



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

LÍVIA DAMASCENO MENESES

**FEFEITOS DA OBRA DE ENGORDA SOBRE A MACROFAUNA BENTÔNICA DA
ZONA DE SURFE DAS PRAIAS DO MEIRELES E DE IRACEMA, FORTALEZA,
CEARÁ - BRASIL**

FORTALEZA

2023

LÍVIA DAMASCENO MENESES

**EFEITOS DA OBRA DE ENGORDA SOBRE A MACROFAUNA BENTÔNICA DA
ZONA DE SURFE DAS PRAIAS DO MEIRELES E DE IRACEMA, EM
FORTALEZA, CEARÁ - BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciências Ambientais do
Instituto de Ciências do Mar da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do grau de bacharel em Ciências
Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Cristina Almeida Rocha
Barreira

Fortaleza

2023

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

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

M488e Meneses, Lívia Damasceno.

Efeitos da obra de engorda sobre a macrofauna bentônica da zona de surfe das praias do Meireles e de Iracema, Fortaleza, Ceará - Brasil. / Lívia Damasceno Meneses. – 2023.

66 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Ciências Ambientais, Fortaleza, 2023.

Orientação: Profa. Dra. Cristina Almeida Rocha Barreira.

1. Engorda de praias. 2. Macrofauna bentônica. 3. Erosão costeira. I. Título.

CDD 333.7

LÍVIA DAMASCENO MENESES

EFEITOS DA OBRA DE ENGORDA SOBRE A MACROFAUNA BENTÔNICA DA
ZONA DE SURFE DAS PRAIAS DO MEIRELES E DE IRACEMA, EM FORTALEZA,
CEARÁ - BRASIL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciências Ambientais do
Instituto de Ciências do Mar da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do grau de bacharel em Ciências
Ambientais.

Aprovada em X/XX/XX

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Cristina Almeida Rocha Barreira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Wilson Franklin Junior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Oceanógrafa Francisca Mariuza Menezes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, por investirem na minha educação durante todos esses anos e por todo o suporte.

A minha namorada, Maressa Paiva, que me incentivou desde o início e que acredita em mim muito mais do que eu mesma. Obrigada por ter me consolado durante todas as crises, choros e dúvidas. Não há nada no mundo que me deixe mais feliz do que compartilhar a vida com você.

A meus amigos de graduação, Maxwell Cruz, Luis Sales e Keslayne Barbosa, que deixaram tudo muito mais leve e divertido. Obrigada por me acompanharem ao longo de todos os campos, disciplinas e trabalhos. Aos membros do Sabbath, que surgiram na minha vida em um momento que eu me sentia perdida e sozinha. Obrigada por todas as risadas e conversas sem sentido.

A minha orientadora e professora, Cristina Almeida Rocha Barreira, por todos os ensinamentos e por ter me aceitado no Laboratório de Zoobentos. A toda a equipe do Laboratório de Zoobentos, que me fizeram sentir parte de uma família. Com vocês eu entraria mil vezes na lama do River Park.

Aos membros da banca examinadora, Wilson Franklin Junior e Francisca Mariuza Menezes, por toda a ajuda na elaboração deste trabalho. Sou muito grata por tudo o que aprendi com vocês.

Ao LABOMAR, por ter sido minha segunda casa.

Ao Senku, que me fez acreditar que qualquer pessoa pode ser um cientista. E ao Carl Sagan, que me ensinou que a ciência é o bem mais precioso que nós temos.

“Para pequenas criaturas como nós, a vastidão é suportável somente através do amor.”

Carl Sagan.

RESUMO

A engorda de praias é uma técnica utilizada com o objetivo de repor o sedimento erodido, tanto por processos naturais como por intervenções antrópicas. A Praia do Meireles e a de Iracema, em Fortaleza, Ceará, são exemplos de praias que passaram por um processo de engorda artificial, visto que ambos os locais estavam enfrentando um intenso processo erosivo, influenciado pela presença de obras, como o Porto do Mucuripe, que foram responsáveis por alterar o fluxo sedimentar da região. No entanto, a engorda artificial pode modificar características físicas da praia, como o seu perfil topográfico e o tamanho dos grãos do sedimento, o que, consequentemente, afeta a fauna que habita esse ambiente. A macrofauna bentônica, que consiste nos invertebrados que vivem associados ao substrato, é formada por organismos altamente sensíveis e vulneráveis a alterações no ambiente praial, com sua riqueza e distribuição sendo diretamente influenciadas por mudanças nos fatores físicos. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar os efeitos da obra de engorda das Praias do Meireles e de Iracema na macrofauna bentônica da zona de surfe. Foram realizadas cinco campanhas de monitoramento, com o intuito de caracterizar a macrofauna bentônica nas fases antes, durante e depois da obra. Em cada campanha, foram amostradas cinco estações de coleta, através do uso de uma draga biológica de arrasto. Após o procedimento em campo, o material coletado foi encaminhado para o laboratório, onde foi triado, identificado e analisado. Ao total, foram registrados 416 espécimes, distribuídos em 40 táxons distintos. Houve uma variabilidade significativa da riqueza ao longo das campanhas, com a última campanha apresentando a maior quantidade de táxons. Os moluscos representaram o táxon mais frequente, seguido dos poliquetas, crustáceos e equinodermos. Em relação ao sedimento, verificou-se um aumento gradual no tamanho médio dos grãos ao longo das campanhas, apesar de nenhuma diferença significativa ter sido registrada. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que a engorda da Praia do Meireles e de Iracema causou um distúrbio no meio, alterando as características físicas do ecossistema. Desse modo, a intervenção foi responsável por provocar uma reestruturação da comunidade bentônica, que, gradualmente, recolonizou a zona de surfe, à medida que a praia ia recuperando sua morfodinâmica original.

Palavras-chave: engorda de praias; macrofauna bentônica; erosão costeira.

ABSTRACT

Beach nourishment is a method used to replace the sediment that has suffered from erosive processes, caused by both natural factors and anthropogenic interventions. The beaches of Meireles and Iracema, in the city of Fortaleza, Ceará, are examples of beaches that have suffered from beach nourishment, as both places faced an intense erosion process, influenced by the presence of constructions, such as Porto do Mucuripe, which were responsible for changing the sediment flow in the region. However, beach nourishment can alter the physical characteristics of the beach, such as its topographic profile and the size of the sediment grains, which, consequently, affects the fauna that inhabits this environment. Benthic macrofauna, which consists of invertebrates that live associated with the substrate, is formed by organisms that are highly sensitive and vulnerable to changes in the beach environment, with their richness and distribution being directly influenced by changes in physical factors. In this regard, the purpose of this research is to evaluate the effects of the beach nourishment at the beaches of Meireles and Iracema on the benthic macrofauna of the surf zone. Five monitoring campaigns were carried out in order to characterize the benthic macrofauna in the phases before, during and after the beach nourishment. In each campaign, five stations were sampled using a biological trawl dredge. After the field procedure, the material collected was sent to the laboratory, where it was sorted, identified and analyzed. A total of 416 specimens were recorded, distributed among 40 different taxa. There was significant variability in richness throughout the campaigns, with the last campaign showing the highest number of taxa. Molluscs were the most frequent taxon, followed by polychaetes, crustaceans and echinoderms. In relation to the sediment, there was a gradual increase in the average grain size over the campaigns, although no significant difference was recorded. From the results obtained, it can be concluded that the beach nourishment of Meireles and Iracema beaches has caused a disturbance in the environment, altering the physical characteristics of the ecosystem. Thus, the intervention was responsible for causing a restructuring of the benthic community, which gradually recolonized the surf zone as the beach recovered its original morphodynamics.

Keywords: beach nourishment; benthic macrofauna; coastal erosion.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Zonação do perfil praial.....	18
Figura 2 - Praia de Copacabana após a engorda.....	20
Figura 3 - Praia da Canasvieiras em 2018 (antes da engorda) e em 2023 (depois do processo de engorda).....	20
Figura 4 - Praia de Balneário Camboriú em 2020 (antes da engorda) e em 2023 (depois da engorda).....	21
Figura 5 - Praia do Meireles e de Iracema em 2017 (antes da engorda) e em 2019 (pós engorda).....	22
Figura 6 - Mapa da Praia de Iracema e da Praia do Meireles.....	30
Figura 7 - Mapa com a localização das estações de amostragem com draga biológica de arrasto para o programa 8.0. Programa de BENTOS INCONSOLIDADO MARINHO.....	31
Figura 8 - Draga biológica de arrasto utilizada nas amostragens em praia.....	32
Figura 9 - Equipe de amostragem com draga biológica de arrasto. Campanha de 2022 do programa 8.0 Programa de BENTOS INCONSOLIDADO MARINHO.....	34
Figura 10 - Campanha de amostragem com draga biológica de arrasto, em 16.05.2022, para o programa 8.0. Programa de BENTOS INCONSOLIDADO MARINHO. (a) equipe de coleta puxando a draga para a praia; (b) abertura da draga para o despejo do material em saco plástico; (c) amostra etiquetada e armazenada; (d) coordenadas e horários de cada arrasto sendo registrados em uma planilha de campo.....	35
Figura 11 - Triagem da macrofauna bentônica em laboratório. (a) amostra disposta em uma bandeja; (b) crustáceo encontrado em uma das amostras.....	36
Figura 12 - Tamanho médio do grão dos sedimentos coletados nas praias de Iracema e Meireles, durante as campanhas de monitoramento (C1 = out/2019, C2 = out/2019, C3 = nov/2020, C4 = nov/2021 e C5 = mai/2022).....	40
Figura 13 - Riqueza taxonômica e abundância absoluta da megafauna bentônica da zona de surfe na área de engorda das praias de Iracema e Meireles nas campanhas de monitoramento da obra de engorda realizadas de 2019 a 2022.....	41
Figura 14 - Curvas de acumulação de táxons da megafauna bentônica dos coletados da zona de surfe na área de engorda das praias de Iracema e Meireles campanhas de monitoramento da obra realizadas de 2019 a 2022.....	43

Figura 15 - Riqueza relativa dos grupos da macrofauna bentônica coletados da zona de surfe na área de engorda das praias de Iracema e Meireles campanhas de monitoramento da obra realizadas de 2019 a 2022.....	44
Figura 16 - Frequência de ocorrência dos táxons da macrofauna bentônica coletados nas campanhas de monitoramento realizadas C1 - antes (outubro/2019), C2 - durante (outubro/2019), C3 - depois (novembro/2020), C4 - depois (novembro/2021) e C5 - depois (maio/2022).....	45
Figura 17 - Táxons coletados nas duas últimas campanhas (C4 e C5). (a) <i>Mellita quinquesperforata</i> ; (b) <i>Encope emarginata</i> ; (c) <i>Emerita portoricensis</i> ; (d) <i>Olivella minuta</i> ; (e) <i>Donax striatus</i> ; (f) <i>Tivela mactroides</i> ; (g) <i>Hemipodia</i> sp.....	46
Figura 18 - Riqueza de táxons da macrofauna bentônica coletada na zona de surfe das praias de Iracema e Meireles.....	48
Figura 19 - Análise de agrupamento das campanhas de monitoramento (C1 = out/2019, C2 = out/2019, C3 = nov/2020, C4 = nov/2021 e C5 = mai/2022), categorizadas em períodos Antes, Durante e Depois, considerando a macrofauna bentônica coletada na zona de surfe das praias de Iracema e Meireles, Medida de similaridade de Jaccard; densidade transformada em presença/ausência; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados ($p<0,05$) pelo SIMPROF.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Localização das estações de praia (<i>Coordenadas UTM, Datum SAD69, Zona 24 M</i>), onde foram realizadas as coletas com draga biológica de arrasto, para o programa 8.0 Programa de BENTOS Inconsolidado Marinho.....	32
Tabela 2 - Caracterização granulométrica do substratos coletados nas estações de amostragem na zona de surfe das praias de Iracema e Meireles, durante as campanhas de monitoramento (C1 = out/2019, C2 = out/2019, C3 = nov/2020, C4 = nov/2021 e C5 = mai/2022).....	39
Tabela 3 - Táxons da megafauna bentônica da zona de surfe na área de engorda das praias de Iracema e Meireles coletados nas campanhas de monitoramento da obra realizadas de 2019 a 2022.....	42
Tabela 4 - Resultados da PERMANOVA para riqueza taxonômica da macrofauna bentônica coletados na zona de surfe na área de engorda das praias de Iracema e Meireles nas campanhas de monitoramento realizadas C1 - antes (outubro/2019), C2 - durante (outubro/2019), C3 - depois (novembro/2020), C4 - depois (novembro/2021) e C5 - depois (maio/2022).....	47
Tabela 5 - Resultados do teste pareado da PERMANOVA entre campanhas (C1 = out/2019, C2 = out/2019, C3 = nov/2020, C4 = nov/2021 e C5 = mai/2022) por praia.....	47
Tabela 6 - Resultados do teste pareado da PERMANOVA entre campanhas (C1 = out/2019, C2 = out/2019, C3 = nov/2020, C4 = nov/2021 e C5 = mai/2022) por faixa de amostragem na zona de surfe das praias de Iracema e Meireles.....	49
Tabela 7 - Análise de similaridade de percentagens (SIMPER) entre as campanhas de amostragem, considerando o percentual de contribuição dos principais táxons da macrofauna bentônica coletados na zona de surfe das praias de Iracema e Meireles. Medida de similaridade de Jaccard; presença/ausência.....	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	Geral.....	16
2.2	Específicos.....	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1	Praias arenosas.....	17
3.2	Engorda de praias.....	19
3.3	Macrofauna bentônica.....	22
3.4	Componentes da macrofauna.....	25
	3.4.1 Polychaeta.....	25
	3.4.2 Crustacea.....	26
	3.4.3 Mollusca.....	27
4	METODOLOGIA.....	29
4.1	Área de estudo.....	29
4.2	Procedimentos em campo.....	30
4.3	Procedimentos em laboratório.....	36
4.4	ANALISE DOS DADOS.....	37
5	RESULTADOS.....	39
5.1	Caracterização da praia.....	39
5.2	Caracterização da macrofauna bentônica.....	40
5.3	Relação da macrofauna bentônica com as alterações da praia.....	51
6	DISCUSSÃO.....	52
7	CONCLUSÃO.....	56
	REFERÊNCIAS.....	57
	ANEXO A - PERFIS TOPOGRÁFICOS DA PRAIA DE IRACEMA, NAS CAMPANHAS DE MONITORAMENTO (C1 = OUT/2019, C2 = OUT/2019, C3 = NOV/2020, C4 = SET/2021 E C5 = MAI/2022).....	65
	ANEXO B - PERFIS TOPOGRÁFICOS DA PRAIA DO MEIRELES, NAS CAMPANHAS DE MONITORAMENTO (C1 = OUT/2019, C2 = OUT/2019, C3 = NOV/2020, C4 = SET/2021 E C5 = MAI/2022).....	66

1 INTRODUÇÃO

As praias arenosas são ambientes costeiros onde a interação das ondas, das marés, do sedimento e do vento influenciam, diretamente, na sua estrutura física, o que faz delas ecossistemas com elevado grau de dinamismo. O transporte de sedimento nas praias é determinado pela ação das ondas e do vento, que, dependendo das condições do ambiente, podem retirar ou depositar areia, e outros tipos de materiais, na face da praia (McLachlan; Defeo; Brown, 2018).

Segundo o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (Brasil, 1988), a zona costeira é definida como um espaço de transição entre o continente e o oceano, onde o mar, o ar e a terra interagem entre si, criando condições ambientais específicas. No Brasil, a zona costeira apresenta uma extensão de 8.698 km e cobre uma área de 388 mil km², abrigando, portanto, uma vasta quantidade de ecossistemas, como é o caso das praias arenosas, dos costões rochosos, das dunas e dos manguezais (IBGE, 2011). Além disso, a zona costeira possui elevada importância econômica, visto que ela é a principal fonte de inúmeros recursos naturais valiosos para o ser humano, sendo essencial para a realização de atividades pesqueiras, turísticas e recreativas (Correia; Sovierzorski, 2008).

Atualmente, cerca de $\frac{2}{3}$ da população mundial habita as zonas costeiras, resultando em um intenso processo de urbanização e de ocupação desordenada dos ecossistemas situados nesses ambientes (Roberts, 2007). A presença de construções como moradias, complexos hoteleiros e comércios na faixa de praia, nas dunas e nos demais ecossistemas costeiros provoca uma descaracterização desses ambientes, gerando impactos que, na grande maioria dos casos, possuem caráter irreversível (Aquino; Mota; Pitombeira, 2003).

Entre os diversos impactos antrópicos encontrados nos ambientes costeiros, a erosão da linha de costa é um dos mais recorrentes. Segundo dados coletados na década de 1990, 70% das praias arenosas do planeta encontravam-se em processo de erosão, enquanto apenas 10% possuíam estabilidade relativa (Bird, 1999). Além da ocupação humana, alguns processos naturais, como a ação dos ventos e a variação no nível do mar, podem interferir no balanço sedimentar de uma praia, intensificando a erosão costeira. Sobre as consequências associadas a esse fenômeno, pode-se citar a destruição de propriedades privadas e de bens

públicos situados na linha de costa, a intensificação das inundações costeiras, a redução na largura da faixa de praia, o desequilíbrio ecológico dos ecossistemas presentes na zona costeira, a perda de recursos pesqueiros e o comprometimento do potencial turístico da área em questão (Souza, 2009).

Com o objetivo de proteger a zona costeira contra a intensa ação erosiva, muitos países recorrem à implantação de obras de engenharia pesada, como é o caso da técnica de engorda artificial de praias, que consiste na dragagem artificial do sedimento de áreas próximas à costa, que, logo em seguida, será transportado, através de equipamentos especializados, e depositado ao longo da faixa de praia (Martins; Gomes, 2011). Nesse sentido, esse processo é definido como uma reposição do déficit de sedimentação da praia, provocado pela erosão costeira de causas naturais ou antrópicas (Alfredini; Araski, 2014).

