



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**MESTRADO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS**

**FRANCISCA MARIUZA MENEZES**

**VARIAÇÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DE UM ECOSISTEMA PRAIAL:  
MORFODINÂMICA E COMUNIDADES MACROBENTÔNICAS DA PRAIA DO  
CANTO VERDE, BEBERIBE-CE (2015-2024)**

**FORTALEZA**

**2025**



FRANCISCA MARIUZA MENEZES

VARIAÇÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DE UM ECOSISTEMA PRAIAL:  
MORFODINÂMICA DA PRAIA E AVALIAÇÃO DA MACROFAUNA BENTÔNICA DO  
CANTO VERDE, BEBERIBE-CE (2015-2024)

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais, do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial de obtenção do Título de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Cristina de Almeida Rocha Barreira.

FORTALEZA

2025

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)

---

- M511v Menezes, Francisca Mariuza.  
VARIAÇÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DE UM ECOSSISTEMA PRAIAL: MORFODINÂMICA DA  
PRAIA E AVALIAÇÃO DA MACROFAUNA BENTÔNICA DO CANTO VERDE, BEBERIBE-CE (2015-  
2024) / Francisca Mariuza Menezes. – 2025.  
67 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-  
Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2025.  
Orientação: Profa. Dra. Cristina de Almeida Rocha Barreira.
1. macrofauna bentônica. 2. morfodinâmica praial. 3. sazonalidade climática. 4. praias arenosas. 5.  
monitoramento ecológico. I. Título.

CDD 551.46

---

FRANCISCA MARIUZA MENEZES

VARIAÇÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DE UM ECOSISTEMA PRAIAL:  
MORFODINÂMICA DA PRAIA E AVALIAÇÃO DA MACROFAUNA BENTÔNICA DO  
CANTO VERDE, BEBERIBE-CE (2015-2024)

Dissertação apresentada à Coordenação do  
Programa de Pós-graduação de Ciências  
Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do  
Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do  
Ceará como requisito parcial de obtenção do  
Título de Mestre em Ciências Marinhas  
Tropicais.

Aprovada em: 22 / 04 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Cristina de Almeida Rocha Barreira (Orientadora)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. José Souto Rosa Filho

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Magaline Lemos Girão

Secretaria de Educação do Estado do Ceará

À Deus por me manter na jornada e aos meus  
pais por me iniciarem na caminhada.

“O Senhor é meu pastor, nada me faltará”

(Salmo 23)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço de maneira muito especial à professora Dra. Cristina de Almeida Rocha Barreira por ter me permitido trabalhar junto com ela na execução desse trabalho e também pela excelente orientação. Acredito que foi um instrumento de Deus nas realizações de minha vida acadêmica. Foi mentora e amiga nos momentos certos. Sempre disposta a se doar, mesmo quando parecia impossível. Obrigada.

Aos professores participantes da Banca examinadora, Dr. José Souto Rosa Filho e Dr<sup>a</sup>. Maria Magaline Lemos Girão, pelo tempo pelas valiosas colaborações e sugestões.

Agradeço ao Dr. Wilson Franklin-Jr pelo auxílio durante as coletas e pelos excelentes ensinamentos sempre que solicitado.

Agradeço aos alunos, tanto de oceanografia como de Ciências Ambientais pelo auxílio nas coletas.

Agradeço aos amigos Lucas e Matheus pela força durante as coletas.

Agradeço ao Rafael e aos estagiários pela contribuição nas triagens,

Ao Jadson, obrigada pelos conselhos durante essa jornada.

Aos que não citei, mais que de alguma forma participaram nessa jornada, muito obrigada.

Agradeço acima de tudo à Deus por ter me concedido a oportunidade de participar desse trabalho. Foi um trabalho construído por muitos e que teve um resultado maravilhoso.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## RESUMO

As praias arenosas são ecossistemas costeiros dinâmicos, cujas características físicas e biológicas variam em resposta à sazonalidade climática e à interação de processos hidrodinâmicos e sedimentares. No litoral do Ceará, essas variações ainda são pouco compreendidas, especialmente em áreas protegidas como a Reserva Extrativista da Prainha do Canto Verde. Este estudo teve como objetivo analisar as variações espaço-temporais da macrofauna bentônica e da morfodinâmica da zona entremarés da praia do Canto Verde (Beberibe–CE), ao longo de uma série interanual de nove anos (2015 a 2024), relacionando esses padrões com a sazonalidade climática regional. As coletas foram realizadas semestralmente, seguindo o protocolo da Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros (ReBentos), e incluíram a caracterização de variáveis ambientais (precipitação, temperatura e salinidade do sedimento, granulometria, velocidade dos ventos), levantamento topográfico da praia e amostragens da macrofauna em transectos perpendiculares à linha d'água. Os resultados indicaram uma tendência de acréscimo sedimentar na zona entremarés, com aumento do volume linear de sedimentos e predominância de areia média a fina, especialmente nos períodos chuvosos. Ocorreram variações morfodinâmicas interanuais, com predomínio do estado intermediário com bancos e correntes de baixamar. A macrofauna bentônica totalizou 3.284 indivíduos pertencentes a 40 táxons, com dominância de *Donax striatus*, *Excirrolana braziliensis* e *Hesionura* sp., que juntas responderam por mais de 75% da abundância total. A estrutura das comunidades variou significativamente sazonalmente ( $R_{\text{Global}} = 0,664$ ;  $p = 0,001$ ), com maiores riqueza, densidade e diversidade nos meses chuvosos. Essas modificações refletiram a influência das variações na salinidade, granulometria e precipitação. No período chuvoso, houve significativa diferença estatística na riqueza de táxons (Kruskal-Wallis,  $p=0,0048$ ) e na densidade média (Kruskal-Wallis,  $p=0,0004$ ), entre os pontos de coleta. Em contraste, não foram detectadas diferenças significativas na riqueza (Kruskal-Wallis,  $p=0,3154$ ) e na densidade média (Kruskal-Wallis,  $p=0,0598$ ) no período seco. Assim, conclui-se que a macrofauna bentônica da praia do Canto Verde apresenta respostas significativas às oscilações climáticas sazonais e às mudanças morfodinâmicas do ambiente entremarés. O padrão observado reforça a importância do monitoramento ecológico de longo prazo como ferramenta para detectar alterações na biodiversidade e orientar estratégias de conservação.

**Palavras-chave:** comunidade bentônica; sazonalidade climática; praias arenosas; monitoramento ecológico.



## ABSTRACT

Sandy beaches are highly dynamic coastal ecosystems, whose physical and biological characteristics vary in response to climatic seasonality and the interaction of hydrodynamic and sedimentary processes. On the coast of Ceará, these variations are still poorly understood, especially in protected areas such as the Extractive Reserve of Prainha do Canto Verde. This study aimed to analyze the spatiotemporal variations of benthic macrofauna and of the morphodynamics of the intertidal zone of Canto Verde beach (Beberibe–CE), over a nine-year interannual series (2015 to 2024), relating these patterns to the regional climatic seasonality. Sampling was carried out semiannually, following the protocol of the Coastal Benthic Habitat Monitoring Network (ReBentos), and included the characterization of environmental variables (precipitation, temperature and salinity of the sediment, grain size, wind speed), topographic survey of the beach, and macrofauna sampling in transects perpendicular to the waterline. The results indicated a trend of sediment accretion in the intertidal zone, with an increase in the linear volume of sediments and predominance of medium to fine sand, especially during the rainy periods. The beach showed interannual morphodynamic variations, with a predominance of the intermediate state with low-tide bars and currents. The benthic macrofauna totaled 3,284 individuals belonging to 40 taxa, with emphasis on *Donax striatus*, *Excirolana braziliensis* and *Hesionura* sp., which together accounted for more than 75% of total abundance. Community structure varied significantly seasonally (RGlobal = 0.664;  $p = 0.001$ ), with greater richness, density, and diversity during the rainy months. These changes reflected the influence of variations in salinity, particle size, and precipitation. During the rainy season, there was a statistically significant difference in taxon richness (Kruskal-Wallis,  $p = 0.0048$ ) and mean density (Kruskal-Wallis,  $p = 0.0004$ ) between collection points. In contrast, no significant differences in richness (Kruskal-Wallis,  $p = 0.3154$ ) or mean density (Kruskal-Wallis,  $p = 0.0598$ ) were detected during the dry season. Thus, it is concluded that the benthic macrofauna of Canto Verde beach presents significant responses to seasonal climate oscillations and morphodynamic changes in the intertidal environment. The observed pattern reinforces the importance of long-term ecological monitoring as a tool for detecting changes in biodiversity and guiding conservation strategies.

**Keywords:** benthic macrofauna; beach morphodynamics; climatic seasonality; sandy beaches; ecological monitoring.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1** - Tipos morfodinâmicos de praias arenosas modificadas e dominadas por marés e seus respectivos modelos esquemáticos
- FIGURA 2** - Mapa do Ceará com a localização da Resex da Prainha do Canto Verde, Beberibe - CE. (A seta vermelha indica o local de amostragem do monitoramento de longo prazo.)
- FIGURA 3** - Ponto de amostragem do monitoramento de longo prazo na praia do Canto Verde, demarcado na primeira campanha de amostragem em outubro de 2015.
- FIGURA 4** - A, Desenho amostral para coleta da macrofauna bentônica entremarés nos níveis superior (S), médio (M) e inferior (I); B, Amostrador (20 cm de diâmetro). MAS: Maré alta de sizígia, MBS: Maré baixa de sizígia, MF: Marco fixo. Esquema: Tatiana M. Steiner.
- FIGURA 5** - Imagens demonstrativas dos procedimentos do protocolo de coleta.(a. perfil topográfico; b. medida da distância dos transectos; c. medida da largura da praia; d. coleta de amostra de sedimentos para granulometria; e. coleta de amostras de sedimentos para análise da macrofauna; f. medição da temperatura no sedimento superficial; g. medição da salinidade da água de percolação; h. lavagem das amostras biológicas; i. preservação das amostras com álcool etílico 70%).
- FIGURA 6** - Precipitação pluviométrica acumulada mensal e salinidade média do sedimento na praia do Canto Verde, Beberibe – CE, observado nas campanhas de amostragem de outubro de 2015 a outubro de 2024.
- FIGURA 7** - Precipitação pluviométrica acumulada mensal (mm) e velocidade média do Vento (km/h) na praia do Canto Verde, Beberibe – CE, observado durante os períodos (a) de outubro de 2015 a dezembro de 2018 e (b) de janeiro de 2019 a outubro de 2024, exceto os anos de 2020 e 2021. Setas indicam as campanhas de amostragem realizadas.
- FIGURA 8** - Análise de agrupamento das campanhas de amostragem na Praia de Canto Verde, Beberibe – Ceará, considerando os dados ambientais. Distância Euclidiana como medida de similaridade; em vermelho é indicadogrupos de amostras não separados ( $p < 0,05$ ) pelo SIMPROF.

**FIGURA 9** - Perfil praiado apresentado na praia do Canto Verde, Beberibe – CE, observado nas campanhas de amostragem de outubro de 2015 a outubro de 2024.

**FIGURA 10** - Volume linear ( $\text{m}^3/\text{m}$ ) de sedimentos acumulados ao longo dos perfis topográficos realizados nas campanhas de amostragem de outubro de 2015 a outubro de 2024.

**FIGURA 11** - Tamanho médio do grão do sedimento na praia do Canto Verde, Beberibe – CE, observado nas campanhas de amostragem de outubro de 2015 a outubro de 2024

**FIGURA 12** - Perfis praiados da praia do Canto Verde, Beberibe – CE, observado nas campanhas de amostragem de outubro de 2015 a outubro de 2024. ● Período seco ● Período chuvoso.

**FIGURA 13** - Variação interanual da (A) riqueza de espécies e (B) densidade média ( $\text{ind.}/\text{m}^2$ ) da macrofauna bentônica coletada na praia do Canto Verde, Beberibe – CE, comparando os períodos seco e chuvoso entre 2015 e 2024.

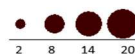
**FIGURA 14** - Variação interanual da (A) equitabilidade (J) e (B) diversidade de Shannon ( $H'$ ) da macrofauna bentônica coletada na praia do Canto Verde, Beberibe – CE, comparando os períodos seco e chuvoso entre 2015 e 2024.

**FIGURA 15** - Frequência de ocorrência dos principais táxons da macrofauna bentônica coletados na praia do Canto Verde, Beberibe – Ceará durante o período de estudo.

**FIGURA 16** - Principais táxons da macrofauna bentônica observados na Resex da praia do Canto Verde, Beberibe – CE durante o período de estudo. a. *Donax striatus*; b. *Donax gemmula*; c. *Hesionura* sp.; d. *Hemipodia californiensis*; e. *Glycera* sp; f. *Excirrolana braziliensis*; g. *Scolecipis* sp; h. Mysidacea; i. *Mellita quinquesperforata*; j. *Euridice* sp; k. *Macrochiridotea* sp; l. *Spionidae*.

**FIGURA 17** - Análise de agrupamento das campanhas de amostragem (2015 a 2019) da macrofauna bentônica na Praia de Canto Verde, Beberibe - Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; densidade transformada em  $\log X+1$ ; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados ( $p < 0,05$ ) pelo SIMPROF.

**FIGURA 18** - Análise de ordenamento bidimensional (MDS) dos meses de amostragem, considerando a macrofauna bentônica coletada na Praia de Canto Verde, Beberibe - Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; densidade transformada em  $\log X+1$ . Mínimo “Stress” gráfico do MDS = 0,12.



**FIGURA 19** - Riqueza absoluta de táxons da macrofauna bentônica coletada nos pontos de coleta ao longo do perfil da praia do Canto Verde, Beberibe – Ceará nos períodos (A) chuvoso e (B) seco.

**FIGURA 20** - Densidade (ind./m<sup>2</sup>) da macrofauna bentônica coletada nos pontos de coleta ao longo do perfil da praia do Canto Verde, Beberibe – Ceará nos períodos (a) chuvoso e (b) seco.

**FIGURA 21** - Análise de agrupamento dos pontos de coleta da macrofauna bentônica ao longo do perfil da praia de Canto Verde, Beberibe – Ceará realizada no **período chuvoso**. Medida de similaridade de Bray-Curtis; densidade transformada em  $\log X+1$ ; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados ( $p<0,05$ ) pelo SIMPROF.

**FIGURA 22** - Distribuição dos principais táxons da macrofauna bentônica ao longo do perfil da praia de Canto Verde, Beberibe – Ceará durante os períodos chuvoso.

**FIGURA 23** - Análise de agrupamento dos pontos de coleta da macrofauna bentônica ao longo do perfil da praia de Canto Verde, Beberibe – Ceará realizada no **período seco**. Medida de similaridade de Bray-Curtis; densidade transformada em  $\log X+1$ ; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados ( $p<0,05$ ) pelo SIMPROF.

**FIGURA 24** - Distribuição dos principais táxons da macrofauna bentônica ao longo do perfil da praia de Canto Verde, Beberibe – Ceará durante os períodos seco

## LISTA DE TABELAS

**TABELA 1:** - Variáveis ambientais – largura da praia (m), precipitação pluviométrica acumulada mensal (mm), salinidade, temperatura da água no sedimento – observadas nas amostragens na praia do Canto Verde, Beberibe, Ceará.

**TABELA 2:** - Análise granulométrica do sedimento ao longo dos pontos de amostragem na praia do Canto Verde, Beberibe – CE, no período de outubro de 2015 a dezembro de 2018.

**TABELA 3:** - Índices da morfodinâmica praial calculados para a praia do Canto Verde, Beberibe – CE, observado nas campanhas de amostragem de outubro de 2015 a outubro de 2024.

**TABELA 4:** - Riqueza de espécies, abundância e densidade média, equitabilidade de Jaccard e diversidade de Shannon da macrofauna bentônica coletada na praia do Canto Verde, Beberibe – Ceará durante as campanhas realizadas de outubro de 2015 a outubro de 2024.

**TABELA 5:** - Análise de similaridade (SIMPER) entre os períodos seco e chuvoso na praia do Canto Verde, Beberibe – Ceará, considerando o percentual de contribuição dos principais táxons da macrofauna. Medida de similaridade de Bray-Curtis; densidade transformada em  $\log X+1$ .

**TABELA 6:** - Análise de similaridade (SIMPER) entre zonas na praia do Canto Verde, Beberibe – Ceará no período CHUVOSO, considerando o percentual de contribuição dos principais táxons da macrofauna. Medida de similaridade de Bray-Curtis; densidade transformada em  $\log X+1$ .

**TABELA 7:** - Análise de similaridade (SIMPER) entre zonas na praia do Canto Verde, Beberibe – Ceará no período SECO, considerando o percentual de contribuição dos principais táxons da macrofauna. Medida de similaridade de Bray-Curtis; densidade transformada em  $\log X+1$ .

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Fundamentação Teórica.....	15
2	OBJETIVOS.....	21
2.1	Objetivo geral.....	21
2.2	Objetivos específicos.....	21
3	METODOLOGIA.....	22
3.1	Área de estudo.....	22
3.2	Procedimentos de campo.....	24
3.3	Procedimentos de laboratório.....	26
3.4	Análise da morfodinâmica praial.....	27
3.5	Análise de dados.....	28
4	RESULTADOS.....	30
4.1	Características da praia.....	30
4.2	Morfodinâmica praial.....	33
4.3	Variações Interanuais da Macrofauna Bentônica.....	38
4.4	Distribuição espacial da macrofauna bentônica.....	47
5	DISCUSSÃO.....	55
6	CONCLUSÃO.....	61
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

## 1. INTRODUÇÃO

As praias arenosas representam o ambiente dominante de todas as regiões costeiras tropicais e temperadas dos continentes. São ecossistemas dinâmicos, formados de depósitos de sedimentos que são constantemente retrabalhados pela ação do vento, das ondas e das marés (McLachlan & Defeo, 2025). Ecossistemas de praias arenosas oceânicas estão em constante modificação, que podem ser determinantes para as espécies que nelas habitam (Salvat, 1964). Esses fatores vão contribuir para a formação de uma zonação da macrofauna bentônica ao longo da praia.

Até meados do século XX, as praias arenosas eram consideradas verdadeiros desertos a céu aberto, com poucos estudos referentes aos organismos (McLachlan & Defeo, 2025). Renne (1933) produziu um dos marcos dessa investigação ao iniciar estudos na costa norte da Alemanha. A partir de então, os estudos foram evoluindo do campo meramente descritivo e passando a observar as interações dos vários fatores (Brown e McLachlan, 1990).

A costa brasileira possui uma configuração predominantemente arenosa, com extensos sistemas de praias e barreiras que se estendem por cerca de 38° de latitude, desde a região equatorial no Norte até o sul subtropical. Caracteriza-se por planícies costeiras de baixo declive, elevado aporte de sedimentos quartzosos e notável diversidade de ambientes litorâneos, como praias, manguezais, costões rochosos e marismas (Klein & Short, 2023). Apesar de sua grande extensão (4000 praias que se estendem por mais de 9000 km) e diversidade ecológica, os estudos sobre as praias brasileiras ainda são limitados, dificultando o pleno conhecimento sobre sua biodiversidade (Amaral et al., 2023). Essa lacuna científica é agravada por um histórico de planejamento inadequado da ocupação costeira, o que tem resultado em impactos negativos sobre os ecossistemas praias, incluindo a perda de espécies que, em muitos casos, sequer foram descritas pela ciência (Amaral & Jablonski, 2005; Schlacher et al., 2008; Scherer, 2013).

O litoral nordestino (quase 40% do litoral brasileiro), se divide na porção norte e leste. O Ceará ocupa o setor norte caracterizado por vastas extensões de praia em frente a cordilheiras e dunas (Matthews-Cascon; Lotufo, 2006). Apresenta praias intermediárias com barras e ranhuras e praias dissipativas em meio a um planalto costeiro formado por falésias e paleocliffs.

O Estado do Ceará se localizado entre as latitudes 2° e 7° S, sofrendo influência dos ventos de leste, com elevadas temperaturas e regime de chuvas definidos por estação chuvosa e de estiagem (Pinheiro et al, 2016). A costa cearense possui 573 km de extensão e está

composto por praias, falésias, cordões de beachrocks, pontas litorâneas rochosas, barreiras e flechas litorâneas, planícies flúvio-marinhas, lagoas, lagoas e campos de dunas (Claudino-Sales, 2007).

