



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS – CTG
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA - DOCEAN



CECÍLIA BASTOS DE SOUZA

**ANÁLISE EVOLUTIVA DE CURTO PRAZO DA OBRA DE
REGENERAÇÃO DA FAIXA DE PRAIA DO MUNICÍPIO DE
JABOATÃO DOS GUARARAPES – PE**

Recife

Outubro de 2022

CECÍLIA BASTOS DE SOUZA

**ANÁLISE EVOLUTIVA DE CURTO PRAZO DA OBRA DE
REGENERAÇÃO DA FAIXA DE PRAIA DO MUNICÍPIO DE
JABOATÃO DOS GUARARAPES – PE**

Trabalho de Monografia
apresentado ao Departamento de
Oceanografia da Universidade Federal
de Pernambuco como pré-requisito para
a conclusão do curso de Bacharelado em
Oceanografia

Área de concentração: Oceanografia Geológica

Orientadora: Profa. Dra. Núbia Chaves Guerra

Recife

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do programa de
geração automática do SIB/UFPE

Souza, Cecília Bastos de.

Análise evolutiva de curto prazo da obra de regeneração da faixa de
praia do município de Jaboatão dos Guararapes - PE / Cecília Bastos de
Souza. - Recife, 2022.

179 : il., tab.

Orientador(a): Núbia Chaves Guerra

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal
de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Oceanografia -
Bacharelado, 2022.

1. Oceanografia. 2. Dinâmica costeira. 3. Morfodinâmica. 4. Perfil de
praia. 5. Topobatimetria . I. Guerra, Núbia Chaves. (Orientação). II. Título.

550 CDD (22.ed.)

CECÍLIA BASTOS DE SOUZA

**ANÁLISE EVOLUTIVA DE CURTO PRAZO DA OBRA DE
REGENERAÇÃO DA FAIXA DE PRAIA DO MUNICÍPIO DE
JABOATÃO DOS GUARARAPES – PE**

Trabalho de monografia apresentado ao departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco como pré-requisito para a conclusão do curso de Bacharelado em Oceanografia.

Data de aprovação: 27/10/2022

Nota: 10

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Núbia Chaves Guerra (orientadora)
Departamento de Oceanografia – UFPE

Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso (titular)
Departamento de Geologia – UFPE

Dra. Luciana Dantas dos Santos (titular)
Departamento de Oceanografia – UFPE

Dedico este trabalho a todos aqueles que me incentivaram e, em especial,
ao meu pai.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todas as oportunidades e vitórias concedidas.

Agradeço as pessoas maravilhosas que tenho como família por todo apoio e afeto ao longo dessa jornada. Ao meu pai, por acreditar em mim e, ao seu modo, me mostrar o valor da resiliência, principalmente em tempos difíceis, e a importância da capacidade de se reinventar. A minha mãe por toda força, acolhimento e cuidado nos mais diversos momentos, assim como seus conselhos valiosos carregados de sabedoria. A minha irmã, Letícia, por toda a parceria, aventura, risos e por tornar a minha visão de mundo cada vez mais humana.

A minha orientadora, Profa. Dra. Núbia Chaves Guerra, que me ensinou muito mais que o conhecimento acadêmico, mas foi a principal motivação para chegar até aqui. Viver é uma arte que exige paciência e coragem, mas nunca deixar de dar o nosso melhor é o mais importante. Obrigada por mostrar o caminho, segurar minha mão em cada dúvida e dificuldade, e compartilhar o pensamento de uma das mais belas pessoas que já conheci.

Ao secretário André, por toda doçura, presteza e educação, que sempre fez de tudo para ajudar e ouvir, ainda que repleto de responsabilidades.

A todos os colegas e professores do DOCEAN que contribuíram para cada detalhe dessa formação. Carrego um pouco de cada um de vocês comigo!

A minha companheira e amor, Vanessa, por cada abraço, puxão de orelha, elogio e colo oferecido. Um dia ao teu lado é uma nova chance de recomeçar.

A Prefeitura Municipal de Jabotão dos Guararapes pelos dados fornecidos e oportunidade de estágio.

“Há coisas muito melhores à frente do que as que deixamos para trás.”

-CS Lewis

RESUMO

A zona costeira é um ambiente dinâmico influenciado por fenômenos atmosféricos, oceanográficos e terrestres, sendo submetido à erosão marinha, fenômeno mundial. As praias de Candeias, Piedade e Barra das Jangadas do Município de Jaboatão dos Guararapes, NE do Brasil, desapareceram em 1990 e em 2013, realizou-se a engorda em 5,8km da costa. No presente estudo, foi realizada a análise da morfologia de 15 perfis topográficos do ano de 2019 com cálculo do volume linear, e também, avaliada a variação da linha de costa no período de 2015 a 2019 para identificar os trechos com progradação ou retrogradação, observando-se os agentes transformadores (substrato ou estruturas na antepraia) e os fenômenos oceanográficos e hidrodinâmicos atuantes. Observou-se que a variação morfológica e a hidrodinâmica em Piedade devem-se aos *beachrocks*, devido à dissipação energética das ondas incidentes sobre a rocha, próxima ou diretamente no estirâncio, e à difração provocada pela variação de cota, que movem o sedimento para *offshore* retirando-o do sistema praias. Em Candeias os bancos de recifes algálicos e os quebra-mares atuam na redução energética e na difração das ondas, com formação de região de sombra que favorece a deposição, porém trapeia o sedimento sobre a feição e seus canais, embora mova parte para fora dos bancos, e por falta de competência das ondas não consegue devolvê-lo ao sistema, causando a erosão. Em Barra de Jangada, a migração de bancos arenosos através de meandros fluviais na Foz do Rio Jaboatão promove aumento dos perfis pela coalescência ou concentração na antepraia, sendo a área mais instável do litoral. Em 2019, 66,6% das estações experimentam o processo erosivo abaixo do equilíbrio determinado pelo Projeto Conceitual da Obra, totalizando volume requerido de 1500,81m³ de areia para reconstrução do perfil. Com relação à variação da linha de costa há tendência de retrogradação em quase todo o litoral, associada às zonas de canalização de ondas difratadas e ao transporte sedimentar, entre 2015 e 2017, no entanto, há progradação a partir de 2018, tendo maior acresção em 2019, possivelmente associada ao transporte do sedimento dos bancos arenosos da foz de sul para norte. Um diferencial nesse estudo deve-se a identificação da ação de um importante fator oceanográfico ocorrido em 2019: a descida da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) mais para sul da sua posição climatológica, próximo ao Nordeste Brasileiro, a qual intensificou o clima de ondas e o aumento da energia de quebra sobre a praia. E apesar do estabelecimento do fenômeno El Niño em janeiro de 2019, seu caráter moderado não gerou acoplamento entre os fenômenos. Desse modo sugere-se aprofundamento dos estudos meteoceanográficos para reforçar o entendimento da variação morfodinâmica identificada.

Palavras-chave: Dinâmica costeira, Morfodinâmica, Perfil de praia, Topobatimetria, Linha de costa.

ABSTRACT

The coastal zone is a dynamic environment influenced by atmospheric, oceanographic and terrestrial phenomena, being subjected to marine erosion, a worldwide phenomenon. The Candeias, Piedade and Barra das Jangadas beaches in the Jaboatão dos Guararapes city, NE of Brazil, disappeared in 1990 and in 2013, nourishment took place along 5.8 km of the coast. In the present study, the analysis of the morphology of 15 topographic profiles of the year 2019 was carried out with calculation of the linear volume, and also, the variation of the coastline in the period from 2015 to 2019 was evaluated to identify progradation or retrogradation areas, observing transforming agents (substrate or structures) and the oceanographic and hydrodynamic phenomena. It was observed that the morphological and hydrodynamic variation in Piedade beach are due to the beachrocks, due to the energetic dissipation of the waves incident on the rock, close to or directly on the beach, and to the diffraction caused by the height variation, which move the sediment offshore removing it from the beach system. In Candeias beach, the algal reef and breakwaters act in the energy reduction and wave diffraction, with the formation of a shadow region that favors deposition, but traps the sediment over reef and its channels, although it moves part out of the reef, and due to lack of competence of the waves, it cannot return it to the system, causing erosion. In Barra de Jangada beach, the migration of sandy banks through fluvial meanders in the Rio Jaboatão mouth, promotes an increase in profiles by coalescence or concentration on the shore, being the most unstable area of the coast. In 2019, 66.6% of the profiles present erosive process and it is necessary 1500.81m³ of sand for reconstruction and to return the project measures. With regard to the coastline variation, there is a trend of retrogradation in almost the coastline, associated with the channelling zones of diffracted waves and sedimentary transport between 2015 and 2017, however, there is a progradation linked to areas protected by rigid structures or natural features in 2018, with significant accretion in 2019, possibly associated with the transport, from south to north, of the sediment from the sand banks at the mouth. A differential in this study is due to the identification of the action of an important oceanographic factor in 2019: the descent south ITCZ (Intertropical Convergence Zone) from its climatological position in the NE Brazil, which intensified the wave climate and the increase in breaking energy over the beach. And despite the establishment of the El Niño phenomenon in January 2019, its moderate character did not generate coupling between the phenomena. In this way, it is suggested new meteoceanographic studies to reinforce the understanding of the identified morphology and dynamic oceanography variation of the profiles and continued monitoring of the nourishment in the Jaboatão dos Guararapes beaches.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.2.1. Esquema de morfodinâmicas dissipativa, intermediária e refletivas de praias arenosas (Fonte: ALEIXO, 20190.	28
Figura 3.3.1. Esquema de divisões de uma praia arenosa (Fonte: Adaptado de MUEHE, 1996).....	29
Figura 3.3.2. Perfil de prisma praial, mostrando a nomenclatura descritiva das feições costeiras (Fonte: JOURNAL OF INTEGRATED COASTAL ZONE MANAGEMENT).	31
Figura 3.4.1. Morfologia dos perfis de verão e de inverno (Fonte: DEPARTMENT OF AGRICULTURE, CONSERVATION & FORESTRY, 2005).	33
Figura 3.5.1.1. Circulação global de ar conforme descrito no modelo de seis células sob a influência do efeito de Coriolis (Hemisfério Norte: deflexão para direita; Hemisfério Sul: deflexão para esquerda) na direção do vento (Fonte: MARTINS et al., 2008).	34
Figura 3.5.2.1. Relação das marés com as fases da Lua, e com as posições relativas da Terra, da Lua e do Sol. (Fonte: DIAS, s.d).....	36
Figura 3.5.2.2. Tipos de maré: diurna (uma preamar e uma baixa-mar por dia), semidiurna (duas preamares e duas baixa-mares por dia predominantemente semelhantes) e mista (duas preamares e duas baixa-mares por dia com alturas diferentes). Abaixo a distribuição global dos diferentes tipos de marés (Fonte: Adaptado de WEBB, 2021).	37
Figura 3.5.2.3. Circulação anfidrômica. Pontos anfidrômicos são representados onde as linhas brancas convergem em área de mínima amplitude de maré. As cristas de maré circulam ao redor dos pontos anfidrômicos, no sentido horário no Hemisfério Norte e anti-horário no Hemisfério Sul (Fonte: WEBB, 2021).....	38
Figura 3.5.3.1. Estrutura de uma onda senoidal (Fonte: PEREIRA, 2019).....	39
Figura 3.5.3.2. Tipos de ondas de superfície, relacionando forças geradoras e restauradoras, período e variabilidade esquemática de energia com a frequência (Hz: ciclo por segundo) (Fonte: FERNANDES, MÖLLER JUNIOR & CUCHIARA, 2017).	41
Figura 3.5.3.3. Esquema representativo do modelo do “escudo” de desenvolvimento das ondas (Fonte: DIAS, s.d).....	41
Figura 3.5.3.4. Classificação das ondas quanto à profundidade relativa (Fonte: ZANDOMENEGO, SCHMIDT & CARLA DE ABREU, 2015).	42

Figura 3.5.3.5. Esquema de refração da onda com pontos focalizados de energia, porções salientes da costa, e zonas de dispersão, porções reentrantes da costa, gerando gradiente energético (Fonte: DIAS, s.d.).....	43
Figura 3.5.3.6. Esquema de difração das ondas num obstáculo (ilha, estrutura artificial, etc.). As ondas difratadas induzem transporte sedimentar convergente na zona de sombra com favorecimento do acúmulo sedimentar. Caso a distância entre a praia e o obstáculo não seja grande em relação ao comprimento deste, existe a tendência de formação de um tómbolo (Fonte: DIAS, s.d.).....	44
Figura 3.5.3.7. Tipo de onda quanto à forma de arrebatção na costa, moduladas pela morfologia de fundo e pelo vento (Fonte: Adaptado de LIMA, 2008).	45
Figura 3.5.4.1. Esquema ilustrativo da corrente longitudinal, deriva litorânea (praial) e processos associados. (Fonte: CHALEGRE-TOUCEIRA, 2018).....	46
Figura 3.5.4.2. Representação do esquema da corrente de retorno. Após a zona de rebatimento, o volume de água retido esta e a praia gera uma corrente alimentadora, cujo refluxo das ondas sai por um canal criado no banco de areia dando origem à corrente propriamente dita, formando o pescoço, e dispersa em uma região anterior a zona de surfe, nominada de cabeça (Fonte: MAIA et al., 2014).	47
Figura 4.3.1. Mapa geológico-geomorfológico do Município de Jaboatão dos Guararapes (Fonte: BORBA, 1999).	59
Figura 5.3.1. Representação gráfica do perfil projetado, cuja base menor representa a largura da pós-praia (45m), base maior representa a largura do perfil e altura corresponde ao RN da estação. A face oposta possui inclinação 1:10 (Fonte: A autora, 2022).....	64
Figura 5.3.2. Exemplo de arranjo geométrico para cálculo de área de curva topográfica. A- Representação esquemática de curva de perfil amostrado. B- Arranjo geométrico do perfil, contendo as seguintes formas na decomposição: trapézio, retângulo e triângulo, cuja divisão das figuras geométricas se deu a partir da cota da pós-praia, do ponto de inflexão no estiramento e do cruzamento com o nível (Fonte: A autora, 2022).	65
Figura 6.1.1.1. Ilustração esquemática que mostra os beachrocks emersos (contorno natural) e submersos (tracejado em amarelo). As linhas em azul mostram a difração das ondas ao passarem sobre o <i>beachrock</i> submerso, que apresentam incidência reduzida devido a estrutura submersa, enquanto as linhas brancas, a difração gerada na porção mais elevada da borda do <i>beachrock</i> emerso, mudando o sentido de direção (Fonte: modificado de Google Earth, Outubro de 2021).	67

Figura 6.1.1.2. Representação esquemática das áreas de influência de difração e de refração, gerando, respectivamente o embaçamento e formação do arco praiial, assim como a saliência. (Fonte: modificado de Google Earth, Julho de 2017).....	68
Figura 6.1.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 2 (E2) medidos no período entre 2016 e 2018. Comparando as curvas, observa-se que a posição da berma varia muito no decorrer dos meses, sendo fruto das ações das ondas sobre a pós-praia (Fonte: NEM, 2019).	69
Figura 6.1.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas referentes aos meses de Janeiro a Julho de 2019 (Fonte: NEM, 2019).....	70
Figura 6.1.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas referentes aos meses de Setembro a Dezembro semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).	70
Figura 6.2.1.1. Ilustração esquemática que mostra os beachrocks sub-submersos (contorno natural). As linhas brancas mostram a difração e refração das ondas ao passarem sobre e entre as partes rebaixadas do <i>beachrock</i> . (Fonte: modificado de Google Earth, Setembro de 2020).	74
Figura 6.2.1.2. Representação ilustrativa da difração que ocorre quando as ondas frontais atingem a borda do beachrock, mudando a incidência de chegada à praia, provocando a mudança da morfologia da linha de praia, provocando nesse caso, a erosão a montante e formando uma pequena saliência a jusante. (Fonte: modificado de Google Earth, Agosto de 2021).	75
Figura 6.2.1.3. Representação esquemática das curvas topográficas medidas na estação E11, durante o intervalo de tempo de 2016 até 2018 (Fonte: NEM, 2019).....	76
Figura 6.2.1.4. Representação esquemática das curvas topográficas no primeiro semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).....	77
Figura 6.2.1.5. Representação esquemática das curvas topográficas no segundo semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).....	78
Figura 6.3.1.1. Imagem mostrando a localização da Estação E20. A – Trecho na visão de baixa-mar, cujo <i>beachrock</i> atua como proteção natural da costa. Entretanto, o perfil apresenta retração da pós-praia (seta vermelha) apesar de estar à sombra dos <i>beachrocks</i> . B – Visão da quebra das ondas observadas pela espuma sobre os <i>beachrocks</i> (setas amarelas). No caso, a proximidade com a faixa de areia e os pontos com rebaixamento da cota, propiciam a passagem das ondas difratadas (tracejado azul) que promovem a erosão marinha. (Fonte: modificado de Google Earth, A-Outubro de 2021, B-Setembro de 2020).....	81

Figura 6.3.1.2. Ilustração mostrando a abertura (elipse tracejada em vermelho) existente na linha do beachrock, mais a sul da posição da Estação E20 que também influencia na morfologia e hidrodinâmica nesse local. (Fonte: modificado de Google Earth, Outubro de 2021).	82
Figura 6.3.1.3. Representação da abertura existente na linha do beachrock em condições de preamar, cuja quebra das ondas sobre o substrato rochoso gera gradiente de nível na superfície da coluna d'água, que promove conversão do volume para a abertura (seta em azul claro). Consequentemente, forma-se uma sinuosidade nos trens de onda (linha tracejada em azul escuro), cujas cristas apresentam retenção sobre área desprotegida e maior acúmulo nas zonas abrigadas pela rocha. (Fonte: modificado de Google Earth, Julho de 2019).	83
Figura 6.3.1.4. Representação esquemática das curvas topográficas no período de 2016 até 2018 (Fonte: NEM, 2019).	84
Figura 6.3.1.5. Representação esquemática das curvas topográficas no período entre Janeiro e Julho de 2019 (Fonte: NEM, 2019).	85
Figura 6.3.1.6. Representação esquemática das curvas topográficas no período entre Outubro e Dezembro de 2019 (Fonte: NEM, 2019).	86
Figura 6.4.1.1. Ilustração esquemática que mostra o beachrock emerso, onde se percebe a diferença de cota tendo parte soterrada (seta ciano) e parte acima da linha d'água (seta laranja). Essa diferença de cota pode ser o fator de interferência e alteração do balanço sedimentar. Também há a descontinuidade da linha rochosa, com abertura que também promove influência sobre o comportamento tanto hidrodinâmico, quando de transporte sedimentar (Fonte: modificado de Google Earth, Outubro de 2021).	88
Figura 6.4.1.2. Ilustração esquemática que mostra o beachrock submerso e a passagem das ondas sobre a rocha (seta azul) e abertura a norte (descrição na figura, em preto), onde se nota a chegada da onda frontal e modificando a sua configuração ao chegar à antepraia. (Fonte: modificado de Google Earth, Dezembro de 2021).	89
Figura 6.4.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 30 (E30) medidos no período entre 2016 e 2018. A posição da berma não varia substancialmente, mas a cota em relação ao RN, sim. Também se percebe que o estirâncio ficou bem preservado em sua extensão (Fonte: NEM, 2019).	90
Figura 6.4.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas referentes ao primeiro semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).	91

Figura 6.4.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas referentes aos meses de Agosto a Dezembro de 2019 (Fonte: NEM, 2019).....	92
Figura 6.5.1.1. . Ilustração esquemática mostrando a posição da Estação E41 (A). Nota-se a presença de parte do <i>beachrock</i> recoberto por sedimento, mas com partes expostas (seta amarela) B- Visão das ondas quebrando na borda externa do <i>beachrock</i> e espreadando sobre o estirâncio e pós-praia durante marés elevadas. (Fonte: modificado de Google Earth, A-Outubro de 2021, B-Dezembro de 2021).....	94
Figura 6.5.1.2. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 30 (E30) medidos no período entre 2016 e 2018. A posição da berma está bem além da projetada, mas a cota da pós-praia está rebaixada em relação ao RN. Também se percebe que o estirâncio ficou bem preservado em sua extensão (Fonte: NEM, 2019).	95
Figura 6.5.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas referentes aos meses de Janeiro a Abril de 2019. Nota-se a tendência ao equilíbrio e praticamente nenhuma modificação nesse intervalo de tempo avaliado (Fonte: NEM, 2019).	96
Figura 6.5.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas referentes ao segundo semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).....	96
Figura 6.6.1.1. Representação da faixa de praia próximo a estação E51. A- Nota-se ausência de rochas diretamente sobre a zona área do perfil. B. Ocorrência de bancos algálicos na antepraia. (Fonte: modificado de Google Earth, Outubro de 2021).	98
Figura 6.6.1.2. Os bancos algálicos promovem a difração das ondas (linhas em azul claro) que, por sua vez, atingem a praia de paralelamente a linha de costa. E, como situa-se muito próxima a região abrigada, as ondas que incidem sobre a área do perfil são predominantemente frontais. (Fonte: modificado de Google Earth, Outubro de 2021).....	99
Figura 6.6.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas dos anos de 2015 a 2018 (Fonte: NEM, 2019).	100
Figura 6.6.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas referentes aos meses de Janeiro a Maio de 2019 (Fonte: NEM, 2019).....	100
Figura 6.6.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas referentes ao segundo semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).....	101
Figura 6.7.1.1. Imagem mostrando a posição da Estação E61 e do espigão com 45o (seta vermelha) promovia influência a norte Foi sugerida a remoção do espigão, pois sua presença era danosa sob vários aspectos (refração e difração das ondas, impedimento do transporte sedimentar e impedimento do livre trânsito pelos pedestres; Prof Núbia	

Chaves Guerra, informação pessoal), cujos blocos estão ainda acumulados sobre a pós-praia (seta marrom), mas com a continuação da erosão, a porção mais basal foi exumada e continua interferindo no transporte sedimentar além de prejudicar o trânsito das pessoas sobre o estirâncio (seta verde) e ser um risco ao banho, pois na maré alta não há aviso da existência de rochas. (Fonte: modificado de Google Earth, Outubro de 2021)	103
.....	103
Figura 6.7.1.2. Área próxima a estação E61. A - Representação esquemática mostrando os recifes algálicos litificados, chamados de Abreus, na praia de Candeias (círculos tracejados em amarelo), o quebra-mar artificial e as linhas de ondas (tracejados em ciano). B – Detalhes da difração das ondas que ocorrem entre o quebra mar e o recife algálicos (linhas amarelas), com perfil situado próximo a região abrigada. (Fonte: modificado de Google Earth, A-Outubro de 2021, B-Agosto de 2021).....	104
Figura 6.7.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 61 (E61) medidos no período entre 2016 e 2019 (Fonte: NEM, 2019).....	106
Figura 6.7.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 61 (E61) medidos no primeiro semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).	107
Figura 6.7.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 61 (E61) medidos no segundo semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).....	108
Figura 6.8.1.1. Imagem mostrando os recifes algálicos e o quebra-mar e as ondas (em ciano). (Fonte: modificado de Google Earth, Outubro de 2021).....	109
Figura 6.8.1.2. Visão mais ampla da região da antepraia mostrando a presença do quebra-mar, cujo início influencia devido ao estreitamento entre essa estrutura e o recife algálico, extensão do recife algálico e a diferença da cota na porção offshore da rocha, que quebra a chegada da onda, observada na espuma formada (Fonte: modificado de Google Earth, Outubro de 2021).	110
Figura 6.8.1.3. Detalhe da área de influência da refração das ondas. (Fonte: modificado de Google Earth).....	111
Figura 6.8.1.4. Representação dos fenômenos de difração próximos a estação E93. A – Visão macro da área, mostrando a forte mudança de direção de onda. B. Visão mais detalhada da área mostrando a complexa hidrodinâmica causada pelo recife algálico e pelo quebra-mar (seta amarela). (Fonte: modificado de Google Earth, Agosto de 2021)	112
.....	112
Figura 6.8.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 93 (E93) do ano de 2016 até 2018 (Fonte: NEM, 2019).....	113

Figura 6.8.1.6. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 93 (E93) medidos no primeiro semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).	114
Figura 6.8.1.7. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 93 (E93) medidos no segundo semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).....	115
Figura 6.9.1.1. A-Visão em mostrando a posição da Estação E119 e a presença do extenso recife algálico litificado. B- Observação em escala menor de visão, que mostra a irregularidade na forma e na cota do recife algálico (Fonte: modificado de Google Earth, A-Outubro de 2021, B-Agosto de 2021).	116
Figura 6.9.1.2. Imagem mostrando a mudança da direção das ondas na porção a norte do banco algálico (seta azul) com difração e geração de corrente, no sentido contrário, que promove a formação de pequena saliência no estirâncio. Na porção <i>offshore</i> (setas cinzas) nota-se a zona de quebra das ondas n porção mais elevada do recife. Destaca-se que há realmente uma tendência de inclinação de cota mais alta na porção offshore, diminuindo no sentido para a praia. Supõe-se que tem haver com o modo de crescimento da alga quando do seu desenvolvimento, mas é apenas uma sugestão de explicação para esse fato. (Fonte: modificado de Google Earth, Novembro de 2016)	117
Figura 6.9.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 119 (E119) obtidos entre os anos de 2016 e 2018 (Fonte: NEM, 2019).	118
Figura 6.9.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 119 (E119) medidos no primeiro semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).	119
Figura 6.9.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 119 (E119) medidos no segundo semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).....	120
Figura 6.9.2.1. Registros da construção do muro do Residencial Candeias sobre a pós praia reconstituída pelo aterro hidráulico, sem haver, entretanto, autorização para construção (Fonte: NEM, 2019).	121
Figura 6.10.1.1. Imagem mostrando a posição da Estação 142 (E142) que se encontra totalmente na sobra do recife algálico. (Fonte: Modificado do Google Earth, Outubro de 2021).	123
Figura 6.10.1.2. Imagem mostrando a entrada das ondas sobre o banco algálico (setas vermelhas) onde há rebaixamento da cota do corpo recifal (Fonte: Modificado do Google Earth, Novembro de 2016).	123
Figura 6.10.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 142 (E142) medidos do ano 2016 até o ano 2018 (Fonte: NEM, 2019).	124

Figura 6.10.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 142 (E142) obtidas no primeiro semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).	125
Figura 6.10.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 142 (E142) obtidas no segundo semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).....	125
Figura 6.11.1.1. Imagem, na baixa-mar, mostrando a posição da Estação 142 (E142) que se encontra na sobra do recife algálico, no entanto este trecho mostra que a cota do corpo recifal tem cota mais baixa na porção <i>backshore</i> da antepraia, diferenciando da porção desse banco mais a norte. (Fonte: Modificado do Google Earth, Agosto de 2021).....	127
Figura 6.11.1.2. Imagem, na preamar mostrando a posição da Estação 142 (E142) e a forte diminuição do período de ondas, formando um trem muito mais intenso e robusto a partir da borda offshore do recife algálico. (Fonte: Modificado do Google Earth, Novembro de 2016).....	128
Figura 6.11.1.3. Visão das plumas de sedimento (setas amarelas) sobre o corpo recifal quando da preamar. (Fonte: Modificado do Google Earth, Setembro de 2020).	129
Figura 6.11.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 164 (E164) obtidas do ano 2016 até o ano 2018 (Fonte: NEM, 2019).....	130
Figura 6.11.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 142 (E142) obtidas no primeiro semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).	131
Figura 6.11.1.6. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 142 (E142) obtidas no segundo semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).....	131
Figura 6.12.1.1. Imagem esquemáticas mostrando a posição da Estação 246 (E246) onde há estrutura rígida (enrocamento; cerca de 25m do RN, linha amarela) (Fonte: Modificado do Google Earth, Outubro de 2021).....	133
Figura 6.12.1.2. A ilustração mostra a proximidade com a foz do Rio Jaboatão que apesar de estar com barragens, ainda interfere pela hidráulica dos rios tributários, sobre todo esse trecho da E246 até a última da engorda, que altera todo o balanço sedimentar (Fonte: Modificado do Google Earth, Agosto de 2021).....	133
Figura 6.12.1.3. Ilustração esquemática mostrando todas as condições hidrodinâmicas e hidráulicas, além das feições de fundo existentes no setor que engloba a estação em questão (E246) (Fonte: Modificado do Google Earth).....	134
Figura 6.12.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 246 (E246) obtidas do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).	137

Figura 6.12.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 246 (E246) obtidas do segundo semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).....	138
Figura 6.13.1.1. Imagem esquemáticas mostrando a posição da Estação 260 (E260) onde há estrutura rígida (enrocamento; cerca de 13m do RN, linha branca). As linhas tracejadas em cor amarela são os canais fluviais secundários que meandram nessa região da foz do Rio Jaboatão. A vermelha, tracejada, mostra o ponto de abertura e rebaixamento no banco algálico (Fonte: Modificado do Google Earth, Agosto de 2021).	140
Figura 6.13.1.2. Imagem esquemáticas mostrando a abertura no recife algálico (seta tracejada, vermelha), ilustrando o sentido contrário da corrente decorrente do fluxo que passa pela abertura recifal (seta tracejada, em azul) e apontando o local de acúmulo de sedimento formando um pontal arenoso, que é sazonal. (Fonte: Modificado do Google Earth, Setembro de 2020).	141
Figura 6.13.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 260 (E260) obtidas do ano 2016 até o ano 2018. Ressalta-se que nesse ponto há enrocamento (Fonte: NEM, 2019).....	142
Figura 6.13.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 260 (E260) medidas no primeiro semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).....	143
Figura 6.14.1.1. Imagem esquemáticas mostrando a posição da Estação 260 (E260) onde há estrutura rígida (enrocamento; cerca de 12m do RN, linha branca) (Fonte: Modificado do Google Earth, Agosto de 2021).	145
Figura 6.14.1.2. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 273 (E273) obtidas do ano 2017 até o ano 2018. Ressalta-se que nesse ponto há rebaixamento severo do perfil, mas sua largura chega a ultrapassar 100m porque há, em determinados períodos do ano, a junção da praia com o banco arenoso formado pela ação fluvial, com a areia erodida em 2013, que não sai do sistema, mas as ondas não têm energia suficiente para repor a pós-praia, para a cota de projeto (Fonte: NEM, 2019).....	146
Figura 6.14.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 273 (E273) medidas no primeiro semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).....	147
Figura 6.14.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 273 (E273) medidas no segundo semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).....	148
Figura 6.15.1.1. Imagem esquemáticas mostrando a posição da Estação 285 (E285) (Fonte: Modificado do Google Earth, Outubro de 2021).	150

Figura 6.15.1.2. Imagem esquemáticas mostrando a posição da Estação 285 (E285) em relação à foz do Rio Jaboatão (Fonte: Modificado do Google Earth, Dezembro de 2021).	150
Figura 6.15.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 285 (E285) obtidas do ano 2017 até o ano 2018 (Fonte: NEM, 2019).....	151
Figura 6.15.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 285 (E285) obtidas do primeiro semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).	152
Figura 6.15.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 285 (E285) obtidas do primeiro semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).	153
Figura 7.1. Disposição de todas as linhas de berma levantadas em campo (2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019) mostrando um padrão em trechos com retrogradação e outros com progradação. (Fonte: NEM, 2019).....	157
Figura 7.2. Disposição de todas as linhas de berma levantadas em campo (Anos 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019) onde se percebe os trechos com retrogradação e outros com progradação, quando se compara o traçado em relação a linha de 45m, linha de construção da obra. (Fonte: NEM, 2019)	158
Figura 7.3. Representação dos trechos de RN onde ocorre retrogradação (linha superior) e progradação (linha inferior) da linha de preamar máxima ou da berma. (Fonte: Modificado de Google Earth).....	159
Figura 7.4. Representação das linhas de berma levantadas em campo para o ano de 2019, referentes aos meses de Agosto a Dezembro. (Fonte: NEM, 2019).....	160
Figura 7.5. Representação da costa nas áreas de retrogradação que compreendem os RNs 10 a 24 (A), 57 a 63 (B); 93 a 185 (C), 227 a 277 (D) (Fonte: Modificado de Google Earth).	161
Figura 7.6. Representação da costa nas áreas de progradação que compreendem os RNs 35 e 45 (A), 66 a 89 (B); 185 a 223 (C), 280 e 287 (D) (Fonte: Modificado de Google Earth).	162

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.5.3-1. Definição das zonas de propagação de ondas (Fonte: MMA, 2018).....	42
Tabela 4.1-1. Coordenadas, cotas batimétricas e Praias das estações monitoradas (Fonte: NEM, 2019).....	55
Tabela 5.1-1.Dados topográficos mensais analisados para cada estação durante o ano de 2019.	62
Tabela 6.16-1. Síntese de dados das estações monitoradas, com respeito à localização, presença de estruturas ou feições predominantes, influência da descida da ZCIT no mês de abril sobre os setores praias, o volume necessário de reposição do perfil projetado e o volume total.	154

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	24
2.	OBJETIVOS.....	25
2.1.	OBJETIVOS GERAIS	25
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
3.	CONCEITUAÇÃO.....	26
3.1.	LINHA DE COSTA	26
3.2.	PRAIA	26
3.3.	MORFOLOGIA COSTEIRA E PRAIAL	28
3.4.	MORFODINÂMICA PRAIAL	31
3.5.	AGENTES CLIMATO-OCEANOGRÁFICOS	33
3.5.1.	Ventos	33
3.5.2.	Marés	35
3.5.3.	Ondas	38
3.5.4.	Correntes litorâneas	45
3.6.	VARIAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR	47
3.7.	GERENCIAMENTO COSTEIRO	49
3.8.	EROSÃO EM PERNAMBUCO	50
3.9.	EROSÃO NO MUNICÍPIO DE JABOATÃO.....	50
3.10.	REGENERAÇÃO SEDIMENTAR COM ATERRO HIDRÁULICO .	52
4.	ÁREA DE ESTUDO	54
4.1.	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	54
4.2.	CLIMA	56
4.3.	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	56
4.4.	INTERVENÇÕES ANTRÓPICAS	60
4.5.	OCEANOGRAFIA COSTEIRA	60
5.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	61

5.1.	LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICOS.....	61
5.2.	DETERMINAÇÃO DA LINHA DE BERMA	62
5.3.	MENSURAÇÃO DO VOLUME DO PERFIL SUBAÉREO	63
5.4.	INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE.....	66
5.5.	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	66
6.	MORFOLOGIA E MORFODINÂMICA DAS ESTAÇÕES ANALISADAS.....	66
6.1.	ESTAÇÃO 02.....	66
6.1.1.	Morfologia e morfodinâmica	66
6.1.2.	Condições climáticas-oceanográficas	71
6.1.3.	Cálculo do volume para o perfil	73
6.2.	ESTAÇÃO 11.....	73
6.2.1.	Morfologia e morfodinâmica	73
6.2.2.	Condições climáticas-oceanográficas	78
6.2.3.	Cálculo do volume para o perfil	79
6.3.	ESTAÇÃO 20.....	80
6.3.1.	Morfologia e morfodinâmica	80
6.3.2.	Condições climáticas-oceanográficas	86
6.3.3.	Cálculo do volume para o perfil	87
6.4.	ESTAÇÃO 30.....	87
6.4.1.	Morfologia e morfodinâmica	87
6.4.2.	Condições climáticas-oceanográficas	92
6.4.3.	Cálculo do volume para o perfil	93
6.5.	ESTAÇÃO 41.....	93
6.5.1.	Morfologia e morfodinâmica	93
6.5.2.	Condições climáticas-oceanográficas	97
6.5.3.	Cálculo do volume para o perfil	97

6.6.	ESTAÇÃO 51.....	97
6.6.1.	Morfologia e morfodinâmica	97
6.6.2.	Condições climáticas-oceanográficas	101
6.6.3.	Cálculo do volume para o perfil	102
6.7.	ESTAÇÃO 61.....	102
6.7.1.	Morfologia e morfodinâmica	102
6.7.2.	Condições climáticas-oceanográficas	108
6.7.3.	Cálculo do volume para o perfil	109
6.8.	ESTAÇÃO 93.....	109
6.8.1.	Morfologia e morfodinâmica	109
6.8.2.	Condições climáticas-oceanográficas	115
6.8.3.	Cálculo do volume para o perfil	115
6.9.	ESTAÇÃO 119.....	116
6.9.1.	Morfologia e morfodinâmica	116
6.9.2.	Condições climáticas-oceanográficas	120
6.9.3.	Cálculo do volume para o perfil	122
6.10.	ESTAÇÃO 142.....	122
6.10.1.	Morfologia e morfodinâmica	122
6.10.2.	Condições climáticas-oceanográficas	126
6.10.3.	Cálculo de volume do perfil	127
6.11.	ESTAÇÃO 164.....	127
6.11.1.	Morfologia e morfodinâmica	127
6.11.2.	Condições climáticas-oceanográficas	132
6.11.3.	Cálculo de volume do perfil	132
6.12.	ESTAÇÃO 246.....	132
6.12.1.	Morfologia e morfodinâmica	132
6.12.2.	Condições climáticas-oceanográficas	138

6.12.3.	Cálculo de volume do perfil	139
6.13.	ESTAÇÃO 260	139
6.13.1.	Morfologia e morfodinâmica	139
6.13.2.	Condições climáticas-oceanográficas	144
6.13.3.	Cálculo de volume do perfil	145
6.14.	ESTAÇÃO 273	145
6.14.1.	Morfologia e morfodinâmica	145
6.14.2.	Condições climáticas-oceanográficas	148
6.14.3.	Cálculo de volume do perfil	149
6.15.	ESTAÇÃO 285	149
6.15.1.	Morfologia e morfodinâmica	149
6.15.2.	Condições climáticas-oceanográficas	153
6.15.3.	Cálculo de volume do perfil	154
6.16.	DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA E MORFODINÂMICA GERAL ..	154
7.	EVOLUÇÃO DE LINHA DE COSTA	156
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	163
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1. INTRODUÇÃO

A zona costeira é um ambiente dinâmico formado por sistemas deposicionais efêmeros e influenciado por fenômenos atmosféricos, oceanográficos e terrestres, os quais modelam e esculpem feições morfológicas diversas e que estão em constante estado de mudança, garantindo ao litoral, características únicas ao longo de sua extensão (MAZZER *et al.*, 2008; LEITE e ALVES, 2017; DAVIDSON-ARNOTT *et al.*, 2019).

Entretanto, a erosão costeira representa notória ameaça ao equilíbrio de ambientes costeiros, como as praias ao redor do mundo (BIRD, 1985; SOUZA, 2009), revelando-se processo cada vez mais recorrente, elevando a preocupação e fomentando a pesquisa em prol de ferramentas e políticas de enfrentamento (RAMOS, 2021).

A erosão consiste em um fenômeno natural em que desgasta e modela a superfície terrestre, a partir de processos químicos físicos e biológicos de remoção de material (SUGUIO, 2003). Nesse sentido, a erosão costeira caracteriza-se como a variação negativa do balanço sedimentar (diferença entre a entrada e saída de sedimento de um sistema) dos ambientes situados entre continente e oceano, podendo ocorrer por origem natural ou antrópica e representando o comportamento de sumidouro para meio, visto que a perda de sedimentos tende a ser superior ao ganho (ROSATI, 2005; SILVA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2021). Como resultado, ocorre retrogradação da linha de costa, a qual recua em direção ao continente, acarretando em perdas significativas de habitats costeiros (SENA, 2018; SOARES JUNIOR *et al.*, 2021).

Segundo Muehe (2006, 2008), o litoral brasileiro experimenta erosão em toda a costa, com destaque as desembocaduras fluviais e as zonas de praias em proximidades de áreas urbanizadas, como Rio de Janeiro, Salvador, Maceió, Recife e Fortaleza. De forma análoga, o litoral do Estado de Pernambuco apresenta trechos de ocorrência do processo de erosão, cujas praias que contem edificações correspondem as mais prejudicadas (MADRUGA *et al.*, 2017). Em levantamento de erosão costeira no estado através de geoindicadores, cerca de 52% do litoral Pernambucano apresentou características indicativas de processo de erosão marinha (MARTINS *et al.*, 2016), quando antes consistia em aproximadamente 1/3 do litoral (MANSO *et al.*, 2006).

Esse fato não se restringe apenas ao litoral brasileiro, e pode ser citado, por exemplo, o caso da costa do Caribe Colombiano (POSADA e PINEDA, 2008), em que ao longo dos seus 900 km de extensão, cerca de 28% de suas praias enfrentavam

processos erosivos. Do mesmo modo, entre os anos de 1960 e 2012, foi verificado que a costa italiana sofreu, ao longo de trechos de um total de 1534km, correspondendo a cerca de 23% da costa, um retrocesso quantificável em 92km² (*MINISTERO DELL'AMBIENTE E TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE*, 2017).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a evolução da obra da regeneração das praias (aterro hidráulico) no Município de Jaboatão dos Guararapes durante o ano de 2019, a partir da análise das suas modificações morfológicas e identificação dos possíveis agentes transformadores, referentes a interferência humana, processos costeiros e variação do nível médio do mar.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliação dos perfis topográficos levantados pelo Núcleo de Estudos Marinhos (NEM) lotado na Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade da Prefeitura do Jaboatão dos Guararapes, a fim de elucidar as relações hidrodinâmicas de cada cenário e indicar os pontos que precisam de ajuste dos perfis;
- Cálculo do volume sedimentar necessário para restabelecer a largura de equilíbrio a partir da recomposição do perfil do Projeto Executivo para aqueles perfis que apresentam largura da pós praia menor que 35m. Além disso;
- Análise da variação da linha de berma para identificar os pontos de avanço e recuo da pós-praia ao longo da obra;
- Fomentar a discussão acerca de ações que objetivem não apenas a proteção da orla, mas que garantam também a recuperação do habitat, como recomposição do perfil praiado, em particular a pós-praia, onde ocorre, entre outros eventos, a desova de tartarugas;

3. CONCEITUAÇÃO

3.1. LINHA DE COSTA

A linha de costa é uma das feições mais dinâmicas do planeta, a qual representa a fronteira entre o continente e o mar e caracteriza-se por apresentar uma constante variação de posição em várias escalas temporais, esta, por sua vez, influenciada por diversos fatores, seja de origem natural e estritamente associados à própria dinâmica costeira ou outros provenientes da ação antrópica sob o ambiente litorâneo (GOIS, 2011; SILVA, 2019). E, ao passo em que são detentoras de paisagens de grande beleza cênica, podem apresentar diversificadas variações em uma mesma área, o que lhe confere uma complexidade extremamente frágil (SILVA & LIMA, 2017).

A linha de costa do mundo todo, principalmente as ligadas a antigas planícies litorâneas holocênicas e progradantes, como é o caso do litoral brasileiro, estaria em retrogradação (reco) por perda de areia para formação das dunas, para a plataforma continental ou para a deriva litorânea (BIRD, 1981 apud SILVA, 2019). No estado de Pernambuco essa tendência de retrogradação da linha de costa predomina ao longo de vários trechos do litoral, com destaque para a Região Metropolitana do Recife (RMR), devido ao seu caráter demográfico e pressão imobiliária na zona costeira (SANTOS, 2008). Entre as causas naturais que afetam sua configuração e evolução podem ser citadas as instabilidades de desembocaduras de rios, ondas, marés e ventos; em contrapartida, as causas antrópicas estão diretamente ligadas às construções no setor pós-praia e obras de engenharia costeira, a exemplo dos espigões e quebra-mares.

3.2. PRAIA

A Lei nº. 7661/88, que instituiu o Plano Nacional do Gerenciamento Costeiro, art.10, parágrafo 3º, conceitua as praias da seguinte forma: “Entende-se por praia a área coberta e descoberta periodicamente pelas águas, acrescida da faixa subsequente de material detrítico, tal como areias, cascalhos, seixos e pedregulhos, até o limite onde se inicie a vegetação natural, ou, em sua ausência, onde comece outro ecossistema. (SENADO FEDERAL, 1988)”.

Consoante Muehe (1996) e Teixeira *et al.* (2000), as praias consistem em depósitos sedimentares de alta mobilidade, comumente arenosos, acumulados e submetidos às condições dinâmicas de ondas e maré, de modo a gerar uma região de

amortecimento e proteção do litoral. Dessa forma, são ambientes extremamente ativos e dominados por agentes hidrodinâmicos, cujo limite superior (no sentido do continente) corresponde a linha de vegetação permanente ou qualquer alteração fisiográfica brusca, e limite inferior (no sentido do mar), o nível base de ação das ondas, isto é, a profundidade de fechamento (HOEFEL, 1998; SOUZA et al., 2005).

Todavia, devido a dinamicidade inerente ao ambiente, as praias podem arenosas variar quanto a sua forma e dinâmica, principalmente associado a fatores como eventos de tempestade e mudança no clima de ondas, variações no nível marinho, deriva de sedimentos, entre outros. Desse modo, as praias podem ser classificadas em tipos diferentes, baseadas principalmente no seu padrão de quebra de ondas e regime de maré que, por sua vez, indica o tipo de dispersão energética, podendo ainda o ambiente praiar migrar de um tipo para outro em detrimento de mudanças morfodinâmicas dentro período de tempo (CARTER, 1988).

Dentro da classificação proposta pela *Escola Australiana de Geomorfologia*, desenvolvida na década de 70, os ambientes costeiros podem ser classificados seis estados ou estágios morfológicos distintos, associados a diferentes regimes de ondas e marés, são eles os estados dissipativo e refletivo, estes correspondendo a dois estados extremos, além de quatro estados intermediários, entre eles o banco e cava longitudinal e o terraço de baixa-mar (WRIGHT & SHORT, 1984; CARTER, 1988).

De acordo com CALLIARI *et al.* (2003) e WRIGHT & SHORT (1984), os estados compreendem as seguintes características:

Estado dissipativo: caracteriza-se por um reduzido gradiente topográfico com ampla zona de surf, cujas ondas arrebentam longe da face da praia e tem sua altura decaindo progressivamente ao passo que dissipam sua energia através da arrebentação. Desse modo, a baixa declividade promove o tipo de arrebentação, geralmente, do modo derrame, com zona de espraiamento na face da praia reduzida, esta, por sua vez, composta por sedimento de granulometria fina. Além disso, possui grande volume sedimentar na antepraia, cuja tendência da topografia costeira promove a formação de múltiplos bancos longitudinais paralelos à praia.

Estado refletivo: caracteriza-se por elevada declividade topográfica e, conseqüentemente, reduzida largura da zona de surfe. Ambientes abrigados, a

exemplo de zonas entre promontórios ou embaixamentos, são favoráveis a ocorrência desse estado, cuja arrebentação predominante é do tipo ascendente e/ou mergulhante e a praia tende a ser composta por areia de granulometria grossa. Com relação a zona de espraioamento, esta tende a ser maior que a do estado dissipativo, contando ainda com Cúspides na zona do estirâncio ou, quando condições de baixa energia, formação uma berma alta de crista reta.

Estado intermediário: apresenta propriedades de ambos os estados descritos anteriormente, contendo características mistas e pode ser identificado pela presença de correntes de retorno entre os bancos submarino. Caracterizam-se, geralmente, por progressiva diminuição da largura da calha longitudinal devido a transposição do banco arenoso da zona de arrebentação em direção à praia, migração esta decorrente da adequação morfológica as condições hidrodinâmicas. Apresenta também feições rítmicas ondulantes em forma de cúspides, além de zona de espraioamento significativa e quebra, geralmente do tipo tubular, próxima a face da praia.

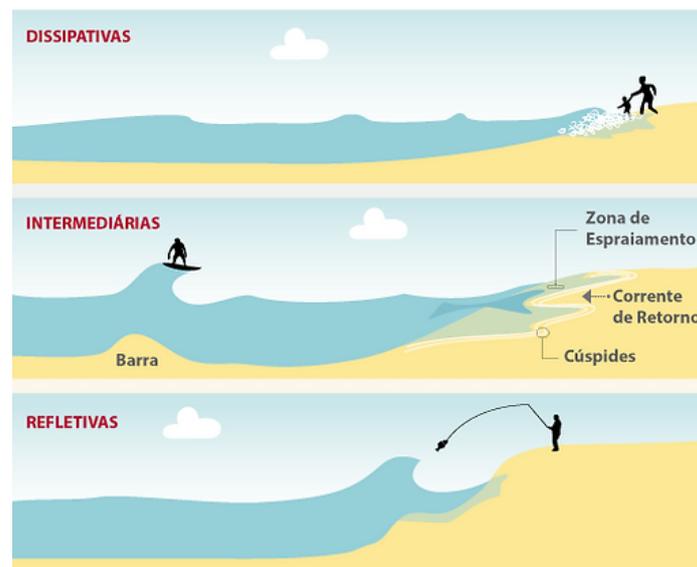


Figura 3.2.1. Esquema de morfodinâmicas dissipativa, intermediária e refletivas de praias arenosas (Fonte: ALEIXO, 20190).

3.3. MORFOLOGIA COSTEIRA E PRAIAL

A morfologia costeira é produto de um conjunto de processos hidrodinâmicos, geológicos e climatológicos, os quais implicam variações morfológicas ao perfil da praia, devido a alterações sazonais na energia de arrebentação e dos fluxos gerados por ondas e marés e, conseqüente, intenso e dinâmico deslocamento de sedimentos (PINHEIRO, MORAIS & MEDEIROS, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2013).

A praia, independentemente de sua classificação, é dividida de acordo com o esquema abaixo:

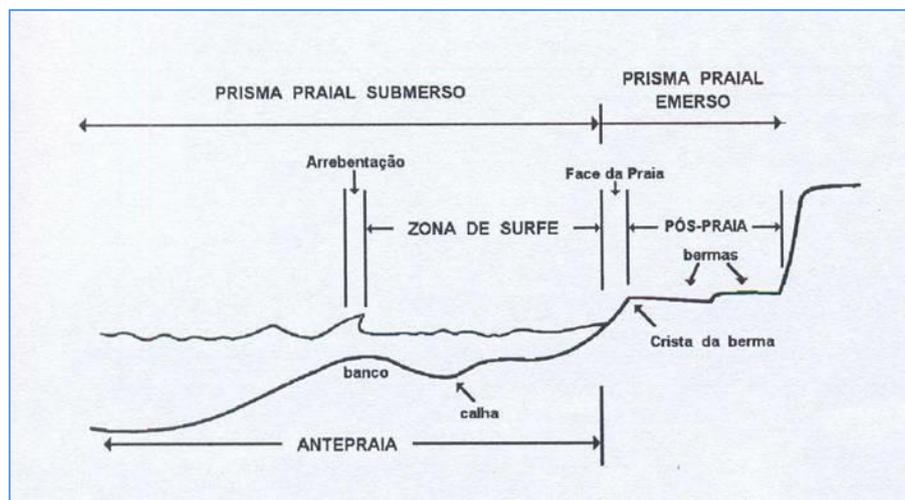


Figura 3.3.1. Esquema de divisões de uma praia arenosa (Fonte: Adaptado de MUEHE, 1996).

Segundo Felix (2010) e Pinheiro (2017), a zonação morfológica pode ser determinada da seguinte forma:

Antepraia: porção submersa do prisma praial, compreendendo a zona de arrebentação (ponto de quebra das ondas), zona de surfe (região de dissipação da energia das ondas incidentes) e estendida até onde não há remobilização dos sedimentos em direção a plataforma continental interna, na qual ocorrem diversos processos hidrodinâmicos provocado pelo gradativo decaimento da profundidade. Além disso, nesta zona situam-se feições morfológicas típicas como cavas e bancos (longitudinais, transversais oblíquos);

Estirâncio: Porção inclinada do perfil de praia voltada ao oceano, compreendendo a faixa arenosa exposta acima da linha d'água e a crista da berma de praia, ou, quando na ausência desta, o limite superior da zona marcada pelo refluxo da onda subsequente ao espraiamento da onda na maré cheia (preamar) ou na maré baixa (baixa-mar), tanto para marés de quadratura como marés de sizígia. Ou seja, é a zona morfológica que marca a transição entre os sistemas submerso e emerso;

Pós-praia: porção da praia seca e geralmente horizontal que se estende do espraiamento superior, ou crista da berma, até o início dos corpos dunares fixados por vegetação ou qualquer outra unidade fisiográfica (falésia, início de vegetação, estruturas antrópicas, etc.), em que só é afetada em casos de maior

energia de ondas associado a níveis elevados de maré e ondas de tempestade, ocasionando feições como cúspides, embaiamentos, falésias e bermas de tempestade (DUTRA, 2022). Já em fases construtivas, a partir do retrabalhamento eólico comum para o setor, pode-se gerar o acúmulo de sedimentos e originar depósitos em forma de dunas embrionárias;

Dunas Frontais: zona intermediária entre a pós-praia e áreas interiores continentais, a qual desempenha importante papel de manutenção de equilíbrio do estoque sedimentar praia e proteção do litoral. Nesse ambiente predomina o transporte eólico e, em casos de ressaca marinha, pode ser atingida por ondas de tempestade.

Destaca-se, no entanto, que na planície costeira jaboatonense não há a presença de dunas frontais, mas sim de terraços marinhos, ou cordão marinho, de idade holocênica (MANSO *et al.*, 2006). Moreira (1984) conceitua o terraço marinho como um depósito de sedimentos litorais (de praia ou de plataforma) que aparece a um nível diferente do que foi construído, devido a variações do nível do mar.

As principais fontes de sedimento para o sistema praias são aporte fluvial, a plataforma continental e deposição por ação de ondas, ou provenientes da pós-praia, dunas, falésias e costões rochosos (BIRD, 2008). Após incorporado ao pacote sedimentar da praia, o material passa a sofrer transposição decorrente da adaptação do perfil de praia à condição energética dos fenômenos hidrodinâmicos atuantes, modulados principalmente pela ação de ondas e correntes costeiras, que dissipam a energia incidente no meio e promovem a suspensão e transporte do sedimento.

Sinergicamente, a condição energética responde impreterivelmente ao perfil de praia, o qual delimita a forma de fundo e determina as características de propagação de ondas em águas rasas e sua interação com a paisagem. Portanto, a praia apresenta-se como um sistema complexo condicionado pela morfodinâmica, ou seja, a dinâmica responde e modela a forma e vice-versa, no qual uma alteração é capaz de acarretar modificações sequenciais na busca pela estabilidade (CALLIARI *et al.*, 2003).

Nesse contexto, o perfil de uma praia tem sido subdividido em ambientes, usualmente referidos como zonas ou setores, cada uma delas possuindo morfologia, fácies e processos característicos, entretanto nomenclatura dos ambientes praias não é padronizada na literatura (Figura 3).

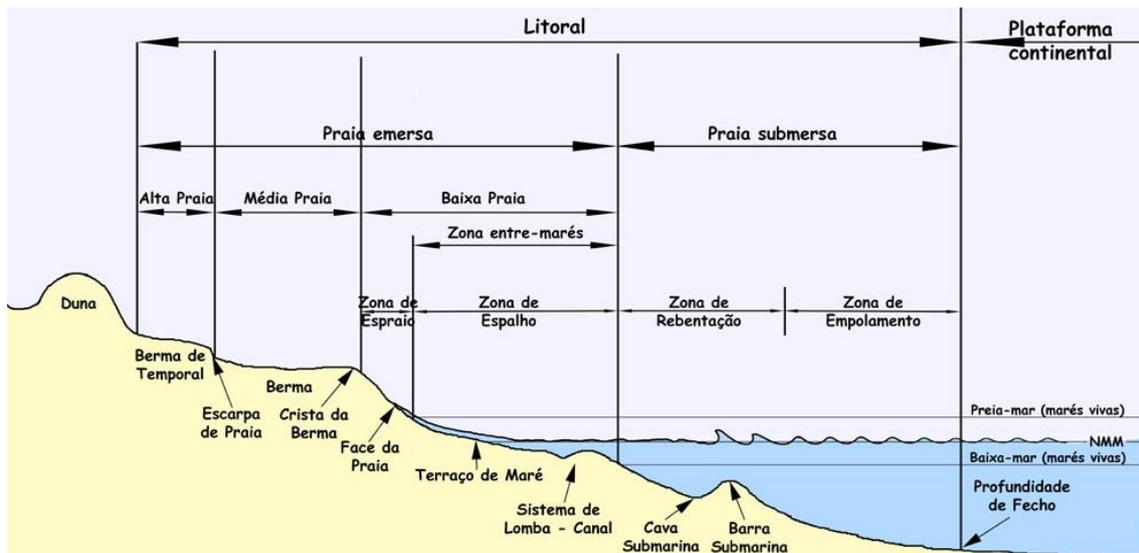


Figura 3.3.2. Perfil de prisma praial, mostrando a nomenclatura descritiva das feições costeiras (Fonte: JOURNAL OF INTEGRATED COASTAL ZONE MANAGEMENT).

Chama-se a atenção, no que diz respeito ao perfil praial, para uma importante feição situada entre a pós-praia e o estirâncio: a berma. Uma berma se caracteriza como feição geomorfológica que possui declividade brusca em direção ao mar e declividade amena em direção à terra, a qual é formada pela deposição de sedimentos por ondas, normalmente, durante ou após momentos de maior hidrodinâmica (OMENA *et al.*, 2011). Vista disso, correspondem a acidentes fisiográficos não permanentes, em que, a depender da praia, podem ser ausentes ou presente de forma unitária, ou ainda múltipla. Além disso, possui papel de armazenar os sedimentos para reequilíbrio do perfil praial, servindo também como barreira natural contra o avanço das marés (AMORIM *et al.*, 2007).

3.4. MORFODINÂMICA PRAIAL

Conceitualmente, os perfis de praia em estabilidade sofrem constante realocação de sedimento em espécie de equilíbrio dinâmico, os quais sazonalmente experimentam momentos de alargamento (acresção) e estreitamento (erosão) da faixa de praia de modo natural, principalmente por ação energética de ondas (OLIVEIRA FILHO E FERNANDEZ, 2021; FREIRE DE CARVALHO e SILVA, 2021). E as modificações neste ambiente afetarão também a relação da macrofauna e meiofauna do ambiente praial, tendo em vista as mudanças na permeabilidade, trocas de oxigênio e nutrientes no substrato (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Entretanto, o reflexo das conjuntas modificações antrópicas na morfologia da praia, as alterações no sistema de suprimento sedimentar e a elevação do nível médio do

mar configuram o processo erosional (KOERNER *et al.*, 2013; DILLENBURG, 2004), acarretando em diminuição progressiva na disponibilidade de sedimento e, assim, no impedimento da manutenção da retroalimentação orgânica da morfologia da praia com consequente recuo da linha de costa (MAZZER e SOUZA, 2008).

Consoante Wright & Short (1984), a condição hidrodinâmica da praia consiste na ação conjunta de ondas incidentes e refletidas, modos ressonantes de oscilações, fluxos gerados por ondas e marés. E como consequência dessa movimentação, geram-se gradientes espaciais e temporais de transporte sedimentar, os quais alteram a morfologia, que, por sua vez, induzem modificações no padrão hidrodinâmico atuante, ou seja, morfologia e hidrodinâmica evoluem conjuntamente (CALLIARI *et al.*, 2003).

Quando em períodos de maior intensidade energética com elevada incidência de ondas grandes e de curto período, o sedimento é transportado da pós-praia para a antepraia, especialmente anterior a zona de surfe pela menor hidrodinâmica, provocando modificações morfológicas sobre o fundo e, conseqüentemente, transformando a dinâmica energética (SILVA *et al.*, 2020). Por esta razão, momentos de aumento na frequência e energia das ondas de tempestade tendem a erodir a praia, o que gera seu estreitamento com recuo ou formação de escarpas íngremes (berma), e construir bancos arenosos (barras offshore), cuja própria estrutura corrobora para atenuação da energia dos trens de ondas e reduz a intensidade incidente sobre faixa de praia (GUEDES *et al.*, 2009; DUTRA, 2022).

