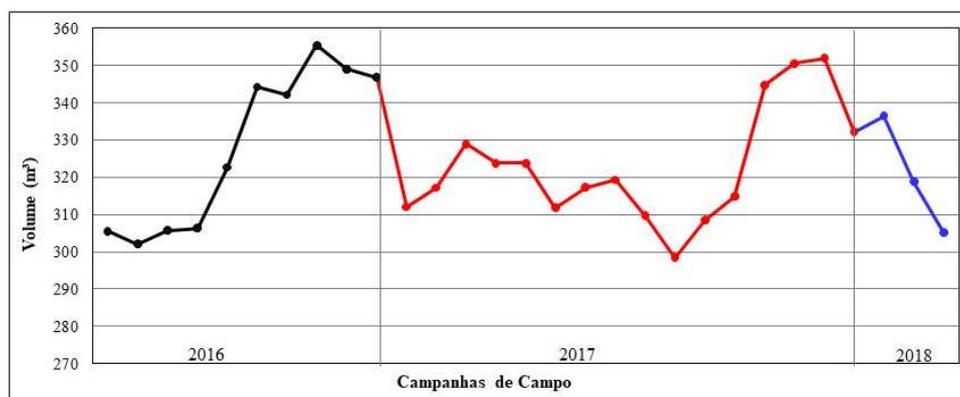
Fonte: Autores (2018).

Variação de Largura e Volume

Dentre os diversos parâmetros de análise da dinâmica praial, a seguir temos uma estimativa real da variação anual em m^3 do pacote sedimentar de areias e cascalhos na área de estudo (figura 10). Pode-se observar o decréscimo e acréscimo de areia entre o primeiro semestre e o segundo semestre, mas sempre diminuindo o volume total de um ano para o outro.

Comparando o dia 18/01/2013 que teve um volume de $610 m^3$ e o dia 04/03/2018 que teve um volume de $305 m^3$, observa-se uma perda de 50% no valor total de areia da praia, que pela tendência erosiva da praia não haverá uma recarga natural desses sedimentos, agravando assim um processo de erosão sucessivo às demais praias adjacentes.

Figura 10 – Variação do volume sedimentar entre os anos de 2016 e 2018.



Fonte: Autores (2018).

Outro parâmetro indicador da dinâmica praial é a variação da largura de praia (figura 11) ou da linha de costa. Didaticamente, a variação da largura de uma praia é a forma mais simples e direta de se aferir se uma determinada praia ou seção dela está em processo de erosão ou progradação.

Com os dados topográficos e as medidas dos perfis de metro a metro, foi possível fazer um cruzamento de dados, analisando mais detalhadamente as DHi = Distância Horizontal Inicial e a DHf = Distância Horizontal Final, sendo que a cota dessa última transpassaria o ZH. Analisando cada perfil de cada campanha de campo, obtivemos a variação da linha de costa da área de estudo.

O máximo de largura da praia foi identificado no dia 24/01/2012 com 140m, enquanto que o valor mínimo foi observado nos dias 13/01/2017 e 04/03/2018 com 65m de praia emersa. Esses dados mostram que em um intervalo de cinco anos (2012-2017), a largura da praia diminuiu cerca de 75 m (ou 54%).

Figura 11 – Variação da largura da praia entre os anos de 2016 e 2018.



Fonte: Autores (2018).