A Praia do Meireles e de Iracema, localizadas em Fortaleza, Ceará, são exemplos de praias que sofrem com um intenso processo de erosão costeira, que acentuou-se, principalmente, após a construção do Porto do Mucuripe, em 1940. Antes da construção do porto, devido à presença de dunas bem desenvolvidas, de uma ampla faixa de praia e de *beachrocks* (rochas de praia) na Enseada do Mucuripe, a Praia do Meireles e de Iracema eram, consideravelmente, bem protegidas da erosão costeira natural (Maia *et al.*, 1998). Entretanto, com a construção do porto no final da década de 1930, houve uma descaracterização do ambiente costeiro, com o aplaianoamento das dunas, construção de indústrias e comércios, aumento da urbanização e elevado fluxo de embarcações, o que, consequentemente, interferiu no aporte de sedimentos (Fechine, 2007).

No ano 2000, o governo municipal decidiu implementar um aterro na Praia de Iracema, com o objetivo de reduzir o avanço do mar. Porém, em 2001, um único evento de ressaca foi responsável por remover grande parte do sedimento disposto. Desse modo, com o objetivo de reduzir a erosão da Praia do Meireles e da Praia de Iracema, foram implantadas várias estruturas de contenção ao longo da faixa de praia. No total, foram construídos 11 espigões, distribuídos desde a Praia de Iracema até a foz do Rio Ceará. Entretanto, o problema da erosão não foi efetivamente resolvido, já que a construção dos espigões causou a retenção do sedimento a barlamar, contribuindo para a carência de sedimento a sotamar e intensificando a erosão das praias localizadas nesta região (Fechine, 2007). Nesse sentido, foi

iniciada, em 2019, a construção de um novo aterro na Praia do Meireles e na Praia de Iracema, com o intuito de repor o sedimento perdido pela intensificação da erosão costeira.

Apesar dos benefícios associados à construção do novo aterro, o processo de engorda é responsável por modificar as características morfodinâmicas da praia, interferindo, consequentemente, nos organismos e nas comunidades que habitam a região, como é o caso da macrofauna bentônica. A macrofauna bentônica corresponde aos invertebrados, a partir de 0,5mm, que vivem ou associados à superfície arenosa (epifauna) ou à camada mais inferior do substrato (endofauna), sendo composta, principalmente, por organismos dos seguintes grupos: Annelida, Arthropoda, com destaque para os Crustacea, Mollusca e Echinodermata (McLachlan; Defeo; Brown, 2018).

Por terem sua diversidade, sua distribuição e sua estrutura populacional influenciadas, de forma direta, pelas características físicas da praia, os organismos da macrofauna bentônica são considerados ótimos bioindicadores ambientais, sendo extremamente vulneráveis a intervenções antrópicas que comprometam, de alguma maneira, a integridade natural do ecossistema (Venturini; Muniz; Rodríguez, 2004; Venturini *et al.*, 2008). Em vista disso, o estudo da composição, da abundância e dos padrões de zonação das comunidades da macrofauna pode ser utilizado como uma ferramenta de diagnóstico ambiental, atuando na detecção de distúrbios e de impactos no ambiente (Neves; Valentin, 2011).

Devido à sensibilidade da macrofauna bentônica a mudanças nas características do substrato, a recuperação de praias arenosas é um procedimento que interfere diretamente nos seus hábitos de vida, visto que a disposição de uma grande quantidade de sedimento pode enterrar os organismos, dificultando a sua mobilidade e o seu acesso às áreas de alimentação. A alimentação artificial de praias também é responsável por intensificar a compactação do sedimento, impedindo os animais de se locomoverem e de construírem suas tocas e galerias. Essas alterações no ambiente podem, eventualmente, afetar a capacidade de sobrevivência e de reprodução das espécies que vivem naquele habitat, resultando em uma redução da biodiversidade local (Leewis *et al.*, 2012; Van Tomme *et al.*, 2012).

Nesse contexto, por meio de uma parceria entre o Instituto de Ciências do Mar, através da Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura da Universidade Federal do Ceará (UFC), a Prefeitura de Fortaleza e a empresa EDCON, foi realizado o projeto intitulado “Estudo e

monitoramento dos prováveis impactos sobre o meio ambiente, decorrentes da obra de engorda das praias do Meireles e Iracema, Fortaleza/Ceará”, para realizar um monitoramento ambiental periódico dos possíveis impactos causados pela obra de engorda na Praia do Meireles e de Iracema, através da análise dos diversos aspectos ambientais, tanto bióticos quanto abióticos, que caracterizam as áreas afetadas pelo empreendimento.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar os efeitos provocados pela obra de engorda artificial da Praia do Meireles e de Iracema na distribuição e na composição da macrofauna bentônica da zona de surfe.

2.2 Específicos

- Realizar uma análise da riqueza e da frequência de ocorrência dos táxons da macrofauna bentônica.
- Determinar se houve variação na distribuição espacial dos organismos e na composição dos táxons da macrofauna entre as etapas antes, durante e depois da engorda.
- Correlacionar as alterações na estrutura da comunidade bentônica com as modificações nas características do sedimento e no perfil topográfico da praia.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Praias arenosas

Segundo King (1972), as praias arenosas são definidas como ambientes sedimentares de transição, formados por substrato inconsolidado e de constituição variável, condicionados pela interação das ondas incidentes sobre a costa. Nesses ambientes, fatores abióticos como a temperatura, salinidade, regime de marés, umidade e velocidade das ondas apresentam uma grande variação ao longo do dia e das estações do ano, interferindo, diretamente, na composição e na distribuição dos organismos que habitam o ecossistema praial (Salvat, 1964).

De acordo com a interação entre os componentes desses ecossistemas, as praias arenosas podem ser classificadas em seis diferentes tipos morfodinâmicos, representados por quatro estados intermediários e por dois extremos, chamados de estado dissipativo e de estado reflexivo (Calliari *et al.*, 2003). Praias consideradas dissipativas apresentam, normalmente, baixo gradiente topográfico, zona de surfe larga e sedimentos de granulometria fina. Além disso, as ondas arrebatam longe da faixa de praia, tendo sua energia e altura dissipadas de forma gradual. Já as praias reflexivas são marcadas pela presença de sedimentos mais grossos, pela elevada declividade, pela incidência das ondas na faixa de praia e por uma zona de surfe menor. Essas praias são tipicamente encontradas em regiões mais protegidas (Hoefel, 1998).

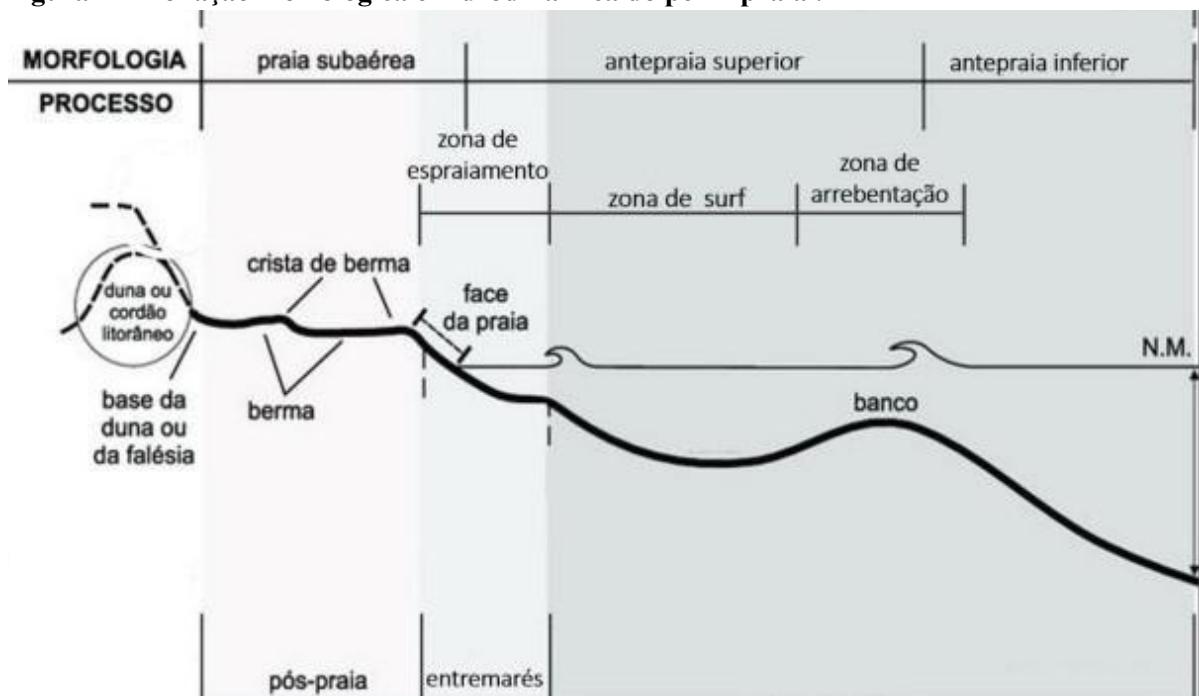
No caso das praias do litoral cearense, a maioria delas enquadra-se no estágio morfodinâmico intermediário, caracterizando-se pela energia moderada e pela alta variabilidade temporal, transitando do estágio reflexivo para o dissipativo (Maia; Meireles, 2003).

Inúmeros trabalhos que descrevem a zonação geomorfológica de praias arenosas foram realizados nos últimos anos, com destaque para Muehe (2018), Short (1979) e Souza *et al.* (2005). Segundo esses autores, as praias são divididas em 3 principais zonas: a pós-praia (*backshore*), definida como a região entre o limite da maré alta de sizígia e o início de dunas ou outros tipos de feições geográficas; a antepraia superior (*foreshore*), que consiste na área situada entre os níveis de maré alta e baixa; e a antepraia inferior (*nearshore*), que

corresponde à porção submersa do perfil praial, abrangendo a zona de arrebentação e a zona de surfe (Veloso; Neves, 2009).

A zona de surfe consiste na região que inicia-se no ponto de quebra das ondas (zona de arrebentação) e termina no ponto onde as ondas começam a se espalhar pela faixa de praia (zona de espraiamento), caracterizando-se por apresentar elevado hidrodinamismo e turbulência (figura 1). Entretanto, apesar dessas condições, a zona de surfe possui uma grande biodiversidade, apresentando uma alta riqueza de espécies, tanto de invertebrados quanto de ictiofauna, e uma elevada complexidade ecológica (Gaelzer; Zalmon, 2008). O tamanho da zona de surfe varia de acordo com o tipo morfodinâmico da praia em questão. Praias dissipativas, devido ao seu perfil mais plano, tendem a apresentar uma zona de surfe larga, onde as ondas decaem aos poucos, atingindo a face praial com menor energia. Já as praias reflexivas, com perfil mais inclinado, apresentam uma zona de surfe reduzida, o que contribui para que as ondas alcancem a face praial com maior energia (Calliari *et al.*, 2003).

Figura 1 - Zonação morfológica e hidrodinâmica do perfil praial.



Fonte: Komar 1998, adaptado de Souza *et al.* 2005.

3.2 Engorda de praias

Praias arenosas são ambientes formados pelo acúmulo de sedimentos inconsolidados, cuja composição consiste, principalmente, em quartzo, feldspato e sedimentos carbonáticos, de origem biológica (Komar, 1998; Fontes, 2011). O pacote sedimentar presente nas praias atua na proteção do continente contra a energia das ondas, visto que o sedimento é capaz de absorver essa energia. Além da ação das ondas, os ventos e as marés também são responsáveis pela dinâmica de transporte de sedimentos em praias arenosas, gerando um ciclo de erosão-acresção, no qual o sedimento é constantemente remobilizado (Pereira; Gomes, 2009). A relação entre o acréscimo e a perda de sedimentos em uma praia é chamada de balanço sedimentar.

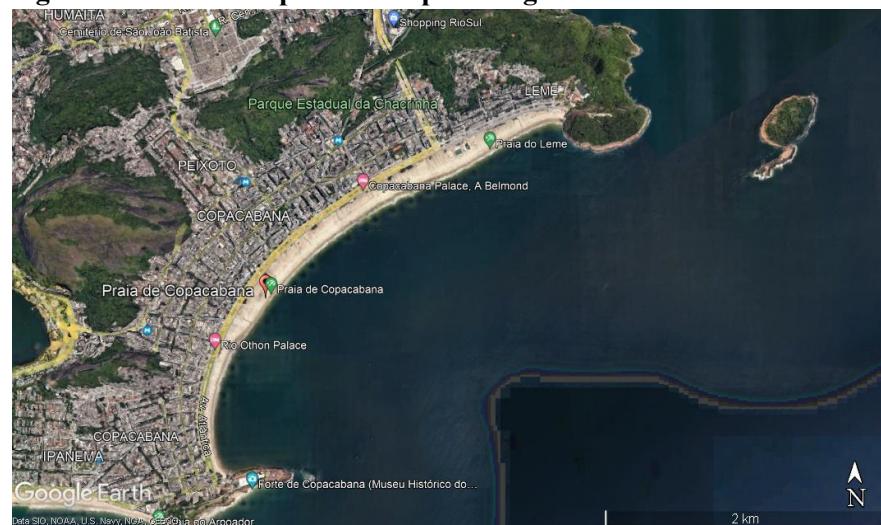
A erosão costeira, apesar de ser um fenômeno natural e essencial para a dinâmica da praia, pode ser intensificada por ações humanas. A expansão imobiliária, somada à ocupação desordenada de ecossistemas costeiros como os manguezais, dunas e encostas provocam uma significativa alteração da dinâmica de acresção-erosão das praias, gerando um desequilíbrio no balanço sedimentar (Horn, 2006).

Nesse sentido, a engorda artificial de praias surge como uma técnica para repor o sedimento erodido por causas antrópicas ou naturais. O método baseia-se na dragagem do sedimento de uma região próxima à costa, que será, posteriormente, transportado e depositado na faixa de praia. Apesar de ser uma técnica eficaz para emergências erosivas a curto prazo, esse tipo de construção tem o potencial de modificar as características relativas à estrutura do sedimento, alterando sua granulometria, sua composição e sua capacidade de retenção de umidade, o que, consequentemente, provoca uma mudança em toda a morfodinâmica praial (Calloni, 2014).

No Brasil, a alimentação artificial de praias não é uma técnica recente, visto que, já na década de 70, a praia de Copacabana, no Rio de Janeiro, teve sua faixa de praia aumentada em 80 metros, devido a um processo de engorda (Silva; Barros, 2021). A praia de Canasvieiras, em Florianópolis, também enfrentou esse procedimento, entre o período de 2018 a 2020. Com o intuito de aumentar o fluxo turístico na região e de proteger a linha de costa contra a ação erosiva, a praia foi alargada em 35 metros ao longo de toda a sua extensão. Outra importante obra de engorda de praias foi a realizada em Balneário Camboriú, no estado de Santa

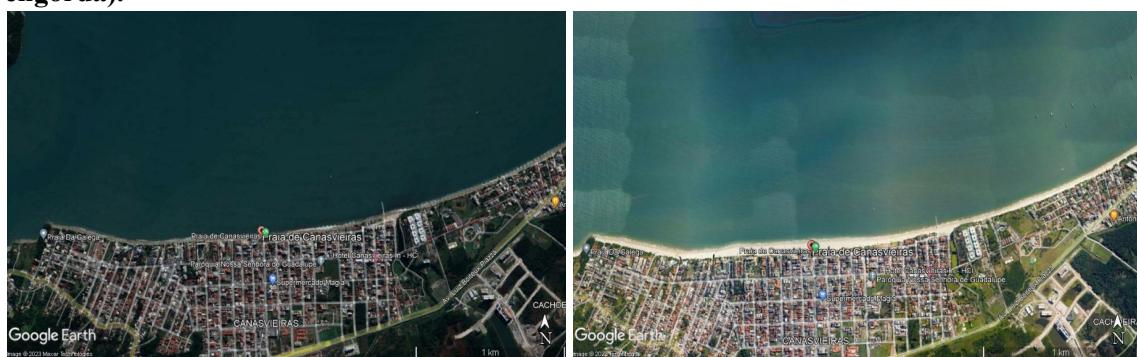
Catarina. O procedimento baseou-se na retirada de sedimento situado a 40 metros de profundidade no alto mar, em uma região próxima à cidade, resultando em um alargamento de 45 metros da faixa de praia (Silva, 2022).

Figura 2. Praia de Copacabana após a engorda.



Fonte: Google Earth/2023.

Figura 3. Praia da Canasvieiras em 2018 (antes da engorda) e em 2023 (depois do processo de engorda).



Fonte: Google Earth/2023.

Figura 4. Praia de Balneário Camboriú em 2020 (antes da engorda) e em 2023 (depois da engorda).



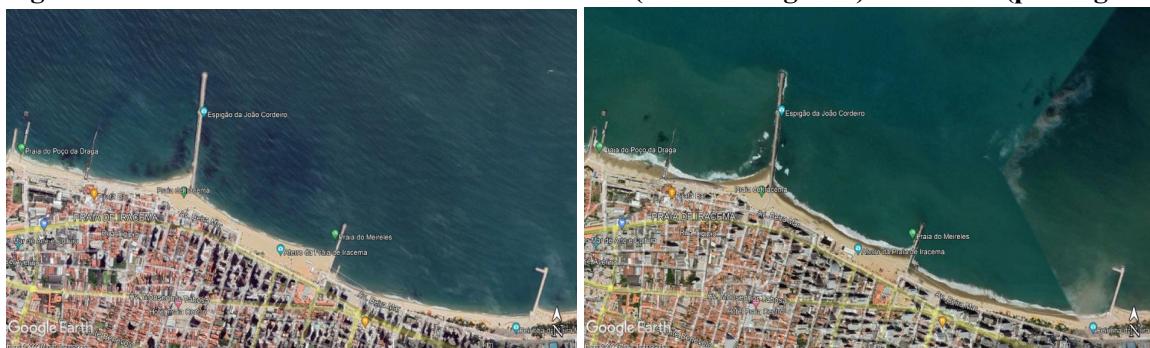
Fonte: Google Earth/2023.