Mediante a redução da energia de ondas e velocidade dos ventos, progressivamente o sedimento é carregado da antepraia e retorna para a zona subaérea, expandindo a pós-praia e recuperando o estoque sedimentar da berma para próximos eventos energéticos. Esta movimentação transversal sedimentar, isto é, orientada no sentido continente-oceano, chama-se deriva praial, a partir da qual o perfil de praia torna-se adaptado a condição hidrodinâmica (RANIERI, 2014). Portanto, as mudanças temporais e espaciais podem ser marcantes, sejam na morfologia deposicional do perfil quanto na hidrodinâmica associada a forma (Wright & Short, 1984).

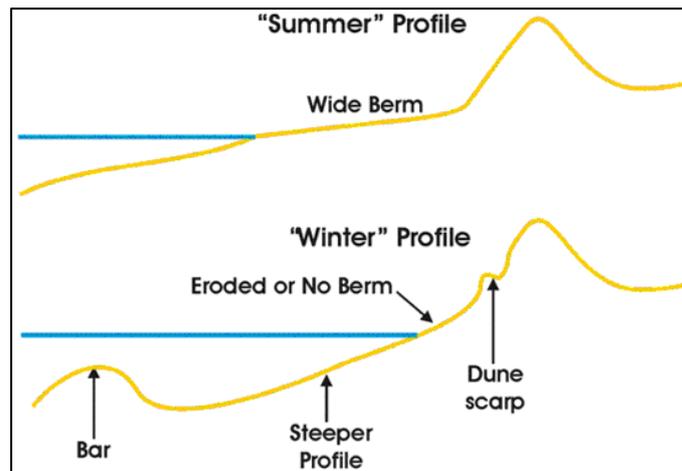


Figura 3.4.1. Morfologia dos perfis de verão e de inverno (Fonte: DEPARTMENT OF AGRICULTURE, CONSERVATION & FORESTRY, 2005).

3.5. AGENTES CLIMATO-OCEANOGRÁFICOS

Os agentes climato-oceanográficos correspondem aos ventos, ondas, correntes litorâneas e marés, que por sua vez determinam a variação morfológica da praia.

3.5.1. Ventos

As diferenças de temperatura na superfície terrestre originam diferenças de pressão atmosférica, efeito que gera deslocamento de uma massa de ar de uma zona de alta pressão para uma zona de baixa pressão, chamado de advecção, formando, assim, os ventos (MENDONÇA & OLIVEIRA, 2017; SILVA, 2017). Desse modo, os sistemas de circulação regionais e locais atuam diretamente sobre os processos hidrodinâmicos na zona costeira e, por esta razão, são os agentes básicos na formação da região de linha de costa, onde atua remobilizando sedimentos, gerando ondas e criando células de circulação (FELIX, 2010).

Os ventos, gerados por este gradiente de pressão superficial terrestre, sofrem deflexão em sua trajetória por ação do efeito de Coriolis, onde são desviados a direita no Hemisfério Norte (HN) e para a esquerda no Hemisfério Sul (HS) (MENDONÇA & OLIVEIRA, 2017). Por esta razão, a circulação geral possui dois principais padrões de ventos: os ventos alísios (fluxos de níveis baixos) que sopram de sudeste no HS e de nordeste no HN, os quais convergem zona equatorial, devido ao maior aquecimento e consequente formação de extensa faixa de baixa pressão, formando, assim, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (RODRIGUES, 2017).

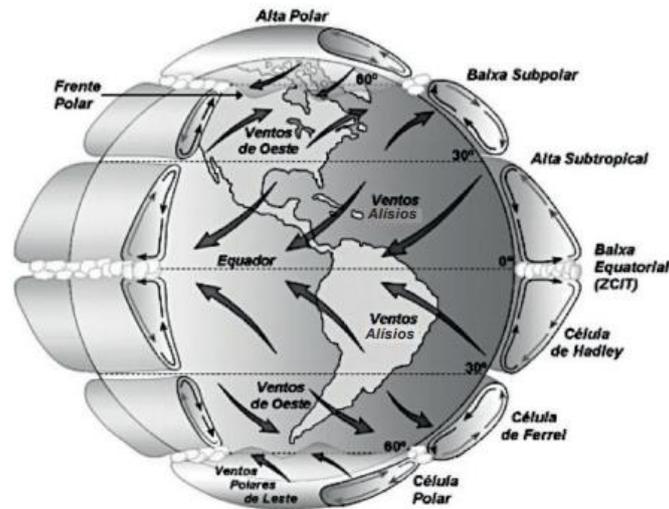


Figura 3.5.1.1. Circulação global de ar conforme descrito no modelo de seis células sob a influência do efeito de Coriolis (Hemisfério Norte: deflexão para direita; Hemisfério Sul: deflexão para esquerda) na direção do vento (Fonte: MARTINS et al., 2008).

A ZCIT é um dos sistemas meteorológicos mais importantes atuando nos trópicos, sendo caracterizada por movimentos ascendentes de massa de ar, alta convecção, baixas pressões, grande nebulosidade e elevada precipitação no sentido leste-oeste, tendo em vista que recebe o ar quente e úmido das zonas trópicas, especificamente carreados pelos ventos alísios oriundos do sistema de alta pressão do HN e da alta subtropical do Hemisfério Sul (MELO *et al.*, 2000; COELHO *et al.*, 2004; TESSLER & GOYA, 2005; INPE, 2020).

E a circulação dos ventos está diretamente ligada ao clima de ondas da zona costeira, isto porque, a depender da duração e intensidade, além da área da superfície de atuação do vento (pista de vento), a energia das ondas geradas condiciona os padrões de dispersão de sedimentos e, por consequência, a geomorfologia das praias (NASCIMENTO, 2020). Em outras palavras, os ventos são formadores de circulação superficiais, a medida em que o momento é transferido das moléculas de ar para a interface oceano-atmosfera e, por fricção, é gerada uma corrente, por sua vez, capaz de transportar material e modificar feições morfológicas ao longo da costa (RODRIGUES, 2017).

Os ventos também caracterizam o transporte sedimentar eólico da costa, de acordo com a declividade topográfica, morfologia, largura e grau de exposição das praias, orientação da linha de costa; podendo ainda, quando resultarem de grandes eventos energéticos, causar fortes modificações na região praial através de processos de erosão e sedimentação acelerados (SUGUIO, 1973).

3.5.2. Marés

As marés correspondem a alterações periódicas de curto prazo na altura da superfície do oceano como resultado da combinação da força gravitacional da Lua e do Sol com o movimento de rotação terrestre (GARRISON, 2010).

A amplitude da maré, isto é, resultado da diferença entre os níveis de baixa-mar e preamar, é um importante elemento modelador da linha de costa e do perfil praial a partir da exposição do material sedimentar às correntes de maré, associadas ao movimento da massa de água decorrente da variação do nível relativo do mar, que dependendo da velocidade, são capazes de transportar significativas quantidades de sedimentos, principalmente onde a variação de maré é expressiva como na região norte do Brasil com ocorrência de macromarés (TESSLER & GOYA, 2005; RANIERI e EL-ROBRINI, 2016; BUCHMANN, 2018; NZUALO, 2021).

As marés astronômicas são oscilações no nível do mar causadas pela atração gravitacional dos grandes astros próximos à Terra, por esta razão o sistema Terra-Lua-Sol provoca diferentes influências no oceano associadas as fases da Lua, isto é, as marés de sizígia e de quadratura. A maré de sizígia é formada quando a Lua e o Sol estão alinhados, como durante a Lua nova e Lua cheia, e os bulbos das marés de atração gravitacional coincidem, produzindo marés de maior amplitude, diferente da maré de quadratura que é formada quando os astros estão em quadratura, com Lua nas fases de Lua minguante e Lua crescente, o que torna destrutiva a interferência entre os bulbos pela defasagem de 90° entre eles, fazendo com que as marés tenham menor amplitude (WEBB, 2021).

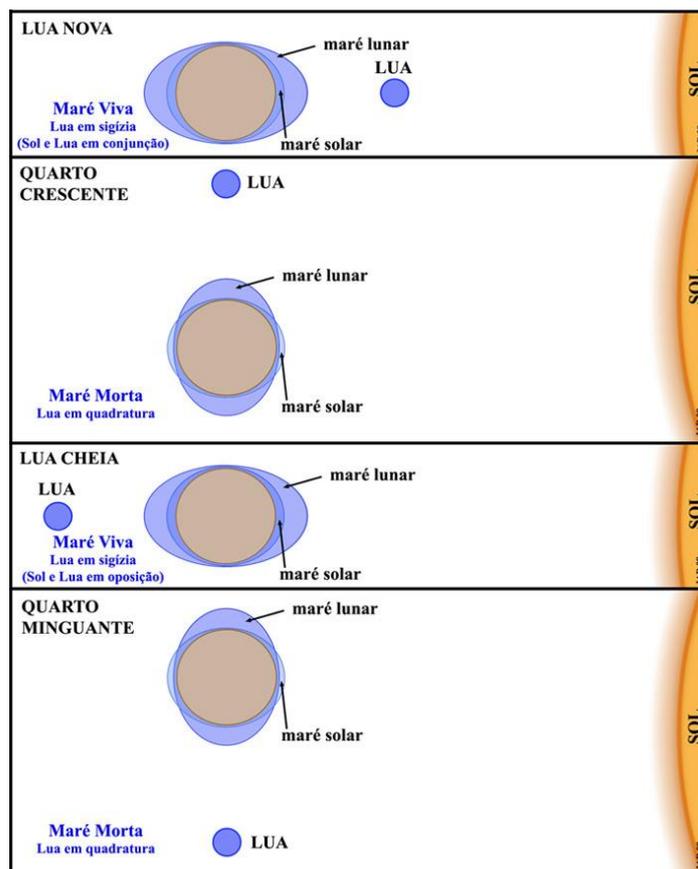


Figura 3.5.2.1. Relação das marés com as fases da Lua, e com as posições relativas da Terra, da Lua e do Sol. (Fonte: DIAS, s.d).

Em razão das mudanças cíclicas das posições dos componentes do sistema Terra-Lua-Sol, diferentes padrões de oscilações do nível do mar ocorrem ao longo da superfície terrestre, provocando um determinado nível da maré para um dado local em um período delimitado na escala temporal (BUCHMANN, 2018). A Teoria do Equilíbrio das Marés, proposta por Isaac Newton, prevê a ocorrência diária de duas marés altas e duas marés baixas, cada qual sempre no mesmo horário dia após dia, com cada par produzindo marés de alturas semelhantes, porém outros fatores condicionam o real comportamento da maré (WEBB, 2021). A teoria dinâmica das marés apresentada por Laplace, por sua vez, leva em consideração variáveis como os limites dos oceanos (continentais e fundo), a progressão das ondas de maré, a aceleração de Coriolis e muitas outras na resposta hidrodinâmica do oceano real às forças geradoras de maré (GARRISON, 2010; HARARI, MESQUITA & CAMARGO, 2021).

Dessa maneira, o caráter periódico da maré pode ocorrer de modos distintos para as áreas oceânicas, cujo tipo de maré predominante é a semi-diurna, caracterizada por duas preamares e duas baixa-mares em um dia lunar, ambas aproximadamente iguais, isto é, um ciclo de maré leva metade de um dia, portanto, são dois ciclos completos por

dia. Já a maré diurna é resulta em uma preamar e uma baixamar em cada dia lunar, ou seja, há apenas um ciclo completo de maré por dia, ocorrendo principalmente nas vizinhanças do Equador. Em contrapartida, as marés mistas têm duas marés altas e duas marés baixas por dia, mas as alturas de cada maré diferem tanto para as duas marés altas quanto para as duas marés baixas (GARRISON, 2010; WEBB, 2021).

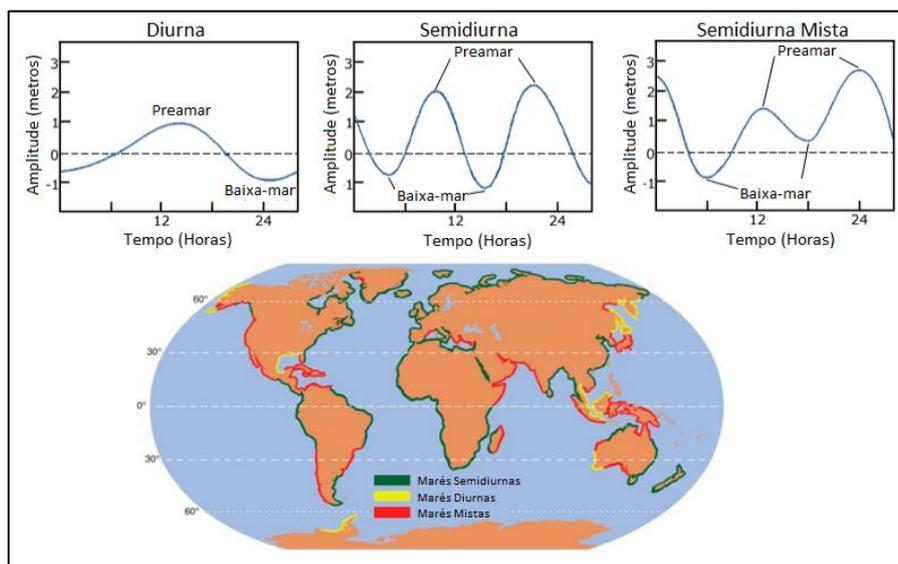


Figura 3.5.2.2. Tipos de maré: diurna (uma preamar e uma baixa-mar por dia), semidiurna (duas preamares e duas baixa-mares por dia predominantemente semelhantes) e mista (duas preamares e duas baixa-mares por dia com alturas diferentes). Abaixo a distribuição global dos diferentes tipos de marés (Fonte: Adaptado de WEBB, 2021).

Segundo Davies (1964), em relação a sua amplitude, maré pode ser classificada em Micromaré (amplitudes inferiores à 2m), Mesomaré (amplitudes entre 2 e 4m) e Macromaré (amplitudes com valores maiores que 4m). A predominante no litoral brasileiro é a Micromaré, compreendendo a extensão de Alagoas ao Rio Grande do Sul, em oposição a macromaré que ocorre em parte da região Norte e Nordeste, no estado do Maranhão, em parte do Pará e no Amapá; já nos demais estados da costa e alguns trechos do litoral da Bahia e Sergipe, a maré ocorre no tipo mesomaré (TESSLER & GOYA, 2005).

As ondas de maré se propagam nas bacias oceânicas através da formação de sistemas anfidrômicos, oriundos da combinação dos efeitos geradores de maré com o efeito de rotação da Terra e das restrições geométricas das bacias oceânicas, de modo em que cristas das ondas giram em torno de pontos centrais chamados de pontos anfidrômicos, onde a amplitude de maré é nula, e locais próximos a esses pontos apresentam baixas amplitudes de maré, ou seja, micro marés (GARRISON, 2010; HARARI, MESQUITA & CAMARGO, 2021).

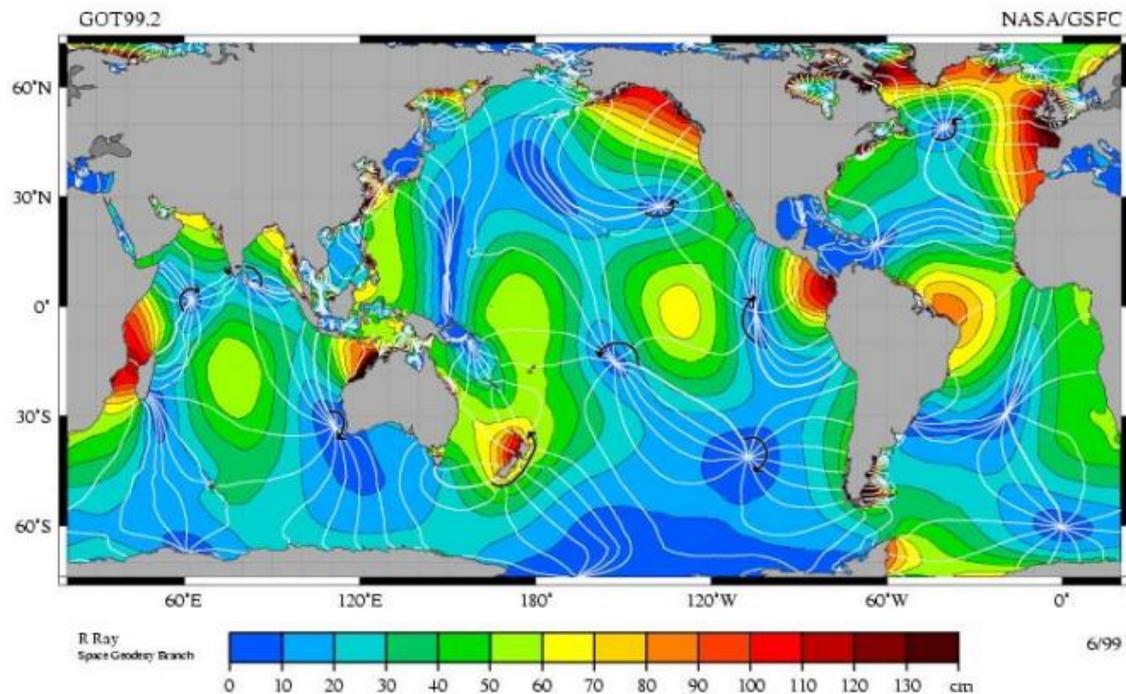


Figura 3.5.2.3. Circulação anfidrômica. Pontos anfidrômicos são representados onde as linhas brancas convergem em área de mínima amplitude de maré. As cristas de maré circulam ao redor dos pontos anfidrômicos, no sentido horário no Hemisfério Norte e anti-horário no Hemisfério Sul (Fonte: WEBB, 2021).

Para alguns autores, a atuação de fatores meteorológicos no sistema oceano-atmosfera pode promover grande transferência de energia da atmosfera para a superfície do mar, e com isso gerar grandes ondas (BUCHMANN, 2018). Tais oscilações são chamadas de maré meteorológica, de tormenta ou de ressaca, associadas aos gradientes bruscos de pressão e ventos próximos à zona costeira, por sua vez capazes de gerar variações positivas no nível do mar de mesoescala, acima do previsto para a maré astronômica, dentro de poucos dias, isto é, possui caráter temporário (PUGH, 1987). Todavia, além da duração e intensidade do vento, outras interações contribuem na geração de uma maré meteorológica, como ondas, sensibilidade barométrica, topografia local, pressão atmosférica, proximidade da costa, precipitação (CARTER, 1988).

3.5.3. Ondas

A onda pode ser definida como uma perturbação oscilante que se propaga no tempo e no espaço, acompanhada por transferência de energia, sem que ocorra um deslocamento de partículas (FERNANDES, MÖLLER JUNIOR & CUCHIARA, 2017).

É a energia das ondas, a intensidade e a recorrência das tempestades que comandam a dinâmica dos processos de erosão e acumulo na interface entre continente e oceano, onde quanto maior a duração e intensidade do vento atuando sobre uma pista

de vento, maior será a altura da ondulação gerada na superfície (TESSLER & GOYA, 2005; NASCIMENTO, 2020). Desse modo, as ondas são responsáveis pelas variações temporais da dinâmica na zona de arrebentação, através da sua interação com o sedimento, como a remoção e a remobilização, e, portanto, determinam as variações topográficas da praia (GUERRA, 1993; BUCHMANN, 2018).

De acordo com Pereira (2019), a estrutura de uma onda senoidal que se propaga na direção X, pode ser categorizada nos seguintes parâmetros (Figura 9):

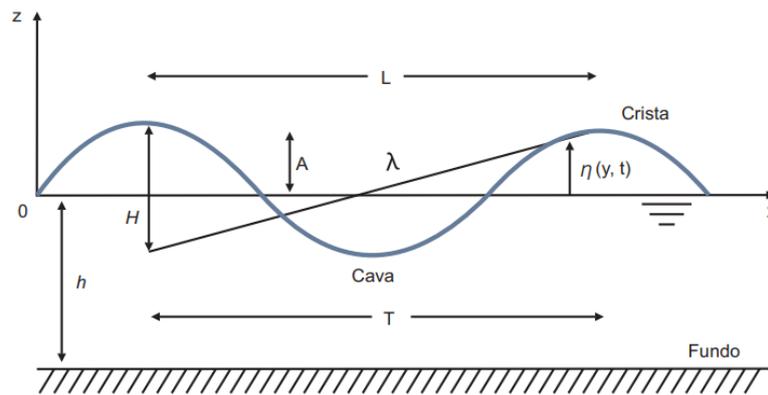


Figura 3.5.3.1. Estrutura de uma onda senoidal (Fonte: PEREIRA, 2019).

Crista: consiste na parte mais alta da onda, acima do nível médio da onda;

Cava: a parte mais baixa da onda, abaixo do nível médio;

Altura da onda (H): distância vertical de uma cava (ou cavado) até uma crista de uma onda individual;

Amplitude (a): metade da altura de onda, ou seja, a distância vertical de uma crista ou uma cava até o nível médio ou de referência da onda;

Comprimento de Onda (L): que é a distância entre dois pontos consecutivos e semelhantes dentro de uma onda, podendo ser de uma crista a outra, ou um vale a outro;

Profundidade (h): é a distância vertical entre o nível médio ou de referência de uma onda até o fundo oceânico;

Nível de superfície Livre (η): é a variação da superfície da água do mar onde se propaga uma onda.

Outro parâmetro associado a onda é o seu período, definido como o intervalo de tempo (medido em segundos) que decorre entre a passagem de duas cristas (ou duas cavas) sucessivas por um dado ponto fixo (T), cuja frequência da onda (f) é o inverso do período ($f = 1 / T$) e consiste na quantidade de cristas (ou de cavas) que passa por um ponto fixo num segundo (DIAS, s.d.).

Uma vez que são conhecidos o comprimento (L) e a altura (H) da onda, é possível determinar a sua esbeltez (λ), o que indica a inclinação da onda, mensurada através da razão altura pelo comprimento (FONSECA, 2017). Ondas esbeltas, ou seja, muito altas e com comprimento curto, representam condições de alta energia, o que favorece a instabilidade e, ao quebrar, propiciam a migração de sedimentos em direção ao mar, em oposição ao cenário de acúmulo de sedimentos em direção à costa quando a esbeltez é reduzida (BUCHMANN, 2018).

As ondas podem ser originadas por forças geradoras como vento, efeitos meteorológicos, atração gravitacional ou movimentações na crosta terrestre; possuindo também forças restauradoras, que empurram esse fluido ao seu estado inicial de equilíbrio, tais como tensão superficial, gravidade e força de Coriolis (PEREIRA, 2019).

As ondas superficiais são divididas em ondas capilares (de pequeno período e dimensão), ondas de gravidade geradas por vento, ondas de longo período (tsunamis, ondas de tempestade, geradas por tempestades e terremotos), ondas de maré (ligadas à atração gravitacional do Sol e da Lua, com períodos de 12 a 24 horas) e ondas planetárias (FERNANDES, MÖLLER JUNIOR & CUCHIARA, 2017). E as principais ondas que atuam nos processos costeiros são as ondas superficiais de gravidade, as quais possuem o vento como força perturbadora e a gravidade como força restauradora (SILVA, 2017).

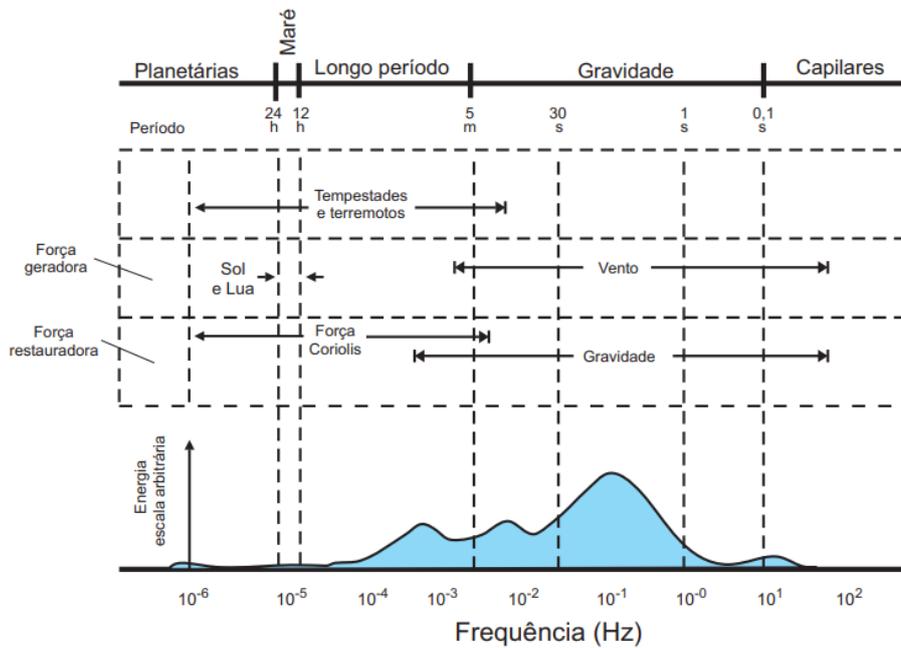


Figura 3.5.3.2. Tipos de ondas de superfície, relacionando forças geradoras e restauradoras, período e variabilidade esquemática de energia com a frequência (Hz: ciclo por segundo) (Fonte: FERNANDES, MÖLLER JUNIOR & CUCHIARA, 2017).

A formação de ondas pelo vento dá-se através da troca de energia a partir do atrito entre os fluidos na interface oceano-atmosfera, onde o que possui maior velocidade transfere energia para o de menor e a tensão criada gera deformação da superfície livre do oceano, resultando em pequenas ondas de cristas arredondadas, cavas em forma de "V" e com comprimentos de onda muito curtos (DIAS, s.d.). Com a permanência de atuação do vento sobre a superfície, as ondas vão progressivamente se desenvolvendo em ondas de gravidade, o que permite maior exposição ao vento e, conseqüentemente, maior transferência da energia, isto é, forma-se um gradiente de pressão, cujo vento exerce maior pressão no lado das ondas voltadas para onde o vento sopra e menor pressão no lado oposto, corroborando para retroalimentar o processo e desenvolver o vórtice (JEFFREYS, 1925).

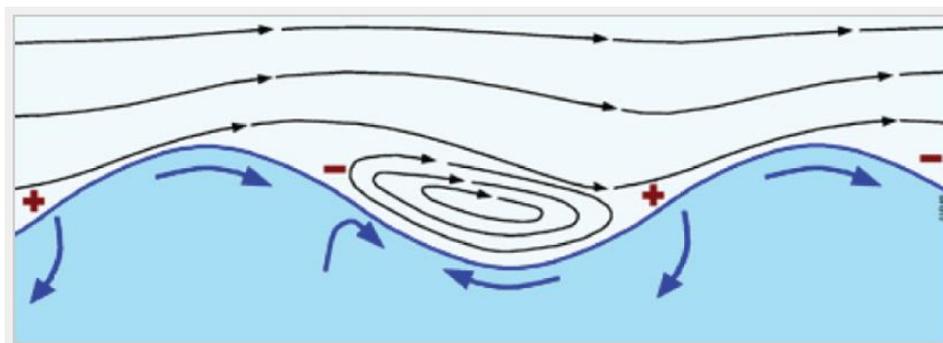


Figura 3.5.3.3. Esquema representativo do modelo do "escudo" de desenvolvimento das ondas (Fonte: DIAS, s.d).

A energia total de uma onda equivale a soma das energias cinética e potencial da mesma, cuja primeira é resultante do movimento das partículas da água através do fluido e o segundo consequência do deslocamento da superfície livre da onda (ZANDOMENEGO, SCHMIDT & CARLA DE ABREU, 2015). A propagação das ondas no oceano depende de fatores como o comprimento da onda (L) e a profundidade média da água (h), os quais, a partir da interação, ditam o comportamento dispersivo como de águas profundas, intermediárias e rasas (MMA, 2018).

Tabela 3.5.3-1. Definição das zonas de propagação de ondas (Fonte: MMA, 2018).

ZONA	H/L
Águas profundas	0,5 a ∞
Intermediárias	0,05 a 0,5
Águas rasas	0 a 0,05

As ondas de águas profundas são aquelas que se movem em uma profundidade maior do que metade de seu comprimento ($h / L > 0,5$) e as ondas de águas rasas movem-se em uma profundidade menor que 1/20 de seu comprimento ($h / L < 0,05$), onde as intermediárias se propagam dentro das condições limites entre ondas de águas profundas e águas rasas, isto é, maior que 1/20 de seu comprimento e menor que 0,05 do seu comprimento (GODOI & HARARI, 2018).

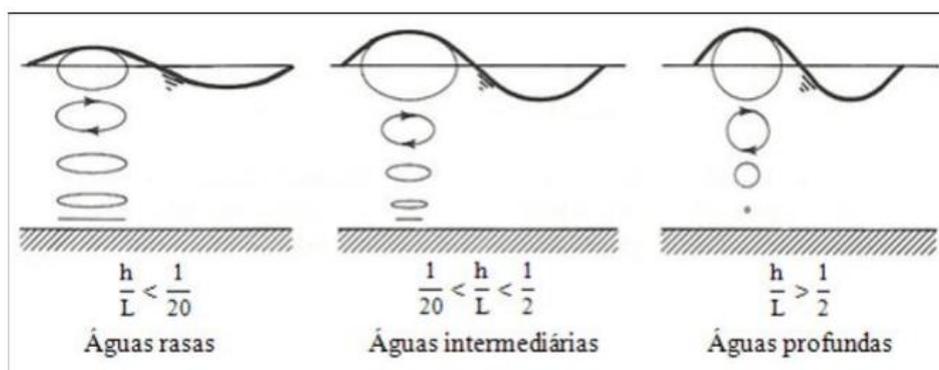


Figura 3.5.3.4. Classificação das ondas quanto à profundidade relativa (Fonte: ZANDOMENEGO, SCHMIDT & CARLA DE ABREU, 2015).

Devido aos efeitos batimétricos, as ondas podem sofrer mudanças em seu deslocamento a medida em que se aproximam da costa, a exemplo da refração, cuja porção da crista que atinge primeiro uma profundidade menor, sofre uma desaceleração em relação à porção que ainda vem se deslocando, o que desencadeia uma inflexão na sua trajetória (BULHOES, 2007; PASOLINI, 2008). Por este motivo, ocorre de concentração de energia nas partes salientes da costa e dispersão nas partes reentrantes,

do que resulta a constituição de um gradiente energético favorável a zonas de acúmulo sedimentares (praias) nas partes embaiadas e erosão em promontório (Dias, Revista de Gestão Costeira Integrada).

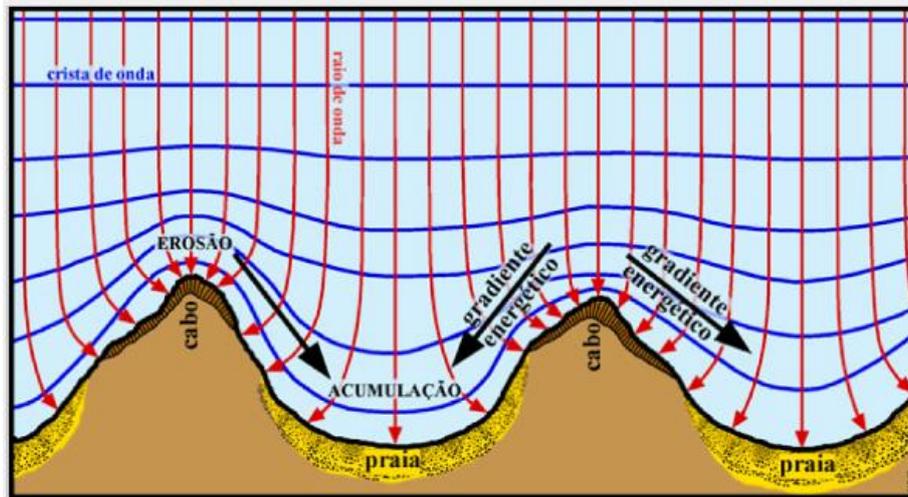


Figura 3.5.3.5. Esquema de refração da onda com pontos focalizados de energia, porções salientes da costa, e zonas de dispersão, porções reentrantes da costa, gerando gradiente energético (Fonte: DIAS, s.d.).

Outro fenômeno comumente observado é a difração, no qual ocasiona uma distribuição espacial não uniforme da altura de onda que provoca modificação da direção de propagação, com transmissão lateral da energia ao longo de sua crista em direção as zonas de menor altura, além do aumento do seu comprimento, resultando no encurvamento da propagação ao encontrar a extremidade de um corpo, portanto, intimamente ligado às variações súbitas na topografia, por exemplo, presença de ilhas ou quebra-mares (BARRETO, 2011; DIAS, s.d.). Como consequência da atenuação energética dada a presença do obstáculo, as ondas giram em torno da ponta da sua estrutura e se propagam na zona de sombra gerada por ele, que por sua vez favorece a ocorrência de sedimentação devido à convergência direcional das ondas difratadas.

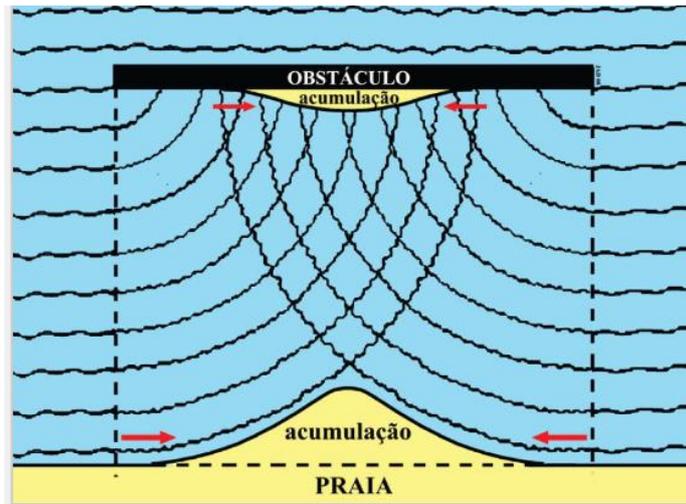


Figura 3.5.3.6. Esquema de difração das ondas num obstáculo (ilha, estrutura artificial, etc.). As ondas difratadas induzem transporte sedimentar convergente na zona de sombra com favorecimento do acúmulo sedimentar. Caso a distância entre a praia e o obstáculo não seja grande em relação ao comprimento deste, existe a tendência de formação de um tómbolo (Fonte: DIAS, s.d.).

Ao tocar o fundo, o atrito na base da onda diminuí a sua velocidade, que, ao ser atingida por pelo trem sucessor, promove a diminuição do seu comprimento, porém mantendo a mesma quantidade de energia, portanto, elevando a altura da onda e adquirindo elevada esbelteza, a qual excedendo $1/7$ do comprimento de onda impulsiona a instabilidade e respectiva quebra (ZANDOMENEGO, SCHMIDT & CARLA DE ABREU, 2015).

Segundo Saes (2018) existem basicamente três tipos de quebra de onda, relacionadas com a inclinação do fundo, com que rapidez a onda diminuirá e sua energia será dissipada, são elas:

Deslizante: ocorrem em praias levemente inclinadas ou mais planas, onde a energia da onda é dissipada gradualmente com formação de espuma de modo suave, cuja onda aumenta lentamente em altura, então paulatinamente colapsa sobre si mesma;

Mergulhante: associadas a costas mais inclinadas, onde há uma desaceleração repentina da onda que fica mais alta muito rapidamente, em sequência a crista ultrapassa o resto da onda, enrola para frente formando um tubo que desaba durante a quebra e gera grande turbulência devido a perda repentina de energia;

Ascendente: presente em costas mais íngremes, nas quais a energia das ondas é comprimida muito repentinamente na linha de costa, e a onda nem chega

a quebrar propriamente, onde se espalha na faixa de areia e interage com o refluxo de ondas anteriores.

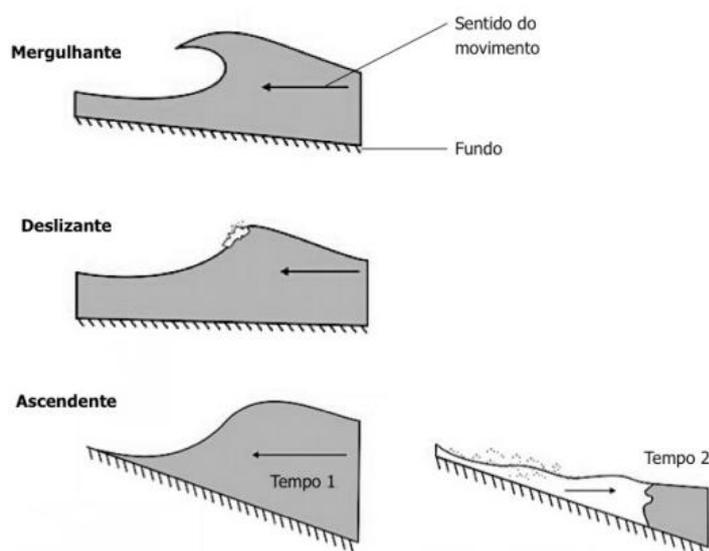


Figura 3.5.3.7. Tipo de onda quanto à forma de arrebentação na costa, moduladas pela morfologia de fundo e pelo vento (Fonte: Adaptado de LIMA, 2008).

3.5.4. Correntes litorâneas

A quebra das ondas na região costeira dissipa grandes quantidades de energia, que promove a desestabilização do sedimento e formação de correntes, responsáveis pelo transporte de grandes volumes de sedimento de um local para o outro, representando importantes agentes na modelagem do perfil de uma praia (PASOLINI, 2008).

E esta incidência de ondas na zona litorânea pode resultar em duas correntes distintas: uma transversal, associada a troca sedimentar entre a zona imersa e a emersa, e outra longitudinal, em que transporta o sedimento para diferentes setores na praia emersa e imersa, as quais podem ter o fluxo de transporte sedimentar interrompido por meio de cânions submarinos ou por obras de engenharia costeira, como molhes e quebra-mares (CONTTI NETO, 2012). Nesse contexto, os principais fatores condicionantes para que haja a formação de tais correntes, chamadas de litorâneas, são a altura e o ângulo de incidência dos trens de onda que atinge a costa (JUNG & TOLDO, 2009).

A deriva litorânea consiste em uma corrente litorânea gerada pela incidência de ondas em ângulo oblíquo com a praia, a qual encaminha longitudinalmente o sedimento e contribui para troca sedimentar entre ambientes costeiros adjacentes, sendo crucial

para o material distribuir-se ao longo da costa e, assim, fornecer suprimento para praias distais das fontes (RANIERI, 2014). Dessa forma, o transporte dos grãos tem caráter pulsatório e é feito quando a onda passa pela região de espraiamento, na face praial, e leva consigo o sedimento perturbado pela passagem da onda para a zona de surfe (GARRISON, 2010; SUGUIO et al.,1985).

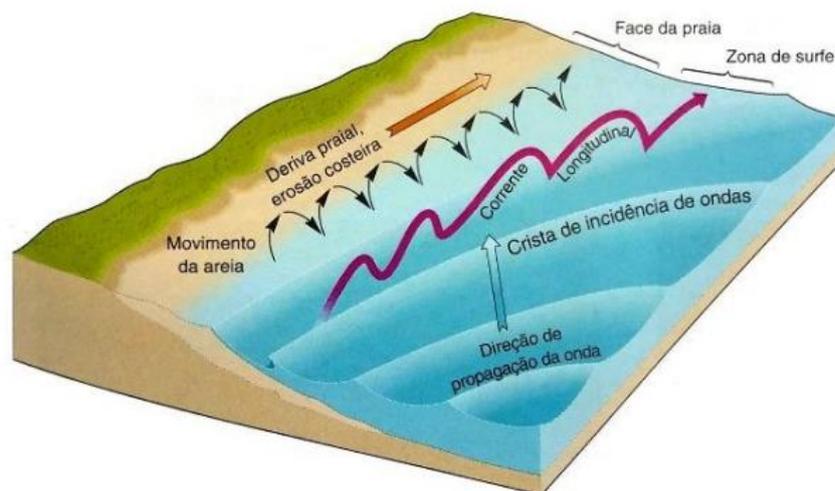


Figura 3.5.4.1. Esquema ilustrativo da corrente longitudinal, deriva litorânea (praial) e processos associados. (Fonte: CHALEGRE-TOUCEIRA, 2018).

As correntes transversais (Cross-Shore Currents) ou correntes de retorno (rip currents) são fluxos estreitos responsáveis pelo transporte de sedimento perpendicular à praia, formadas quando as ondas incidentes empilham a água sobre a face da praia, formando um gradiente de elevação na superfície que, mediante atuação da gravidade em restaurar o equilíbrio, faz com que a água procure retornar por caminho de menor resistência (próximo a um mole, a uma pedra, uma depressão na areia), uma vez que outras ondas que continuam chegando de forma sucessiva no local (DAVIS, 1985). Dessa maneira, o transporte de sedimentos pode ocorrer da parte emersa para a porção submersa do perfil e vice-versa, além disso, a corrente de retorno pode promover perdas significativas de sedimentos em eventos extremos de tempestade, nos quais os sedimentos podem ser depositados na plataforma continental interna e não retornarem ao sistema praial. (PASOLINI, 2008).

As correntes de retorno são, portanto, alimentadas pelo regresso do volume de água aprisionado após a quebra das ondas na zona de surfe e direcionado ao longo da costa, gerando um canal pelo qual passa a corrente no sentido da antepraia, na porção chamada de pescoço, e a dissipação do fluxo ocorre, por fim, na porção conhecida como cabeça, próximo ou longe da costa (MACMAHAN, THORNTON & RENIERS, 2006).

Nos estudos realizados no litoral do estado de Pernambuco por Maia et al. (2014), no trecho entre as praias dos municípios Cabo de Santo Agostinho, Jaboatão dos Guararapes e Recife, foram encontradas aproximadamente 77 correntes de retorno.

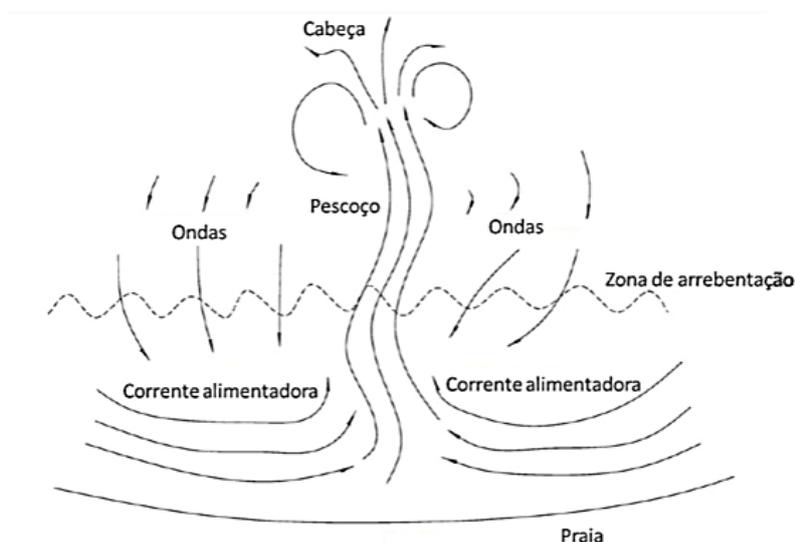


Figura 3.5.4.2. Representação do esquema da corrente de retorno. Após a zona de rebentação, o volume de água retido esta e a praia gera uma corrente alimentadora, cujo refluxo das ondas sai por um canal criado no banco de areia dando origem à corrente propriamente dita, formando o pescoço, e dispersa em uma região anterior a zona de surfe, nominada de cabeça (Fonte: MAIA et al., 2014).

3.6. VARIAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR

O Nível Médio do Mar (NMM) corresponde a altitude média da superfície do mar medida em relação a uma superfície terrestre de referência, o qual pode ser medida em escala de tempo semanal, mensal ou anual e cuja grandeza é influenciada por forçantes astronômicas, pressão atmosférica, ventos, ondas, deflúvios, precipitações, evaporação, salinidade, temperatura, correntes marítimas, geotectonismo e ação antrópica (KALIL, 1999; VALENTIM, 2012).

Estas variações podem ser provocadas por processos associados aos ciclos de glaciação e deglaciação (glacio eustasia), aos eventos de tectônica global (tectono eustasia), e aqueles relacionados às variações da configuração da forma do geóide (geoido eustasia), cuja elevação do nível, em escala de tempo secular à geológica, implica em toda a linha de costa submetida à ação de processos erosivos até estabilização em um novo perfil de equilíbrio (CALLIARI et al., 2003).

Os efeitos da elevação do nível médio do mar previstos para o século XXI, associada a combinação das mudanças climáticas e dinâmicas tectônicas da crosta terrestre, são parâmetros de grande preocupação no que concerne a modificação das

regiões litorâneas, visto a capacidade de promover retrogradação costeira, afetar o clima de ondas e acarretar em alterações no balanço sedimentar (FIGUEIREDO, 2018; ALVES, 2021).

A intensidade do fenômeno, apesar de não determinada com precisão, dada a baixa declividade da plataforma continental interna em grande parte do litoral brasileiro, principalmente no Norte e Nordeste, tende a gerar forte resposta erosiva nos ambientes costeiros (MUEHE, 2006; NICHOLLS, 2014).

Estudos da variação de Nível Médio do Mar (NMM) elaborados pelo IPCC (2021) indicam ocorrência de elevação global de 20 centímetros entre 1901 e 2018, sendo considerada a maior nos últimos 3.000 anos, cuja velocidade de elevação passou de 1,3 mm/ano, referente as primeiras décadas do século XX, para 3.7 mm/ano entre os anos de 2006 e 2018.

No Brasil, estudos do nível médio do mar indicam distinção de curvas ao longo do litoral (Sugio *et al.*, 1985; Angulo e Lessa 1997; Martin *et al.*, 1998; Lessa e Angulo, 1998), demonstrado que as variações locais respondem a interferência dos processos eustáticos e aporte sedimentar. De acordo com Almeida *et al.* (2016), a região da Cananéia, no litoral sul do Estado de São Paulo, está submetida a um evento tectônico de subsidência, com taxa de 3,8mm/ano, a qual somada a taxa de elevação do NMM de 1.8 mm/ano para o período, totalizam taxa de elevação do NMM de 5,66 mm/ano para o local, bastante superior ao médio global.

De modo geral, durante o século XX, valores do NMM da costa brasileira, medidos em cidades de Belém, Fortaleza, Recife, Canavieiras, Salvador, Ilha Fiscal, Rio de Janeiro, Ubatuba, Cananeia e Imbituba, indicam uma razão de variação de 3-4 mm/ano de aumento (MESQUITA, 2004; MESQUITA *et al.*, 2013).

BRANNER (1902 in Borba, 1999) iniciou os estudos referentes às variações do nível do mar no Período Quaternário, no litoral de Pernambuco. OTTMANN (1960 in Borba, 1999), classificou os *beachrocks* da praia da Piedade como antigas linhas de praia. Em 1979, CARVALHO & COUTINHO (in Borba, 1999) estudaram os níveis marinhos em Recife, onde determinaram os terraços marinhos ao longo da planície da Lagoa Olho d'Água em Jaboatão dos Guararapes.

Neste contexto, a necessidade de fixação da linha de costa, diante da ameaça ao patrimônio público e privado associadas as variações relativas do nível do mar, assim como as alterações do padrão dinâmico por fatores naturais e/ou antrópicos, impulsionou a realização de obras costeiras de engenharia rígida com vasta multiplicidade de tipos, buscando a atenuação a energia de ondas a demarcação do limite costeiro com estruturas rígidas (KOERNER *et al.*, 2013).

3.7. GERENCIAMENTO COSTEIRO

A sociedade, ao longo de sua história, realizou forte ocupação urbana na zona costeira devido a riqueza paisagística do ecossistema praias e, oferecendo recursos e serviços como lazer, transporte, turismo, beleza cênica, entre outros interesses (DIAS e OLIVEIRA, 2013; RANIERI e EL-ROBRINI, 2016; LUIZ e LAMAS, 2017). Essa visão justifica o fato de cerca de 50 % da população mundial se concentrar na zona costeira, a qual corresponde a cerca 20% da superfície terrestre, mas possui densidade de ocupação duas vezes superior à média global, contendo aproximadamente 80 hab./km² (PASSOS, 2020).

Tal urbanização e suas intervenções, por outro lado, geraram impactos que prejudicaram diversas dinâmicas fundamentais para o ecossistema costeiro (LUIZ e LAMAS, 2017). Podem ser citados as atividades de captação de água na malha hídrica, como retenção de água por barragens para abastecimento, por exemplo, que impede o transporte fluvial do sedimento à costa, aprisionando-o e gerando déficit na faixa de praia (RAJAWAT *et al.*, 2015). Também pode ser citada a realização de obras em zonas estuarinas, a exemplo dos portos, que corroboram com o dano pela alteração da morfologia do local e sua dinâmica de comunicação e troca direta de sedimento com o litoral (MUEHE, 2008).

Outra questão pode ser as intervenções na face de praia, como a ocupação e a impermeabilização da área sedimentar de recarga por edificações na pós-praia, as quais interferem na passagem natural do sedimento e prejudicam a defesa da praia aos eventos energéticos e capazes de gerar graves cenários de erosão a longo prazo, potencializam, assim, a erosão marinha (POSADA e PINEDA, 2008; FREIRE DE CARVALHO e SILVA, 2021).

3.8. EROSÃO EM PERNAMBUCO

Em Pernambuco, os primeiros registros de erosão datam de 1914, referentes a construção e ampliação do Porto do Recife, cujo impacto nas correntes litorâneas afetaram a dinâmica das praias do Recife e Olinda (OLIVEIRA et al., 2015). A medida que o desenvolvimento urbano progrediu, as atividades de ocupação humana, ora concentradas em áreas portuárias e em pequenos núcleos de atividade pesqueira distribuídos ao longo de todo litoral, gradativamente passaram a ocupar grandes áreas residenciais, industriais, comerciais e de lazer, cujo crescimento demográfico exponencial na Zona Costeira propiciaram a sua descaracterização, já irreversível em alguns setores praias de vários municípios (MANSO et al, 2017).

Martins *et al.* (2016) apontaram a existência de obras de proteção costeira como o terceiro geoindicador de erosão mais observado no estado, predominantemente nas formas de quebra-mares, espigões, muros e enrocamentos, financiadas tanto pelo poder público quanto particulares dos imóveis em risco. Ou seja, em muitos casos realizam-se intervenções na tentativa de fixar a linha de costa como resposta à erosão, com propósito de controlar o processo ou mitigar seus efeitos, entretanto sem compreensão dos efeitos integrados da dinâmica costeira (MALLMANN *et al.*, 2014).

Em vez de trabalhar em conjunto com os processos naturais, a exemplo da dragagem e deposição de sedimentos na faixa de praia em conjunto com a remoção das obras que potencializam a erosão, a fim de permitir a adaptação morfodinâmica; neutralizar o fenômeno de erosão a erosão utilizando estruturas costeiras rígidas, pode trazer efeitos ambientais adversos, tanto nas proximidades e quanto nos ambientes costeiros adjacentes (HAMM et al., 2002). Além do fato da construção de obras rígidas exatamente como determina o Projeto Executivo do Estado de Pernambuco indicar necessidade de manutenção através do monitoramento, tais obras são custosas e não constituem uma solução definitiva para o problema, porém executadas em vista da necessidade de proteção à propriedade (SANTOS, 2008).

3.9. EROSÃO NO MUNICÍPIO DE JABOATÃO

A orla do Município de Jaboatão dos Guararapes, situado na porção sul do Estado Pernambucano, teve o início do seu processo de urbanização por volta de 1960, cuja tendência de expansão foi marcada a partir de construções próximas a linha de praia, diretamente sobre a pós-praia e até mesmo do estirâncio (SILVA *et al.*, 2013).

Consequentemente, sério quadro erosivo foi registrado na primeira década do século XXI na orla do município, apresentando no setor da pós-praia edificações de grande porte, que resultaram na impermeabilização do sedimento, e, buscando conter os efeitos deletérios da ação erosiva, obras de contenção como muros foram realizadas sem estudos e autorizações prévias (GUERRA, 2005). Dessa forma, o uso e a ocupação do solo em áreas *non aedificanti*, devido à expansão urbana sem planejamento na região, afetaram a dinâmica do ambiente praial e favoreceram a instalação do processo erosivo, processo também observado nas demais praias da Região Metropolitana de Recife (SANTOS JUNIOR *et al.*, 2020).

Devido ainda a ausência de avenida beira-mar em boa parte da orla de Jaboatonense, somado a construção das edificações sobre a praia, percebe-se o agravamento do risco ambiental frente ao severo comprometimento do balanço sedimentar da praia e o patrimônio privado, cujo cenário levou o poder público a intervir instalando obras custosas de contenção da erosão da praia (enrocamentos aderentes e espigões) com intuito de reduzir os efeitos deletérios observados nos empreendimentos privados mal dimensionados (COSTA *et al.*, 2008).

Na bacia do rio Jaboatão, os processos erosivos, principalmente nas áreas próximas a foz do rio naturalmente instáveis, e o assoreamento têm provocado a redução de volume dos mananciais, redução da profundidade dos canais e reflexos na retenção de poluentes (afetando a qualidade da água), nas alterações na vida aquática, nas ocorrências de inundações e na perda da eficiência de obras hidráulicas, constituindo fator preocupante tanto do ponto de vista ambiental, como social (GOMES, 2005). Silva (2013), em trabalho realizado na bacia do Jaboatão, identificou também a ocorrência de retirada da vegetação nativa para a substituição desta por pastagens pecuária extensiva de baixa expressão, tanto na bacia quanto arredores.

Por esta razão, a foz do Jaboatão tem sofrido efeitos da erosão marinha e assoreamento em decorrência dos impactos ambientais das ações humanas mal planejadas e da própria dinâmica litorânea. Ressalta-se, nesse contexto, a construção da Ponte do Paiva pelo governo do estado como ferramenta de acesso à Praia do Paiva, fortaleceu a especulação no local, como a construção de marinas, e ameaça o frágil ecossistema da região (DAVIDSON, 2011). Na praia de Barra de Jangada, por exemplo, foram construídos muros, diques e enrocamentos na tentativa de conter a erosão

acelerada da costa, entretanto, estas medidas geram uma retroalimentação positiva para o sistema e desencadeiam processos erosivos em locais adjacentes.

Exposto isto, a erosão no litoral Jaboatonense constituiu-se como resultado de uma faixa de areia estreita limitada a trechos impermeabilizados por prédios, calçadas e avenidas ao longo da costa, onde se sobrepunha em partes a própria linha da costa (MANSO *et al.*, 1995). E quanto as medidas preventivas de zoneamento e disciplinamento do uso e ocupação do solo, pouco ser feito nestas áreas urbanas adensadas que trariam resultados efetivos (DE LIMA *et al.*, 2018).

3.10. REGENERAÇÃO SEDIMENTAR COM ATERRO HIDRÁULICO

A recuperação da praia é um método flexível e ambientalmente aceitável de proteção e restauração da linha de costa, devolvendo a capacidade de resposta à hidrodinâmica marinha e propiciando retorno de condições de lazer e turismo; aplicável a situações pontuais, como após ocorrência de ressacas, e problemas de longo prazo, como erosão estrutural e aumento do nível do mar (Hamm *et al.*, 2002; MENDES *et al.*, 2021).

E, apesar da engorda de costa ser um método ambientalmente coerente de proteção da linha costa, a manutenção da obra a partir da reposição anual de sedimentos exigem custos de investimento significativos (RAUDKIVI e DETTE, 2002), entretanto extremamente recomendável frente ao retorno econômico tanto do ponto de vista turístico como ecológico.

As obras de regeneração costeiras consistem, de modo geral, na dragagem de sedimento de jazidas sedimentares offshore e deposição na pós-praia, restabelecendo a largura do setor, com objetivo de fornecer proteção contra erosão e inundações, aumentar o espaço de recreação, utilizar o material dragado de forma produtiva, e, assim, melhorar o ambiente da meiofauna e para outros organismos que usam esse habitat para seu desenvolvimento, como por exemplo, as tartarugas marinhas para deposição de ovos (NORDSTROM, 2005).

A realização de obras de regeneração já ocorreu em diversos países da Europa, (Alemanha, França, Holanda, Reino Unido, Dinamarca, Bélgica, Irlanda, Espanha, Itália, Portugal) assim como nos Estados Unidos da América (HAMM *et al.*, 2002; CAMPBELL e BENEDET, 2006). Na Flórida, em 2011, foram regenerados

aproximadamente 22km de faixa de praia entre Surfside e Miami Beach (USA), contabilizando cerca de 500.000m³ de areia extraída de jazida submarina (GUERRA, 2018).

No Brasil, algumas obras de regeneração da pós-praia foram executadas, a exemplo da obra da praia de Iracema no município de Fortaleza, Estado do Ceará, pela Prefeitura Municipal em 2019, a qual promoveu acréscimo de 40m de faixa de praia aos 80m de aterro da praia de Iracema já existente e criou a nova largura através do aterro hidráulico (engorda) de 80m nas faixas de praia adjacentes, que detinham previamente 20m, resultando em cerca de 2km de costa regenerada (VASCONCELOS et al, 2019).

Contemporaneamente, a praia de Balneário de Camboriú, no Estado de Santa Catarina, passa por realização de aterro hidráulico, concluída, a segunda fase, em outubro de 2021, cujo interesse foi estabelecer a largura da faixa de praia atual de 25m de largura para 70m, adicionando ao sistema 2,7x10⁶m³ oriundos de jazida a 15km da praia (GARDEN ENGENHARIA, 2019). A primeira fase, ocorrida em 2020, foi perdida por ações hidrodinâmicas extemporâneas.

O aterro hidráulico das praias municipais de Jaboatão dos Guararapes teve seu início em 2010, com a elaboração do Projeto Conceitual e finalização em 2013 (Projeto Executivo apresentado pela Empresa OAS, ganhadora da licitação internacional), com dragagem de aproximadamente 1.000.000m³ de areia dragada da jazida submarina da plataforma marinha adjacente ao Cabo de Santo Agostinho, mais especificamente na plataforma marinha adjacente à Praia de Pedra do Xaréu, a uma profundidade de 13 m e a 2,2km da costa, e que é distante cerca de 12km do local das obras (GUERRA, 2016). A embarcação do tipo *Trailing Hopper Suction Dredge* (THSD), que realizou a dragagem e transporte do sedimento, possuía cisterna de 8000m³, a qual operou durante 24h perfazendo 4 viagens entre a jazida e o litoral Jaboatonense, sendo assim, cerca de 32.000m³/dia. O recalque foi realizado por tubulação com extensão de 1,5km de comprimento, distância segura para o fundeamento da draga e a areia distribuída na praia por maquinários apropriados.

O projeto básico previu aumento de largura de construção de 45m de faixa das praias de Piedade, Candeias e Barra de Jangada, para após 5 anos, atingir a largura média prevista no Projeto Conceitual (média histórica da variação da linha de berma na análise dos dados estudados) de 35m. A extensão estudada para regeneração foi de

5,8km, visto que a parte correspondente a Praia de Piedade, o limite municipal com o Recife, estava em equilíbrio sedimentar e hidrodinâmico, sem evidências de erosão marinha e não precisava de regeneração.