Segundo Muehe (2001), as principais fontes de impactos em praias arenosas estão relacionadas às atividades que impedem o transporte natural de sedimento ou alteram o balanço sedimentar, tais como as causadas pela construção de piers ou molhes. Além disso, as interferências antrópicas diretas, como o tráfego de veículos automotores, pisoteio e limpeza (Brown & McLachlan, 2002) e as indiretas como o lançamento de efluentes domésticos e acidentes com derrames de óleo (Lercari & Defeo, 2003; Junoy et al 2005) também geram consequências importantes em praias arenosas, podendo resultar na perda da biodiversidade em escala local e da capacidade de uso pelas populações humanas. Assim, os estudos sobre as praias arenosas tornam-se importantes para monitorar o avanço da degradação, seja por fatores climáticos ou antrópicos, principalmente em ambientes pouco degradados como é o caso das áreas marinhas protegidas.

Neste contexto, a presente pesquisa faz parte da Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros – ReBentos, vinculada à Sub-Rede Zonas Costeiras da Rede Clima (MCT) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT-MC), cujo objetivo é estruturar uma base científica para detecção dos efeitos das mudanças ambientais regionais e globais sobre habitats bentônicos, criando assim uma série histórica de levantamento de dados sobre a biodiversidade marinha ao longo da costa brasileira.

Assim, este estudo, foi realizado durante o monitoramento de longo prazo da praia do Canto Verde, no município de Beberibe, considerando a variação espacial e temporal da macrofauna bentônica da zona entremarés e as variações morfodinâmicas e do perfil praial, ao longo de 9 anos de amostragem.

## **1.1 Fundamentação Teórica**

A hidrodinâmica ao longo do sistema praial resulta da interação de fatores abióticos, como a energia das ondas incidentes e a variação do período das marés. Esse fluxo oscilatório provoca nos sedimentos da praia mudanças espaciais e temporais no transporte dos sedimentos. A variação desses fatores altera a morfologia da praia, o que consequentemente altera a morfodinâmica, uma vez que morfologia e morfodinâmica evoluem em conjunto (Short e Wright, 1983). A morfologia de uma praia em um determinado momento é resultado das

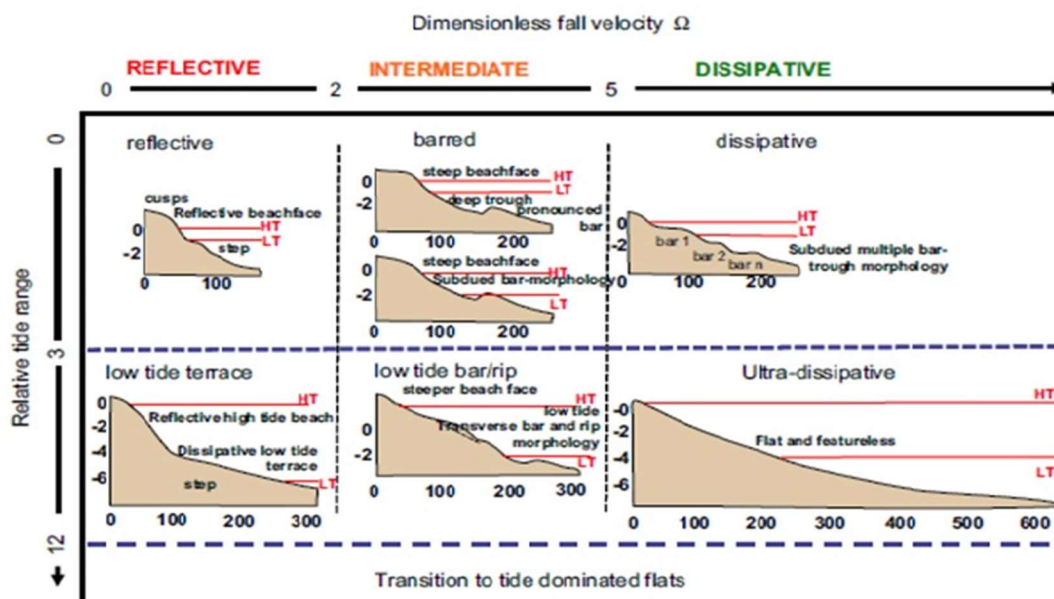


características dos sedimentos, das ondas anteriores e atuais, das marés e das condições do vento (Muehe, 2019). Embora essas características possam variar ao longo do tempo, a praia tende a exibir um estado morfodinâmico modal ou mais comum, que depende das condições ambientais. As variações temporais do estado modal refletem mudanças no perfil da praia. Essa variabilidade define a mobilidade da praia, já que os mesmos fatores ambientais que determinam o estado modal também influenciam a variabilidade da praia (Short e Hesp, 1982; Wright e Short, 1984).

Ao falar sobre sedimento de praias arenosas, McLachlan e Defeo (2018) defendem que sua granulometria vai ser definida pelo tamanho do seu grão de areia. Os sedimentos chegam às praias através da descarga fluvial ou transportado por ação do vento, vindo do mar ou do continente. Podem ser compostos por areias de quartzo (ou sílica), carbonáticas, basalto e feldspato. Apresentam como característica mais importante o seu tamanho, que pode ser verificado utilizando-se a escala de Wentworth [ $\phi = -\log_2$  diâmetro (mm)] e o método desenvolvido por Folk and Ward (Folk, 1957) onde serão calculadas medidas como tamanho médio do grão, diâmetro das partículas, desvio padrão e curtose.

Ao considerar a interação dos fatores abióticos, associados ao tamanho dos grãos, a altura das ondas na arrebentação e o período das ondas, Wright & Short (1984) caracterizaram as praias arenosas em três tipos principais: dissipativas e reflectivas, com quatro tipos intermediários (Figura 1). As dissipativas possuem altura de ondas superiores a 2m e granulometria inferior a 200 $\mu$ m, enquanto as reflectivas apresentam altura de ondas inferiores a 0,5m e granulometria superior a 400 $\mu$ m (McLachlan & Defeo, 2018). Nos tipos intermediários, os de banco de calha longitudinal e praia de banco de cúspides podem se desenvolver de um tipo dissipativo onde houve acréscimo de sedimento na antepraia formando bancos, que podem barrar parcialmente a influência das ondas sobre a praia. As ondas chegam, se dissipam sobre os bancos, se formam novamente na calha e quebram na praia com características mais reflectivas. No tipo mega-cúspides ou bancos transversais à praia existe uma alternância na energia das ondas, resultante de áreas rasas com grande dissipação, baixo espraçamento e elevado “set-up” ou de áreas mais inclinadas de elevado espraçamento e baixo “set-up”. O último tipo intermediário de praia é o terraço de baixa-mar caracterizado pelo menor nível de energia. Se desenvolve em praias mais protegidas, em baías pouco abrigadas ou em áreas expostas de areia fina. Algumas praias apresentam um perfil de acordo com a influência das marés.

**FIGURA 1:** Tipos morfodinâmicos de praias arenosas modificadas e dominadas por marés e seus respectivos modelos esquemáticos



Fonte: adaptado de Short, A. D.

Para estudar a morfodinâmica de praias podemos considerar alguns outros parâmetros (ou índices) como o RTR (Amplitude Relativo da Maré), aplicável a ambientes de meso e macro-marés. Considera as variações na amplitude da maré de sizígia em relação à altura das ondas na zona de arrebentação. O índice de praia (BI), varia de 0 a 4 na classificação de praias. A declividade ou inclinação da face da praia, com medidas de 5 a 100 e faz uma integração entre ondas, marés e o tamanho médio das partículas de areia, sendo em sua maioria parâmetros de medidas adimensionais (McLachlan e Dörvlo, 2005).

As características morfodinâmica das praias influenciam sobre a macrofauna bentônica, a exemplo de praias reflectivas que, por apresentarem maior severidade ambiental, afetam a fauna habitante e de praias do tipo dissipativas onde os fatores abióticos favorecem o estabelecimento dos organismos (McLachlan e Dörvlo, 2005). De acordo com o ambiente da praia, as espécies apresentam características adaptativas que facilitem sua sobrevivência. As espécies tendem a se distribuir espacialmente ao longo da praia de acordo com seus padrões adaptativos podendo sua abundância diminuir ou aumentar em função do tamanho dos grãos de sedimento ou da diminuição do alcance da maré (Degraer et al., 2003). Assim, a comunidade biológica habitante de praias arenosas está fortemente relacionada às condições das praias (ondas, marés, ventos, granulometria e transporte sedimentar) (McLachlan e Defeo, 2025).

Dentre as adaptações desenvolvidas pelas espécies para viver em praias arenosas estão a capacidade de se enterrar rapidamente, evitando que sejam arrastados pela maré. O desenvolvimento de estruturas de proteção como carapaças ou conchas que se fecham hermeticamente evitando assim o ressecamento do indivíduo. E o alto grau de orientação que possibilita aos animais se relacionar com o ciclo das marés ou as migrações por sobrevivência ou alimento (McLachlan e Defeo, 2018). A relação desses animais com a variação da salinidade também é um fator importante na distribuição dos organismos ao longo da praia. Alguns se adaptam a suportar altas variações de salinidade (Amaral, 1979).

A costa cearense é predominantemente formada por sedimentos arenosos, resultantes de períodos de elevação do nível do mar por milhares de anos (Pinheiro et al., 2016). Areia de tamanho médio dominam em 45% das praias cearenses. O clima cearense é classificado como tropical semiárido quente. Sofre influência da estação chuvosa recorrente no estado nos meses de março a maio quando a ZCIT se desloca sobre a linha do Equador. Entre julho e novembro ela se afasta mais para a região norte ocasionando um clima mais seco no Ceará (Pinheiro et al., 2016). Possui temperaturas que variam de 22 ° C a 33 ° C e uma média de 27 ° C, sendo o período chuvoso o mais ameno. Os ventos possuem um componente sazonal com menores velocidades no período chuvoso com predomínio de ventos de leste em função dos ventos alísios (Jimenez et al., 1999). Suas praias são do tipo mesotidal semidiurna com 48,15% classificadas como modificadas pela maré ( $RTR > 3$ ) (Pinheiro et al., 2016).

No Ceará, os estudos ecológicos voltados à região bentônica de praias arenosas têm se intensificado nas últimas décadas, embora ainda sejam limitados, especialmente no que diz respeito às variações temporais das características físicas das praias e de sua biota. Pioneiramente, Rocha-Barreira et al. (2001) investigaram a ecologia da macrofauna bentônica na região entremarés da Praia do Futuro, em Fortaleza, seguidos por estudos sobre a dinâmica populacional e estrutura etária do bivalve *Donax striatus* na mesma localidade (Rocha-Barreira et al., 2002). Subsequentemente, pesquisas abordaram aspectos de zonation, distribuição espacial, hábitos alimentares, dinâmica populacional e riqueza da macrofauna bentônica em diferentes regiões entremarés e zonas de arrebentação (Grossi-Hijo et al., 2005; Queiroz & Rocha-Barreira, 2005; Viana et al., 2005, 2006; Grossi-Hijo, 2007; Dias, 2008; Melo, 2009; Araújo & Rocha-Barreira, 2012; Dias, 2014). Queiroz & Rocha-Barreira (2019) analisaram o ambiente físico e a estrutura da comunidade em 12 praias cearenses. Mais recentemente, estudos como o Meneses (2023) avaliou os efeitos da obra de engorda sobre a macrofauna bentônica da zona de surfe das praias do Meireles e de Iracema, na orla de Fortaleza,

As variações latitudinais, do Equador em direção aos polos, promovem mudanças significativas no clima, influenciando diretamente os fatores físicos que determinam a dinâmica das praias arenosas (Soares, 2003). Além das alterações naturais, esses ambientes costeiros também são intensamente afetados pelo avanço da urbanização, que contribui para a degradação de suas características ecológicas e geomorfológicas. Nesse contexto, os estudos sobre praias arenosas tornam-se essenciais para o monitoramento dos impactos ambientais, tanto de origem climática quanto antrópica. Essa necessidade é ainda mais evidente em áreas marinhas protegidas, onde o conhecimento científico pode subsidiar estratégias de conservação e gestão voltadas à preservação de ecossistemas ainda pouco alterados.

No Brasil, as pesquisas sobre a estrutura e funcionamento das populações e comunidades em ecossistemas costeiros vêm sendo direcionadas cada vez mais para a avaliação dos impactos antrópicos e das mudanças climáticas. Apesar disso, a ausência de séries temporais de longa duração sobre biodiversidade tem feito com que a costa brasileira permaneça fora das avaliações globais sobre as consequências de modificações antrópicas e climáticas sobre ecossistemas costeiros. Nesse contexto, em 2011 foi criada a Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros – ReBentos, vinculada à Sub-Rede Zonas Costeiras da Rede Clima (MCT) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCTMC), que iniciou a estruturação de bases de dados científicas para detecção dos efeitos das mudanças ambientais regionais e globais sobre habitats bentônicos brasileiros, dando início uma série contínua de levantamento de dados sobre a biodiversidade marinha ao longo da costa, incluindo as praias arenosas, a fim de criar um modelo para investigar questões científicas relacionadas às alterações causadas por impactos antropogênicos e modificações climáticas (Turra e Denadai 2015).

A padronização de metodologias e a aplicação sistemática de protocolos de monitoramento para grandes escalas espaciais e temporais é uma estratégia essencial necessária para avaliar mudanças ambientais, como degradação do habitat, produtividade primária e secundária reduzida e invasões biológicas (TURRA et al., 2013). Desta forma, o Grupo de Trabalho de Praias da ReBentos propôs um protocolo metodológico para o monitoramento de longo prazo de avaliação das comunidades da macrofauna bentônica nas praias brasileiras, cuja aplicação simplificada e de baixo custo servirá de base para a modelagem descritiva e preditiva das respostas das comunidades bêmicas sob diferentes cenários de mudanças globais e regionais, além de formular propostas de ações corretivas (AMARAL et al., 2016).

A compreensão dos padrões ecológicos em praias arenosas exige uma abordagem multiescalar, que considere a variação espacial e temporal dos fatores físicos e biológicos que moldam esses ecossistemas. As praias arenosas são ambientes altamente dinâmicos, sujeitos a flutuações sazonais e interanuais nos regimes de maré, energia de ondas, precipitação e vento, fatores que afetam diretamente a morfodinâmica do sistema e, consequentemente, a estrutura e a composição da macrofauna bentônica. Nesse contexto, os modelos teóricos desenvolvidos por Defeo & McLachlan (2005) e aprofundados por Defeo et al. (2009) oferecem premissas fundamentais para a formulação de hipóteses ecológicas voltadas à investigação da biodiversidade e dos processos reguladores em ambientes praias. Esses autores destacam que a estrutura da comunidade bentônica é resultado da interação entre forças exógenas (como clima, hidrodinâmica e aporte sedimentar), variáveis morfodinâmica (largura da praia, declividade, granulometria) e características bióticas, como estratégias alimentares e reprodutivas dos organismos. Com base nessas premissas, foram formuladas hipóteses para a presente pesquisa que buscam investigar a variação espacial e temporal da macrofauna bentônica na praia do Canto Verde, considerando sua relação com a morfodinâmica do ambiente e com a sazonalidade climática:

1. A composição taxonômica e a abundância da macrofauna bentônica variam espacial e temporalmente na praia do Canto Verde, refletindo a heterogeneidade do ambiente intermarés.
2. As condições morfodinâmicas da praia do Canto Verde apresentam variações em escala interanual, influenciadas por eventos climáticos sazonais e processos costeiros.
3. A sazonalidade climática, especialmente a variação na intensidade das chuvas e dos ventos, influencia significativamente as características físicas da praia e a estrutura da comunidade bentônica.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Descrever as variações espaço-temporais da macrofauna bentônica da zona entremarés e da morfodinâmica da praia do Canto Verde (CE), relacionando sua distribuição com as variações morfodinâmicas do ambiente e com a sazonalidade climática ao longo de uma série interanual (2015 a 2024).

Partindo desse objetivo elaboramos os seguintes objetivos específicos:

### **2.2 Objetivos Específicos**

1. Caracterizar a estrutura da comunidade bentônica ao longo do gradiente intermareal da praia do Canto Verde, em diferentes períodos sazonais (seco e chuvoso).
2. Descrever a variação interanual das condições morfodinâmicas da praia e sua relação com a distribuição da macrofauna.
3. Identificar a influência de variáveis climáticas sazonais, como precipitação e velocidade dos ventos, sobre as características físicas da praia e sobre a estrutura da comunidade bentônica.
4. Identificar padrões de zonação da macrofauna bentônica, considerando diferentes distâncias da linha d'água, granulometria, temperatura e salinidade da água de percolação ao longo do perfil da praia.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Área de estudo

A praia do Canto Verde, se localiza no litoral leste do Ceará, no município de Beberibe, que fica a 126 km de Fortaleza (Figuras 2 e 3). Esta praia faz parte da uma Reserva Extrativista cuja comunidade é formada por pescadores artesanais que praticam a pesca extrativista artesanal como principal atividade econômica, tendo um turismo comunitário crescente nos últimos anos (BARROS e ARAÚJO, 2016).

A Reserva Extrativista Marinha (Resex) da praia do Canto Verde, foi criada em 2009 (Dec s/nº de 05 de junho de 2009), abrangendo a planície litorânea; campos de dunas e lagoas interdunares; restingas; praia arenosa, recifes de corais e bancos de algas calcáreas (Brasil, 2024). Possui uma população de aproximadamente 1.100 habitantes, com cerca de 200 famílias que vivem da pesca artesanal marítima, agricultura de subsistência, artesanato e de atividades relacionadas ao turismo comunitário. Considerada uma comunidade pesqueira tradicional, pela importância dada à unidade familiar e às relações de parentesco, a vila de pescadores do Canto Verde é um dos exemplos de política comunitária no Ceará (Mendonça & Irving, 2004). A reserva está inserida numa região de clima tropical semiárido com temperatura variando de 26-28°C e período chuvoso no primeiro semestre do ano (Jan-abr.) (IPECE, 2015).

O campo de dunas da Prainha do Canto Verde compõe o conjunto das unidades ambientais formadas pelas dunas móveis de areias brancas, dunas fixadas por vegetação nativa, planícies interdunares onde espelhos d'água surgem nos períodos mais chuvosos, lagoas perenes, planície de deflação e a região de terraço onde a ocupação humana se estabelece (Brasil, 2024). O vento forte, de julho a setembro, contribui para o rápido deslocamento das areias. Em alguns locais, casas são soterradas pelas areias das dunas. O avanço da linha da costa está ocasionando diversos eventos erosivos nesta praia, fazendo com que alguns barraqueiros se afastem do mar.

As principais pressões e ameaças que impactam a UC estão relacionadas aos cercamentos irregulares, construção de imóveis sem autorização do órgão gestor, inclusive ocupando áreas de preservação permanente, especulação imobiliária, pesca predatória e acúmulo de resíduos sólidos em lugares indevidos (Brasil, 2024).

**FIGURA 2:** Mapa do Ceará com a localização da Resex da Prainha do Canto Verde, Beberibe - CE. (O retângulo vermelho indica o local de amostragem do monitoramento de longo prazo.)





**FIGURA 3:** Ponto de amostragem do monitoramento de longo prazo na praia do Canto Verde, demarcado na primeira campanha de amostragem em outubro de 2015.



Fonte: Cristina Rocha-Barreira



### 3.2. Procedimentos de campo

O desenho e a estratégia amostrais deste estudo seguiram o Protocolo da Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros (Rebentos) (Turra & Denadai, 2015) (Figura 4). Desta forma, as coletas são realizadas semestralmente a partir de outubro de 2015 até outubro de 2014.

Na primeira campanha, realizada em outubro de 2015, foi estabelecido um Marco Fixo (MF), georreferenciado, na região posterior às dunas, como referência para os levantamentos do perfil praial e para o monitoramento da posição da linha de maré alta de sizígia no período de cada amostragem. A distância entre o marco fixo e a linha da maré alta (linha de deixa mais evidente) e a largura da praia desde o MF até o limite inferior de recuo máximo das ondas no horário previsto para a maré mais baixa de sizígia foi aferida a cada campanha. A partir da diferença dessas duas medidas a largura da região entremarés foi determinada.

O perfil praial foi determinado utilizando teodolito e régua, sendo a medidas tomadas em intervalos de 10 m a partir do marco fixo até a linha d'água no pico de maré baixa de sizígia (Figura 5.a)

A partir da linha do MF, na altura da maré alta, foram delimitados os transectos, sendo a linha do MF a linha central. Os transectos são equidistantes de 3 m e perpendiculares à linha de praia, totalizando 10 transectos (Figura 5.b). Em laboratório, foram sorteados previamente, 3 transectos para cada campanha de amostragem. Em cada transecto, foram demarcados 10 pontos de coleta equidistantes em relação a largura da zona entremarés medida previamente. O primeiro ponto fica na parte alta da praia e o décimo próximo à linha d'água (Figura 5.c).