Devido à construção, que iniciou-se em 1939, do Porto do Mucuripe, houve uma intensificação da erosão nas Praias do Meireles e de Iracema, localizadas no município de Fortaleza, Ceará. De acordo com Vasconcelos (2018), a construção do Porto do Mucuripe foi aprovada sem a realização de estudos sobre a dinâmica costeira da região, resultando em uma obra que provocou inúmeros impactos ambientais no litoral de Fortaleza e dos municípios adjacentes. A presença do Porto do Mucuripe e de outras construções posteriores, como o molhe do Titãzinho, foram responsáveis pela modificação no padrão de transporte sedimentar da região, visto que o sedimento que deveria ser encaminhado para as praias situadas a oeste do porto estava sendo desviado de sua rota original (Maia, 1998).

Por estarem situadas em uma zona de grande relevância econômica e turística de Fortaleza, a erosão das Praias do Meireles e de Iracema causou inúmeros prejuízos para a população, visto que reduziu os espaços destinados ao lazer, ao turismo e à pesca artesanal. Em vista disso, ao longo dos anos, foram implantadas várias estruturas para a contenção da erosão, como muros e espigões, com o intuito de amenizar o desgaste da faixa de praia (Fechine, 2007). Além disso, foi iniciada, nos anos 2000, a construção de um aterro na Praia de Iracema, com o objetivo de ampliar a faixa de praia para 160 metros. Porém, no ano seguinte, um evento de ressaca foi responsável por remover quase todo o sedimento depositado pela engorda. Ademais, cabe destacar que estudos realizados na área, como é o caso de Vasconcelos (2005), indicam que a praia continua em processo de recuo, perdendo os sedimentos que foram repostos de forma artificial.

Nesse contexto, foi aprovada a construção de um novo aterro na Praia do Meireles e na de Iracema, concluído em novembro de 2019. A obra foi dividida em dois trechos: o primeiro ocorre entre o espião da Rua João Cordeiro e o espião da Av. Rui Barbosa, enquanto o outro situa-se entre o espião da Av. Rui Barbosa e o espião da Av. Desembargador Moreira. O aterro foi responsável por aumentar a faixa de praia em torno de 80 metros em direção ao mar, totalizando uma área de 81 mil m².

Figura 5. Praia do Meireles e de Iracema em 2017 (antes da engorda) e em 2019 (pós engorda).



Fonte: Google Earth/2023.

3.3 Macrofauna bentônica

Durante um certo período, devido à ausência de estudos mais aprofundados, as praias arenosas eram consideradas, pelos biólogos e profissionais da área, verdadeiros desertos marinhos. Entretanto, a partir da década de 1930, iniciaram-se várias pesquisas acerca da biodiversidade presente nesses ecossistemas. Como foi o caso de Remane (1934), responsável por realizar estudos quantitativos sobre a fauna da Costa da Alemanha, e de Pearse, Humm, Wharton (1942), que destacaram a capacidade das praias arenosas de sustentarem uma grande diversidade de espécies e de comunidades, adaptadas, especificamente, ao intenso dinamismo do sistema (McLachlan, 1983).

A zona de surfe de praias arenosas, caracterizada pela ausência de vegetação e pela presença de substrato inconsolidado, apresenta, basicamente, dois tipos de fauna bentônica, classificados de acordo com o habitat onde são encontradas. A meiofauna diz respeito aos organismos entre 0,044mm e 0,5mm que vivem no espaço intersticial, ou seja, entre os poros dos grãos de areia (Mare, 1942). Seus principais representantes são os Copepoda, Nematoda e Polychaeta (Giere, 2009). Já a macrofauna refere-se aos organismos que, devido ao seu maior tamanho, não conseguem viver nos interstícios dos grãos de areia. A principal característica

desses organismos é sua alta mobilidade e sua capacidade para se enterrar rapidamente no substrato (McLachlan; Defeo; Brown, 2018).

Os táxons mais comumente encontrados na macrofauna de praias arenosas são os moluscos, poliquetas e crustáceos. Apesar disso, representantes de grupos como os insetos, equinodermos e nematóides também podem habitar esses ambientes. Conforme exposto por Dexter (1983) e Soares (2003), os grupos com maior abundância de indivíduos vão variar de acordo com o nível de exposição da praia. Nesse sentido, praias protegidas tendem a apresentar maior abundância de poliquetas, enquanto praias mais expostas são conhecidas pelo grande número de crustáceos. Já os moluscos são mais comumente encontrados em praias em situações intermediárias.

Diferentemente dos costões rochosos, onde a macrofauna apresenta um padrão de zonação bem definido, nas praias arenosas, devido à ação abrasiva das ondas, a distribuição dos diferentes organismos não é tão aparente. A zonação da macrofauna em praias é condicionada pelos aspectos abióticos e por sua interação com as características de cada espécie (Veloso; Caetano; Cardoso, 2003). Desse modo, fatores físicos, como a declividade da praia, o tamanho e a natureza das partículas do sedimento, a amplitude da maré e a dinâmica das ondas interferem, diretamente, na distribuição da biota desses ecossistemas (Wendt; McLachlan, 1985). Ademais, como foi apontado por Veloso, Caetano, Cardoso (2003), as interações interespecíficas, como a competição e a predação, também apresentam um papel importante na zonação dos organismos da macrofauna.

A granulometria e as características gerais do substrato são um dos principais fatores que influenciam na distribuição e na diversidade da macrofauna bentônica. Praias dissipativas, que apresentam sedimentos mais finos e perfil mais plano, apresentam, geralmente, uma maior capacidade de retenção de água e, portanto, uma maior diversidade de organismos. Já praias reflexivas, com sedimentos mais grosseiros e perfil inclinado, possuem menor diversidade (Pereira; Gomes, 2009). Porém, outros fatores, como temperatura do sedimento, também podem interferir na abundância e na diversidade da macrofauna, visto que, como foi mostrado por Rocha-Barreira *et al.* (2001) na Praia do Futuro (CE), elevadas temperaturas podem causar dessecação dos organismos.

Portanto, para conseguirem lidar com a alta energia das ondas e com a instabilidade do substrato, características típicas das praias arenosas, os organismos da macrofauna desenvolvem adaptações específicas. Algumas espécies, por exemplo, são capazes de cavar o sedimento, enterrando-se e criando túneis ou galerias, que servem como verdadeiros abrigos subterrâneos. Além disso, alguns animais que habitam esses ambientes possuem um elevado grau de mobilidade, apresentando, em muitos casos, estruturas e mecanismos específicos que os impedem de serem carregados pela ação das ondas, o que possibilita que eles mantenham ou recuperem suas posições originais na faixa de praia (McLachlan; Defeo; Brown, 2018).

Existem diversos esquemas que procuram definir a zonação dos organismos da macrofauna ao longo da faixa de praia, sendo um dos mais reconhecidos o proposto por Jaramillo e McLachlan (1995), que baseou-se no grau de umidade do sedimento, dividindo o ambiente em três zonas distintas: a zona seca, também conhecida como supralitoral, que recebe influência do *spray* marinho e fica emersa pela maior parte do tempo; a zona de umidade (mediolitoral), que fica situada na região que sofre com as variações da maré; e a zona de saturação (infralitoral), que é caracterizada por permanecer sempre submersa pelas ondas.

Sobre a diversidade da macrofauna em praias arenosas cearenses, verificou-se que na zona seca são encontrados, geralmente, indivíduos mais adaptados à vida terrestre, como é o caso de besouros da espécie *Phaleria testacea* Say, 1824, que foram observados, por Rocha Barreira *et al.* (2001), na Praia do Futuro, em áreas com alta presença de atividades humanas. Além disso, o caranguejo fantasma, nome popular do *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787), também é um animal típico do supralitoral de praias arenosas, sendo caracterizado por passar a maior parte do tempo escondido em tocas profundas construídas na areia.

No mediolitoral, os organismos mais comumente encontrados são os moluscos, principalmente o da espécie *Donax striatus* (Linnaeus, 1758), que devido à presença de uma concha rígida e de um pé musculoso, conseguem facilmente se locomover pelo sedimento, migrando de acordo com as variações da maré (Rocha Barreira *et al.*, 2002). Ademais, também é possível verificar a presença de outros moluscos, como a *Olivella minuta* (Link, 1807) e a *Hastula cinerea* (Born, 1778), de crustáceos, como o isópode *Excirolana brasiliensis* Richardson, 1912, e de poliquetas.

Por último, no infralitoral, encontra-se uma grande abundância e variedade de moluscos, crustáceos, poliquetas e equinodermos, representando, assim, a zona de maior riqueza de espécies. Algumas das espécies mais comuns de moluscos são a *Strigilla carnaria* (Linnaeus, 1758), a *Olivella minuta* (Link, 1807), a *Tellina nitens* C.B Adams, 1845, e a *Tellina lineata* Turton, 1819. Cabe destacar, também, a presença da *Mellita quiquesperforata* (Clarck, 1940), espécie de Echinodermata que, em alguns períodos do ano, é capaz de formar extensos tapetes de organismos (Rocha Barreira, 2003).

Em relação à engorda de praias, estudos como os de Colosio *et al.* (2007), Hayden e Dolan (1974), Jones *et al.* (2008) e Van Tomme *et al.* (2013), indicam que os organismos da macrofauna e da meiofauna de praias arenosas tendem a sofrer uma redistribuição. Desse modo, o aporte artificial de grandes quantidades de sedimento, em vez de provocar aumento das taxas de mortalidade ou de extinção, tendem a reformular a estrutura da comunidade bentônica, modificando a sua composição e distribuição.

3.4 Componentes da macrofauna

3.4.1 Polychaeta

O grupo dos Polychaeta, juntamente aos Oligochaeta e aos Hirudinea, faz parte do filo Annelida, formado por organismos de corpo cilíndrico e segmentado. O plano corporal básico dos poliquetas é subdividido em 3 regiões: pré-segmentar (cabeça), segmentar e pós segmentar. De acordo com o hábito de vida de cada espécie, o plano corporal sofrerá variações, o que justifica a enorme diversidade morfológica do grupo. O seu tamanho varia desde formas com menos de 1 milímetro, pertencentes à meiofauna, a formas longas com cerca de 6 metros de comprimento (Rizzo *et al.*, 2011).

Os poliquetas são organismos essencialmente bentônicos, capazes de ocupar os mais diversos tipos de habitats e ecossistemas, sendo encontrados na zona entremarés, em estuários, na zona abissal dos oceanos, em água doce, entre outros. Em relação aos ambientes de substrato inconsolidado, como é o caso das praias arenosas, os poliquetas muitas vezes representam o grupo com maior abundância (Santos, 1996). Sobre sua importância ecológica, o táxon possui uma participação significativa na teia alimentar, servindo como fonte de

alimento para diversas espécies de crustáceos, aves e peixes. Além disso, esses animais também apresentam uma importância econômica, visto que são utilizados como iscas para pesca e como ração para espécies da carcinicultura (Amaral; Migotto, 1980).

De acordo com levantamentos recentes, já foram registradas mais de 8.000 espécies de poliquetas, distribuídas em 84 famílias. Apesar de terem sido pouco estudadas no Brasil, quando comparadas a outros grupos, foram identificadas cerca de 800 espécies, espalhadas pelos mais diversos ecossistemas (Nogueira, 2000).

No estado do Ceará, algumas das principais espécies registradas são *Eunice kinbergi* Webster, 1884, *Eunice rubra* (Grube, 1856), *Marphysa regalis* Verrill, 1900, *Glycera longipinnis* Grube, 1878, *Diopatra cuprea* (Bosc, 1802), *Hemipodus californiensis* Hartman, 1938, *Hesione picta* Fritz Müller, 1858, *Scolelepis squamata* (Müller, 1806) e *Nereis riisei* Grube, 1857 (Rizzo *et al.*, 2011).

3.4.2 Crustacea

O grupo dos Crustacea, pertencente ao filo Arthropoda, é um dos táxons com maior variedade morfológica, apresentando representantes de diversos tamanhos e formas. Nesse sentido, o táxon é subdividido em vários grupos, com cada um apresentando características particulares. Alguns desses grupos são: Branchiopoda, composto por organismos de tamanho reduzido; Copepoda, formado por organismos majoritariamente marinhos e planctônicos; e Decapoda, que constitui a maior e mais conhecida ordem dos crustáceos, sendo composta por caranguejos, siris, lagostas e camarões (Martin; Davis, 2001). Até então, já foram registradas 38.000 espécies ao redor do mundo, sendo 84% marinhas, 3% terrestres e 13% de água doce (Moore, 2001).

Os crustáceos apresentam grande relevância ecológica e são imprescindíveis para o funcionamento adequado dos ecossistemas marinhos, visto que eles podem encontrar-se tanto na base como nos níveis intermediários da cadeia alimentar, sendo a principal fonte de alimento para diversas espécies e atuando, também, como predadores de vários organismos. Além disso, esse grupo é amplamente utilizado como fonte de alimento e de renda por diversas comunidades pesqueiras e ribeirinhas, contribuindo para o sustento e para a manutenção dessas populações. Os crustáceos também são utilizados pela indústria pesqueira,

que vem investindo cada vez mais na carcinicultura, tornando-a uma atividade econômica extremamente lucrativa (Bezerra; Franklin Junior, 2006).

No Ceará, o grupo Crustacea constitui um dos táxons encontrados com maior frequência nas praias arenosas, especialmente em praias com maior grau de exposição. Em contrapartida, ainda existe uma grande lacuna acerca dos conhecimentos sobre crustáceos no litoral cearense, havendo poucos estudos relevantes sobre a composição e distribuição desses organismos. Porém, trabalhos como os de Fausto Filho (1966), Monteiro (1997) e Rocha-Barreira *et al.* (2001), realizaram levantamentos faunísticos responsáveis por identificar algumas das espécies de crustáceos que habitam o litoral cearense. As principais espécies registradas no Ceará são *Excirolana braziliensis* Richardson, 1912, *Callichirus major* (Say, 1818), *Calcinus tibicen* (Herbst, 1791), *Microphrys bicornutus* (Latreille, 1825), *Eriphia gonagra* (Fabricius, 1781), *Pachygrapsus transversus* (Gibbes, 1850) e *Panopeus americanus* Saussure, 1857 (Bezerra; Franklin Junior, 2006).

3.4.3 Mollusca

O filo Mollusca abrange organismos invertebrados de corpo mole, que em sua maioria, apresentam uma concha calcária. Apesar de serem predominantemente marinhos, os moluscos são capazes de ocupar inúmeros ecossistemas distintos, como os manguezais, praias arenosas, rios e lagoas, entre outros. Os moluscos apresentam um grande papel ecológico, visto que atuam em diversos processos fundamentais, como é o caso da bioturbação do sedimento e da construção de ambientes recifais por meio de suas conchas vazias (Gomes; Paiva; Sumida, 2009; Vilaça, 2009). Além disso, os moluscos representam um recurso alimentar importante, servindo de alimento para diversas espécies de invertebrados e de vertebrados (Teixeira, 2009).

O táxon Mollusca é dividido em sete classes distintas: Aplacophora, Monoplacophora, Polyplacophora, Bivalvia, Gastropoda, Cephalopoda e Scaphopoda. Entre essas classes, as mais comumente encontradas em praias arenosas são Gastropoda e Bivalvia. Os gastrópodes são organismos conhecidos por sua concha única, responsável por abrigar toda a sua massa corporal. Por serem a classe com maior diversidade de espécies no filo Mollusca, os Gastropoda apresentam uma grande variedade morfológica, com organismos de diferentes tamanhos, colorações, formas e modos de vida (Cunha; Miyaji, 2011).

Já a classe Bivalvia é formada por organismos com conchas constituídas por duas valvas, que se unem através de um ligamento elástico. Essas conchas possuem diferentes tipos de padrões, formatos e elementos, que geralmente estão associados ao hábito de vida do animal. Dependendo da espécie, os bivalves podem ser sésseis, vivendo fixados em um substrato, perfuradores, abrigando-se dentro de rochas, madeira ou corais, ou vageis, movimentando-se livremente pelo sedimento e pela coluna de água (Arruda *et al.*, 2011).

Diversos estudos, como Franklin Junior (1992), Matthews e Rios (1969), Rocha-Barreira *et al.* (2005) e Rocha Barreira e Martins (1998), foram responsáveis por descrever os principais táxons de moluscos que habitam o litoral cearense. Algumas das espécies mais frequentes nessa região são *Cerithium atratum* (Born, 1778), *Olivella minuta* Link, 1807, *Hastula cinerea* (Born, 1778), *Tellina punicea* Born, 1778, *Strigilla pisiformis* (Linnaeus, 1758), *Mulinia cleryana* (Orbigny, 1846), *Tivela mactroides* (Born, 1778) e *Donax striatus* Linnaeus, 1767 (Matthews-Cascon; Rocha-Barreira, 2006).

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

A área de estudo corresponde às Praias do Meireles e de Iracema, situadas na orla central da cidade de Fortaleza (CE), sob a influência do Porto do Mucuripe. As praias encontram-se delimitadas pela Ponte dos Ingleses e pelo espião da Av. Desembargador Moreira. Ambas estão localizadas dentro de uma enseada, caracterizando-se por apresentarem alto grau de exposição e elevada energia (Morais, 1980).

Tanto a Praia de Iracema quanto a do Meireles estão situadas em uma região de alto valor econômico, com urbanização consolidada e grande volume de prédios, hotéis, clubes e *resorts*. A faixa de praia apresenta um grande número de barracas de praia e possui muitos trechos poluídos por descargas de efluentes domésticos, devido à presença de ligações clandestinas de esgoto. Além do enorme potencial turístico, a região também é utilizada para a pesca artesanal e para atividades esportivas e balneárias (Pinheiro *et al.*, 2019).

A faixa de praia onde foi realizado o monitoramento dos impactos da obra de engorda está localizada entre o espião da Av. João Cordeiro e o espião da Av. Desembargador Moreira, apresentando cerca de 2 km de extensão e uma área de 81.000 m² (Lima Neto, 2018).