O custo da obra foi de R\$ 41,50 milhões, em proporção de cessão financeira de acordo com a arrecadação tributária pactuada entre a União, Governo Estadual de Pernambuco e o Município de Jaboatão dos Guararapes. A obra além de devolver estabilidade a pontos submetidos à grave erosão, garantindo a segurança das ocupações urbanas, particulares ou públicas, possibilitou o restauro do espaço de lazer e retomada de atividades econômicas e turísticas, e ecologicamente, por exemplo, o retorno da desova de tartarugas marinhas registrando aumento do número de ninhos.

4. ÁREA DE ESTUDO

4.1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

O Município de Jaboatão dos Guararapes localiza-se na porção oriental do Estado de Pernambuco, e situa-se na Mesorregião Metropolitana de Recife. Limita-se ao Norte com a capital pernambucana, Recife o Município de São Lourenço da Mata; ao Sul com o Município do Cabo de Santo Agostinho; a Leste com o Oceano Atlântico e a Oeste com o Município de Moreno. A orla marítima do município corresponde a 8 km de extensão, aproximadamente 4% dos 187 km do Litoral Pernambucano (GALINDO, 2002).

A área da obra de engorda possui aproximadamente 6 km de extensão sobre a pós-praia de Jaboatão dos Guararapes, compreendendo as Praias de Barra das Jangadas, Candeias e Piedade. Foram escolhidas 15 estações, considerando melhor representação da área, para levantamento de perfis, sendo 7 perfis obtidos na Praia de Piedade, 6 na Praia de Candeias e 2 na Praia de Barra das Jangadas.

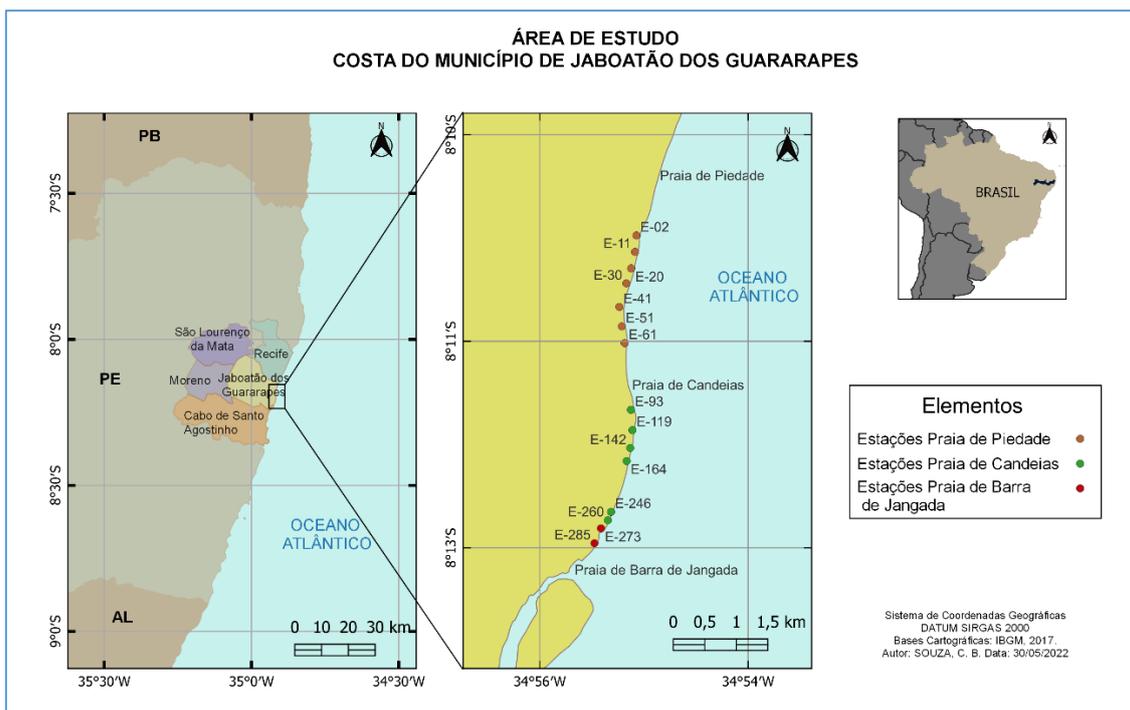


Figura 4.1.1. Área de Estudo. Costa do Município de Jaboatão dos Guararapes e localização das estações monitoradas (Fonte: A autora, 2022).

Tabela 4.1-1. Coordenadas, cotas batimétricas e Praias das estações monitoradas (Fonte: NEM, 2019).

Estação	Coordenada	RN Absoluto	Local
E02	288902/9095894	4.065m	Piedade
E11	288882/9095630	4.658m	Piedade
E20	288821/9095365	4.907m	Piedade
E30	288745/9095125	4.805m	Piedade
E41	288637/9094746	5.076m	Piedade
E51	288677/9094433	4.104m	Piedade
E61	288725/9094166	4.276m	Piedade
E93	288829/9093095	4.513m	Candeias
E119	288854/9092768	4.826m	Candeias
E142	288820/9092481	4.317m	Candeias
E164	288765/9092272	5.596m	Candeias
E246	288521/9091454	5.142m	Candeias
E260	288471/9091319	4.029m	Candeias
E273	288363/9091188	6.102m	Barra de Jangada
E285	288260/9090949	4.682m	Barra de Jangada

4.2. CLIMA

Apresenta clima quente e úmido (As') de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média anual variando entre 25°C a 30°C e, por localizar-se em das latitudes intertropicais, caracteriza-se pela existência de um período de verão ou estiagem, entre os meses de Dezembro a Abril, seguido do chuvoso ou de inverno, entre meses de Maio e Novembro, cuja precipitação pluviométrica anual pode atingir até 2000 mm (MANSO *et al.*, 2006; GUERRA, 2016).

4.3. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

A orla de Jaboatão dos Guararapes situa-se na faixa costeira sul do Estado de Pernambuco, que compreende desde o município do Recife até o município de São José da Coroa Grande, por sua vez inserida na Bacia Sedimentar Pernambuco, cujas planícies costeiras desenvolvidas no Quaternário constituem uma unidade geológico-geomorfológica complexa, em razão da atuação conjunta de fenômenos marinhos e continentais associados aos ambientes transicionais (LIMA FILHO, 1998; SOUZA *et al.*, 2016).

Plataforma Continental de Pernambuco se caracteriza por sua reduzida largura, pouca profundidade, declive suave, águas relativamente quentes, elevada salinidade e por apresentar-se, quase inteiramente, coberta por sedimentos carbonáticos biogênicos (ASSIS, 2007). E o padrão de sedimentação da planície costeira de Pernambuco foi estabelecido pela progradação dos cordões litorâneos e dos rios que retrabalharam os sedimentos da planície e da plataforma interna, favorecendo a progradação da linha de costa (SUGUIO *et al.*, 1985; DOMINGUEZ *et al.*, 1990).

De acordo com BORBA (1999), no município do Jaboatão dos Guararapes, são caracterizados diferentes depósitos com origens continentais, marinhos e transicionais:

Formação Barreiras: possui idade tércio-quaternária, constituída por arenito conglomerático com seixos de quartzo, intercalações de blocos de argila e estratificação cruzada tabular, onde em direção ao topo, separados por uma camada de argila, tem-se uma sequência arenítica média a grossa, de coloração creme, com estratificação plano-paralela e pequenas intercalações de argila e silte;

Terraços Marinheiros Pleistocênicos: com cerca de 120.000 anos A.P., são depósitos que têm média 8 a 10m de altura, constituídos por areias quartzosas inconsolidadas, sendo caracterizados pela ausência de biodetritos, ocorrendo de forma descontínua na porção mais interna da planície costeira (porções oeste das praias da Piedade e das Candeias, além da porção sudoeste da praia da Barra das Jangadas), encontram-se impermeabilizados por edificações;

Terraços Marinheiros Holocênicos: possuem cerca de 5.100 anos A. P., sendo formados por areias quartzosas inconsolidadas, bem selecionadas, podendo ocorrer biodetritos, atingindo cerca de 5m, marcados pela presença de antigas linhas de cordões litorâneos, pouco espessas, com largura média entre 10 e 20m, dispostas paralelamente à linha de costa e preenchendo sua porção externa, sujeitos constantemente ao ataque das marés mais altas e fortes;

Flechas Arenosas: corresponde aos depósitos cuja origem está relacionada ao encontro da água fluvial, no caso a foz do rio Jaboatão, com as correntes de deriva litorânea, no caso com direção geral S-N, cujo alinhamento é disposto paralelamente à linha de costa e ocorrem, principalmente, nas porções sul da praia das Candeias e norte da praia da Barra das Jangadas, formando também a restinga;

Planície Flúvio-Lagunar: é formada por sedimentos quartzosos que variam de finos a médios até silte-argilosos, de coloração marrom a cinza-escuro, com diferentes graus de compactação, ocorrendo entre os cordões litorâneos dos Terraços Marinheiros e com origem associada às regressões marinhas quaternárias, que propiciou a deposição de sedimentos trazidos pelos rios, em função do aumento do gradiente continental. Os sedimentos formados pela influência lagunar são lamosos e ocorrem nas proximidades da Lagoa Olho d'Água;

Baixios de Maré: são depósitos encontrados em áreas cujo gradiente é quase nulo, e, portanto, sujeito à ação dos processos de sedimentação flúvio-marinhos. Constituído por lamas de coloração escura, ricas em matéria orgânica, restos de vegetais e fragmentos de conchas, possuindo solos com alto teor de salinidade, águas mornas e salobras, cujo fluxo das marés permite a formação dos manguezais nas zonas inferiores dos estuários, como o do rio Jaboatão;

Beachrocks: são rochas com granulometria variando de fina até cascalho e correspondem a antigas linhas de praia que foram submetidas a condições químicas que propiciaram a precipitação de cimento carbonáticos, dispostos de forma linear e paralelos à costa, nem sempre contínuos. Dentro da área estudada são constituídos por areia de praia quartzosa, cimentada geralmente por calcário com fragmentos orgânicos (Halimeda, conchas e fragmentos de carapaças) e uma matriz areno-argilosa;

Recifes de corais: são raros atualmente e estão associados ao beachrocks, onde as espécies de corais ainda encontradas na praia da Piedade são *Siderastrea stellata* e *Mussismilia hispida*;

Recifes algálicos: têm forma circulares devido ao espalhamento dos prados das algas preexistentes, onde dominam as do tipo Halimeda;

Depósitos de Praia Atual: depositados entre os Terraços Marinheiros Holocênicos e a linha de baixa-mar, ocorrem na porção norte a partir da praia de Piedade até o limite com o município de Recife, pois o restante da área sofreu regeneração por meio artificial, constituídos predominantemente por areias quartzosas variando desde finas até grossas, e em menor proporção por componentes bióticos, fragmentos de rochas e minerais pesados, estando submetidas constantemente à ação combinada das ondas, correntes de deriva litorânea e de maré.

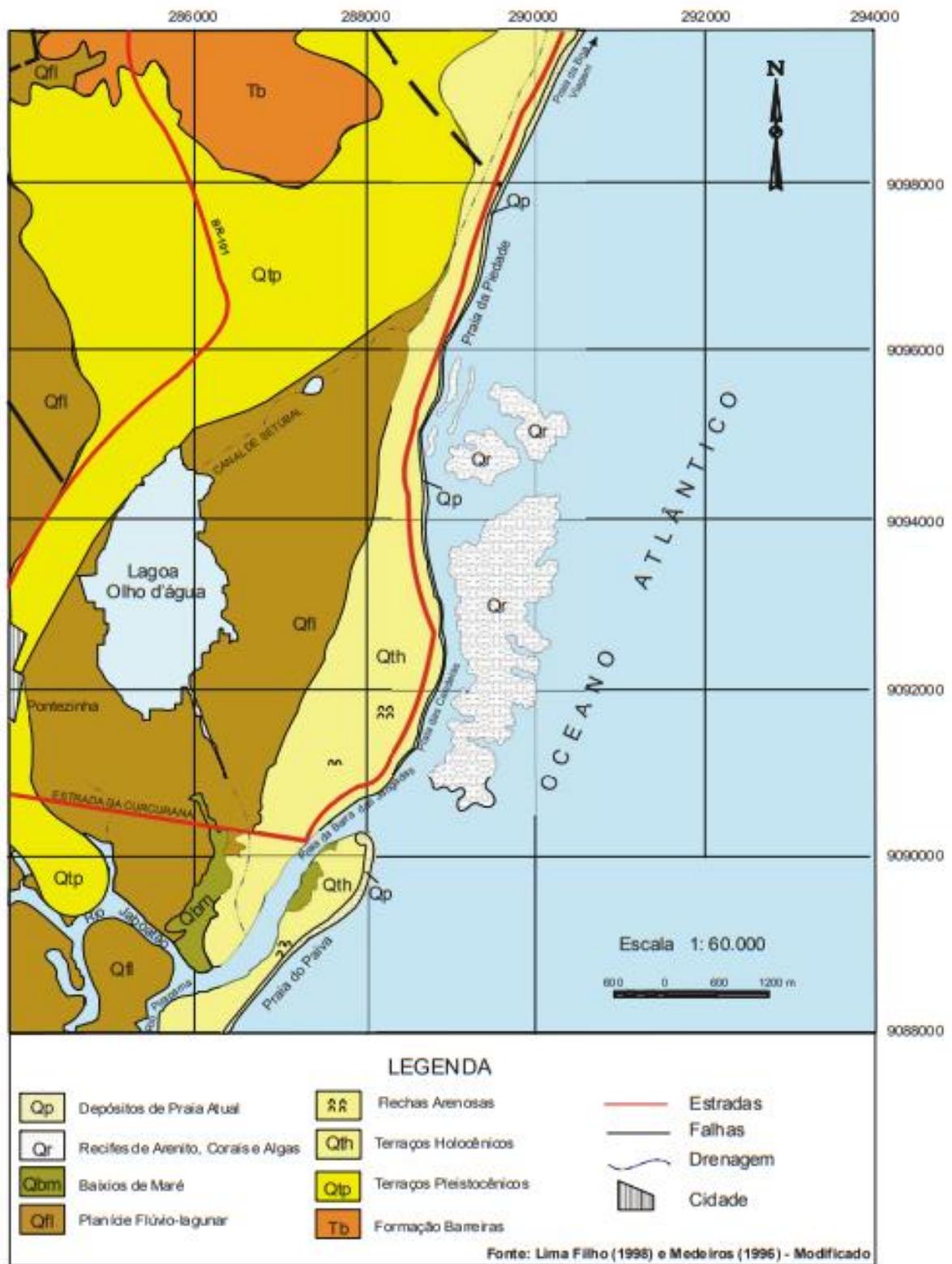


Figura 4.3.1. Mapa geológico-geomorfológico do Município de Jaboatão dos Guararapes (Fonte: BORBA, 1999).

O depósito atual de praia possui areia bem selecionada, visto que é permanentemente submetida à ação combinada das ondas, correntes e de maré (GUERRA, 2016). E, na antepraia, a presença de feições morfológicas importantes,

como *beachrocks* e bancos de recifes algálicos, exercem um papel determinante sobre a modificação da energia das ondas, distribuição dos sedimentos e consequentes alterações na morfologia costeira, pois atuam como uma proteção natural diante da ação das marés e ondas, amortecendo o impacto das mesmas, assim como podem promover fenômenos de difração e refração das ondas em suas extremidades, ocasionando processos erosivos pontuais ou formando uma linha de costa irregular, com alternância de pequenas enseadas e pontais arenosos (BORBA, 1999; MANSO et al., 2017). Algumas dessas estruturas ficam submersas na maré alta e emersas na maré baixa, entre 0,85m e 0,20m em relação ao nível médio do mar (FERREIRA JÚNIOR et al., 2011).

4.4. INTERVENÇÕES ANTRÓPICAS

Na área estudada observa-se a presença de obras de engenharia rígidas, como quebra-mares e espigões, remanescentes de intervenções anteriores com intuito de conter a erosão. Já no setor da pós-praia são encontradas estruturas rígidas, como enrocamentos próximos a limites e muros de propriedades, e ponto de liberação de esgoto *in natura*.

4.5. OCEANOGRAFIA COSTEIRA

A maré para o litoral de Pernambuco é classificada como mesomaré semidiurna, dominadas por onda, e a salinidade apresenta perfil sazonal fortemente relacionada a pluviosidade e influência de rios costeiros, com valores de 37,16% para estação seca e 28,88% correspondente ao período chuvoso (MUEHE, 2006; BARRETO et al., 2015; SENA, 2018).

Os ventos na região tendem a ser bastante regulares e sazonais, com velocidades médias de 3 a 5m/s (MANSO, 2003; VILLA VERDE, 2019). Predominam, em ordem de intensidade e ocorrência, nos sentidos SE, NE e E-W, onde o primeiro influencia a direção do sistema de ondas que atingem a costa e implica em transporte litorâneo sedimentar de sul para norte, o qual se torna menos efetivo quando os ventos alteram para o sentido NE (BITTENCOURT et al., 2005; BARBOSA, 2006). A circulação oceânica é caracterizada pela Corrente do Brasil, que flui para o sul com velocidade de 0,2 a 0,5m/s (ASSIS, 2007).

O clima de ondas de água rasa na Orla de Jaboatão é caracterizado por ondas com altura significativa (H_s) variando de 0 à 3,5m, com maior frequência de ocorrência

para a Hs de 1,5m, e período médio (T) de 6,7s as quais incidem de Nordeste (NE), Leste (L) e Sudeste (SE), com predominância marcante de ondas Leste-Sudeste (ESE), principalmente em eventos de maior energia, indicando Transporte de sedimentar de sul para norte na área de estudo (ASSIS, 2007; REFERENCIA DO PRODUTO CP).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Serão apresentados e analisados os resultados dos dados da variação da linha de costa e nivelamento topográfico dos períodos de Janeiro a Dezembro de 2019, assim como citadas variações obtidas em anos anteriores de acordo com os dados disponibilizados pela Prefeitura de Jaboatão dos Guararapes. Esteve-se estagiária no Núcleo de Estudos Marinhos (NEM) da Secretaria Municipal e Desenvolvimento Urbano no período de 2019 até 2020, onde se participou efetivamente do levantamento em campo, bem como do tratamento desses dados e conjunta análise ambiental.

5.1. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICOS

Os levantamentos topográficos foram realizados nas marés baixas de sizígia de lua nova e lua cheia. A metodologia utilizada foi descrita por Muehe *et al.* (2003), cujos perfis foram orientados perpendicularmente à linha de costa em direção ao mar, a partir de uma referência de nível (RN) com posição previamente determinada através de um equipamento de Sistema de Posicionamento Global.

O nivelamento foi realizado com o equipamento Estação Total, modelo Focus 8, que consiste em um teodolito eletrônico (medida angular), um distanciômetro eletrônico (medida linear) e um processador matemático, registrando os ângulos e distâncias usados para calcular as coordenadas das posições medidas. A Estação Total é composta por tripé, prisma topográfico com haste de 5m posicionado nas demarcações dos pontos principais dos setores dos perfis das praias como pós-praia, berma, estirâncio e antepraia. Usou-se ainda, uma trena para medição da altura do equipamento e estacas metálicas para a marcação dos pontos de inflexão morfológica no perfil.

Portanto, os pontos foram obtidos a partir de uma orientação prévia (pontos topográficos), permitindo a medição das visadas laterais e as distâncias entre si. Considerou-se, ainda, as características como presença de estruturas naturais (por exemplo, *beachrocks* ou bancos de recifes algálicos) diretamente sobre a faixa de praia.

A tabela abaixo resume os dados de perfis mensais analisados para o ano de 2019 recebidos até o dia 30 de Setembro.

Tabela 5.1-1.Dados topográficos mensais analisados para cada estação durante o ano de 2019.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
02	ok	-	ok	ok	ok	ok						
11	ok	ok	ok	ok	ok	-	-	-	ok	ok	ok	ok
20	ok	ok	ok	ok	ok	-	ok	-	ok	ok	ok	ok
30	ok	ok	ok	ok	ok	-	-	ok	ok	ok	ok	ok
41	ok	ok	ok	ok	-	-	-	ok	ok	ok	ok	ok
51	ok	ok	ok	ok	ok	-	-	ok	ok	ok	ok	ok
61	ok											
93	ok											
119	ok	ok	ok	ok	ok	-	-	ok	ok	ok	ok	ok
142	ok	ok	-	ok	ok	-	-	ok	ok	ok	ok	ok
164	ok	ok	-	ok	ok	ok	-	ok	ok	ok	ok	ok
246	ok											
260	ok											
273	ok											
285	ok											

5.2. DETERMINAÇÃO DA LINHA DE BERMA

O estudo da evolução da linha de costa, através de monitoramento contínuo das praias de Piedade, Candeias e Barra de Jangada, utiliza como ferramenta o mapeamento cartográfico da linha de preamar máxima ou da linha de berma, que representa alcance máximo das ondas durante preamar. E devido a maior facilidade de visualização em campo, esta feição foi tomada como referência para marcar a linha de costa, já que esse é o limite final da pós-praia, setor que corresponde a obra executada de aterro hidráulico

(engorda). Na ausência de berma ou linha de preamar máxima o perímetro é demarcado pela estrutura rígida presente no local.

A obtenção de dados associados a evolução da linha de costa corresponde ao caminhamento ao longo do litoral e a marcação da posição da quebra morfológica, utilizando o GPS Map 64 da Garmin (propriedade da Profa. Dra. Núbia Chaves Guerra) com leitura realizada após o dia de maior cota de maré, associada as marés astronômicas decorrentes das luas cheia ou nova. No escritório o GPS é descarregado gerando um arquivo na extensão *.txt e em ambiente computacional adequado é feito o cálculo da distância da linha de berma mapeada para cada RN estabelecido e o gráfico para visualização. Feito isto, é gerada uma base cartográfica em AutoCad (versão acadêmica), seguindo as recomendações técnicas da literatura. E, a fim de auxiliar a visualização dos dados é gerado um gráfico (software Grapher, versão acadêmica) a partir dos dados das linhas de berma plotados no AutoCad de onde foi tirada a largura entre a linha de base e a linha de berma, para cada RN.

Salienta-se que todos os equipamentos pertencem ao Núcleo de Estudos Marinhos (NEM) lotado na Secretaria Executiva de Meio Ambiente da Prefeitura do Município do Jaboatão dos Guararapes.

5.3. MENSURAÇÃO DO VOLUME DO PERFIL SUBAÉREO

A mensuração do volume do perfil subaéreo, isto é, a zona que se estende da cota zero (nível médio do mar, obtido a partir de tábuas de marés da DHN) ao ponto de referência de nível na zona de pós-praia, foi realizada a partir do último mês amostrado no ano de 2019 para cada estação, visto que corresponde ao último modelo de perfil levantado. De acordo com os cálculos geométricos decorrentes dos gráficos de perfis gerados, mediu-se a área entre as curvas representativas.

Inicialmente foi calculada a área do perfil projetado, correspondente a um trapézio de base menor como a 45m, em referência a largura da pós-praia do projeto conceitual; base maior observada na curva do perfil projetado, quando esta cruza a cota zero; altura como o RN, e face oposta com inclinação de 1:10. De forma análoga, foi feito o cálculo da área dos perfis, contudo, devido a sua conformação geométrica não regular, adotou-se correspondência da área do perfil com o trapezoide, cuja soma das áreas associadas a decomposição em formas regulares representa a área total condizente com a curva topo-batimétrica. A diferença, portanto, entre estas, indica a área que de

perfil para reposição sedimentar, a qual, por fim, foi multiplicada por 1 com o propósito de se obter o volume de areia total por metro cúbico linear da praia.

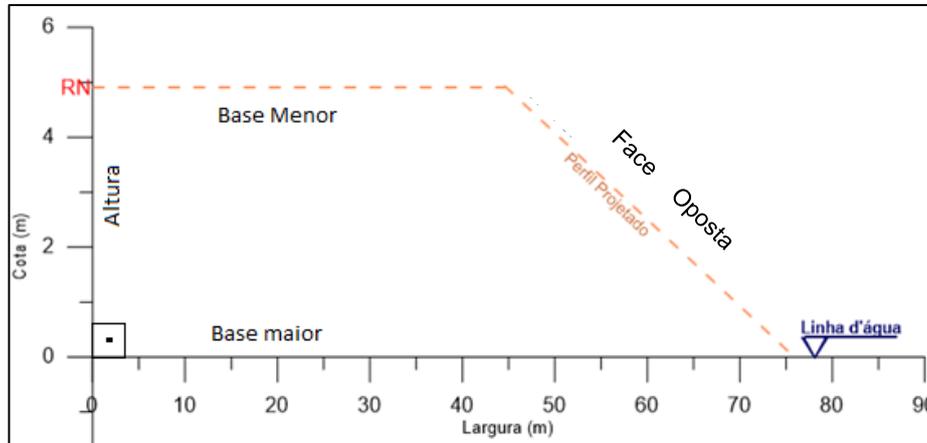


Figura 5.3.1. Representação gráfica do perfil projetado, cuja base menor representa a largura da pós-praia (45m), base maior representa a largura do perfil e altura corresponde ao RN da estação. A face oposta possui inclinação 1:10 (Fonte: A autora, 2022).

A área da figura acima (Figura 20) corresponde ao perfil projetado, calculado a partir da seguinte fórmula (i):

$$(i) A_{\text{Perfil Projetado}} = \frac{(\text{largura póspraia Perfil Conc.}) + (\text{largura perfil Conc.})}{2} * RN_{\text{perfil}}$$

A partir do raciocínio exposto, a curva topo-batimétrica abaixo (Figura 21-A), que se comporta como um trapezóide, foi decomposta em figuras geométricas regulares para obter o valor da área mais próximo da realidade. Para tal, o trapezoide foi dividido (Figura 21-B) em um trapézio (Área 1), um retângulo (Área 2) e um triângulo (Área 3).

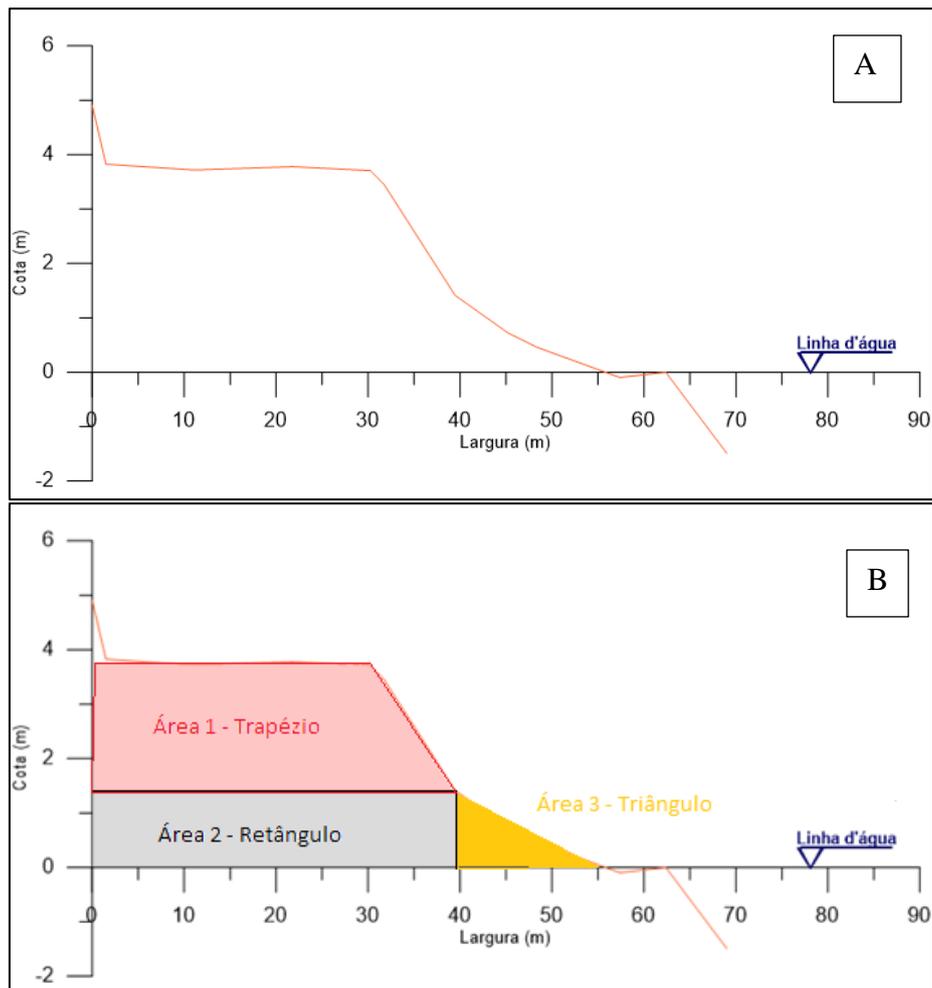


Figura 5.3.2. Exemplo de arranjo geométrico para cálculo de área de curva topográfica. A- Representação esquemática de curva de perfil amostrado. B- Arranjo geométrico do perfil, contendo as seguintes formas na decomposição: trapézio, retângulo e triângulo, cuja divisão das figuras geométricas se deu a partir da cota da pós-praia, do ponto de inflexão no estrâncio e do cruzamento com o nível (Fonte: A autora, 2022).

Por fim, a área total do perfil amostrado corresponde a soma das formas decompostas como descrito na fórmula (ii).

$$(ii) \text{Área Perfil Amostrado} = \text{Area Trapézio}_1 + \text{Área Retângulo}_2 + \text{Area Triângulo}_3$$

Obtidos os valores resultantes das fórmulas (i) e (ii), determinou-se a diferença entre as áreas utilizando a fórmula (iii).

$$(iii) A_{Diferença} = A_{Perfil Projetado} - A_{Perfil Amostrado} [m^2]$$

Posteriormente, a fim de estimar o volume linear necessário para reposição do perfil de projeto, aplicou-se a fórmula (iv).

$$(iv) V_{Linear} [m^3] = A_{Diferença} [m^2] * 1 [m]$$

Esta estimativa, entretanto, somente foi realizada para os perfis que apresentam a curva com largura da pós-praia abaixo da Largura de Equilíbrio (LE), isto é, quando o setor sofre retração aquém da largura de segurança da faixa de praia estabelecido pelo estudo da obra que é de 35m.

5.4. INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE

A partir de imagens aéreas disponibilizadas pelo software Google Earth, realizou-se a identificação das características dispersivas dos trens de ondas e processos hidrodinâmicos costeiros superficiais significativos próximos à faixa de praia, correlacionando-os com a conformação do litoral e modificações morfológicas identificadas.

5.5. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Foram consultadas bibliografias relacionadas ao tema e estudos antecedentes para comparação e análise dos dados previamente coletados.

6. MORFOLOGIA E MORFODINÂMICA DAS ESTAÇÕES ANALISADAS

Os resultados obtidos por esta pesquisa estão separados neste capítulo em morfologia e morfodinâmica por estações (perfil praial estações), e incluirão as discussões sobre as observações costeiras e oceanográficas que atuaram sobre os mesmos e o volume linear a ser repostado no perfil.

6.1. ESTAÇÃO 02

6.1.1. Morfologia e morfodinâmica

A Estação 02 localiza-se na Praia de Piedade, com posição nas coordenadas 8°10'28.68"S/34°54'57.89"W e Referencial de Nível (RN) igual a 4.065m. Esta estação, por situar-se na proximidade mais ao norte do *beachrock* de Piedade, recebe influência hidrodinâmica das ondas resultantes da interação dos processos de difração, mediante contato com a estrutura, e refração, associado a interação com o fundo (Figura 6.1.1.1). Consequentemente, a feição da praia corresponde a adequação morfodinâmica do local.



Figura 6.1.1.1. Ilustração esquemática que mostra os beachrocks emersos (contorno natural) e submersos (tracejado em amarelo). As linhas em azul mostram a difração das ondas ao passarem sobre o *beachrock* submerso, que apresentam incidência reduzida devido a estrutura submersa, enquanto as linhas brancas, a difração gerada na porção mais elevada da borda do *beachrock* emerso, mudando o sentido de direção (Fonte: modificado de Google Earth, Outubro de 2021).

Dada a presença de um *beachrock* emerso e continuação da estrutura de forma submersa, percebido a partir da quebra de ondas na superfície (Figura 6.1.1.2), os trens de onda sofrem redução da sua energia ou podem ser interrompidas em sua trajetória, não chegando a praia ou chegando com incidência mais branda. Entretanto, ao passar sobre a estrutura submersa, o trem de onda interage com a margem do *beachrock* emerso e a frente de onda sofre mudança na direção de sua propagação que passa a adquirir espalhamento radial, como pode ser observado na trajetória do pacote de ondas em direção a costa.

Dessa forma, o fenômeno promove interação das ondas com o assoalho no mesmo sentido, visto que as ondas chegam a praia com uma inclinação radial associada a difração e, a medida que a profundidade reduz, a sua esbeltez (H / L) aumenta, o que gera instabilidade e promove sua quebra, com transporte os sedimentos consoante a característica dispersiva da trajetória. Isto é, dentro da área de atuação das ondas difratadas sobre a praia, existe a formação de um embaçamento (Figura 6.1.1.2) a partir da remoção do material sedimentar na direção do ponto central da abertura, o qual, mediante ocorrência de um fluxo bidirecional, é acumulado nas zonas adjacentes sob menor influência da energia hidrodinâmica incidente.



Figura 6.1.1.2. Representação esquemática das áreas de influência de difração e de refração, gerando, respectivamente o embaimento e formação do arco praiial, assim como a saliência. (Fonte: modificado de Google Earth, Julho de 2017).

Sinergicamente, as ondas sofrem refração ao se ajustarem aos contornos batimétricos diferenciais formados. E, com isso, a feição de praia apresenta resposta à dinâmica a qual está submetida, passiva de alterações provenientes das interações hidrodinâmicas com as feições naturais, que por sua vez determinam o transporte sedimentar.

Portanto, exibe-se um arco praiial (Figura 6.1.1.2) na porção situada após a proteção do *beachrock* emerso, tendo em vista que a área é influenciada pelo efeito das ondas incidentes e seus processos costeiros (frentes de onda difratam em direção a costa). No cenário abrigado, por outro lado, devido a capacidade do *beachrock* em dissipar energia das ondas, condições de deposição de areia próximo à linha de costa. Com isso, percebe-se a formação da saliência onde o sedimento transportado após a difração passa a se acumular.

Ao analisar os dados topobatimétricos percebeu-se que em anos anteriores, especificamente no período de Março de 2016 a Dezembro de 2017 (Figura 6.1.1.3), a pós-praia apresentou larguras e cotas extremamente reduzidas, cujo perfil chegou a obter largura de cerca de 28m e cotas próximas a 2m acima do nível do mar. Conseqüentemente, o estirâncio acompanhou a tendência e chegou a apresentar redução e inclinação acentuadas. Entretanto, a partir do ano de 2018, a tendência marcada foi oposta, exibindo de alargamento dos setores e restabelecendo a cota e largura de

construção sem nenhum ajuste, indicando que o sedimento não saiu do sistema praial ou ficou retido anterior às estruturas submersas após o pulso erosivo.

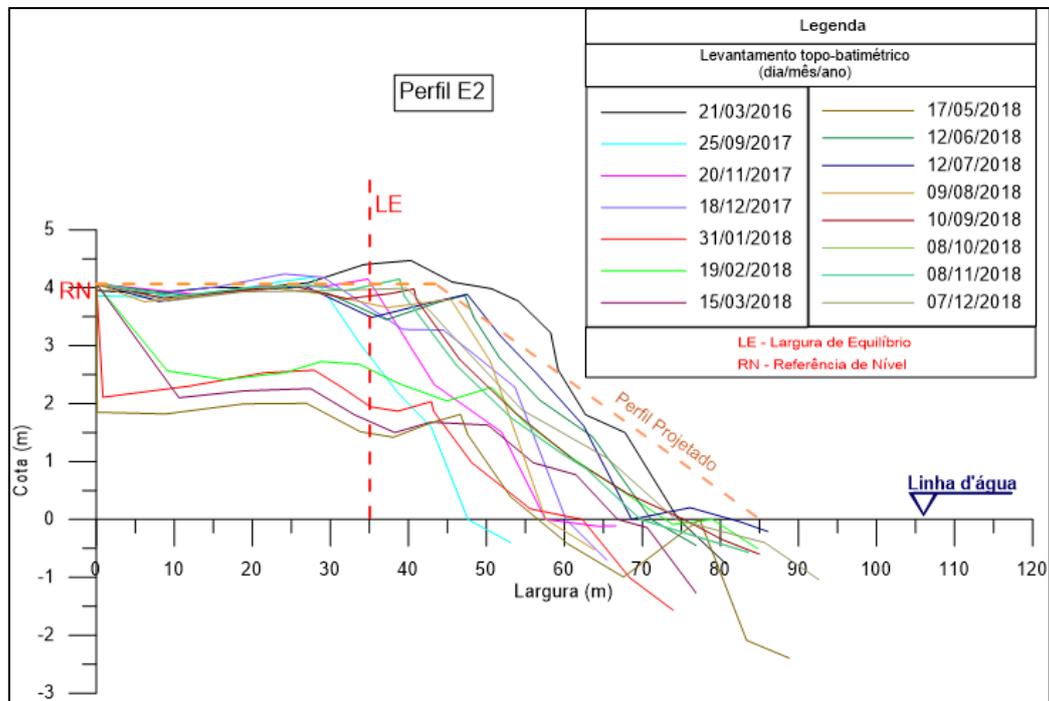


Figura 6.1.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 2 (E2) medidos no período entre 2016 e 2018. Comparando as curvas, observa-se que a posição da berma varia muito no decorrer dos meses, sendo fruto das ações das ondas sobre a pós-praia (Fonte: NEM, 2019).

Ao contrário, percebe-se que desde o início do ano de 2019 até o mês de Julho (Figura 6.1.1.4), o cenário de estabilização da pós-praia foi predominante, onde o mês de Abril registrou largura de aproximadamente 38m de extensão da pós-praia como a menor do primeiro semestre e máxima largura em Junho acima dos 40m, ambas superiores a largura de equilíbrio. A cota para o período também se manteve estável e em torno dos 4 metros acima do nível do mar, próximo a Referência de Nível (RN). Esta estabilidade representa moderada atuação das ondas sobre o setor, que é fortemente influenciado pela maré.

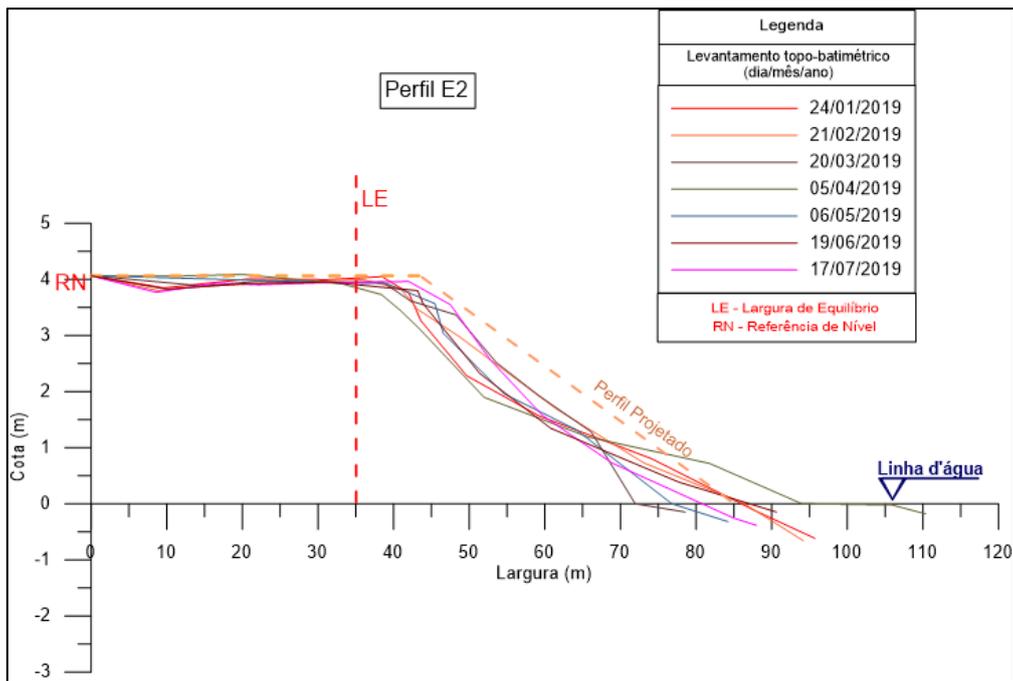


Figura 6.1.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas referentes aos meses de Janeiro a Julho de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

Nos demais meses do segundo semestre (Figura 6.1.1.5) a configuração do perfil apresentou comportamento semelhante em relação a sua largura, com estabilização em volta dos 35m, e cota superior a 4m e acima do Nível de Referência na berma, com rebaixamento entre o RN e a berma. Como não houve coleta do mês de Agosto para este ano, a progressão semestral não representa transição entre Julho e Setembro.

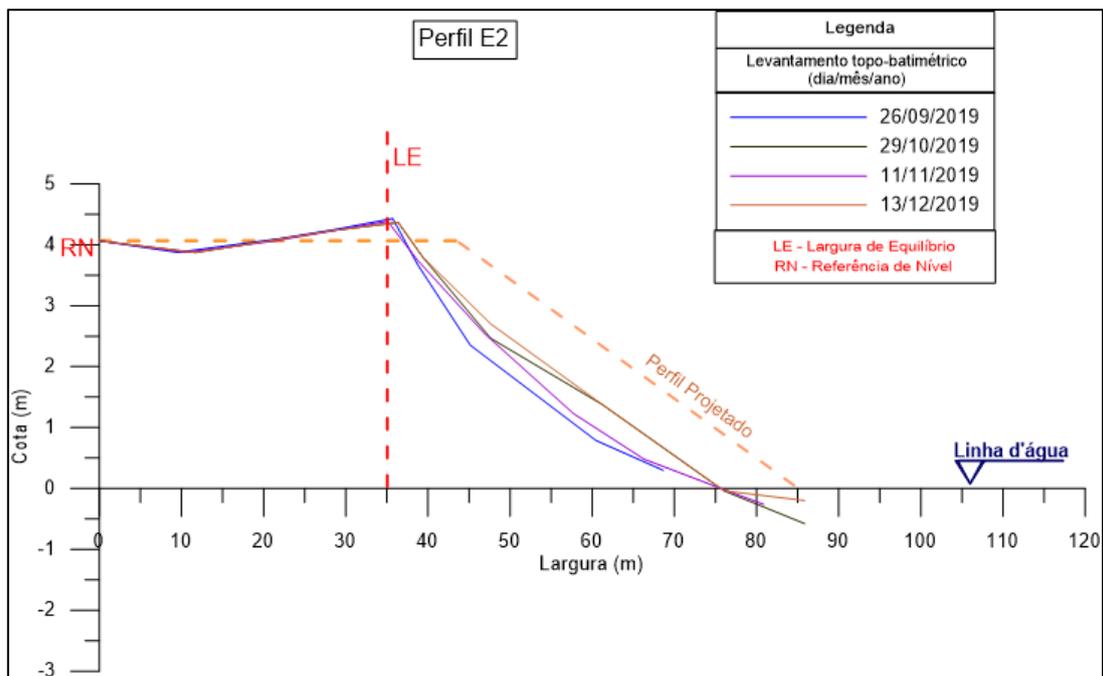


Figura 6.1.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas referentes aos meses de Setembro a Dezembro semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

6.1.2. Condições climáticas-oceanográficas

Visto o efeito da sazonalidade semi-anual sobre o ambiente, os perfis do primeiro semestre correspondem ao período de influência do verão e apresentam uma maior extensão da pós-praia devido a deposição do sedimento no sistema, reconstruindo a berma e apresentando um perfil menos íngreme. Em contrapartida, com a chegada progressiva do segundo semestre, os perfis tendem a apresentar caráter mais reductivo, mas ainda dentro da largura de equilíbrio, tendo em vista que estão mais suscetíveis a condição de acréscimo de energia do clima de ondas durante estação chuvosa (quando os ventos se intensificam e a altura de onda é maior). Por consequência, estão propensos a remoção e realocação do sedimento em direção a antepraia, o que culmina com a retrogradação da pós-praia, observada com as menores larguras mensais, além das maiores declividades no estirâncio.

Com relação ao estirâncio, seus diversos arranjos não representam parâmetro preciso para determinar erosão da faixa de praia, principalmente devido ao fato da constante susceptibilidade do setor a atuação direta da dinâmica costeira, neste caso somado ao comportamento significativo proveniente das ondas após interatuar com o *beachrock*. Entretanto, sua diminuição acentuada comparada ao perfil projetado, principalmente a redução do estirâncio superior, podem corroborar para indicação de processo erosional.

Em média, os perfis do início do ano apresentaram larguras maiores que a de equilíbrio, assim como retração moderada para o estirâncio, cujo setor tornou-se mais íngreme por efeito sazonal da chegada do inverno a partir de maio. Nesse contexto, destaca-se o perfil do mês de abril, que apresenta menor largura para o ano e estirâncio com a alteração topobatimétrica mais significativa comparada as demais do período. Em detalhes, observa-se que a porção inferior do estirâncio para este mês obteve um alargamento comparado ao perfil projetado e uma remoção da sua porção médio e superior, resultando em uma pós-praia reduzida.

De acordo com Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC, 2019), no mês de abril no ano de 2019 houve precipitação intensa com volume de chuva superior à média histórica na região metropolitana do Recife, a exemplo do dia 12 do mesmo mês que chegou a registrar o volume correspondente à média de 4 dias de chuva em 1 hora.

O principal fator associado foi a presença da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Nordeste Brasileiro (NEB) (INMET, 2019). A posição da ZCIT varia ao longo do ano, localizando-se mais ao norte (em torno de 10°N - 14°N) durante Agosto e Setembro e posicionando-se mais ao sul (em torno de 2°S – 4°S) durante Março e Abril (INPE, 2020). E apesar do estabelecimento do fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS) confirmado em Janeiro de 2019, seu caráter moderado não gerou modificação sobre o clima global, conseqüentemente não atuou enfraquecendo a descida da ZCIT ou sua intensidade de chuvas sobre o NEB, visto que não houve acoplamento entre os fenômenos (NOOA, 2019).

Dessa maneira, a condição energética da dinâmica costeira adquiriu magnitude superior ao esperado para o mês de Abril a devido à permanência da ZCIT mais ao sul da sua posição climatológica, demarcando também a transição para período chuvoso. E como consequência do evento, houve o realocamento do sedimento da porção da pós-praia para o estirâncio inferior, perfazendo o delineamento em tal configuração diferencial.

Posteriormente, salienta-se a contribuição das larguras da pós-praia nos meses de Junho e Julho dentro das maiores da estação 02 no período estudado, ainda que não distantes da recomposição média do perfil registrado no verão, porém com estirâncio mais íngreme comparados aos perfis mensais anteriores. Ou seja, os perfis apresentam breve recuperação da pós-praia mesmo após o início do inverno e do fenômeno observado no mês de Abril. Exposto isto, pode-se inferir que, apesar do clima de ondas do período chuvoso estar atuando sob os perfis, visto que se exibiram mais escarpados, houve redução da intensidade hidrodinâmica após a subida da ZCIT no início de Maio. Favorecendo, assim, o acúmulo de material sedimentar na berma, em consequência do rearranjo fisiográfico após a ressaca, em sinergia com a retração do estirâncio inferior, o que gerou declividades mais acentuadas naturais do período chuvoso.

Já nos meses seguintes de Setembro a Dezembro, os perfis recuaram significativamente, cujas características são muito semelhantes para largura e declividade, apresentando inclinação próxima a 45°. E a medida que o período verânico no fim do ano se aproxima, pode ser identificado um leve aumento do estirâncio inferior e, com isso, indicar tendência do retorno do cenário de acúmulo de sedimento no perfil, reestabelecendo movimento de progradação.

Este mesmo comportamento fisiógrafo foi percebido no Litoral de Bertioga (SP) por DAVID *et al.* (2007), cuja Praia do Indaiá apresentou as menores larguras e as Maiores declividades para os perfis durante o inverno e associadas à passagem de uma frente fria pela região, configurando características erosivas. De modo contrário, houve depósito de sedimentos no verão, gerando um engordamento da praia, com as Maiores larguras e menores declividades para os mesmos perfis.

6.1.3. Cálculo do volume para o perfil

Devido ao fato da largura da pós-praia do mês de Dezembro para o ano de 2019, última modelagem mensal de perfil amostrada, não possuir extensão aquém da linha de equilíbrio, não foi realizada estimativa do volume de recomposição, pois não se fez necessária a restauração da largura de projeto.

6.2. ESTAÇÃO 11

6.2.1. Morfologia e morfodinâmica

A Estação 11 localiza-se na Praia de Piedade, com posição nas coordenadas 8°10'37.27"S/34°54'58.59"W e Referencial de Nível (RN) igual a 4.658m. Esta estação está situada sob proteção hidrodinâmica oferecida a partir da presença da linha de *beachrock* ao longo extensão dessa porção da praia, a qual impede que haja sinuosidade significativa na linha de costa. E apesar de encontrar-se a sombra da rocha, em função da alternância de cota e discontinuidades que promovem aberturas na estrutura, as ondas sofrem processo de difração e refração antes de atingir a praia.

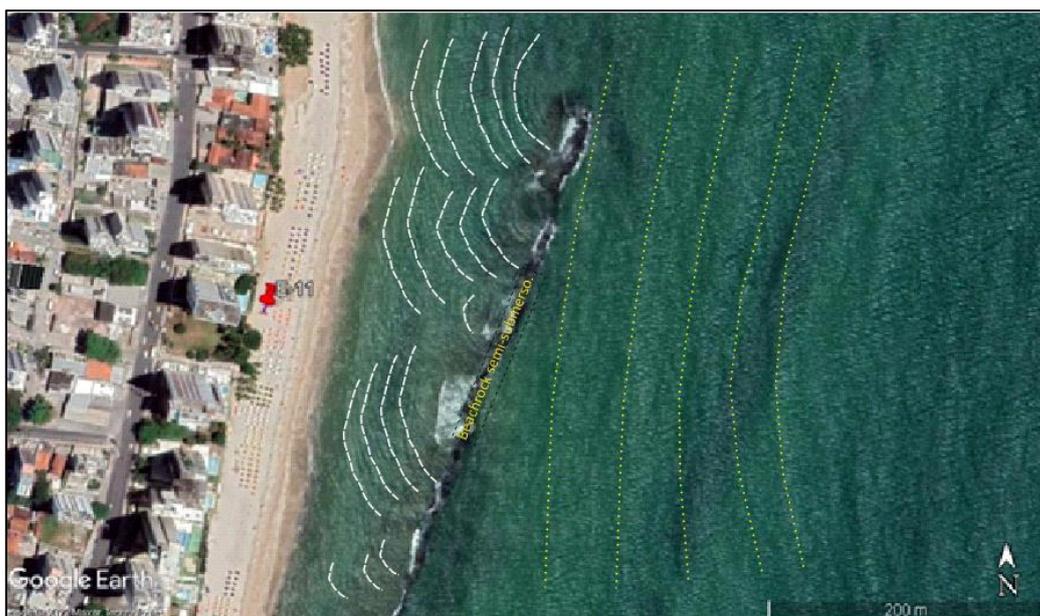


Figura 6.2.1.1. Ilustração esquemática que mostra os beachrocks sub-submersos (contorno natural). As linhas brancas mostram a difração e refração das ondas ao passarem sobre e entre as partes rebaixadas do *beachrock*. (Fonte: modificado de Google Earth, Setembro de 2020).

Como se trata de um ambiente com regime de meso-marés, a variação do nível d'água influencia bastante na propagação de ondas e seus campos de correntes. Em momentos de marés máximas e de sigízia, antes de alcançarem as aberturas, os trens de ondas apresentam um padrão de aproximação linear e paralelo à linha de costa e, a partir da abertura, em direção à praia, forma-se um padrão curvilíneo com semicírculos centrados no ponto médio da abertura. Além disso, o fenômeno de difração percebido no início do *beachrock*, descrito anteriormente na estação 02, ocorre simultaneamente e pode ser observado na Figura 6.2.1.1.

O sistema circulatório gerado por ondas na região costeira nesse cenário, similar ao observado em nível médio, consiste em uma grande parcela das ondas que quebra no *beachrock*, mas com uma pequena parte que consegue atingir e quebrar sobre a praia, cuja passagem se dá onde não há proteção ou rebaixamento de cota, e devido ao gradiente de pressão causado por variação de nível dessas quebras diferenciais de ondas, é induzida a geração de correntes em subsuperfície por estes canais na estrutura.

Ou seja, a irregularidade do substrato rochoso resulta em regiões de quebra e dissipação de parte da energia, ou mesmo a interrupção da passagem de onda, em zonas de cota elevada, assim como permite a passagem das ondulações em zonas de cota reduzida. Como consequência, a interação entre a onda e o fundo em cotas mais elevadas podem provocar aumentos níveis locais, em resposta ao acúmulo de volume na

coluna água gerada pela quebra, formando-se uma diferença de nível comparada a zona de menor cota, a qual permite a passagem das ondas com menor acúmulo na coluna d'água. E com o desenvolvimento do gradiente, o volume de água tende a se deslocar do maior nível para o menor, orientando o fluxo para as regiões de abertura da rocha.

Contrariamente, em momentos de baixa-mar, onde o *beachrock* funciona como barreira natural, as ondas quebram e dissipam grande parte da energia nesse local. As correntes geradas por ondas, nesse caso, se mantêm associadas à borda da rocha, na porção mais offshore. E a energia incidente de ondas na praia é relativamente proveniente daquelas oriundas do processo de difração no início da rocha. Por consequência, o sistema de transporte de sedimentos pode ser alterado e exige acompanhamento para identificação da erosão e controle da largura da pós-praia (Figura 6.2.1.2).



Figura 6.2.1.2. Representação ilustrativa da difração que ocorre quando as ondas frontais atingem a borda do beachrock, mudando a incidência de chegada à praia, provocando a mudança da morfologia da linha de praia, provocando nesse caso, a erosão a montante e formando uma pequena saliência a jusante. (Fonte: modificado de Google Earth, Agosto de 2021).

Analisando anos anteriores, esta estação apresentou expressivo rebaixamento da pós-praia e retração do estirâncio em contraposição ao perfil projetado desde Março de 2016 a Maio de 2018 (Figura 6.2.1.3), com cota em torno de 3m e largura da pós-praia próxima a 25m. Por outro lado, a partir de Junho de 2018 houve a recuperação da cota da pós-praia, em cerca de 1,50m, e suave reconstituição do estirâncio, mas ainda abaixo do esperado. Já a largura do pós-praia não foi reconstituída, a qual ficou aquém dos 35m

(largura de equilíbrio). Nos meses posteriores, de Junho até Agosto, não houve alteração significativa na cota e nem na largura, sendo assim, esse perfil mostrou rebaixamento da cota em todos os setores. Em outras palavras, apesar da tendência desse trecho ser retilíneo como consequência da preservação da praia pelo *beachrock*, é perceptível que há a erosão do perfil praiar.

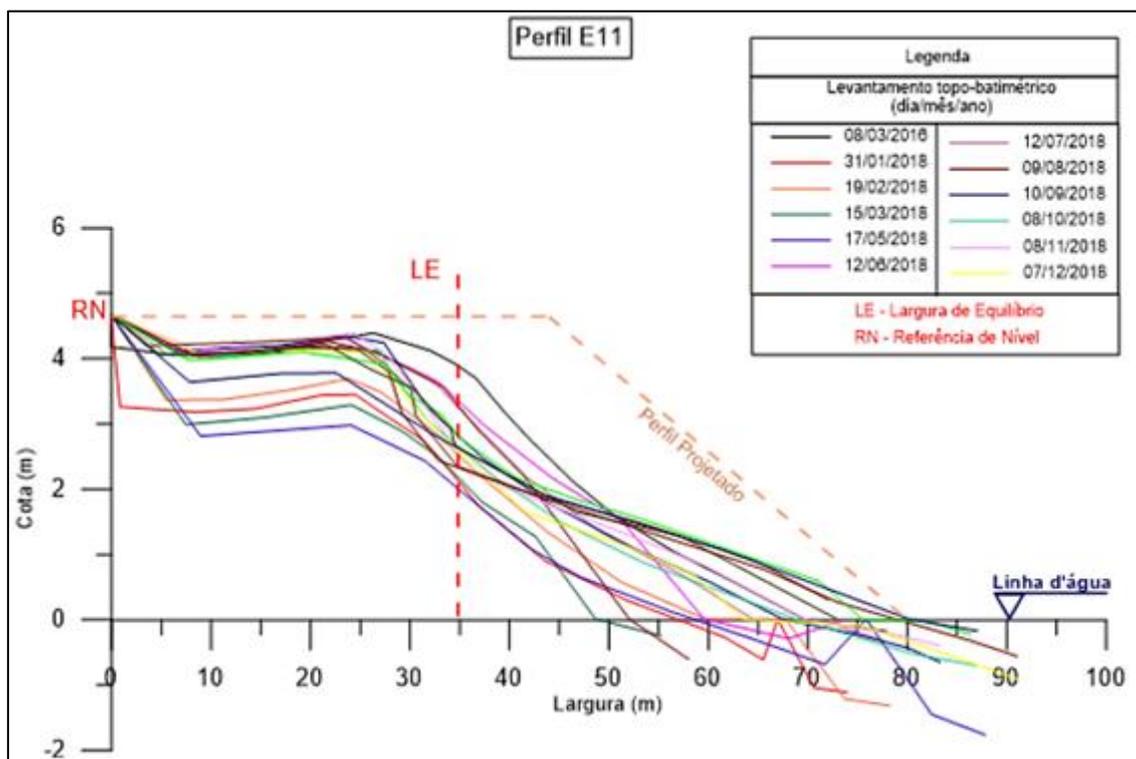


Figura 6.2.1.3. Representação esquemática das curvas topográficas medidas na estação E11, durante o intervalo de tempo de 2016 até 2018 (Fonte: NEM, 2019).

Especificamente durante o ano de 2019, nos meses Janeiro até Março (Figura 6.2.1.4), houve progressiva expansão da pós-praia, com largura do setor atingindo aproximadamente 27m, e manutenção da cota do final ano precedente no mesmo patamar, em torno dos 4m, sem, portanto, equiparar-se a cota do RN. Porém, nota-se que no mês de Abril de 2019 houve a maior oscilação da cota da pós-praia, apresentando o padrão mais reduzido do primeiro semestre, abaixo dos 4 metros, além do pós-praia atingir largura próxima a 24m. Já em Maio houve o retorno da cota, no entanto, foi percebida a maior retração da largura da pós-praia, atingindo cerca de 23m, somado a retração do estirâncio. Os meses de Junho e Julho não foram levantados por dificuldades logísticas do Núcleo de Estudos Marinhos (NEM), da Prefeitura de Jaboatão dos Guararapes.