Foram realizadas coletas de amostras de sedimento para granulometria e macrofauna, além de coleta de dados abióticos de temperatura e salinidade dos pontos de coleta (Figuras 5.d, e, f, g).

As amostras para macrofauna foram retiradas em cada ponto de coleta com um amostrador de PVC de 20 cm de diâmetro (0,031 m<sup>2</sup>) enterrado a 20 cm de profundidade. Amostras de sedimento para análise granulométrica foram coletadas nos pontos do transecto mais central, assim como medidas da temperatura e salinidade da água de percolação do sedimento.

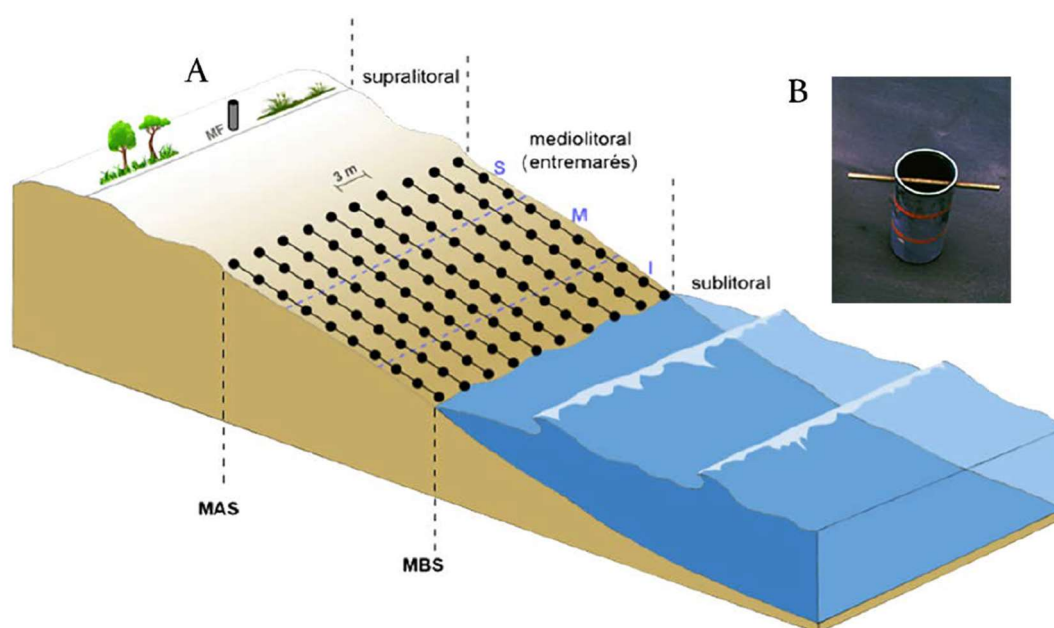
As ondas na zona de arrebentação foram avaliadas visualmente. A altura (H<sub>b</sub>) foi estimada no momento da quebra. O período (T) foi medido, com o uso de um cronômetro, como o tempo de passagem de onze cristas consecutivas dividido por dez. A precipitação

pluviométrica foi obtida junto à Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) (<https://chuvas.funceme.br>). Os dados de Velocidade média do vento foram obtidos através do Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (<https://bdmep.inmet.gov.br/#>).

As amostras são lavadas na praia em malha de 0,5mm para retirada de sedimento e diminuir o volume a ser transportado para o laboratório. Em campo também é realizado o procedimento de acondicionamento em saco plástico com álcool 70% (Figuras 5. h, i).

As coletas das amostragens deste estudo foram realizadas de acordo com as leis federais e estaduais vigentes (ICMBio 53693-4).

**FIGURA 4:** A, Desenho amostral para coleta da macrofauna bentônica entremarés nos níveis superior (S), médio (M) e inferior (I); B, Amostrador (20 cm de diâmetro). MAS: Maré alta de sizígia, MBS: Maré baixa de sizígia, MF: Marco fixo. Esquema: Tatiana M. Steiner.



Fonte: TURRA, A. e DENADAI, MR., 2015.

### **3.3 Procedimentos de laboratório**

Em laboratório, as amostras para macrofauna, preservadas em álcool etílico à 70% foram coradas com Rosa de Bengala, para destacar os animais do sedimento. Depois de 72 horas começam a ser triadas. Os organismos encontrados são identificados ao menor nível taxonômico possível, utilizando-se a bibliografia especializada e bancos de dados on-line. Os organismos identificados e, posteriormente, serão depositados nas coleções científicas do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará. Os dados obtidos foram dispostos em planilhas para a construção de gráficos distribucionais de frequência específica e densidade dos organismos.

As amostras de sedimento foram secas em estufa à temperatura de 50°C, para retirada da umidade, quarteadas (peso mais próximo de 100g) em balança de precisão até a quarta casa decimal e novamente lavadas em peneira de 0,62µm, para retirada de finos e dos sais associados ao sedimento. Após a lavagem, as amostras foram secas em estufa e peneiradas em peneiras granulométricas e um agitador de peneiras (Rot up). Após o peneiramento, foi realizada a pesagem das frações de cada peneira em balança de precisão. O resultado é anotado em tabelas de escalas de phi para análise posterior.

**FIGURA 5:** Imagens demonstrativas dos procedimentos do protocolo de coleta. a. perfil topográfico; b. medida da distância dos transectos; c. medida da largura da praia; d. coleta de amostra de sedimentos para granulometria; e. coleta de amostras de sedimentos para análise da macrofauna; f. medição da temperatura no sedimento superficial; g. medição da salinidade da água de percolação; h. lavagem das amostras biológicas; i. preservação das amostras com álcool etílico 70%).



Fonte: Lucas Brito.

### 3.4 Análise da morfodinâmica praial.

A descrição do estado morfodinâmico da praia foi realizada a partir dos dados de ondas, de sedimento e dos perfis topográficos obtidos em cada campanha de amostragem. Para isto, foram considerados, conjuntamente, o parâmetro adimensional de Dean ( $\Omega$ ) (Wright e Short, 1984) e o RTR (amplitude relativa da maré) (Masselink e Short, 1993). Onde, Dean  $\Omega = H_b / (W_s \cdot T)$ , sendo  $H_b$  a altura da onda na arrebentação (m),  $W_s$  a velocidade de sedimentação da partícula do sedimento e  $T$  o período da onda (s) (Wright e Short, 1984). Morfológicamente, valores de  $\Omega < 2$  indicam praias reflectivas,  $2 < \Omega < 5$  indicam praias intermediárias e  $\Omega > 5$  praias

dissipativas (McLachlan; Dorvlo, 2005); e RTR= máxima amplitude da maré/altura da onda, sendo baixos valores ( $<3$ ) indicam praias determinadas pela ação de ondas, valores entre 3 e 12 indicam praias modificadas por marés (regime de mesomarés e macromarés).

Os parâmetros ambientais morfodinâmicos (diâmetro médio do grão, declividade, ômega de Dean e RTR) foram avaliados a fim de verificar as variações da praia ao longo das campanhas de amostragem.

Quanto maior as variações morfológicas e morfométricas em uma praia, maior a mobilidade da praia (Muehe, 2020). Essas alterações ocorrem principalmente em praias com a presença de bancos arenosos, que se soltam e moldam a morfologia, que então se somam a praia emersa, alterando a granulometria e, conseqüentemente, o estado morfodinâmico e a inclinação da praia.

Ao longo dos últimos anos, a comunidade da praia do Canto Verde vem vivenciado dois problemas ambientais diretamente relacionados com o balanço sedimentar: a migração dos bancos de areia sobre moradias à leste da comunidade e a intensificação da erosão costeira a oeste (ICMBio, 2024). Tais fatores tem modificado as características naturais da paisagem.

### **3.5 Análise de dados**

Para a análise dos dados granulométricos usamos o programa SysGran 4.0, sendo as amostras classificadas de acordo com a escala de Wentworth (Suguio, 1973). Foi utilizado para a determinação dos parâmetros estatísticos (expressos em  $\phi = -\log^2$  diâmetro da partícula (mm)) e o método dos momentos gráficos proposto por Folk e Ward (1957).

A morfodinâmica da praia do Canto Verde foi avaliada através dos seguintes índices: Parâmetro Adimensional de Dean ( $\Omega$ ) (Wright e Short, 1984) e o RTR (relative tide range).

A fim de comparar a estrutura da macrofauna bentônica temporalmente e espacialmente, foram consideradas como variáveis abióticas, a temperatura e a salinidade do sedimento, a precipitação acumulada mensal e o tamanho médio do grão de sedimento. Como as variáveis biológicas foram calculadas a densidade e riqueza. Os pontos de coleta ao longo dos transectos perpendiculares à linha d'água (1 a 10) foram avaliados, a fim de verificar o padrão de zonação da macrofauna no entremarés, conforme citado por Defeo e McLachlan (2005). Todas essas análises serão realizadas utilizando o software PRIMER (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research) versão 6.0 (Clark e Gorley, 2006).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Características da praia

As condições ambientais observadas na praia do Canto Verde nos dias de amostragem estão apresentadas na **Tabela 1**.

**TABELA 1:** Variáveis ambientais – Velocidade média mensal do vento (km/h), salinidade, temperatura da água no sedimento – observadas nas amostragens na praia do Canto Verde, Beberibe, Ceará de 2015 a 2024.

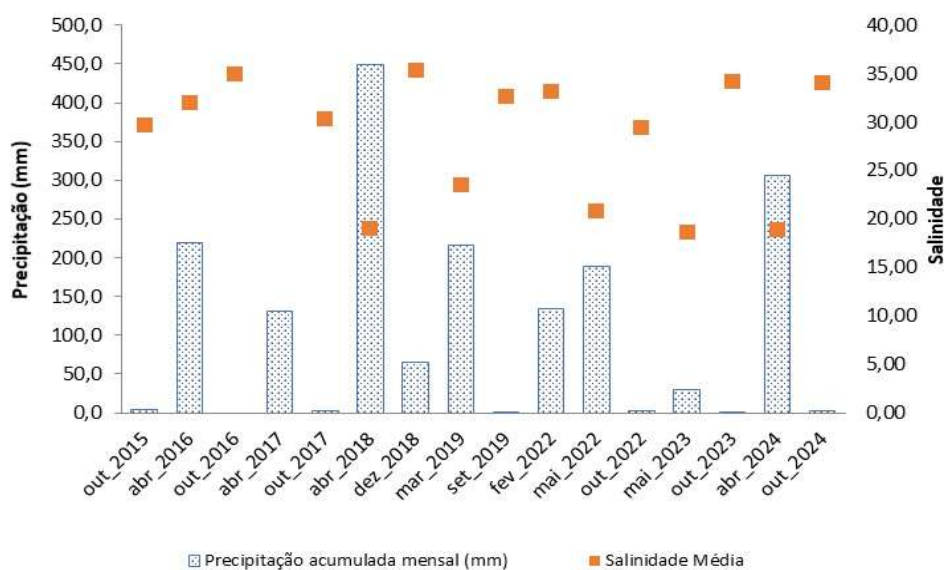
Campanha	Velocidade média mensal do vento (km/h)	Salinidade		Temperatura	
		Média	Desvio	Média	Desvio
out_2015	13,68	29,70	1,69	38,20	3,39
abr_2016	7,56	32,05	6,17	31,45	0,72
out_2016	13,68	34,90	4,90	29,18	0,87
abr_2017	6,12				
out_2017	12,96	30,40	14,28	30,40	2,22
abr_2018	6,48	19,00	9,63	27,37	6,58
dez_2018	9,36	35,37	9,47	31,47	0,74
mar_2019	4,32	23,50	15,20	33,03	0,67
set_2019	12,96	32,60	12,26	30,45	1,28
fev_2022	7,56	33,15	8,62	30,64	1,03
mai_2022	5,76	20,85	11,40	30,87	0,97
out_2022	11,16	29,50	12,49	28,77	0,94
mai_2023	6,12	18,60	9,92	32,28	0,93
out_2023	9,72	34,13	6,89	31,24	2,00
abr_2024	4,68	18,93	10,27	33,09	0,81
out_2024	13,68	34,12	3,67	29,53	1,37

Fonte: Autores

A salinidade apresentou valores médios mais baixos nos períodos chuvosos, especialmente em abril de 2018 (média de 19,00) e abril de 2024 (média de 18,93). Nesses mesmos meses, a precipitação acumulada foi 449,0 mm e 306,4 mm, respectivamente. Os meses secos, como dezembro de 2018 e outubro de 2016, registraram as salinidades médias mais elevadas, com valores de 35,37 e 34,90, respectivamente (Tabela 1; Figura 6). A temperatura

média do sedimento apresentou variações moderadas, com picos mais elevados durante os períodos secos (máxima média de 38,20 °C em outubro de 2015) e mínimas durante as estações chuvosas (média mínima de 27,37 °C em abril de 2018). Entretanto, não foram identificadas diferenças significativas estatisticamente na salinidade e na temperatura do sedimento entre os meses analisados. A análise de correlação de Spearman revelou relações significativas entre os parâmetros ambientais avaliados, destacando-se uma correlação negativa moderada entre precipitação e salinidade ( $r = -0,39$ ), indicando que períodos chuvosos tendem a reduzir os valores de salinidade devido à influência da água doce que escoar e permeia o sedimento da zona entremarés.

**FIGURA 6:** Relação da precipitação pluviométrica acumulada mensal e salinidade média do sedimento na praia do Canto Verde, Beberibe – CE, observado nas campanhas de amostragem de outubro de 2015 a outubro de 2024.



Ao longo dos anos de estudo, foi observada a sazonalidade das chuvas, a qual é característica da região semiárida, com uma estação chuvosa no primeiro semestre do ano e de estiagem no segundo semestre (Figura 7). Os anos de 2017 e 2018 foram os que apresentaram uma estação chuvosa mais longa, estendendo-se até os meses de julho. Em 2023, foi observada a estação chuvosa mais curta durante o período de estudo.

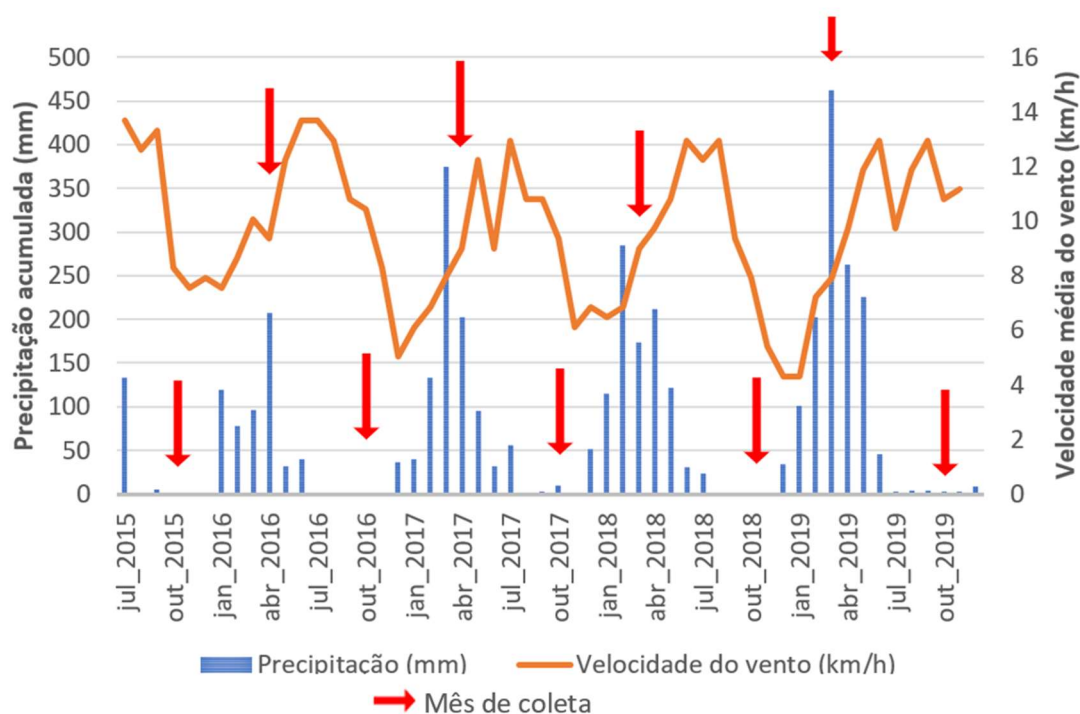
A análise da velocidade média mensal dos ventos, ao longo do período de estudo, revelou um padrão sazonal marcado por oscilações cíclicas ao longo do ano. Os dados evidenciam que a velocidade média dos ventos variou predominantemente entre 3,9 km/h e

15,8 km/h, com períodos de maior intensidade concentrados nos meses de julho a outubro, e valores mais baixos registrados entre fevereiro e abril (Figura 7).

Assim, foi observada uma relação inversa entre a precipitação acumulada e a velocidade média dos ventos na região da praia do Canto Verde (Figura 7). Nos períodos chuvosos, especialmente entre os meses de fevereiro a maio, verificou-se um aumento na precipitação, enquanto a velocidade média dos ventos tendeu a diminuir. Em contrapartida, durante o período seco, compreendido principalmente entre julho e dezembro, observou-se uma elevação na velocidade média dos ventos, coincidindo com níveis muito baixos ou ausentes de precipitação.

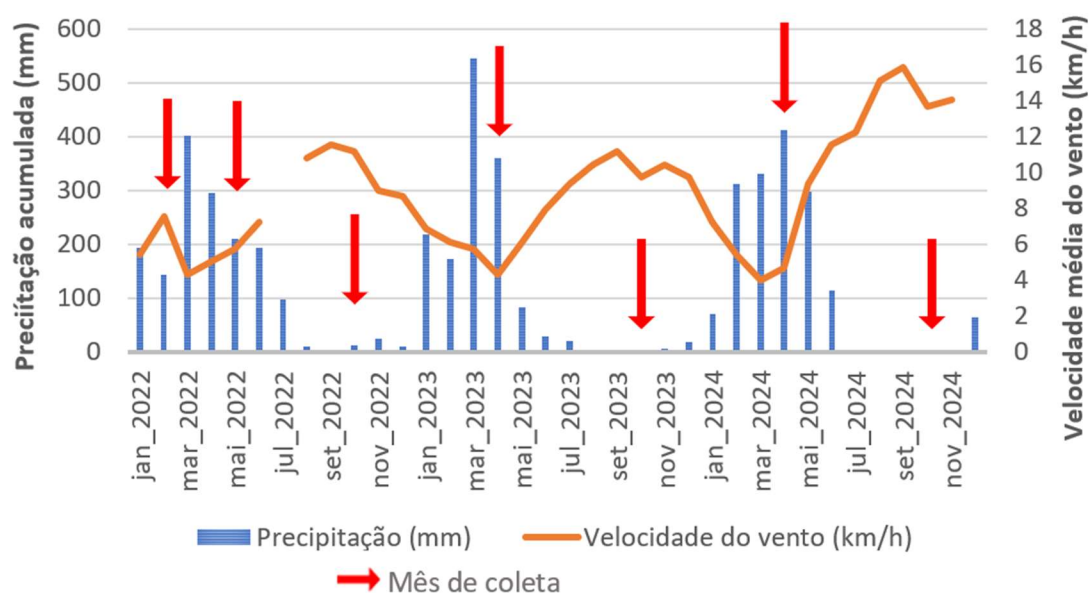
**FIGURA 7:** Precipitação pluviométrica acumulada mensal (mm) e velocidade média do Vento (km/h) na praia do Canto Verde, Beberibe – CE, observado durante os períodos (A) de outubro de 2015 a dezembro de 2019 e (B) de janeiro de 2022 a outubro de 2024, exceto os anos de 2020 e 2021. Setas indicam as campanhas de amostragem realizadas.