Figura 6. Mapa da Praia de Iracema e da Praia do Meireles.



Fonte: Elaborado pela autora.

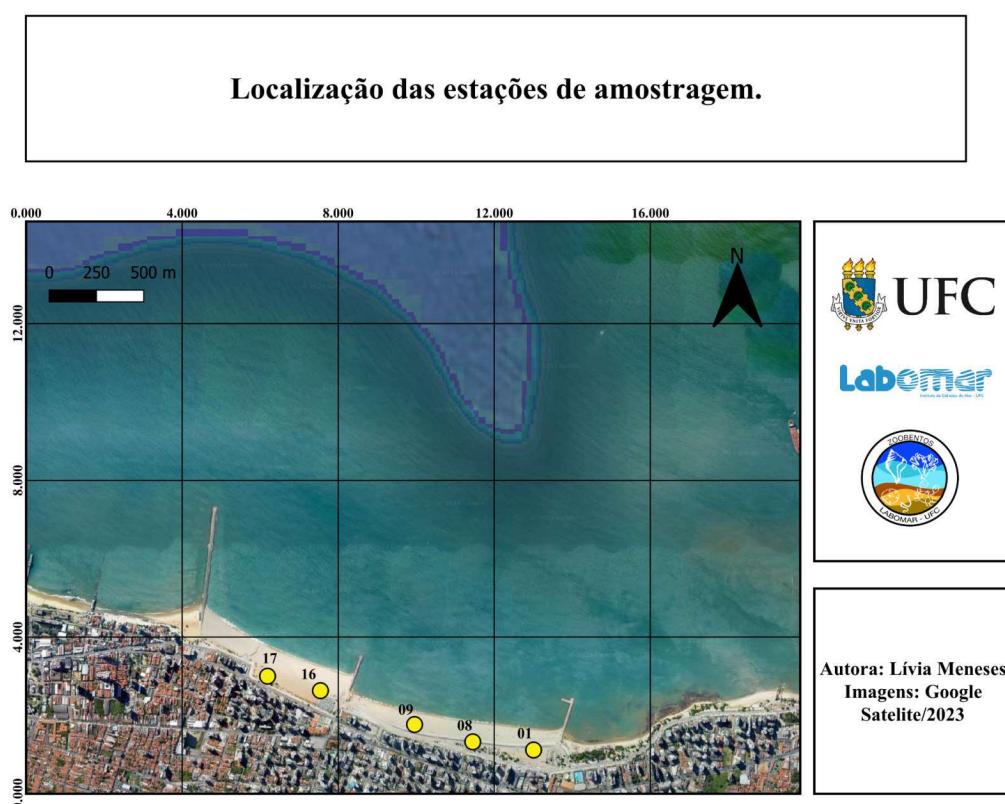
4.2 Procedimentos em campo

Ao total, foram realizadas 5 campanhas de amostragem, cobrindo as fases antes, durante e depois da engorda. A primeira campanha (C1) corresponde à fase anterior ao início da obra, tendo sido realizada em 15/10/2019. Já a segunda campanha (C2) ocorreu no dia 25/10/2019, quando a obra de engorda já estava em andamento. A terceira campanha (C3) foi realizada em 16/11/2020, no período imediatamente após a alimentação artificial da praia. Por último, tem-se a quarta (C4) e a quinta campanha (C5), que ocorreram, respectivamente, no dia 20/09/2021 e no dia 16/05/2022.

Para a amostragem da zona de surfe da Praia do Meireles e de Iracema, foram delimitados 5 pontos de coleta: a estação 01, na Praia do Meireles, próxima ao espião da Av. Desembargador Moreira; as estações 08 e 09, também na Praia do Meireles, entre os espiões da Av. Rui Barbosa e da Av. Desembargador Moreira; a estação 16, na Praia de Iracema, ao lado oeste do espião da Av. Rui Barbosa; e a estação 17, na Praia de Iracema, entre os

espigões da Rua João Cordeiro e da Av. Rui Barbosa (Figura 7). É relevante ressaltar que a numeração das estações foi feita de acordo com o programa 8.0 Programa de BENTOS INCONSOLIDADO MARINHO, responsável por realizar o monitoramento da fauna bentônica não só na zona de surfe das praias, como também na área de plataforma continental e de jazida.

Figura 7. Mapa com a localização das estações de amostragem com draga biológica de arrasto para o programa 8.0. Programa de BENTOS INCONSOLIDADO MARINHO.



Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 1: Localização das estações de praia (Coordenadas UTM, Datum SAD69, Zona 24 M), onde foram realizadas as coletas com draga biológica de arrasto, para o programa 8.0 Programa de BENTOS INCONSOLIDADO MARINHO.

Estação	X (Coordenadas UTM)	Y (Coordenadas UTM)	Localização
#01	555980	9588248	Praia do Meireles
#08	555658	9588291	Praia do Meireles
#09	555350	9588382	Praia do Meireles
#16	554852	9588560	Praia de Iracema
#17	554572	9588636	Praia de Iracema

Fonte: Elaborado pela autora.

Para a realização deste estudo, a fim de garantir maior praticidade e agilidade na obtenção dos dados, foi definido um método qualitativo de amostragem biológica. Assim, os invertebrados bentônicos foram coletados com o uso de uma draga biológica de arrasto, tipo “Spartangue”, com 2,0 mm de abertura de malha, sendo a macrofauna bentônica analisada representada pelos organismos com tamanho superior a 2,0 mm.

Figura 8. Draga biológica de arrasto utilizada nas amostragens em praia.



Fonte: Laboratório de zoobentos/LABOMAR/UFC.

Em cada uma das estações delimitadas, foi realizado um arrasto em cada zona: uma de 0 a 30 m e a outra de 30 a 60 m de distância da linha d'água, sendo empregados os seguintes

procedimentos: no primeiro arrasto, a draga é conduzida até a distância de 60 m da linha d'água por um membro da equipe de campo, responsável por mergulhar e fixar o equipamento no substrato; o restante da equipe, por meio de um cabo preso à draga, puxa o equipamento, trazendo-o até a distância de 30m, onde a draga é erguida e retirada da água; no segundo arrasto, o mergulhador transporta a draga até a distância de 30 m da linha d'água, onde todo o processo é repetido.

As amostragens foram realizadas em marés baixas de sizígia, que representam o período em que o limite máximo de exposição da praia é alcançado. Após cada arrasto, a draga foi aberta e o material coletado foi retirado. Em seguida, o material biológico foi acondicionado em sacos plásticos, etiquetado e armazenado em baldes de plástico. Devido à proximidade da área de coleta com o Labomar, as amostras foram fixadas com álcool apenas no laboratório, sem danificar o material coletado. As informações acerca das coordenadas das estações e dos horários de início e término de cada arrasto foram registrados em uma planilha de campo.

A coleta do sedimento para análise granulométrica e perfis topográficos das praias foram feitas pelo Laboratório de Oceanografia Geológica do Instituto de Ciências do Mar. (Relatório do programa 2.0 Programa de Coleta de Amostra de Sedimentos na Plataforma para Classificação Granulométrica dos Perfis Topobatimétricos, 2019).

Cabe destacar que, na primeira campanha de amostragem da macrofauna, que ocorreu durante o período inicial da obra, foram realizados arrastos apenas nas estações 16 e 17, visto que a obra de engorda já estava em execução na área das estações 01, 08 e 09 (Praia do Meireles), com a macrofauna bentônica já encontrando-se soterrada pelo acréscimo de sedimento. Em relação à segunda (C2) e à terceira campanhas (C3), a estação 09 não pôde ser amostrada, devido à presença de um afloramento de recife de arenito, o que impossibilitou a utilização da draga. Nas demais campanhas, realizadas no ano de 2021 e de 2022, todas as estações previstas na malha amostral foram amostradas.

Figura 9. Equipe de amostragem com draga biológica de arrasto. Campanha de 2022 do programa 8.0 Programa de BENTOS INCONOLIDADO MARINHO.



Fonte: Autora.

Figura 10. Campanha de amostragem com draga biológica de arrasto, em 16.05.2022, para o programa 8.0. Programa de Bentos Inconsolidado Marinho. (a) equipe de coleta puxando a draga para a praia; (b) abertura da draga para despejo do material em saco plástico; (c) amostra etiquetada e armazenada; (d) coordenadas e horários de cada arrasto sendo registrados em uma planilha de campo.



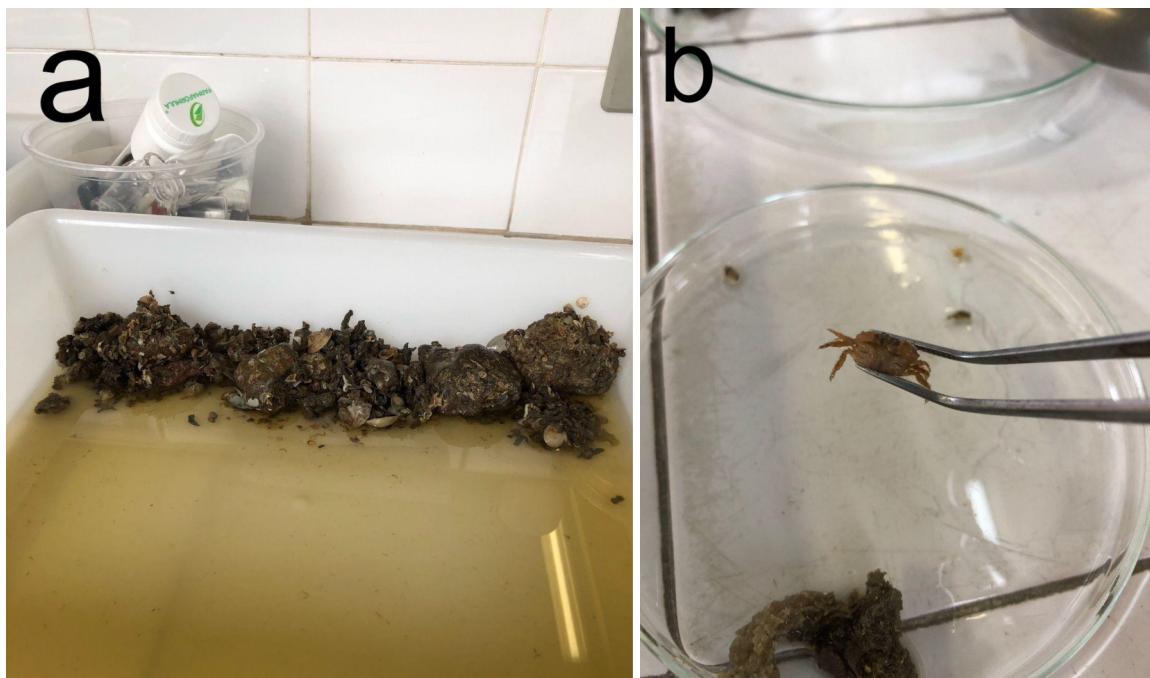
Fonte: Autora.

4.3 Procedimentos em laboratório

As amostras coletadas foram todas encaminhadas para o Laboratório de Zoobentos do Instituto de Ciências do Mar (Labomar) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

No laboratório, as amostras foram lavadas em água corrente e preservadas em álcool etílico 70%. Logo depois, as amostras foram dispostas, manualmente, em bandejas, onde foram triadas com o auxílio de pinças e placas de petri. Em seguida, os organismos triados foram identificados, através de bibliografia especializada, até o menor nível taxonômico possível. Após a identificação, os exemplares foram etiquetados e acondicionados para, posteriormente, serem incorporados às coleções científicas de invertebrados da UFC.

Figura 11. Triagem da macrofauna bentônica em laboratório. (a) amostra disposta em uma bandeja; (b) crustáceo encontrado em uma das amostras.



Fonte: Autora.

As amostras de sedimento foram conduzidas ao Laboratório de Oceanografia Geológica do Instituto de Ciências do Mar (Labomar), onde foi realizado o processamento das amostras e a análise dos parâmetros granulométricos para o programa 2.0 Programa de coleta

de amostra de sedimentos na plataforma para classificação granulométrica dos perfis topobatimétricos.

4.4 Análise dos dados

Uma análise descritiva da macrofauna bentônica foi realizada, considerando a riqueza absoluta e a frequência de ocorrência dos táxons nos pontos de coleta na zona de surf nas praias de Iracema e do Meireles.

A riqueza de espécies, entendida como um atributo da diversidade expresso pelo número de táxons presentes nas amostras (Dajoz, 2005), pode ser interpretada como um indicador geral da qualidade de um ecossistema (Loreau *et al.*, 2001; Worm *et al.*, 2006). A redução no número de espécies (ou táxons) pode afetar o funcionamento e a estabilidade dos ecossistemas. Assim, as alterações na função do ecossistema devido à redução da riqueza tendem a aumentar à medida em que os impactos antrópicos continuam afetando o ambiente marinho, especialmente nas áreas costeiras, que servem como interface entre terra e mar. As possíveis consequências funcionais devido à redução na diversidade de espécies têm atraído considerável atenção. Entretanto, pouco se sabe sobre as consequências dessa perda em comunidades naturais (Törnroos *et al.*, 2015). Assim, uma análise qualitativa da comunidade zoobentônica foi realizada considerando a presença/ausência das espécies nas estações amostradas.

Utilizou-se a curva de acumulação de táxons (curva do coletor) como ferramenta para compreender a dinâmica de riqueza taxonômica em cada campanha e entre as campanhas. A curva de acumulação de táxons indica se a amostragem foi suficiente para entender toda a riqueza taxonômica do ambiente. Uma curva que representa uma boa amostragem é uma curva que atinge um patamar onde o crescimento do número de táxons não tem um aumento significativo, sugerindo que a amostragem já foi suficiente para uma boa caracterização da macrofauna (Rong *et al.*, 2020). Foi utilizado o estimador extrapolativo não paramétrico de riqueza de táxons Chao 2, empregado para matrizes de presença-ausência, para comparar com a riqueza absoluta observada em todo estudo.

A riqueza taxonômica foi considerada a variável resposta (dependente) para avaliar as características da macrofauna bentônica na área sob a influência da obra de engorda, tendo como fatores (variáveis categóricas) as campanhas e faixas da zona de surf (0-30m, 30-60m) e amostragem (C1, C2, C3, C4 e C5). Para tanto, foi utilizada a Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA), uma vez que os dados obtidos não atenderam os pressupostos para análises paramétricas.

Considerando a matriz de presença/ausência dos táxons da macrofauna bentônica, a análise de agrupamento de todas as amostras coletadas em todas as campanhas foi realizada pela média não ponderada (UPGMA – “Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Average”) (modo-Q), utilizando-se o índice de similaridade de Jaccard. Para checar a significância das semelhanças entre as campanhas de amostragem (C1, C2, C3, C4 e C5) e os períodos (Antes, Durante e Depois da obra), baseado no número de táxons comuns, foi utilizado o índice de similaridade de Jaccard e análise ANOSIM (uma-via).

A análise SIMPER tem como finalidade identificar as espécies que tiveram maior contribuição para médias de similaridade entre grupos de amostras constituintes dos fatores da pesquisa (campanhas, períodos e áreas) (Clarke; Warwick, 1994).

Os parâmetros granulométricos (tamanho médio do grão, mediana, assimetria, curtose e percentuais de cascalho, areia e lama) foram correlacionados com a estrutura da macrofauna bentônica através da rotina BIOENV (Clarke; Warwick, 1994). Para subsidiar a seleção dos descriptores ambientais a serem utilizados na análise BIOENV, utilizou-se a rotina DRAFTSMAN PLOT entre todas as variáveis, visando determinar eventuais colinearidades ($rs > 0,95$), retirando das análises variáveis altamente correlacionadas.

Todas essas análises foram realizadas utilizando o software PRIMER (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research) versão 6.0 (Clark; Gorley, 2006)

5 RESULTADOS

5.1 Caracterização da praia

A partir dos dados obtidos do Laboratório de Oceanografia Geológica do Labomar/UFC, foi realizada uma caracterização das praias de Iracema e do Meireles, considerando as variações na granulometria do sedimento e nos perfis topográficos coletados ao longo das campanhas de monitoramento.

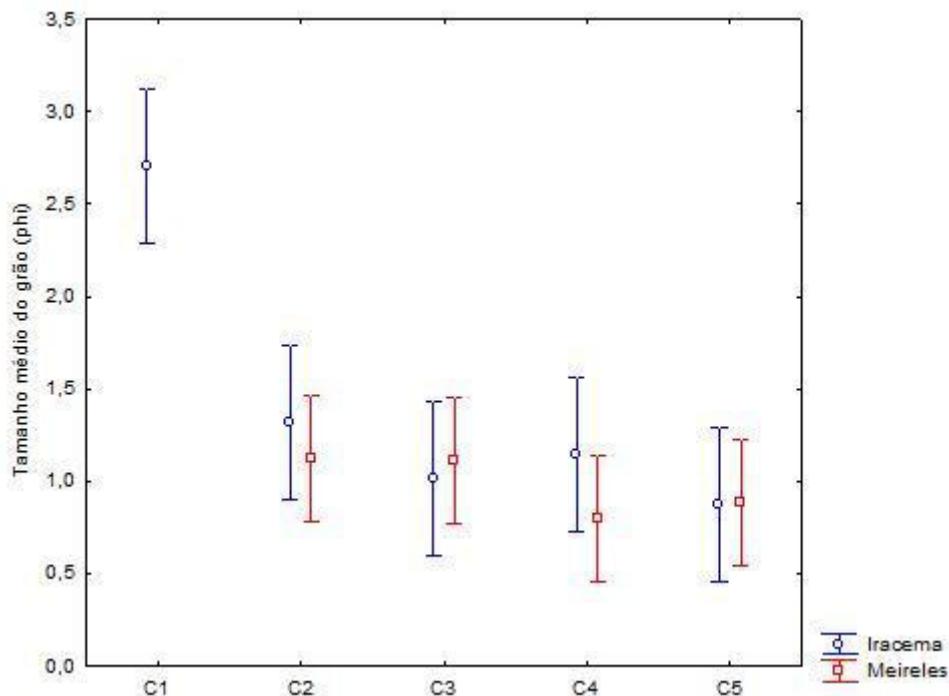
Na zona de surfe das praias estudadas, os sedimentos se caracterizaram por frações arenosas, com percentuais superiores a 95% dos grãos, variando de areias muito finas à grossa, e apresentando seleção de grãos que variaram de moderadamente selecionados a muito bem selecionados (Tabela 2). Esses resultados são consistentes com as características típicas de praias arenosas oceânicas expostas. Foi evidenciado um aumento significativo no diâmetro médio do grão nas campanhas durante e após da obra, tendo sido observada a predominância de areia grossa nas amostras da C5, 30 meses após a conclusão da obra. (Figura 12). Apesar de não ter sido realizada amostragem na praia do Meireles, devido ao início da obra, os sedimentos da praia de Iracema caracterizam-se como areia fina bem selecionada.