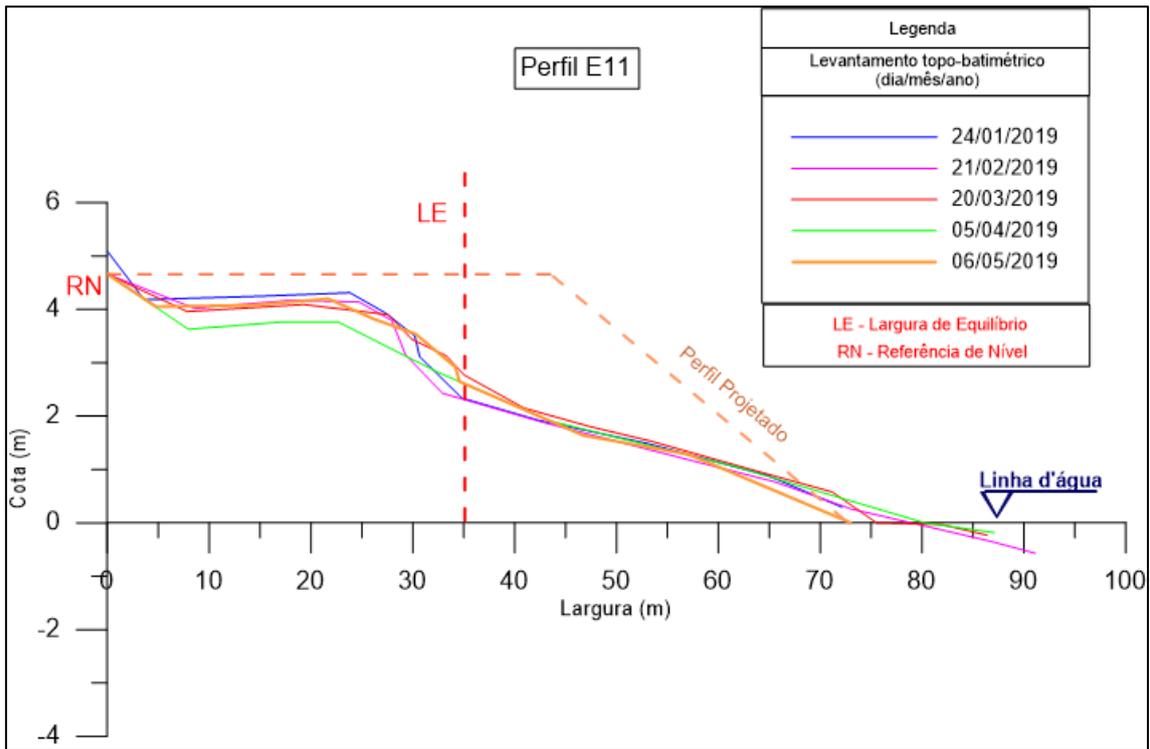


Figura 6.2.1.4. Representação esquemática das curvas topográficas no primeiro semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

Com relação aos meses do segundo semestre de 2019 (Figura 6.2.1.5), os perfis apresentam similaridade com os anteriores do mesmo ano, apresentando cota média de 4m e pós-praia com largura em torno de 25 m, além do estirâncio superior com inclinação maior que o inferior. Percebe-se também comportamento expansão do estirâncio inferior associado ao ganho de sedimento no setor de Setembro para Novembro. O mês de Dezembro não foi considerado por não ter acesso a informação.

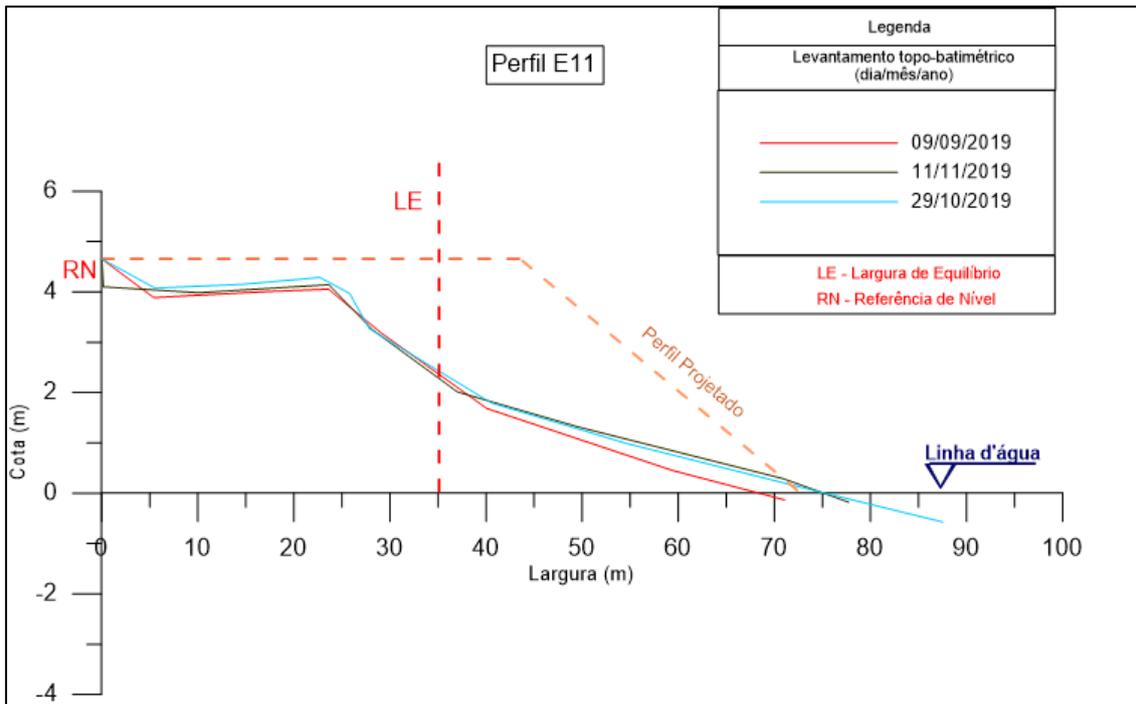


Figura 6.2.1.5. Representação esquemática das curvas topográficas no segundo semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

6.2.2. Condições climáticas-oceanográficas

Como esperado, durante os meses de primeiro semestre, a tendência de progradação do setor foi percebida no alargamento do pós-praia, a exceção do mês de Abril, associado a descida da ZCIT e aumento da intensidade hidrodinâmica sobre o setor, cujo fenômeno provocou tanto a redução da extensão, quanto da cota. A partir de Maio, contrariamente, com a redução energética de atuação das ondas, houve recuperação da cota, porém registada uma leve redução do pós-praia, somado ao estreitamento do estirâncio em sua porção inferior, marcando a transição para o inverno.

Tendo em vista que os meses Junho e Julho não foram amostrados, e ambos representam meses significativos para interpretação do inverno, não se pode afirmar com clareza a progressão do período para o perfil. Entretanto, o aumento do estirâncio ao passo que ocorre a chegada dos meses terminais do ano, sugerem retorno da condição de sedimentação favorecida pelo o verão.

Apesar das variações observadas sazonalmente nos setores, é extremamente visível a diminuição da largura e cota da pós-praia comparado ao perfil projetado durante todos os meses amostrados. Isto indica que ação hidrodinâmica que modela o perfil tende a ser de mesma origem e intensidade ao longo do ano.

Devido às características do *beachrock* e processos costeiros associados a ele, existe a possibilidade de que, onde existe o rebaixamento de cota na rocha, as ondas que o atravessam atinjam a praia com maior energia de espraiamento, provocando a erosão. Somado a isso, a difração que ocorre no início do *beachrock* pode favorecer transporte sentido sul, oposto a deriva litorânea da região, modificação esta alimentada pelas demais ondas difratadas na estrutura e inclinação da própria rocha em relação ao litoral, a qual inibe a chegada de material sedimentar proveniente das regiões adjacentes ao sul. Outras evidências associadas a predominância do transporte sedimentar alterado são os acúmulos exibidos na baixa-mar no estirâncio (Figura 6.2.1.2), posicionados de modo a sugerir a ocorrência de fluxo de orientação ao sul.

A variação do nível marinho também promove a intensificação das correntes sobre o *beachrock* nos canais existentes entre cristas das aberturas, devido ao gradiente formado na superfície da coluna d'água, especialmente em maré de sizígia. Nas proximidades da praia, onde são observados os processos erosivos, as correntes de maré não apresentam velocidades significativamente elevadas, indicando que possivelmente elas não estão diretamente ligadas à erosão da face praia, mas sim atuando principalmente na contribuição sobre os fluxos em subsuperfície que transcorrem na rocha (CPE, 2010). É possível também que essas correntes contribuam para a remoção e retenção de parte do sedimento sobre o *beachrock*, como também na região anterior a estrutura a *offshore*, retirando-o do sistema.

Como consequência, a configuração do perfil provoca intensa preocupação e é necessária ação imediata para reposição de sedimento, pois todo o perfil praiial está com perda significativa de areia, mesmo que aparente estabilidade apresenta-se o risco aos bens públicos e privados que ficam no litoral. Diante do exposto, é preciso a regeneração para as medidas de projeto.

6.2.3. Cálculo do volume para o perfil

Esse perfil precisa de 94,52m³ de sedimento para o ajuste do mesmo consoante o perfil projetado, considerando a curva de Novembro como a última modelagem obtida mensal, a qual possui 24m de largura de pós-praia e cota para o mesmo setor de 4,2m.

6.3. ESTAÇÃO 20

6.3.1. Morfologia e morfodinâmica

A Estação 20 localiza-se na Praia de Piedade, com posição nas coordenadas $8^{\circ}10'45.88''\text{S}/34^{\circ}55'0.63''\text{W}$ e Referencial de Nível (RN) igual a 4.907m. Assim como os anteriores na praia, esse perfil se encontra na sombra do *beachrock* (Figura 6.3.1.1–A), entretanto, situado na porção mais sul da rocha que se encontra mais próxima da faixa de praia. Devido esta pequena distância com a linha de costa, a quebra das ondas ocorre praticamente na praia e afetam com Maior energia o sedimento, por conseguinte, a largura da pós-praia e do estirâncio também sofrem alteração.

Outro fator que contribui para a diminuição da largura da pós-praia, e fazer com que o ponto sofra grande flutuação no balanço sedimentar, está associado variação de cota da rocha (Figura 6.3.1.1–B), as quais provocam difração das ondas ao atravessarem as partes mais baixas quando momentos de preamar, gerando a erosão com rebaixamento e retração da pós-praia. Em baixa-mar, a faixa de praia sofre menor influência da atuação direta das ondas, uma vez que impedem sua passagem ou atenuam grande parte da sua energia (Figura 6.3.1.1–A).

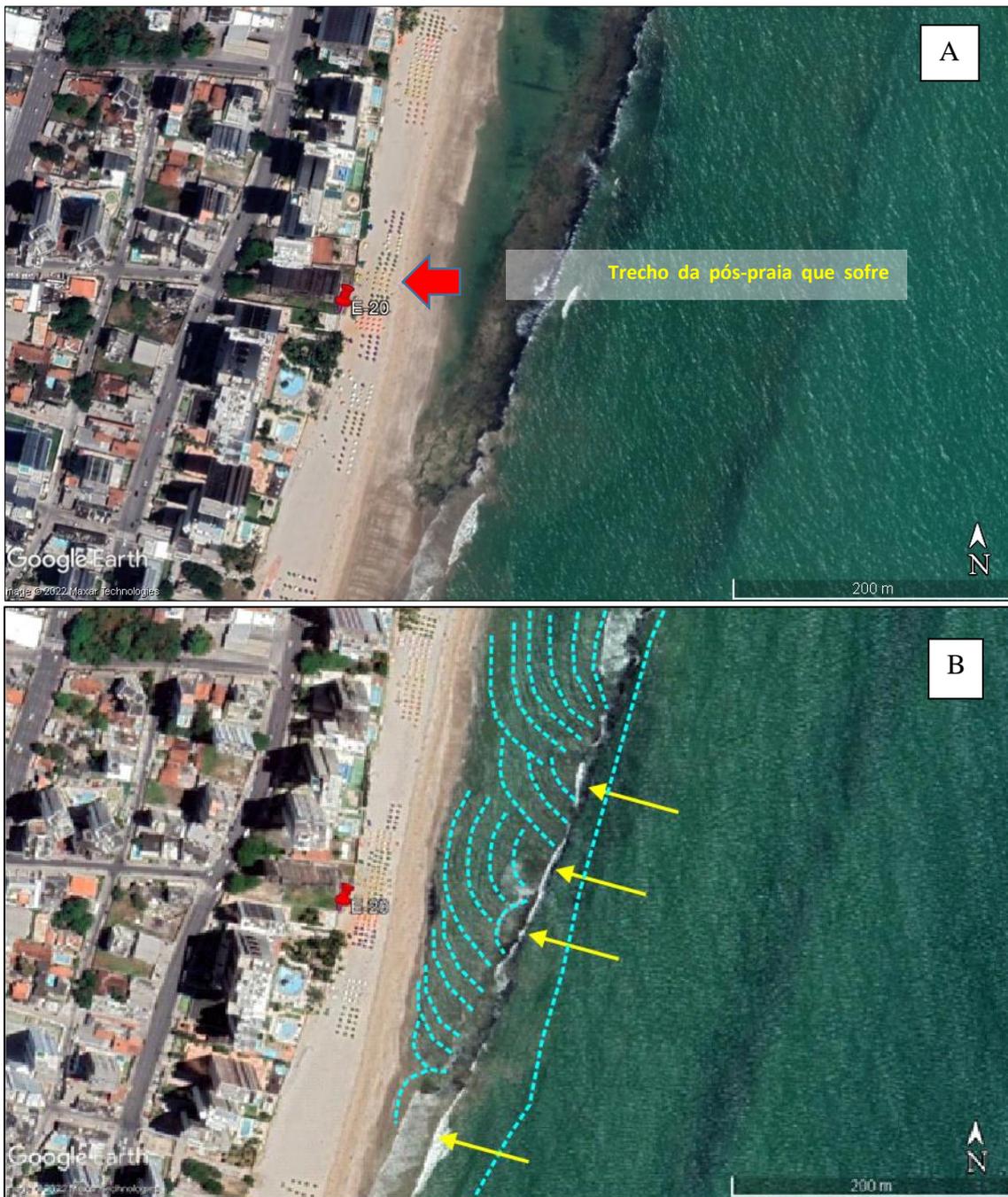


Figura 6.3.1.1. Imagem mostrando a localização da Estação E20. A – Trecho na visão de baixa-mar, cujo *beachrock* atua como proteção natural da costa. Entretanto, o perfil apresenta retração da pós-praia (seta vermelha) apesar de estar à sombra dos *beachrocks*. B – Visão da quebra das ondas observadas pela espuma sobre os *beachrocks* (setas amarelas). No caso, a proximidade com a faixa de areia e os pontos com rebaixamento da cota, propiciam a passagem das ondas difratadas (tracejado azul) que promovem a erosão marinha. (Fonte: modificado de Google Earth, A-Outubro de 2021, B-Setembro de 2020).

Mais ao sul da estação é possível observar também a ocorrência de aberturas que existem na linha da rocha (Figura 6.3.1.2), cuja faixa de praia torna-se diretamente exposta a hidrodinâmica marinha costeira. Esta abertura pode, inclusive, impactar diretamente o perfil próximo a estação 20, uma vez que a variação de nível, provocada pelo acúmulo de água nas áreas dos *beachrocks* devido à quebra das ondas sobre ele,

corrobore para a formação de um fluxo de retorno por estas aberturas. Como a região da descontinuidade permite a dissipação de energia diretamente sobre o sedimento da faixa de praia, o trem de onda costeiro interage com o fundo a uma profundidade maior quando comparada as áreas laterais, onde o substrato rochoso reduz a profundidade propicia uma elevação de nível local. Como consequência desse gradiente, a região de exposição representa um caminho de convergência desse volume de água acumulado ao lado, e, possivelmente, seja agente transportador de material sedimentar, removendo-o da zona entre o *beachrock* e a faixa de praia próxima a área amostrada.

O fechamento dessas aberturas, todavia, foi recomendado, mas não houve autorização por parte do Ministério Público Federal, que entendeu erroneamente que as intervenções indicadas devido às condições hidrodinâmicas, principalmente a ação das ondas considerando vários parâmetros como altura, período e frequência, além da batimetria do local analisados nos estudos com modelagem numérica e analítica, não iriam beneficiar e permitir a manutenção da engorda.

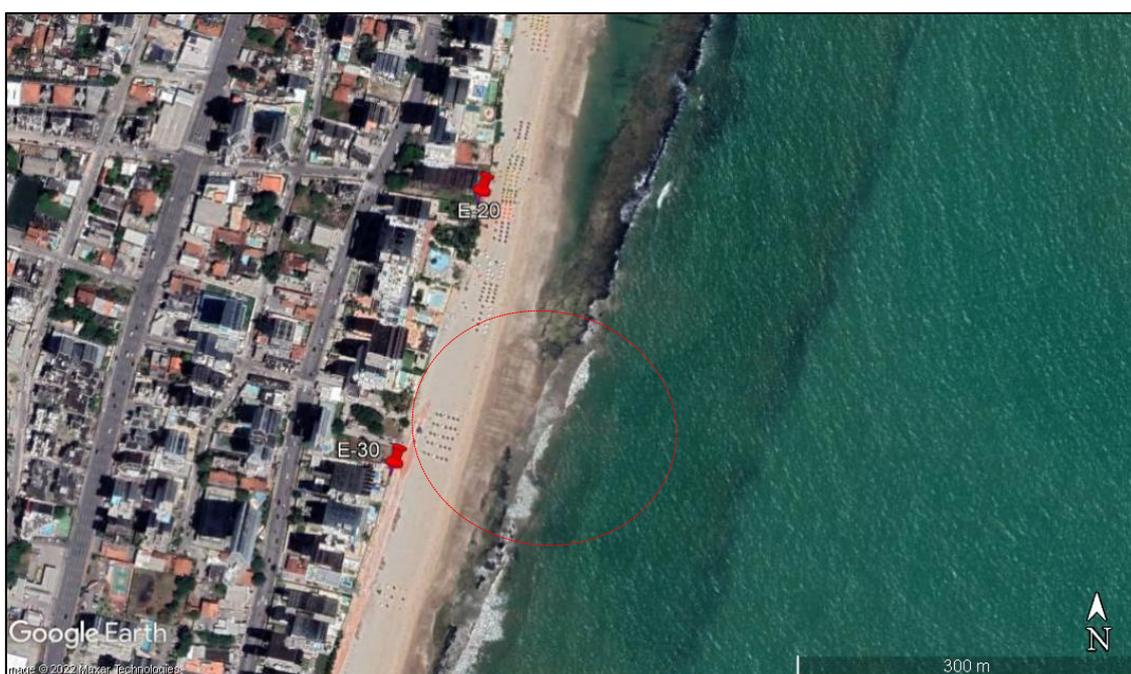


Figura 6.3.1.2. Ilustração mostrando a abertura (elipse tracejada em vermelho) existente na linha do beachrock, mais a sul da posição da Estação E20 que também influencia na morfologia e hidrodinâmica nesse local. (Fonte: modificado de Google Earth, Outubro de 2021).

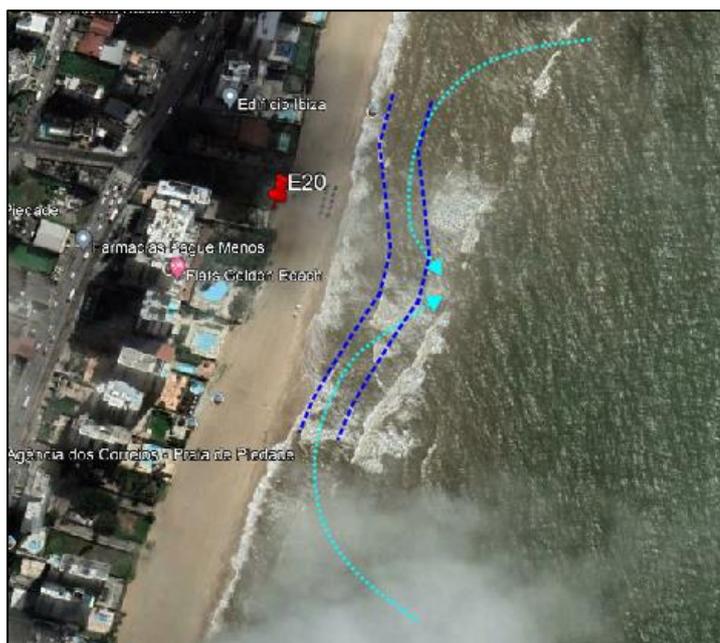


Figura 6.3.1.3. Representação da abertura existente na linha do beachrock em condições de preamar, cuja quebra das ondas sobre o substrato rochoso gera gradiente de nível na superfície da coluna d'água, que promove conversão do volume para a abertura (seta em azul claro). Consequentemente, forma-se uma sinuosidade nos trens de onda (linha tracejada em azul escuro), cujas cristas apresentam retenção sobre área desprotegida e maior acúmulo nas zonas abrigadas pela rocha. (Fonte: modificado de Google Earth, Julho de 2019).

Avaliando-se o comportamento dos perfis medidos, nota-se que ocorreu o rebaixamento da cota e retração da pós-praia com diminuição da largura, ambas em relação ao perfil projetado. De Fevereiro de 2016 até Maio de 2018 (Figura 6.3.1.3) houve erosão. Entre Maio e Junho de 2018 registrou-se recomposição da cota da pós-praia e do estirâncio de 1,5m. E entre Junho e Dezembro de 2018 ocorre estabilidade na cota da pós-praia com manutenção da cota, ficando em torno dos 4m, no entanto, a largura da pós-praia encontra-se aquém do limite de segurança.

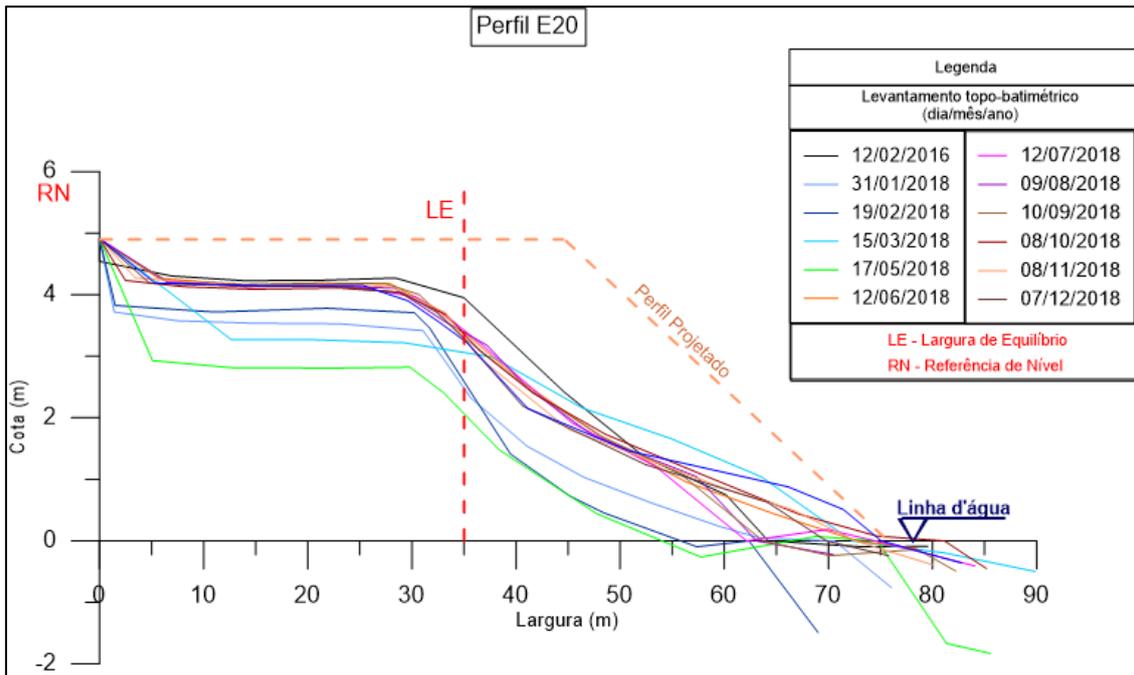


Figura 6.3.1.4. Representação esquemática das curvas topográficas no período de 2016 até 2018 (Fonte: NEM, 2019).

Entre Janeiro e Julho de 2019 nota-se que ocorreu equilíbrio e pouca alteração, mas em geral há a erosão (Figura 6.3.1.4). A largura média de Janeiro a Julho foi por volta de 25m e cota de 4m. O estirâncio apresentou poucas variações, com a porção superior apresentando maior declividade comparada ao inferior. Porém observando o mês de Julho é possível perceber o maior recuo na porção inferior, tornando o perfil mais íngreme, provavelmente associado ao período chuvoso.

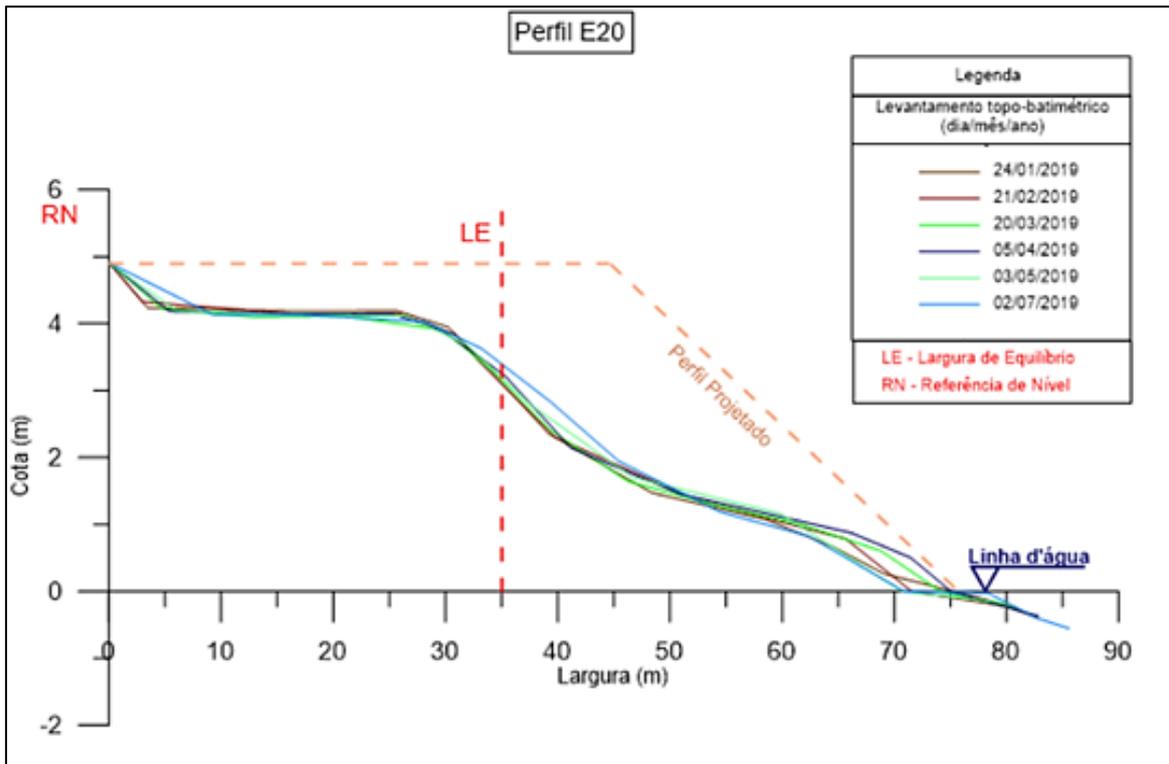


Figura 6.3.1.5. Representação esquemática das curvas topográficas no período entre Janeiro e Julho de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

O segundo semestre de 2019 mostra os perfis de Setembro, Novembro e Dezembro com cota do pós-praia em torno de 4m, com leve rebaixamento dessa cota no mês de Outubro (Figura 6.3.1.5). Durante todo esse período o pós-praia encontra-se recuado, com largura máxima de aproximadamente 30m também no mês de Outubro. O estirâncio, assim como nos meses anteriores, não expressa significativas variações e segue mesma tendência de delineamento, cujo perfil estende-se em média até 80m.

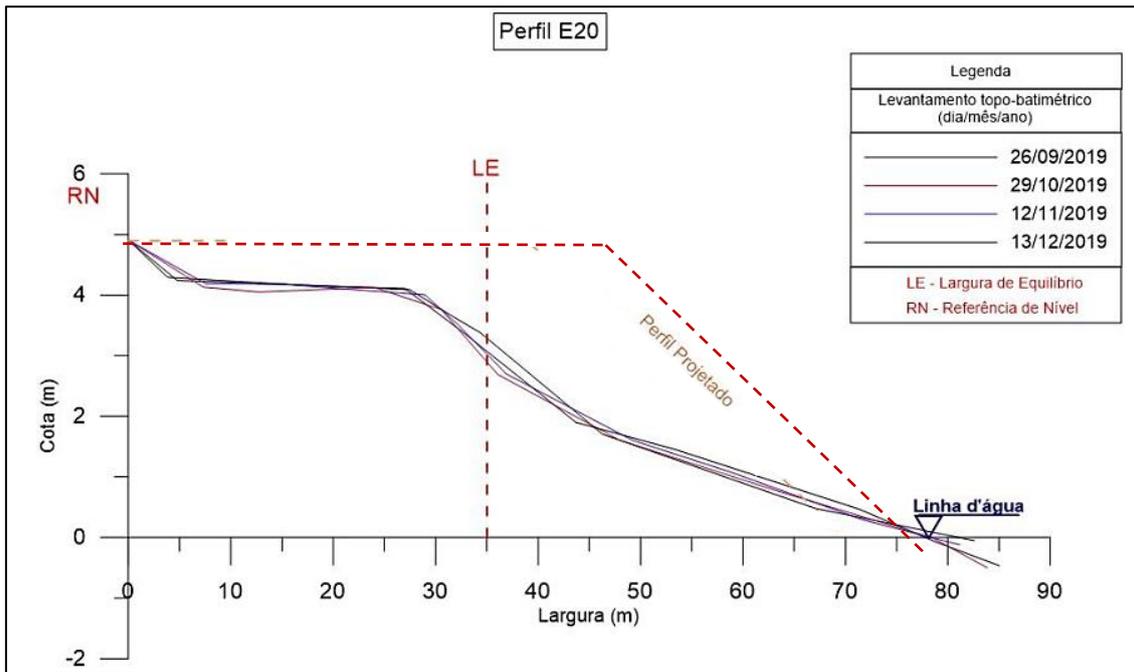


Figura 6.3.1.6. Representação esquemática das curvas topográficas no período entre Outubro e Dezembro de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

6.3.2. Condições climáticas-oceanográficas

Olhando o comportamento dos perfis em 2019 nota-se que os efeitos da sazonalidade não são significativos, e a hidrodinâmica não altera o comportamento do perfil acentuando a erosão, entretanto também não promove a reposição de sedimento. Esse fato mostra que a areia não está no sistema, pois poderia ser transportada e devolvida naturalmente, recompondo o perfil praiial.

A presença dos *beachrocks* adjacentes à costa exerce influência na quebra de ondas e na variação do nível da água gerado por esta quebra, o que promove a canalização de correntes e o transporte de sedimentos, cuja tendência se dá na direção *offshore* através dos canais que existentes ao longo da linha de rocha e da convergência de fluxo de água na abertura gerada pela sua descontinuidade, processos que podem ser responsáveis por perda de sedimentos que resultam nos processos erosivos observados na região.

Como exposto, este ponto apresenta significativa redução e rebaixamento da pós-praia, em consequência da dissipação da energia das ondas diretamente sobre a praia, dada a proximidade do *beachrock*, em conjunto com os fenômenos de difração e refração que advém das suas aberturas. Desta forma, o sedimento que é transportado pode ser trapeado, onde passa a se depositar na frente do *beachrock* e fica aprisionado na antepraia, caracterizando o cenário de erosivo para o perfil. Tendo em vista que o

retorno do sedimento depende da hidrodinâmica imposta pelas ondas, é extremamente recomendada a reposição do sedimento, ajustando o trecho, trazendo-o para a largura de construção de projeto.

6.3.3. Cálculo do volume para o perfil

Levando em consideração o perfil de Dezembro, com 28m de largura de pós-praia e aproximadamente 4m de cota, o volume necessário para recomposição nesse perfil é de 103,92m³ de areia.

6.4. ESTAÇÃO 30

6.4.1. Morfologia e morfodinâmica

A Estação 30 localiza-se na Praia de Piedade, com posição nas coordenadas 8°10'53.7"S/34°55'3.15"W e Referencial de Nível (RN) igual a 5.182m. Esse perfil apresenta forte flutuação na sua morfologia, mesmo estando à sombra do *beachrock* (Figura 6.4.1.1), visto que ocorre a erosão, no entanto, sem o posterior retorno natural do sedimento erodido, promovendo o balanço sedimentar negativo. Percebe-se a Estação E30 está a sul da abertura que existe nessa linha (Figura 6.4.1.1) e pode estar sobre a ação das modificações hidrodinâmicas adjuntas gerando consequências morfológicas.

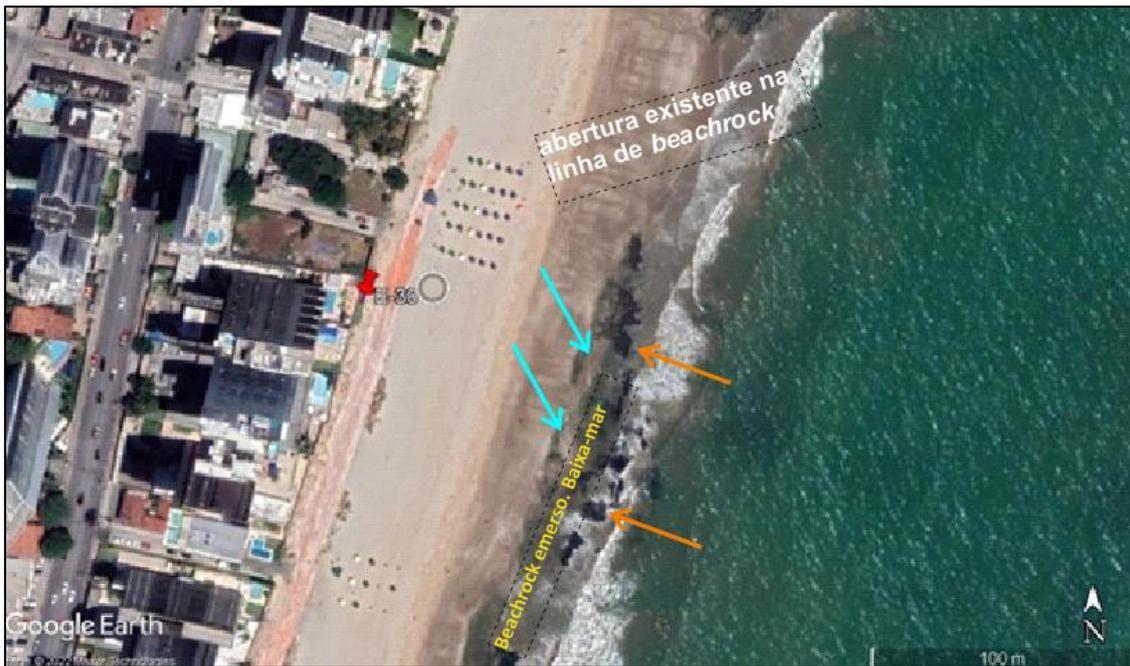


Figura 6.4.1.1. Ilustração esquemática que mostra o beachrock emerso, onde se percebe a diferença de cota tendo parte soterrada (seta ciano) e parte acima da linha d'água (seta laranja). Essa diferença de cota pode ser o fator de interferência e alteração do balanço sedimentar. Também há a descontinuidade da linha rochosa, com abertura que também promove influência sobre o comportamento tanto hidrodinâmico, quando de transporte sedimentar (Fonte: modificado de Google Earth, Outubro de 2021).

Na Figura 6.4.1.2, nota-se a ação das ondas passando sobre o *beachrock* e dissipando a energia sobre o estirâncio e pós-praia na região da estação, além da zona de descontinuidade do *beachrock*, a qual forma uma abertura que, durante marés máximas, favorece a chegada das ondas sobre a faixa de praia sem previa dissipação energética. Entretanto, observa-se a tendência de redução dos trens ondas na borda da rocha, possivelmente ligada ao fluxo de retorno convergente pós acumulo e espraiamento da zona abrigada, processo este descrito na estação anterior.



Figura 6.4.1.2. Ilustração esquemática que mostra o beachrock submerso e a passagem das ondas sobre a rocha (seta azul) e abertura a norte (descrição na figura, em preto), onde se nota a chegada da onda frontal e modificando a sua configuração ao chegar à antepraia. (Fonte: modificado de Google Earth, Dezembro de 2021).

Avaliando-se o comportamento dos perfis medidos (Figura 6.4.1.3), nota-se que ocorreu severo rebaixamento da cota da pós-praia, embora a largura desta esteja na ordem do perfil projetado, ou seja, 45m. De Janeiro de 2016 até Janeiro de 2018 houve substancial processo erosivo e o rebaixamento foi intenso. A partir de Janeiro de 2018 a Julho de 2019 houve a recuperação do perfil, mesmo com um período de rebaixamento nesse intervalo de tempo. Pode-se inferir, portanto, que o *beachrock* corroborou para a preservação a largura da pós-praia, mas não da cota.

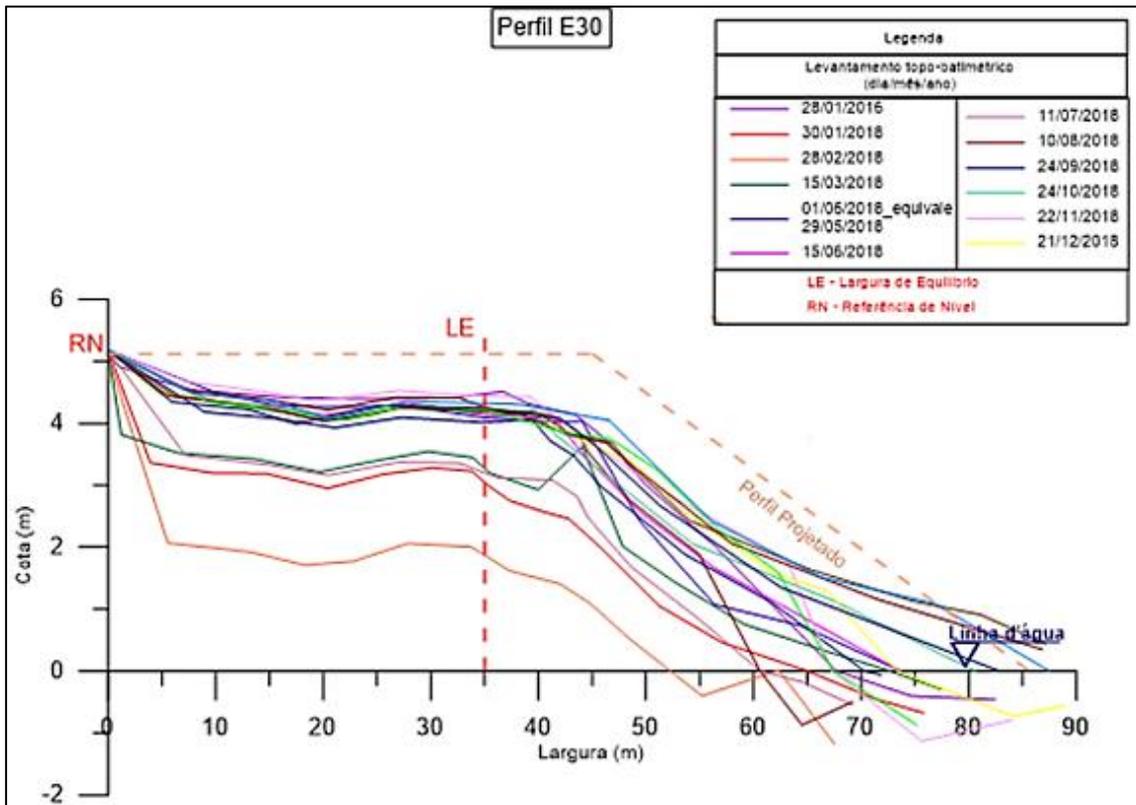


Figura 6.4.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 30 (E30) medidos no período entre 2016 e 2018. A posição da berma não varia substancialmente, mas a cota em relação ao RN, sim. Também se percebe que o estirâncio ficou bem preservado em sua extensão (Fonte: NEM, 2019).

Durante o primeiro semestre de 2019 (Figura 6.4.1.4), os perfis apresentam semelhança, principalmente na configuração da pós-praia, com rebaixamento entre o RN e a berma. Entre Janeiro e Março, a cota da berma reduziu ligeiramente abaixo dos 4m, com largura acima dos 45m, mas grande recuo do estirâncio inferior em Março, imprimindo ao perfil uma largura abaixo dos 70m. Já em Abril, a cota tornou-se um pouco mais elevada, porem com breve recuo da pós-praia, situando-se por volta dos 43m. Em Maio houve recuperação da largura superior aos 45m e manutenção da cota por volta dos 4m.

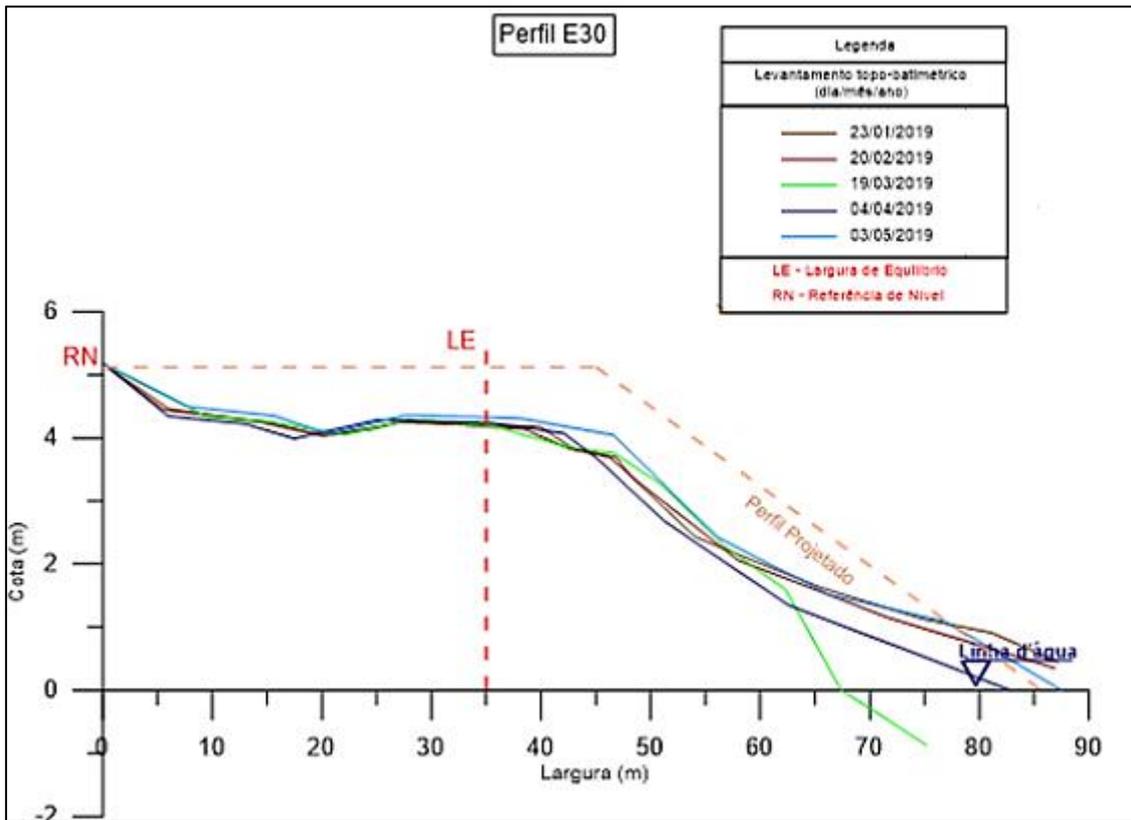


Figura 6.4.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas referentes ao primeiro semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

Para o segundo semestre de 2019 as configurações do perfil (Figura 6.4.1.5) são bastante semelhantes entre si, assim como para com os meses do primeiro semestre. Entre Agosto a Dezembro, a largura da pós-praia se manteve a mesma, todas superiores aos 40m. De Agosto a Setembro, todavia, existe elevação da cota e redução da inclinação do estirâncio. Em outubro nota-se a redução da cota, a qual se torna próxima aos 4m, e nos meses seguintes retorna para valores acima dos 4m, seguidos da elevação do estirâncio. Dessa forma, é possível observar que há um leve ganho de sedimento em todo o perfil conforme os meses de verão vão chegando.

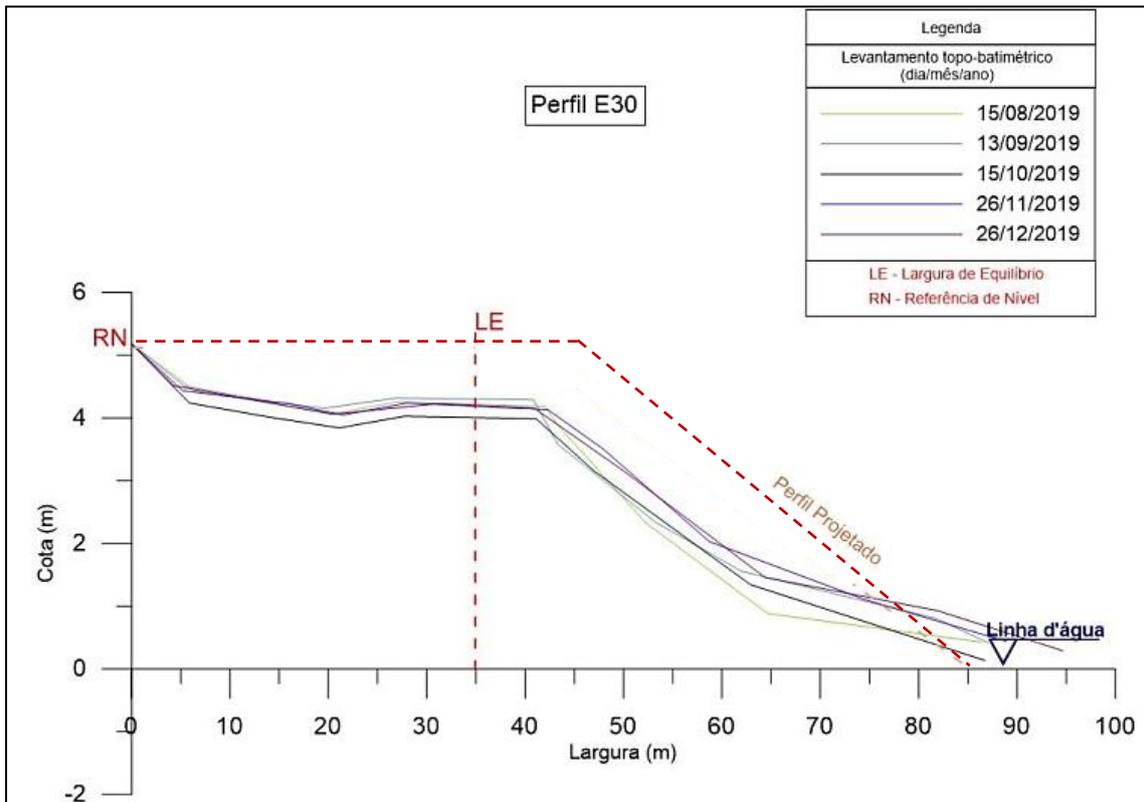


Figura 6.4.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas referentes aos meses de Agosto a Dezembro de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

6.4.2. Condições climáticas-oceanográficas

Analisando-se o comportamento dos perfis em 2019 percebe-se notadamente a tendência a estabilização da cota e largura da pós-praia, tendo em vista as pequenas variações ao longo do ano. É plausível interpretar que com a maior aproximação da linha de costa, o *beachrock* não permitiu a diminuição da largura da pós-praia. Este fato está associado a proteção a costa fornecida pelo *beachrock*, o qual impede a passagem de ondas quando em baixos níveis da linha d'água e dissipa parte da energia oriunda das ondas quando em maiores níveis, fazendo com que a largura permaneça na ordem da largura de construção.

Entretanto, dada a interação do perfil com as ondas quando em níveis de água acima da cota da rocha, a mesma estrutura promove balanço sedimentar negativo e rebaixamento da cota. Isto porque ocorre a passagem das ondas, mesmo com dissipação de energia sobre o *beachrock*, mas com quebra sobre a praia, promovendo turbulência ao meio e carregando consigo o sedimento no retorno do volume de água após sua trajetória de espriamento. Ou seja, é gerado transporte de sedimento por cima da estrutura em direção ao mar ou entre sua abertura mais ao norte. E como a onda já teve

sua energia atenuada e a cota do *beachrock* no lado voltado a antepraia é mais elevada comparada ao voltado a praia, o agente de transporte não tem a mesma competência para devolver o sedimento que ultrapassou essa elevação, funcionando como barreira natural. Portanto, o material sedimentar do perfil tende a não retornar à praia e repor seu estoque sedimentar, impedindo a restauração do balanço sedimentar natural.

Considerando também a hipótese de convergência de água sobre a descontinuidade da rocha, a proximidade do perfil com a área de abertura reflete o alargamento do setor da pós-praia em resposta a tendência de deposição sedimentar local gerada pelo transporte resultante entre o *beachrock* e faixa de praia, o qual acumula sedimentos oriundos das estruturas rochosas ao norte e ao sul da abertura. Por esta razão, ainda que o perfil sofra erosão por atuação hidrodinâmica da quebra de ondas e seguinte transporte para a porção *offshore*, o contínuo deslocamento sedimentar gerado pelo transporte convergente provoca uma alimentação da zona e, conseqüentemente, da pós-praia do perfil.

Caso o *beachrock* existisse de modo paralelo e contínuo próximo às praias, além de cota sempre acima do nível da água, tenderia a absorver a energia das ondas e poderia causar a formação de uma feição sedimentar similar a um terraço de maré baixa, como observado por Oliveira et al. (2013) na praia de Serrambi localizada no município de Ipojuca-PE.

6.4.3. Cálculo do volume para o perfil

Devido a largura do mês de Dezembro situar-se acima da largura de equilíbrio, não se estimou volume de sedimento necessária para reposição.

6.5. ESTAÇÃO 41

6.5.1. Morfologia e morfodinâmica

A Estação 41 localiza-se na Praia de Piedade, com posição nas coordenadas 8°11'6"S/35°55'6.73"W e Referencial de Nível (RN) igual a 5.076m. Esse perfil também está à sombra do *beachrock* (Figura 6.5.1.1 A, B), especificamente em sua porção terminal ao sul, cuja distribuição é esparsa e fragmentada.

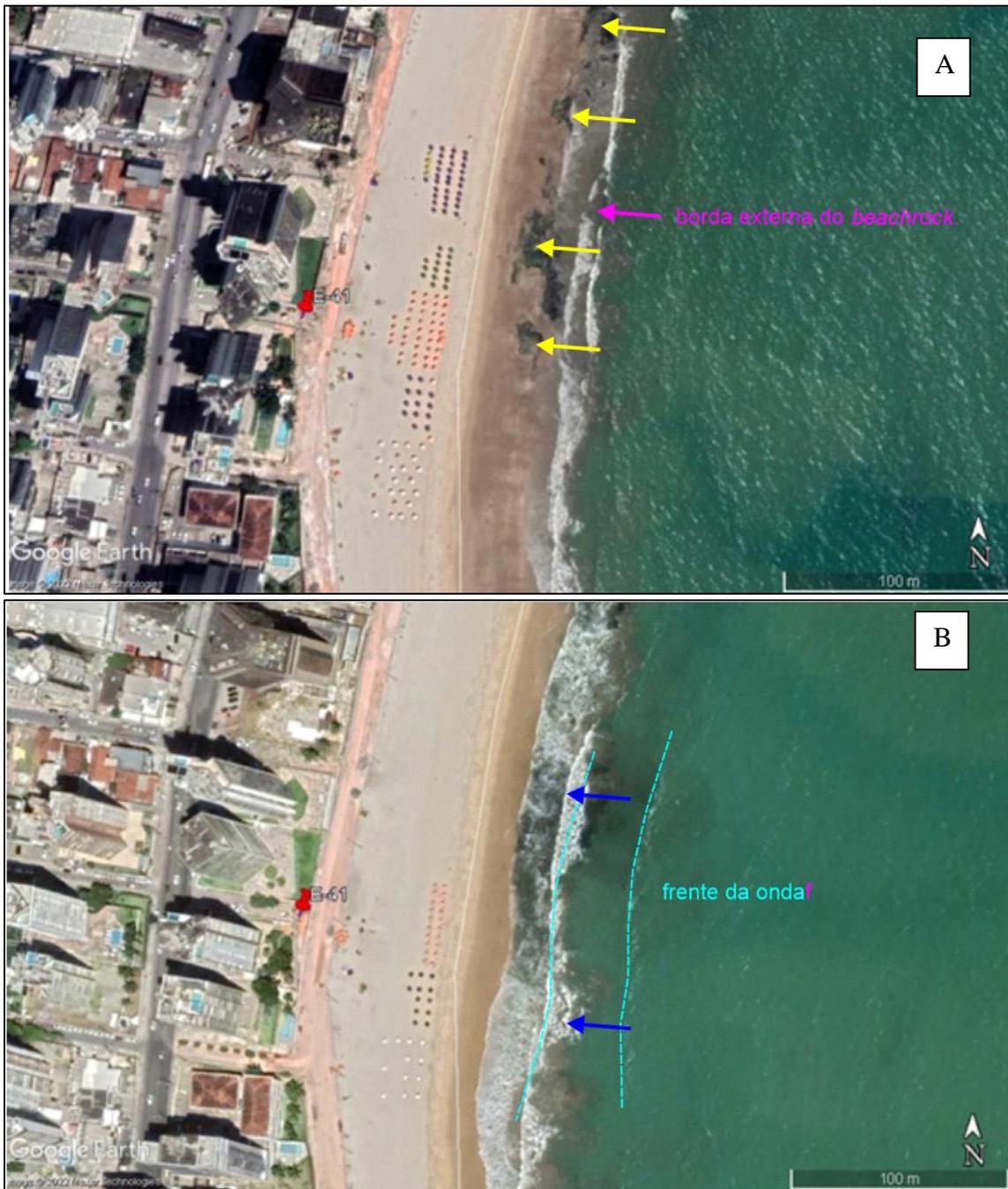


Figura 6.5.1.1. . Ilustração esquemática mostrando a posição da Estação E41 (A). Nota-se a presença de parte do *beachrock* recoberto por sedimento, mas com partes expostas (seta amarela) B- Visão das ondas quebrando na borda externa do *beachrock* e espreado sobre o estirâncio e pós-praia durante marés elevadas. (Fonte: modificado de Google Earth, A-Outubro de 2021, B-Dezembro de 2021).

O perfil apresenta grande flutuação da cota (Figura 6.5.1.2), com período de forte rebaixamento na pós-praia seguida de recuperação, no entanto, sem reestabelecer valor do perfil projetado. Já a largura encontrou-se sempre acima da largura de equilíbrio, 35m, com momentos onde ultrapassou a de construção em cerca de 15m, passando a uma média acima de 60m. Entre Janeiro de 2016 e Fevereiro de 2018 houve substancial processo erosivo e o rebaixamento foi intenso, culminando em cotas abaixo

de 3m, mas, a partir desse último até Junho de 2018, houve recuperação do perfil. Já em Julho houve novo rebaixamento pela erosão, seguido da recomposição para cotas próximas a 4m a partir de Agosto, condição esta mantida até o mês de Novembro do mesmo ano.

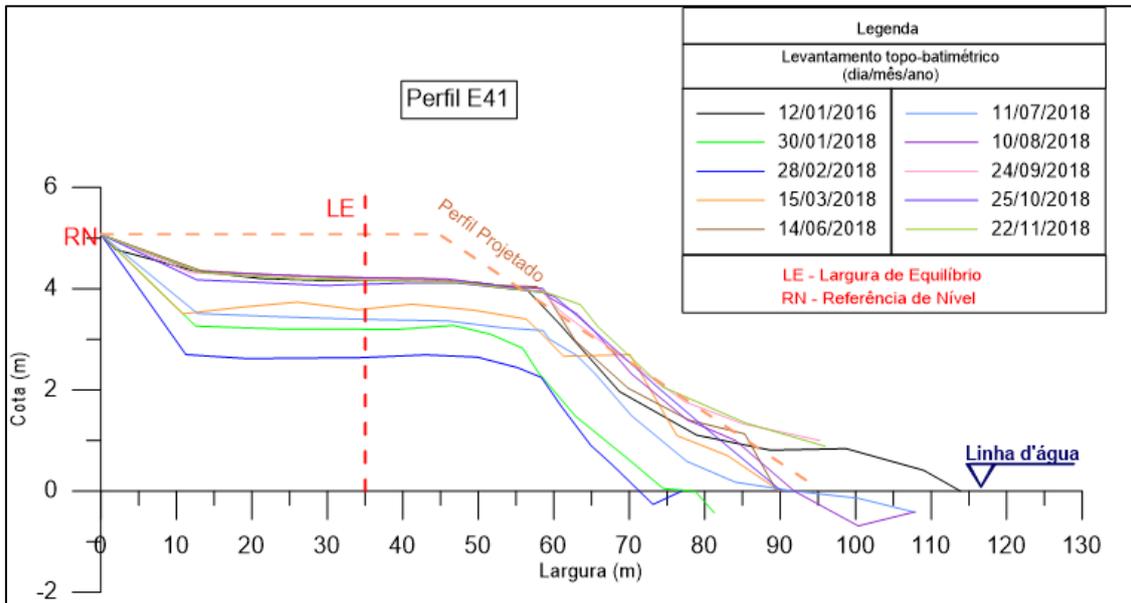


Figura 6.5.1.2. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 30 (E30) medidos no período entre 2016 e 2018. A posição da berma está bem além da projetada, mas a cota da pós-praia está rebaixada em relação ao RN. Também se percebe que o estirâncio ficou bem preservado em sua extensão (Fonte: NEM, 2019).

Observando, agora, o período de Janeiro a Abril de 2019 (Figura 6.5.1.3) percebe-se que houve recuperação e tendência ao equilíbrio, com cota próxima aos 4m e largura da pós-praia por volta dos 63m. O estirâncio também apresenta curvas muito semelhantes entre si, principalmente na porção superior, tanto para declividade quanto para cotas. Já no estirâncio inferior, observa-se que o perfil do mês de Abril apresenta a maior extensão, acima dos 110m de largura para o perfil, e o mês de Março como o mais recuado, com perfil atingindo largura próxima aos 90m. Como os meses de Janeiro e Fevereiro não exibem a curva abaixo da cota 0 (zero), não é possível estimar o valor de largura do perfil com precisão.

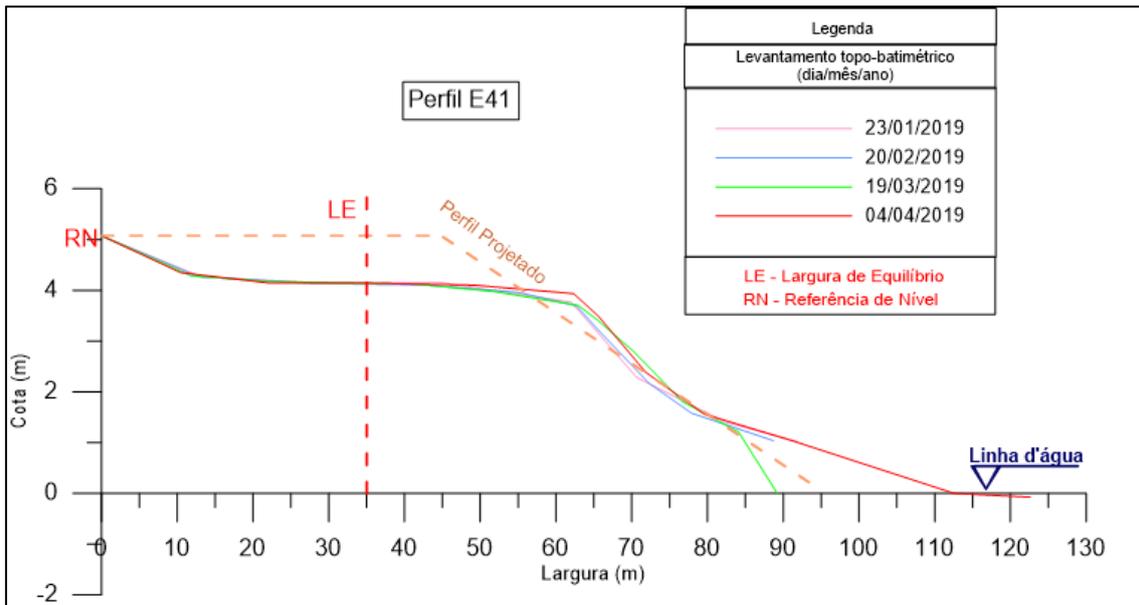


Figura 6.5.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas referentes aos meses de Janeiro a Abril de 2019. Nota-se a tendência ao equilíbrio e praticamente nenhuma modificação nesse intervalo de tempo avaliado (Fonte: NEM, 2019).