A



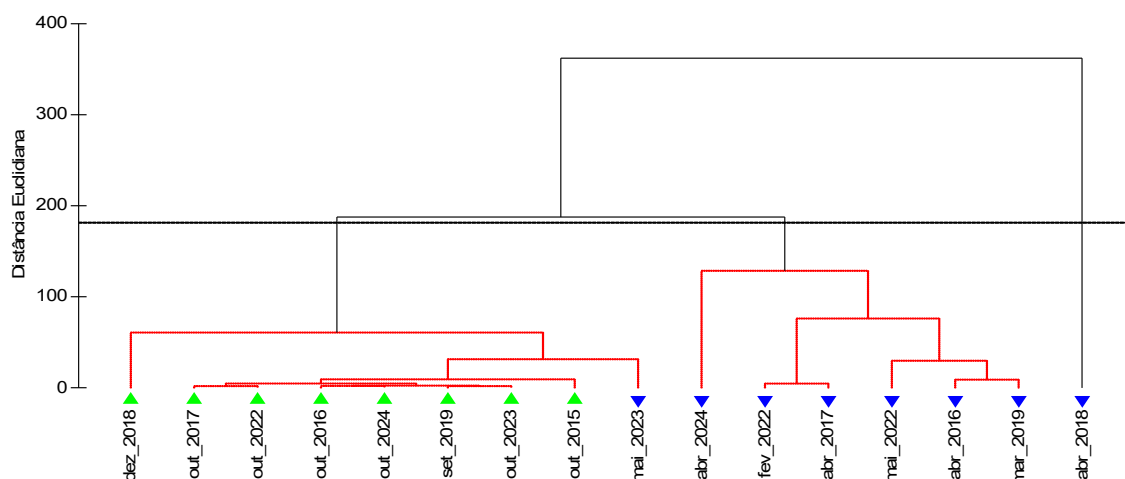


B



A análise integrada dos dados ambientais observados revelou uma sazonalidade nas características da velocidade média mensal do vento, precipitação, salinidade da água de percolação e temperatura da água no sedimento. Durante o período seco, especialmente nos meses de setembro a novembro, os ventos apresentam velocidades mais elevadas, associadas a baixos volumes de precipitação, salinidade mais elevada e estável e temperaturas da água ligeiramente menores. Já no período chuvoso, observou-se uma significativa redução na velocidade dos ventos, acompanhada por índices pluviométricos maiores, além da redução na salinidade. Essa diferenciação sazonal foi confirmada pelo agrupamento hierárquico de similaridade e pelo teste ANOSIM ( $R = 0,611$ ;  $p = 0,001$ ), que indicam diferenças estatisticamente significativas entre os períodos seco e chuvoso (Figura 8).

**FIGURA 8:** Análise de agrupamento das campanhas de amostragem na Praia de Canto Verde, Beberibe – Ceará, considerando os dados ambientais. Distância Euclidiana como medida de similaridade; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados ( $p < 0,05$ ) pelo SIMPROF



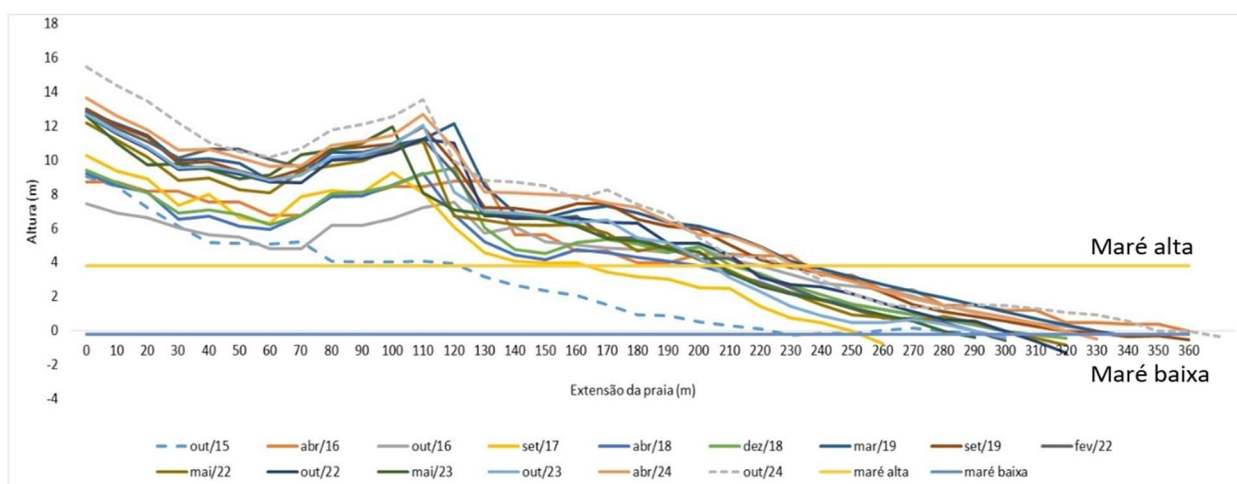
## 4.2 Morfodinâmica Praia

A zona intermareal da Praia do Canto Verde, durante a maré baixa, apresentou uma largura média de aproximadamente 114,7 m entre os anos de 2015 e 2024. A menor extensão observada foi de 90 m, registrada em outubro de 2017, com amplitude de maré de 0,4 m. Em contraste, a maior largura ocorreu em outubro de 2015, atingindo 151 m em uma situação de maré de 0,0 m (Tabela 2). Todas as medidas observadas refletem a praia no momento das coletas.

Considerando os perfis topográficos realizados, foi observado que a região estudada apresentou variações graduais e positivas na altura da praia em praticamente toda a sua extensão, principalmente entre os setores de 0 a 180 metros a partir do MF. Nesta região, a acreção sedimentar promoveu um aumento significativo da duna primária e frontal. A declividade da região entremarés oscilou entre 1:26,3 e 1:34,2, indicando que, na maior parte do período de estudo, a zona entremarés manteve uma inclinação suave.

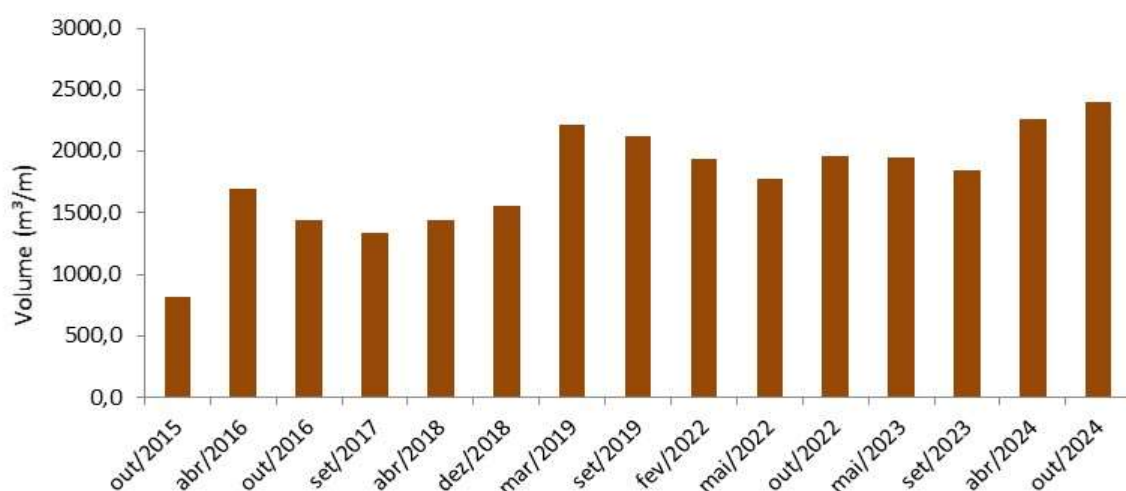
Os perfis apresentaram conformação semelhante ao longo dos meses amostrados, com exceção do perfil de outubro de 2015 (Figura 9), entretanto, foi observado elevação do perfil na direção da face da praia. A distância horizontal da linha da maré alta para o MF, observada na campanha de outubro de 2015, foi de 130m, entretanto, na campanha de outubro de 2024, foi de 250m.

**FIGURA 9:** Perfil praial apresentado na praia do Canto Verde, Beberibe – CE, observado nas campanhas de amostragem de outubro de 2015 a outubro de 2024.



Com base na análise dos perfis topográficos e dos volumes lineares de sedimentos acumulados entre outubro de 2015 e outubro de 2024 na área de estudo, foi possível identificar uma tendência de acréscimo sedimentar ao longo do tempo. O volume linear de sedimentos passou de 812,0 m<sup>3</sup>/m em outubro de 2015 para 2.404,2 m<sup>3</sup>/m em outubro de 2024, representando um aumento de aproximadamente três vezes o volume inicial (Figura 10). Essa evolução está associada a um processo contínuo de acumulação de sedimentos na região das dunas e na faixa entremarés, o que reflete uma dinâmica costeira de estabilidade ou mesmo progradação do perfil praiar.

**FIGURA 10:** Volume linear (m<sup>3</sup>/m) de sedimentos acumulados ao longo dos perfis topográficos realizados nas campanhas de amostragem de outubro de 2015 a outubro de 2024



Fonte: Autores

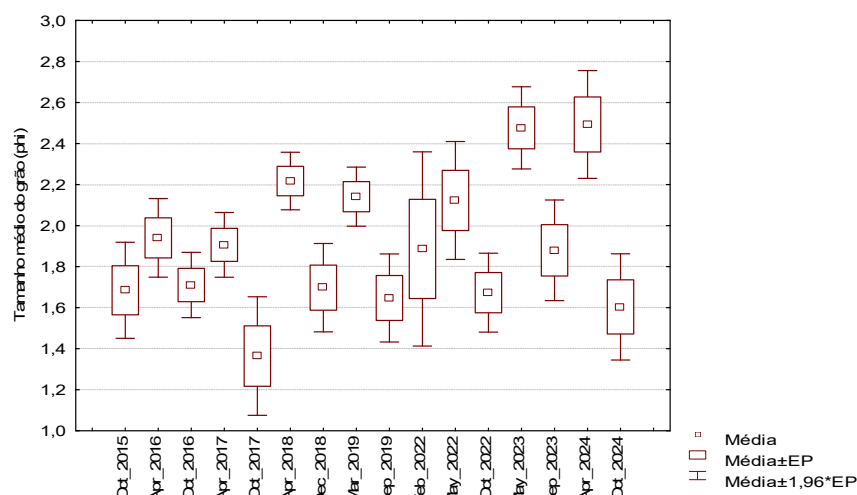
De modo geral, na faixa entremarés estudada, os sedimentos foram dominados pela fração arenosa, com valores superiores a 96% ao longo de todas as campanhas de amostragem (Tabela 2). Em campanhas específicas, como fevereiro de 2022 (92,5% de areia) e abril de 2023 (92,2%), houve um aumento expressivo na fração silte, atingindo 5,06% e 7,73% respectivamente. Esses picos sugerem momentos de menor energia hidrodinâmica ou maior aporte de sedimentos finos, possivelmente relacionados a episódios de maior precipitação ou marés mais calmas, típicos do período chuvoso.

A média do tamanho dos grãos variou de 1,36 phi (outubro de 2017) a 2,49 phi (abril de 2024), indicando oscilações entre areia média e areia fina ao longo das campanhas (Kruskal-Wallis test:  $H(15, N=157) = 66,95408$   $p = 0,00$ ) (Tabela 2; Figura 11). Observou-se que as campanhas realizadas no período chuvoso, apresentaram valores mais altos de média granulométrica, ou seja, sedimentos mais finos. Já as campanhas do período seco geralmente apresentaram grãos mais grossos e melhor seleção. O grau de seleção dos grãos variou de 0,45 a 0,76, com maior heterogeneidade dos grãos registrada em abril de 2023, refletindo um ambiente com maior mistura granulométrica nesse período. Já a assimetria dos sedimentos manteve-se próxima de zero na maioria das campanhas, o que indica uma distribuição relativamente simétrica dos grãos. Um desvio positivo mais acentuado, como observado em abril de 2023 (0,14), sugere predominância de grãos mais finos. A curtose permaneceu próxima de 1 em quase todas as campanhas, apontando para distribuições mesocúrticas (normais), com um ligeiro pico em outubro de 2022 (1,34), que pode refletir uma maior concentração de tamanhos específicos de grãos. A fração cascalho, embora pouco representativa ao longo da série amostral, apresentou valores mais expressivos em outubro de 2017 (2,67%) e fevereiro de 2022 (2,42%), podendo estar associada à deposição pontual de fragmentos maiores, como restos bioclásticos ou partículas de maior densidade.

**TABELA 2:** Análise granulométrica do sedimento ao longo dos pontos de amostragem na praia do Canto Verde, Beberibe – CE, no período de outubro de 2015 a outubro de 2024.

Campanha	Tamanho do grão		Seleção		Assimetria		Curtose		% Cascalho		% Areia		% Silte	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
out 2015	1,68	0,32	0,54	0,08	-0,11	0,15	1,10	0,09	0,52	0,72	97,83	0,97	1,65	0,82
abr 2016	1,94	0,31	0,62	0,10	-0,07	0,11	1,13	0,14	0,26	0,37	98,56	0,98	1,18	0,68
out 2016	1,71	0,26	0,46	0,10	-0,03	0,09	1,09	0,20	0,20	0,57	98,69	0,63	1,11	0,39
abr 2017	1,91	0,25	0,58	0,18	-0,04	0,09	1,02	0,12	0,27	0,33	98,45	0,70	1,28	0,47
out 2017	1,36	0,47	0,59	0,24	-0,04	0,13	0,98	0,19	2,67	5,03	96,84	4,99	0,49	0,33
abr 2018	2,22	0,23	0,75	0,27	-0,01	0,14	1,05	0,16	0,36	0,43	97,53	3,50	2,10	3,20
dez 2018	1,70	0,35	0,62	0,16	-0,13	0,08	1,08	0,08	1,76	3,20	97,33	3,24	0,91	0,28
mar 2019	2,14	0,23	0,75	0,34	-0,06	0,20	1,04	0,09	0,56	1,08	97,64	1,88	1,81	0,99
set 2019	1,65	0,35	0,53	0,16	-0,04	0,12	1,13	0,19	0,57	1,36	98,76	1,36	0,67	0,27
fev 2022	1,89	0,76	0,76	0,29	0,01	0,09	1,14	0,37	2,43	5,26	92,51	7,05	5,06	5,29
mai 2022	2,12	0,46	0,62	0,16	0,00	0,21	1,17	0,12	0,32	0,95	96,40	2,19	3,28	2,33
out 2022	1,67	0,31	0,63	0,27	-0,04	0,10	1,34	0,34	1,05	2,10	97,00	3,00	1,95	2,19
mai 2023	2,48	0,32	0,76	0,11	0,14	0,19	1,25	0,24	0,02	0,03	92,24	3,73	7,73	3,71
out 2023	1,88	0,40	0,65	0,23	-0,09	0,17	1,25	0,24	1,00	1,66	96,97	3,28	2,03	2,44
abr 2024	2,49	0,42	0,64	0,17	-0,14	0,24	1,17	0,36	0,06	0,10	98,48	1,16	1,46	1,09
out 2024	1,60	0,42	0,59	0,13	0,02	0,16	1,07	0,14	1,19	2,34	97,81	2,30	1,00	0,78

**FIGURA 11:** Tamanho médio do grão do sedimento na praia do Canto Verde, Beberibe – CE, observado nas campanhas de amostragem de outubro de 2015 a outubro de 2024.



Fonte: Autores

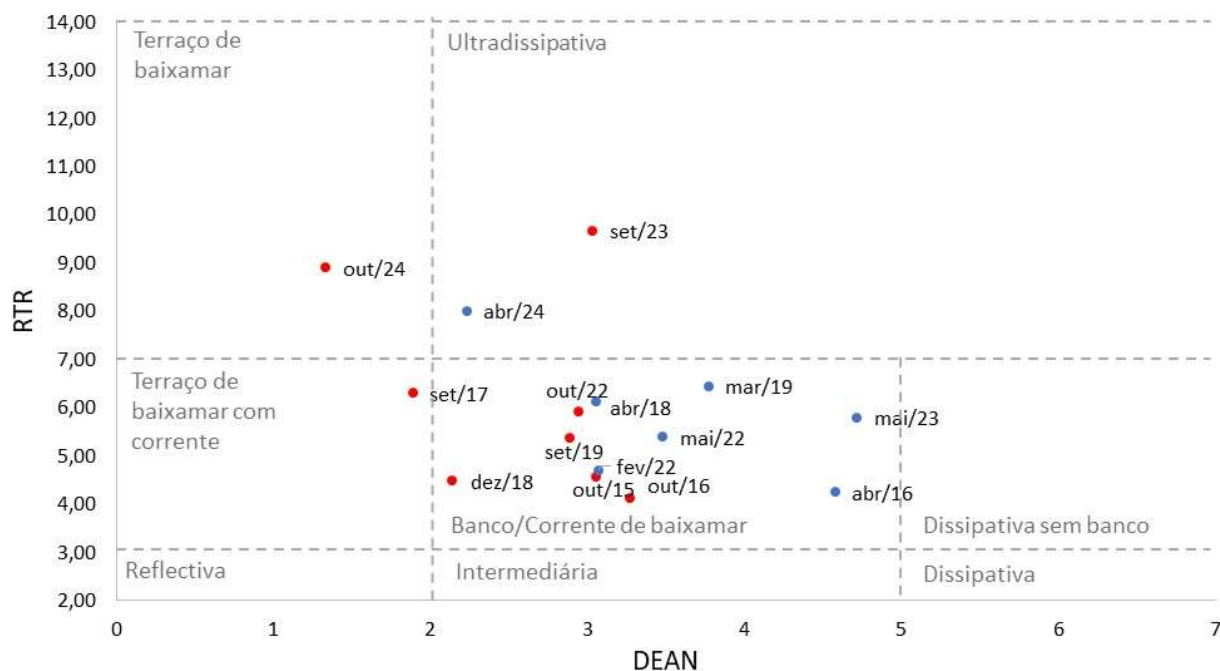
A praia do Canto Verde apresentou ao longo do estudo uma dinâmica morfodinâmica bastante variável, influenciada por fatores como granulometria dos sedimentos, energia das ondas e amplitudes de maré, resultando em diferentes estados morfodinâmicos ao longo dos anos observados (Tabela 3).

**TABELA 3:** Índices da morfodinâmica praial calculados para a praia do Canto Verde, Beberibe – CE, observado nas campanhas de amostragem de outubro de 2015 a outubro de 2024.

Campanha	Dean ( $\Omega$ )	Classificação	RTR	Classificação
out_2015	3,06	intermediária	4,54	Banco com corrente de baixamar
abr_2016	4,58	intermediária	4,25	Banco com corrente de baixamar
out_2016	3,27	intermediária	4,11	Banco com corrente de baixamar
abr_2017	-		-	
set_2017	1,89	reflectiva	6,30	Terraço de baixamar com corrente
abr_2018	3,06	intermediária	6,13	Banco com corrente de baixamar
dez_2018	2,14	intermediária	4,48	Banco com corrente de baixamar
mar_2019	3,77	intermediária	6,43	Banco com corrente de baixamar
set_2019	2,89	intermediária	5,36	Banco com corrente de baixamar
fev_2022	3,07	intermediária	4,70	Banco com corrente de baixamar
mai_2022	3,48	intermediária	5,39	Banco com corrente de baixamar
out_2022	2,95	intermediária	5,90	Banco com corrente de baixamar
mai_2023	4,72	intermediária	5,80	Banco com corrente de baixamar
set_2023	3,04	intermediária	9,66	Ultradissipativa
abr_2024	2,23	intermediária	8,00	Ultradissipativa
out_2024	1,34	reflectiva	8,89	Terraço de baixamar

O parâmetro de Dean variou de 1,34 a 4,72, indicando que a praia alternou principalmente entre condições intermediárias ( $\Omega$  entre 1 e 6), com alguns períodos refletivos ( $\Omega < 2$ ). Os valores mais altos do índice de Dean, como em maio de 2023 (4,72), indicam condições mais dissipativas, enquanto valores mais baixos, como em setembro de 2017 (1,89) e outubro de 2024 (1,34), sugerem características mais refletivas. O índice RTR variou entre 4,11 e 9,66, com valores menores sugerindo a predominância de bancos com correntes de baixamar. Os valores maiores indicando um ambiente com condições ultradissipativas (RTR acima de 7) foram observados em setembro de 2023 (RTR=9,66) e abril de 2024 (RTR=8,00). Assim, considerando o parâmetro de Dean ( $\Omega$ ) e do RTR, a praia do Canto Verde apresentou predominantemente o estado morfodinâmico intermediário com bancos e correntes de baixamar durante a maior parte do período estudado. Exceções ocorreram em setembro de 2017 e outubro de 2024, quando a praia assumiu uma característica mais refletiva com terraço de baixamar, e em setembro de 2023 e abril de 2024, onde se apresentaram condições intermediárias com tendências ultradissipativas (Figura 12), indicando uma influência mais expressiva das marés e sedimentação mais fina.

**FIGURA 12:** Perfis praias da praia do Canto Verde, Beberibe – CE, observado nas campanhas de amostragem de outubro de 2015 a outubro de 2024. ● Período seco ● Período chuvoso.



Fonte: Autores

#### 4.3. Variações interanuais da Macrofauna Bentônica

Foram identificados 3.284 organismos pertencentes a 40 táxons de invertebrados bentônicos, representados por moluscos, anelídeos, crustáceos e equinodermos.