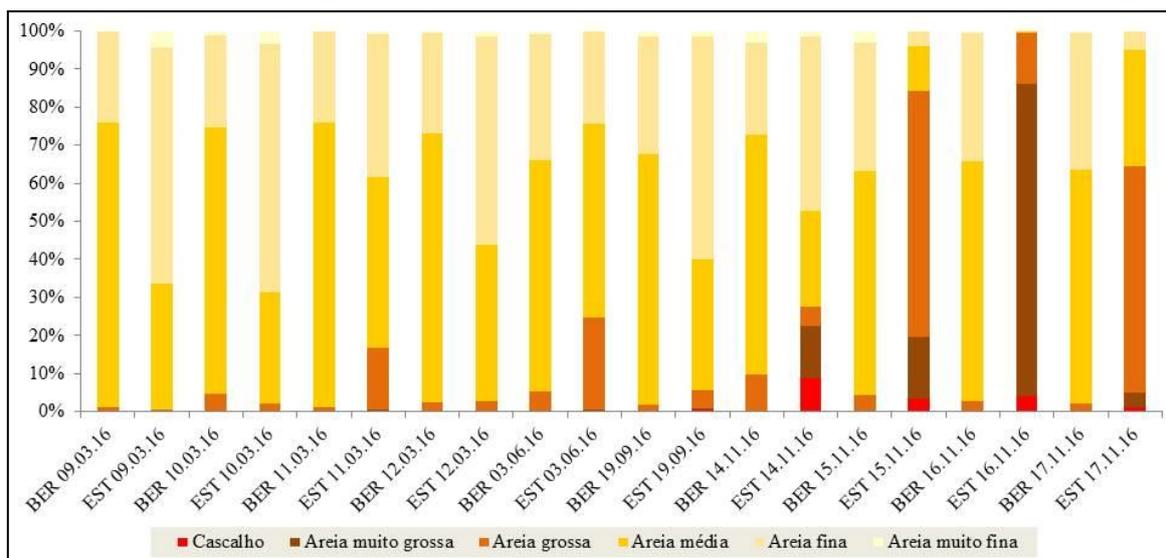
Variação Sedimentar

Outra variável ambiental fundamental para o entendimento do comportamento do sistema costeiro praia-duna é a textura sedimentar. As amostras do primeiro semestre do ano de 2016 (figura 12) mostraram-se homogêneas, obedecendo aos padrões já registrados

anteriormente, variando de 70% a 75% de areia média na zona de berma e de 37% a 65% de areia fina no estirâncio.

Já no segundo semestre do ano, na zona de berma, os sedimentos variaram de 58% a 65% de areia média e no estirâncio ocorreu um acréscimo de 0,5% para 8,8% de cascalho entre 19/09/2016 e 14/11/2016, reflexo do escavamento do fundo pela ação das marés e ondas, deixando a textura do sedimento mais grosso em 82% da amostra.

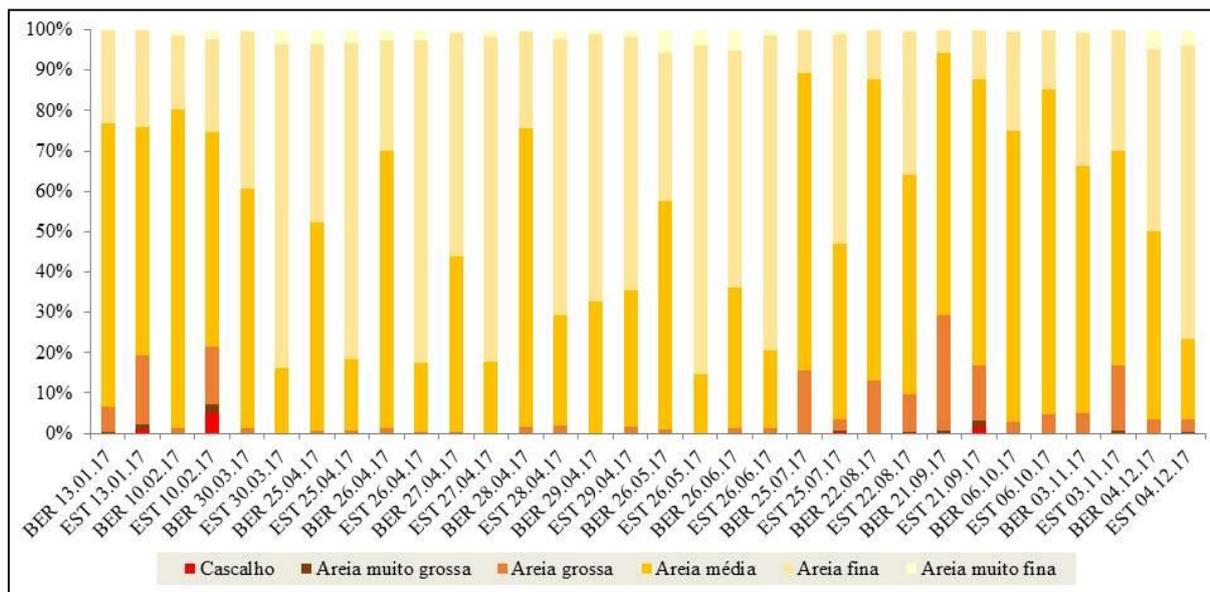
Figura 12 – Gráfico de textura granulométrica do ano de 2016.