Para o segundo semestre de 2019, os ganhos de sedimento, isto é, as variações exibidas no perfil (Figura 6.5.1.4), estão concentradas no estirâncio superior. É possível perceber que, no mês de Outubro, o estirâncio superior se mostra bastante inclinado e retraído comparado aos demais perfis do período, sendo recompostos nos meses seguintes.

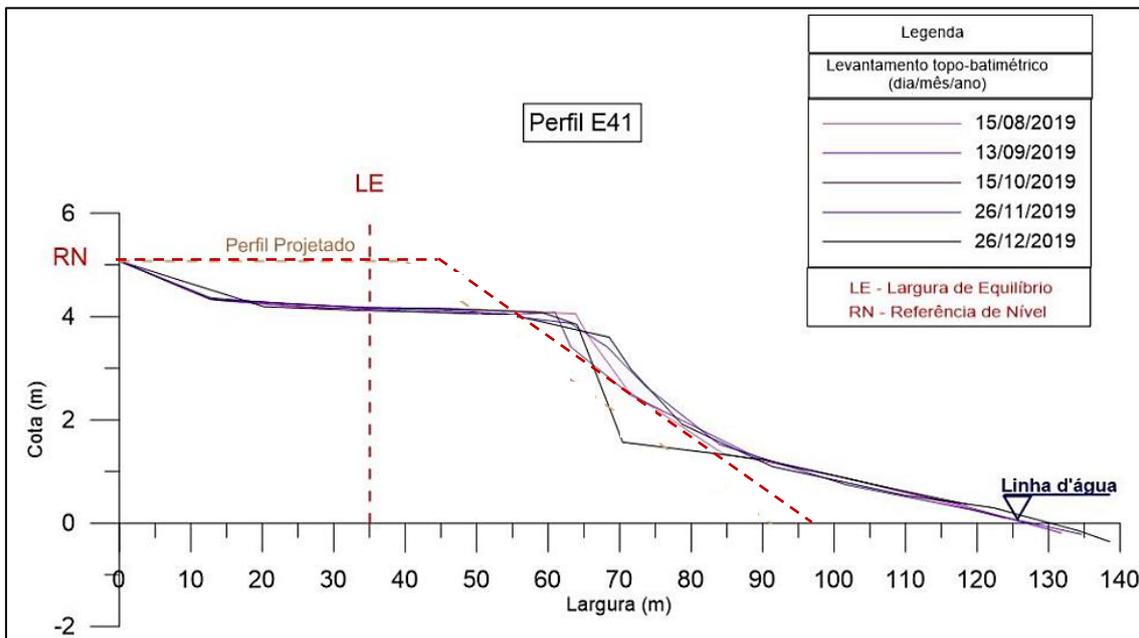


Figura 6.5.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas referentes ao segundo semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

6.5.2. Condições climáticas-oceanográficas

A percepção da tendência a pouca ou quase nenhuma alteração do padrão de sedimentação versus erosão reflete extraordinariamente a estabilização da morfologia do perfil praiial reconstruído, nesse sentido, a configuração tendendo a estabilidade na cota e largura da pós-praia nesse ano de 2019 é totalmente diferente dos anos anteriores devido à falta de oscilação.

A posição do perfil mostra que nesse ponto o beachrock protegeu a erosão a partir da manutenção a largura do pós-praia, embora a altura das ondas impeça a manutenção da cota da pós-praia. Deste modo, a hidrodinâmica está em um estado de pouca interação com a obra, mantendo-a sem fortes alterações e preservando a configuração do perfil praiial reconstruído naturalmente no ano de 2018.

6.5.3. Cálculo do volume para o perfil

Semelhante ao perfil anterior, a largura encontra-se acima da linha de equilíbrio para o mês de dezembro, portanto, não foi estimado volume de reposição para esta estação.

6.6. ESTAÇÃO 51

6.6.1. Morfologia e morfodinâmica

A Estação 51 localiza-se na Praia de Piedade, com posição nas coordenadas 8°11'16.2"S/34°55'5.47"W e Referencial de Nível (RN) igual a 4.104m. Este perfil não possui proteção de *beachrock* expostos na faixa de praia (Figura 6.6.1.1-A), entretanto verifica-se existência de recifes algálicos emersos, interagindo diretamente com a hidrodinâmica costeira (Figura 6.6.1.1-B).

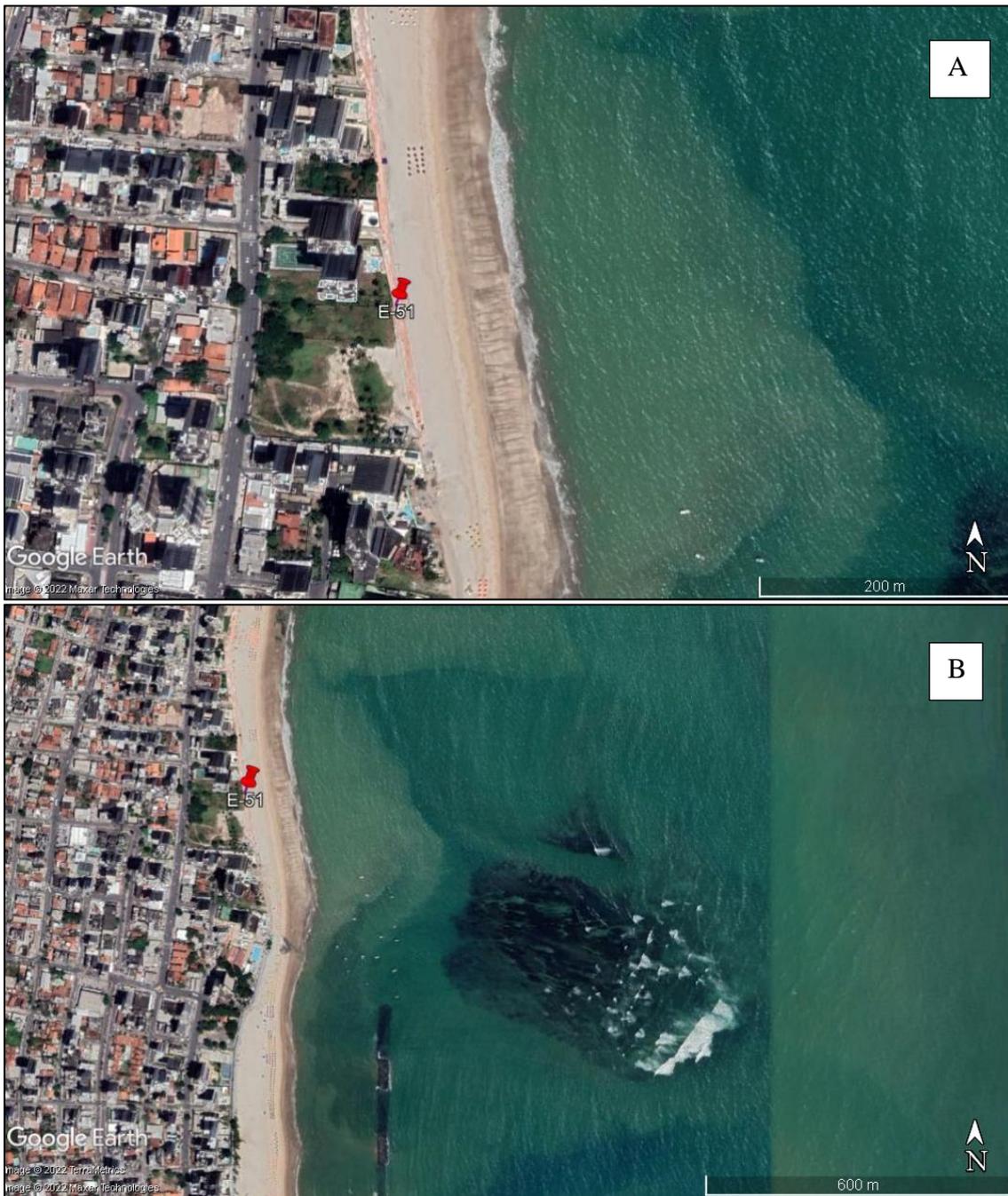


Figura 6.6.1.1. Representação da faixa de praia próximo a estação E51. A- Nota-se ausência de rochas diretamente sobre a zona área do perfil. B. Ocorrência de bancos algálicos na antepraia. (Fonte: modificado de Google Earth, Outubro de 2021).

Os recifes algálicos presentes nessa região são fundamentais para a reorientação das ondas incidentes sobre a praia. Visto que são capazes de interromper trajetória de parte do pacote de ondas, gerando zonas abrigadas, assim como provocam difração dessas a uma distância da costa, permitindo seu espalhamento e reduzindo a sua atuação de forma canalizada (Figura 6.6.1.2).



Figura 6.6.1.2. Os bancos algálicos promovem a difração das ondas (linhas em azul claro) que, por sua vez, atingem a praia de paralelamente a linha de costa. E, como situa-se muito próxima a região abrigada, as ondas que incidem sobre a área do perfil são predominantemente frontais. (Fonte: modificado de Google Earth, Outubro de 2021).

O perfil mostra grande flutuação no que diz respeito a cota, onde houve período de forte rebaixamento na pós-praia no período entre Dezembro de 2015 até Fevereiro de 2018, quando se constata forte processo erosivo com rebaixamento intenso, cota da pós-praia medindo aproximadamente 2,4m e largura em torno dos 35m.

De Fevereiro de 2018 até início de Junho do mesmo ano, no entanto, houve recuperação da cota da pós-praia, ultrapassando a cota do RN, mas a partir dessa data até o mês de Agosto de 2018 houve novo rebaixamento pela erosão, atingindo novamente 2,5m. De Setembro a Novembro, observa-se recuperação da cota próximo ao valor de RN. A largura da pós-praia, no entanto, apresenta forte retração em todos os meses onde houve o levantamento, mas no geral, sempre acima da linha de equilíbrio.

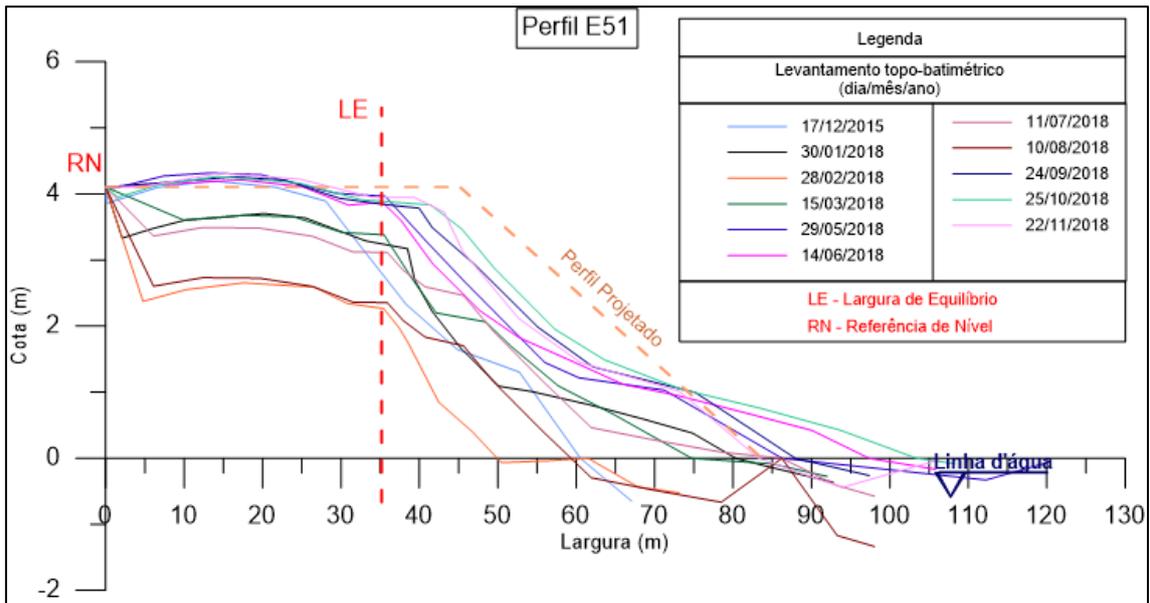


Figura 6.6.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas dos anos de 2015 a 2018 (Fonte: NEM, 2019).

De Janeiro a Maio de 2019, a largura e a cota da pós-praia permaneceram no mesmo patamar do RN, próxima ao 4m, e a largura um pouco além da de construção, situando-se acima de 40m. Os dados de 2019 mostram-se igualmente tendendo a estabilização, onde as curvas medidas estão todas praticamente sobrepostas. O estirâncio superior apresentou um pouco de retração, enquanto o inferior chegou a larguras superiores comparados ao perfil projetado, com máximo de 105m no mês de Fevereiro e mínima de 78m em Março.

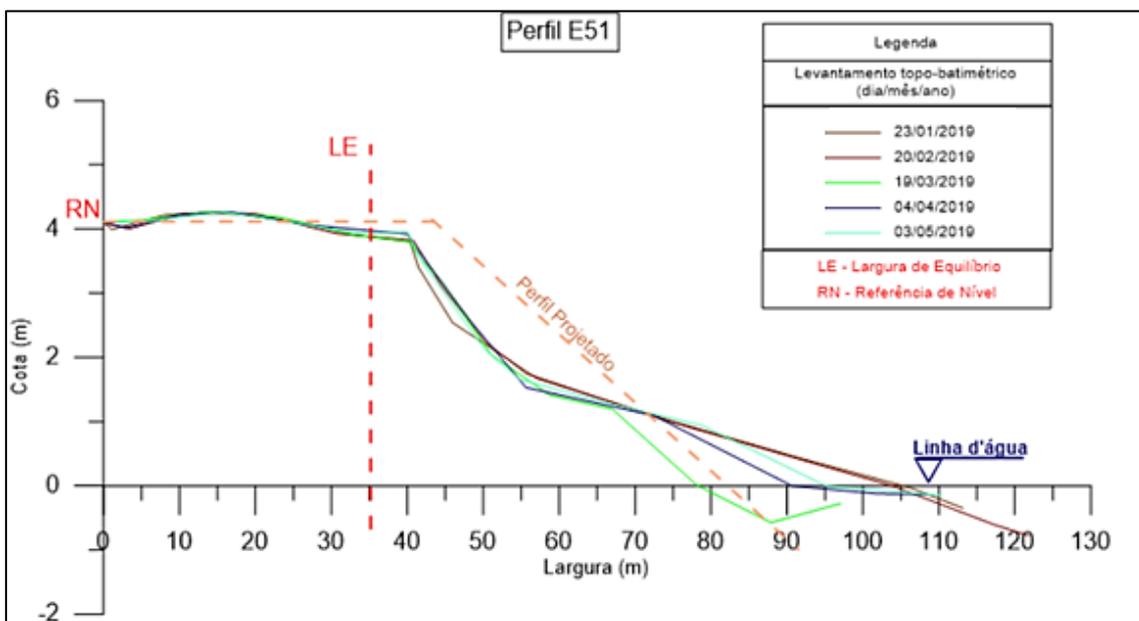


Figura 6.6.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas referentes aos meses de Janeiro a Maio de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

No segundo semestre de 2019, o pós-praia de todos os perfis permanecem com largura de construção, cerca de 40 metros, com máximo em Outubro em aproximadamente 43m. A zona de estirâncio segue a mesma tendência do primeiro semestre, com porção superior apresentando inclinação maior que o inferior e perfil com largura média de 110m.

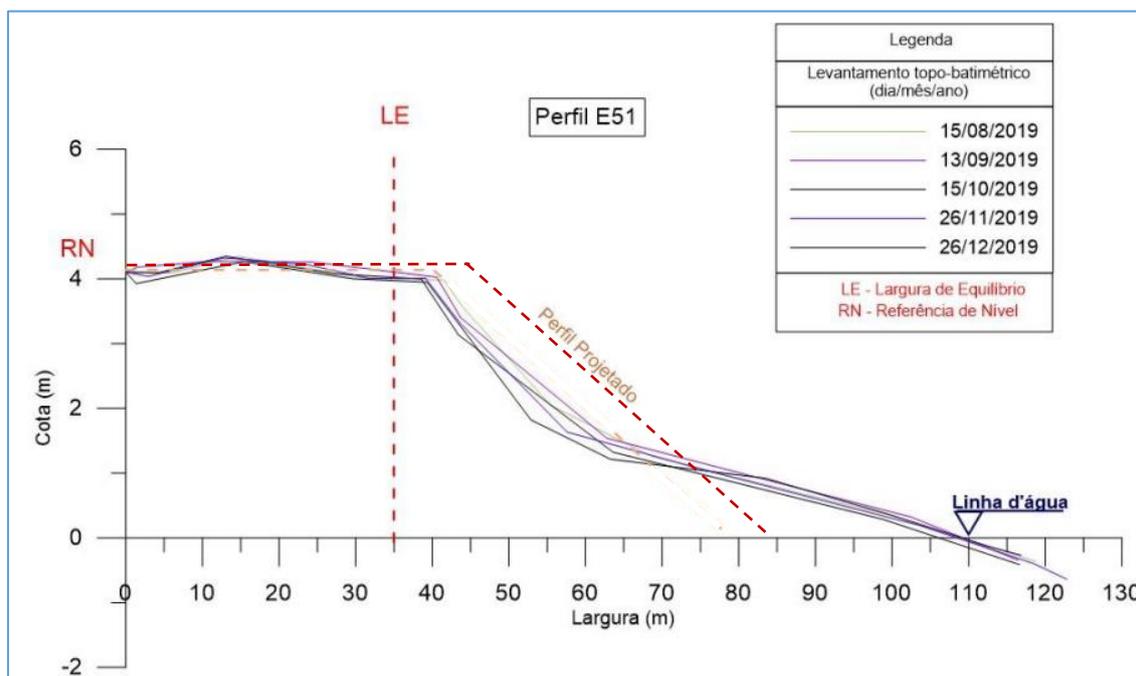


Figura 6.6.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas referentes ao segundo semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

6.6.2. Condições climáticas-oceanográficas

Como exposto, o perfil inicialmente apresentou ciclos de forte rebaixamento e recuperação, cuja largura do pós-praia dificilmente ultrapassa a largura de equilíbrio até o ano de 2018. Entretanto, no ano seguinte, é observada a estabilização do perfil, possivelmente devido à proteção de recifes algálicos presentes na antepraia, os quais geram região de sombra próxima ao perfil estudado. E mesmo que os bancos algálicos provoquem difração das ondas provenientes da plataforma continental, são capazes de impedir a chegada destas em ângulo com a linha de praia. Ou seja, os trens de ondas chegam a praia de forma frontal, inibindo a forte erosão e transporte pela deriva.

Dessa forma, o sedimento tende a ficar no sistema, com movimento da areia da pós-praia para o estirâncio ou para o início da antepraia. Apesar de não haver perda significativa no volume, o arranjo das curvas mostre claramente que a areia do estirâncio superior está no inferior e a pós-praia sofre pequena redução na largura.

Entretanto, apenas realocar o sedimento do estirâncio superior para o superior pode provocar instabilidade e possível desequilíbrio no perfil, com instalação de erosão pronunciada como consequência. E, por este motivo, caso seja proposta a realocação de sedimento, recomenda-se complementar o perfil a fim de atingir o de construção, visto que irá promover aumento do estoque disponível para aumentar a resposta frente a hidrodinâmica. Isto porque

6.6.3. Cálculo do volume para o perfil

Todavia, considerando a largura acima da de equilíbrio registrada para o mês de Dezembro de 2019, não se estimou o volume sedimentar necessário para reposição do perfil de projeto, visto que a condição de equilíbrio ainda foi atendida.

6.7. ESTAÇÃO 61

6.7.1. Morfologia e morfodinâmica

A Estação 61 localiza-se na Praia de Piedade, com posição nas coordenadas $8^{\circ}11'24.9''S/34^{\circ}55'3.95''W$ e Referencial de Nível (RN) igual a 4.276m. Este ponto encontra-se próximo ao SESC de Piedade e possui na faixa de praia a estrutura de espigão (Figura 6.7.1.1), outrora utilizado como alternativa de contenção da erosão, situado sobre o estirâncio e parte da pós-praia. Esse é um dos pontos mais vulnerável à erosão por conta da ocupação urbana sobre a pós-praia que nesse ponto é mais estreita devida a própria configuração do continente.



Figura 6.7.1.1. Imagem mostrando a posição da Estação E61 e do espigão com 45o (seta vermelha) promovia influência a norte Foi sugerida a remoção do espigão, pois sua presença era danosa sob vários aspectos (refração e difração das ondas, impedimento do transporte sedimentar e impedimento do livre trânsito pelos pedestres; Prof Núbia Chaves Guerra, informação pessoal), cujos blocos estão ainda acumulados sobre a pós-praia (seta marrom), mas com a continuação da erosão, a porção mais basal foi exumada e continua interferindo no transporte sedimentar além de prejudicar o trânsito das pessoas sobre o estirâncio (seta verde) e ser um risco ao banho, pois na maré alta não há aviso da existência de rochas. (Fonte: modificado de Google Earth, Outubro de 2021)

Além deste, na antepraia encontram-se recifes algálicos (Figura 6.7.1.2) diretamente em frente ao perfil, que promove dissipação de parte da energia das ondas, contendo uma descontinuidade que resulta em abertura em seu arranjo. Assim como é observada a linha de quebra-mares mais ao sul, adjacente ao recife algálico e mais próximo a faixa de praia, e tendo em vista o fato de que estão dispostos com um distanciamento entre si, outra abertura é gerada e influencia de forma conjunta com a anteriormente descrita. Sendo assim, os padrões de incidência de ondas sofrem mudanças na sua trajetória, com ocorrência de difração ao final da passagem sobre as estruturas e suas descontinuidades. Ou seja, a proteção oferecida por ambos coexiste com a possibilidade da potencialização de erosão provocado pela interferência das aberturas na hidrodinâmica.



Figura 6.7.1.2. Área próxima a estação E61. A - Representação esquemática mostrando os recifes algálicos litificados, chamados de Abreus, na praia de Candeias (círculos tracejados em amarelo), o quebra-mar artificial e as linhas de ondas (tracejados em ciano). B – Detalhes da difração das ondas que ocorrem entre o quebra mar e o recife algálicos (linhas amarelas), com perfil situado próximo a região abrigada. (Fonte: modificado de Google Earth, A-Outubro de 2021, B-Agosto de 2021).

O quebra-mar existente na Praia de Candeias, inclusive, antes de ser aberto em 2013 era responsável por uma diminuição da dinâmica entre a estrutura e a praia que causava retenção de sedimento na praia de Candeias e provocava diminuição no aporte sedimentar em direção à Praia de Piedade. A segmentação da estrutura, por outro lado, aumentou a circulação e o transporte de sedimento entre a praia e a estrutura, permitindo um maior aporte sedimentar na Praia de Piedade.

Como pode ser visto no gráfico (Figura 6.7.1.3), de Dezembro de 2015 até Agosto de 2017, a largura da pós-praia não ultrapassava dos 25m. Em Setembro de 2017 houve uma pequena recuperação, natural, aonde a largura chegou a cerca de 35m. Por ser um trecho extremamente vulnerável a erosão, devido a configuração do próprio litoral que é bastante protuberante, foi realizado, em Janeiro de 2018, o primeiro ajuste na obra de engorda, recuperando, artificialmente, as condições estabelecidas em projeto, e recompondo a largura da pós-praia para 45m.

Para realizar a reposição de sedimento, foi utilizada a reserva existente e estocado desde a época da construção, onde foi repostado cerca de 11.000m³ de areia em janeiro de 2018 num trecho de cerca de 200m, que além de ser crítico, teve a possibilidade de ser realizado a custo apenas da prefeitura.

Desse modo, do final de 2017 até início de Janeiro de 2018, o trecho atingiu novamente, a largura de pós-praia de 45m. Portanto nota-se que de Fevereiro ao início de Junho de 2018, houve aumento natural da largura da cota da pós-praia. Já em Julho, houve rebaixamento da cota do setor, perdurando até Agosto de 2018, onde o perfil atingiu cota de 2m, porém com largura por volta de 50m. Entretanto, de Setembro a Novembro de 2018, a cota foi reestabelecida em torno de 4m, mas a largura da pós-praia sofreu retração, mantendo-se ainda acima da linha de equilíbrio do perfil.

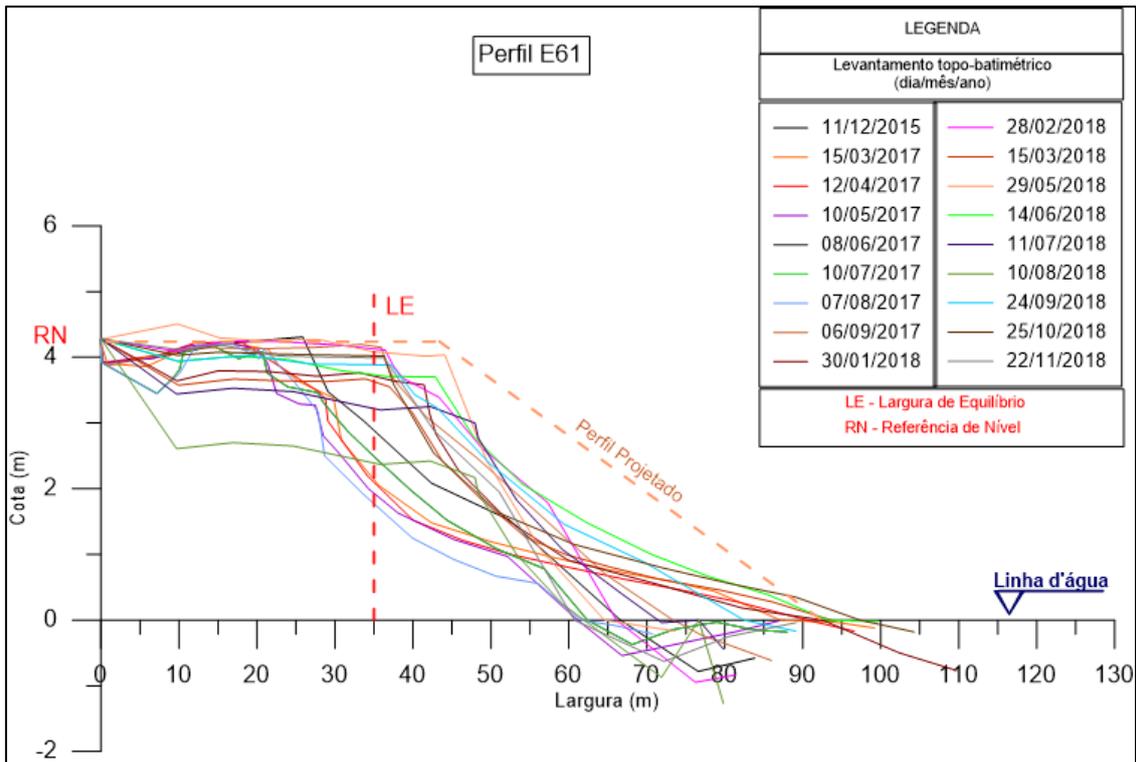


Figura 6.7.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 61 (E61) medidos no período entre 2016 e 2019 (Fonte: NEM, 2019).

Observando apenas o primeiro semestre ano de 2019 nota-se que cota se apresentou constante ao longo dos meses, pouco abaixo dos 4m, assim como a pós-praia realmente tendeu estabilização. Esta última, entretanto, sofre diminuição da largura, ficando no patamar dos 40m, ainda acima a largura de equilíbrio, com destaque para o mês de julho com largura próximo a do perfil projetado. O estirâncio, por sua vez, sofre forte retração em relação ao de construção, principalmente na sua porção superior. A extensão média do perfil encontra-se acima de 90m em praticamente todos os meses, com mínimo no mês de março com redução para 80m.

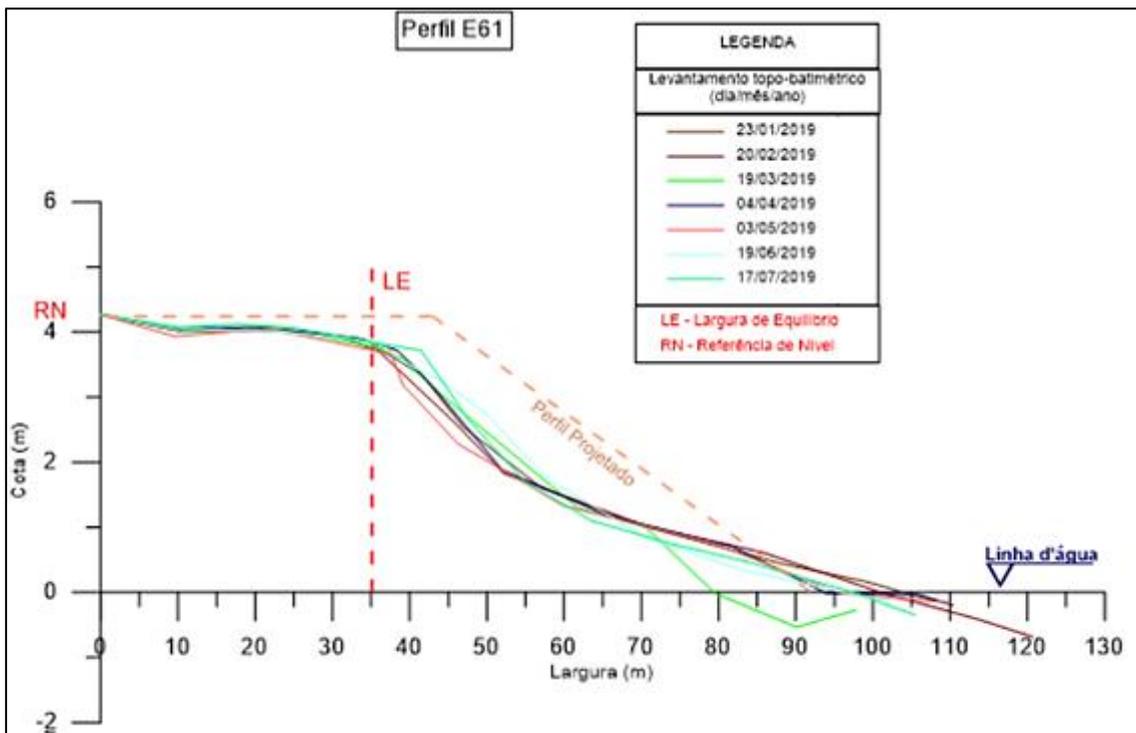


Figura 6.7.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 61 (E61) medidos no primeiro semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

Para o segundo semestre (Figura 6.7.1.5), ocorre uma redução gradativa da largura da pós-praia à medida que o fim do ano se aproxima, enquanto há ganho de sedimento no estirâncio inferior. Em Agosto houve considerável ganho de sedimento nos pós-praia recompondo a cota que ficou por volta dos 4m e largura atingiu valor próxima a de equilíbrio. Já Setembro e Outubro apresentam similaridades, reduzindo a inclinação do estirâncio superior, elevando levemente a cota e reduzindo a pós-praia, abaixo dos 35m. Do mesmo modo Novembro e Dezembro se assemelham, reduzindo novamente as cotas, mas ainda próximas a 4m, e apresentam pós-praia mais recuados em torno dos 30m, além do estirâncio superior com grande inclinação, porém com maiores extensões de estirâncio inferior.

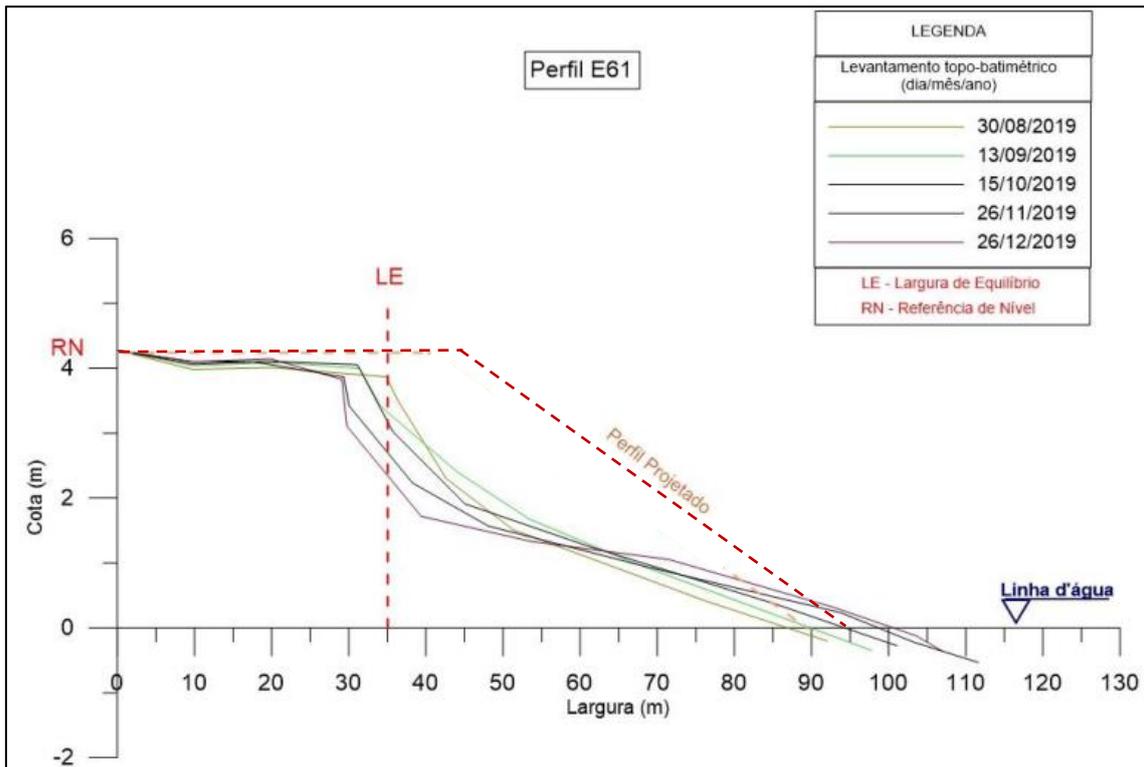


Figura 6.7.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 61 (E61) medidos no segundo semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

6.7.2. Condições climáticas-oceanográficas

Os perfis análogos do primeiro semestre demonstram o reduzido deslocamento sedimentar de modo significativo durante o período, dificultando principalmente a interpretação quanto a demarcação da transição entre as estações. É possível, entretanto, perceber que o comportamento da pós-praia no segundo semestre é oposto ao esperado sazonalmente, o qual representa aproximação do verão e naturalmente seria acompanhado um aumento de largura com depósito de sedimentos. Entretanto o ganho observado no estirâncio inferior indica que o sedimento pode estar presente no sistema, porém não permanece depositado na porção superior, sugerindo atuação de fator hidrodinâmico gerando erosão.

Dada a posição do perfil em frente a abertura entre os recifes algálicos (Abreus), é provocada a canalização da massa d'água que promove a formação a entrada de ondas. Estas agem como principal agente erosivo, a partir da incidência sob ângulos de 30° a 45°, e, assim, promovem o transporte paralelo à praia com tendência a direcionar o transporte de sedimento para sul, contrária a corrente de deriva. Por esse motivo, a porção a norte tende ao embaçamento, relacionada a região de abrigo dos recifes, e este ponto dispõe da dificuldade de fixação do sedimento, apresentando oscilação. A areia,

portanto, pode ser levada tanto para o estirâncio quanto para a antepraia, assim como para regiões próximas, diminuindo significativamente a largura.

6.7.3. Cálculo do volume para o perfil

De acordo com o cálculo de sedimento para esse perfil, é preciso 99,95m³ de areia para voltar à largura e cota do projeto de construção. Pode ser preciso associar estrutura de contenção a engorda nesse ponto.

6.8. ESTAÇÃO 93

6.8.1. Morfologia e morfodinâmica

A Estação 93 localiza-se na Praia de Candeias, composição nas coordenadas 8°11'59.76"S/34°55'0.72"W e Referencial de Nível (RN) igual a 4.513m. Nessa região existe forte presença de recifes algálicos na antepraia frontalmente ao perfil, com aproximadamente 0,77km de extensão (Figura 6.8.1.1).



Figura 6.8.1.1. Imagem mostrando os recifes algálicos e o quebra-mar e as ondas (em ciano). (Fonte: modificado de Google Earth, Outubro de 2021)

Estes recifes (Figura 6.8.1.2) fornecem ampla região de dissipação de energia de ondas, podendo ser observada principalmente pela existência de espuma associada a quebra dos alinhamentos de trens de onda ao entrar em contato com a estrutura em seu lado voltado ao oceano. Outra questão muito importante é a diferença de cota no próprio

corpo recifal, além das “piscinas” que também interferem fortemente no armadilhamento de sedimentos e na hidrodinâmica. Esses fatos podem gerar mudanças significativas na direção dos fluxos d’água sobre o corpo recifal e, dependendo da energia das ondas, podem causar turbilhonamento e potencialização da dissipação das ondas sobre o estirâncio e pós-praia.



Figura 6.8.1.2. Visão mais ampla da região da antepraia mostrando a presença do quebra-mar, cujo início influencia devido ao estreitamento entre essa estrutura e o recife algálico, extensão do recife algálico e a diferença da cota na porção offshore da rocha, que quebra a chegada da onda, observada na espuma formada (Fonte: modificado de Google Earth, Outubro de 2021).

Pela posição desse trecho em relação ao banco de recife algálico o perfil está sob ação das ondas que difratam na abertura entre os recifes algálicos e, posteriormente, refratam (linha tracejada na cor verde) no banco (seta amarela) à medida que se aproximam da praia (Figura 6.8.1.3). Desse modo, as ondas incidem com ângulo na praia e o sedimento tende a ser remobilizado, mas sem sair do sistema, ficando entre o banco e a praia. Além disso, o transporte sedimentar influenciado pela dinâmica das ondas após sofrer influência dos fenômenos descritos, tende a se opor ao deslocamento natural da deriva litorânea, dificultando a trajetória natural de sul para norte que ocorre na costa para esta região.

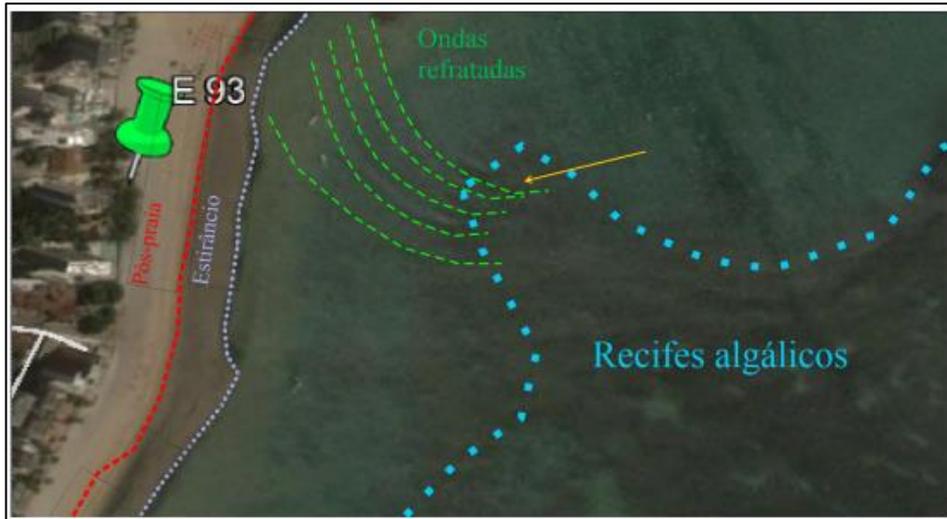


Figura 6.8.1.3. Detalhe da área de influência da refração das ondas. (Fonte: modificado de Google Earth)

Quando se observa em escala macro e em um detalhe menor (Figura 6.8.1.4 A,B), nota-se claramente que essa região é realmente bastante conturbada no sentido de mudança da direção das ondas devido a presença dos recifes algálicos litificados. Apresenta refração e difração das ondas gerando trens de ondas que torna o sistema hidrodinâmico muito complexo.



Figura 6.8.1.4. Representação dos fenômenos de difração próximos a estação E93. A – Visão macro da área, mostrando a forte mudança de direção de onda. B. Visão mais detalhada da área mostrando a complexa hidrodinâmica causada pelo recife algálico e pelo quebra-mar (seta amarela). (Fonte: modificado de Google Earth, Agosto de 2021)

Olhando a distribuição das curvas topo-batimétricas (Figura 6.8.1.5), nota-se que de Julho de 2016 até Fevereiro de 2018, de modo geral, houve extrema redução do perfil. Em detalhes, de Junho de 2016 a Agosto de 2017, o perfil apresentou comportamento estável com a cota da pós-praia praticamente inalterado, mas a largura abaixo de 30m, assim como o estirâncio mostrou maior flutuação da cota e de retração nesse período.

A partir de Janeiro de 2018 foi identificado um extremo rebaixamento, em que Fevereiro a cota reduziu cerca de 1,5m, mas a largura da pós-praia se manteve no mesmo patamar. Até maio de 2018, houve pouca alteração na cota da pós-praia, a qual esteve muito rebaixada, bem como ocorreu à retração do estirâncio. Entre Maio de 2018 e Junho de 2018 ocorreu recuperação natural da cota da pós-praia em cerca de 1,5m, chegando a altura dos perfis medidos em 2017, da mesma forma em que a largura do estirâncio também foi retomada. A partir de Junho até dezembro de 2018, não houve variação significativa na cota da pós-praia, mas com recuperação, cuja largura mostrou-se sempre aquém da largura de equilíbrio do setor, com exceção de Novembro de 2018 com máximo valor de 32m, mas retornando abaixo de 30m em Dezembro.

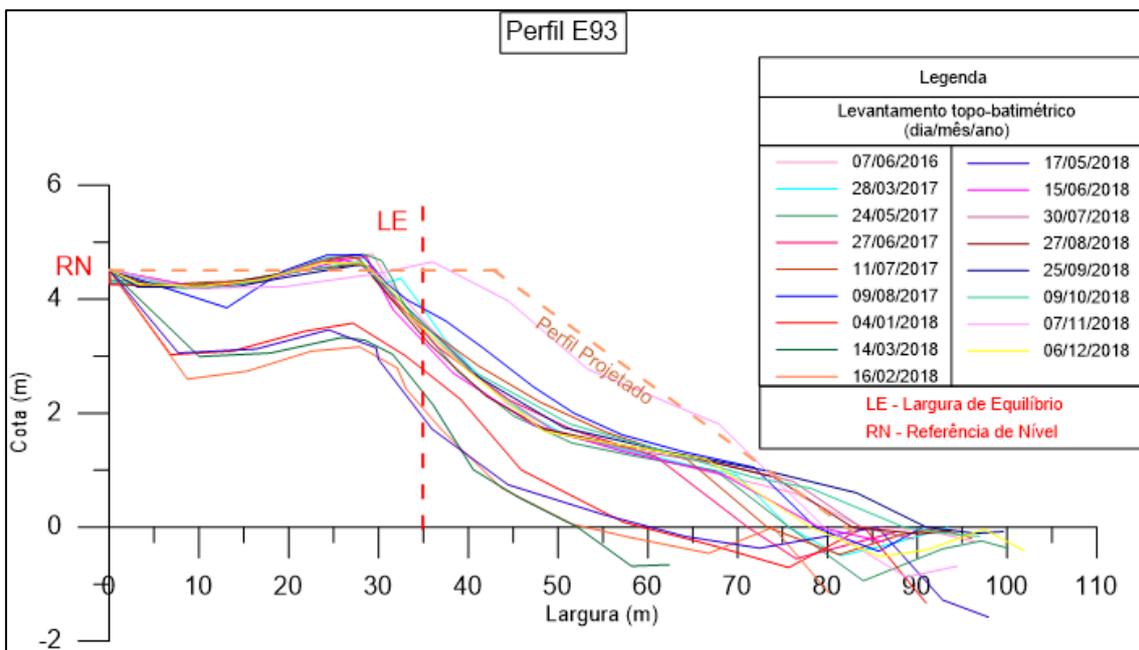


Figura 6.8.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 93 (E93) do ano de 2016 até 2018 (Fonte: NEM, 2019).

Olhando apenas a distribuição das curvas no ano de 2019 fica clara a tendência ao equilíbrio de Janeiro a Julho, com diminuta variação de largura da pós-praia, a qual manteve-se em torno dos 30m. Durante o primeiro semestre ainda, o estirâncio superior ficou bastante retraído com maior inclinação enquanto o inferior apresentou acúmulo de sedimentos e menor declividade, configuração que indica erosão da porção superior e deposição no inferior. A média de largura do perfil tende a ser superior a 75m, com exceção dos meses de Abril e Maio, com estirâncio inferior em torno de 46m e 70m, respectivamente. Como houve a interferência da descida da ZCIT em abril, houve maior energia sobre o setor, com Maio registrando tendência de recuperação, percebida nos meses seguintes. Pode-se, portanto, inferir que a ação das ondas não foi suficiente para

levar o sedimento para a antepraia, e a corrente de deriva não teve energia para deslocar a areia para jusante ou montante desse ponto.

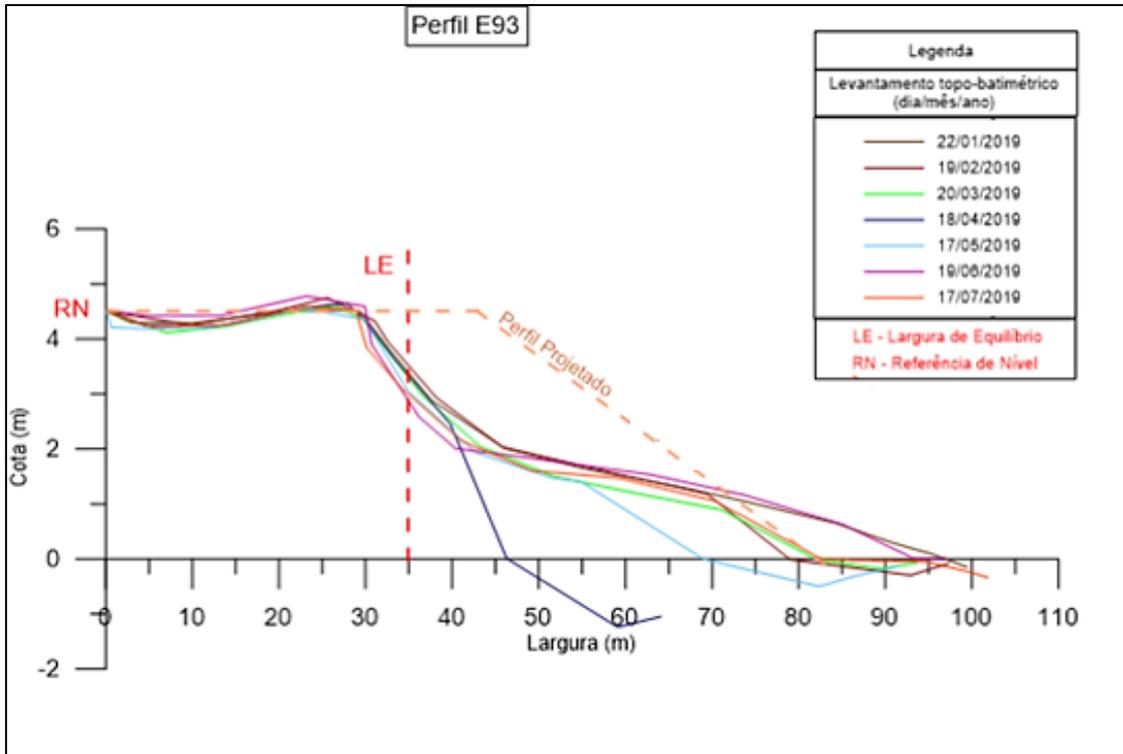


Figura 6.8.1.6. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 93 (E93) medidos no primeiro semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

A Figura 6.8.1.7 mostra que a tendência à estabilidade permanece, mas com reduzida largura do pós-praia, que está em torno de 26m, e rebaixamento da cota do estirâncio. A largura do pós-praia em Agosto registrou aproximadamente 30m, sendo a maior para este período, seguida de redução nos meses posteriores, de Setembro a Dezembro, em torno dos 26m. O estirâncio continuou a apresentar mesma tendência do semestre anterior, isto é, praticamente com a mesma configuração, demarcando em todos os meses larguras do perfil acima dos 90m.

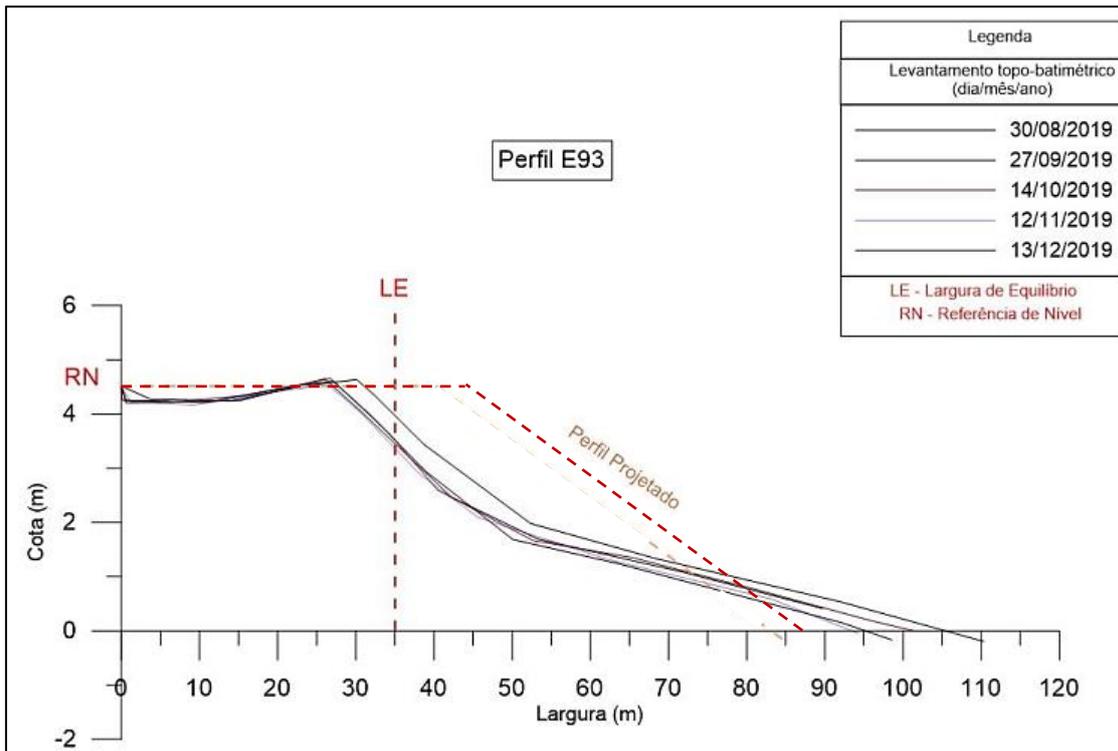


Figura 6.8.1.7. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 93 (E93) medidos no segundo semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

6.8.2. Condições climáticas-oceanográficas

Esse perfil registrou forte flutuação de cota no pós-praia e estirâncio, porém em 2019 foi demonstrado tendência ao equilíbrio com cota acima de 4m e largura abaixo da linha de equilíbrio. O comportamento descrito revela que a proteção dos recifes algálicos mantém a cota da pós-praia nos perfis nos níveis de referência, associado a redução da energia de ondas sobre as estruturas.

Entretanto a hidrodinâmica está influenciando no formato e no balanço sedimentar dos setores, visto que a refração das ondas no banco de recifes algálicos provoca remobilização do sedimento entre o banco e a praia. Além disso, o perfil também está submetido às ondas difratadas entre o primeiro tramo do quebra-mar destacado e o banco de recifes algálicos, cuja situação potencializa a erosão da pós-praia, mas ao mesmo tempo, minimiza a ação da corrente litorânea, desfavorecendo o transporte paralelo a praia no sentido sul-norte.

6.8.3. Cálculo do volume para o perfil

Considerando as informações de perfil amostrados no mês de dezembro, com a cota da pós-praia em 4,5m e a largura em torno de 26m, esse perfil precisa de recolocação de 59,182m³ de areia.

6.9. ESTAÇÃO 119

6.9.1. Morfologia e morfodinâmica

A Estação 119 localiza-se na Praia de Candeias, com posição nas coordenadas $8^{\circ}12'10.41''\text{S}/34^{\circ}54'59.9''\text{W}$ e Referencial de Nível (RN) igual a 4.826m (Figura 6.9.1.1 A, B). Esse trecho encontra-se sob a proteção de extenso banco algálico, que, por sua vez, promove alterações na hidrodinâmica a partir da irregularidade da sua forma como substrato, podendo também reter parte do sedimento que atravessar o corpo recifal. Desse modo, este ponto é muito suscetível à perda do sedimento e variações no perfil.



Figura 6.9.1.1. A-Visão em mostrando a posição da Estação E119 e a presença do extenso recife algálico litificado. B- Observação em escala menor de visão, que mostra a irregularidade na forma e na cota do recife algálico (Fonte: modificado de Google Earth, A-Outubro de 2021, B-Agosto de 2021).

Devido a presença do banco algálico, a hidrodinâmica é bastante alterada e, como pode se observar na Figura 6.9.1.2, há geração de corrente em sentido contrário a deriva litorânea (seta azul) oriunda do fenômeno de difração das ondas entre as estruturas de recifes localizados mais ao norte, descritos anteriormente. Assim como a grande variação morfológica do substrato dos bancos, permite a difração das ondas a partir da porção com cota mais elevada (setas cinzas), onde há a efetiva quebra dessas, e atravessam o recife em direção a costa.



Figura 6.9.1.2. Imagem mostrando a mudança da direção das ondas na porção a norte do banco algálico (seta azul) com difração e geração de corrente, no sentido contrário, que promove a formação de pequena saliência no estirâncio. Na porção *offshore* (setas cinzas) nota-se a zona de quebra das ondas na porção mais elevada do recife. Destaca-se que há realmente uma tendência de inclinação de cota mais alta na porção *offshore*, diminuindo no sentido para a praia. Supõe-se que tem haver com o modo de crescimento da alga quando do seu desenvolvimento, mas é apenas uma sugestão de explicação para esse fato. (Fonte: modificado de Google Earth, Novembro de 2016)

Pela formação de intensa variação das frentes de onda, o sedimento tende a ficar preso no banco recifal, não voltando para o sistema praial. Isto porque, sabendo-se da inversão de sentido da corrente litorânea nesse trecho e de que não se observa nenhuma estrutura ao sul formada pelo sedimento transportado, como um tômbolo ou mesmo saliências menores, infere-se que o sedimento não é transportado pela corrente gerada das ondas resultantes, o que seria esperado. E devido também a essas frentes de ondas e seus sentidos de propagação, o sedimento não deve ser transportado para além do banco algálico, no sentido mar-a-fora.

Mesmo com a intensa atribuição hidrodinâmica, não é recomendada a instalação de estruturas rígidas paralelas à linha de costa. O indicado seria o criterioso levantamento de batimetria rasa e transporte de sedimento, para subsidiar a aplicação de estruturas voltadas a retenção de sedimentos. Sem essas informações é inútil qualquer tentativa de inserção de obras visto que poderá, ao contrário do esperado, potencializar a mobilização da areia através do banco algálico. Contudo, é extremamente recomendada a recuperação com novo aporte de areia nesse trecho para as medidas de projeto, pois a largura da pós-praia está muito baixa, o que pode levar a danos aos bens. Embora estes estejam ocupando uma área urbanizada inadequadamente, não apropriada para tal uso por ser área de recarga de sedimento para a praia, pois se tratam de cordões arenosos, ou seja, terraços marinhos.

Para esse perfil a distribuição das curvas mostra extrema variação ao longo dos meses/anos medidos (Figura 6.9.1.3). De Julho de 2016 até Fevereiro de 2018 houve extrema redução do perfil, cuja pós-praia atingiu cota de 3m e largura de 16m. Nos meses seguintes, até Dezembro de 2018, houve recuperação da cota da pós-praia, mas abaixo da de construção, isto é, manteve-se próximo aos 4,5m. A largura mostrou redução extrema na para setor, com máximo valor apenas em Setembro de 2018 quando atingiu cerca de 25m, retomando valores próximos a 15m nos meses posteriores em direção final do ano, de Outubro a Dezembro.

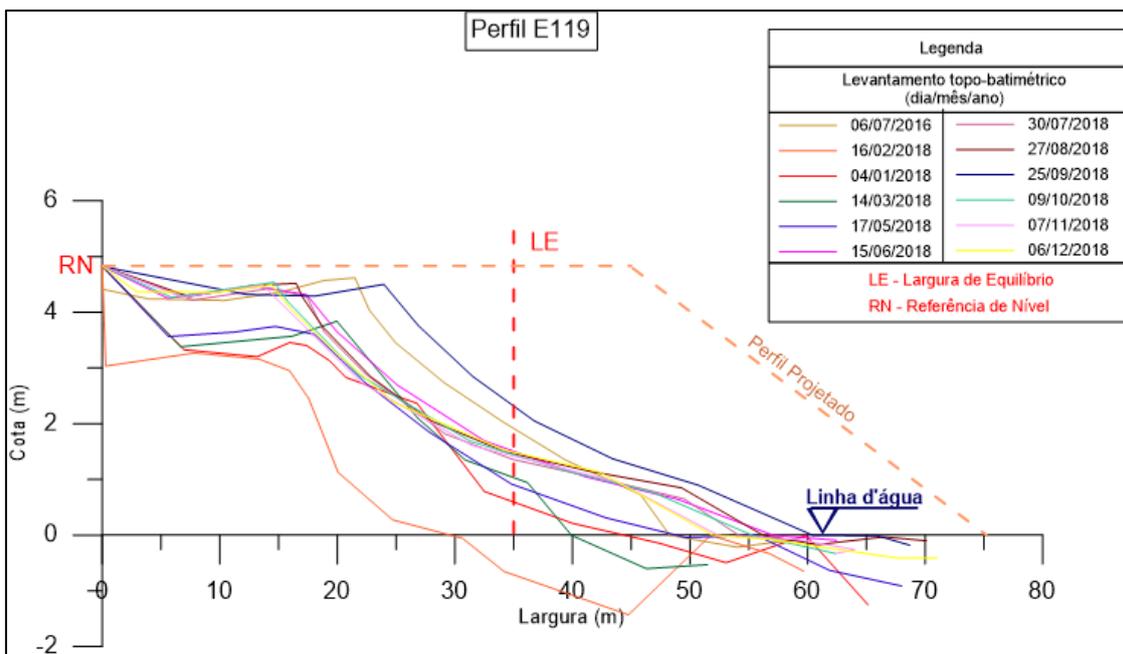


Figura 6.9.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 119 (E119) obtidos entre os anos de 2016 e 2018 (Fonte: NEM, 2019).