Tabela 2: Caracterização granulométrica do substratos coletados nas estações de amostragem na zona de surfe das praias de Iracema e Meireles, durante as campanhas de monitoramento (C1 = out/2019, C2 = out/2019, C3 = nov/2020, C4 = set/2021 e C5 = mai/2022).

	Ponto	Media	Mediana	Curtose	Assimetria	Gr_Selecao	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)	F&W-Media	F&W-Gr_Selec
C1	16	2,725	2,7287	1,2512	0,0256	0,4317	0,252	98,71	1,038	'Areia Fina'	'Bem selecionado'
C1	17	2,6744	2,6783	1,1496	0,0904	0,4776	0,792	97,83	1,373	'Areia Fina'	'Bem selecionado'
C2	1	1,4434	1,2803	0,9897	0,2558	0,8628	0,783	96,89	2,324	Areia Média	Moderadamente selecionado
C2	8	0,7521	0,7521	1,8661	0,1229	0,3092	0,616	98,39	0,996	Areia Grossa	Muito bem selecionado
C2	9	1,1693	1,1679	1,286	-0,0678	0,8097	2,969	95,55	1,482	Areia Média	Moderadamente selecionado
C2	16	1,2505	1,1984	1,0807	0,2028	0,5856	0,035	98,5	1,468	Areia Média	Moderadamente selecionado
C2	17	1,3796	1,3089	1,1237	0,213	0,6242	0,077	98,82	1,105	Areia Média	Moderadamente selecionado
C3	1	1,1153	1,0206	1,1835	0,2699	0,5959	0,602	97,32	2,08	Areia Média	Moderadamente selecionado
C3	8	1,1404	1,1772	1,0996	-0,0221	0,4203	0,023	95,95	4,03	Areia Fina	Moderadamente selecionado
C3	9	1,0686	1,1037	1,0555	-0,0452	0,431	0,206	97,96	1,83	Areia Fina	Moderadamente selecionado
C3	16	1,0039	1,0024	1,0883	0,0246	0,4797	0,021	99,78	0,2	Areia Muito Fina	Moderadamente selecionado
C3	17	1,0212	1,0329	1,6544	-0,2057	0,5775	0,054	96,44	3,51	Areia Muito Fina	Bem selecionado
C4	1	1,2155	1,1996	1,2133	0,14	0,5196	0,09	98,24	1,67	Areia Média	Moderadamente selecionado
C4	8	1,0355	1,0608	1,1518	-0,0363	0,4986	0,16	97,52	2,32	Areia Média	Bem selecionado
C4	9	0,1431	0,1651	1,2651	0,0946	0,4769	0,33	97,37	2,30	Areia Grossa	Bem selecionado
C4	16	1,1743	1,1391	1,2385	0,1337	0,5989	0,11	97,39	2,50	Areia Média	Moderadamente selecionado
C4	17	1,1109	1,1538	1,0675	-0,0263	0,4255	0,00	97,62	2,38	Areia Média	Bem selecionado
C5	1	0,7074	0,7392	1,1181	-0,1492	0,5763	1,163	97,59	1,247	Areia Grossa	Moderadamente selecionado
C5	8	1,038	1,022	1,2878	-0,0095	0,6044	1,781	97,23	0,993	Areia Média	Moderadamente selecionado
C5	9	0,8944	0,9093	1,3456	-0,0796	0,6342	2,296	96,9	0,8	Areia Grossa	Moderadamente selecionado
C5	16	0,8989	0,8829	1,1953	0,0503	0,5687	1,019	97,64	1,336	Areia Grossa	Moderadamente selecionado
C5	17	0,8555	0,8417	1,1781	0,1117	0,5894	0,119	97,11	2,767	Areia Grossa	Moderadamente selecionado

Fonte: Autora.

Figura 12: Tamanho médio do grão dos sedimentos coletados nas praias de Iracema e Meireles, durante as campanhas de monitoramento (C1 = out/2019, C2 = out/2019, C3 = nov/2020, C4 = set/2021 e C5 = mai/2022).



Fonte: Autora.

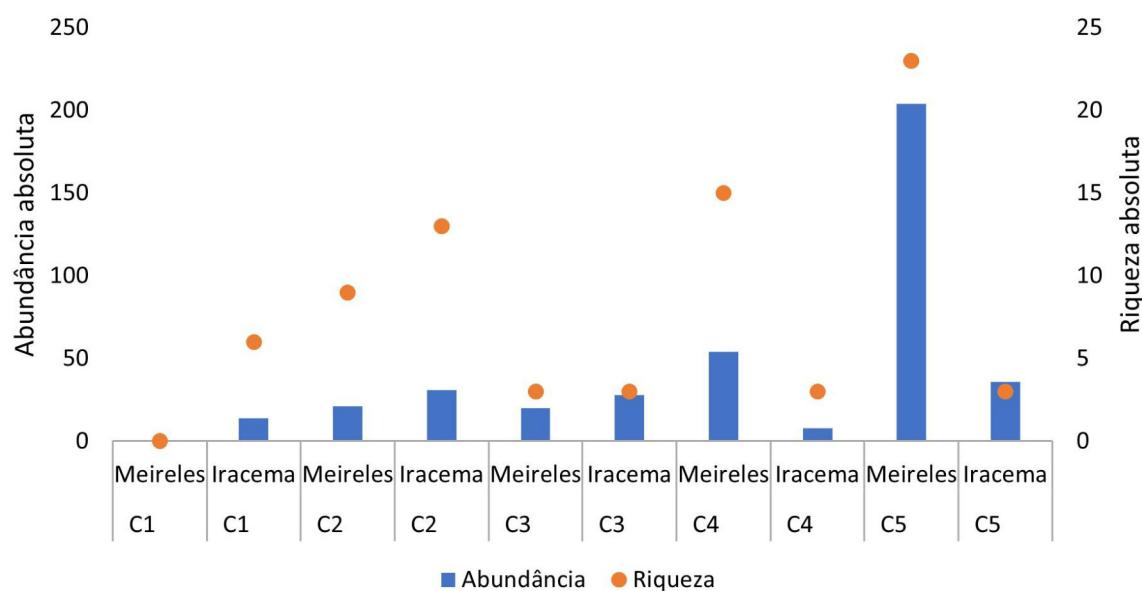
Na praia de Iracema, foram observadas as maiores alterações no perfil topográfico após a realização da obra, apresentando um grau de mobilidade de 18,7% (Anexo A). Já a praia do Meireles apresentou um grau de mobilidade de 2,58%, o que demonstra que, apesar da deposição de sedimentos sobre a praia, aparentemente não houve uma mudança nas características topográficas da praia (Anexo B).

5.2 Caracterização da macrofauna bentônica

Foi registrado um total de 416 espécimes, abrangendo 41 táxons distintos (Figura 13 e Tabela 3). A riqueza absoluta, medida pelo número de táxons, apresentou variações significativas entre as campanhas (PERMANOVA, $p = 0,001$). Durante as campanhas de outubro de 2019 (anterior às intervenções) e um ano após a conclusão da obra (novembro de 2020), foram registrados 6 táxons, enquanto na última campanha, em maio de 2022, foram registrados 26 táxons.

A quantidade de táxons coletados nas praias variou ao longo das campanhas. Observou-se maior riqueza nas campanhas C1, C2 e C3 na praia de Iracema, enquanto nas campanhas C4 e C5, a maior riqueza foi registrada na praia do Meireles (Figura 13).

Figura 13 – Riqueza taxonômica e abundância absoluta da macrofauna bentônica da zona de surfe na área de engorda das praias de Iracema e Meireles nas campanhas de monitoramento da obra de engorda realizadas de 2019 a 2022.



Fonte: Elaborado pela autora.

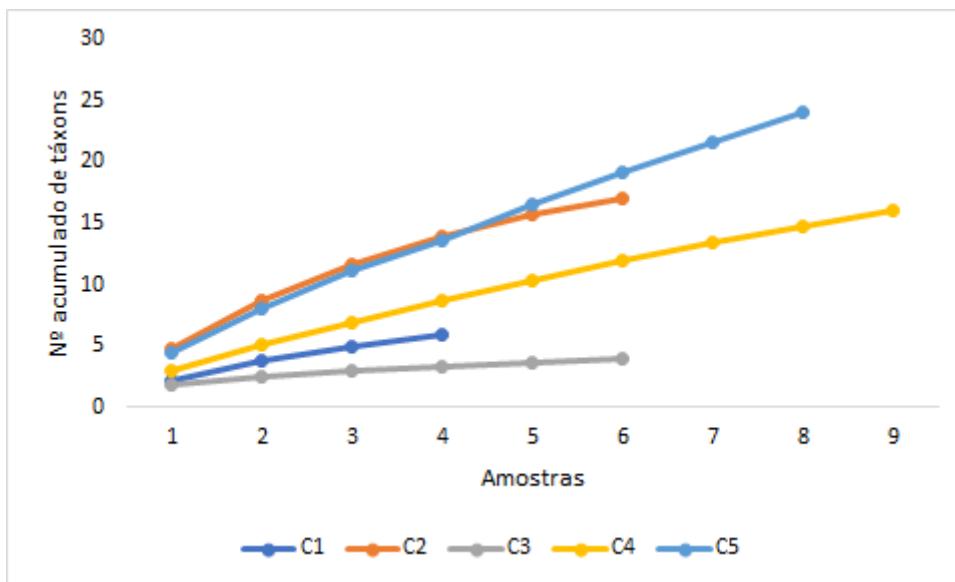
Tabela 3 – Táxons da macrofauna bentônica da zona de surfe na área de engorda das praias de Iracema e Meireles coletados nas campanhas de monitoramento da obra realizadas de 2019 a 2022.

Porifera	Annelida	Decapoda
Porifera não id.	<i>Diopatra</i> sp.	Ocypodidae
Cnidaria	Terebellidae	Majidae
<i>Renilla reniformis</i>	Syllidae	<i>Dissodactylus crinitichelis</i>
Mollusca	Capitellidae	Isopoda
<i>Tivela mactroides</i>	Glyceridae	Pycnogonida
<i>Tucetona pectinata</i>	Polynoidae	Echinodermata
<i>Anadara chemnitzii</i>	Onuphidae	<i>Leodia sexiesperforata</i>
<i>Anadara brasiliiana</i>	Nereididae	Holothuroidea
<i>Chione cancellata</i>	<i>Hemipodia</i> sp.	Ophiuroidea
<i>Eurytellina angulosa</i>	<i>Eteone</i> sp.	<i>Mellita quinquiesperforata</i>
<i>Psammotreta brevifrons</i>	Arthropoda	<i>Encope emarginata</i>
<i>Eurytellina punicea</i>	<i>Callinectes danae</i>	Chordata
<i>Lamelliconcha circinata</i>	<i>Costalambrus tommasi</i>	Asciidiacea
<i>Tivela fulminata</i>	<i>Emerita brasiliensis</i>	
<i>Mulinia cleryana</i>	Paguridae	
<i>Caryocorbula swiftiana</i>	Amphipoda	

Fonte: Elaborada pelo autor.

A curva do coletor foi calculada a partir dos dados de riqueza para cada campanha realizada. As campanhas C1 (antes da obra) e C3 (um ano depois da obra) apresentaram números acumulados de táxons semelhantes, sendo menores para qualquer quantidade de amostras em comparação com as demais campanhas. A campanha C2 (durante a obra) apresentou um número de táxons elevado, semelhante à C5 (30 meses depois da obra). As campanhas C2, C4 e C5 apresentaram discretas linhas ascendentes, indicando que houve uma possível subamostragem da riqueza da área (Figura 14). Este resultado aponta uma maior riqueza da macrofauna bentônica na área durante e após dois anos da realização da obra de engorda. Considerando todas as amostras coletadas no estudo, o estimador não-paramétrico de riqueza de espécies Chao 2 (70,083) apontou que a riqueza observada nas praias correspondeu a 57% da riqueza prevista.

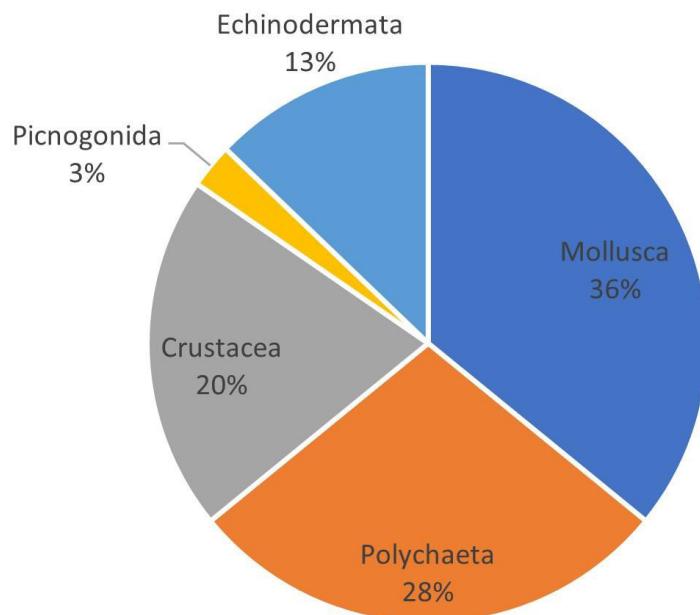
Figura 14 – Curvas de acumulação de táxons da macrofauna bentônica dos coletados da zona de surfe na área de engorda das praias de Iracema e Meireles nas campanhas de monitoramento da obra realizadas de 2019 a 2022.



Fonte: Elaborado pela autora.

Considerando os 41 táxons de invertebrados da macrofauna bentônica coletados ao longo de todo o período de estudo, os moluscos (36%), especialmente bivalves, foram os mais representativos na área, seguidos dos anelídeos poliquetas (28%), artrópodes crustáceos (18%) e equinodermos (13%) (Figura 15).

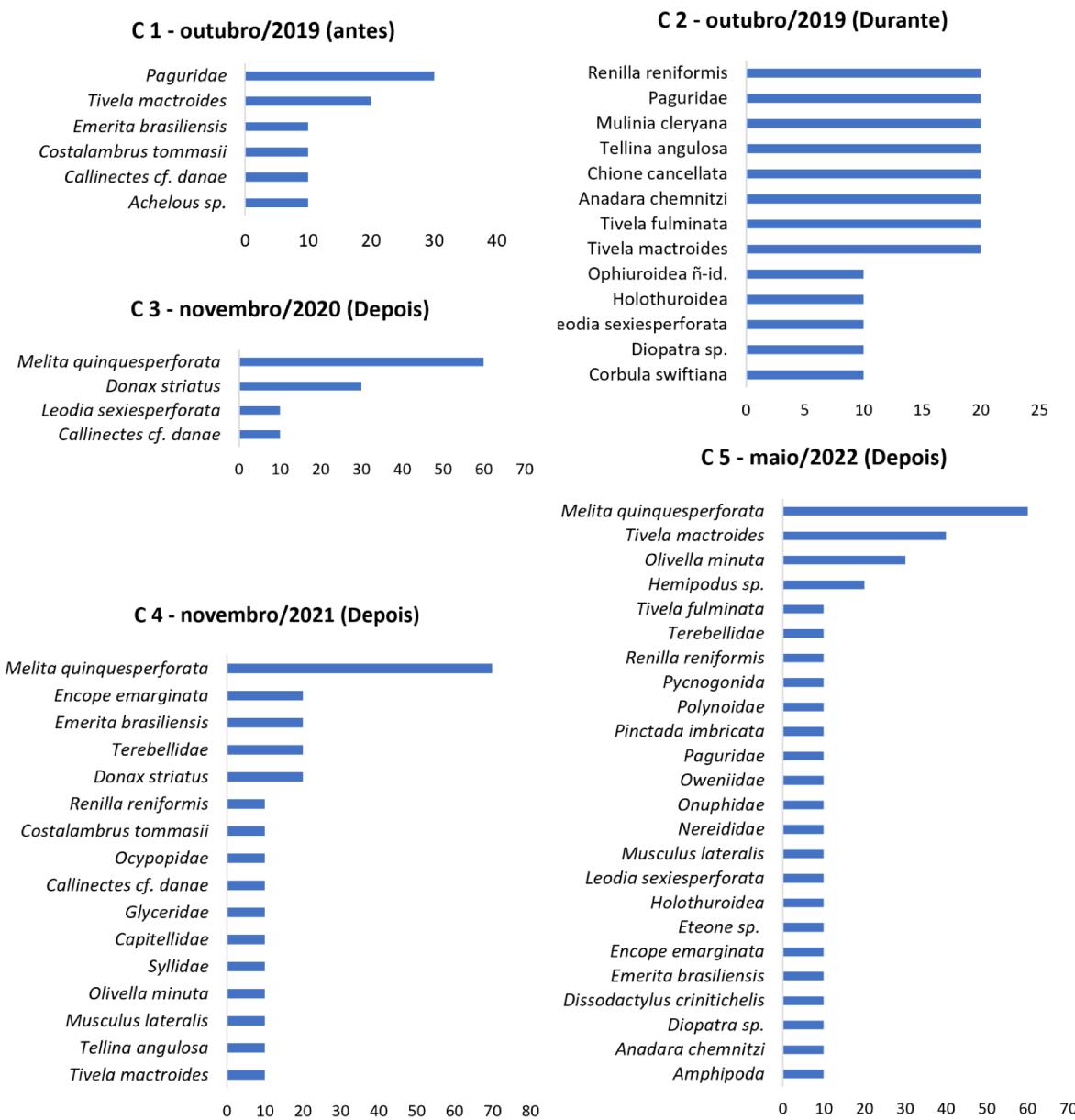
Figura 15 – Riqueza relativa dos grupos da macrofauna bentônica coletados da zona de surfe na área de engorda das praias de Iracema e Meireles campanhas de monitoramento da obra realizadas de 2019 a 2022.