Os resultados obtidos destacaram variações significativas na comunidade de macrofauna bentônica ao longo dos anos de análise (2015–2024), quando comparados os períodos seco e chuvoso (Tabela 4). A riqueza absoluta apresentou diferenças significativas entre períodos secos e chuvosos ( $p=0,005$ ), com maiores valores observados predominantemente nos períodos chuvosos (Figura 13A). O maior valor médio de riqueza ocorreu no período chuvoso de 2024 ( $2,00 \pm 1,64$  táxons), em contraste com o período seco de 2017, que apresentou a menor riqueza média ( $0,47 \pm 0,68$  táxons). A densidade, correlacionada à abundância absoluta, variou significativamente nos períodos climáticos ( $p=0,0052$ ), sendo mais elevada em períodos chuvosos, especialmente em 2024 ( $569,89 \pm 957,05$  ind./m<sup>2</sup>), e menor no período seco de 2017 ( $55,91 \pm 123,91$  ind./m<sup>2</sup>) (Figura 13B).

Em relação à equitabilidade, não houve diferença significativa entre períodos secos e chuvosos ( $p=0,0524$ ), indicando que a distribuição proporcional das espécies não sofreu alterações marcantes entre os períodos analisados (Figura 14A). A diversidade de Shannon demonstrou diferenças significativas entre períodos secos e chuvosos ( $p=0,0130$ ). Os maiores valores médios foram observados no período chuvoso de 2024 ( $0,41 \pm 0,50$ ) e seco de 2024

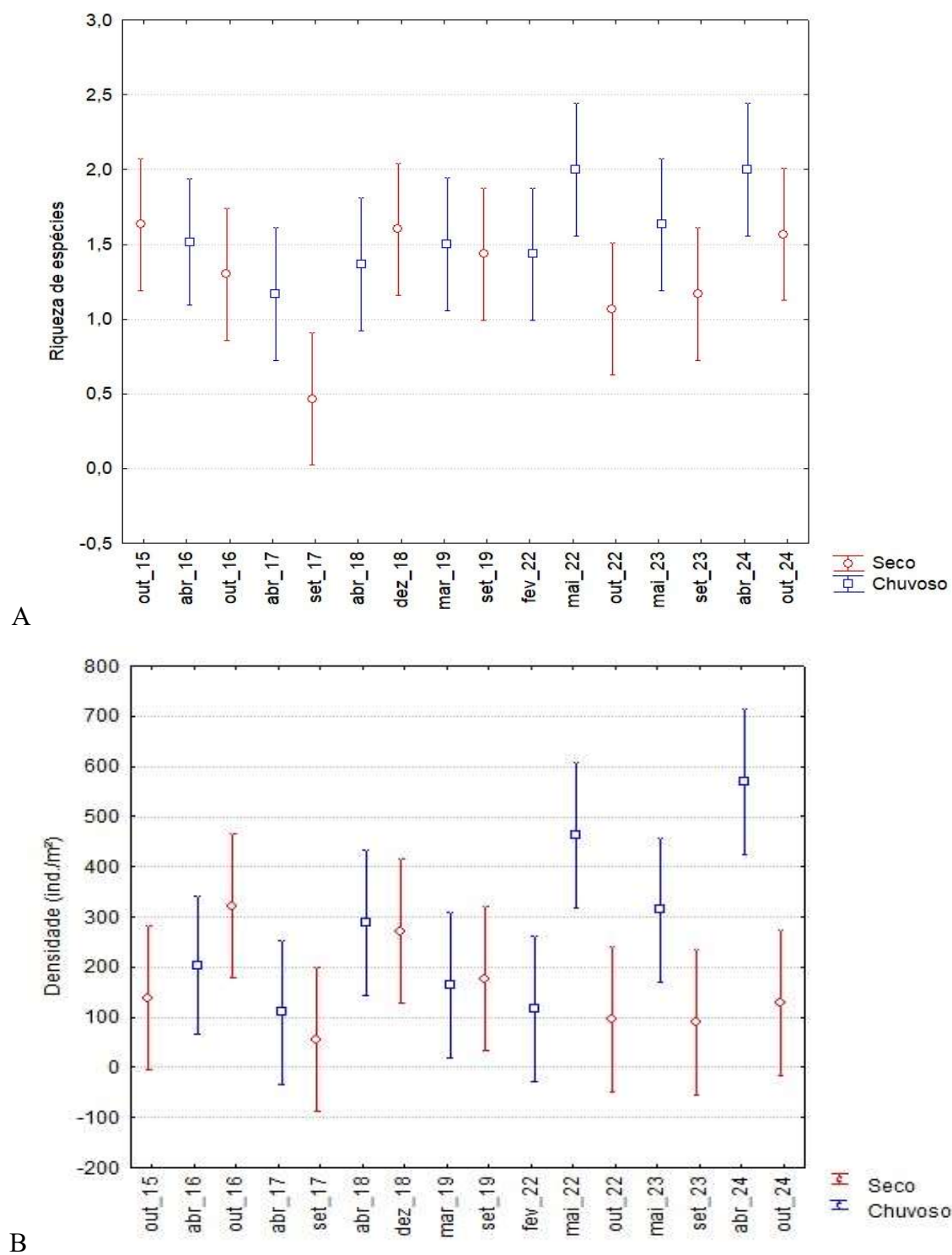
( $0,40 \pm 0,51$ ), enquanto o menor valor ocorreu no período seco de 2017 ( $0,03 \pm 0,17$ ) (Figura 14B). Esses resultados demonstram que a macrofauna bentônica estudada responde às variações sazonais de períodos seco e chuvoso, com aumento significativo na riqueza, abundância, densidade e diversidade durante os períodos chuvosos.

**TABELA 4:** Riqueza de espécies, abundância e densidade média, equitabilidade de Jaccard e diversidade de Shannon da macrofauna bentônica coletada na praia do Canto Verde, Beberibe – Ceará durante as campanhas realizadas de outubro de 2015 a outubro de 2024.

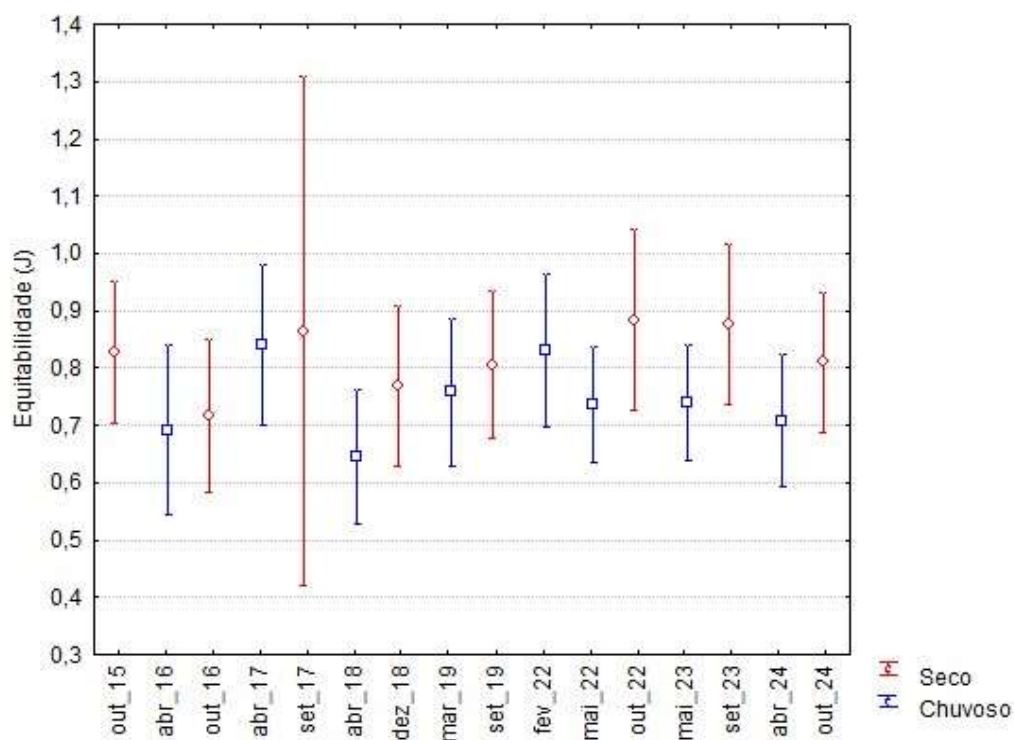
Ano	Período	Riqueza absoluta		Abundância absoluta			Densidade (ind./m <sup>2</sup> )		Equitabilidade (J)		Diversidade de Shannon (H')	
		Média	Desvio	N	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
2015	seco	1,63	1,35	129	4,30	5,06	138,71	163,20	0,83	0,25	0,36	0,50
2016	seco	1,30	0,92	300	10,00	18,35	322,58	592,03	0,72	0,29	0,21	0,32
	chuvoso	1,52	1,18	208	6,30	13,04	203,32	420,55	0,71	0,26	0,25	0,39
2017	seco	0,47	0,68	52	1,73	3,84	55,91	123,91	0,86	0,00	0,03	0,17
	chuvoso	1,17	0,99	102	3,40	5,49	109,68	177,01	0,84	0,19	0,22	0,33
2018	seco	1,60	1,33	253	8,43	11,67	272,04	376,35	0,77	0,15	0,28	0,45
	chuvoso	1,37	1,30	268	8,93	15,71	288,17	506,65	0,65	0,27	0,27	0,34
2019	seco	1,43	1,10	165	5,50	10,02	177,42	323,22	0,81	0,15	0,30	0,40
	chuvoso	1,50	1,57	153	5,10	6,54	164,52	211,00	0,76	0,19	0,31	0,44
2022	seco	1,07	0,94	89	2,97	3,86	95,70	124,64	0,88	0,13	0,20	0,35
	chuvoso	1,72	1,19	540	9,00	14,05	290,32	453,33	0,77	0,25	0,37	0,44
2023	seco	1,17	1,29	83	2,77	3,41	89,25	110,02	0,88	0,14	0,28	0,43
	chuvoso	1,63	1,13	292	9,73	10,20	313,98	329,07	0,74	0,21	0,40	0,37
2024	seco	1,57	1,59	120	4,00	5,46	129,03	176,07	0,81	0,20	0,40	0,51
	chuvoso	2,00	1,64	530	17,67	29,67	569,89	957,05	0,71	0,26	0,41	0,50
Ano		p =0,005		p =0,0203			p =0,0203		p =0,2905		p =0,0187	
Período		p =0,005		p =0,0052			p =0,0052		p =0,0524		p =0,0130	

**FIGURA 13:** Variação interanual da (A) riqueza de espécies e (B) densidade média (ind./m<sup>2</sup>) da macrofauna bentônica coletada na praia do Canto Verde, Beberibe – CE, comparando os períodos seco e chuvoso entre 2015 e 2024.

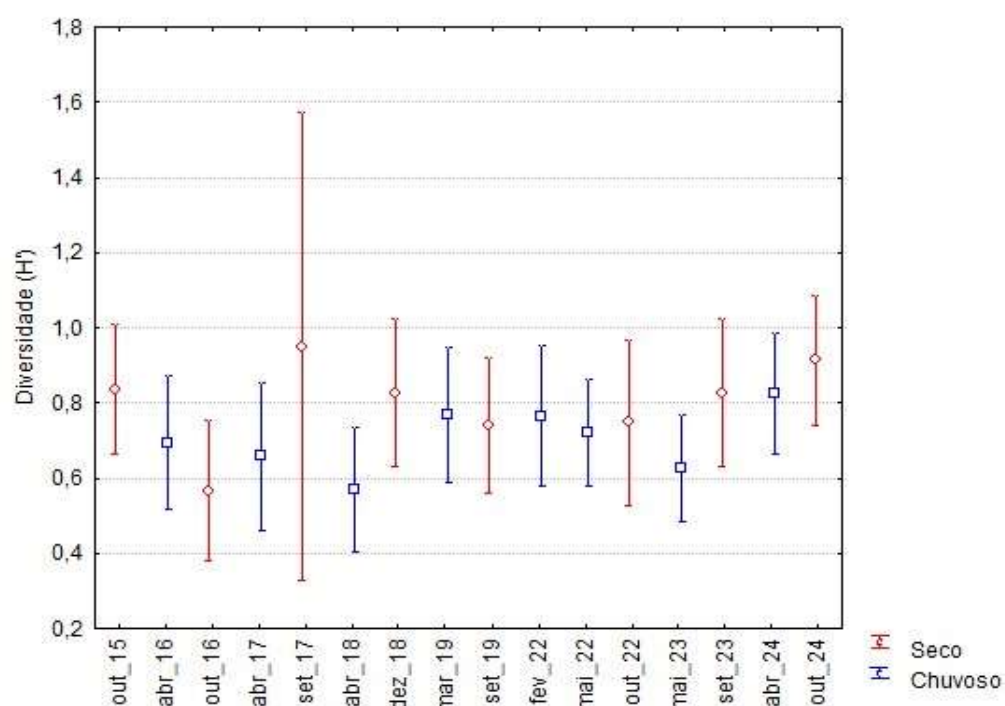




**FIGURA 14:** Variação interanual da (A) equitabilidade ( $J$ ) e (B) diversidade de Shannon ( $H'$ ) da macrofauna bentônica coletada na praia do Canto Verde, Beberibe – CE, comparando os períodos seco e chuvoso entre 2015 e 2024.



A



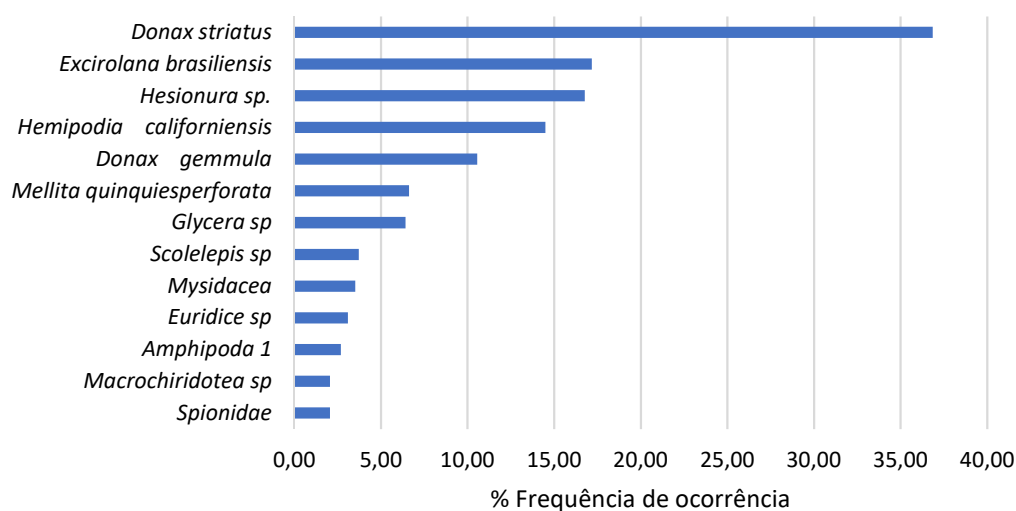
B

Dentre os 40 táxons da macrofauna bentônica, as espécies *Donax striatus*, *Excirolana braziliensis* e *Hesionura* sp. foram as mais abundantes e frequentes (37,3%, 23,4% e 16,0%, respectivamente), sendo os demais táxons mostraram abundância inferior a 5% do total (Figura 15). O bivalve *D. striatus* e o poliqueta *Hesiounura* sp. foram os táxons de maior importância

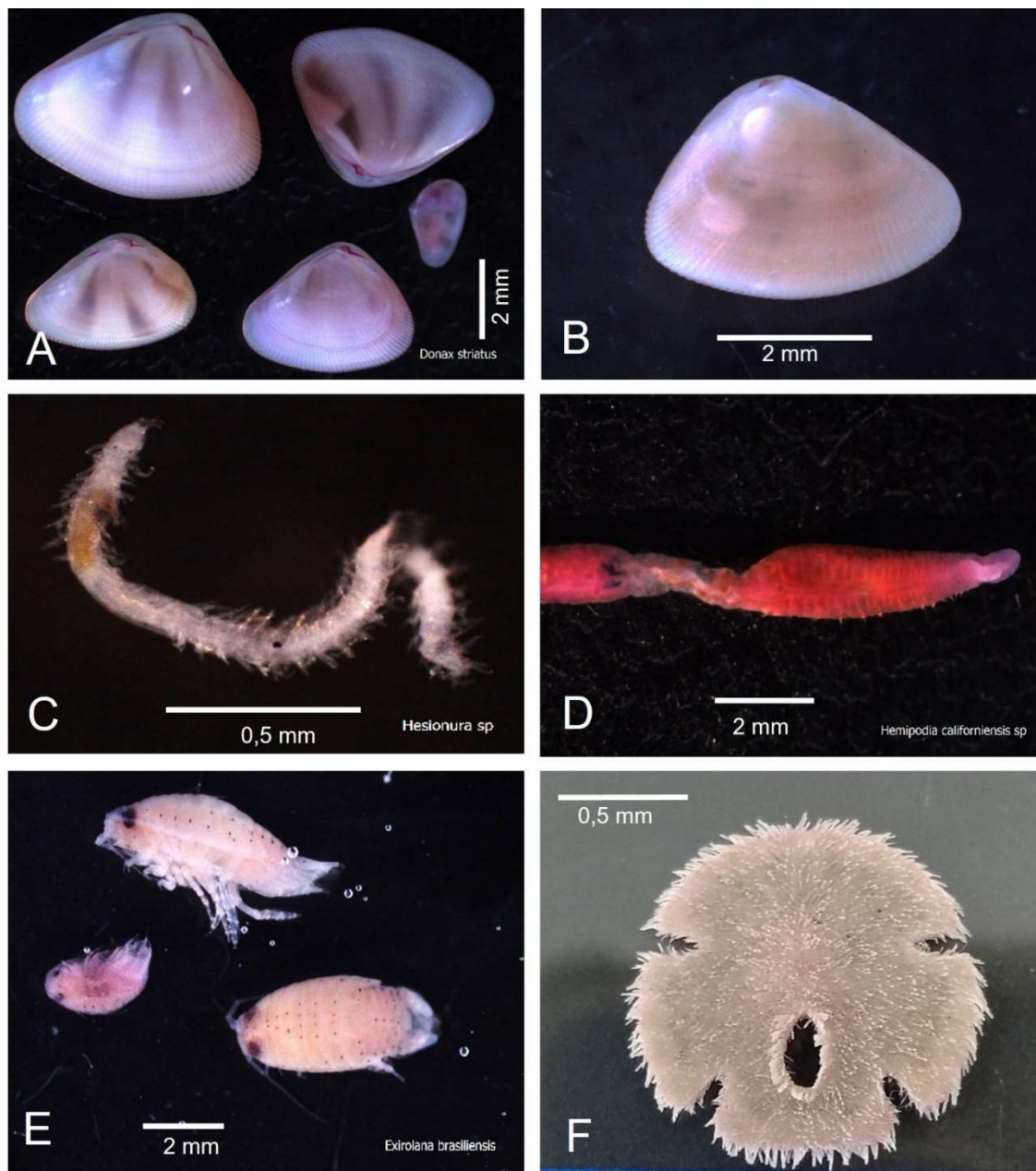
na constituição dos agrupamentos durante os períodos secos e chuvosos ao longo das campanhas.

Considerando a frequência de ocorrência nas amostras analisadas em todas as campanhas de amostragem, somente 13 táxons que apresentaram superior a 2%: *D. striatus*, *E. braziliensis*, *Hesionura* sp., *Hemipodia californiensis*, *Donax gêmula*, *Mellita quinquiesperforata*, *Glycera* sp., *Scolecipis* sp., Mysidacea, *Euridice* sp., *Macrochiridotea* sp. e *Spionidae* (Figura 16).

**FIGURA 15:** Frequência de ocorrência dos principais táxons da macrofauna bentônica coletados na praia do Canto Verde, Beberibe – Ceará durante o período de estudo, (2015-2024).