Fonte: Autores (2018).

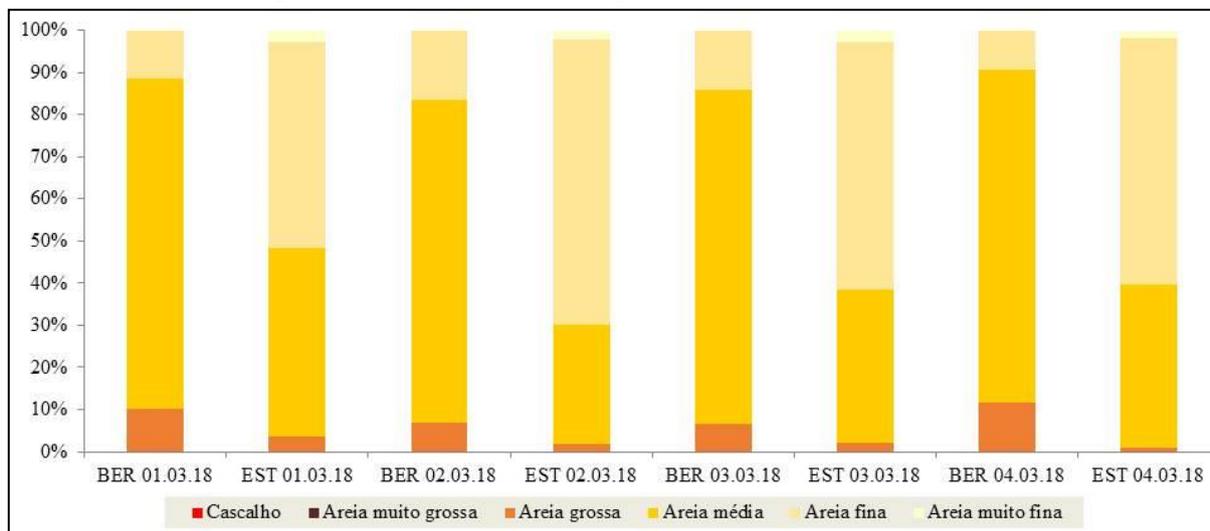
As amostras do primeiro semestre do ano de 2017 (figura 13) mostraram-se não padronizadas, com sedimentos variando de 18% a 80% de areia fina no estirâncio, e sedimentos variando de 38% a 72% de areia média na zona de berma. Já no segundo semestre, na zona de estirâncio, ocorre que os valores de areia grossa e média atingem valores de 28% e 64% no dia 21/09/2017. Mas houve uma estabilização de areia fina a partir do mês de novembro até dezembro (72% da amostra). A exceção nesse ano são os campos monitorados nos meses de janeiro, fevereiro e setembro, que apresentaram valores significativos de areia grossa e muito grossa, inclusive cascalhos, como mostra o gráfico a seguir.

Figura 13 – Gráfico de textura granulométrica do ano de 2017.



As amostras do ano de 2018 (figura 14) mostraram-se com um comportamento mais regular, apesar de ter ocorrido o evento de maior magnitude até então registrado. A resposta do pacote sedimentar superficial tanto da zona de estirâncio quanto da berma apresentaram poucas variações em sua textura, em torno de 1% a 2% na berma e um acréscimo de 10% de areia fina no estirâncio.

Figura 14 – Gráfico de textura granulométrica do ano de 2018.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância de estudos contínuos do litoral é extremamente necessária, visto que esses são os ambientes mais dinâmicos dentro dos ecossistemas marinhos e terrestres. Muitas vezes esses geoambientes são ocupados e subutilizados de forma indevida, prejudicando tanto quem ocupa quanto a própria dinâmica do sistema ambiental costeiro. Por isso a necessidade de monitoramento das diversas variáveis que ali atuam sem desconsiderar os interesses humanos sobrepostos a dinâmica natural dos fluxos litorâneos.