A distribuição das curvas no ano de 2019 (Figura 6.9.1.4) mostra que houve alteração na pós-praia próximo ao RN, com máxima cota em fevereiro e regredindo até atingir a mínima em maio. Em oposição ao comportamento bastante similar e quase constante da berma e estirâncio superior, onde houve manutenção da cota e da largura desses setores. A largura da pós-praia estabeleceu-se por volta dos 15m, muito abaixo da largura de equilíbrio, e cota do setor acima dos 4m, ainda abaixo do RN. O estirâncio inferior mante-se na mesma cota até Abril, quando houve rebaixamento, provavelmente em resposta a interação energética da descida da ZCIT, mas recuperou-se em Maio. A falta de leitura dos meses de Junho e Julho ocorreu por dificuldades na logística o NEM/PMJG.

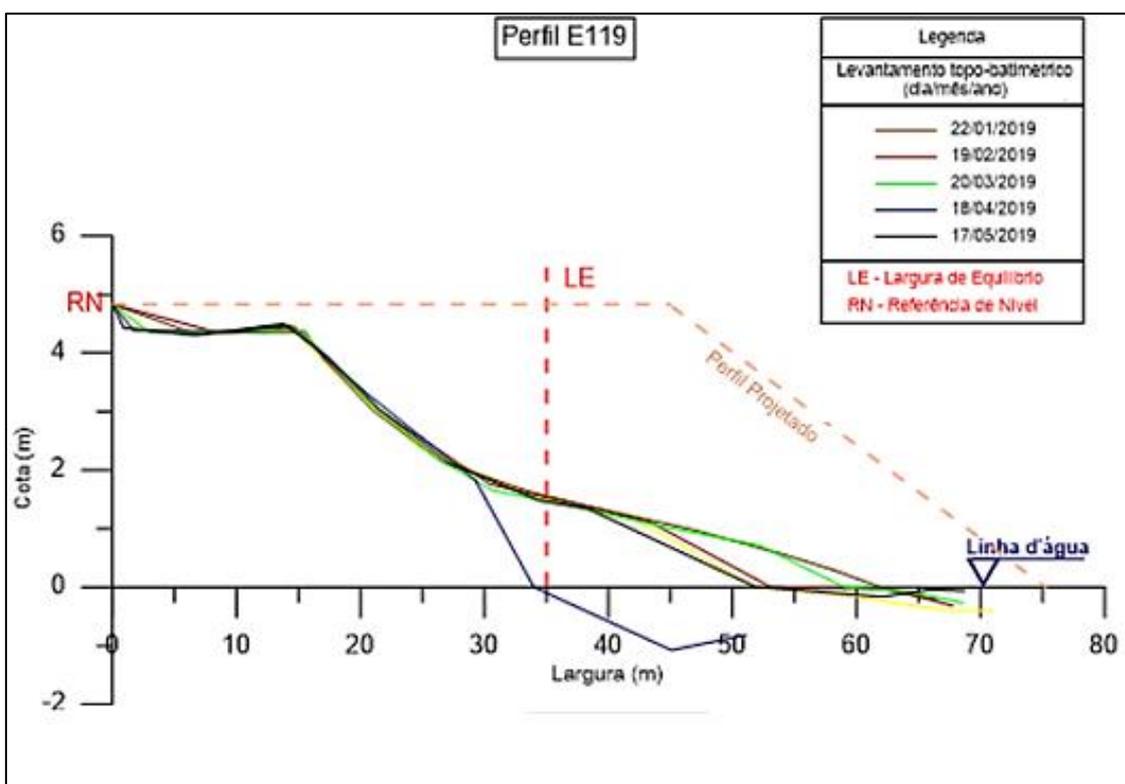


Figura 6.9.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 119 (E119) medidos no primeiro semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

A partir de Agosto até Dezembro de 2019, a cota do pós-praia se mantém acima dos 4ms, no entanto, a largura se apresenta extremamente reduzida sofrendo retração ao patamar dos 13m, a exceção do mês de Agosto que representa máxima largura para o período, por volta dos 17m. O estirâncio também está extremamente recuado e rebaixado em relação ao perfil projetado, mantendo maior declividade no superior comparado a inferior. Este mesmo comportamento semestral foi observado na estação

91, também situada na praia de Candeias e com a presença da estrutura dos recifes. A largura do perfil para esse período manteve-se bastante próxima aos 60m.

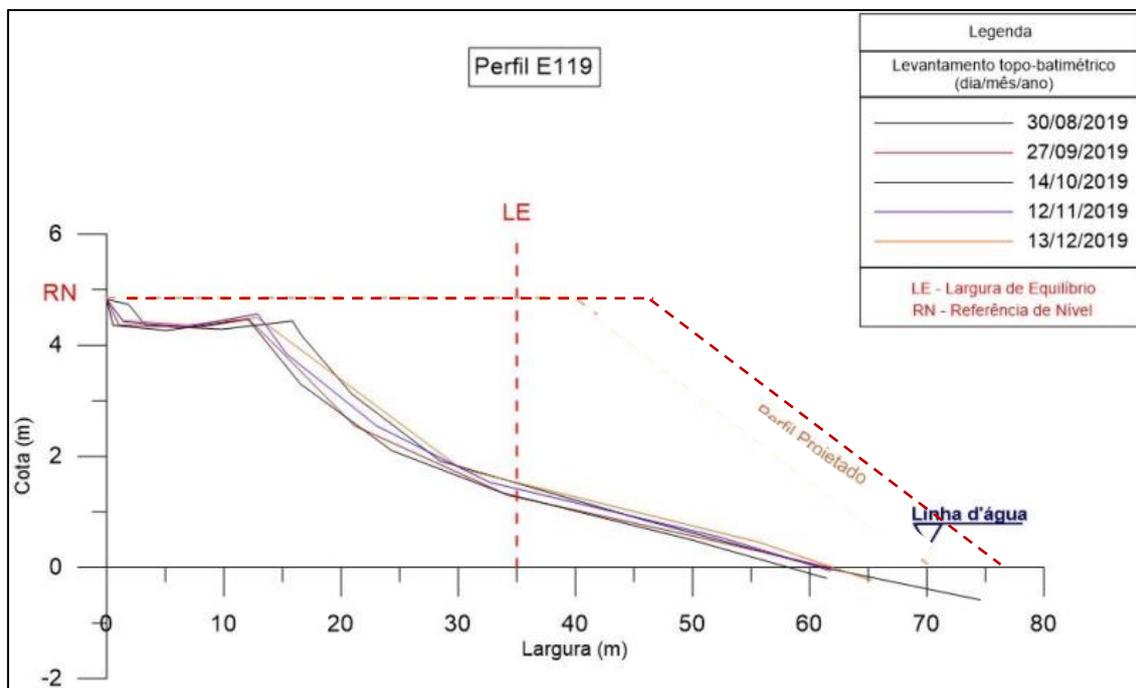


Figura 6.9.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 119 (E119) medidos no segundo semestre de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

6.9.2. Condições climáticas-oceanográficas

Assim sendo, esse perfil está submetido à ação de ondas associadas a presença do canal entre a praia e o banco algálico faz com que a areia sofra transporte e retire-a do sistema, promovendo o desequilíbrio e conseqüentemente a erosão pronunciada. Além disso, existe a ocorrência de ondas que passam nas aberturas dos bancos algálicos e chegam com grande energia à praia, dissipando-a sobre o perfil e afetando a pós-praia. Por essa razão os perfis apresentaram padrão significativamente rebaixado e reduzido para todos os setores. Entretanto registrando praticamente as mesmas características durante os meses levantados para o ano de 2019, incluindo minúscula resposta a hidrodinâmica sazonal, tanto pela tendência de unificação da fonte de energia das ondas atuantes sobre o sistema, quanto pelo reduzido material sedimentar disponível para reposta e adequação do perfil.

Nesse caso entende-se que há necessidade de estudo de dados contemporâneos que possam ser modelados e forneça a segurança, além do menor impacto, necessária para escolher a obra complementar mais adequada a situação, como a inserção de estrutura que impeça a chegada das ondas canalizadas ou promova a retenção da areia.

Ressalte-se ainda que a recolocação da areia pode ser eficaz, como mostrou ser em relação a implantação em 2013, mas por conta da perda gradual ao longo do tempo geológico e humano, indica-se a colocação de estrutura associada a engorda.

Ressalta-se que o Residencial Candeias realizou, após a engorda, em 2014, avanço de cerca de 4m do muro do condomínio em direção a praia, sem ter licença para tal, como pode ser visto nas fotografias a seguir. A seta amarela mostra o antigo limite do terreno, consistindo em um muro de concreto inclinado, já sobre a praia e não respeitando o limite da Linha de Preamar Máxima, infringindo, assim, o Plano de Gerenciamento Costeiro (MMA/SPU). A seta vermelha representa o avanço do muro construído com pedra rachão. Seguindo a mesma tendência, houve o aumento do piso do bar na esquina adjacente, como pode ser observado nas fotos abaixo, sem autorização ou requisição de licença.



Figura 6.9.2.1. Registros da construção do muro do Residencial Candeias sobre a pós praia reconstituída pelo aterro hidráulico, sem haver, entretanto, autorização para construção (Fonte: NEM, 2019).

Infelizmente essa prática prejudica a região da praia de Maracaípe, no município de Ipojuca, em que anualmente são reportadas ameaças de perda de patrimônio devido à erosão costeira recorrente e acentuada nos períodos chuvosos, principalmente da ocupação de casas de veraneio e estabelecimentos comerciais na pós-praia, que impede o intercâmbio de sedimentos entre a praia e antepraia (MACEDO et al., 2012).

O mecanismo natural de proteção costeira consiste no estoque de areia da praia, uma vez que a energia das ondas é convertida em capacidade de transporte de

sedimentos. Sendo assim, quanto maior é a largura da faixa de areia, maior o estoque de sedimentos da praia e maior é a proteção oferecida às benfeitorias existentes após a restinga (SILVA *et al.*, 2020). Em função da construção do muro, ainda na zona dinâmica do perfil de praia e visando reduzir a erosão, ocorre o represamento de parte do estoque sedimentar praial, o que impede a atuação do material que originalmente seria utilizado como mecanismo natural de dissipação de energia das ondas. Nesse trecho, a largura da praia já reduziu bastante e caso haja uma situação de intempérie não prevista, o muro potencializará a erosão, e que eventualmente poderá desabar.

6.9.3. Cálculo do volume para o perfil

Observando a redução de largura 13m e cota de 4,6m, estima-se que para esse perfil será preciso a recolocação de 147,81m³ de areia para reconstrução do perfil projetado.

6.10. ESTAÇÃO 142

6.10.1. Morfologia e morfodinâmica

A Estação 142 localiza-se na Praia de Candeias, com posição nas coordenadas 8°12'19.74"S/34°55'1.11"W e Referencial de Nível (RN) igual a 4.317m (Figura 6.10.1.1). Assim como o perfil anterior, situa-se num trecho onde as condições hidrodinâmicas e morfológicas provocadas pelo banco de recifes algálicos geram forte instabilidade e a flutuação das medidas da pós-praia, dada sua susceptível tendência a perda de areia.

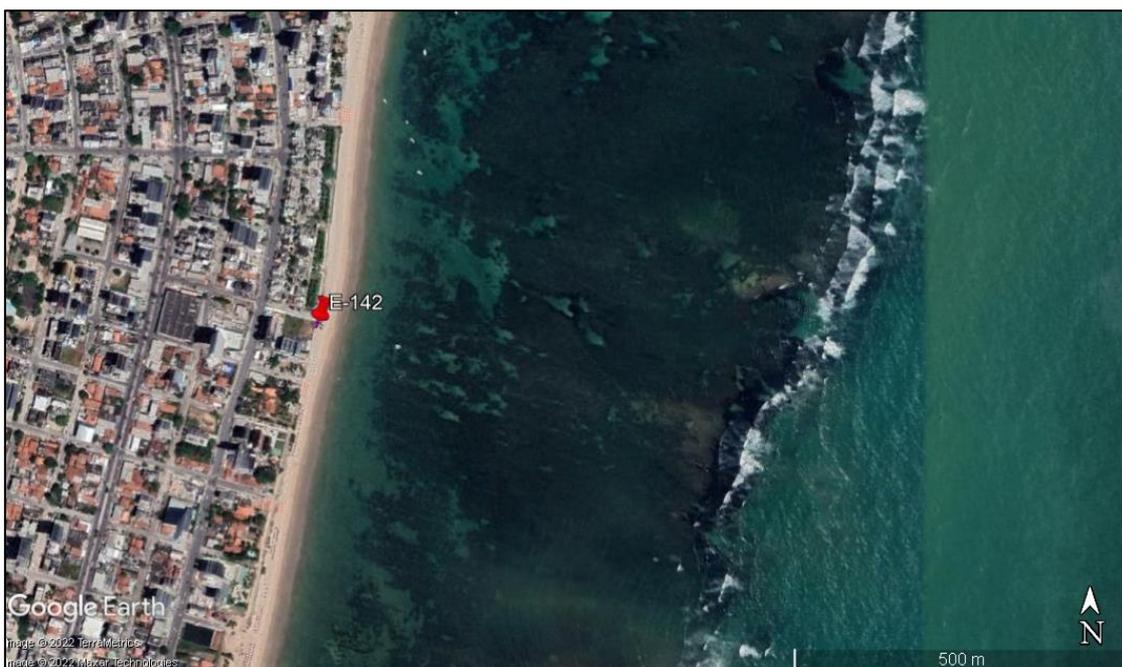


Figura 6.10.1.1. Imagem mostrando a posição da Estação 142 (E142) que se encontra totalmente na sobra do recife algálico. (Fonte: Modificado do Google Earth, Outubro de 2021).

Este perfil está protegido pelas elevadas cotas dos recifes algálicos na antepraia, as quais geram barreira natural, e a extensão dos bancos promovem a dissipação energética das ondas capazes de atravessar as aberturas da estrutura. Entretanto, as ondas que sofrem difração por essa passagem nos pontos rebaixados (setas vermelhas) do banco algálico, como pode ser observada na Figura 6.10.1.2, interagem entre si e influenciam concomitantemente na corrente resultante sobre a faixa de praia.



Figura 6.10.1.2. Imagem mostrando a entrada das ondas sobre o banco algálico (setas vermelhas) onde há rebaixamento da cota do corpo recifal (Fonte: Modificado do Google Earth, Novembro de 2016).

De agosto de 2016 até Fevereiro de 2018 houve extremo rebaixamento da cota da pós-praia de 1,5m em relação ao RN e extrema redução na largura da pós-praia, detendo-se em cerca de 22m. De Fevereiro de 2018 para Março de 2018 houve pequena recomposição da cota, mas a largura não apresentou diminuição importante em relação ao intervalo temporal Janeiro/Março do mesmo ano e mantendo-se em torno de 22m. Em Maio de 2018 houve recuperação de cerca de 0,60m de cota, mas a largura diminuiu cerca de 8m, com largura para o setor da pós-praia medindo aproximadamente 13m e, portanto, permanecendo crítica. A partir de Maio de 2018 até Dezembro de 2018, houve aumento atingindo a cota de construção (RN) de cerca de 4,3m, mas com a largura em um patamar muito severo, na ordem de 15m.

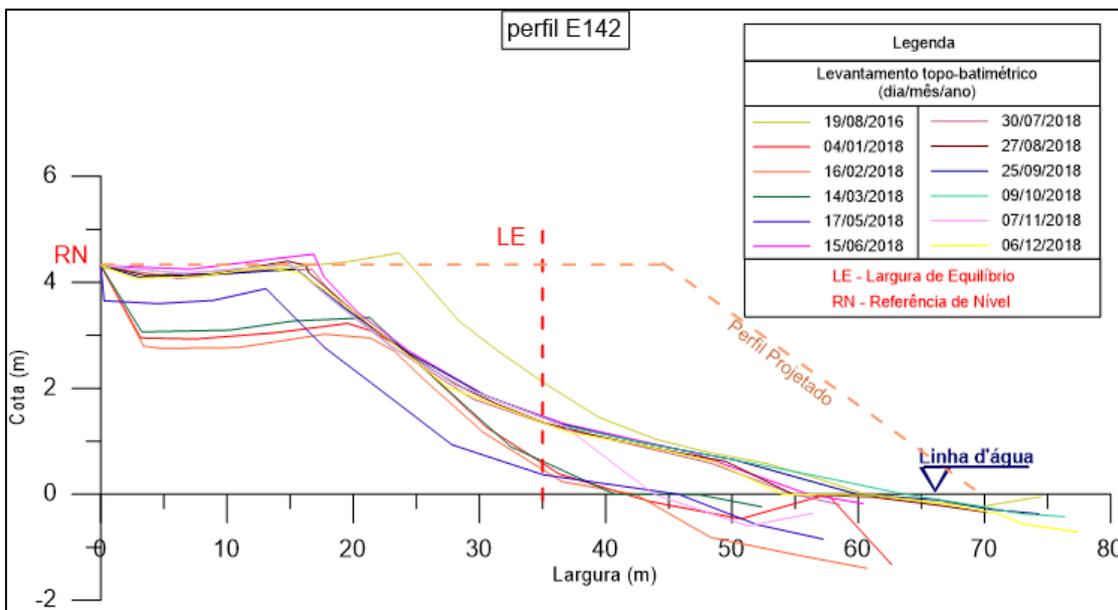


Figura 6.10.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 142 (E142) medidos do ano 2016 até o ano 2018 (Fonte: NEM, 2019).

De modo geral, até Maio de 2019, houve manutenção da cota, mas a largura está muito preocupante devido os valores muito críticos. Olhando a distribuição das curvas no ano de 2019 nota-se que a cota da pós-praia permanece estável a cerca de 4m, mas a largura reduz após o mês de Janeiro, possuindo aproximadamente 23m, e passa a atingir medidas dentro do intervalo de 15m a 20m nos meses de Fevereiro a Maio. Desse modo, a alteração positiva deu-se em Janeiro, mas voltou a ter extrema perda de sedimentos em todos os setores da praia nos meses seguintes. O estirâncio apresenta comportamento similar para todos os perfis durante os primeiros meses de 2019, a exceção do mês de Abril, com a mesma característica das estações anteriores para o referido mês.

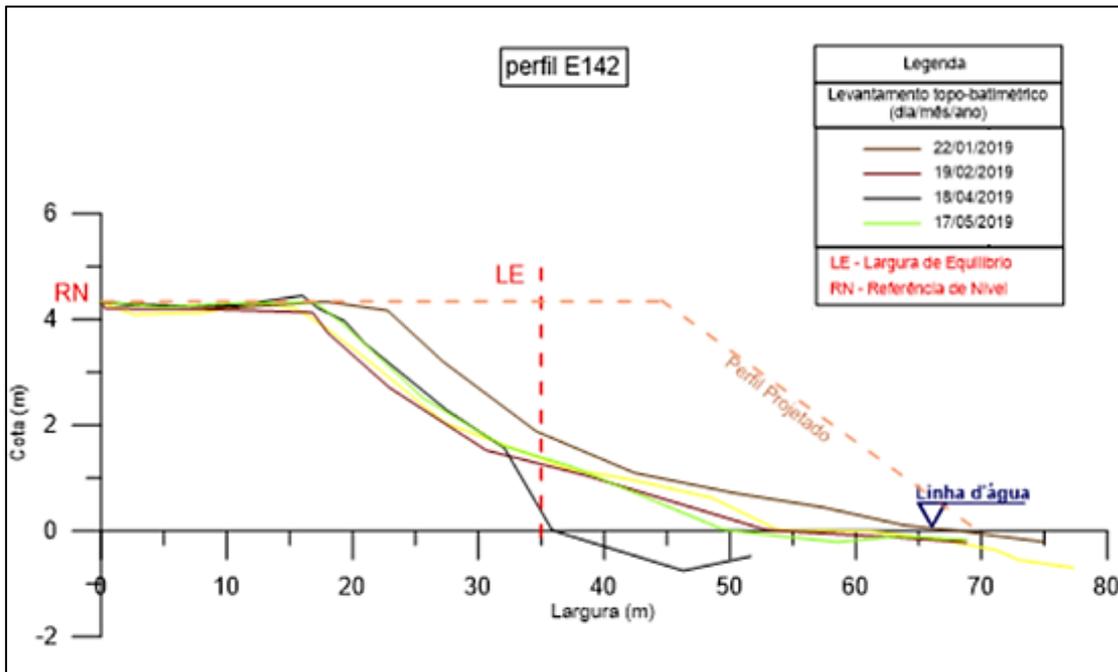


Figura 6.10.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 142 (E142) obtidas no primeiro semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

Nos meses de Agosto a Dezembro o perfil (Figura 6.10.1.4) se manteve estável nas mesmas cotas e larguras para todos os setores. A cota da pós-praia foi preservada sempre acima dos 4m, cujo mês de agosto exibiu perfil com largura próxima a 15m, a máxima do período. Para os demais meses do semestre, os perfis, apesar de apresentarem leve aumento da cota, obtiveram largura do pós-praia reduzida, adquirindo uma média de 12m.

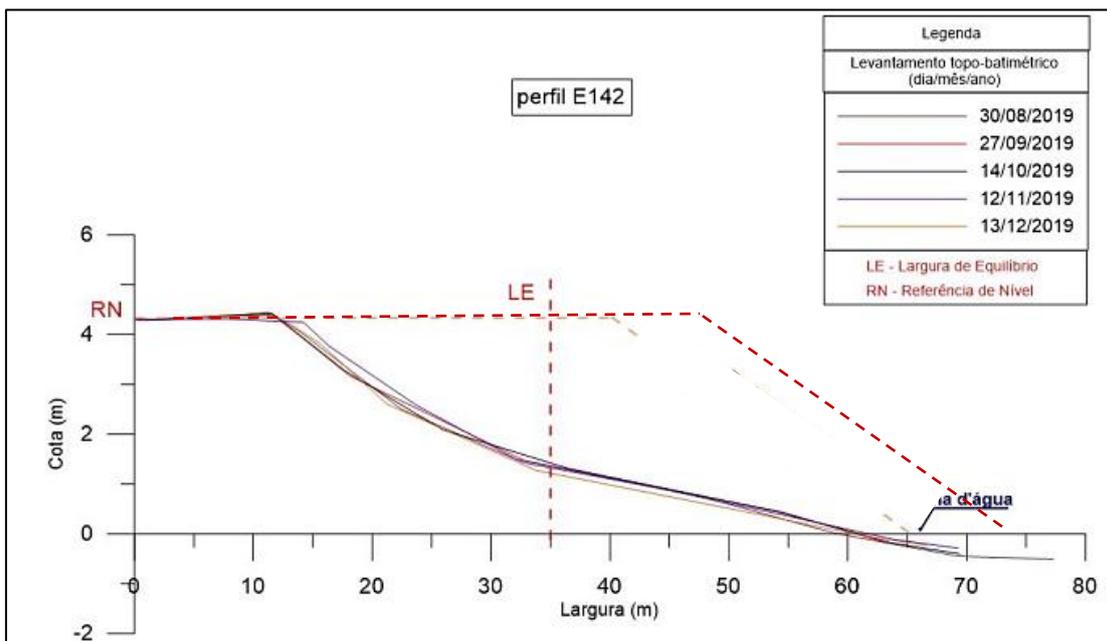


Figura 6.10.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 142 (E142) obtidas no segundo semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

6.10.2. Condições climáticas-oceanográficas

É possível observar para o ano de 2019 a redução da largura dos perfis de modo progressivo. O comportamento mais extenso no início do ano, especificamente no mês de janeiro, demonstra que o período passou por maior condição de acúmulo sedimentar, possivelmente associado ao período verânico estabelecido desde 2018. Entretanto, a medida que o inverno tende a se estabelecer, incluindo a interferência erosiva da ZCIT no estirâncio do perfil durante o mês de Abril, a extensão da pós-praia mostra-se menor. E, mesmo com o retorno do verão próximo ao final do ano, não se nota o retorno da areia para o pós-praia. O único setor a responder sazonalmente foi o estirâncio, onde mostrou maior declividade nos meses de inverno, tornando o cumprimento do perfil próximo aos 50m, e nos meses do segundo semestre perfil recuperou sua extensão média de 60m, ainda que inferior ao projetado.

Esse perfil está posicionado sob uma área onde os recifes algálicos são bastante fragmentados e com blocos rochosos de cotas batimétricas variadas, os quais promovem a mudança de direção das ondas e correntes, que por sua vez, podem potencializar a erosão. Isto porque a porção mais distal desse banco algálico tem cota variando entre 7m e 8m (podendo atingir cerca de 10m), influenciando, desse modo, na quebra da energia das ondas. É uma área de extrema mudança hidrodinâmica e essa, faz com que haja a extraordinária dinâmica sedimentar.

Entretanto, a principal causa da situação reduzida dos perfis pode estar associada ao fato da areia erodida não fica no sistema por causa dessa grande ocorrência dos blocos, visto que podem armadilhar a areia entre eles. Por conta disso, o controle dessa área é muito complexo, mas com os dados hidrodinâmicos contemporâneos e mais aprofundados podem-se indicar soluções que minimizem os efeitos causados por esses recifes algálicos, associando também estruturas submersas.

O ideal para esse trecho é a reposição da areia para retomada da largura de projeto, que são 45m, ou, no mínimo, a largura de segurança. E, como acima citado, elaborar estudo da área a fim de verificar a necessidade de instalação de obras de retenção para auxiliar na fixação do sedimento na pós-praia.

6.10.3. Cálculo de volume do perfil

O volume necessário para recompor o perfil é de 106m^3 , tendo em vista o perfil mensal de dezembro, com cota de 4.3m e largura de 12m, ambos referentes a pós-praia.

6.11. ESTAÇÃO 164

6.11.1. Morfologia e morfodinâmica

A Estação 164 localiza-se na Praia de Candeias, com posição nas coordenadas $8^{\circ}12'26.5''\text{S}/34^{\circ}55'2.93''\text{W}$ (Figura 6.11.1.1) e Referencial de Nível (RN) igual a 5.596m. Assim como os perfis anteriores, este ponto encontra-se sob a proteção de recifes algálicos, os quais dissipam grande parte da energia de ondas e, devido o substrato irregular provocado por sua estrutura morfológica, promovem difração das ondas que o atravessam entre os seus pontos de cotas mais elevadas.

Durante baixa-mar (Figura 6.11.1.1), observa-se menor atuação de ondas sobre a faixa de praia, ainda que seja perceptível a ocorrência de difração em partes do recife algálicos, as ondas apresentam grande quebra e reflexão próximo a rocha.

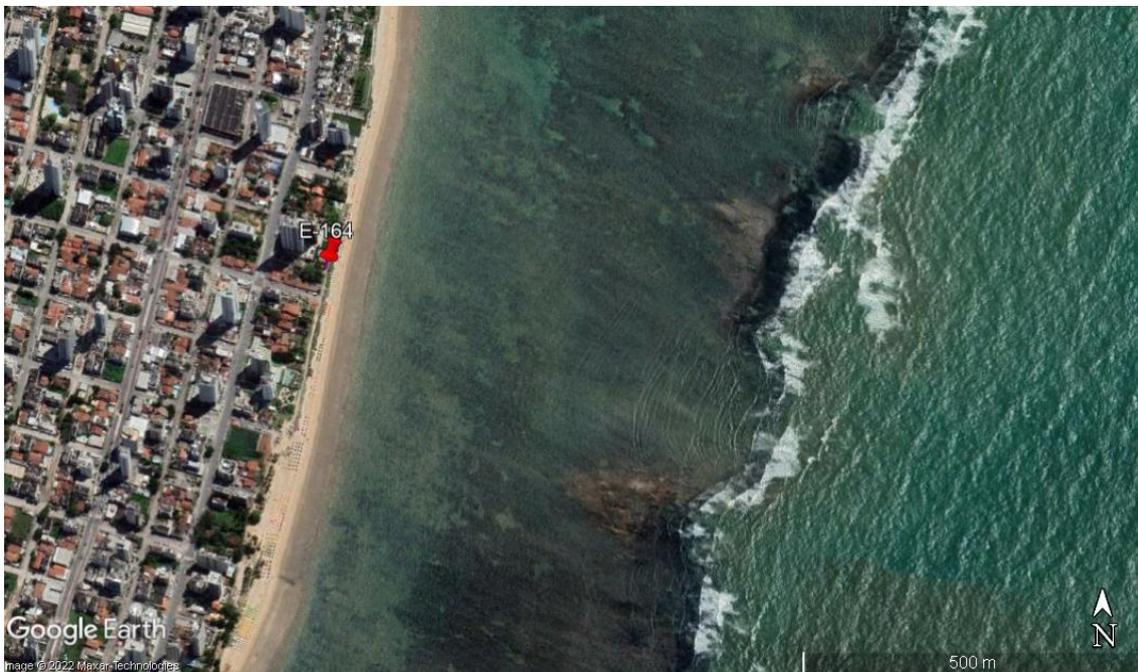


Figura 6.11.1.1. Imagem, na baixa-mar, mostrando a posição da Estação 142 (E142) que se encontra na sobra do recife algálico, no entanto este trecho mostra que a cota do corpo recifal tem cota mais baixa na porção *backshore* da antepraia, diferenciando da porção desse banco mais a norte. (Fonte: Modificado do Google Earth, Agosto de 2021).

Em oposição, nos momentos de preamar (Figura 6.11.1.2) os trens de ondas são capazes de ultrapassar o recife algálico, devido ao aumento da profundidade, sofrem difração de modo mais significativo e dissipam parte de sua energia de propagação diretamente sobre a praia.

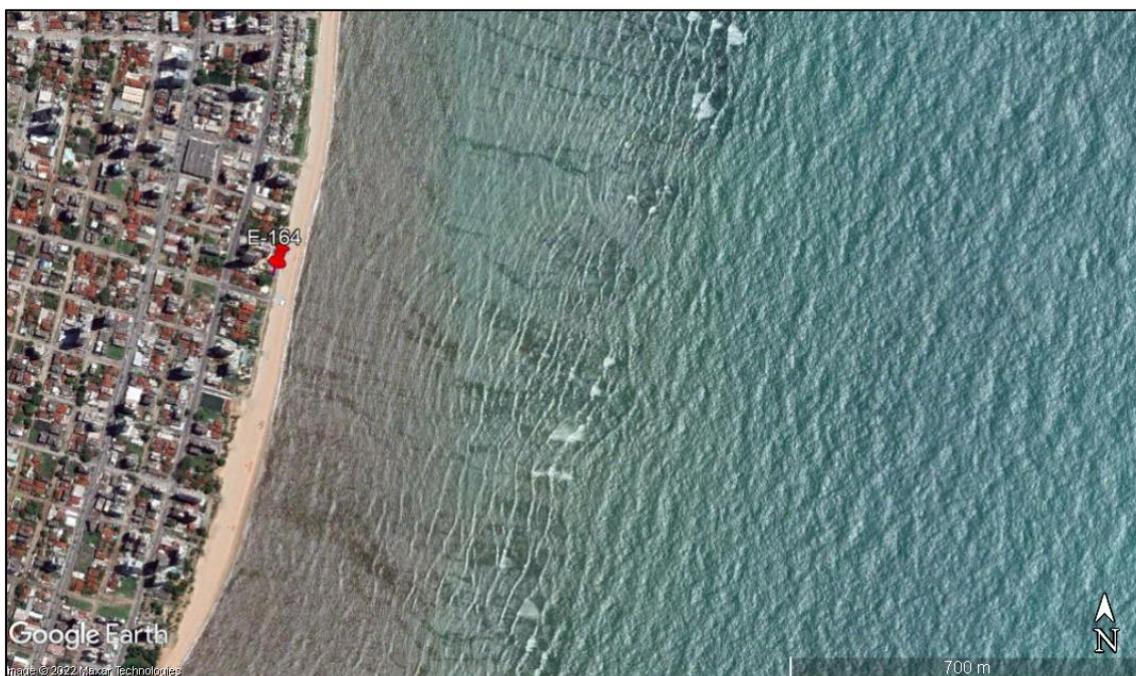


Figura 6.11.1.2. Imagem, na preamar mostrando a posição da Estação 142 (E142) e a forte diminuição do período de ondas, formando um trem muito mais intenso e robusto a partir da borda offshore do recife algálico. (Fonte: Modificado do Google Earth, Novembro de 2016).

Ainda sobre esse trecho, é possível perceber a ocorrência de uma pluma sedimentar (seta amarela) atravessando a estrutura em direção a antepraia (Figura 6.11.1.3), possivelmente associada a um canal e uma corrente de retorno, cujo material da faixa de praia é encaminhado para zona anterior aos bancos na antepraia, onde tende a ficar retido e dependerá de fenômenos mais energéticos para devolvê-lo ao sistema.

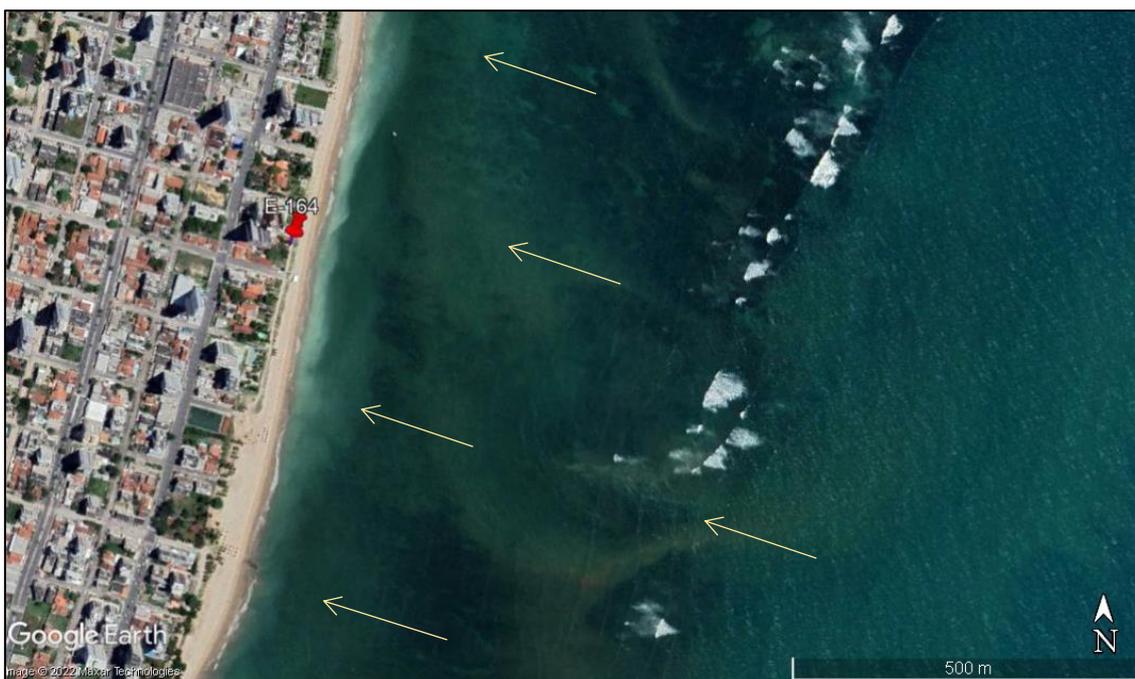


Figura 6.11.1.3. Visão das plumas de sedimento (setas amarelas) sobre o corpo recifal quando da preamar. (Fonte: Modificado do Google Earth, Setembro de 2020).

Observando-se o gráfico (Figura 6.11.1.4), percebe-se que de Agosto de 2016 até Janeiro de 2018 houve rebaixamento da cota da pós-praia em relação ao RN e extrema redução na largura da pós-praia, atingindo cerca de 20m, acompanhada de leve diminuição da cota. Em Fevereiro de 2018 ocorreu o aumento da largura, para torno de 28m, de modo em que até Março de 2018 houve pouca recomposição da cota próximo a 4m, enquanto a largura permaneceu a mesma.

De Março até Junho de 2018 ocorreu leve recuperação da cota, mas com a largura ainda ficando na ordem de 28m. Em Julho de 2018 houve novo episódio de rebaixamento da pós-praia na ordem 1m, cuja largura para o setor também apresentou retração, atingindo cerca de 24m. No mês seguinte, Agosto de 2018, houve recuperação com pequeno aumento na cota de 0,50m, permanecendo assim até Dezembro de 2018, mas a largura da pós-praia se manteve em 24m até o fim do ano, ou seja, não ultrapassou a largura limite (35m).

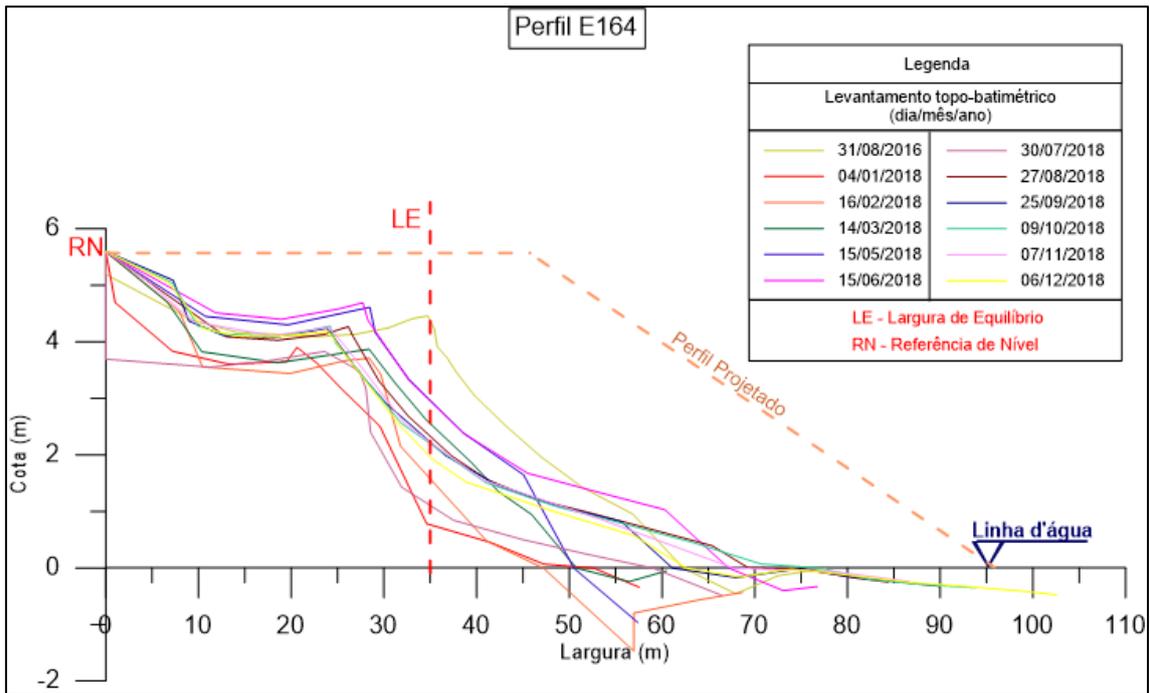


Figura 6.11.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 164 (E164) obtidas do ano 2016 até o ano 2018 (Fonte: NEM, 2019).

A manutenção do perfil desde Dezembro de 2018 ocorreu até Junho de 2019, onde nem a cota, nem a largura da pós-praia foram recuperadas naturalmente e o perfil apresentou forte retração em todos os setores. A distribuição das curvas no ano de 2019 (Figura 6.11.1.5) mostra as curvas praticamente sobrepostas, nas quais a cota da pós-praia encontra-se próxima aos 4m, muito abaixo dos 5m (RN), e largura em torno de 25m. A exceção ocorreu no mês de Fevereiro, apresentando forte retração dos setores, principalmente da pós-praia com largura próximo aos 15m, mas retomadas dimensões similares as de Janeiro nos meses seguintes. A perda é bastante severa, ainda que nesse ano mostre certa estabilidade. O estirâncio dos perfis tende ao mesmo delineamento, com extensão do perfil entre 60m a 70m. Para este último setor, a menor extensão do período foi para o mês de Abril, cujo perfil teve seu estirâncio inferior reduzido abaixo dos 50m, e, como dito, associado a descida da ZCIT no primeiro semestre de 2019.

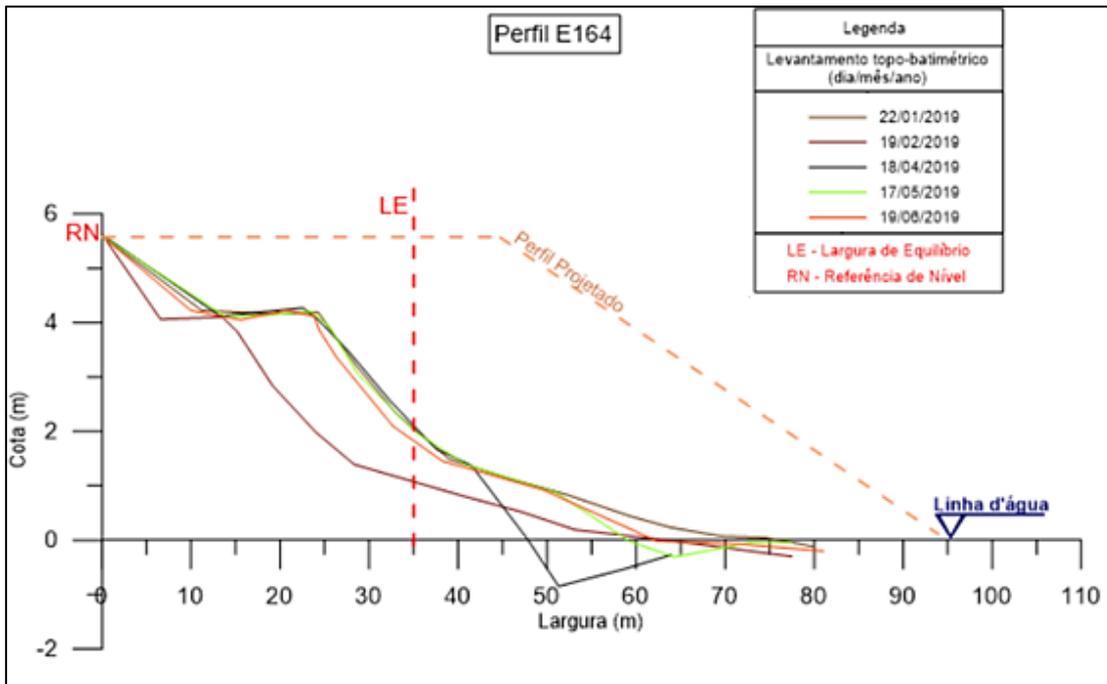


Figura 6.11.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 142 (E142) obtidas no primeiro semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

A Figura 6.11.1.6 mostra que no segundo semestre de 2019 as curvas exibem a mesma configuração com pós-praia e estirâncio bastante retraído, para este último, a porção superiora mais inclinada que a inferior. De Agosto a Dezembro a média de cota encontra-se próximo aos 4m, entretanto, ocorre redução da largura da pós-praia para uma média de 22m.

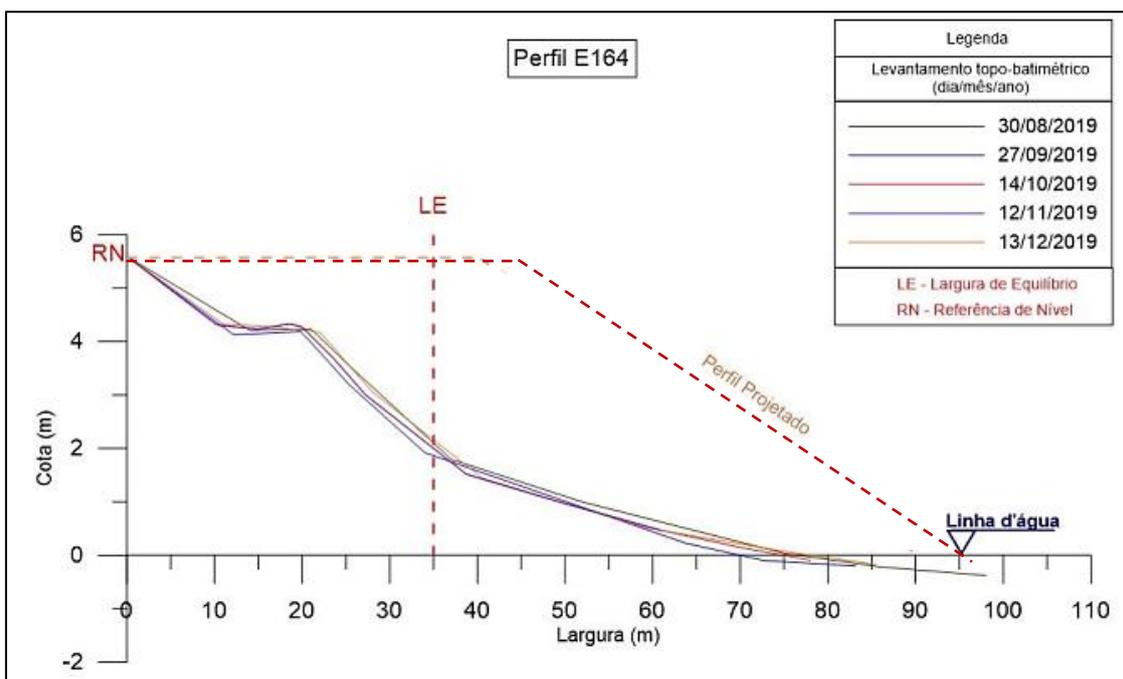


Figura 6.11.1.6. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 142 (E142) obtidas no segundo semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

6.11.2. Condições climáticas-oceanográficas

A forte diminuição das medidas do pós-praia deve-se às mesmas condições hidrodinâmicas e morfológicas as quais o perfil 142 também está submetido. Em adição, a perda sedimentar por retenção dentro da estrutura morfológica do recife, quanto anterior a esta, por onde a água carreando a areia escoava entre os canais associados a rebaixamentos da cota, promovem a significativa rebaixamento e redução do perfil. Com base nisso, este ponto exibe balanço sedimentar negativo carecendo de urgente reposição.

A curva com menor dimensão neste perfil ocorreu no mês de fevereiro, possivelmente, associada a um erro de leitura técnica, pois a curva em questão não apresenta diferença significativa em sua configuração comparada às demais, isto é, não exibiu rebaixamento ou variação de largura para os setores praias, mas apenas um recuo no perfil com as mesmas proporções em seu delineamento. Portanto, o perfil em geral apresenta forte estabilidade para os meses amostrados durante o ano de 2019, porém muito aquém do perfil projetado, tanto em largura quanto em cota.

6.11.3. Cálculo de volume do perfil

Sendo outro trecho com necessidade de ajuste, cuja cota da pós-praia atingiu 4,2m e a largura uma média de 23m (abaixo de 35m), estima-se o volume de reposição de 214,37m³.

6.12. ESTAÇÃO 246

6.12.1. Morfologia e morfodinâmica

A Estação 246 localiza-se na Praia de Barra de Jangada, com posição nas coordenadas 8°12'53.1"S/34°55'11"W e Referencial de Nível (RN) igual a 5.142m (Figura 6.12.1.1).

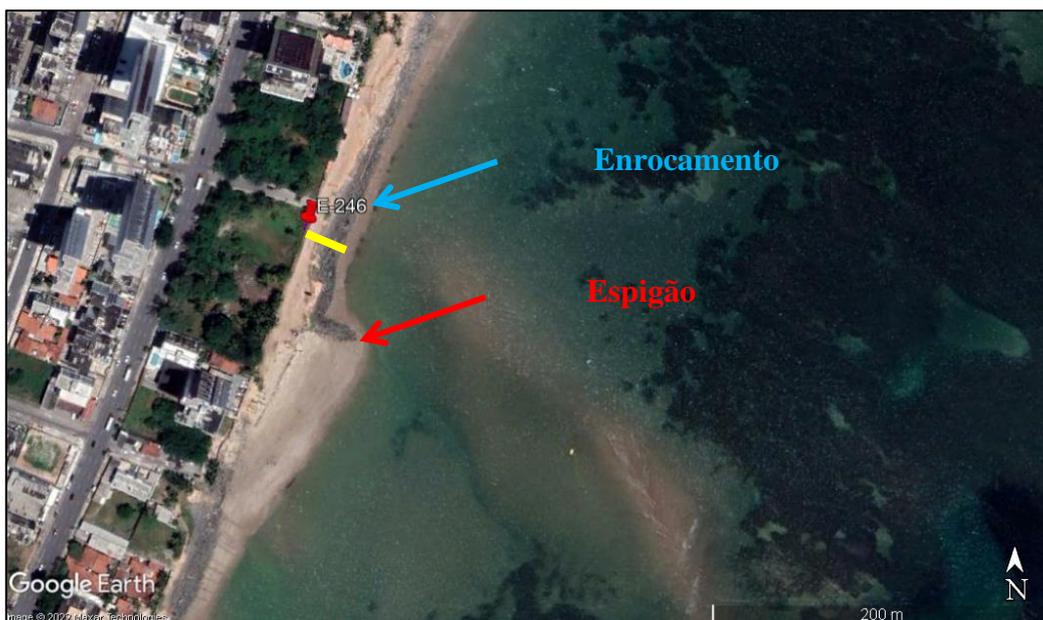


Figura 6.12.1.1. Imagem esquemática mostrando a posição da Estação 246 (E246) onde há estrutura rígida (enrocamento; cerca de 25m do RN, linha amarela) (Fonte: Modificado do Google Earth, Outubro de 2021).

Esse perfil está posicionado em um trecho onde há forte instabilidade no balanço sedimentar, pois faz parte do cone de influência da foz do Rio Jaboatão (Figura 6.12.1.2).

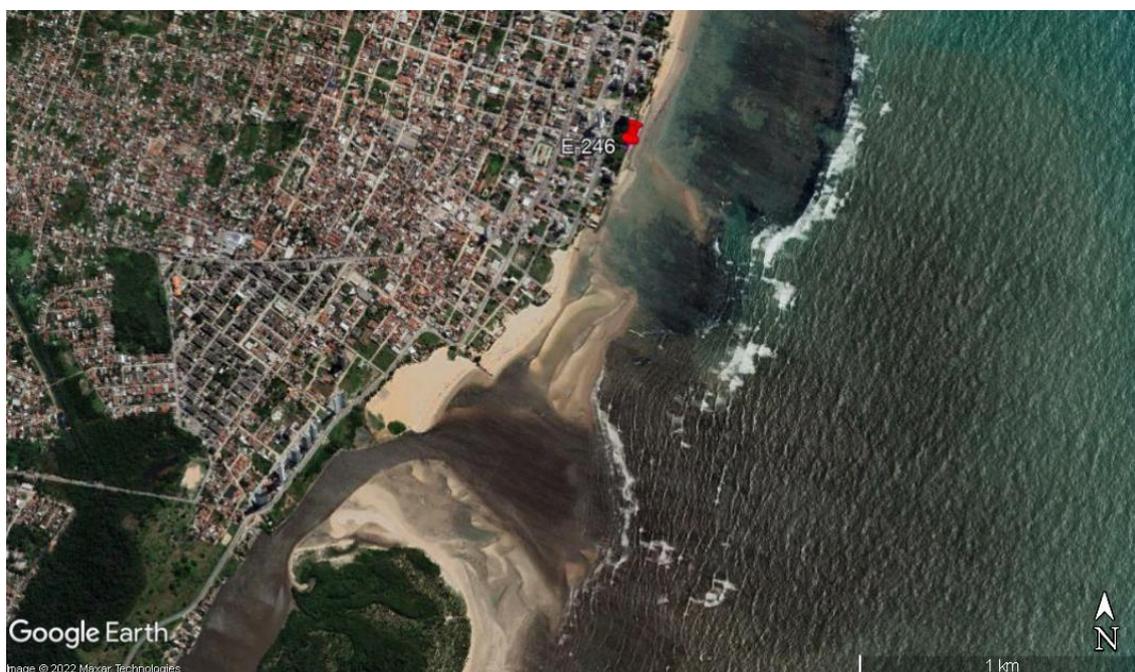


Figura 6.12.1.2. A ilustração mostra a proximidade com a foz do Rio Jaboatão que apesar de estar com barragens, ainda interfere pela hidráulica dos rios tributários, sobre todo esse trecho da E246 até a última da engorda, que altera todo o balanço sedimentar (Fonte: Modificado do Google Earth, Agosto de 2021).

Por esta razão, toda a faixa de praia encontra-se fortemente vulnerável e sob extrema fragilidade, dada a ação das correntes marinhas e do fluxo hidráulico, relacionado aos canais secundários da foz, associadas às feições morfológicas de fundo,

as quais provocam intensa perturbação no sistema marinho fluvial raso (Figura 6.12.1.3).



Figura 6.12.1.3. Ilustração esquemática mostrando todas as condições hidrodinâmicas e hidráulicas, além das feições de fundo existentes no setor que engloba a estação em questão (E246) (Fonte: Modificado de Google Earth).

Analisando a Figura 6.12.1.3, nota-se que há de Norte para Sul, a presença de bancos de recifes algálicos, assim como a existência de um canal que apresenta transporte sedimentar na abertura do substrato rochoso, identificável a partir de uma pluma que se estende desde a praia até a antepraia. Existem também bancos arenosos com alta mobilidade, por onde há o permeio de canais encaixados gerados pelo fluxo fluvial, que como em toda foz gera meandros, e o próprio canal fluvial, que migra ao longo das condições hidráulicas e funciona como um molhe hidráulico, interferindo diretamente da deriva litorânea e dificultando o *by pass* do sedimento de Sul para Norte. Indiretamente há também a influência na hidrodinâmica, no aporte sedimentar, no

suprimento e na hidráulica do *spit*, este uma morfologia resultante da migração da foz do Rio Jaboatão.

Toda a pós-praia deste perfil foi perdida em Setembro de 2013, com início do processo erosivo em Julho de 2013, devido à falta da execução de obras de retenção de areia, indicadas no Projeto Conceitual, mas por exigência do MPF, que participava como órgão regulador de todo o processo, a execução não foi realizada. Todos os relatórios anteriores afirmam que esse trecho está situado em local de forte instabilidade e carece de obras de retenção de areia como consta o Projeto Conceitual. Infelizmente, este equívoco promoveu a perda de mais de 24.000m³ de sedimento colocado nesse trecho, que se estendia até a foz do Rio Jaboatão.

Como consequência, este ponto compreende ainda a existência de um enrocamento, que se encontra exposto diretamente na face de praia, e como o perfil não apresenta pós-praia, perdida anteriormente, o limite superior desse setor é a obra aderente. E dada à fixação de parte da morfologia do perfil, com impedimento da demarcação natural da berma, a variação fica restrita ao estirâncio. Por isso todas as leituras tratam do estirâncio e não da pós-praia.

Analisando o comportamento do perfil (Figura 6.12.1.4) percebe-se que de Outubro de 2016 até Março de 2017 houve leve recuperação da cota do estirâncio superior, mas a retração ainda prevalece e a largura é pouca não ultrapassando 2m. A partir desse mês até Setembro do mesmo ano observa-se progressiva redução da cota para abaixo de 2m. Entre Setembro e Outubro de 2017 há pequeno aumento na cota de cerca de 1m na porção mediana do estirâncio, mantendo as características até o mês de Dezembro de 2017.

Em Janeiro de 2018 ocorre novo rebaixamento da cota e retração no estirâncio, porém Fevereiro de 2018 ocorre leve aumento na cota. Persistindo a oscilação, o perfil volta a sofrer rebaixamento na ordem de 0,50m em Março, onde registrou 1m de cota e 10m de largura, mas observa-se a presença de um banco arenoso além da linha de equilíbrio. Já em Maio do mesmo ano se dá forte reposição, no qual se quantificou de 3,5m de cota e largura 15m, com perfil atingindo cerca de 60m de largura. Todavia, em Junho ocorre novo rebaixamento, cuja cota passa a 3,5m na porção superior e de 2m na intermediária. Entre Junho e Agosto de 2018 há aumento insignificante da cota e, a partir deste último, instala-se novo período erosivo que perdura até Dezembro de 2018,

no qual a cota da porção superior do estirâncio cai para 2,5m e a largura da pós-praia vai para 10m.

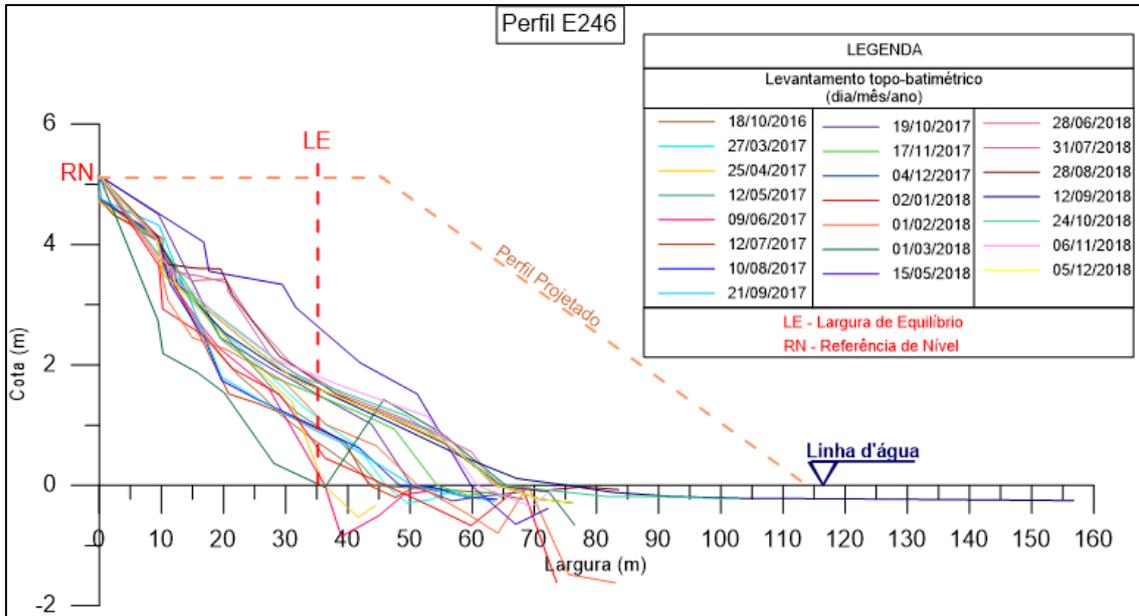


Figura 6.12.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 164 (E164) obtidas do ano 2016 até o ano 2018. Ressalta-se que nesse ponto há o enrocamento (Fonte: NEM, 2019).

Com base nisso, desde Dezembro de 2018 até Julho de 2019 o perfil mostra pouca alteração, permanecendo nos moldes analisado no período imediatamente anterior. A distribuição das curvas no ano de 2019 (Figura 6.12.1.5) mostra que a oscilação no estirâncio continua, mas um pouco menor, com as curvas não ficando exatamente sobrepostas. A largura do estirâncio inferior diminui para o patamar de 60m em média, até atingir pouco menos de 45m em Julho, possivelmente associado ao máximo do período chuvoso com maior atuação hidrodinâmica.