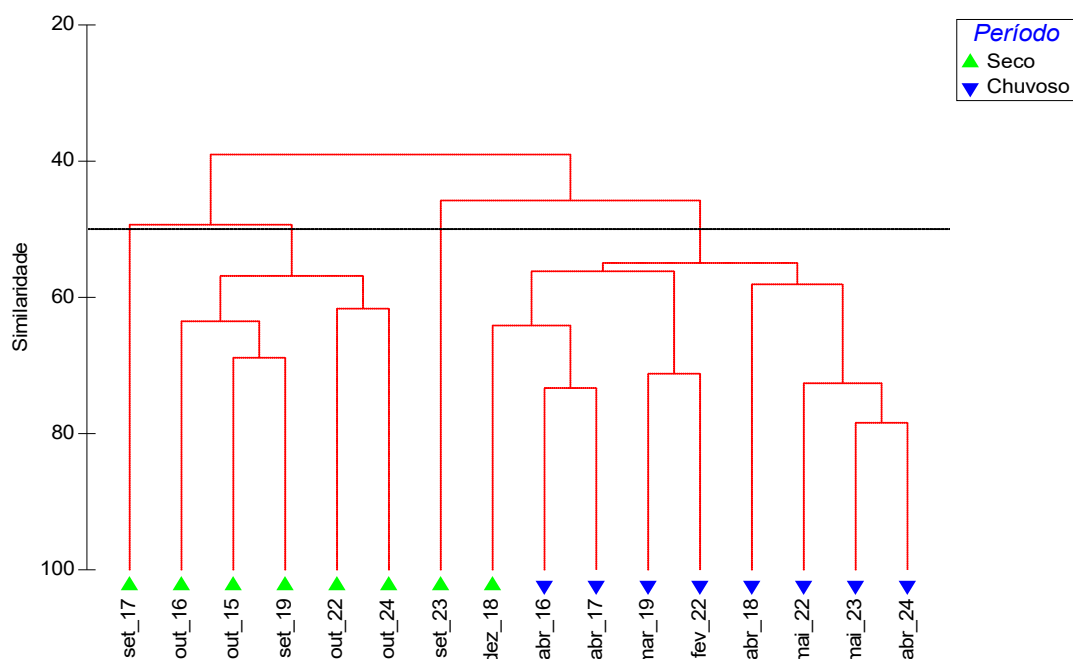
**FIGURA 16:** Principais táxons da macrofauna bentônica observados na Resex da praia do Canto Verde, Beberibe – CE durante o período de estudo. **a.** *D. striatus*; **b.** *D. gemmula*; **c.** *Hesionura* sp.; **d.** *H. californiensis*; **e.** *Glycera* sp; **f.** *E. braziliensis*; **g.** *Scolelepis* sp; **h.** Mysidacea; **i.** *M. quinquiesperforata*; **j.** *Euridice* sp; **k.** *Macrochiridotea* sp; **l.** *Spionidae*.



A análise de agrupamento das campanhas de amostragem, considerando a densidade (ind./m<sup>2</sup>) da macrofauna bentônica na Praia de Canto Verde, entre 2015 e 2024, mostrou uma separação sazonal, com as campanhas agrupando-se de acordo com os períodos seco e chuvoso (ANOSIM, R global = 0,664, p = 0,001). Observou-se a formação de um grupo composto pelas

campanhas realizadas nos meses de setembro e outubro dos anos de 2015, 2016, 2017, 2019, 2022 e 2024, caracterizando o período seco, e outro grupo formado pelas campanhas dos meses de abril de 2016, 2017, 2018 e 2024, março de 2019, fevereiro e maio de 2022 e maio de 2022 e 2023, representando o período chuvoso (Figura 17). Esses resultados indicaram que a composição da comunidade bentônica responde à sazonalidade, refletindo mudanças nas condições ambientais associadas à variação anual de precipitação e dinâmica da praia.

**FIGURA 17:** Análise de agrupamento das campanhas de amostragem (2015 a 2024) da macrofauna bentônica na Praia de Canto Verde, Beberibe - Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; densidade transformada em  $\log X+1$ ; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados ( $p < 0,05$ ) pelo SIMPROF.



A análise SIMPER evidenciou uma dissimilaridade de 59,07% da macrofauna bentônica entre os períodos seco e chuvoso na Praia de Canto Verde (Tabela 5).

No período seco, a similaridade média entre os meses agrupados foi de 50,80%, com destaque para *Hesionura* sp., que contribuiu com 42,54% desta similaridade, seguida por *D. striatus* (23,19%), *E. braziliensis* (14,65%), *H. californiensis* (9,26%) e *M. quinquiesperforata* (4,72%). Já no período chuvoso, a similaridade média foi 59,38%, sendo *Donax striatus* o táxon de maior contribuição (54,3%), seguido por *Excirrolana braziliensis* (18%), *H. californiensis*

(10,4%), *D. gemmula* (9,7%) e *Glycera* sp. (2,98%). O poliqueta *Hesionura* sp. foi predominante no período seco e *D. gemmula* e *Glycera* sp. no período chuvoso, indicando variações na estrutura da comunidade bentônica associadas às mudanças sazonais, possivelmente relacionadas a fatores ambientais como regime de chuvas, salinidade e dinâmica sedimentar.

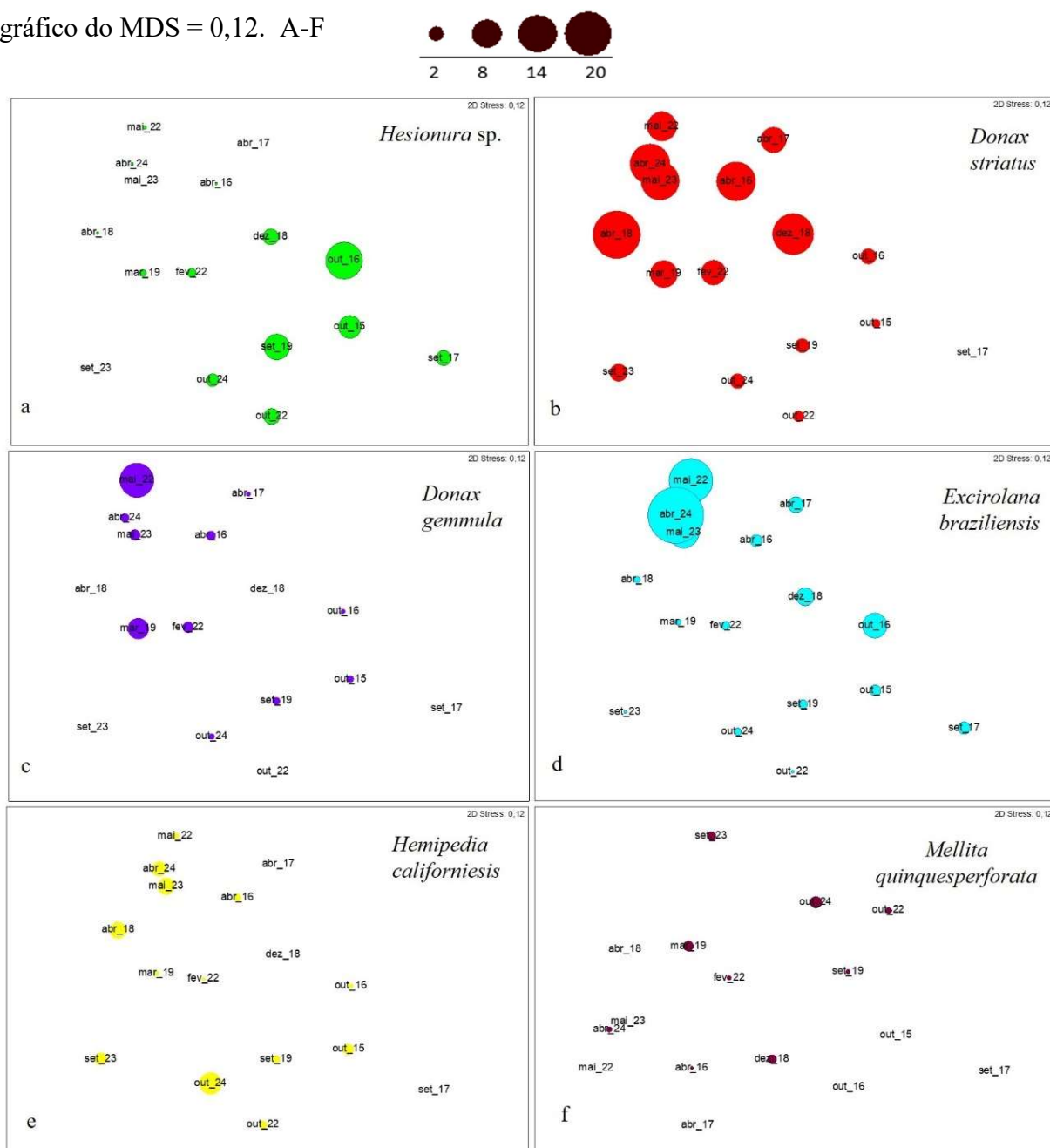
**TABELA 5:** Análise de similaridade (SIMPER) entre os períodos seco e chuvoso na praia do Canto Verde, Beberibe – Ceará, considerando o percentual de contribuição dos principais táxons da macrofauna. Medida de similaridade de Bray-Curtis; densidade transformada em  $\log X+1$ .

Dissimilaridade				
Período seco X Período Chuvoso = 59,07				
Táxons	Período seco		Período chuvoso	
	Similaridade média: 50,80		Similaridade média: 59,38	
	Similaridade	% contribuição	Similaridade	% contribuição
<i>Hesionura</i> sp.	21,61	42,54	-	-
<i>Donax striatus</i>	11,78	23,19	32,24	54,3
<i>Excirolana brasiliensis</i>	7,44	14,65	10,69	18
<i>Hemipodia californiensis</i>	4,71	9,26	3,64	6,14
<i>Mellita quinquiesperforata</i>	2,4	4,72	-	-
<i>Donax gemmula</i>	-	-	5,76	9,7
<i>Glycera</i> sp.	-	-	1,77	2,98

A Análise de Ordenamento Bidimensional (MDS), aplicada aos dados de densidade da macrofauna bentônica coletada na praia do Canto Verde, evidenciou variações sazonais e interanuais na estrutura da comunidade. A figura 18 (A-F) ilustra os meses de amostragem conforme a densidade relativa das espécies dominantes. *Hesionura* sp. (Figura 18A) apresentou maiores densidades em meses secos; *Donax striatus* (Figura 18B) foi a espécie com maior dominância geral, com densidade elevada e persistente em diversos meses do período chuvoso; *Donax gemmula* (Figura 18C), também apresentou picos de densidade nos meses chuvosos; *Excirolana brasiliensis* (Figura 18D) também teve maior densidade nos meses chuvosos, embora com presença relativamente estável ao longo do tempo; *Hemipedia californiensis* (Figura 18E) apresentou distribuição mais homogênea, com densidade moderadas tanto no

período seco como no chuvoso; e *Mellita quinquesperforata* (Figura 18F) demonstrou baixa densidade em todos os meses, com discretos aumentos em outubro/2022 e setembro/2023.

**FIGURA 18:** Análise de ordenamento bidimensional (MDS) dos meses de amostragem, considerando a macrofauna bentônica coletada na Praia de Canto Verde, Beberibe - Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; densidade transformada em  $\log X + 1$ . Mínimo “Stress” gráfico do MDS = 0,12. A-F



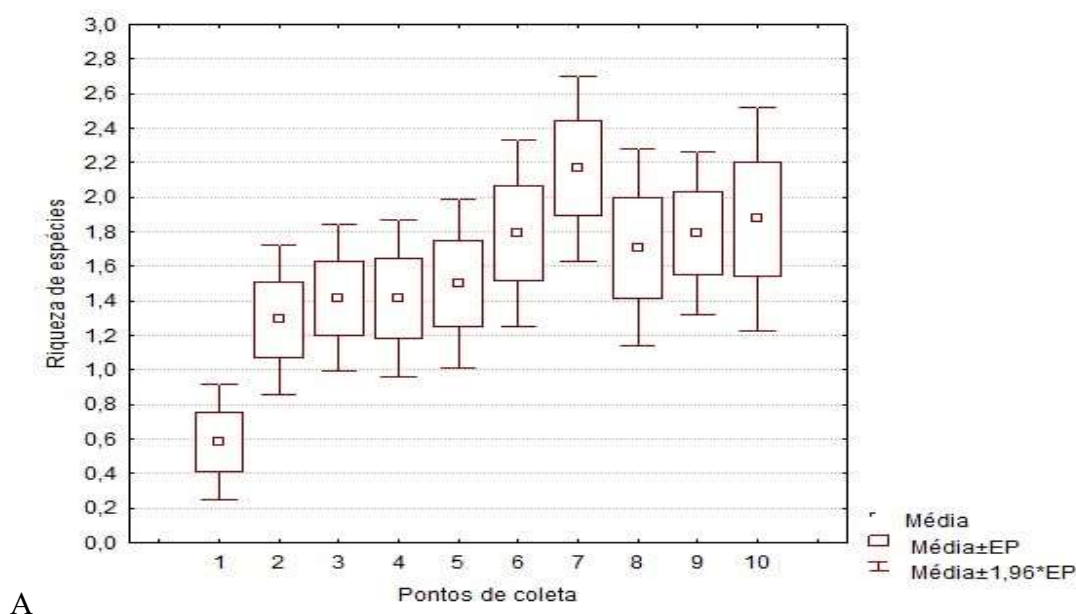


#### 4.4. Distribuição espacial da macrofauna bentônica

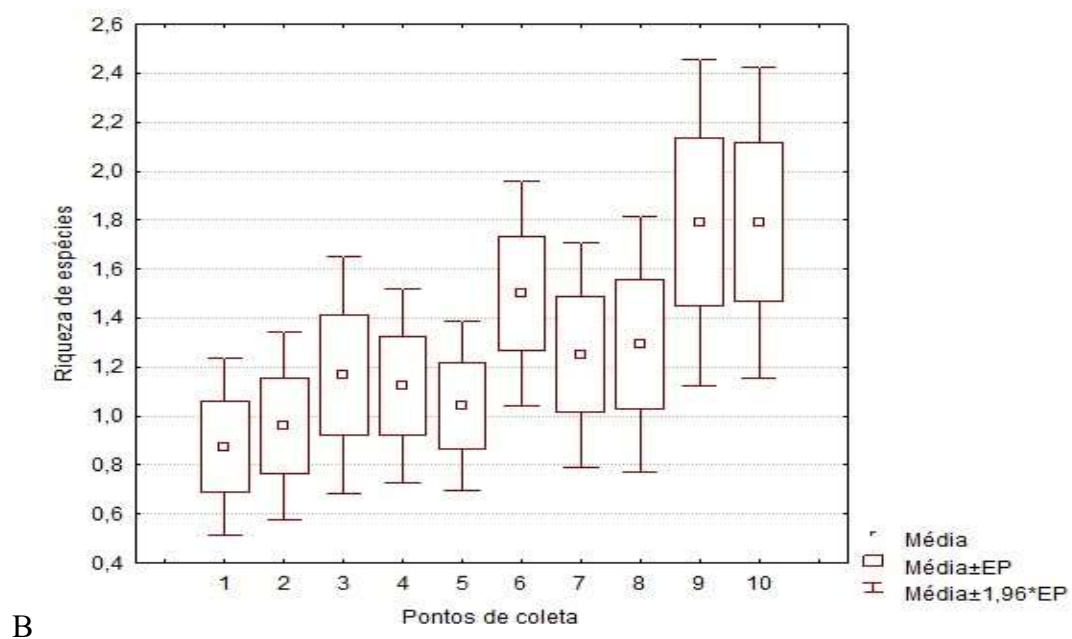
A densidade e a riqueza das espécies macrozoobentônicas mais representativas no período seco e chuvoso apresentaram diferenças significativas entre os pontos de coleta ao longo do perfil da praia.

No período chuvoso, houve significativa diferença estatística na riqueza de táxons (Kruskal-Wallis,  $p=0,0048$ ) e na densidade média (Kruskal-Wallis,  $p=0,0004$ ), entre os pontos de coleta (Figuras 19A e 20A). Em contraste, não foram detectadas diferenças significativas na riqueza (Kruskal-Wallis,  $p=0,3154$ ) e na densidade média (Kruskal-Wallis,  $p=0,0598$ ) no período seco (Figuras 19B e 20B).

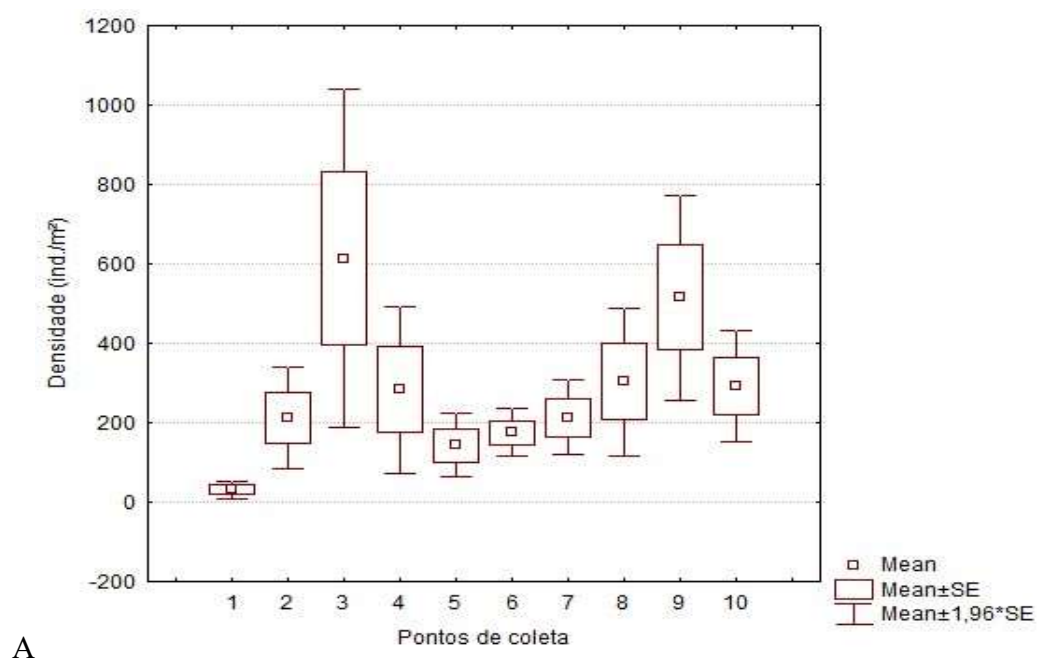
**FIGURA 19:** Riqueza absoluta de táxons da macrofauna bentônica coletada nos pontos de coleta ao longo do perfil da praia do Canto Verde, Beberibe – Ceará nos períodos (A) chuvoso e (B) seco (de 2015 a 2024).

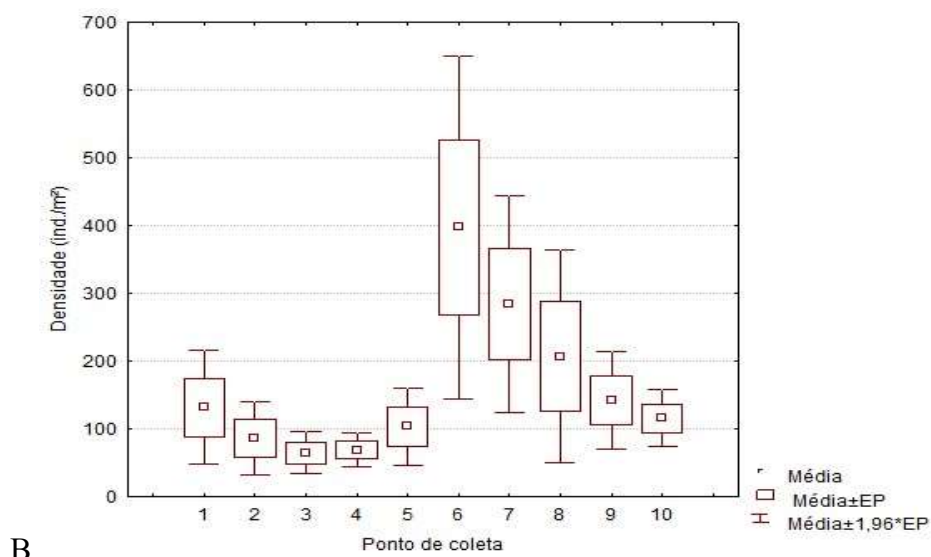






**FIGURA 20:** Densidade (ind./m<sup>2</sup>) da macrofauna bentônica coletada nos pontos de coleta ao longo do perfil da praia do Canto Verde, Beberibe – Ceará nos períodos (A) chuvoso e (B) seco.