Fonte: Elaborado pela autora.

Na primeira campanha de monitoramento, foi observada uma baixa riqueza de táxons com frequência de ocorrência também reduzida. Os crustáceos da família Paguridae apresentaram a maior frequência de ocorrência (30%), seguido do bivalve *Tivela mactroides* (20%) (Figura 16). Na campanha realizada durante a realização da obra, foi observado um aumento significativo de táxons, sendo observada uma maior frequência de ocorrência de moluscos, juntamente com o octocoral *Renilla reniformis* e os pagurídeos (Figura 16). Na campanha realizada um ano após a realização da obra, foi observada uma redução na riqueza, juntamente com o predomínio do equinóide irregular *Mellita quinquesperforata* em 60% das amostras (Figura 16). Nas campanhas após dois anos da realização da obra, foram observadas maiores riquezas, frequência de ocorrência elevadas de equinóides irregulares (*Mellita quinquesperforata* e *Encope emarginata*), do crustáceo anomuro *Emerita portoricensis*, de moluscos gastrópodes (*Olivella minuta*) e bivalves (*Tivela mactroides*, *Donax striatus* e *Tivela fulminata*) e poliquetas (Terebellidae e *Hemipodia* sp.) (Figura 16).

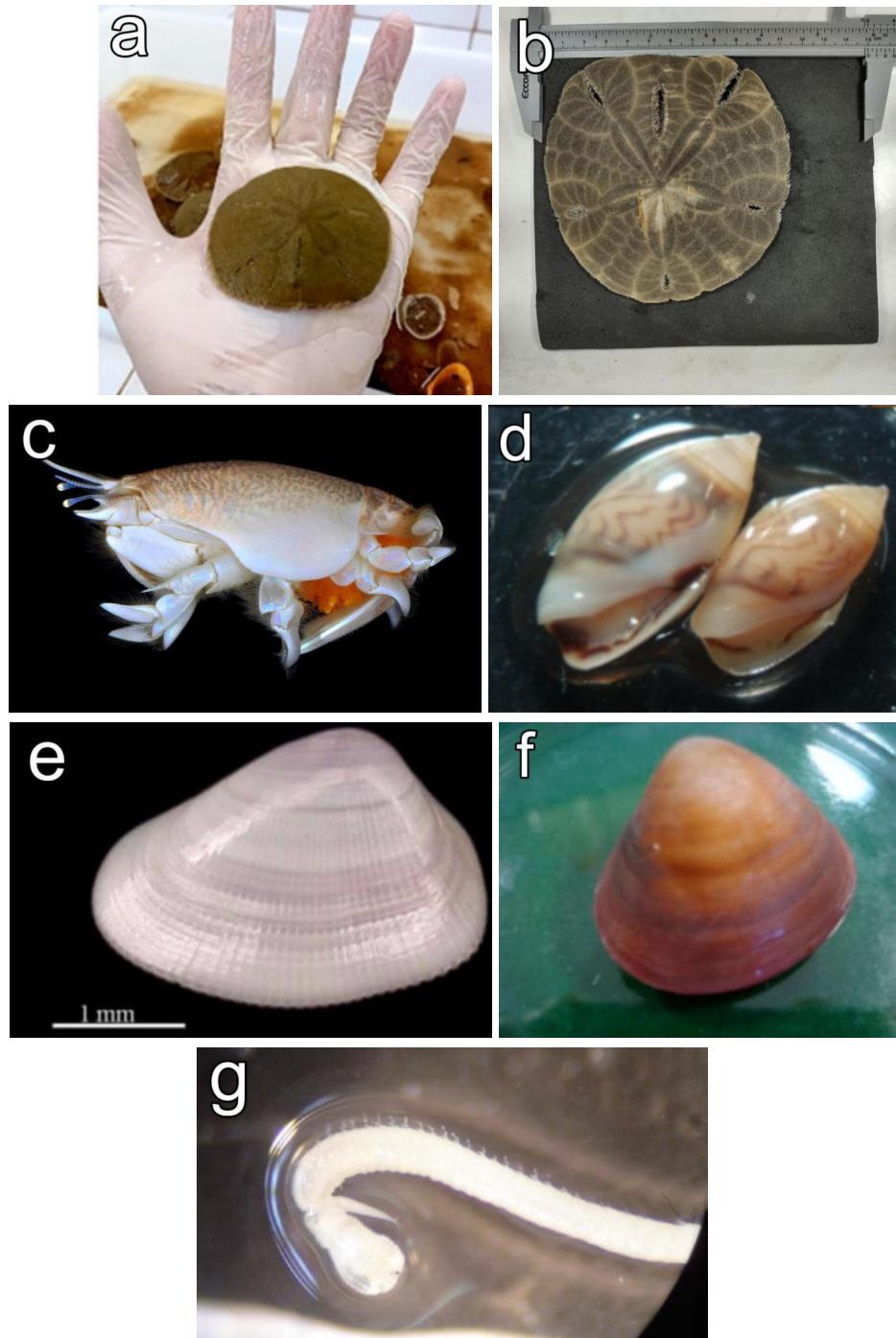
Figura 16: Frequência de ocorrência dos táxons da macrofauna bentônica coletados nas campanhas de monitoramento realizadas C1 - antes (outubro/2019), C2 - durante (outubro/2019), C3 - depois (novembro/2020), C4 - depois (setembro/2021) e C5 - depois (maio/2022).



Fonte: Autora.

Cabe destacar que nas últimas duas campanhas de monitoramento (C4 e C5), houve a predominância de táxons tipicamente encontrados na zona de surfe de praias arenosas, como é o caso da *Mellita quinquesperforata*, da *Enope emarginata*, do *Emerita portoricensis*, da *Olivella minuta*, do *Donax striatus*, da *Tivela mactroides* e do *Hemipodia* sp. (Figura 17).

Figura 17: Táxons coletados nas duas últimas campanhas (C4 e C5). (a) *Mellita quinquesperforata*; (b) *Encope emarginata*; (c) *Emerita portoricensis*; (d) *Olivella minuta*; (e) *Donax striatus*; (f) *Tivela mactroides*; (g) *Hemipodia* sp.



Fonte: (c) Anker, 2012. (a) (b) (d) (e) (f) (g) Laboratório de Zoobentos/LABOMAR.

A macrofauna bentônica na área de monitoramento foi analisada considerando a variação da riqueza taxonômica entre as praias e ao longo das campanhas de amostragem. Assim, foram observadas diferenças significativas entre as campanhas e nas interações das

campanhas e praias (Tabela 4). O teste pareado da PERMANOVA indicou que estas diferenças ocorreram quando as campanhas antes e durante da obra (C1 e C2) eram comparadas com as campanhas depois da obra (C3, C4 e C5) em ambas as praias (Tabela 5, Figura 18).

Tabela 4: Resultados da PERMANOVA para riqueza taxonômica da macrofauna bentônica coletados na zona de surfe na área de engorda das praias de Iracema e Meireles nas campanhas de monitoramento realizadas C1 - antes (outubro/2019), C2 - durante (outubro/2019), C3 - depois (novembro/2020), C4 - depois (setembro/2021) e C5 - depois (maio/2022).

Fatores	df	SS	MS	Pseudo-	
				F	P(perm)
Campanha	4	30070	7517,4	1,81	0,001
Praia	1	4600,5	4600,5	1,1077	0,279
Campanha x Praia	4	20738	5184,6	1,2483	0,038
			1,66E+0		
Resíduo	40	5	4153,3		

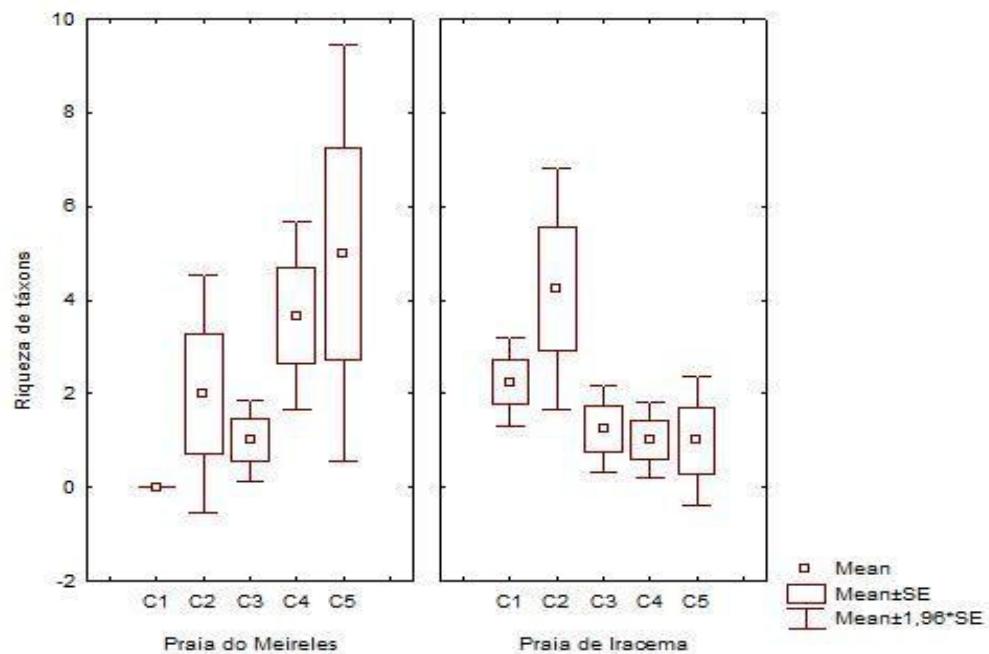
Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 5: Resultados do teste pareado da PERMANOVA entre campanhas (C1 = out/2019, C2 = out/2019, C3 = nov/2020, C4 = nov/2021 e C5 = mai/2022) por praia.

Campanhas	Meireles		Iracema	
	t	P(perm)	t	P(perm)
C1, C2	-	-	1,07	0,313
C1, C3	-	-	1,66	0,058
C1, C4	-	-	1,35	0,097
C1, C5	-	-	1,29	0,111
C2, C3	1,26	0,100	1,44	0,024
C2, C4	1,57	0,003	1,29	0,030
C2, C5	1,23	0,046	1,19	0,026
C3, C4	1,11	0,209	0,99	0,519
C3, C5	1,12	0,137	0,93	0,579
C4, C5	1,12	0,220	1,03	0,472

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 18: Riqueza de táxons da macrofauna bentônica coletada na zona de surfe das praias de Iracema e Meireles.



Fonte: Autora.

Considerando as faixas de amostragem na zona de surfe, foram encontradas diferenças significativas na macrofauna bentônica apenas na faixa de 30 a 60m da linha de varrido, ao longo das campanhas, sendo as diferenças observadas entre as campanhas antes (C1) e durante (C2) e as campanhas depois da obra (C4 e C5) (Tabela 6).

Tabela 6: Resultados do teste pareado da PERMANOVA entre campanhas (C1 = out/2019, C2 = out/2019, C3 = nov/2020, C4 = set/2021 e C5 = mai/2022) por faixa de amostragem na zona de surfe das praias de Iracema e Meireles.

Campanha	Zona de surfe "0 - 30m"		Zona de surfe "30 - 60m"	
	t	P(perm)	t	P(perm)
C1, C2	1,05	0,277	0,98	0,697
C1, C3	1,18	0,211	1,49	0,048
C1, C4	1,15	0,139	1,26	0,046
C1, C5	1,24	0,100	1,13	0,152
C2, C3	1,22	0,092	1,55	0,024
C2, C4	1,22	0,052	1,35	0,031
C2, C5	1,25	0,061	1,21	0,056
C3, C4	0,83	0,954	0,70	0,921
C3, C5	1,01	0,356	1,29	0,12
C4, C5	0,93	0,726	0,99	0,4

Fonte: Autora.

Foi observada uma baixa similaridade da macrofauna bentônica entre as campanhas de amostragem (ANOSIM $p = 0,40$; Global $R = 0,238$) (Figura 19), o que evidencia uma variabilidade taxonômica ao longo de todo o período de monitoramento da obra. A análise de similaridade de percentagens (SIMPER) entre as campanhas apontou uma composição taxonômica característica para cada campanha, com poucos táxons contribuindo para a similaridade entre as amostras (Tabela 7). Além da baixa similaridade, a dissimilaridade entre as campanhas, superior a 88%, evidencia a mudança gradual na composição da macrofauna bentônica, principalmente na faixa 30 a 60 m na zona de surfe nas praias afetadas pela obra de engorda.

Figura 19: Análise de agrupamento das campanhas de monitoramento (C1 = out/2019, C2 = out/2019, C3 = nov/2020, C4 = set/2021 e C5 = mai/2022), categorizadas em períodos Antes, Durante e Depois, considerando a macrofauna bentônica coletada na zona de surfe das praias de Iracema e Meireles, Medida de similaridade de Jaccard; densidade transformada em presença/ausência; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados ($p < 0,05$) pelo SIMPROF.

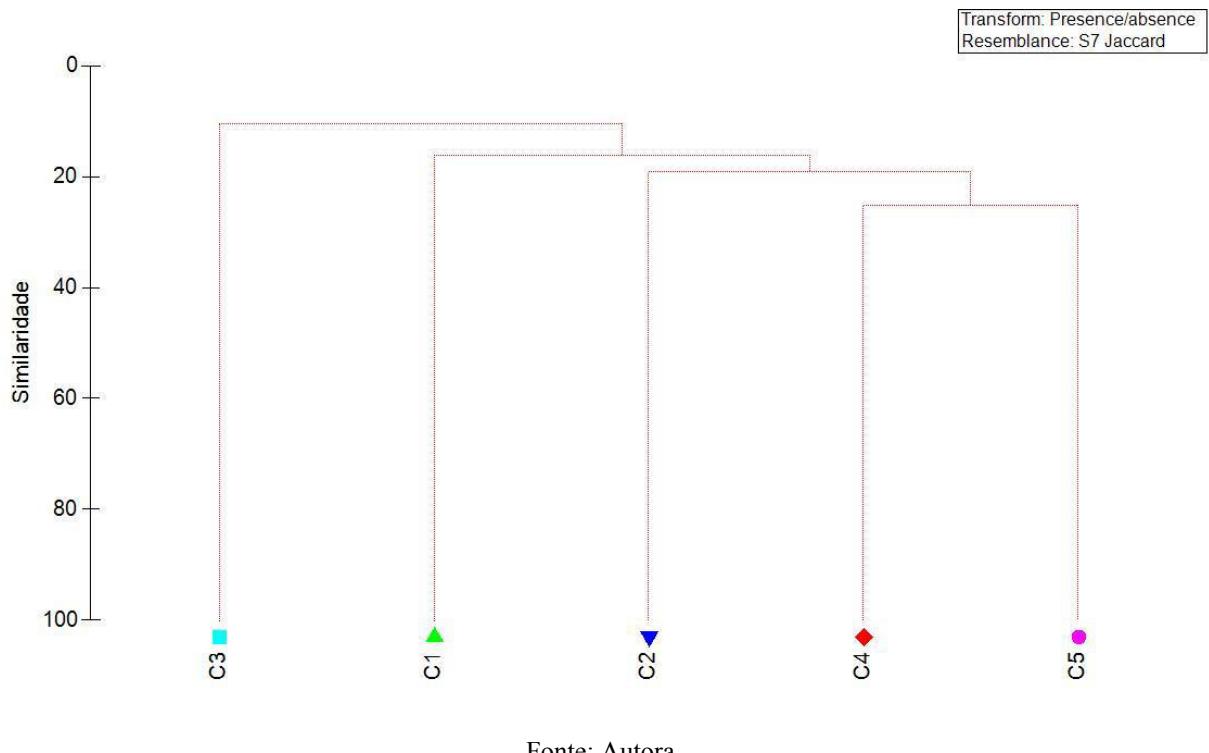


Tabela 7: Análise de similaridade de percentagens (SIMPER) entre as campanhas de amostragem, considerando o percentual de contribuição dos principais táxons da macrofauna bentônica coletados na zona de surfe das praias de Iracema e Meireles. Medida de similaridade de Jaccard; presença/ausência.

Táxons	C1		C2		C3		C4		C5	
	Similaridade: 10,00		Similaridade: 28,66		Similaridade: 66,67		Similaridade: 22,06		Similaridade: 10,45	
	Similaridade média	% Contribuição								
<i>Tivela mactroides</i>	5	50	6,96	24,29	-	-	-	-	0,41	13,87
<i>Paguridae</i>	5	50	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anadara chemnitzii</i>	-	-	6,96	24,29	-	-	-	-	-	-
<i>Renilla reniformis</i>	-	-	2,78	9,69	-	-	-	-	-	-
<i>Chione cancellata</i>	-	-	2,78	9,69	-	-	-	-	-	-
<i>Mulinia cleryana</i>	-	-	2,78	9,69	-	-	-	-	-	-
<i>Tellina angulosa</i>	-	-	2,22	7,75	-	-	-	-	-	-
<i>Leodia sexiesperforata</i>	-	-	2,22	7,75	-	-	-	-	-	-
<i>Melita quinquesperforata</i>	-	-	-	-	45	67,5	7,84	35,53	0,74	61,59
<i>Donax striatus</i>	-	-	-	-	21,67	32,5	8,33	37,77	-	-
<i>Emerita brasiliensis</i>	-	-	-	-	-	-	2,38	10,79	-	-
<i>Terebellidae</i>	-	-	-	-	-	-	1,75	7,95	-	-
<i>Olivella minuta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,41	12,27
<i>Hemipodus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	0,41	12,27
Dissimilaridade média (%)	C1 x C2	88,21	C1 x C3	98,21	C1 x C4	94,01	C1 x C5	92,94	C2 x C3	97,17
	C2 x C4	93,76	C2 x C5	88,24	C3 x C4	60,86	C3 x C5	80,53	C4 x C5	83,72

Fonte: Elaborada pela autora.