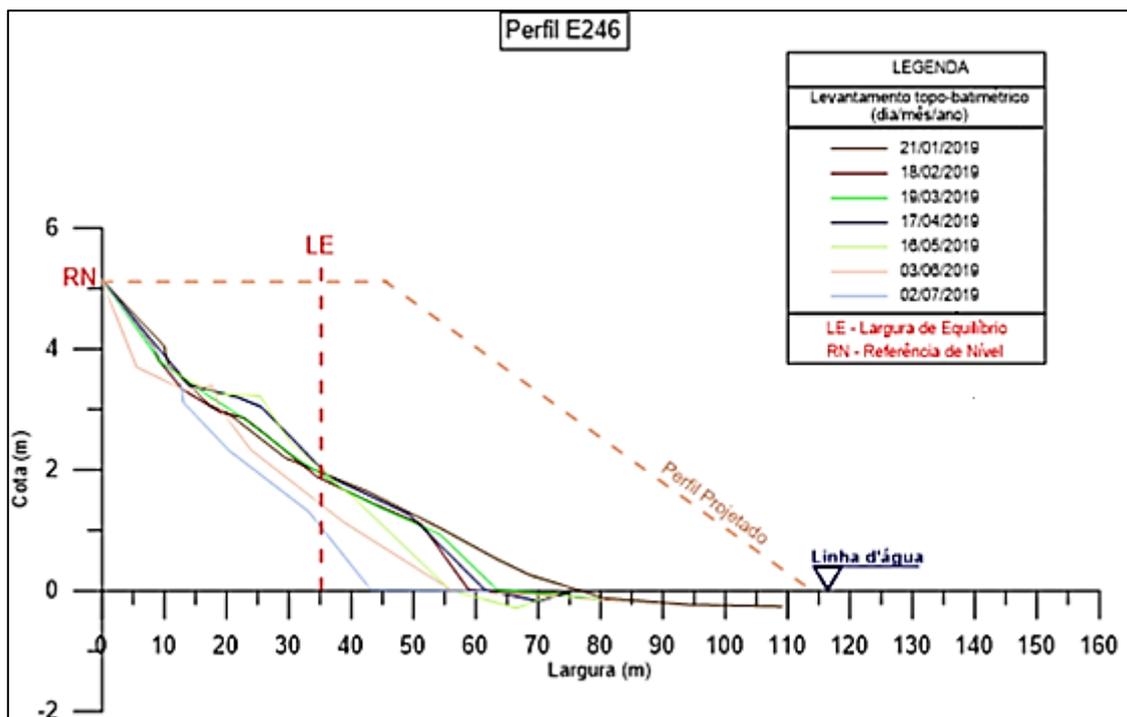


Figura 6.12.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 246 (E246) obtidas do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

Todas as leituras até o primeiro semestre de 2019, como exposto, se referiam ao estirâncio, não ao pós-praia, visto que foi completamente perdido em 2013. Durante o segundo semestre observam-se curvas de comportamento mais similares entre si que as ocorridas nos meses iniciais de 2019. E analisando suas características, houve aumento da declividade e retração do estirâncio médio, com largura do perfil média de 50m. Seguindo a tendência reductiva associado ao período chuvoso registrada desde o mês de Junho, o perfil apresenta alta inclinação sem haver, entretanto, significativa recuperação das cotas no estirâncio inferior com retomada do verão, ou seja, areia remanescente do setor foi carregada pela correnteza e removida faixa de praia, sem retornar ao sistema e, por isso, o enrocamento permaneceu exposto.

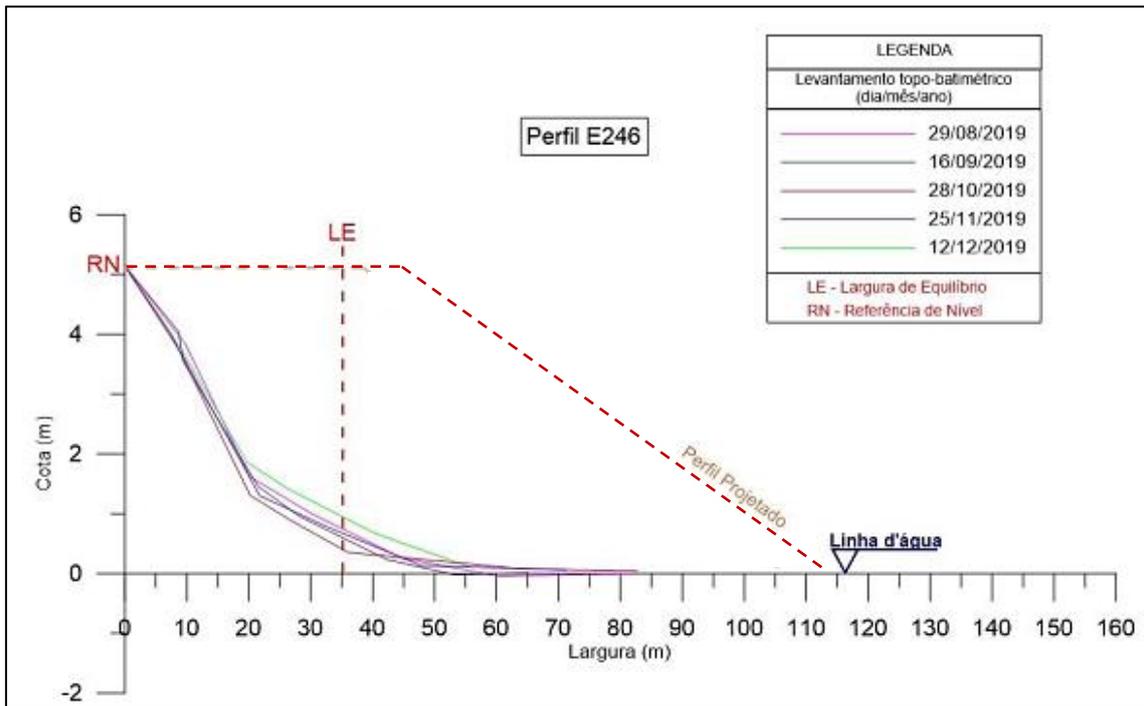


Figura 6.12.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 246 (E246) obtidas do segundo semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

6.12.2. Condições climáticas-oceanográficas

Este perfil encontra-se, portanto, em estado bastante crítico e não apresenta pós-praia, cujo limite superior é o enrocamento aderente. Tal estrutura promove efeitos deletérios ao próprio sistema com a desestabilização da praia, visto que aprisiona sedimento, afetando a naturalidade destes ambientes; potencializa energia das ondas sobre a faixa de praia (baixa capacidade de absorver energia e com grande taxa de reflexão de ondas), gerando uma retroalimentação positiva para o fenômeno erosivo, aumentando sua intensidade e favorecendo o aparecimento de outros processos erosivos; além de possuir alto custo de construção (WILLIAMS *et al.*, 2017; LOAYZA AGUILAR, 2021). Somado a isso, posiciona-se na região que recebe influência da vazão associada a foz do Rio Jaboatão, imprimindo extrema variação hidrodinâmica, a qual afeta o balanço sedimentar gerando forte instabilidade, que desde o início das medições se mostrou bastante negativo.

Todas as feições morfológicas e hídricas tornam esse trecho da área de influência altamente dinâmica e instável, e precisa de estudo detalhado, frequente e contínuo (batimetria, ondas, correntes, hidráulica, transporte sedimentar) para que haja indicação adequada dos ajustes voltados a preservação da praia e evitar que haja fortes

alteração, como as observadas ao longo desses 5 anos após a conclusão da obra em 2013.

Ressalta-se que à medida que há mais proximidade da foz, a praia vai perdendo largura, em reposta a forte instabilidade, com períodos de recuperação dessa largura ao longo do tempo intercalado com períodos de forte retração, como pode ser observado nos dados obtidos durante o monitoramento. Nesse cenário, recomenda-se realização de estudo do estuário quanto sua capacidade hidrodinâmica e interferência no transporte sedimentar. E somente após esse estudo será possível indicar quais as intervenções nessa área que se estende da Rua Prof. Mário Ramos até a foz do rio, como a reposição de areia em todo o trecho ou a definição do tipo de estruturas rígidas a serem instaladas em prol da retenção de sedimentos.

Dessa forma, o cálculo do volume necessário para este ponto foi realizado, considerando a configuração do mês de Dezembro. Mas não representa a real demanda volumétrica para reposição do perfil, pois essa depende da análise conjunta do levantamento batimétrico, hidrodinâmico, hidráulico e sedimentológico da região, dada a retenção de sedimento formando o extenso banco arenoso na proximidade da foz. Essa questão, inclusive, remete ao fato de que é possível que a areia acumulada no imenso banco, sirva para ser dragada e reposta na praia, diminuindo o custo para ajuste da engorda (aterro hidráulico).

6.12.3. Cálculo de volume do perfil

Considerando a configuração do estirâncio para o mês de Dezembro, estima-se um volume de 304,27m³ para ajuste do perfil.

6.13. ESTAÇÃO 260

6.13.1. Morfologia e morfodinâmica

A Estação 260 localiza-se na Praia de Barra de Jangada, com posição nas coordenadas 8°12'57"S/34°55'12.69"W e Referencial de Nível (RN) igual a 4.029m (Figura 6.13.1.1). E, assim como o anterior, este perfil também não apresenta pós-praia, cujo limite superior do mesmo é o enrocamento aderente, seguido do estirâncio.



Figura 6.13.1.1. Imagem esquemática mostrando a posição da Estação 260 (E260) onde há estrutura rígida (enrocamento; cerca de 13m do RN, linha branca). As linhas tracejadas em cor amarela são os canais fluviais secundários que meandram nessa região da foz do Rio Jaboatão. A vermelha, tracejada, mostra o ponto de abertura e rebaixamento no banco algálico (Fonte: Modificado do Google Earth, Agosto de 2021).

Outro fator que deve ser citado é a forte influência dos canais de desembocadura da foz do Rio Jaboatão, que ao meandrem, promovem o deslocamento do banco arenoso que se forma na porção afogada em frente a esse trecho. A mobilidade desse sedimento faz com que em determinadas épocas eles colem na porção praias e em outras fiquem em posições mais distais na antepraia, separados da praia pelo canal formado a partir da calha principal de escoamento fluvial. Esse fato é muito comum em sistemas estuarinos e em muitas fozes de rios, nos quais formam as chamadas barras paralelas ou ainda meandros abandonados, cujo formato do depósito sedimentar dar-se-á tanto dessa condição hidráulica, como da planície costeira associada.

Como pode ser observado na Figura 6.13.1.2, a abertura (seta vermelha) que há no substrato recifal exatamente em frente ao perfil, gera difração das ondas, resultando em sua canalização e potencialização. Conseqüentemente, ocorre transporte bidirecional do sedimento pertencente a zona que compreende o perfil para áreas adjacentes. Desse modo, grande parte do sedimento oriundo do transporte fluvial, de sul para norte, tende a ficar estagnado antes de atingir o perfil, formando bancos na antepraia como o pontal arenoso (seta larga, branca). Assim como se observa a existência de outra barra arenosa que se encontra próxima à mesma abertura que gera a difração, perpendicular a praia. Esta última, citada na estação anterior, atravessa a estrutura algálica e tende a

encaminhar o sedimento para porção anterior aos bancos (seta tracejada em azul), sem que aquele possa retornar naturalmente ao perfil.

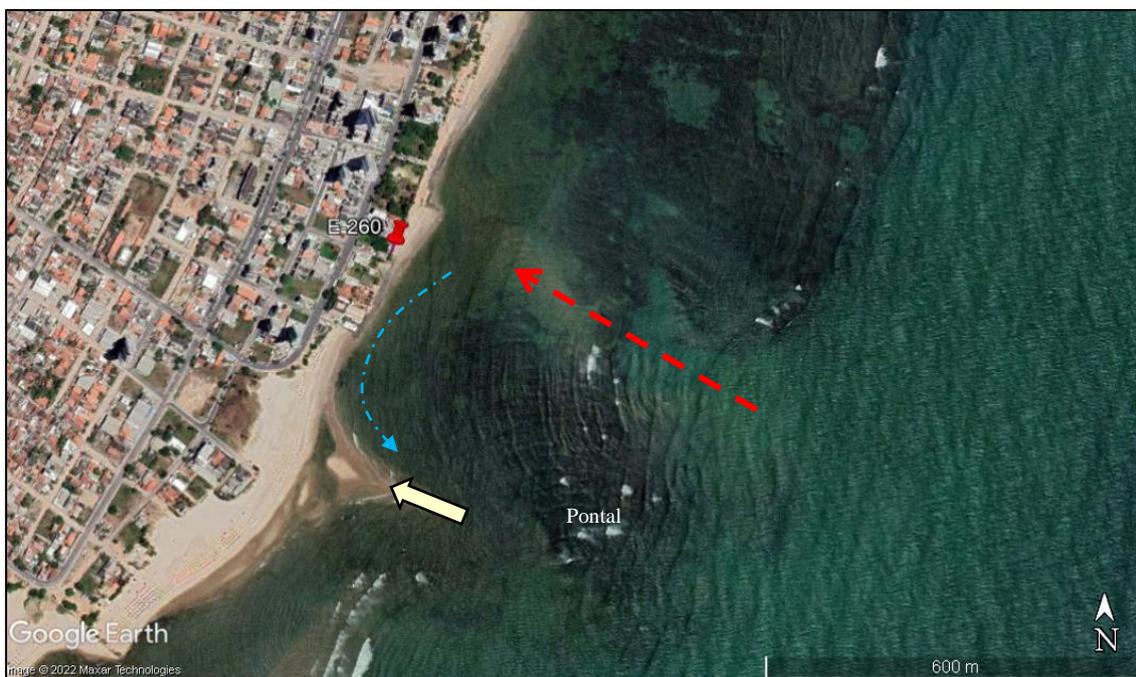


Figura 6.13.1.2. Imagem esquemática mostrando a abertura no recife algálico (seta tracejada, vermelha), ilustrando o sentido contrário da corrente decorrente do fluxo que passa pela abertura recifal (seta tracejada, em azul) e apontando o local de acúmulo de sedimento formando um pontal arenoso, que é sazonal. (Fonte: Modificado do Google Earth, Setembro de 2020).

Analisando o comportamento das curvas (Figura 6.13.1.3), vê-se que de Outubro de 2016 até Janeiro de 2018 houve rebaixamento na cota do estirâncio em cerca de 1m. Entre Janeiro e Fevereiro de 2018 dá-se aumento da cota, passando de aproximadamente 1,5m para cerca de 3,0m. Em Março do mesmo ano ocorre rebaixamento, cuja cota cai para menos de 1,5m. Em Maio, todavia, nota-se novo aumento da cota, essa passando para cerca de 2,0m, e permanecendo assim até Novembro de 2018. Em Dezembro de 2018 houve novo aumento da cota, mas não muito significativa, pois passa para pouco mais de 2,5m, ou seja, a cota não ultrapassou 3m durante o período. Com relação à largura da porção inferior do estirâncio, nota-se que essa atingiu o valor máximo, de cerca de 63m, em Fevereiro de 2018 e mínimo em Novembro de 2018, com 40m, mas a média mensal mostra que ficou no patamar em torno de 50m.

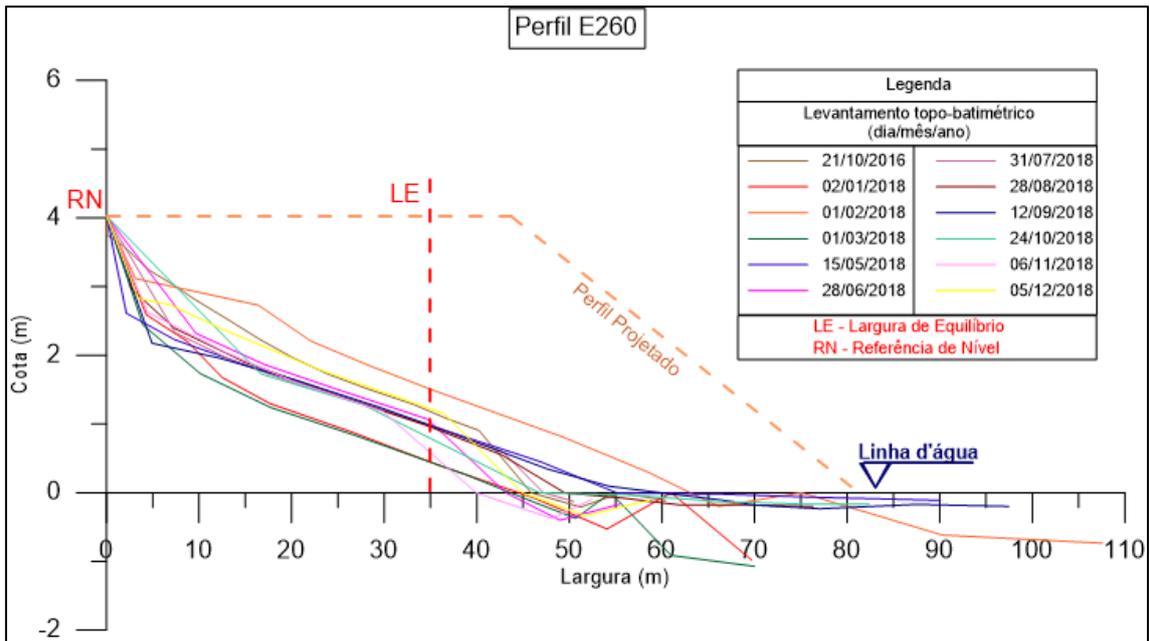


Figura 6.13.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 260 (E260) obtidas do ano 2016 até o ano 2018. Ressalta-se que nesse ponto há enrocamento (Fonte: NEM, 2019).

A distribuição das curvas no ano de 2019 mostra que a instabilidade é intensa. Não há indícios de recuperação natural significativa durante o primeiro semestre. A cota média oscila próxima a 2m, sem que haja progressão gradual de acréscimo ou retrogradação do setor. A largura do perfil segue a mesma tendência, reproduzindo forte oscilação no estirâncio inferior que atingiu cerca de 45m em Junho, correspondente a máxima do setor no período, e aproximadamente 32m em Julho.

Como a estação chuvosa aumenta a vazão e capacidade de transporte do rio, o perfil mensal responde ao aporte e dinâmica de transporte e sedimentação deste, reduzindo ou aumentando a distância de bancos arenosos que corroboram como fonte de sedimento para o perfil. Por este motivo, nos meses de Junho e Julho, considerados meses de alta atividade chuvosa, apresentam variações máximas entre si, inclusive com maior largura ocorrendo dentro desta janela temporal.

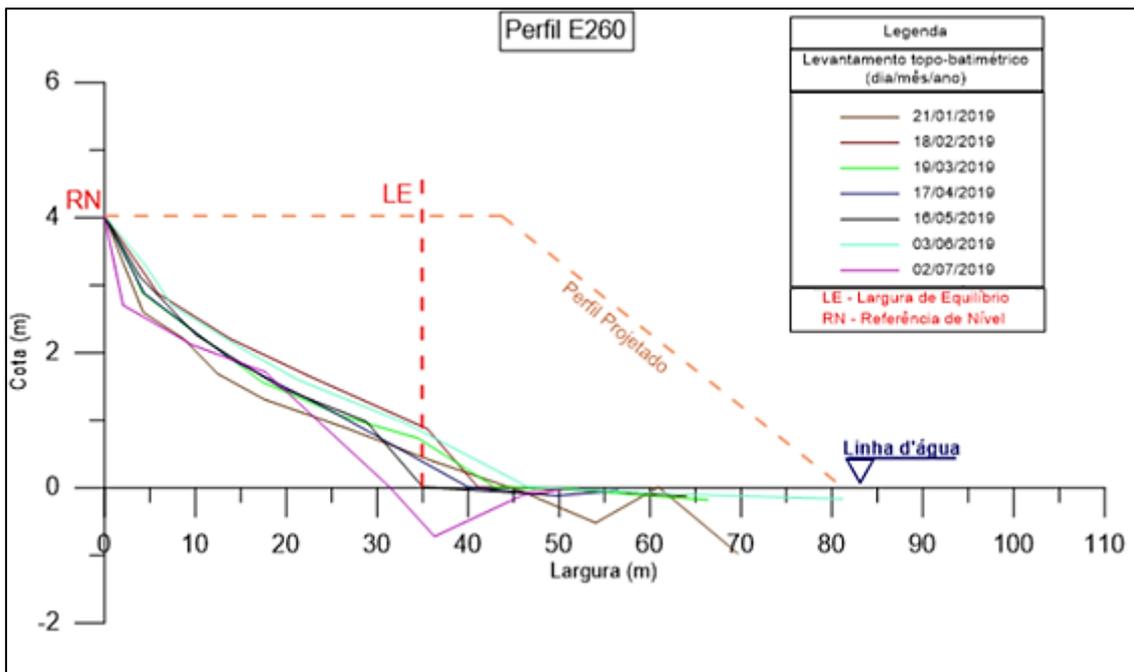


Figura 6.13.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 260 (E260) medidas no primeiro semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

A Figura 6.13.1.5 mostra o comportamento do perfil para o segundo semestre de 2019. As curvas mostram uma leve recomposição gradual no estirâncio superior, de Agosto a Dezembro deste ano, atingindo cotas próximas a 2,5m. Entretanto, neste período observa-se a tendência de estabilização da largura de perfil em torno dos 60m, superior ao primeiro semestre. Ou seja, mesmo com a devolução de sedimento a medida que o verão se aproxima, com melhores condições de deposição, o perfil ainda se encontra muito rebaixado e retraído comparado ao perfil projetado.

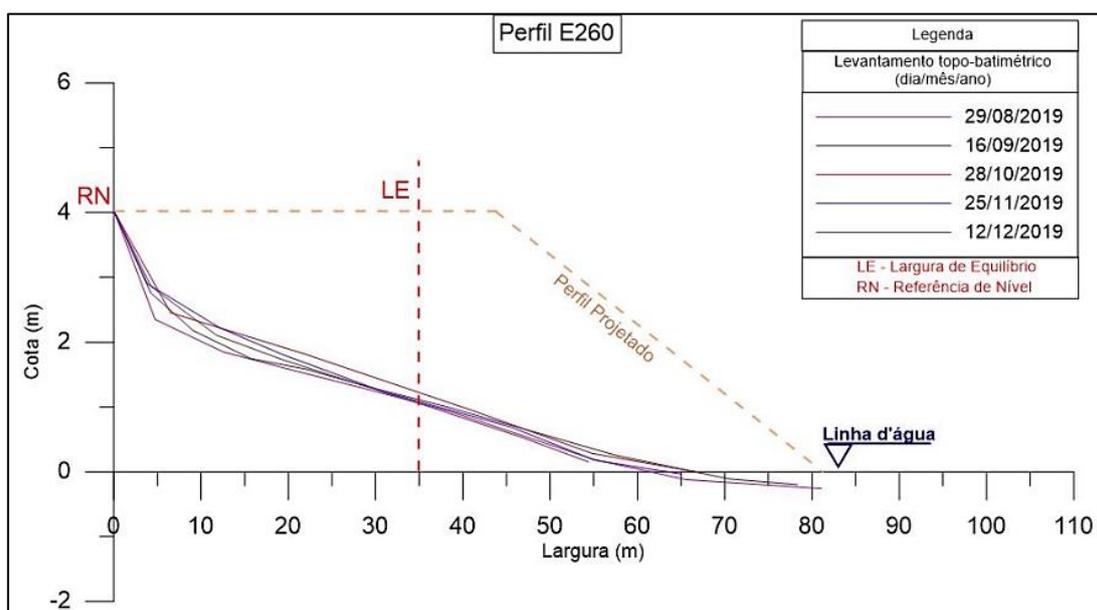


Figura 6.13.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 260 (E260) obtidas no segundo semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

6.13.2. Condições climáticas-oceanográficas

Esse perfil, assim como o anterior (E246), também se encontra numa área de forte influência da hidrodinâmica, com canal principal do rio que meandra e cria novos canais secundários ao longo do tempo, em resposta aos momentos de maior descarga fluvial. Esse fato também interfere no transporte sedimentar e nas condições hidrodinâmicas que agem sobre a praia, e pode potencializar ou inibir o balanço sedimentar, o que muda drástica e rapidamente a configuração da praia. Com base nisto, o posicionamento desse perfil corresponde a uma área de extrema vulnerabilidade, onde todo pós-praia foi perdido, além de processo erosivo bastante acentuado sem recuperação.

Ainda sobre esta estação, o muro do terreno presente como limite da pós-praia foi derrubado no mês de Agosto de 2019 e parte do terreno foi invadido pelo mar, ou seja, nos eventos de ressaca, durante maré cheia, a zona de espraiamento alcança os muros desta área. O prédio situado no terreno ao lado não sofreu avaria, pois existe um resquício de uma quadra de esporte, cujos limites criam uma barreira, funcionando como um muro de contenção. Se não existisse essa estrutura, o imóvel estaria sob o risco iminente de destruição pelo mar. A via de rolagem mais a norte está danificada e o acesso de veículos está muito precário e perigoso.

Ocorre ainda um agravante que é a existência de uma drenagem muito próxima que deveria ser de águas pluviais da Travessa da Candelária para o mar, porém é usada como escoamento de esgoto *in natura*. Além da poluição e contaminação marinha gerada nesse ponto, tal drenagem potencializa a erosão, dada a formação de córregos que cavam canais que, por sua vez, cortam a praia, promovendo a retirada de areia dos setores superiores. Visando sanar o escoamento inadequado, recomenda-se que a Prefeitura solicite a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) a retificação dessa drenagem e por recalque, drene para o canal da Avenida Ayrton Senna. Infelizmente, ainda não houve a solução desse problema.

Por fim, recomenda-se levantamento de batimetria em detalhe, correntes, ondas e hidráulica do rio, para que haja maior eficácia da estrutura a ser projetada para mitigar processo erosivo no perfil, inclusive compreender a necessidade da construção de uma estrutura fechando essa passagem entre os bancos recifais, para evitar esse efeito danoso.

6.13.3. Cálculo de volume do perfil

O volume necessário para reposição a fim de reestabelecer o perfil projetado, compreende em 182,23m³.

6.14. ESTAÇÃO 273

6.14.1. Morfologia e morfodinâmica

A Estação E273 localiza-se na Praia de Barra de Jangada, com posição nas coordenadas 8°13'1.7"S/34°55'16.2"W e Referencial de Nível (RN) igual a 6.102m (Figura 6.14.1.1).



Figura 6.14.1.1. Imagem esquemáticas mostrando a posição da Estação 260 (E260) onde há estrutura rígida (enrocamento; cerca de 12m do RN, linha branca) (Fonte: Modificado do Google Earth, Agosto de 2021).

Esse perfil perdeu a pós-praia construída já em Agosto de 2013, logo após a inserção da engorda (aterro hidráulico), onde toda a areia colocada foi erodida e a área ficou com o enrocamento totalmente exposto em Março de 2017, mantendo-se assim até Setembro de 2017 (Figura 6.14.1.2). Destaca-se ainda que a largura dessa faixa praial, composta essencialmente pelo estirâncio e tendo o enrocamento como início da mensuração, chegou a possuir 5m em anos anteriores, e a partir desse ponto, na baixa-mar, encontrava-se a linha d'água. Em Outubro o estirâncio inferior é estendido, cujo

perfil atinge 75m de largura, com manutenção da tendência até Novembro, que passa a medir aproximadamente 90m.

No entanto, a partir de Dezembro de 2017 ocorreu à nova retração de perfil, com nova largura de cerca de 33m, seguida de extensão de Janeiro a Março de 2018, nos quais as larguras encontraram-se acima de 65m e cota variando entre 2m e 2,5m. Já em Maio de 2018, observa-se a formação da pós-praia sem nenhuma intervenção antrópica com cota em torno dos 3,5m, mas o perfil atinge a largura de 50m. Em Junho de 2018 houve a suavização do perfil, sem berma, porém com a manutenção da cota praticamente igual a do mês imediatamente anterior, mas com largura de 58m para o perfil. Deste mês até Dezembro, nota-se tendência acumulativa no setor superior, cuja máxima cota para o perfil é atingida em Dezembro, próxima a 4m, e com largura do perfil variando de 63m a 75m.

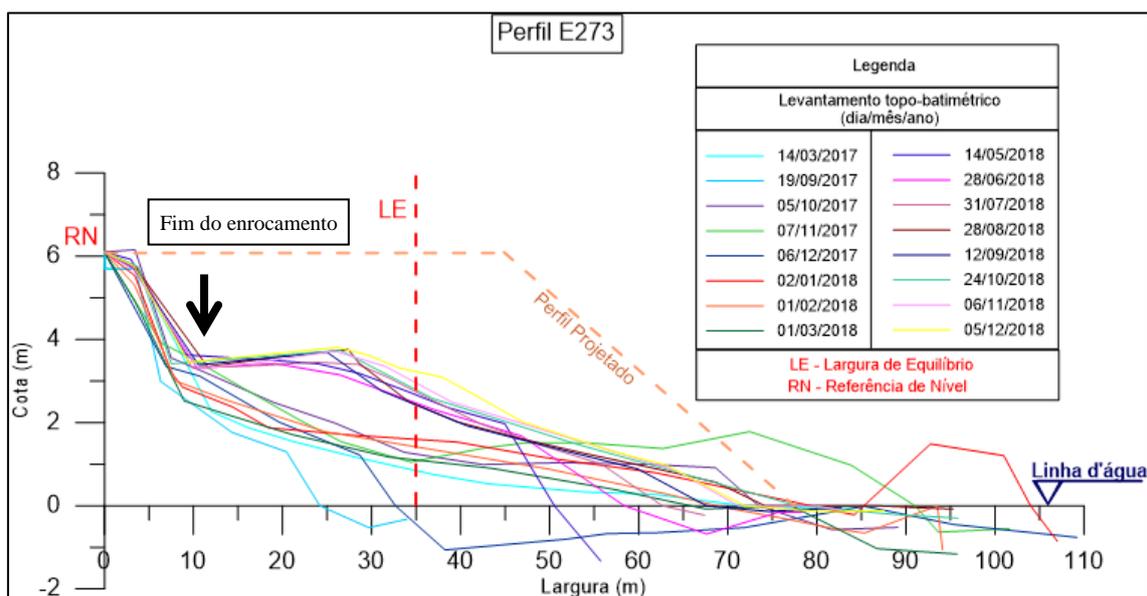


Figura 6.14.1.2. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 273 (E273) obtidas do ano 2017 até o ano 2018. Ressalta-se que nesse ponto há rebaixamento severo do perfil, mas sua largura chega a ultrapassar 100m porque há, em determinados períodos do ano, a junção da praia com o banco arenoso formado pela ação fluvial, com a areia erodida em 2013, que não sai do sistema, mas as ondas não têm energia suficiente para repor a pós-praia, para a cota de projeto (Fonte: NEM, 2019).

Observando apenas os dados de 2019 (Figura 6.14.1.3) nota-se que as alterações no perfil continuam com muita volubilidade. No entanto, percebe-se que a pós-praia permanece com cota em torno dos 4m, com mínimo ocorrendo em Fevereiro próximo a 3m. Apesar dessa redução da cota em Fevereiro, a largura para o setor foi a maior registrada no período, próxima aos 50m. Já entre Março e Junho de 2019, mesmo havendo da recuperação da cota para o patamar dos 4m, a largura da pós-praia sofreu retração com forte variação entre 33m, aproximadamente, a 45m. Mantendo a mesma

cota, entretanto, o mês de Julho apresentou a máxima retração do setor, atingindo cerca de 19m.

Quanto ao estirâncio, este apresentou praticamente a mesma configuração durante o primeiro semestre, com declividade constante em toda sua extensão e esculpindo perfis mensais com extensões na média dos 70m a 80m. Inclusive no mês de Julho, onde houve a maior retração, o estirâncio manteve a inclinação média enquanto o perfil reduziu a 48m. A exceção ocorreu no mês de Fevereiro, cujo estirâncio inferior apresentou menor declividade e registrou o mais extenso perfil do período, imprimindo-o uma extensão de 115m, acima do projetado. Provavelmente o sedimento depositado na antepraia durante o mês de Fevereiro atingiu os setores superiores nos meses seguintes, reduzindo a extensão do estirâncio e elevando a cota.

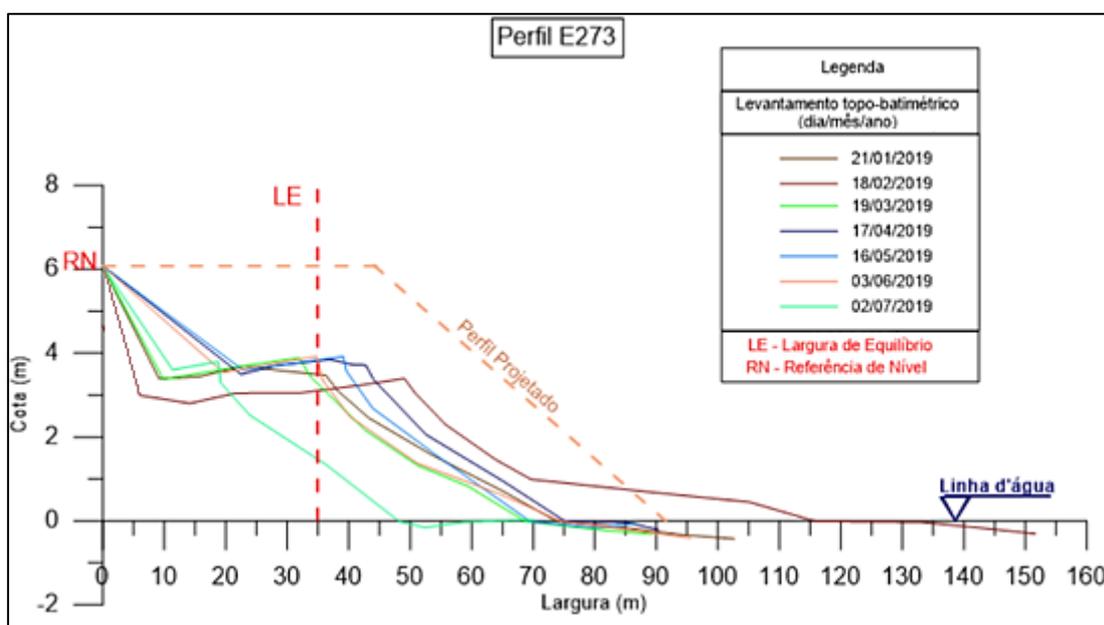


Figura 6.14.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 273 (E273) medidas no primeiro semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

No segundo semestre de 2019 (Figura 6.14.1.4) as curvas apresentam diversidade de inflexões, desde berma bem delimitada a suavização da curva com ausência do acidente fisiográfico, observada especificamente no mês de Outubro. Todos os perfis mensurados permaneceram abaixo da cota e da largura do perfil projetado. A cota da pós-praia nesse período tende a concentrar-se em torno dos 3m a 3,5m e largura variando dos 16m, no mês de Agosto, a 23m, referente aos meses de Setembro e Novembro. O estirâncio permanece com a tendência de semelhança em sua inclinação, porém apresentou forte recuperação quanto a extensão da porção inferior, o que levou

os perfis a atingirem valores sempre acima de 70m, com máximo em Outubro próximo aos 100m.

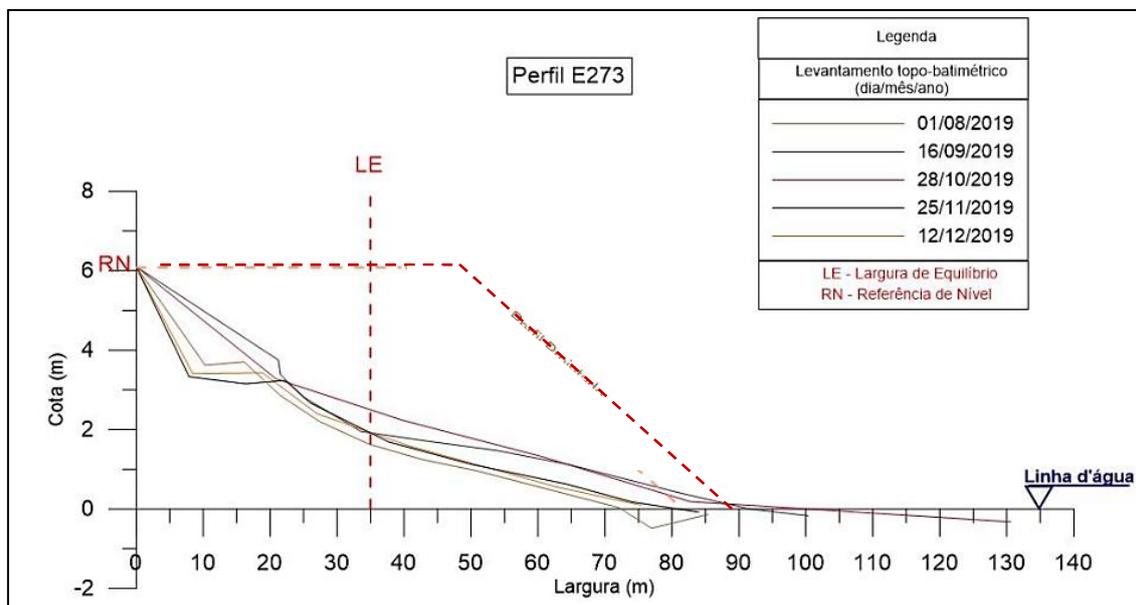


Figura 6.14.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 273 (E273) medidas no segundo semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

6.14.2. Condições climáticas-oceanográficas

Observando a progressão das curvas, o setor da pós-praia sofreu acréscimo de seu volume até o mês de Setembro, isto é, do RN a berma percebe-se acúmulo de material sedimentar. Em Outubro, inclusive, apesar de não haver berma registrada, o estirâncio intermediário e inferior apresentou aumento de cota comparado a o mês anterior, e reduziu novamente no mês de Novembro, possivelmente indicando migração da areia do setor superior para o inferior. Desse modo, em Novembro, ocorre retração dessa mesma zona devolvendo as características do mês de Agosto, com declividade suave em direção ao continente após a formação da berma, porém com a cota mais rebaixada e leve aumento da largura. No mesmo padrão manteve-se até Dezembro, que apresentou ainda uma breve recuperação da cota, ao passo que reduziu ligeiramente a largura.

A retração da pós-praia, portanto, deve-se tanto a ação das ondas, que passam por sobre o banco de recifes algálicos existentes na plataforma marinha interna, quanto a ação fluvial, através dos canais de saída da foz que migram ao longo do tempo. Desse modo, está relacionado à vazão do rio, pois a foz apresenta meandros submersos separados por bancos arenosos e distribuídos de acordo com a migração do canal principal do rio.

Desse modo, a conjunção de todos os fatores identificados altera a hidrodinâmica e conseqüentemente o transporte sedimentar. Os bancos que se formam de frente a esse perfil migram ao longo do tempo e é a principal fonte de sedimento para ele. Isto porque a análise granulométrica realizada pela Prefeitura de Jaboatão no sedimento do banco arenoso submerso nas marés altas indica que a areia tem as mesmas características daqueles presentes na praia: sedimento médio a grosso.

Para reduzir esse efeito erosivo é preciso a estabilização do sedimento na faixa de praia, possivelmente associando com obras, ainda que, por exemplos, estruturas rígidas perpendiculares a costa. Porém, sendo uma área extremamente variável morfodinamicamente, essa resposta só poderá ser indicada com obtenção de dados hidrodinâmicos e hidráulicos contemporâneos, além dos batimétricos. Os dados deverão ser modelados para que as obras a serem implantadas causem o menor impacto negativo para o estuário, bem como sejam eficazes. A zona estuarina é uma área com extrema dificuldade de interpretação, mas assim como exemplos em várias partes do mundo, pode apresentar efeitos estáveis a faixa de praia adjacente se os estudos forem bem aplicados e as obras sejam bem definidas.

6.14.3. Cálculo de volume do perfil

Como sugestão de volume linear necessário para recomposição do perfil projetado, tomando o perfil do mês de Dezembro como o ponto de partida, tem-se o volume de 188,56m³.

6.15. ESTAÇÃO 285

6.15.1. Morfologia e morfodinâmica

A Estação E285 localiza-se na Praia de Barra de Jangada, com posição nas coordenadas 8°13'9.51.9"S/34°55'19.6"W e Referencial de Nível (RN) igual a 4.682m (Figura 6.15.1.1).



Figura 6.15.1.1. Imagem esquemática mostrando a posição da Estação 285 (E285) (Fonte: Modificado do Google Earth, Outubro de 2021).

Esse perfil também está sob a influência da foz do Rio Jaboatão, dos bancos arenosos sazonais e do recife algálico. Entretanto, dos perfis monitorados, esse é o mais próximo à foz, recebendo influência direta deste, através dos picos de vazão (Figura 6.15.1.2).

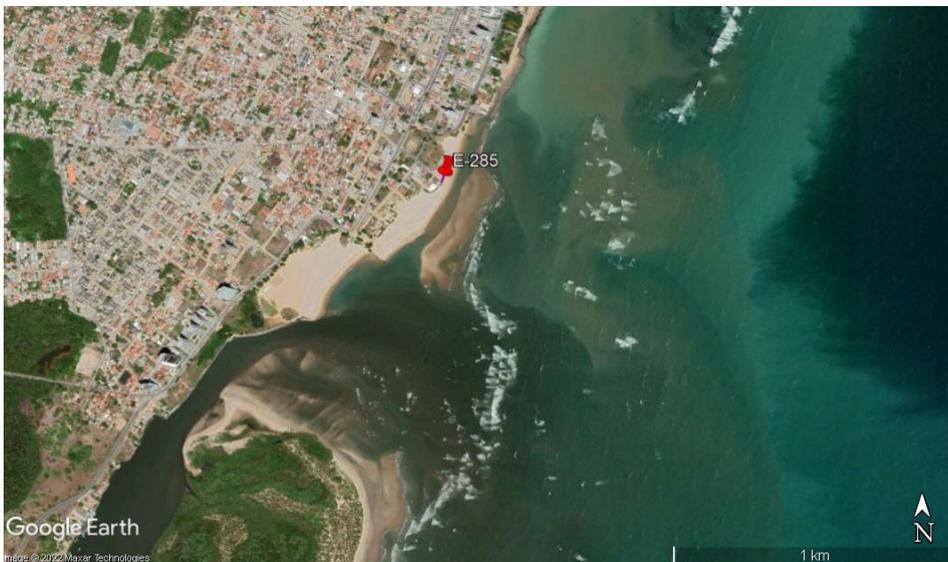


Figura 6.15.1.2. Imagem esquemática mostrando a posição da Estação 285 (E285) em relação à foz do Rio Jaboatão (Fonte: Modificado do Google Earth, Dezembro de 2021).

Nessa região, este perfil compreende as correntes de marés as mais intensas associadas à foz do Rio Jaboatão, principalmente durante preamar, em que ocorre uma intensificação das correntes sobre o pontal arenoso da Ilha do Amor. A direção de ondas *offshore* não tem tanta influência no campo de correntes geradas por ondas nessa área quanto à variação da maré.

Após 3 anos da construção da obra, esse ponto não apresentou retenção dos sedimentos da engorda, o que resultou na ausência da pós-praia. Desse modo, em Fevereiro de 2017 o enrocamento estava totalmente exposto e apenas havia o estirâncio, que aflorava na baixa-mar e com largura média de aproximadamente 25m até a linha d'água nas condições de marés de sigízia. Já em Setembro de 2017 houve a formação da pós-praia sem nenhuma intervenção antrópica, atingindo cerca de 3m de cota e 34m de largura, cuja morfologia manteve-se nesse patamar até Dezembro de 2017 (Figura 6.15.1.3).

Em Janeiro de 2018 ocorreu o rebaixamento da cota da pós-praia para 2,5m, mas a largura ficou na mesma ordem de valor, próximo aos 35m, cenário mantido até Março do mesmo ano. Em Maio de 2018 houve recuperação tanto da pós-praia como do estirâncio, naturalmente, ou seja, sem interferência antrópica, gerando incipiente pós-praia, onde a cota atingiu cerca de 3m e a largura da pós-praia atingiu o patamar de 60m, permanecendo com medidas similares de cota até Julho de 2018, cuja largura recuou para 50m. No mês de Agosto de 2018 houve um pequeno aumento na largura da pós-praia, passando a 65m, somado a forte recuperação na porção inferior do estirâncio, a qual atingiu 165m. A partir do mês de Setembro de 2018, entretanto, houve tendência de retração no estirâncio, mas sem perder todo o sedimento como ocorreu em Fevereiro de 2017, com manutenção da largura da pós-praia em 65m e ficando nesse limiar até Dezembro de 2018.

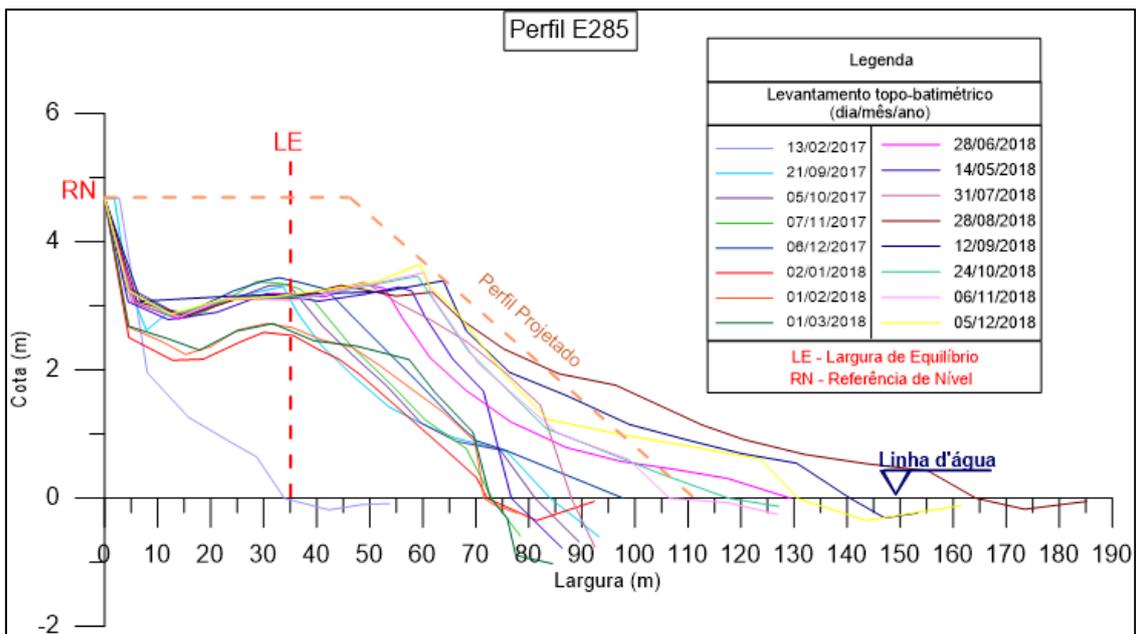


Figura 6.15.1.3. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 285 (E285) obtidas do ano 2017 até o ano 2018 (Fonte: NEM, 2019).

No primeiro semestre de 2019, as curvas desse perfil (Figura 6.15.1.4) mostram retração com diminuição da largura e cota do pós-praia e diminuição da largura do estirâncio. De Janeiro de 2019 até Maio de 2019, o perfil sofreu significativa retração da pós-praia, isto é, reduziu dos 60m no início do ano para os 30m, abaixo da largura de equilíbrio projetada. Porém, ainda neste intervalo, houve breve flutuação da cota durante a transição dos meses, cuja cota mínima ocorreu em Fevereiro, pouco acima dos 3m, e máxima em Maio com aproximadamente 3,5m. Em Junho e Julho do mesmo ano, as cotas e larguras permanecem estáveis e permanecem com as mesmas características do mês de Maio.

Quanto ao estirâncio, a diminuição da largura acompanhou a retração dos perfis, com destaque a mudança de declividade da porção inferior a medida que se aproxima o período chuvoso. Em Janeiro de 2019 o estirâncio inferior apresenta menor declividade comparado a porção superior no mesmo setor, tornando o perfil deste mês como o máximo do primeiro semestre de 2019 medindo 140m. A partir desse mês até o mês de Maio, a declividade para o estirâncio torna-se uniforme em todas as porções do setor, com aumento da inclinação da porção inferior até assimilar-se com a superior. Desse modo, em Maio registrou-se a maior retração do setor no semestre, e tornando a largura do perfil próxima aos 61m. Apesar da manutenção de cota e largura da pós-praia, nos meses de Junho e Julho houve breve recuperação no estirâncio, com perfis atingindo média dos 65m.

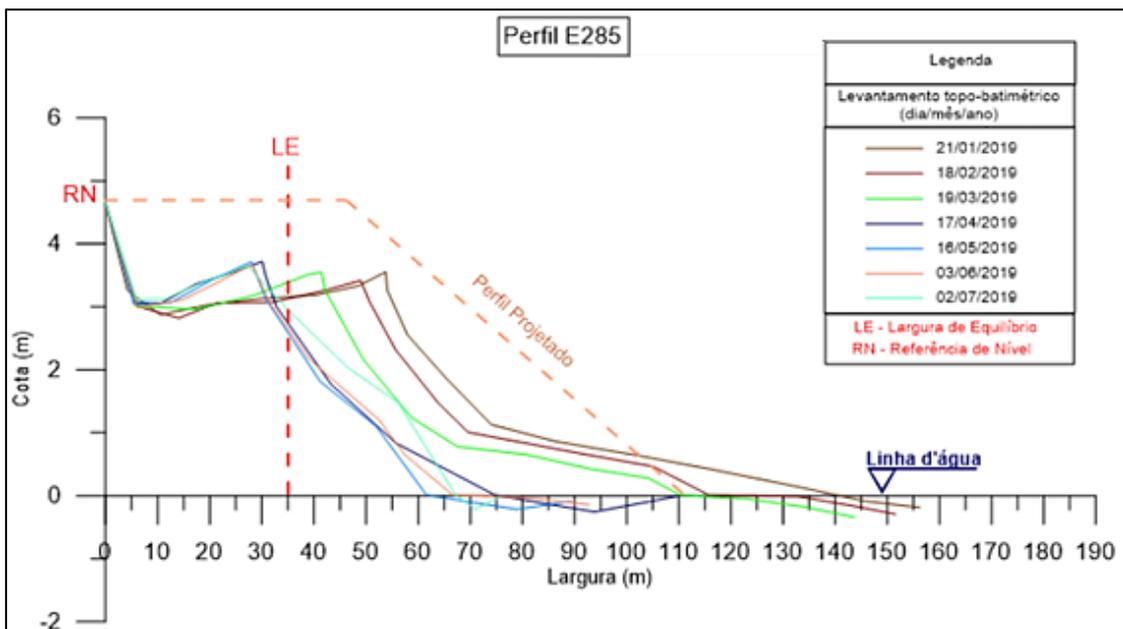


Figura 6.15.1.4. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 285 (E285) obtidas do primeiro semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

A Figura 6.15.1.5 mostra o comportamento do perfil durante o segundo semestre de 2019, com todos os meses apresentando rebaixamento entre o RN e as bermas identificadas, assim como largura dos perfis acima dos 140m, com valores maiores que o do perfil projetado. No mês de Agosto a largura do pós-praia é de cerca 27m e a cota está acima dos 3m, apresentando também estirâncio com declividade semelhante ao longo de sua extensão e maior volume na sua porção intermediária. Em Setembro de 2019 ocorre um aumento na cota, aproximando-se dos 3,5m, porém a largura da pós-praia reduz para 25m. A partir de Outubro do mesmo ano, a pós-praia apresentou largura próxima aos 50m e permaneceu com a cota próximo aos 3,5m, assim como estirâncio superior ganhou mais inclinação quando comparado ao inferior, mantendo-se nesse mesmo padrão até Dezembro. Ou seja, apesar do perfil apresentar características bastante reduzidas quando comparados ao perfil projetado durante todos os meses do semestre, com a chegada do verão houve aumento da largura da pós-praia, indicando ocorrência de condições favoráveis à deposição no período.

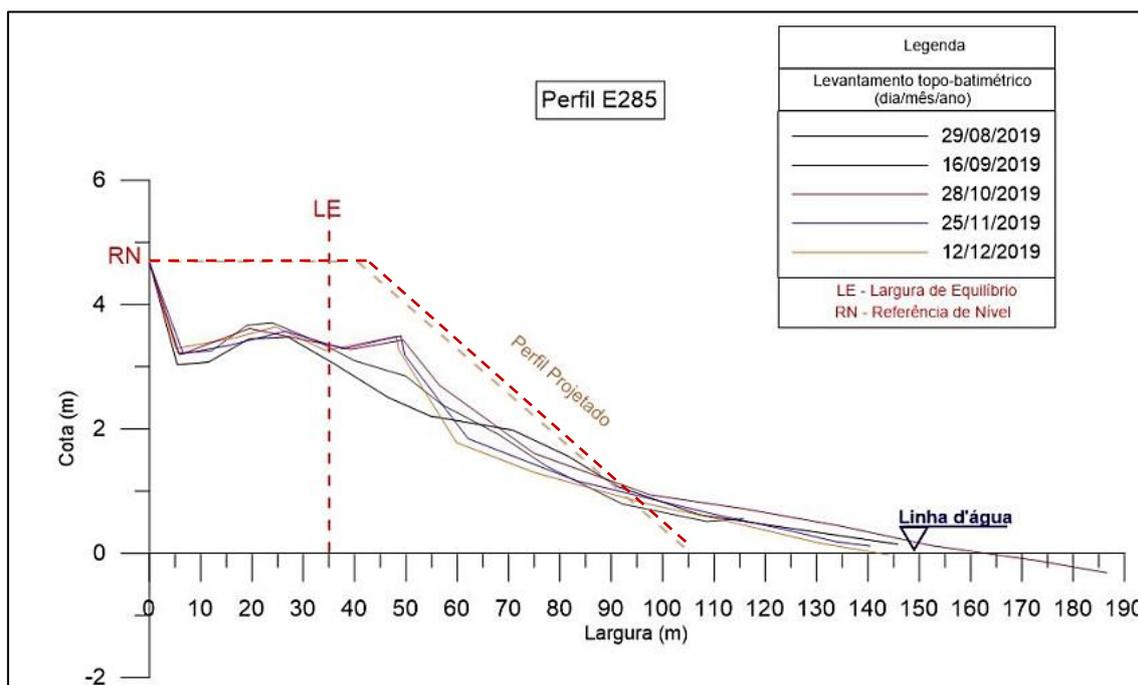


Figura 6.15.1.5. Representação gráfica das curvas topográficas do perfil da Estação 285 (E285) obtidas do primeiro semestre do ano de 2019 (Fonte: NEM, 2019).

6.15.2. Condições climáticas-oceanográficas

As modificações na zona estuarina têm influência direta no comportamento do perfil praiar, ainda mais por encontrarem-se associadas à presença dos bancos arenosos e de algas litificadas. Dessa forma, as curvas para esse perfil apresentam grande mobilidade de sedimento, ora com reduzida pós-praia ora com setores ampliados. Isto

ocorre devido a um extenso banco de areia situado em frente a esse perfil que apresenta alta mobilidade devido aos canais fluviais que meandram a costa, o qual, eventualmente, funde-se ao estirâncio deixando uma extensa faixa de areia exposta durante a baixa-mar.

Nesse perfil, entretanto, não foi realizado o levantamento do banco arenoso existente em todo esse trecho até a foz do rio, assim como ainda não foi mapeado quanto ao seu padrão migratório. Portanto, também não deve ser feita reposição de sedimento nessa área sem ocorrência de estudo detalhado, incluindo a possibilidade de implantação de estruturas rígidas que causem o menor impacto negativo possível ao estuário.

6.15.3. Cálculo de volume do perfil

E como a largura da pós-praia para o mês de Dezembro encontra-se acima da linha de equilíbrio, não se estimou o volume linear necessário de recomposição da condição de equilíbrio.

6.16. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA E MORFODINÂMICA GERAL

De modo a correlacionar as observações morfológicas e morfodinâmica de cada estação ao longo do litoral, a tabela 6.16-1 resume as informações quanto a localização destas, as estruturas e feições influentes próximas a faixa de praia, se houve marcada contribuição da descida da ZCIT sobre os setores praias e, para os que se encontraram recuados aquém dos 35m, o volume sedimentar de reposição necessário para cada situação.

Tabela 6.16-1. Síntese de dados das estações monitoradas, com respeito à localização, presença de estruturas ou feições predominantes, influência da descida da ZCIT no mês de abril sobre os setores praias, o volume necessário de reposição do perfil projetado e o volume total.

Estação	Praia	Estruturas/Feições	ZCIT (Abril)	Volume (m ³)
02	Piedade	<i>Beachrock</i>	Recuo pós-praia	-
11	Piedade	<i>Beachrock</i>	Recuo e Rebaixamento pós-praia	94,52
20	Piedade	<i>Beachrock</i>	-	103,92

30	Piedade	<i>Beachrock</i>	Recuo pós-praia	-
41	Piedade	<i>Beachrock</i>	-	-
51	Piedade	Bancos recifes algálicos litificados	-	-
61	Piedade	Bancos recifes algálicos litificados e quebra-mar, resquício de espigão	-	99,95
93	Candeias	Bancos recifes algálicos litificados e quebra-mar	Recuo acentuado Estirâncio	59,182
119	Candeias	Bancos recifes algálicos litificados	Recuo acentuado Estirâncio	147,81
142	Candeias	Bancos recifes algálicos litificados	Recuo acentuado Estirâncio	106
164	Candeias	Bancos recifes algálicos litificados	Recuo Estirâncio	214,37
246	Candeias	Bancos recifes algálicos litificados e instabilidade da região estuarina, ausência de pós-praia (enrocamento exposto)	-	304,27
260	Candeias	Bancos recifes algálicos litificados e instabilidade da região estuarina, ausência de pós-praia (muro de edificação)	-	182,23
273	Barra de Jangada	Bancos recifes algálicos litificados e instabilidade da região estuarina, enrocamento exposto	-	188,56

285	Barra de Jangada	Bancos recifes algálicos litificados e instabilidade da região estuarina	-	-
Volume Sedimentar Linear Total				1500,81

É possível perceber a ocorrência de necessidade de reposição sedimentar em 10 estações das 15 monitoradas mensalmente, com Volume Sedimentar Linear Total estimado de 1500,81m³. A ZCIT, por sua vez, foi influente nos perfis de praia de 7 das 15 estações analisadas em diferentes setores praias (pós-praia e estirâncio). E a região de instabilidade referente ao cone de influência da foz do Rio Jaboatão (estações 246, 260, 273 e 285) não favorece a demarcação climatológica na face de praia dada a sua grande variação de largura em decorrência da migração dos bancos arenosos, somado ainda necessidade de reposição em todos os 4 perfis.

7. EVOLUÇÃO DE LINHA DE COSTA

Para análise da variação da linha de costa utilizou-se no primeiro momento uma base cartográfica em AutoCad (versão acadêmica), mas o resultado em planta, não mostra com clareza o padrão de distribuição, como pode ser visto na figura abaixo (Figura 7.1), o que só é visualizado na tela do computador, quando se usa a ferramenta de aumento (“zoom”).

Então, para obter melhor representação gráfica, utilizou-se o *software* denominado Grapher (versão acadêmica), a fim de ter uma melhor visualização em todas as curvas. Destaca-se que a escala vertical está exagerada para que haja melhor representação da alteração existente. Note que a escala horizontal corresponde a posição dos RNs que estão distribuídos nos 6Km de costa onde foi implantada a obra e estão regularmente espaçados, por isso há a discrepância na escala do desenho e esta não corresponde à realidade. Informa-se ainda que, apesar da extraordinária instabilidade e alterações na praia de Barra de Jangada, a análise executada levou em consideração a área estuarina.