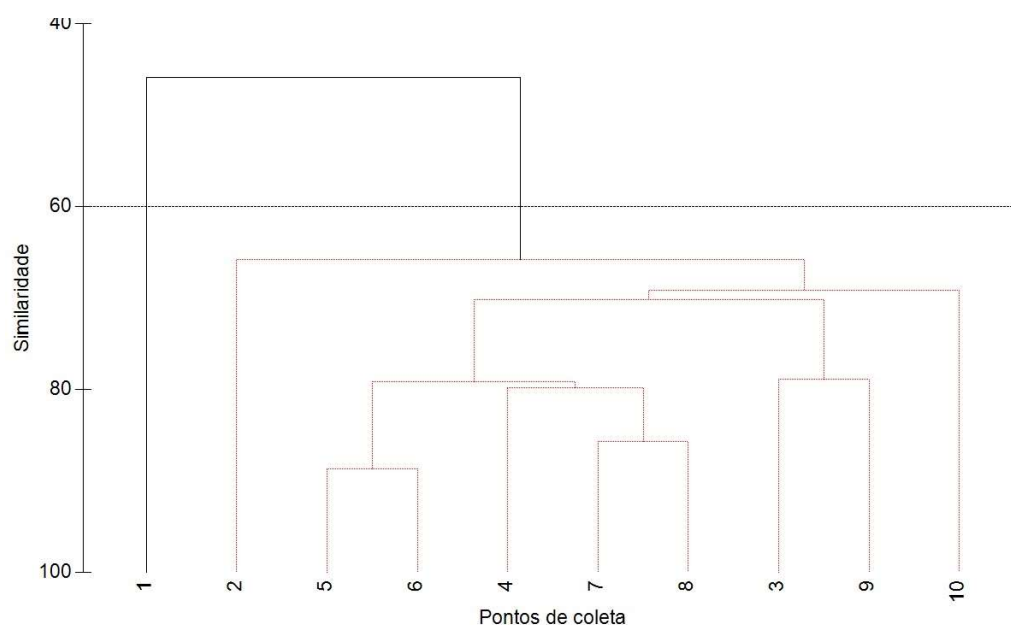




Os resultados da análise de agrupamento mostraram diferenças na distribuição espacial da macrofauna bentônica ao longo do perfil praiar da Praia do Canto Verde, ao se comparar os períodos seco e chuvoso.

Durante o período chuvoso, foi observado o agrupamento significativo dos pontos a partir do ponto 2 abaixo do limite da maré alta no perfil da praia (2 a 10), com similaridade média de 72,25% (Figura 21), sendo definido pela presença de principalmente as espécies *D. striatus*, *D. gemmula*, *H. californiensis* e *E. brasiliensis* (Tabela 6). Observou-se uma distribuição mais uniforme de táxons ao longo da zona intermareal durante este período, provavelmente favorecida pelas condições ambientais associadas à maior estabilidade sedimentar decorrentes das chuvas.

**FIGURA 21:** Análise de agrupamento dos pontos de coleta da macrofauna bentônica ao longo do perfil da praia de Canto Verde, Beberibe – Ceará realizada no **período chuvoso**. Medida de similaridade de Bray-Curtis; densidade transformada em logX+1; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados ( $p < 0,05$ ) pelo SIMPROF.

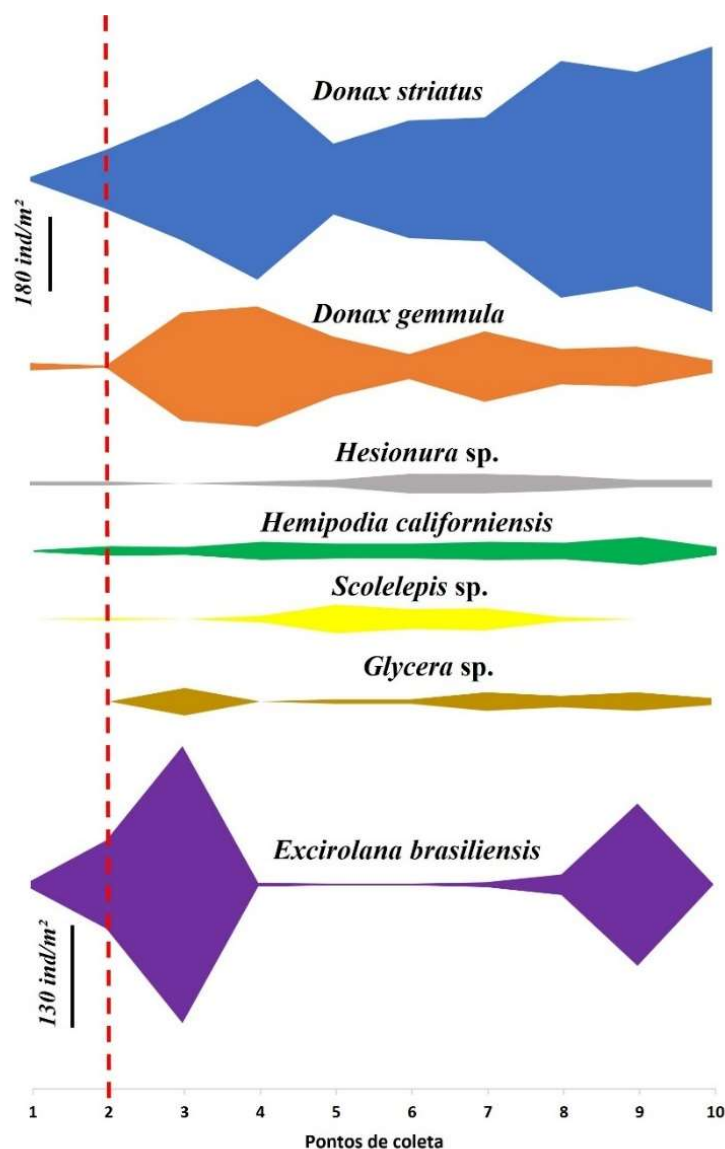


**Tabela 6:** Análise de similaridade (SIMPER) entre zonas na praia do Canto Verde, Beberibe – Ceará no período CHUVOSO, considerando o percentual de contribuição dos principais táxons da macrofauna. Medida de similaridade de Bray-Curtis; densidade transformada em logX+1.

Táxons	Dissimilaridade	
	ponto 1 x Zona= 54,78	
	Similaridade média=72,25	
	Similaridade	% contribuição
<i>Donax striatus</i>	20,77	28,74
<i>Donax gemmula</i>	10,85	15,02
<i>Hemipodia californiensis</i>	10,65	14,74
<i>Excirolana brasiliensis</i>	8,43	11,67
<i>Glycera</i> sp.	4,19	5,81
<i>Hesionura</i> sp.	4,15	5,75
Mysidacea	3,69	5,11
<i>Scolecipis</i> sp.	2,89	4

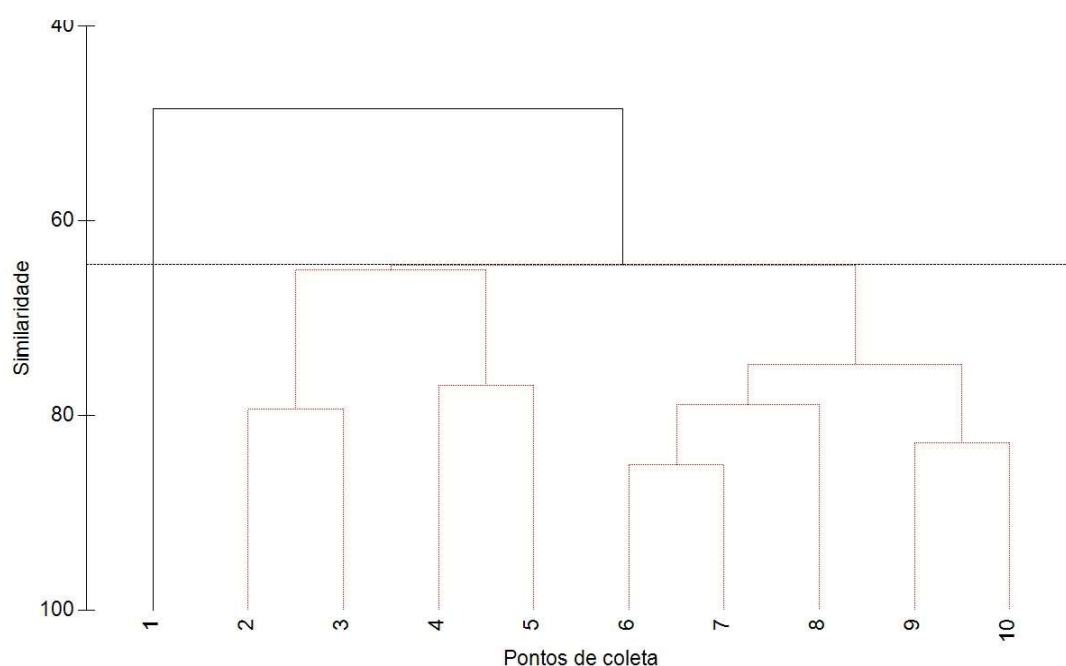
Considerando os resultados obtidos nas análises de agrupamento e SIMPER, foi possível definir o padrão de distribuição predominante da macrofauna bentônica ao longo do perfil da praia no período chuvoso (Figura 22). Assim, foi observado uma distribuição mais ampla e contínua dos principais táxons ao longo do perfil praial, com ocorrência significativa desde o ponto mais alto da praia (ponto 1, zona supralitoral) até os pontos mais baixos (próximos à linha d'água). *D. striatus*, *D. gemmula*, *H. californiensis* e *Excirolana brasiliensis* apresentaram ampla distribuição, com maior densidade nos pontos intermediários e inferiores do perfil, mas também presentes em menor densidade nos pontos mais altos do perfil.

**FIGURA 22:** Distribuição dos principais táxons da macrofauna bentônica ao longo do perfil da praia de Canto Verde, Beberibe – Ceará durante os períodos chuvoso.



No período seco, a distribuição das espécies foi mais heterogênea, com a formação de duas zonas principais (Figura 23). O ponto 1, demarcado no limite da maré alta, apresentou uma dissimilaridade dos demais grupos superior a 35%. A primeira zona reuniu os pontos 2 a 5, correspondendo a zona superior do mesolitoral, apresentou similaridade média de 69,42%, com predomínio das espécies *Hesionura* sp., *Donax striatus*, *Excirolana brasiliensis*, *Hemipodia californiensis*, *Donax gemmula* e *Macrochiridotea* sp. (Tabela 7). A segunda zona abrangeu a maior extensão da praia, estando mais próxima da linha d'água na maré baixa, reunindo os pontos de 6 a 10. A similaridade média da macrofauna bentônica entre os pontos foi de 77,43%, sendo dominada principalmente por *Donax striatus*, *Hesionura* sp. e *Hemipodia californiensis*, além de *Mellita quinquiesperforata*, *Glycera* sp. e *Excirolana brasiliensis* (Tabela 7). Essa zona representou áreas do entremarés inferior do perfil praial sob a influência da zona de varrido, onde as condições ambientais são mais equilibradas, proporcionando maior abundância dessas espécies.

**FIGURA 23:** Análise de agrupamento dos pontos de coleta da macrofauna bentônica ao longo do perfil da praia de Canto Verde, Beberibe – Ceará realizada no **período seco**. Medida de similaridade de Bray-Curtis; densidade transformada em  $\log X+1$ ; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados ( $p < 0,05$ ) pelo SIMPROF.

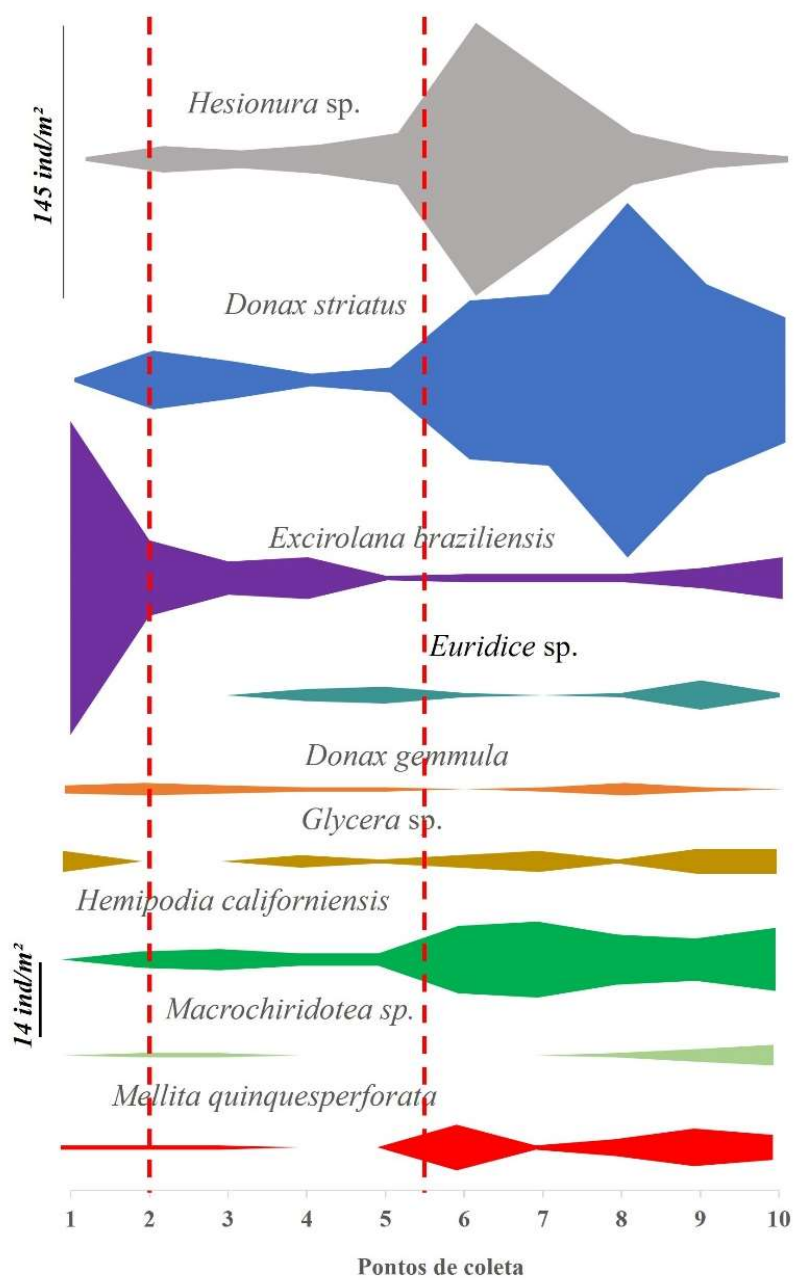


**TABELA 7:** Análise de similaridade (SIMPER) entre zonas na praia do Canto Verde, Beberibe – Ceará no período SECO, considerando o percentual de contribuição dos principais táxons da macrofauna. Medida de similaridade de Bray-Curtis; densidade transformada em  $\log X + 1$ .

Táxons	Dissimilaridade			
	Ponto 1 x Za= 48,36; Ponto 1 x Zb=53,97; Za x Zb=35,46			
	Za		Zb	
	Similaridade média = 69,42		Similaridade média = 77,43	
	Similaridade	% Contribuição	Similaridade	% Contribuição
<i>Hesionura</i> sp.	21,2	30,54	15,38	19,87
<i>Donax striatus</i>	13,05	18,8	19,63	25,36
<i>Excirolana brasiliensis</i>	10,93	15,75	6,94	8,96
<i>Hemipodia californiensis</i>	10,84	15,62	14,36	18,55
<i>Donax gemmula</i>	6,1	8,79	-	-
<i>Macrochiridotea</i> sp	1,91	2,75	-	-
<i>Glycera</i> sp	-	-	7,32	9,46
<i>Mellita quinquesperforata</i>	-	-	7,96	10,28

No período seco, a distribuição dos táxons foi mais restrita e fragmentada, com maior concentração nos pontos intermediários e inferiores da praia (Figura 24). O ponto 1, mais distante da linha d'água, apresentou uma composição distinta, com menor riqueza e densidade de espécies, destacando -se *Hesionura* sp. e *Excirolana brasiliensis*. Espécies como *Donax striatus* e *Donax gemmula* restringiram-se a faixas mais baixas do perfil.

**FIGURA 24:** Distribuição dos principais táxons da macrofauna bentônica ao longo do perfil da praia de Canto Verde, Beberibe – Ceará durante os períodos seco.



## 5. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos ao longo da série histórica (2015–2024) na Praia do Canto Verde demonstraram que a macrofauna bentônica da zona entremarés responde significativamente às variações sazonais e aos fatores ambientais e morfodinâmicos, confirmando as hipóteses propostas neste estudo.

A Praia do Canto Verde, localizada no setor leste do litoral cearense, se insere em uma faixa costeira predominantemente arenosa e de origem quaternária, com sedimentos dominados por areia fina e baixa declividade, características típicas das praias classificadas como de estado morfodinâmico intermediário a dissipativo (Pinheiro et al., 2016; Queiroz & Rocha-Barreira, 2019; ICMBio, 2024). Ao longo dos nove anos de monitoramento, a área estudada apresentou ampla faixa entremarés e dinâmica acentuada, com variações significativas nos perfis da praia entre os períodos seco e chuvoso. Tais alterações são fortemente influenciadas pela sazonalidade climática, especialmente pelo padrão de chuvas e pela intensidade dos ventos alísios (Campos & Studart, 2003; Pinheiro et al., 2016).

Durante o estudo, nos meses chuvosos, concentrados entre fevereiro e maio, foram registradas modificações no perfil da praia, deposição de sedimentos mais finos e menor salinidade superficial, devido ao escoamento de água doce oriundo das dunas e drenagens intermitentes (Pinheiro et al., 2016), favorecendo o desenvolvimento de comunidades bentônicas mais densas e diversificadas. Já no período seco (julho a dezembro), caracterizado por ventos mais intensos e constantes, com velocidades médias entre 7 e 8 m/s (23 e 26km/h) (Pinheiro et al., 2016), os processos de erosão e de transporte eólico de sedimentos se intensificam, contribuindo para a migração das dunas móveis e para a formação de canais efêmeros de drenagem ao longo da praia. Essa condição resultou em ambientes fisicamente mais instáveis e secos, desfavoráveis para espécies que dependem de elevada umidade.

Estudos recentes destacam que as praias arenosas da costa brasileira, especialmente na região semiárida, estão sujeitas a múltiplas pressões que afetam diretamente a estrutura das comunidades bentônicas, entre essas pressões destacam-se o decréscimo das taxas de precipitação, o aumento da evaporação, a elevação do nível do mar, o avanço da salinidade nos estuários e os processos de erosão costeira (Soares et al., 2021).

Ao longo dos anos de monitoramento, foi possível observar um acréscimo de sedimentos na área de amostragem, especialmente nas regiões de duna frontal e na faixa entremarés, refletido na elevação do perfil topográfico, no aumento do volume linear de



sedimentos e na ampliação da zona de exposição durante a maré baixa. Esses elementos indicam um processo de progradação costeira na área. No entanto, esse padrão contrasta com o observado à jusante, na porção oeste da área de estudo, onde se concentram construções residenciais, e onde há sinais evidentes de erosão costeira (observação pessoal), revelando um desequilíbrio na dinâmica sedimentar regional.

De acordo com o Plano de Manejo da Reserva Extrativista Prainha do Canto Verde (ICMBio, 2024), os campos de dunas da região são considerados moderadamente conservados, mas apresentam uma tendência de degradação crescente. Essa tendência está fortemente relacionada à ocorrência de ocupações irregulares e desordenadas em áreas de preservação permanente, que promovem a remoção da vegetação nativa, a instalação de fossas rudimentares e a retirada clandestina de areia para fins comerciais. Esses fatores agravam os processos de erosão e contribuem para a contaminação do solo e das águas subterrâneas, comprometendo a integridade ambiental da região. Além disso, outras pressões antrópicas estão se intensificando na RESEX, como a especulação imobiliária, os cercamentos para venda de terrenos, os fechamentos de passagens tradicionais e a utilização indevida de trilhas para atividades off-road, o que impacta diretamente a dinâmica sedimentar e limita o acesso das comunidades tradicionais aos seus territórios de uso. A deposição inadequada de resíduos sólidos na zona costeira também representa um agravante, afetando a estética, a biodiversidade e uso, condições sanitárias locais, e comprometendo atividades como a pesca e o turismo comunitário (ICMBio, 2024).

Segundo estudos realizados por Pinheiro et al. (2016), as praias do Ceará são características de macro e mesomarés e nesse contexto se encaixa a praia do Canto Verde com amplitudes de maré variando de 330 a 380cm. No litoral do Ceará, o efeito das marés deve ser considerado ao se estabelecer padrões morfodinâmicos nas praias arenosas (Queiroz, 2019). No entanto, poucos estudos utilizaram o RTR, que leva em conta o efeito de maré, mais adequado para o litoral cearense (Albuquerque et al., 2008; Albuquerque et al., 2009, Queiroz, 2019). As variações morfodinâmicas observadas na praia do Canto Verde ao longo do período de estudo (2015 a 2024) evidenciam uma alternância entre estados intermediários, refletivos e ultradissipativos. A partir da análise dos parâmetros como o índice de Dean ( $\Omega$ ) e RTR, observou-se que os períodos secos apresentaram tendência mais refletiva — como menor  $\Omega$ , sedimentos mais grossos e perfis praias mais íngremes — enquanto os períodos chuvosos, influenciados por maior precipitação e menor energia de onda, favoreceram condições mais

dissipativas, com sedimentos mais finos e menor declividade do perfil. Estudos realizados em outras praias do Ceará e do Nordeste brasileiro reforçam esse padrão.