5.3 Relação da macrofauna bentônica com as alterações na praia

O efeito das variáveis granulométricas sobre as características dos invertebrados da megafauna bentônica na área sob a influência da obra, foi avaliado através da análise BIOENV, a qual discriminou o tamanho médio do grão e o grau de seleção como os fatores que melhor explicaram os resultados encontrados (Spearman test, $\text{Rho}=0,378$, $p=0,01$). Tais fatores foram considerados bons descritores das mudanças ocorridas na estrutura da comunidade bentônica nas praias de Iracema e do Meireles em função das alterações decorrentes da obra de engorda.

6 DISCUSSÃO

Os danos provocados por processos de engorda de praia na macrofauna bentônica variam, em intensidade, de acordo com as características gerais do sedimento que foi acrescentado. O depósito de grãos mais grossos em praias dissipativas, por exemplo, caracterizadas por sedimento mais fino, tem o potencial de modificar o tipo morfodinâmico da praia, alterando a estrutura da comunidade bentônica, favorecendo o aparecimento de espécies oportunistas e levando a uma perda da biodiversidade local. Desse modo, quando a diferença entre a estrutura do sedimento original e a do sedimento acrescentado é alta, a macrofauna bentônica tende a sofrer maiores efeitos negativos, afetando todo o equilíbrio ecológico do ecossistema (Van Tomme *et al.*, 2013).

Como foi atestado através da análise granulométrica, houve variação significativa do tamanho médio do grão entre as campanhas de monitoramento, com a predominância de grãos finos antes da obra e grãos médios e grossos nas demais campanhas. Na C5, que corresponde à campanha realizada 3 anos após a obra, observou-se a presença de grãos mais grosseiros, o que evidencia a energia hidrodinâmica das praias promovendo a remoção de grãos menores já no pós-obra. De acordo com Gastão *et al.*, 2023, ao avaliar os perfis topobatimétricos das praias monitoradas neste mesmo estudo, as alterações no volume, morfologia e caráter morfodinâmico (aumento da declividade da praia) foram significativos entre todas as campanhas, mas com equilíbrio do perfil de praia observado a partir da quarta campanha do monitoramento. Apesar das mudanças no sedimento, a recolonização da macrofauna bentônica da zona de surfe após a intervenção da obra de engorda foi verificada.

Segundo Hayden e Dolan (1974), Parr *et al.* (2018) e Saloman e Naughton (1984), a macrofauna bentônica de praias arenosas, devido à sua alta mobilidade e potencial adaptativo, possui uma elevada capacidade de recolonização. Nos primeiros meses e anos após a obra de engorda, os organismos da macrofauna tendem a migrar para zonas menos afetadas pelo acréscimo de sedimento, sendo substituídos, normalmente, por organismos oportunistas que se beneficiam das condições adversas do meio para se estabelecer e se reproduzir. No entanto, com o passar do tempo, a comunidade vai se reestruturando, com a diversidade de táxons retornando a condição típica desses ambientes.

As informações postuladas por estes autores confirmam os resultados alcançados pelo presente estudo, uma vez que verificou-se uma significativa variação da riqueza absoluta e da composição taxonômica da macrofauna ao longo das campanhas, com pouca similaridade entre os táxons coletados em cada uma das fases de monitoramento, indicando uma redistribuição dos organismos.

Destaca-se, então, que na primeira campanha (C1), realizada antes da construção do aterro, foi registrada a ocorrência de táxons mais comumente encontrados em praias arenosas, como foi o caso das espécies *Tivela mactroides* e *Emerita brasiliensis* e da família dos paguros. Já na segunda campanha de monitoramento (C2), realizada durante a obra, constatou-se um significativo aumento na riqueza de táxons, com o aparecimento de espécies típicas da plataforma continental, como o octocoral *Renilla reniformis* e os moluscos *Anadara chemnitzii*, *Mulinia cleryana*, *Eurytellina angulosa* e *Chione cancellata*. Esse resultado sugere que esses organismos, possivelmente, chegaram na zona de surfe devido à obra de engorda, que foi responsável por retirar o sedimento da área de jazida e depositá-lo na faixa de praia.

Na terceira campanha (C3), verificou-se uma redução na riqueza de táxons, com o desaparecimento da maioria dos táxons verificados na segunda campanha, o que indica que, devido às características morfodinâmicas do ambiente, os organismos trazidos da plataforma continental não conseguiram se estabelecer, com sucesso, na zona de surfe da praia. Por fim, observou-se, novamente, um aumento na riqueza dos táxons nas duas últimas campanhas de monitoramento (C4 e C5), com a ocorrência de uma elevada quantidade de táxons típicos da zona de surfe de praias arenosas, como a *Mellita quinquiesperforata*, a *Tivella mactroides*, a *Olivella minuta* e o *Hemipodia sp.*, o que indica que, após 3 anos da intervenção, a comunidade da macrofauna bentônica, que foi perturbada pelo processo de engorda, encontra-se em recuperação, recolonizando, de forma gradual, o seu habitat de origem.

No entanto, cabe salientar que não é possível garantir que esses organismos conseguirão se restabelecer, a longo prazo, naquele ambiente, uma vez que as alterações promovidas pela construção do aterro podem dificultar esse processo. Em vista disso, a continuidade das campanhas de monitoramento é de suma importância, já que, por meio de

um estudo mais prolongado, será possível determinar, com maior profundidade, as modificações sofridas pela macrofauna bentônica decorrentes da intervenção da obra de engorda nas Praias do Meireles e de Iracema.

Na praia de Iracema, as amostragens foram realizadas na área onde já havia sido aterrada em 2000 (Soares et al., 2011). Apesar da ampla faixa arenosa no supralitoral, a zona entremarés e de surfe são estreitas, com perfil íngreme, sedimento grosso e ondas incidindo diretamente na face da praia, características comuns em praias reflectivas (observação pessoal). Uma análise da morfodinâmica praial é necessária para a confirmação destas observações. Brazeiro (2001) sugere que a diminuição na riqueza de espécies em praias reflectivas está relacionada com o aumento na severidade do ambiente devido à soma de diversos fatores, dentre estes o tamanho do grão, o regime de varrido e a dinâmica de erosão/acresção da praia, as quais influenciam no estabelecimento da macrofauna (Hipótese Multicausal de Severidade do Ambiente).

A zona de surfe da praia de Iracema apresentou sedimento constituído por areia fina bem selecionada (tabela 5). Esta característica provavelmente influenciou na moderada riqueza de táxons observada, diferentemente do que era esperado considerando um ambiente historicamente alterado por ações antrópicas. De acordo com Queiroz et al. (2019), a urbanização de praias arenosas é um fenômeno crescente que contribui para a diminuição da composição e da densidade dos organismos bentônicos.

A alimentação artificial de praias é considerada como uma das técnicas mais “brandas” de recuperação do sedimento praial, comparada com empreendimentos mais pesados como quebra mares, esporões e tetrápodes (Reilly; Bellis, 1983). Ainda assim, a engorda de praias pode provocar diversas alterações na morfodinâmica praial, impactando os organismos que habitam esses ecossistemas. Os impactos associados à engorda de praias variam com base na quantidade e nas características do sedimento depositado, além do período em que a intervenção ocorre. Outro fator essencial é o tempo entre os empreendimentos, uma vez que intervenções seguidas, sem um intervalo de no mínimo 3 anos para recuperação e recolonização da comunidade bentônica, tendem a provocar efeitos mais nocivos e duradouros, dificultando o retorno às condições originais da praia e,

consequentemente, prejudicando a reestruturação da macrofauna bentônica (Menn *et al.*, 2003).

Nesse sentido, como foi verificado um aumento da abundância de organismos e da riqueza de táxons ao longo das campanhas, com a ocorrência de 26 táxons na última campanha (C5), pode-se deduzir que os sedimentos acrescentados pela obra de engorda foram relativamente semelhantes aos já encontrados na zona de surfe das praias, o que foi responsável por minimizar os efeitos negativos na macrofauna. Entretanto, é relevante destacar que, se futuras intervenções forem realizadas, é indispensável a realização de estudos acerca da ecologia e morfodinâmica das praias em questão, com o intuito de determinar o período mais adequado e o melhor tipo de sedimento a ser depositado, evitando, assim, prejuízos à macrofauna bentônica e aos outros organismos que compõem a biota nativa da área.

7 CONCLUSÃO

A partir da discussão dos resultados, é possível concluir que a obra de engorda da Praia do Meireles e de Iracema foi responsável por alterar fatores físicos da praia, como o tamanho médio do grão e o perfil topográfico. Essas alterações ocorreram de forma gradual e contínua ao longo das campanhas, influenciando na estrutura da comunidade bentônica e causando modificações na sua composição.

Ademais, conclui-se que a macrofauna da zona de surfe da área de estudo apresenta uma grande capacidade de resiliência, adaptando-se a condições adversas. Logo, o acréscimo artificial de sedimentos na praia representa um distúrbio ao meio, afugentando certas espécies e modificando a estrutura da comunidade bentônica nos primeiros anos de sua implementação. Entretanto, como foi indicado pelos resultados obtidos, ao longo dos anos após o empreendimento, a macrofauna bentônica foi capaz de recolonizar a área impactada, retomando sua abundância e diversidade à medida que a praia recuperou suas condições hidrodinâmicas originais. Por fim, cabe destacar a importância da continuidade dos estudos de monitoramento nas Praias do Meireles e de Iracema, com o objetivo de determinar como a macrofauna bentônica se comporta e varia ao longo do tempo após a intervenção.

REFERÊNCIAS

- ALFREDINI, P.; ARASAKI, E.. **Engenharia portuária:** A técnica aliada ao enfoque logístico. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2014. 1308 p. ISBN 978-85-212-0811-2.
- AMARAL, A. C. Z.; MIGOTTO, A. E. Importância dos anelídeos poliquetas na alimentação da macrofauna demersal e epibentônica da região de Ubatuba. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, v. 29, p. 31-35, 1980. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bioce/a/GwrPNL9cMJRcdsFDjXHBBZy/#>. Acesso em: 4 dez. 2023.
- ANKER, A. **Mole crab (*Emerita portoricensis*)**. Natal, 2012. Fotografia. Disponível em: https://www.flickr.com/photos/artour_a/7639066176. Acesso em: 11 dez. 2023.
- AQUINO, M. D.; MOTA, F. S. B.; PITOMBEIRA, E. S. Impactos ambientais da ocupação desordenada da praia da Caponga-CE. **Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa**, Recife, p. 1-4, 2003. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/9270>. Acesso em: 2 dez. 2023.
- ARRUDA, E. P. *et al.* Bivalvia. In: AMARAL, A. C. Z.; NALLIN, S. A. H (org.). **Biodiversidade e ecossistemas bentônicos marinhos do Litoral Norte de São Paulo, Sudeste do Brasil**. Campinas: UNICAMP, 2011. p. 236-250.
- BEZERRA, L. E. A.; FRANKLIN JUNIOR, W. Crustacea. In: MATTHEWS-CASCON, H.; LOTUFO, T. M. C. (org.). **Biota marinha da costa oeste do Ceará**. 2. ed. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. p. 169-198. Disponível em: <https://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/serie-biodiversidade-24-biota-marinha-da-costa-oeste-do-ceara.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2023.
- BIRD, E. C. F. **Beach Management**. New York: John Wiley & Sons Inc., 1999. 292 p.
- BRASIL. Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. [S. l.], 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7661.htm. Acesso em: 2 dez. 2023.
- BRAZEIRO, A. Relationship between species richness and morphodynamics in sandy beaches: what are the underlying factors? **Marine Ecology-Progress Series**, v. 224, p. 35-44, 2001.
- CALLIARI, L. J. *et al.* Morfodinâmica praial: Uma breve revisão. **Revista brasileira de oceanografia**, [s. l.], v. 51, p. 63-78, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-77392003000100007>. Acesso em: 3 dez. 2023.
- CALLONI, B. **Impactos da obra de alimentação artificial em uma praia de enseada**. 2014. 81 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/106434>. Acesso em: 3 dez. 2023.
- COLOSIO, F.; ABBIATI, M.; AIROLDI, L. Effects of beach nourishment on sediments and benthic assemblages. **Marine Pollution Bulletin**, v. 54, p.1197-1206, 2007.

CORREIA, M. D.; SOVIERZOSKI, H. H. **Ecossistemas marinhos: recifes, praias e manguezais**. Alagoas: EDUFAL, 2005. 55 p.

CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. PRIMER v6: User Manual/Tutorial (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research). **PRIMER-E**, Plymouth, 2006.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. Changes in Marine Communities: An Approach to Statistical Analyses and Interpretation. **Natural Environment Research Council**, Plymouth, 1994.

CUNHA, C. M.; MIYAJI, C. Gastropoda. In: AMARAL, A. C. Z.; NALLIN, S. A. H (org.). **Biodiversidade e ecossistemas bentônicos marinhos do Litoral Norte de São Paulo, Sudeste do Brasil**. Campinas: UNICAMP, 2011. p. 228-235.

DAJOZ, R. **Princípios de ecologia**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 520 p.

DEXTER, D. M. Community structure of intertidal sandy beaches in New South Wales, Australia. In: MCLACHLAN, A.; ERASMUS, T. **Sandy Beaches as Ecosystems**. London: Dr. W. Junk Publishers, 1983. p. 461-472.

FAUSTO FILHO, J. Primeira contribuição ao inventário dos crustáceos decápodos marinhos do Nordeste brasileiro. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 05, n. 1, p. 31-37, 1966. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/2171>. Acesso em: 4 dez. 2023.

FECHINE, J. A. L. **Alterações no perfil natural da zona costeira da cidade de Fortaleza, Ceará, ao longo do século XX**. 2007. 116 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/7938>. Acesso em: 3 dez. 2023.

FONTES, A. L. **Geomorfologia costeira**. São Cristovão: Universidade Federal de Sergipe, 2011.

FRANKLIN JUNIOR, W. **Análise da malacofauna associada ao coral hermatípico Siderastrea stellata Verrill, 1901 (Cnidária: Scleractinia) em duas localidades no litoral cearense**. 1992. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1992.

GABELER, L. R.; ZALMON, I. R. Diel variation of fish community in sandy beaches of southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, Rio de Janeiro, n. 56, p. 23-39, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjoce/a/5KQSJjX7cp9wygDCMV5bMQs/?lang=en#>. Acesso em: 3 dez. 2023.

GASTÃO, F. G., PINHEIRO, L. S., LIMA FILHO, R. P., MENEZES, M. O. B. **Programa de levantamentos topobatimétricos da Praia do Meireles e da Praia de Iracema (Relatório Final)**. Fortaleza: Instituto de Ciências do Mar – Labomar/UFC, 2023. 38 p.

GIERE, O. **Meiobenthology: The Microscopic Motile Fauna in Aquatic Sediments**. 2nd ed. Berlim: Springer-Verlag, 2009. 538 p.

HAYDEN, B. P., DOLAN, R. Impact of the beach nourishment on the distribution of *Emerita talpoida*, the common mole crab. **Journal of Waterways, Harbours and Coastal Engineering Division**, v. 100, p. 123-132, 1974.

HOEFEL, F. G. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas**: uma revisão bibliográfica. Itajaí: Editora da Univali, 1998. 92p.

HORN FILHO, N. O. Erosão e progradação do litoral brasileiro: Ilha de Santa Catarina. In: MUEHE, D. (Ed.). **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. 2.ed. Brasília/DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 476 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

JONES A. R. *et al.* The effects of beach nourishment on the sandy-beach amphipod *Exoedicerosfossor*: impact and recovery in Botany Bay, New South Wales, Australia. *Marine Ecology – an Evolutionary Perspective*. **Marine Ecology**, v. 29, p. 28-36. 2008.

KING, C. A. M. **Beaches and Coasts**, 2nd ed. London: Edward Arnold Ltd., 1972.

KOMAR, P. D. **Beach processes and sedimentation**. 2. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1998. 544 p.

LEEWIS, L. *et al.* Does beach nourishment have long-term effects on intertidal macroinvertebrate species abundance?. **Estuarine, coastal and shelf science**, [s. l.], v. 113, p. 172-181, 10 nov. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.07.021>. Acesso em: 3 dez. 2023.

LIMA NETO, J. Fortaleza terá novo aterro na Praia de Iracema de 81 mil m². **Diário do Nordeste**, 2018. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/fortaleza-tera-novo-aterro-na-praia-de-iracema-de-81-mil-m-1.1896010>. Acesso em: 4 dez. 2023.

LOREAU, M. *et al.* Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. **Science**, [s. l.], ed. 294, 2001.

MAIA, L. P. *et al.* **The Fortaleza (NR Brazil) Waterfront: Port Versus Coastal Management**. *Journal of Coastal Research*, 14(4): 1998, 1284-1292p.

MAIA, L. P. **Procesos Costeros y Balance Sedimentario a lo Largo de Fortaleza (NE-Brasil): Implicaciones para una Gestión Adecuada de la Zona Litoral**. 1998. 269 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade de Barcelona, Barcelona, 1998. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/40/1/1998_tese_lpmaia.pdf. Acesso em: 3 dez. 2023.

MAIA, L. P.; MEIRELES, A. J. A. Oceanografia e Dinâmica Costeira. In: CAMPOS, A. A. *et al.* [eds.]. **A Zona Costeira do Ceará: Diagnóstico para a gestão integrada**. Fortaleza: Aquasis, 2003. p. 191-207.