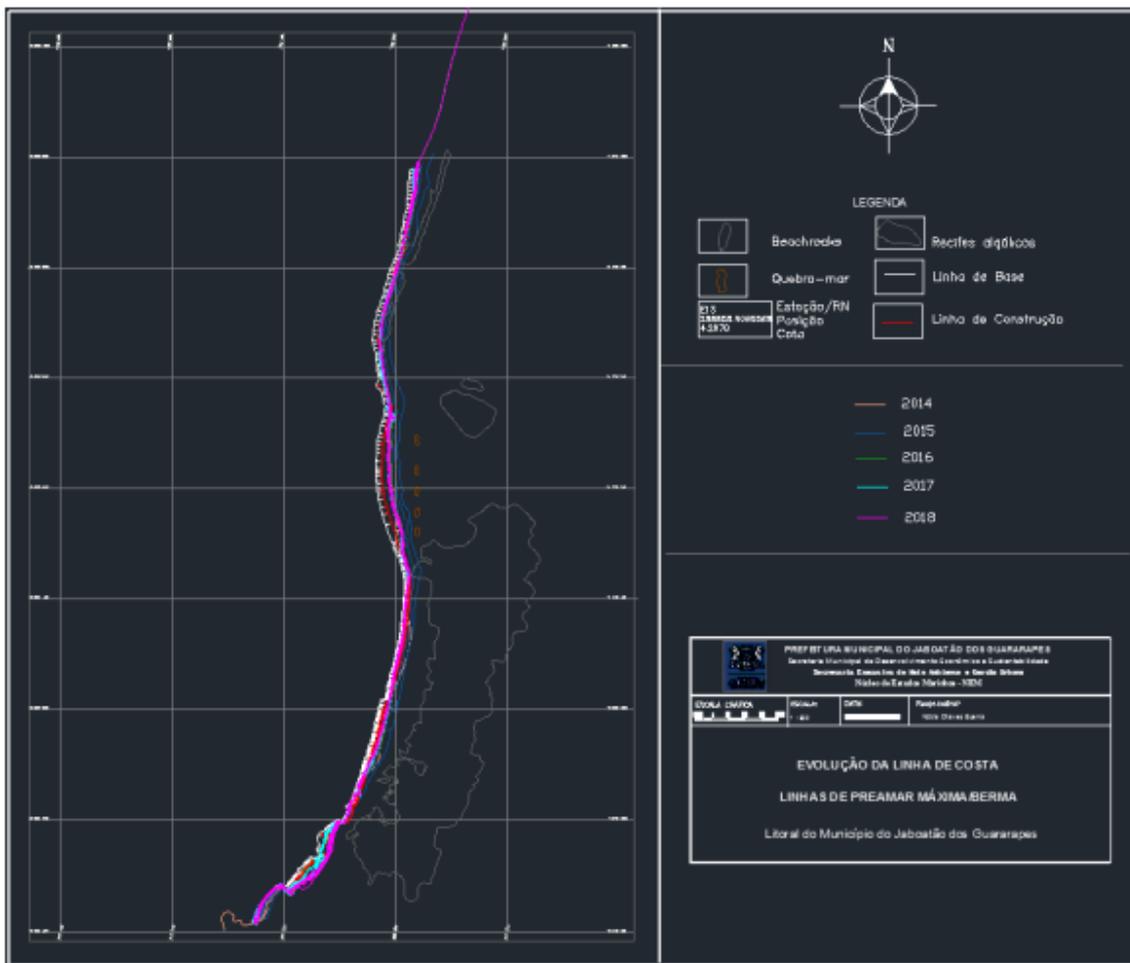


Figura 7.1. Disposição de todas as linhas de berma levantadas em campo (2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019) mostrando um padrão em trechos com retrogradação e outros com progradação. (Fonte: NEM, 2019)

Os gráficos a seguir mostram a configuração da linha de costa do período monitorado, inicialmente contendo todas as medições mensais separados/categorizados pelos anos amostrados, posteriormente separados para nos meses de agosto a dezembro no ano de 2019.

Em análise das curvas de linhas de costa dos anos de 2015 a 2019 (Figura 7.2), é possível perceber forte tendência de retrogradação, com destaque entre 2015 e 2016, cuja diminuição da largura da linha de costa foi a mais significativa, mantendo-se no mesmo padrão até 2018. Em 2019, entretanto, a linha de costa assemelhou-se a linha de costa de 2015 em alguns trechos do litoral, correspondendo, portanto, ao ano com maior progradação comparado aos anteriores.

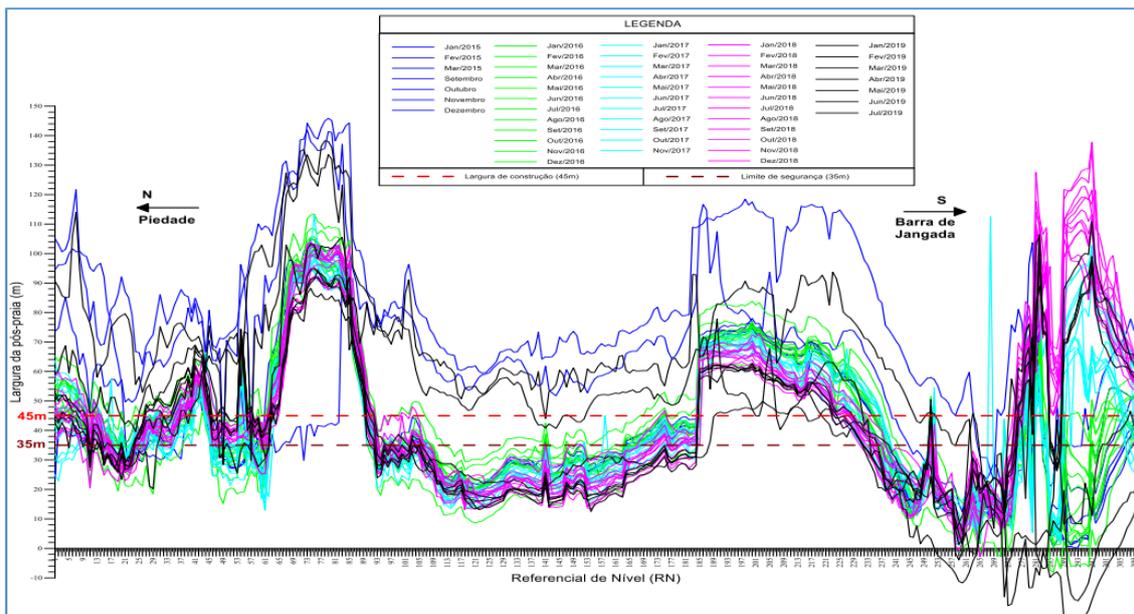


Figura 7.2. Disposição de todas as linhas de berma levantadas em campo (Anos 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019) onde se percebe os trechos com retrogradação e outros com progradação, quando se compara o traçado em relação a linha de 45m, linha de construção da obra. (Fonte: NEM, 2019)

É possível também observar que para o ano de 2018 a linha de costa próxima a praia de Barra de Jangada foi a máxima observada desde 2015. E como exposto, o ano de 2019 apresentou diversas áreas de recuperação de largura de faixa de praia. Dessa forma, é possível que o sedimento acumulado em 2018, no estuário do Rio Jaboatão, tenha sido transportado pela deriva litorânea para os setores mais ao norte da orla de Jaboatão no ano seguinte, alimentando o sistema e permitindo o aumento da linha de costa em direção ao oceano.

De forma geral, observa-se retrogradação, isto é, tendência erosiva, nos pontos correspondentes aos RN 9 a 41 (Figura 7.3 A), trecho entre as ruas Francisco Mendes e São Francisco, do RN 46 ao 61 (Figura 7.3 B), trecho entre as ruas Rosângela Carneiro da Cunha Wanderley e Joaquim Marquês de Jesus, e do RN 93 ao 184 (Figura 7.3 C), trecho entre as ruas Profa. Enédia Rabêlo e Cel. Kléber de Andrade. Já com tendência oposta, há progradação entre os RN 01 e 09 (Figura 7.3 D), compreendendo as ruas Milton Lopes e Ambrósio de Medeiros Delgado; RN 41 ao 46 (Figura 7.3 E), entre as ruas São Francisco e Dom Vital; do RN 61 a 93 (Figura 7.3 F), entre as ruas Joaquim Marques de Jesus e Manoel Menelau; e os RN 184 a 229 (Figura 7.3 G), entre as ruas Cel. Kléber de Andrade e a Alcides Mota Zlocovick.



Figura 7.3. Representação dos trechos de RN onde ocorre retrogradação (linha superior) e progradação (linha inferior) da linha de preamar máxima ou da berma. (Fonte: Modificado de Google Earth)

Analisando em detalhes os meses de Agosto a Dezembro no ano de 2019 (Figura 7.4), é possível observar o recuo da pós-praia do mês de Agosto à Novembro, com este correspondendo ao maior recuo registrado para alguns trechos do litoral durante o período. Em contrapartida, houve progradação da linha de costa em Dezembro, com áreas em que se equiparou à linha de costa do mês de Agosto, como em torno do RN 200, e outras onde ultrapassou-a, a exemplo do RN 35. Como este mês corresponde ao período de verão, a progradação observada pode ser uma resposta a dinâmica natural de deposição da estação.

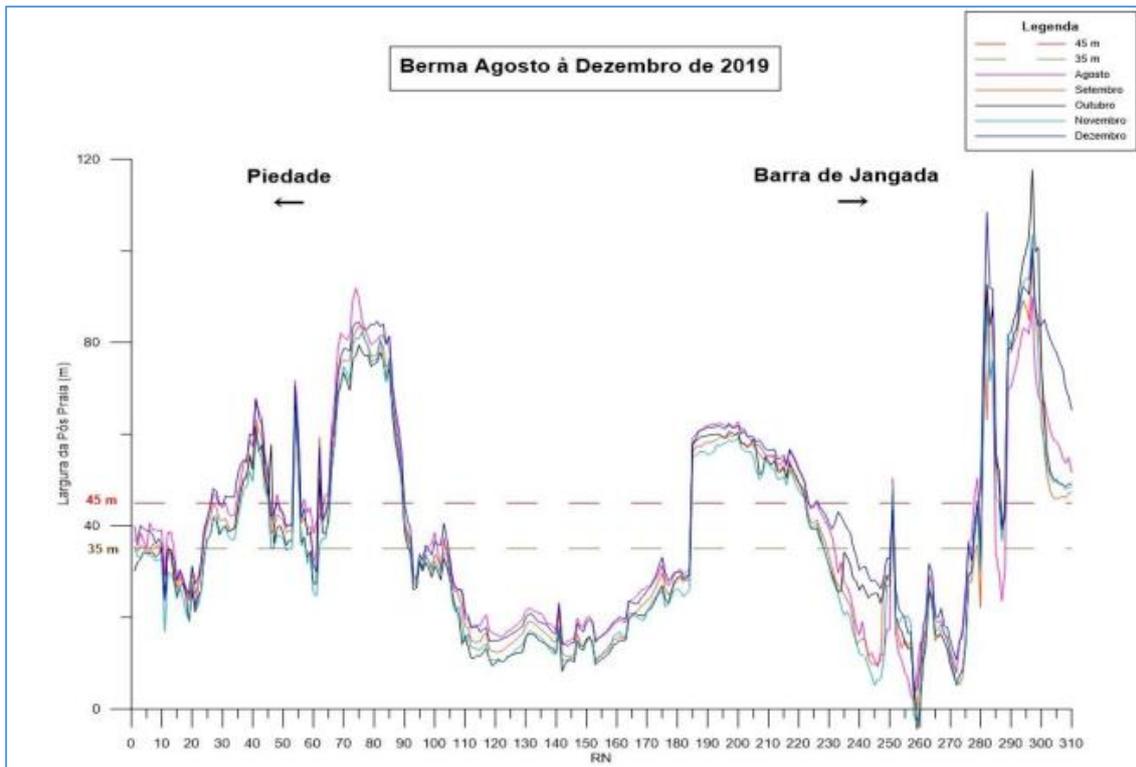


Figura 7.4. Representação das linhas de berma levantadas em campo para o ano de 2019, referentes aos meses de Agosto a Dezembro. (Fonte: NEM, 2019)

Trechos entre os RNs 10 a 24, 57 a 63; 93 a 185, 227 e 277 encontram-se predominantemente recuados, aquém da linha de equilíbrio com 35m, durante o período monitorado, semelhantes aos anos anteriores e sendo necessária urgente reposição de areia. Para o primeiro intervalo, entre os RNs 10 a 24 (Figura 7.5 A), destaca-se que se situam sob a influência do *beachrock* presente na praia de Piedade, o qual está próximo a faixa de praia e tende a interferir diretamente na hidrodinâmica e transporte sedimentar do trecho. Para a faixa situada entre os RNs 57 a 63 (Figura 7.5 B) os processos costeiros resultantes da interação entre o recife algálico e o quebra-mar, ambos presentes na praia de Piedade e próximos a praia, alteram significativamente o padrão de ondas e, conseqüentemente, o transporte sedimentar, uma vez que existe a convergência de energia para a área através da canalização das ondas e sua potencialização.

Entre os RN 93 e 185 (Figura 7.5 C) localizam-se os recifes algálicos mais próximos à costa dentro da área estudada, os quais promovem mudanças topográficas e morfológicas que, além de modificar a hidrodinâmica, são capazes de reter sedimento em seu corpo recifal, retirando grandes volumes do sistema praiar. Por fim, o trecho entre os RNs 227 e 277 (Figura 7.5 D) compreende a zona continuação dos recifes, com todo o conjunto de modificações hidrodinâmicas correlacionadas, porém com aberturas

significativas formando canais que favorecem o transporte sedimento *offshore*, assim como recebe a influência da vazão do Rio Jaboatão, principalmente da migração de bancos arenosos associadas a área estuarina em questão, que por sua vez, resulta em grandes alterações nos perfis de praia.



Figura 7.5. Representação da costa nas áreas de retrogradação que compreendem os RNs 10 a 24 (A), 57 a 63 (B); 93 a 185 (C), 227 a 277 (D) (Fonte: Modificado de Google Earth).

Por outro lado, existem áreas de progradação constante entre os meses de Agosto a Dezembro, isto é, encontra-se com larguras de pós-praia superior aos 45m, e também apresentando semelhança a anos anteriores. Por exemplo, entre os RNs 35 e 45 (Figura 7.6 A) a presença da linha do *beachrock* situado na praia de Piedade é a menos expressiva do litoral da área estudada, onde é encontrado diretamente na faixa de praia atenuando a energia das ondas e corroborando na manutenção da largura do setor. Na faixa que compreende os RNs 66 a 89 (Figura 7.6 B), a presença do quebra mar com pequenas aberturas, apesar da difração perceptível das ondas que atravessam a estrutura, esta ameniza a energia das ondas incidentes sobre a praia, que por sua vez já são resultado da difração resultante da descontinuidade de recifes algálicos dispostos na

antepraia. Nesse sentido, a costa para esta região adquire uma condição abrigada que favorece a sedimentação.

Nos RNs de 185 a 223 (Figura 7.6 C) é notória a presença de recifes algálicos na antepraia, o que favorece com a atenuação da energia das ondas, entretanto, diretamente sobre a faixa de praia existe também um resquício da estrutura de um espigão, que atua corroborando para retenção do sedimento carregado por ação da deriva litorânea, gerando a progradação da costa. Já entre RNs 280 e 287 (Figura 7.6 D), os principais efeitos estão associados ao aporte fluvial que fornece sedimento ao sistema praiar, formando os extensos bancos próximos a entrada do estuário.



Figura 7.6. Representação da costa nas áreas de progradação que compreendem os RNs 35 e 45 (A), 66 a 89 (B); 185 a 223 (C), 280 e 287 (D) (Fonte: Modificado de Google Earth).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após 6 anos da realização do aterro hidráulico das praias municipais de Jaboatão dos Guararapes, a análise da obra demonstra um resultado positivo quanto a preservação da faixa de praia, conseqüentemente, da linha de costa. Isto é, ainda que apresentando variações em adaptação ao regime hidrodinâmico, com zonas de tendência a erosão e outras de deposição, as alterações morfodinâmica para maior parcela dos perfis estudados representa resposta condizente ao esperado, com manutenção da configuração semelhante ao perfil projetado.

Entretanto, quando a largura da pós-praia atinge cerca de 35m ou abaixo desta, é preciso repor sedimentos para retorno da largura mensurada em projeto básico, a fim, não só de evitar a perda total da pós-praia, assim como diminuir os custos inerentes a realização desse tipo de obra e garantir a manutenção da segurança dos bens públicos e privados. Por esta razão, a área próxima à estação 61 sofreu ajuste no final de Dezembro de 2017 e início de Janeiro de 2018, utilizando para tal a reserva de sedimento estocada desde a época da execução da obra (2013). Nessa ocasião foi repostado cerca de 11.000m³ de areia, regenerando de cerca de 200m de praia.

No presente trabalho foi realizada a estimativa de volume linear necessário para preenchimento dos perfis ao final do ano de 2019 que se encontravam abaixo da condição de equilíbrio determinada pelo projeto conceitual da obra, isto é, daqueles em que a largura da pós-praia situou-se abaixo de 35m. Percebeu-se, portanto, a necessidade de reposição sedimentar de 10 dentre os 15 perfis monitorados no ano de 2019, ou seja, 66,6% das estações experimentam o processo erosivo abaixo do equilíbrio determinado pelo Projeto Conceitual da Obra, totalizando volume requerido de 1500,81m³ de areia para reconstrução do perfil projetado.

Contudo, é extremamente recomendado o levantamento e estudo dos anos subsequentes com detalhamento de dados geofísicos e oceanográficos para maior suporte para determinar o melhor tipo de ação a ser tomada, considerando a devolução de sedimento para o sistema, assim como a necessidade e viabilidade de aplicação de estruturas rígidas associadas.

Sobre ao material sedimentar a ser utilizado para reposição, recomenda-se o estudo sedimentológico, principalmente quanto a análise granulométrica, das áreas que potencialmente atendem ao abastecimento, como a jazida submarina que forneceu o

sedimento para o aterro hidráulico em 2013 e, como possibilidade, a areia presente nos bancos arenosos depositados na desembocadura do estuário do Rio Jaboatão. Dessa forma, reduz-se o risco de que o sedimento a ser utilizado não possua granulometria menor que aquele utilizado na obra, e evita a perda de material por condições hidrodinâmicas naturais e previstas.

No entanto, caso a dragagem precise ser realizada com material sedimentar presente dentro do estuário, o estudo batimétrico e sedimentológico deve ser muito mais acurado a fim de avaliar e quantificar a presença de contaminantes, de modo a prevenir a suspensão destes para a coluna d'água dentro do ambiente estuarino e praias adjacentes. Assim como se deve avaliar se a granulometria do sedimento presente no substrato é adequada, visto que a própria dinâmica estuarina tende a reter material fino, o qual seria facilmente carregado se exposto a turbulência gerada na quebra e espraiamento de ondas e fluxo de correntes costeiras, ambos processos comuns a face de praia.

Tendo em vista todas as questões no que concerne a escolha da jazida, a mais segura corresponde a jazida previamente utilizada para realização da obra por atender as necessidades da obra, determinada a partir de estudos anteriormente executados. Ou seja, o tipo de sedimento tende a ser semelhante ao da obra, não sofrendo alteração por conta de aporte fluvial sobre a área, e o impacto negativo na dragagem pode ser minimizado por não ser exercido sobre área estuarina, com menos dificuldades logísticas de execução.

E devido à própria forma e configuração do litoral, quanto as estruturas presentes na região estudada e suas respectivas influências, a praia se torna vulnerável a erosão marinha, ocorrendo, portanto, oscilações de largura de faixa de praia ao longo do litoral de Jaboatão dos Guararapes, cuja determinação temporal da variação da linha de costa permitiu a identificação preliminar de trechos que sofrem retração, estabilidade e progradação em pontos diferentes.

Por outro lado, determinar quantitativamente a existência de um padrão, por hora, não é possível porque é preciso uma escala temporal muito maior, como o tempo geológico, de modo a fornecer um conjunto de dados mais confiáveis e estabelecer uma previsão de maior precisão e exatidão. E, de toda forma, as tendências observadas e

analisadas nos anos monitorados são de elevada importância para nortear ações de ajuste da obra frente aos trechos propensos a erosão.

O monitoramento apresentado das variações topo-batimétricas também reforçou o fato de que os fatores hidrodinâmicos afetam e condicionam a morfologia do perfil de praia e linha de costa, como pode ser citada, dentro das condições climáticas para o ano de 2019, a influência direta da descida da ZCIT sobre o Nordeste Brasileiro (NEB) durante o mês de Abril, provocando recuo e rebaixamento da pós-praia, ou acentuadamente no estirâncio, de grande parte dos perfis estudados nesse mês, a exceção dos próximos ao cone de influência da foz do rio Jaboatão.

A Zona de Convergência Internacional, que consiste em uma região de encontro de ventos alísios de Nordeste, provenientes do Hemisfério Norte, e Sudeste, oriundos do Hemisfério Sul, migra de posição sazonalmente, no sentido norte-sul, e influencia diversos parâmetros atmosféricos próxima a faixa equatorial terrestre. Um destes parâmetros é o aumento da intensidade de ventos sobre a superfície do oceano, que, por sua vez, condiciona o clima de ondas a atuante sobre a zona costeira. Por esta razão, a oscilação posicional da ZCIT próximo ao NEB é capaz de promover as modificações topográficas e morfológicas observadas na faixa de praia, a qual respondeu em adaptação a hidrodinâmica.

Também através da análise do levantamento durante o ano de 2019, não foi registrado expressivo ganho sedimentar no setor da pós-praia, porém foi observada a deposição de material no estirâncio, principalmente na porção inferior no segundo semestre, assim como resposta a sazonalidade em sua declividade, aumentando em períodos chuvosos e retomando suavidade quando períodos de estiagem.

Devido ainda a presença de *beachrocks* e recifes algálicos próximos a linha de costa, significativas alterações no clima de ondas e correntes costeiras ocorrem, a exemplo do impedimento de chegada das ondas a costa pelas cotas elevadas, ou fenômenos da difração nas aberturas destes, canalizando a energia das ondas potencializando seu efeito erosivo, assim como criando correntes costeiras que afetam o transporte da deriva litorânea. Desse modo, o padrão de incidência de ondas responde as condições locais e são criadas características variadas no decorrer do litoral, com alguns processos resultantes que podem favorecer ou prejudicar a recomposição natural do perfil de praia.

Os pontos mais críticos encontrados na análise da linha de costa para o ano de 2019 estão na intermediação do *beachrock* presente na praia de Piedade (RN 11 e RN 20), aos extremos do quebra-mar com a presença de bancos de recifes algálicos situados entre a praia de Piedade e Candeias (RN 61 e RN 93), assim como dentro da extensa zona de distribuição dos bancos recifais na praia de Candeias (RN 142 e RN 164) e a região de forte influência estuarina em conjunto com os referidos bancos próximo a praia de Barra de Jangada (RN 246 ao RN 273). Portanto, encontram-se relacionados aos componentes naturais dessa área costeira.

Ressalta-se ainda que, mesmo considerando a forte discussão temática em relação ao aquecimento global e variações do nível do mar, apenas alguns perfis necessitam de ajuste sedimentar. Este associado principalmente à manutenção da largura de equilíbrio, já que consiste no fator crítico para proteção da faixa costeira. O retorno da cota ao nível do RN, entretanto, não representa perigo substancial para a linha de edificações, além da sua manutenção, tendo em vista os que as vezes o próprio pisoteamento e máquinas provocam compactação do aterro, ser custosa e muito suscetível a modificações.

Por fim, salienta-se a importância do acompanhamento da evolução e monitoramento ao longo dos anos para preservação de obra de regeneração praial, visto que toda ela responde a fatores oceanográficos. E, assim, poder minimizar os custos financeiros para os entes públicos frente ao aplicado em 2013 para regenerar toda a largura da pós-praia, além de ser a medida consciente de sustentabilidade.

Espera-se ter contribuído para defender o valor da proposta de desenvolvimento sustentável de uma área, anteriormente degradada, regenerada por ação antrópica técnica específica, somado a divulgação do tema, fornecendo subsídios para a tomada de decisões do poder público na recuperação e gestão de áreas naturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR, Loayza; RÓMULO, E. Evidencia De Procesos Erosivos En La Bahía El Ferrol En Perú, Para El Periodo 1974-2020. **Revista de Ciencias Ambientales**, v. 55, n. 1, p. 86-117, 2021. Disponível em:

<<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/14882>> . Acesso em: 11, Nov. 2021.

ALMEIDA, Cristiano *et al.* CRUSTAL SINKING AND THE SEA LEVEL AT CANANEIA, SP, BRAZIL. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, p. 5-12, 2016.

ALVES, Deivid *et al.* ADVANCES IN THE APPLICATION OF DIGITAL ELEVATION MODELS (DEMS) FOR THE EVALUATION OF COASTAL FLOODING. **Mercator**, Fortaleza, v. 20, n.1, p. 1-19, 2021. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/mercator/a/dp7vw8kYsxLMWTrZv9QtHQp/?lang=en>>. Acesso em: 10, nov. 2021.

AMORIM, D. C.; LE CAMPION, G. L.; OMENA, E. C. Importância ecofisiográfica e socioeconômica da berma na região da Praia do Francês (Marechal Deodoro - Al).

Anais, VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Caxambu MG, 2007. Disponível em:

<<http://www.seb-ecologia.org.br/viiiiceb/pdf/727.pdf>> . Acesso em: 10, abr. de 2022.

APAC, 2019 in Prefeitura do Recife, **BALANÇO DE CHUVAS 12/04/2019**.

Disponível em: <<https://www2.recife.pe.gov.br/noticias/12/04/2019/balanco-de-chuvas-12042019>> . Acesso em: 09, ago. 2022.

ASSIS, H. M. B. **Influência da hidrodinâmica das ondas no zoneamento litorâneo e na faixa costeira emersa, entre Olinda e Porto de Galinhas, Pernambuco. 2007.**

Tese (Doutorado, Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 2007.

BARBOSA, M. J. de O. **Estudos sedimentológicos do estuário do rio Timbó-PE.**

Dissertação (Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006. Disponível em:

<<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/6528>>. Acesso em: 10, Nov. 2021.

BARRETO, E. P. *et al.* Zona costeira do estado de Pernambuco: caracterização ambiental, sedimentar, textural e composicional da praia de São José Da Coroa Grande.

Revista Brasileira de Geografia Física, [SI], v. 08, n. 05, p. 1303-1320, 2015.

BARRETO, Fernando. **Aplicação do modelo de ondas FUNWAVE usando espectro direcional de onda para determinar a distribuição espacial de ondas irregulares em Praia Mole-ES.**

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação, Oceanografia) – UFES, Espírito Santo, 2011.

BIRD E. C. F. 1985. *Coastline Changes*. London: John Wiley & Sons, 219 p.

BIRD, E. C. F. **Coastal Geomorphology: An introduction**. 2nd ed. Chichester: Wiley and Sons, 2008.

BORBA, Alexandre. **Estudos sedimentológicos, morfodinâmicos e da**

vulnerabilidade das praias da Piedade, Candeias e Barra das Jangadas - Município

do Jaboatão dos Guararapes-PE. Dissertação (Mestrado, Pós-Graduação em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, 1999.

BRASIL. Lei n. 7661/88, Constituição da República do Brasil, 1988 Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. [...]. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7661.htm> . Acesso em: 15, Ago., 2022.

BROWN, A. C; MCLACHLAN, A. Sandy shore ecosystems and the threats facing them: Some predictions for the year 2025. **Environmental Conservation**, Cambridge, v. 29, n. 1, p. 62-77, 2002.

BUCHMANN, Francisco. Cap. 7 CIRCULAÇÃO COSTEIRA In **Princípios de Oceanografia**, 1ª ed., EDUFPI, SAES, R. V da S. T. 2018.

BULHOES, E. **Propagação de Ondas para Águas Rasas como Ferramenta em Estudos de Geomorfologia Costeira no Estado do Rio de Janeiro.** In: XI ABEQUA Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Belém, PA, 2007.

CALLIARI, L. J. *et al.* Morfodinâmica praias: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Oceanografia**, São Paulo, v.51, n.1, p. 63-78, 2003. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rboce/a/LmPQtj4ZwBmvcQWBQfyg5cC/?lang=pt>>. Acesso em: 02, Dez. 2021.

CAMPBELL, Teryn; BENEDET, Lindino. Beach Nourishment Magnitudes and Trends in the U.S. **Journal of Coastal Research**, Santa Catarina, v. 39, n.1, p. 57-64, dez. 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/238686384_Beach_Nourishment_Magnitudes_and_Trends_in_the_US>. Acesso em: 22, Dez. 2021.

CARTER, R.W.G. 1988. **Coastal Environments - An Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines.** 1st ed. London: Academic Press, 1987.

CARVALHO, A. A.; SILVA, I. R. Morphodynamic and Climatic Control on Sandy Beaches: Challenges of Geoenvironmental Studies for the Conservation of Biodiversity and the Maintenance of Ecosystem Services. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 366999, p.1-13, 2021. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/36999>>. Acesso em: 10, Nov. 2021.

CHALEGRE-TOUCEIRA, Maria Carolina. **Caracterização e mapeamento de risco dos danos causados pelo mar na cidade do Rio de Janeiro. 2018.** 132p. Monografia de Bacharelado (Graduação) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2018.

COELHO, M. D. S.; GAN, M. A.; CONFORTE, J. C. Estudo da variabilidade da posição e da nebulosidade associada à ZCIT do atlântico, durante a estação chuvosa de 1998 e 1999 no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [SI], v.19, n. 1, p. 23-34, 2004.

CONTTI NETO, Nery. **Deriva litorânea e evolução da linha de costa no sul do Espírito Santo (Brasil).** Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

COSTA, M. F *et al.* Verticalização da Praia de Boa Viagem (Recife, Pernambuco) e suas Consequências SócioAmbientais. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, [SI], v. 8, n.2, p. 233-245, 2008.

DAVID, C. J. *et al.* Estudo sazonal da morfodinâmica da Praia do Indaiá, Bertioga (SP). **ConScientiae Saúde**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 335-339, ISSN 1677-1028, 2007.

DAVIDSON-ARNOTT, Robin; BAUER, Bernard; HOUSER, Chris. **Introduction to coastal processes and geomorphology**. 1st ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.

DAVIDSON, J. Nascente do Rio Jaboatão. 2011. **Jaboatão dos Guararapes Redescoberto**. Disponível em: <<http://www.jaboataoguararapesredescoberto.com/2011/06/>>. Acesso em: 14 set. 2022.

DAVIES, J. L. 1964. A morphogenic approach to world shorelines. In CALLIARI *et al.* Morfodinâmica praial: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Oceanografia**, São Paulo, v.51, n.1, p. 63-78, 2003. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rboce/a/LmPQtj4ZwBmvcQWBQfyg5cC/?lang=pt>>. Acesso em: 02, Dez. 2021

DAVIS, R. A. **Coastal Sedimentary Environments**. 2nd ed. Cap. 6 - Beach and Nearshore Zone, p. 371-443. USA: Halliday Lithograph, 1985.

DE LIMA, Pedro Frederico Telles Tavares *et al.* Estudos Sedimentológicos das praias dos municípios de Recife e Jaboatão dos Guararapes–Pernambuco (Sedimentological studies of the beaches of the municipalities of Recife and Jaboatão dos Guararapes-Pernambuco). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 7, p. 2287-2314, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge/article/view/234334/31290>>. Acesso em: 14 set. 2022.

Dias, J. M. A. Ondas. Glossário. **Revista de Gestão Costeira Integrada**. S.d. Disponível em: <<https://www.aprh.pt/rgci/glossario/ondasmarinhas.html#1>>

DIAS, R.L.; OLIVEIRA, R.C. Zoneamento geoambiental do litoral sul do Estado de São Paulo. **Geografia**, Rio Claro, v. 38, n. 2, p. 371-383. 2013. Disponível em: <<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/8427>>. Acesso em: 10, Nov. 2021.

DILLENBURG, S. R.; ESTEVES, L. S.; TOMAZELLI, L. J. A critical evaluation of coastal erosion in Rio Grande do Sul, Southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 76, n. 3, p. 611–623, set. 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aabc/a/5J6yQG7wHKqwfxDwsrKQLbg/?lang=en>>. Acesso em: 21, Nov. 2021.

DUARTE, Débora. **Interação Praia-Duna em Ilha Comprida, São Paulo, Brasil. 2020**. Tese (Mestrado, Oceanografia Geológica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/D.21.2020.tde-12052022-142319>>. Acesso em: 13, Jul. 2022.

DUTRA, Valéria *et al.* Caracterização morfológica e sedimentar do sistema praia-barreira arenosa e os efeitos das ondas de tempestade no litoral de Jaconé-Saquarema (RJ), Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [SI], v. 23, n. 2, p. 1435-1455, 2022.

FELIX, A. **Determinação dos limites de ocorrência dos setores morfodinâmicos ao longo do arco praiial dos Naufragados, Ilha de Santa Catarina/SC-Brasil.** Dissertação (Mestrado, Pós-Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

FERNANDES, E. H. L.; MÖLLER JUNIOR, O. O.; CUCHIARA, D. C. cap 8. **ONDAS In: Introdução às Ciências do mar.** CASTELLO, J. P.; KRUG, L. C. - Pelotas: Ed. Textos, 602 p. 2017

FERREIRA JÚNIOR, A. V. *et al.* Petrologia dos Arenitos de Praia (*beachrocks*) na Costa Central de Pernambuco, **Geociências**, v. 30, n. 4, p. 545-559, 2011.

FIGUEIREDO, Salette; CALLIARI, Lauro Julio; MACHADO, Arthur Antonio. Modelling the effects of sea-level rise and sediment budget in coastal retreat at Hermenegildo Beach, Southern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 66, n. 2, p. 210–219, 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bjoce/a/dygYgPqfQGvbrsXTsBcsTD/?lang=en>>. Acesso em: 10, Nov. 2021.

FONSECA, Bruno. **Extração de Parâmetros de Ondas Superficiais Aquáticas Empregando Processamento de Imagens Ópticas.** 2017. Dissertação (Mestrado, Programa de Engenharia Oceânica) – UFRJ/ COPPE/, 2017.

FOX-KEMPER, B. *et al.* Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**, United Kingdom and New York, p. 1211–1362, 2021. Disponível em: < <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>>. Acesso em: 10, Nov. 2021.

GALINDO, Valéria Maria. **Uso e ocupação do solo sob o enfoque da gestão ambiental : a orla marítima do Município do Jaboatão dos Guararapes - PE.** Dissertação (Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Gestão e Políticas Ambientais) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/6838/2/vmhg6.pdf>>. Acesso em: 09, Nov. 2021.

GARDEN ENGENHARIA. **PLANO BÁSICO AMBIENTAL DAS OBRAS DE ALIMENTAÇÃO DA PRAIA CENTRAL.** Licença Ambiental Prévia 2739/2018 – IMA/SC. Balneário Camboriú, jan. 2019.

GARRISON, T. **Fundamentos de Oceanografia.** 4^a ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010. Disponível em: <https://issuu.com/cengagebrasil/docs/9788522124213_fund_de_oceanografia>. Acesso em: 15, Mar. 2022.

GODOI, Sueli Susana de; HARARI, Joseph. Ondas no mar. In HARARI, Joseph (org.). **Noções de Oceanografia.** São Paulo: Instituto Oceanográfico, 2021. E-book, Cap. 12, p. 255-273, 2021.

GOIS, L. A., **Avaliação das Opções de Proteção Costeira: Praia de Boa Viagem, RecifePE e Praia de Bairro Novo, Olinda-PE.** Dissertação (Mestrado) - ITEP, 2011.

GOMES, Suzana Coutinho et al. **Diagnóstico ambiental do meio físico da bacia hidrográfica do rio Jaboatão-PE**. 2005. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

GUEDES, Rafael M. C.; PEREIRA, Pedro S.; CALLIARI, Lauro J. Morfodinâmica da praia e zona de arrebentação do Cassino, RS através de técnicas de vídeo imageamento e perfis de praia. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 36, n. 2, p. 165-180, ago. 2009. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/17863>>. Acesso em: 09 Nov. 2021.

GUERRA, A. T. **Dicionário Geológico Geomorfológico**. [S.I], IBGE, 1993.

GUERRA, N. C. 2005. CARACTERIZAÇÃO MORFODINÂMICA E SEDIMENTAR DAS PRAIAS DO MUNICÍPIO DE JABOATÃO DOS GUARARAPES, REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE. In: **Congresso da Abequa**, 10, Guarapiri, **Anais**, p. 1-6, 2005. Disponível em: <https://www.abequa.org.br/trabalhos/0091_caracterizacao_morfo_sedimentar_do_litoral_de_jaboatao.pdf>. Acesso em: 11, Nov 2021

GUERRA, N. C. Secretaria Executiva de Meio Ambiente e Gestão Urbana. Núcleo de Estudos Marinhos. **Relatório de Manutenção nº 2/2016**, Prefeitura do Jaboatão dos Guararapes, 122 p., 2018a.

GUERRA, N. C., Secretaria Executiva de Meio Ambiente e Gestão Urbana. Núcleo de Estudos Marinhos. **Relatório de Manutenção nº 4/2018**, Prefeitura do Jaboatão dos Guararapes, 48 p., 2018b.

HAMM, L. *et al.* A Summary of European Experience with Shore Nourishment. **Coastal Engineering**, Amsterdam, v. 47, n. 2, p. 237-64, 2002. Disponível em: <<https://linkinghub-elsevier-com.ez16.periodicos.capes.gov.br/retrieve/pii/S0378383902001278>>. Acesso em 02, Dez. 2021.

In DILLENBURG, S. R.; ESTEVES, L. S.; TOMAZELLI, L. J. A critical evaluation of coastal erosion in Rio Grande do Sul, Southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 76, n. 3, p. 611–623, set. 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aabc/a/5J6yQG7wHKqwxDwsrKQLbg/?lang=en>>. Acesso em: 02, Dez. 2021.

Instituto Nacional de Meteorologia. **INMET. PROGNÓSTICO CLIMÁTICO DE OUTONO**. 2019. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/PROG_OUTONO_2019_vers%C3%A3ofinal.pdf>. Acesso em: 20, mar. 2022.

JEFFREYS, H. On the formation of water waves by wind. Proceedings of the Royal Society of London. **Series A, Containing papers of a mathematical and physical character**. [SI], v.107, n. 742, p.189–206, 1925.

JUNG, G.B. ; TOLDO, E.E. Estrutura vertical da corrente longitudinal na praia de Tramandaí, RS, Brasil. IV Congresso Argentino do Cuaternário y Geomorfologia XII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário II Reunión sobre el Cuaternário de América del Sul. **Anais**, 2009.

KALIL, A. F. F.; **Contribuições ao estudo do nível médio do mar no Estado do Rio de Janeiro**. 2012. Dissertação (Mestrado, Ciências em Engenharia Oceânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999. 108p. In VALENTIM, Samuel. **Análise das variações do nível médio do mar (NMM) em Ubatuba (SP) a partir de dados maregráficos**. 2012.

KOERNER, K. F.; OLIVEIRA, U. R.; GONCALVES, G. Efeito de estruturas de contenção à erosão costeira sobre a linha de costa: Balneário Hermenegildo, Rio Grande do Sul, Brasil. **RGCI**, Lisboa, v. 13, n. 4, p. 457-471, dez. 2013. Disponível em: <http://scielo.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1646-88722013000400005&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 30, Out. 2021.

LEITE, Lucas; ALVES, Neise. Dinâmica da planície costeira nos limites da praia de Atalaia Nova, Barra dos Coqueiros/SE. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, Campinas, v. 1, n.1, p. 2807–2818, 2017. Disponível em: <<https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/1988>>. Acesso em: 09, Nov. 2021.

LIMA FILHO, M. F. *et al.* Origem da Planície do Recife. **Estudos Geológicos**, Recife, v. 10, n.1, p. 157-176, 1991.

LIMA, M. G. P. **Controle da erosão em praias arenosas pelo método de recifes submersos: praia Brava de Matinhos - PR. 81 p. 2008**. Dissertação (Mestrado, Setor de Ciências da Terra) - Universidade Federal do Paraná, 2008.

LUCIANA, S. *et al.* Modelagem fuzzy aplicada na detecção da vulnerabilidade à erosão costeira. **BOLETIM DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS**, v. 19, p. 746–764, dez. 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bcg/a/PyNZwXrhNvZVqDV7pkn83Cm/?lang=pt>> . Acesso em: 10, Mar. 2022.

LUIZ, E. L.; LAMAS, M. M. DA R. Aplicação do mapeamento geomorfológico na discussão das potencialidades e limitações de terrenos da zona costeira frente à ocupação humana: estudo de caso no distrito de Rio Vermelho, Florianópolis/SC . **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 29, n. 1, mai. 2017. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/34924/pdf>>. Acesso em: 09, Nov. 2021.

MACEDO, *et al.* Transporte de Sedimentos e Variação da Linha de Costa em Curto Prazo na Praia de Maracaípe (PE), Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management**. Lisboa, Portugal, v.12, n. 3, p. 343-355, 2012.

MACMAHAN J. H., THORNTON E. B., RENIERS A. J. **Rip current review**. In: STIVE M. J. (Org.). Coastal Hydrodynamics and Morphodynamics, **Elsevier**. [SI], v.53, n.2-3, p.191-208, 2006.

MADRUGA, Marcelo *et al.* ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MORFODINÂMICO DO CORDÃO LITORÂNEO ENTRE AS PRAIAS DE PONTA DO FUNIL E CARNE DE VACA, MUNICÍPIO DE GOIANA, PERNAMBUCO, NE DO BRASIL. **Estudos Geológicos**, Pernambuco, v. 27, n. 2, p. 38–55, 5 dez. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/estudosgeologicos/article/view/234662>>. Acesso em: 12, Nov. 2021.

MAIA, J. C.; DE SOUZA PEREIRA, Pedro; LESSA, Rosângela. Variação espaço-temporal das correntes de retorno em municípios da região metropolitana do Recife. **Quaternary and Environmental Geosciences**, [SI], v. 5, n. 2, 2014.

MALLMANN, D. L. B.; DE ARAÚJO, T. C. M.; DROGUETT, E. L. Caracterização do litoral central de Pernambuco (Brasil) quanto ao processo erosivo em curto e médio-termo. **Quaternary and Environmental Geosciences**, Curitiba, v. 5, n. 2, p.137-154, dez. 2014. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/abequa/article/view/36281/23637>>. Acesso em: 11, Nov. 2021.

MANSO, V. A. V. *et al.* In: MUEHE, Dieter (Orgs.). **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro: Pernambuco**. 1ª ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 179-196, 2006. Disponível em: <<https://www.yumpu.com/pt/document/read/46230178/pernambuco>>. Acesso em: 12, Nov. 2021.

MANSO, V.A.V. Definição dos pontos de contorno da linha de preamar máxima atual do litoral do município de Ipojuca. PE, **Relatório final, MMA/PNMA II - SECTMA Nº 249**, 34p. 2003. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/21645454-Definicao-dos-pontos-de-contorno-da-linha-de-preamar-maxima-atual-do-litoral-do-municipio-de-ipojuca-pe-relatorio-final.html>>. Acesso em: 12, Nov. 2021.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. **Rev. Bras. Ensino de Física**, v. 30, p. 1-1304.13, 2008.

MARTINS, K. A. *et al.* DETERMINAÇÃO DA EROSIÃO COSTEIRA NO ESTADO DE PERNAMBUCO ATRAVÉS DE GEOINDICADORES. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 17, n. 3, p.533-546, set. 2016. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/854>>. Acesso em 11, Nov. 2021.

MAZZER, A.; SOUZA, C. R. de G. Risco à Elevação do Nível do Mar na Orla Marítima do Sul da Ilha de Santa Catarina. (Florianópolis-SC, Brasil). **VII Simpósio Nacional de Geomorfologia (SINAGEO) e II Encontro Latino-americano de Geomorfologia**, Belo Horizonte (MG), **Anais**, ago. 2008. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/7/0012.pdf>>. Acesso em: 15, Nov. 2021.

MAZZER, Alexandre M.; DILLENBURG, Sergio R.; DE GOUVEIA SOUZA, Célia R. Proposta de método para análise de vulnerabilidade à erosão costeira no sudeste da ilha de Santa Catarina, Brasil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 38, n. 2, p. 278-294, jun. 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Celia-Souza/publication/303299490_Proposta_de_metodo_para_analise_de_vulnerabilidade_a_erosao_costeira_no_sudeste_da_Ilha_de_Santa_Catarina_Brasil/links/573b995708aea45ee84066d3/Proposta-de-metodo-para-analise-de-vulnerabilidade-a-erosao-costeira-no-sudeste-da-Ilha-de-Santa-Catarina-Brasil.pdf>. Acesso em: 02, Dez. 2021.

MELO, A. B. C. *et al.* Estudo Climatológico da Posição da ZCIT no Atlântico Equatorial e sua Influência sobre o Nordeste do Brasil. In: **XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, v. 16, n. 1, p. 1142-1145, 2000.

MENDES, D. *et al.* Beach Response to a Shoreface Nourishment (Aveiro, Portugal). **J. Mar. Sci. Eng.** v. 9, n. 1112. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/jmse9101112>>. Acesso em: 02, Dez. 2021.

- MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA; MORESCO, Inês. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. Oficina de textos, 2017.
- MESQUITA, A. R. Nível relativo do mar (O enigma) e os terrenos de marinha. **Afro-America Gloss News**, v. 8, n. 1, 2004. Disponível em: <<http://www.mares.io.usp.br/aagn/aagn8/enigma/oenigma5.html>>. Acesso em: 11, Nov. 2021.
- MESQUITA, Afrânio *et al.* O NÍVEL DO MAR AO LONGO DA COSTA BRASILEIRA. **Jornal Brasileiro de Geofísica**, ISSN 1809-4511, v. 31, p. 33-42, dez. 2013. Disponível em: <<https://sbgf.org.br/revista/index.php/rbgf/article/view/387/147>>. Acesso em: 11, Nov. 2021.
- Ministério do Meio Ambiente –MMA. Sistema de Modelagem Costeira, SMC: Documento temático – Ondas. Brasília, MMA. 2018. Disponível em: <https://smcbrasil.paginas.ufsc.br/files/2018/06/DocumentoTemático-de-Ondas.pdf>
- MOREIRA, M.E.S.A. **Glossário de Termos Usados em Geomorfologia Litoral, Estudos de Geografia das Regiões Tropicais**, n. 15, Lisboa, 167 p., 1984.
- MUEHE, D. Geomorfologia costeira, 1996, in GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.), **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand, 1996.
- MUEHE, D.; ROSO, R. H.; SAVI, D. C. Avaliação de método expedito de determinação do nível do mar como datum vertical para amarração de perfis de praia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.4, n.1, p. 53-57, 2003. Disponível em: <http://www.ugb.org.br/fi nal/normal/artigos/SEPARATAS_RBG_Ano_2003/Revista4-1_Artigo05_2003.pdf>. Acesso em: 08, Nov. 2021.
- MUEHE, D. ASPECTOS GERAIS DA EROSÃO COSTEIRA NO BRASIL. **Mercator**, Fortaleza, ISSN 1984-2201, v. 4, n. 7, nov. 2008. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/113>>. Acesso em: 08, Nov. 2021.
- MUEHE, D. Erosão e progradação no litoral brasileiro. **Biblioteca Florestal**, 2006. Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/13350>>. Acesso em: 12, Nov. 2021.
- MUEHE. **Geomorfologia**. 2ed, cap. 6, pp. 291, 1994.
- NASCIMENTO, Tiffany. **VARIAÇÕES DE LONGO PRAZO NO REGIME DE ONDAS AO LONGO DO LITORAL BRASILEIRO**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação, Oceanografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, in **Repositorio. ufc.br**, 2020.
- NICHOLLS, R. J *et al.* **Sea-level scenarios for evaluating coastal impacts**. 5ed. WIREs Climate Change, 2014. Disponível em: <<https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/wcc.253>>. Acesso em: 12, Nov. 2021.
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. 2019. **ENSO Update: El Niño conditions are here. fev. 2019**. Disponível em: <<https://www.noaa.gov/media-release/noaa-announces-arrival-of-el-nino>>. Acesso em: 09, ago. 2022.

NZUALO, T. das N. M. *et al.* Ship speed optimization in green approach to tidal ports. **Applied Ocean Research**, v. 115, p. 102845, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141118721003175?via%3Dihub>>. Acesso em: 09, Nov. 2021.

OLIVEIRA FILHO, S. R.; FERNANDEZ, G. B.; COASTAL M. D: programa de cálculo de parâmetros adimensionais para classificação morfodinâmica de praias arenosas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 22, n. 3, jul. 2021. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/1971/1971>>. Acesso em: 13, Nov. 2021.

OLIVEIRA, T. R. S. *et al.* ESTUDO COMPARATIVO DO FENÔMENO DA EROSÃO MARINHA E SEUS IMPACTOS NA PRAIA DE BOA VIAGEM, RECIFE-PE. **Estudos Geológicos**, v. 25, n.1, p. 1, 2015. Disponível em: <<http://www3.ufpe.br/estudosgeologicos/paginas/edicoes/2015251/2015251t08.pdf>>. Acesso em: 10, Nov. 2021.

OMENA, E. C. *et al.* **EROSÃO MARINHA DA BERMA NA REGIÃO DA PRAIA DO FRANCÊS (MARECHAL DEODORO -AL. São Lourenço – MG : X Congresso de Ecologia do Brasil**, set. 2011.

PASSOS, A. S. *et al.* Modelagem da Ocupação e Uso do Solo na Zona Costeira do Município de Mangaratiba-RJ e suas Implicações Utilizando a Ferramenta LCM e Imagens Orbitais. **Anuário do Instituto de Geociências**, v.43, n.1, p. 346-354, 2020. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/34223/19147>>. Acesso em: 12, Nov. 2021.

PEREIRA, J. **CLIMA DE ONDA EM UMA PRAIA ESTUARINA NA ZONA COSTEIRA AMAZÔNICA. 2019.** 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação, Oceanografia) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

PINHEIRO, L. D. S.; MORAIS, J. O. D.; MEDEIROS, C. Mudanças da linha de praia e feições morfológicas no município de Cascavel, Estado do Ceará, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 34, n. 1-2, p. 117-130, 2001.

PINHEIRO, Y. **Morfodinâmica das praias arenosas e riscos costeiros do setor leste da Ilha da Trindade, ES. 2017.** Dissertação (Mestrado, Oceanografia Física, Química e Geológica) - Unidversidade Federal do Rio Grande, Web, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.furg.br/handle/1/9850>> . Acesso em: 08, Ago. 2022.

POSADA, B. O. P.; PINEDA, W. H. Diagnosis of erosion in the coastal zone of the Colombian Caribbean. **Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – SPINCAM Publications**, Colombia: v.13, p.200, 2008. Disponível em: <<https://aquadocs.org/handle/1834/6682>>. Acesso em: 08, Jan. 2022.

Aleixo, J. **PRAIA, PRA QUÊ?.** 2019. Disponível em: <<https://julsaleixo.wixsite.com/praiapraque/nivel-do-mar>> . Acesso em: 14, Ago. 2022.

PUGH, D. T. **Tides, surges and mean sea-level.** 1ª ed. UK: John Wiley & Sons Ltd, 1996.

RAJAWAT, A. S. *et al.* Assessment of Coastal Erosion along the Indian Coast on 1: 25,000 Scale Using Satellite Data of 1989-1991 and 2004-2006 Time Frames. **Current Science (00113891)**, v. 109, n. 2, p. 347–53, 2015. Disponível em: <<https://search->

ebscohost-
com.ez16.periodicos.capes.gov.br/login.aspx?direct=true&db=fsr&AN=108546438&lang=pt-br&site=ehost-live>. Acesso em: 10, Jan. 2022.

RAMOS, L. **Diagnóstico dos processos de erosão costeira em um período de 35 anos (1985 - 2020) em relação à atividade de exploração de petróleo em terra no Rio Grande do Norte. 2021.** Trabalho de conclusão de curso de graduação (Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia do Mar) - Instituto do Mar, Universidade Federal de São Paulo, Santos, 2021. Disponível em:

<<https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/60264>>. Acesso em: 20, Dez. 2021.

RANIERI, L. A. **Morfodinâmica costeira e o uso da orla oceânica de Salinópolis (Nordeste do Pará). 2014.** Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2014. Disponível em:

<<http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/6344>>. Acesso em: 10, Jan. 2022.

RANIERI, L. A.; EL-ROBRINI, M. Condição Oceanográfica, Uso e Ocupação da Costa de Salinópolis (Setor Corvina – Atalaia). **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Nordeste do Pará, Brasil, v. 16, n. 2, p. 133–146, jun. 2016. Disponível em:

<<https://www.aprh.pt/rgci/rgci565.html>> Acesso em: 20, Dez.2021.

RANIERI, L. A.; EL-ROBRINI, M. QUANTIFICAÇÃO DE SEDIMENTOS TRANSPORTADOS POR CORRENTES NAS PRAIAS OCEÂNICAS DE SALINÓPOLIS, NORDESTE DO PARÁ, BRASIL. **Geociências**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 457–471, 2016. Disponível em:

<<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/9526/0>>. Acesso em: 09, Nov. 2021.

RAUDKIVI, A. J.; DETTE, Hans-H. Reduction of sand demand for shore protection. **Coastal Engineering**, v. 45, n. 3-4, p. 239-259, 2002. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez16.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0378383902000364?via%3Dihub>>. Acesso em: 15, Jul. 2022.

RODRIGUES, R. 2017. CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA E OCEÂNICA in **Introdução às Ciências do mar**. CASTELLO, J. P.; KRUG, L. C. - Pelotas: Ed. Textos, 602 p. 2017.

ROSATI, J.D., 2005, Concepts in sediment budgets. **Journal of Coastal Research**, West Palm Beach, Florida, v.21, n. 2, p. 307–322. ISSN 0749-0208. Disponível em: <https://rsm.usace.army.mil/pubs/pdf2/2005_JCR_Rosati_ConceptsSedBud.pdf>. Acesso em: 15, Jul. 2022.

SAES, R. **Princípios de oceanografia**. 1ª ed. Teresina : EDUFPI, 2018.

SANTOS, G. S. *et al.* Análise da Evolução da Linha de Costa da Região Metropolitana Sul da Cidade do Recife – PE, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.04, p. 1645-1674, 2020.

SANTOS, U. S. T. **Avaliação geoambiental das praias do município de Jaboatão dos Guararapes, Região Metropolitana do Recife. 2008.** Dissertação (Mestrado, Pós-graduação em Oceanografia) - Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, 2008.

SENA, L. **Efeitos de um processo de engorda de praia sobre a comunidade meiofaunística da zona entre-marés da praia de Candeias (Jaboatão dos Guararapes – PE).** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2018. Disponível em: <https://repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/896/1/tcc_luizfelipevalenc3%a7agalizasena.pdf> . Acesso em: 21, Jan. 2022.

SILVA, C. H. S.; Lima, I. M. M. F. Evolução geomorfológica recente da falésia de Itapari, São José de Ribamar-MA. **Revista Brasileira de Geografia Física.** [SI], v.10, n.06. p.1859-1874, 2017.

SILVA, D. **Indicadores das oscilações da linha de costa nas praias de Aracaju-SE entre os anos 2013-2018 e sua relação com, as derivações antropogênicas.** 2019. 106 f. Dissertação (Mestrado, Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2019.

SILVA, J. S. da. **Desenvolvimento territorial e gestão de bacia hidrográfica: o caso da bacia do Rio Jaboatão/PE.** Dissertação (mestrado) - UFPE, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-graduação em Geografia. Recife. 151 f, 2013.

SILVA, R. A. G. et al. Modelagem Numérica de Erosão da Praia de Piratininga, Niterói - RJ por Ação de Ondas de Tempestade. XIV ENES - Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Campinas/SP, 2020. Disponível em: <<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/98/ENES20200069-1-20201003-230151.pdf>> . Acesso em: 11, Jan. 2022.

SILVA, R. A. G. et al. Modelagem Numérica de Erosão da Praia de Piratininga, Niterói - RJ por Ação de Ondas de Tempestade.

SILVA, R. **Estudo de ondas geradas pelo vento: da foz do rio Amazonas ao delta do Parnaíba.** 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Oceanografia, Belém, 2017.

SILVA, V. A. *et al.* Characterization and geochronology of the deltaic system from Jequitinhonha River, Brazil. **Agriculture and Forestry**, v.67, n. 3, p. 121-134, 2021. Disponível em: <<http://www.agricultforest.ac.me/data/20210930-10%20Silva%20et%20al.pdf>>. Acesso em: 15, Jan. 2022.

SOARES JUNIOR, C. F. A. *et al.* Determinação da área não edificante e classificação da vulnerabilidade erosiva costeira das praias de Dois Coqueiros, Iparana, Pacheco e Icaraiá, Município de Caucaia, Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, p. 145–156, setembro. 2019. Disponível em: <https://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-n42_SoaresJunior.pdf>. Acesso em: 20, Ago. 2022.

SOARES, S. B.; Chacaltana, J. T. A. **Refração e Difração de Ondas em Regiões Costeiras.** V SEMINÁRIO ESTADUAL SOBRE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, p. 1-7, 2003.

SOUZA, C. R. G. *et al.* Praias arenosas e erosão costeira. In Célia Regina de Gouveia Souza, C. R. G. *et al.* **Quaternário do Brasil.** 1ª ed. Ribeirão Preto: Editora Holos. p.130-152, 2005.

SOUZA, Celia. A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 9, n. 1, p.17-37, 2009. Disponível em: <https://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-147_Souza.pdf>. Acesso em: 15, Jan. 2022.

SOUZA, J.L. *et al.* GENÊSE E EVOLUÇÃO DA PLANÍCIE DO RECIFE. **Anais. XI SINAGEO** Paraná, 2016.

SUGUÍO, K. *et al.* Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista brasileira de Geociências**, v. 15, n. 4, p. 273-86, 1985.

SUGUIO, Kenitiro. **Geologia sedimentar**. 1ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 2003. Disponível em: < https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=GG21DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=%5BSuguiio,+2003%5D+Geologia+Sedimentar&ots=bWlHpQzkZJ&sig=G83e42HBhA72K87kJLp9gMe4kuw&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false> . Acesso em: 02, Fev. 2022.

TEIXEIRA, W. *et al.* **Decifrando a Terra**. 2ª Reimpressão. São Paulo: Oficina de Textos, 2000, 2003.

TESSLER, M. G.; GOYA, S. C. Processos costeiros condicionantes do litoral brasileiro. **Revista do Departamento de Geografia**. [SI], v. 17, p. 11-23, 2005.

VALENTIM, S. S. **Análise das variações do nível médio do mar (NMM) em Ubatuba (SP) a partir de dados maregráficos**. 86 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá. 2012.

VASCONCELOS *et al.* **Diagnóstico ambiental da área de jazida e de deposição de sedimentos nos aterros das praias de Iracema e beira mar de Fortaleza**. Instituto de Estudos Pesquisas e Projetos da UECE- IEPRO Universidade Estadual do Ceará - UECE Laboratório de Gestão Integrada da Zona Costeira – LAGIZC. 2019.

VILLA VERDE, Vanessa. **Diagnóstico da erosão urbana da cidade de Recife, Pernambuco. 2019**. Dissertação (Mestrado, Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/33791?mode=full>> Acesso em: 15, Jan. 2022.

WILLIAMS, A. *et al.* The management of coastal erosion. **Ocean & Coastal Management**, v. 30, n. 1, p. 1-17, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.03.022>> . Acesso em: 08, Ago. 2022.

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. **Marine Geology**, v. 56, n. 1-4, p. 93–118, abril. 1984. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.ez16.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/0025322784900082?via%3Dihub>>. Acesso em: 02, Fev. 2022.

ZANDOMENEGO, R.; SCHMIDT, N.; ABREU, D. **ESTIMATIVA DO POTENCIAL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA PLATAFORMA DE PESCA NO SUL DE SANTA CATARINA**. 4º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul. INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE (IFC), SANTA ROSA DO SUL. 2015.