Também há de se considerar que as forçantes oceanográficas (ondas, marés, ventos e correntes) foram as principais responsáveis pela erosão e solapamento das dunas frontais presentes na área de estudo.

Inúmeras são as alternativas para conter o avanço do mar de uma praia, seja por obras de engenharia costeira, dragagem, etc. Mas a natureza já nos dá essa resposta de forma bem simples e direta, através das dunas frontais, feições que servem como barreiras a frente do mar, protegendo o continente, dissipando a energia das ondas sobre a face de praia, alimentada com areias provindas da própria duna, que posteriormente, em períodos de maiores ventos será novamente recarregada, como um ciclo geomorfológico, adaptando-se a cada dia, a cada tempestade e a cada onda que nela atinge.

Em linhas gerais, os resultados deste trabalho significam um importante instrumento de análise dos impactos das condicionantes oceanográficas e antrópicas sobre uma praia que sofre de erosão costeira acentuada. O estudo em um trecho mais preservado dessa praia indicou de forma direta os impactos sofridos em um litoral que vem passando por transformações contínuas em suas praias, como é o caso do litoral de Caucaia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela concessão de bolsas de iniciação científica durante o período de agosto de 2017 a julho de 2018. Este trabalho resultou de recursos obtidos através do Edital FUNCAP-FCT n° 02/SAICT/2017, processo n° FCT – 00141-00009.01.00/18. Também agradeço ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica da UECE e aos seus professores e estudantes.

REFERÊNCIAS

- ARENS, S. M., GEELEN, L.H.W.T. **Dune landscape rejuvenation by intended destabilisation in the Amsterdam water supply dunes.** J. Coast. Res. v. 22, p. 1094–1107, 2006. Disponível em: <<http://www.jcronline.org/doi/abs/10.2112/04-0238.1?code=cerf-site>>. Acesso em: 23 jul. 2018.
- BIRKEMEIER, W. A. **Fast Accurate Two-Person Beach Survey.** Mississippi: Coastal Engineering Technical Aid. v. 81, n.11, 1981.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Panorama da erosão costeira no Brasil.** Brasília, 2018.
- HANLEY, M. E. et al. **Shifting sands? Coastal protection by sand banks, beaches and dunes.** Coastal Engineering, v. 87, n. 1, p. 136-146, maio. 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378383913001762>>. Acesso em: 30 jul. 2018.
- HARRIS, J. M. et al. **Coastal and Marine Biodiversity: Plan for KwaZulu-Natal Spatial priorities for the conservation of coastal and marine biodiversity in KwaZulu-Natal.** Ezemvelo KZN Wildlife: Scientific Services Technical Report, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/309642925_COASTAL_AND_MARINE_BIODIVERSITY_PLAN_FOR_KWAZULU-NATAL_SOUTH_AFRICA>. Acesso em: 14 jun. 2018.
- HOMMES, S., HORSTMAN, E. M., MULDER, Y. P. B. **Implementation of coastal erosion management in the Netherlands.** Ocean Coast. Manag. 54, 188–197. 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569111000871>>. Acesso em: 24 jul. 2018.
- LIMA, J. C. **Erosão costeira e seus efeitos na atratividade dos estabelecimentos de hospedagem nas praias do litoral de Caucaia, Ceará.** 2018. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia/Bacharelado – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2018.
- MARTÍNEZ, M. L.; PSUTY, N. P.; LUBKE, R. A. **A Perspective on Coastal Dunes.** ECOLSTUD, [S.l.], v. 171, n. 1, p. 3-10, jan. 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-74002-5_1#citeas>. Acesso em: 30 jul. 2018.
- PAULA, Davis Pereira de. **Erosão costeira e estruturas de proteção no litoral da região metropolitana de Fortaleza (Ceará, Brasil): um contributo para artificialização do litoral.** REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA, v. 9, n. 1, 2015.
- SILVA, Antônio Emanuel dos Santos. **Dinâmica espaço-temporal de dunas frontais: o caso da praia do Icarai (Caucaia-CE, Brasil).** 2018. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia/Bacharelado) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2018.
- SUGUIO, K. **Introdução a Sedimentologia.** São Paulo: Blucher, 1973.