MARE, M. F. A study of a marine benthic community with special reference to the micro-organisms. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, [s. l.], v. 25, p. 517-554, 2009.

MARTIN, J. W.; DAVIS, G. E. **An updated classification of the recent Crustacea**. 39. ed. Los Angeles: Natural History Museum of Los Angeles County, 2001. 132 p.

MARTINS, H.; GOMES, F. V.. Alimentação artificial de praias em ambientes energéticos intermediários. **Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente**, Portugal, p. 29-40, 2011. Disponível em: https://paginas.fe.up.pt/~shrha/publicacoes/pdf/JHRHA_6as/4_HMartins_Alimenta%C3%A7%C3%A3oArtificial.pdf. Acesso em: 3 dez. 2023.

MARTINS, I. X.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Estudo da malacofauna bentônica da plataforma continental do litoral oeste do Estado do Ceará, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 31, p. 65-72, 1998. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/1157>. Acesso em: 4 dez. 2023.

MATTHEWS, H. R.; RIOS, E. C. Primeira contribuição ao inventário dos moluscos marinhos do Nordeste brasileiro. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 07, n. 1, p. 67-77, 1967. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/2262>. Acesso em: 4 dez. 2023.

MATTHEWS-CASCON, H.; ROCHA-BARREIRA, C.A. Mollusca. In: MATTHEWS-CASCON, H.; LOTUFO, T. M. C. (org.). **Biota Marinha da Costa Oeste do Ceará**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. p. 113-143. Disponível em: <https://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/serie-biodiversidade-24-biota-marinha-da-costa-oeste-do-ceara.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2023.

MCLACHLAN, A. Sandy beach ecology: a review. In: MCLACHLAN, A.; ERASMUS, T. (ed.). **Sandy Beaches as Ecosystems**. London: Dr. W. Junk Publishers, 1983. p. 321-381.

MCLACHLAN, A.; DEFEO, O.; BROWN, A. C. **The ecology of sandy shores**. 3. ed. London: Elsevier, 2018. 556 p. ISBN 978-0-12-809467-9.

MCLACHLAN, A.; JARAMILLO, E. Zonation on sandy beaches. **Oceanography and Marine Biology**, [s. l.], v. 33, p. 305-335, 1995.

MENN, I. *et al.* Buried Alive: Effects of Beach Nourishment on the Infauna of an Erosive Shore in the North Sea. **Senckenbergiana maritima**, Frankfurt am Main, p. 125-145, 2003.

MONTEIRO, D. O. **Levantamento quali-quantitativo da macrofauna bentônica da faixa intertidal da Praia do Futuro, Fortaleza-CE**. 1997. 107 p. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1997.

MOORE, J. **An Introduction to the Invertebrates**. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2001. 355 p.

MORAIS, J.O. Aspectos do transporte de sedimentos no litoral do município de Fortaleza Estado Do Ceará, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v.20, n.1-2, p. 71-100, 1980.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (orgs.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 14. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2018. p. 253 -308.

NEVES, R. A. F.; VALENTIM, J. L. Revisão bibliográfica sobre a macrofauna bentônica de fundos não-consolidados, em áreas costeiras prioritárias para conservação no Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar.** Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 59-80, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/8557>. Acesso em: 3. dez. 2023.

NOGUEIRA, J.M.M. **Anelídeos poliquetas associados ao coral *Mussismilia hispida* (Verrill, 1868) em ilhas do litoral do Estado de São Paulo. Phyllodocida, Amphinomida, Eunicida, Spionida, Terebellida e Sabellida.** 265 p. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

PARR, T. *et al.* **Effects of Beach Replenishment on the Nearshore Sand Fauna at Imperial Beach, California.** U. S.: Forgotten Books, 2018. 131 p. ISBN 978-1390303063.

PEARSE, A. S.; HUMM, H. J.; WHARTON, G. W. Ecology of sandy beaches at Beaufort, North Caroline. **Ecological Monographs:** Ecological Society of America, Durham, v. 12, p. 135-190, 1942. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1943276>. Acesso em: 3 dez. 2023. PINHEIRO, L. S. *et al.* Mapeamento de habitats marinhos da plataforma continental interna da Praia de Iracema - Fortaleza - Ceará. **Revista Geociências**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 813-825, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v38i3.14129>. Acesso em: 4 dez. 2023.

QUEIROZ, L. R.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Morphodynamics and macrofauna communities in 12 sandy beaches of Brazil northeast: a semiarid tropical study. *In:* MOCHEL F. R. (ed). **Gerenciamento Costeiro e Gerenciamento Portuário.** Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. vol. 2, p. 85–106.

REILLY, F. J.; BELLIS, V. J. **The ecological impact of beach nourishment with dredged materials on the intertidal zone at Bogue Banks, North Carolina.** Fort Belvoir: Miscellaneous Rep, 1983. 73 p.

REMANE, A. Die Brack wasserfauna. Verh. Dtsh. Zool. Ges., v. 36, p. 34-74, 1934.

RIZZO, A. E. *et al.* Polychaeta. *In:* AMARAL, A. C. Z.; NALLIN, S. A. H. (org.). **Biodiversidade e ecossistemas bentônicos marinhos do Litoral Norte de São Paulo, Sudeste do Brasil.** Campinas: UNICAMP, 2011. p. 126-146.

ROBERTS, J.. **Marine Environment Protection and Biodiversity Conservation:** The Application and Future Development of the IMO's Particularly Sensitive Sea Area Concept. 1. ed. [S. l.]: Springer Berlin, Heidelberg, 2006. 289 p. ISBN 978-3-540-37697-2.

ROCHA-BARREIRA, C. A. *et al.* Levantamento da macroinfauna bentônica de ambientes inconsolidados do estado do Ceará (faixa entre-marés de praias arenosas). **Relatório Científico do Projeto de Zoneamento Ecológico Econômico do Litoral do Ceará - ZEE,** Fortaleza: SEMACE/FCPC/LABOMAR-UFC, 2005.

ROCHA-BARREIRA, C. A. Macrofauna bentônica de praias arenosas no litoral cearense. *In:* CLAUDINO-SALES, V. (ed.) **Ecossistemas brasileiros: manejo e conservação.** Fortaleza: Expressão Gráfica, 2003. p. 245-252.

ROCHA-BARREIRA, C. A.; MONTEIRO, D. O.; FRANKLIN JÚNIOR, W. Macrofauna bentônica da faixa intertidal da Praia do Futuro, Fortaleza, Ceará, Brasil. **Arq. Ciênc. Mar.**, v. 34, p. 23-38, 2001.

ROCHA-BARREIRA, C.A. *et al.* Aspectos da estrutura populacional de *Donax striatus* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Donacidae) na Praia do Futuro, Fortaleza – CE. **Arq. Cien. Mar.**, v. 35, p. 51-55, 2002.

RONG, L. *et al.* Application of Species Cumulative Curve in the Investigation of Swimming Organisms in the Fishway of Cao‘e River. **Conf. Series: Earth and Environmental Science**, [s. l.], ed. 568, p. 1-5, 2020. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/568/1/012034/pdf>. Acesso em: 12 dez. 2023.

SALOMAN, C. H.; NAUGHTON, S. P. **Beach restoration with offshore dredged sand: effects on nearshore macroinfauna**. Florida: U. S. Department of commerce, 1984. 23 p. Disponível em: https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/5559/noaa_5559_DS1.pdf. Acesso em: 11 dez. 2023.

SALVAT, B. M. Les conditions hydrodynamiques interstitielles des sédiments meubles intertidaux et la répartition verticale de la faune endogée. **Comptes Rendus Academie des Sciences Paris**, [s. l.], p. 1576-1579, 1964.

SANTOS, C. S. G. **Nereididae (Annelida; Polychaeta) da costa nordeste do Brasil (2º S - 18º S)**. 1996. 170 p. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

SHORT, A. D. Three Dimensional Beach-Stage Model. **The Journal of Geology**, Chicago, v. 87, n. 5, p. 553-571, 1979. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/30070742>. Acesso em: 3 dez. 2023.

SILVA, M. A. da. **A erosão costeira como uma problemática: histórico da engorda artificial de praias do Brasil nos últimos 30 anos**. 2022. 26 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Ciências e Tecnologia do Mar) - Universidade Federal de São Paulo, Santos, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/11600/66398>. Acesso em: 3 dez. 2023.

SILVA, P. L. da; BARROS, F. M. L. de. A alimentação artificial da Praia de Copacabana (RJ) após 51 anos. **Terra Brasilis**, [s. l.], n. 16, 2021. Disponível em: <http://journals.openedition.org/terrabrasilis/9980>. Acesso em: 3 dez. 2023.

SOARES, A. G. **Sandy Beach Morphodynamics and Macrobenthic Communities in Temperate, Subtropical and Tropical Regions – a Macroecological Approach**. 2003. 171 p. Tese (Doutorado em Ciências) - The University of Port Elizabeth, [S. l.], 2003. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/145047838.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2023.

SOARES, A. G., PAIVA, P.C.; SUMIDA, P.Y.G. Bentos de sedimentos não-consolidados. In: PEREIRA, R. C.; GOMES, A. S. **Biologia Marinha**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009, p. 127-146.

SOARES, R. C. *et al.* Variações na linha de costa em praias urbanas: o caso do litoral oeste de Fortaleza, Ceará, Brasil. **XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA III Encontro do Quaternário Sulamericano XIII ABEQUA Congress - The South American Quaternary: Challenges and Perspectives**, Rio de Janeiro, 2011.

SOUZA, C. R. G. A erosão nas praias do estado de São Paulo: Causas, consequências, indicadores de monitoramento e risco. In: BONONI, V. L. R.; SANTOS JUNIOR, N. A. **Memórias do Conselho Científico da Secretaria do Meio Ambiente**: A síntese de um ano de conhecimento acumulado. São Paulo: Instituto de Botânica - Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2009. p. 48-69.

SOUZA, C. R. G. *et al.* Praias arenosas e erosão costeira. In: SOUZA, C. R. G. *et al.* (eds.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005. p. 130-152.

TEIXEIRA, V. L. Produtos naturais marinhos. In: PEREIRA, R. C.; GOMES, A. S. **Biologia Marinha**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009, p. 249-279.

TÖRNROOS, A. *et al.* Marine benthic ecological functioning over decreasing taxonomic richness. **Journal of Sea Research**, [s. l.], 2015.

VAN TOMME, J. *et al.* Macrofaunal sediment selectivity considerations for beach nourishment programmes. **Marine Environmental Research**, [s. l.], p. 10-16, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2012.11.002>. Acesso em: 3 dez. 2023.

VASCONCELOS, F. B. **Dinâmica costeira do litoral de Fortaleza e os impactos da construção dos aterros das praias de Meireles (beira mar) e Iracema sobre o litoral de Caucaia**. Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará, 2018. 110 p. Disponível em: <https://www.uece.br/wp-content/uploads/2019/04/Parecer-T%C3%A9cnico-Impacto-Aterro-Beira-Mar-outubro-2018.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2023.

VASCONCELOS, F. B. **Gestão Integrada da Zona Costeira: Ocupação Antrópica Desordenada, Erosão, Assoreamento e Poluição Ambiental do Litoral de Fortaleza**. Fortaleza: Ed. Premius, 2005. 88p.

VELOSO, V. G.; CAETANO, C. H.; CARDOSO, R. S. Composition, structure and zonation of intertidal macrofauna in relation to physical factors in microtidal sandy beaches in Rio de Janeiro state, Brazil. **Scientia Marina**, [s. l.], v. 67, n. 4, p. 393-402, 2003. Disponível em: <https://scientiamarina.revistas.csic.es/index.php/scientiamarina/article/view/494>. Acesso em: 4 dez. 2023.

VELOSO, V. G.; NEVES, G. Praias arenosas. In: PEREIRA, R. C.; GOMES, A. S. **Biologia marinha**. 2. ed. [S. l.]: Interciência, 2009. cap. 14, p. 339-358. ISBN 9788571932135.

VENTURINI, N. *et al.* 2008. Petroleum contamination impact on macrobenthic communities under the influence of an oil refinery: integrating chemical and biological multivariate data. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, v.78, p. 457-467, 2008.

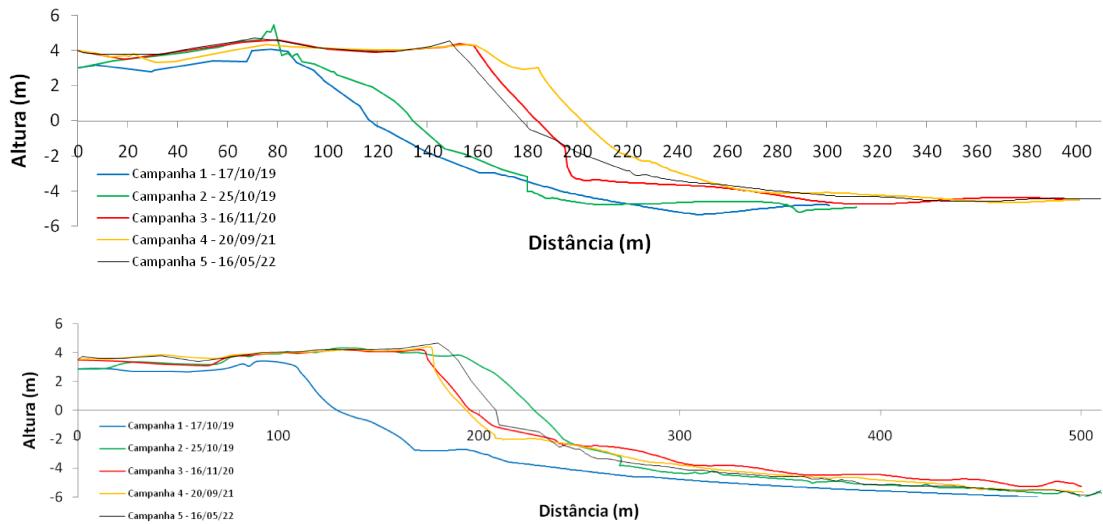
VENTURINI, N.; MUNIZ, P.; RODRÍGUEZ, M. Macrobenthic subtidal communities in relation to sediment pollution: the phylum-level meta-analysis approach in a south-eastern coastal region of South America. **Marine Biology**, v.144, p.119-126, 2004.

VILAÇA, R. Recifes biológicos. In: PEREIRA, R. C.; GOMES, A. S. **Biologia Marinha**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciênciac, 2009. p. 229-248.

WENDT, G. E.; MCLACHLAN, A. Zonation and biomass of the intertidal macrofauna along a south African sandy beach. **Cahiers De Biologie Marine**, Port Elizabeth, p. 1-14, 1985.

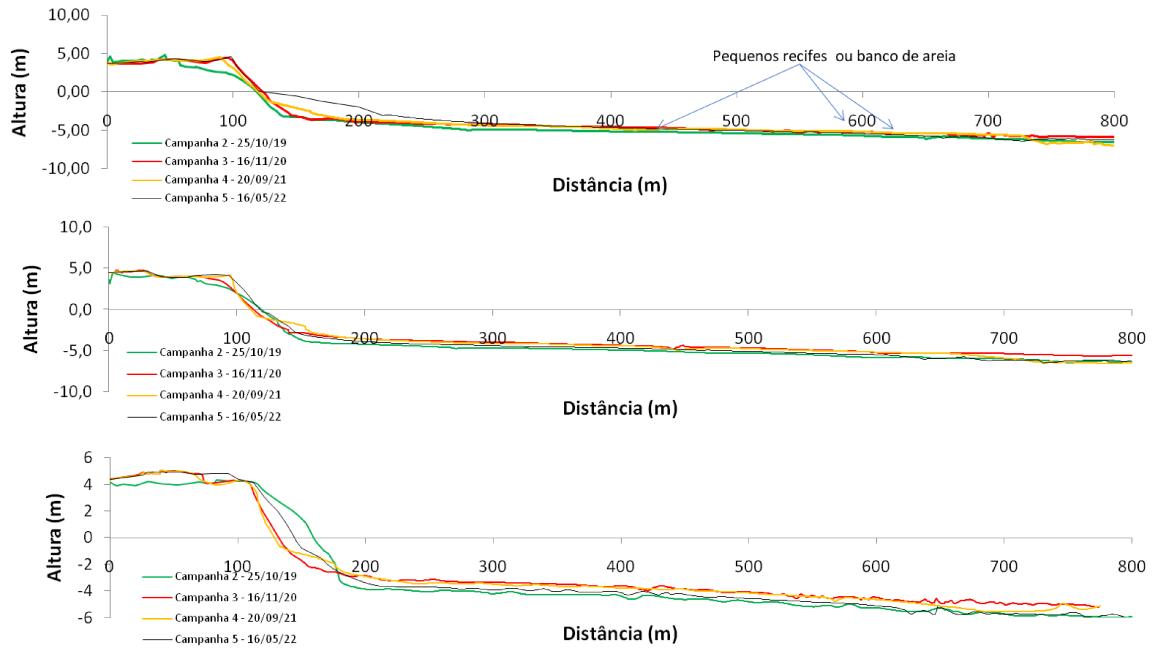
WORM, B. *et al.* Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services. **Science**, [s. l.], v. 314, p. 787-790, 2006.

**ANEXO A - PERFIS TOPOGRÁFICOS DA PRAIA DE IRACEMA, NAS
CAMPANHAS DE MONITORAMENTO (C1 = OUT/2019, C2 = OUT/2019, C3 =
NOV/2020, C4 = SET/2021 E C5 = MAI/2022).**



Fonte: Laboratório de Oceanografia Geológica (LABOMAR).

**ANEXO B - PERFIS TOPOGRÁFICOS DA PRAIA DO MEIRELES, NAS
CAMPANHAS DE MONITORAMENTO (C1 = OUT/2019, C2 = OUT/2019, C3 =
NOV/2020, C4 = SET/2021 E C5 = MAI/2022).**



Fonte: Laboratório de Oceanografia Geológica (LABOMAR).