Aguiar et al. (2013) identificaram que praias, como Almofala e Torrões, apresentam estágio dissipativo associado à predominância de areia fina e à ação contínua de ondas e ventos, enquanto a praia da Barreira revelou um estágio refletivo com sedimentos mais grossos, características similares às registradas em Canto Verde durante o período seco de 2017 e 2024. De forma semelhante, Albuquerque et al. (2013) relataram que praias como Caponga e Futuro sofrem transformações significativas entre os perfis de estiagem e de chuvas, evidenciando a forte sazonalidade dos processos sedimentares e morfodinâmicos no litoral cearense. Os resultados da praia do Canto Verde também estão alinhados às tendências macroecológicas descritas por Soares (2003), segundo as quais praias tropicais tendem a ser mais refletivas devido à menor energia de onda e à presença de estruturas biogênicas (ex: recifes), mas podem apresentar fases dissipativas associadas a eventos de maior aporte fluvial ou intensificação da influência das marés. Essa variabilidade foi observada em campanhas de 2023 e 2024, onde valores altos de RTR ( $>8$ ) e presença de sedimentos finos indicaram estados ultradissipativos, coincidentes com o fim do período chuvoso, refletindo uma resposta direta aos processos de sedimentação induzidos por precipitação e menor energia de onda. Por fim, os achados corroboram o panorama apresentado por Corte et al. (2023), que destacam a importância de estudos contínuos e multianuais sobre a morfodinâmica das praias tropicais brasileiras. Esses estudos permitem identificar padrões espaciais e temporais relevantes para a gestão costeira, em especial frente às mudanças climáticas, ocupações irregulares e intensificação de eventos extremos. A praia do Canto Verde, ao exibir tendências claras de variação morfodinâmica sazonal, insere-se nesse contexto como um exemplo representativo das complexas interações entre clima, processos físicos e dinâmica sedimentar em praias do semiárido nordestino.

A macrofauna da Praia do Canto Verde apresentou uma riqueza moderada, composta por 40 táxons distribuídos em quatro filos principais: Mollusca, Annelida (Polychaeta), Arthropoda (Crustacea) e Echinodermata — grupos já registrados em outras praias do litoral cearense (Rocha-Barreira et al., 2001, 2005; Queiroz, 2019). Essa composição reforça a observação de Schlacher et al. (2008) de que, apesar das praias oferecerem habitats distintos, a diversidade é geralmente baixa quando comparada a outros ecossistemas marinhos, tornando essas comunidades altamente sensíveis a mudanças ambientais.

A análise da macrofauna bentônica ao longo do perfil praiar evidenciou variações temporais e espaciais marcantes na estrutura da comunidade associadas a fatores sazonais

(chuva e seca) e às condições morfodinâmicas da praia. Durante o período chuvoso, observou-se maior densidade e riqueza de espécies, provavelmente, reflexo do aumento da umidade do sedimento superficial e consequente atenuação do estresse por dessecação. Esses resultados estão em consonância com estudos conduzidos em outras praias tropicais, como por Checon et al. (2023), que relataram aumento de abundância e riqueza de macrofauna durante o período chuvoso na costa amazônica, associado à maior entrada de matéria orgânica e homogeneização ambiental. No contexto do litoral semiárido, a principal limitação ecológica parece estar relacionada à dessecação do sedimento durante marés baixas diurnas, conforme já indicado por Rocha-Barreira et al. (2001, 2005) e Viana et al. (2005).

Além disso, estudos globais têm demonstrado que a precipitação, temperatura e a produtividade primária são fatores determinantes na modulação da riqueza e da abundância da macrofauna bentônica em praias arenosas (Barboza & Defeo, 2015; Defeo et al., 2017). No presente estudo, a ação das chuvas pode ter desempenhado um papel análogo ao efeito de produtividade, ao aumentar a disponibilidade de recursos e a umidade no sedimento, criando condições mais favoráveis para a colonização e manutenção da fauna.

Durante o período chuvoso, observou-se uma distribuição mais ampla e contínua dos principais táxons ao longo do perfil praial, com ocorrência significativa desde o ponto mais alto da praia (ponto 2, no mesolitoral superior) até os pontos mais baixos (próximos à linha d'água). Esse padrão está relacionado à maior umidade do sedimento e à diminuição do estresse físico, durante a maré baixa diurna, decorrente do escoamento de água doce oriundo das dunas, que favorecem a ocupação de áreas, normalmente secas, por espécies da macrofauna. Táxons como *D. striatus*, *D. gemmula*, *H. californiensis* e *E. brasiliensis* apresentaram ampla distribuição, com maior densidade nos pontos intermediários e inferiores do perfil, mas também presentes em menor densidade nos pontos mais altos, indicando maior tolerância ecológica sob condições úmidas.

No caso do bivalve *Donax striatus*, essas condições ambientais mais favoráveis durante o período chuvoso também coincidem com fases mais avançadas de sua maturação gonadal (Pereira et al., 2024). No estudo conduzido na Praia de Gado Bravo (RN), os autores identificaram maior ocorrência de indivíduos maduros e em maturação justamente nos meses com maior índice pluviométrico (março a maio), indicando que a reprodução da espécie é influenciada diretamente pela sazonalidade climática, com gametogênese contínua e pico de eliminação de gametas no início do período seco.

No período seco, a distribuição dos táxons foi mais restrita e fragmentada, com maior concentração nos pontos intermediários e inferiores da praia, onde há maior retenção de água no sedimento e, portanto, maior disponibilidade de umidade. O ponto 1, mais distante da linha d'água, apresentou uma composição distinta, com menor riqueza e densidade de espécies mais tolerantes ao estresse ambiental, como *Hesionura sp.* e *Excirolana brasiliensis*. Espécies como *Donax striatus* e *Donax gemmula* restringiram-se a faixas mais baixas do perfil, sugerindo limitação fisiológica à permanência em sedimentos mais secos.

Os poliquetas do gênero *Hesionura* foram predominantes durante o período seco, o que sugere uma adaptação a condições ambientais mais severas, como baixa umidade e maiores variações de temperatura do sedimento.

No Brasil, as espécies *Hesionura laubieri* e *Hesionura cf. variodentata* já foram registradas em praias de Santa Catarina, São Paulo, Rio de Janeiro e Bahia (Oliveira et al., 2018) e em praias arenosas expostas ao norte da foz do Rio Doce no Espírito Santo (Silva, 2023), respectivamente. Contudo, devido à dificuldade taxonômica envolvida na identificação específica de poliquetas desse grupo, não foi possível confirmar a espécie do morfotipo encontrado no presente estudo. O gênero *Hesionura* é característico de praias arenosas, com ocorrência desde o entremarés até a zona de surfe, sendo tradicionalmente classificado como componente da meiofauna, devido ao seu pequeno porte e hábito intersticial (Di Domenico et al., 2009). Embora esses poliquetas sejam tradicionalmente incluídos na meiofauna, neste estudo os indivíduos foram classificados como macrofauna por apresentarem tamanho superior a 500 µm e serem retidos na malha de triagem, abordagem também adotada por Silva (2023).

A capacidade de *Hesionura* de se mover rapidamente no sedimento e ocupar micro-habitats instáveis facilita sua permanência em áreas com pouca umidade, especialmente durante marés baixas no período seco, quando outras espécies mais sensíveis são excluídas. Sua presença frequente em praias com sedimentos médios a grossos (Di Domenico et al., 2009) reforça a ideia de que essa espécie está adaptada a ambientes mais rigorosos, que favorecem animais com comportamento ativo e alimentação carnívora, como *Hesionura* (Fauchald & Jumars, 1979).

Os resultados obtidos neste estudo reforçam a importância de se realizar monitoramentos de longo prazo da macrofauna bentônica em praias arenosas tropicais, especialmente em regiões semiáridas, como o litoral do Ceará. As comunidades bentônicas observadas demonstraram alta sensibilidade às variações sazonais do clima, como o regime de

chuvas e dos ventos, bem como às transformações na morfodinâmica da praia, evidenciando mudanças expressivas na densidade, riqueza e distribuição espacial dos organismos entre os períodos seco e chuvoso. Essa resposta dinâmica destaca o valor de abordagens temporais amplas, capazes de capturar padrões que estudos pontuais não revelariam.

A relevância dos resultados obtidos vai além da descrição faunística, pois revela como fatores físicos locais, como a granulometria, mobilidade sedimentar, temperatura e salinidade no sedimento, interação com fatores regionais, como precipitação e o regime de ventos, influenciando diretamente a estruturação das comunidades bentônicas. Essa integração de escalas ambientais é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de conservação e manejo costeiro, como apontado por Bozzeda et al. (2023), e fortalece o papel das praias como sistemas sentinelas das mudanças climáticas e antrópicas.

Além disso, o monitoramento contínuo realizado na Praia do Canto Verde contribui para suprir lacunas críticas do conhecimento de praias arenosas brasileiras, destacadas por Corte et al. (2023), ao oferecer evidências empíricas sobre a resposta da fauna a pressões naturais e antrópicas. Os dados obtidos permitem compreender não apenas os padrões ecológicos associados à sazonalidade, mas também os efeitos de alterações induzidas por processos como erosão costeira, ocupação desordenada e mudanças no uso do solo, relatadas no plano gestor da RESEX. Assim, o presente estudo não apenas amplia o conhecimento ecológico sobre praias arenosas tropicais, como também contribui para o fortalecimento de base científica necessária para a integração entre pesquisa e gestão ambiental em regiões costeiras vulneráveis.

## 6. CONCLUSÕES

- A estrutura da macrofauna bentônica na Praia do Canto Verde variou significativamente em escala temporal (entre os períodos seco e chuvoso) e espacial (ao longo do gradiente entremarés), confirmando a hipótese de que essas comunidades refletem a heterogeneidade ambiental da zona intermareal.
- A sazonalidade climática, marcada principalmente pela alternância entre períodos de chuvas e estiagem, influenciou diretamente a composição, abundância e distribuição dos táxons bentônicos, com maior densidade e riqueza no período chuvoso, em função da maior umidade do sedimento.
- As condições morfodinâmicas da praia apresentaram variações interanuais, alternando entre estados intermediários mais refletivos a mais dissipativos, com a influência de fatores climáticos, como precipitação e regime de ventos, além de processos sedimentares naturais e antrópicos.
- A presença de espécies como *Donax striatus* e *Hesionura* sp. refletiu a capacidade adaptativa da fauna bentônica a diferentes condições físicas, sendo suas características biológicas, como ciclo reprodutivo e tolerância ao estresse ambiental, os prováveis indicadores ecológicos da resposta das espécies às mudanças sazonais.
- Foi observado um processo de progradação costeira na área central da praia, associado ao aumento da deposição sedimentar. No entanto, esse padrão contrasta com sinais de erosão costeira na porção oeste da área estudada, onde se intensificam os impactos de ocupações irregulares e degradação ambiental.
- O monitoramento em escala temporal ampliada (2015–2024) mostrou-se essencial para detectar padrões e tendências na dinâmica bentônica e morfodinâmica da praia, os quais seriam subestimados em estudos de curta duração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. v. 1. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AGUIAR, P. F.; EL-ROBRINI, M.; FREIRE, G. S. S.; CARVALHO, R. G. Morfodinâmica de praias dominadas por mesomarés na Planície Arenosa de Almofala, NW do Ceará (Brasil). *Pesquisas em Geociências*, v. 40, n. 1, p. 61–73, 2013.
- ALBUQUERQUE, M. G. et al. *As características morfodinâmicas das praias da Barra do Ceará, Futuro e Caponga – Ceará*. Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará – UECE, [s.d.].
- AMARAL, A. C. Z. (1979). Ecologia e contribuição dos anelídeos poliquetos para a biomassa bêntica da zona das marés, no litoral norte do Estado de São Paulo. *Boletim Do Instituto Oceanográfico*, 28(1), 01–52, 1979. DOI: 10.1590/s0373-55241979000100001
- AMARAL, A. C. Z. et al. Brazilian sandy beaches: characteristics, ecosystem services, impacts, knowledge and priorities. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 64, spe2, p. 5-16, 2016.
- AMARAL, A. C. Z.; JABLONSKI, S. Conservation of marine and coastal biodiversity in Brazil. *Conservation Biology*, v. 19, p. 625-631, 2005.
- BOZZEDA, F.; SCARADOZZI, D.; DEFEO, O. Monitoring sandy beaches: a global perspective to foster sustainable management. *Marine Environmental Research*, v. 189, 106000, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.106000>.
- BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). *Plano de manejo da Reserva Extrativista Prainha do Canto Verde*. Fortaleza: ICMBio, 2024.
- 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.
- BROWN, A. C.; MCLACHLAN, A. *Ecology of sandy shores*. Boca Raton: CRC Press, 1990.
- BROWN, A. C.; MCLACHLAN, A. Sandy shore ecosystems and the threats facing them: some predictions for the year 2025. *Environmental Conservation*, v. 29, p. 62–77, 2002.
- BROWN, A. C.; MCLACHLAN, A. *The ecology of sandy shores*. Amsterdam: Elsevier, 2010.

CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. Climatologia. In: CAMPOS, A. A. (ed.). *A zona costeira do Estado do Ceará: diagnóstico para a gestão integrada*. Fortaleza: Aquasis, 2003. p. 51–53.

CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. *PRIMER v6: User manual/tutorial*. Plymouth: PRIMER-E, 2006.

CLAUDINO-SALES, V. Os litorais cearenses. In: \_\_\_\_\_. *Ceará: um novo olhar geográfico*. 2. ed. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2007. v. 1, p. 39–51.

CORTE, G. N. et al. The science we need for the beaches we want: frontiers of the flourishing Brazilian ecological sandy beach research. *Frontiers in Marine Science*, v. 10, 1200979, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1200979>.

DEFEO, O. et al. Threats to sandy beach ecosystems: a review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 81, n. 1, p. 1–12, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.09.022>.

DEGRAER, S.; VOLCKAERT, A.; VINCX, M. Macrobenthic zonation patterns along a morphodynamical continuum of macrotidal, low tide bar/rip and ultradissipative sandy beaches. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 56, n. 3-4, p. 459–468, 2003.

DI DOMENICO, M.; LANA, P. C.; LEITE, F. P. P. Distribution patterns of interstitial polychaetes on two sandy beaches of southern Brazil. *Marine Ecology*, v. 30, n. 1, p. 47–62, 2009.

FAUCHALD, K.; JUMARS, P. A. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, v. 17, p. 193–284, 1979.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research*, v. 27, n. 1, p. 3–26, 1957.

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. *Ceará em números*. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/categoria5/ceara-em-numeros>. Acesso em: 10 nov. 2015.

JIMÉNEZ, J. Variación dialectal y teoría de la optimidad. In: FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, J. et al. (ed.). *Lingüística para el siglo XXI*. Salamanca: Universidad de Salamanca, 1999. v. II, p. 953–962.



JUNOY, J. et al. The macroinfauna of the Galician sandy beaches (NW Spain) affected by the Prestige oil-spill. *Marine Pollution Bulletin*, v. 50, n. 5, p. 526–536, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.11.044>.

LERCARI, D.; DEFEO, O. Variation of a sandy beach macrobenthic community along a human-induced environmental gradient. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 58, p. 17–24, 2003.

MASSELINK, G.; SHORT, A. D. The effect of tide range on beach morphodynamics morphology: a conceptual beach model. *Journal of Coastal Research*, v. 9, n. 3, p. 785–800, 1993.

MATTHEWS-CASCON, H.; ROCHA-BARREIRA, C. A.; FRANKLIN-JÚNIOR, W. Biota marinha da costa oeste do Ceará – ambientes inconsolidados. In: MATTHEWS-CASCON, H.; LOTUFO, T. C. (ed.). *Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO)*. Brasília: MMA, 2006. p. 8–70.

McLACHLAN, A.; DEFEO, O. *The ecology of sandy shores*. 3. ed. Cambridge: Academic Press, 2018.

McLACHLAN, A.; DORVLO, A. Global patterns in sandy beach macrobenthic communities. *Journal of Coastal Research*, p. 674–687, 2005.

MENDONÇA, T. C. M.; IRVING, M. A. A participação como prática no desenvolvimento de projetos turísticos no Brasil – Prainha do Canto Verde, Beberibe (CE). *Caderno Virtual de Turismo*, v. 4, n. 4, p. 12–22, 2004. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=115417710002>. Acesso em: 25 ago. 2024.

MUEHE, D. Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 2, n. 1, 2001. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v2i1.6>.

MUEHE, D. Pós-praia não deve ser traduzido como backshore – uma revisão da terminologia brasileira do sistema praia – antepraia. *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 10, p. 40–43, 2019.

MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. **Geografia Marinha**. In: *PGGM ABEQUA*. 2020.

OLIVEIRA, V.; EIBYE-JACOBSEN, D.; LANA, P. C. Six new species of *Hesionura* (Phyllodocidae, Annelida) from Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 98, n. 1, p. 191–214, 2018.

PEREIRA, J. N. et al. Reproductive biology of *Donax striatus* (Linnaeus, 1758) on Gado Bravo Beach, RN. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. e282016, 2024.

PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O.; MAIA, L. P. The beaches of Ceará. In: SHORT, A. D.; KLEIN, A. H. F. (ed.). **Brazilian beach systems**. Cham: Springer, 2016. p. 175–199.

QUEIROZ L. R, Rocha-Barreira C. A. **Morphodynamics and macrofauna communities in 12 sandy beaches of Brazil northeast: a semiarid tropical study**. In: Mochel FR (ed) Gerenciamento Costeiro e Gerenciamento Portuário, vol 2. Atena Editora, Ponta Grossa, pp 85–106, 2019.

RENAME, A. Verteilung und organisation der bentoischen mikrofauna der kieler bucht. **Wiss. Meeresuntersuch. Abt. Kiel**, v. 21, p. 161–221, 1933.

ROCHA-BARREIRA, C. A. et al. **Levantamento da macroinfauna bentônica de ambientes inconsolidados do Estado do Ceará**. p.144 p. 2005.

ROCHA-BARREIRA, C. A.; MONTEIRO, D. O.; FRANKLIN-JUNIOR, W. Macrofauna bentônica da faixa entremarés da praia do Futuro, Fortaleza, Ceará, Brasil. **Arquivos de Ciencias do Mar**, v. 34, p. 23-38, 2001.

SALVAT, B. Les conditions hydrodynamiques interstitielles des sédiments meubles intertidaux et la repartition verticale de la faune endogée. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, v. 259, p. 1576–1579, 1964.

SCHERER, M. Beach management in Brazil: topics for consideration. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 13, n. 1, p. 3–13, 2013.

SCHLACHER, T. A.; MORRISON, J. M. Beach disturbance caused by off-road vehicles on sandy shores. **Marine Pollution Bulletin**, v. 56, n. 9, p. 1646–1649, 2008.

SHORT, A. D.; HESP, P. A. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. *Marine Geology*, v. 48, n. 3–4, p. 259–284, 1982.

SILVA, E. A. C. **Distribuição espaço-temporal da macrofauna bentônica em praias arenosas do litoral do Ceará.** 2023. 116 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/12775>. Acesso em: abr. 2025.

SOARES, A. G. **Sandy beach morphodynamics and macrobenthic communities: a macroecological approach.** 2003. Tese (Doutorado) – University of Port Elizabeth, South Africa, 2003.

SOARES, M. O. et al. Challenges and perspectives for the Brazilian semi-arid coast under global environmental changes. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 19, n. 4, p. 267–278, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.06.001>.

SUGUIO, K. *Introdução à sedimentologia*. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

TURRA, A.; DENADAI, M. R. *Protocolos para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros – ReBentos*. São Paulo: Instituto Oceanográfico da USP, 2015. 258 p.

VAN RIJN, L. C. Beach and dune erosion due to storms. In: *Proceedings of the 31st International Conference on Coastal Engineering*. Hamburg, Germany, 2008.

VIANA, M. G.; ROCHA-BARREIRA, C. A.; GROSSI-HIJO, C. A. Macrofauna bentônica da faixa entremarés e zona de arrebentação da praia de Paracuru (CE). *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v. 9, n. 1, p. 75–82, 2005.

WESTHEIDE, W. Interstitial polychaetes from the beaches of the State of São Paulo, Brazil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, v. 23, n. 1, p. 1–7, 1974.

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, v. 56, p. 93–118, 1984.