



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR - LABOMAR
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

MARESSA PAIVA DAMASCENO

**OCORRÊNCIA E ASPECTOS POPULACIONAIS DO BIVALVE INVASOR
Electroma vexillum (Reeve, 1857) NA ENSEADA DO MUCURIBE, FORTALEZA -
CEARÁ**

**FORTALEZA
2026**

MARESSA PAIVA DAMASCENO

OCORRÊNCIA E ASPECTOS POPULACIONAIS DO BIVALVE INVASOR *Electroma
vexillum* (Reeve, 1857) NA ENSEADA DO MUCURIBE, FORTALEZA - CEARÁ

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

Orientadora: Profa. Dra. Cristina de Almeida Rocha Barreira

Fortaleza

2026

MARESSA PAIVA DAMASCENO

OCORRÊNCIA E ASPECTOS POPULACIONAIS DO BIVALVE INVASOR *Electroma
vexillum* (Reeve, 1857) NA ENSEADA DO MUCURIPE, FORTALEZA - CEARÁ.

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

Aprovada em 23/01/26

BANCA EXAMINADORA

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

Dra. Luysa Maria de Souza Nunes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Mse. Ellano José da Silva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima (IFRR)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me dado força e por ter colocado pessoas maravilhosas na minha vida ao longo dessa jornada cansativa, porém incrível, na universidade.

Ninguém chega até aqui sozinho, então dedico esse trabalho aos meus pais que, muitas vezes, abdicaram de suas próprias vontades para que eu e minhas irmãs pudéssemos ter uma boa educação. Obrigada pai por sempre me incentivar e apoiar minha vida acadêmica.

À minha namorada Livia Meneses que me apoiou de uma forma inimaginável durante toda a escrita deste TCC, mesmo quando ele era só um desejo na minha cabeça. Obrigada por nunca, nem por um milésimo de segundo, ter desacreditado do meu potencial e por todas as vezes que precisou me reafirmar que eu conseguiria chegar até aqui. Eu te amo mais do que você conseguiria imaginar e esse TCC também é seu.

Aos amigos que as Ciências Ambientais me deram e que eu levarei pra vida toda. Obrigada Luis, por estar comigo desde a primeira disciplina e ter se tornado meu melhor amigo. Ao Maxwell, obrigada por todo amor e cuidado durante esses anos. Agradeço à Anny, minha querida amiga, que em 2022 me levou ao Laboratório de Zoobentos e me ensinou a triar. Obrigada também aos meus amigos que o Zoobentos me deu, Elton, Ryan, Matheus Alencar, Suyan e Matheus Fortaleza. Obrigada por irem raspar *Electroma* no sol quente comigo e por todas as tardes de risadas juntos dividindo a bancada do laboratório. Agradeço também ao Ryan, Loran e Livia que me ajudaram bastante na identificação das algas.

Às minhas melhores amigas, Giovana, Gabriela e Julia, por estarem comigo durante todas as incertezas da adolescência até a fase adulta e serem como irmãs pra mim.

À minha orientadora, Cristina de Almeida Rocha Barreira, que me aceitou no Laboratório de Zoobentos apesar de tanta insistência e perturbação da minha parte. Obrigada por ter se tornado uma segunda mãe para mim e por me mostrar sua paixão por moluscos, que, conseqüentemente, também se tornou minha paixão.

Aos membros da banca examinadora, pelo tempo, atenção e disponibilidade dedicados à avaliação deste trabalho.

Agradecimento especial ao BTS que me mostrou o que é ter esperança mesmo quando eu me sentia completamente perdida.

*“ O homem é parte da natureza e a sua guerra
contra a natureza é, inevitavelmente, uma
guerra contra si mesmo”*

Rachel Carson

RESUMO

A introdução de espécies exóticas invasoras é uma problemática antiga e que afeta os ambientes costeiros há séculos. A incrustação em cascos de navio e o transporte da água de lastro são uma das principais causas da introdução dessas espécies. O *Electroma vexillum* é um molusco bivalve da família Vulsellidae e a sua distribuição original é no Oceano Índico e no Mar Vermelho. Contudo, essa espécie já foi encontrada no Mar Mediterrâneo e na costa do Nordeste brasileiro. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi analisar a ocorrência e a distribuição espacial da espécie *Electroma vexillum* na Enseada do Mucuripe, em Fortaleza/CE. Foram realizadas coletas em sete locais ao longo da costa do Mucuripe, com 3 réplicas em cada local, totalizando, assim, 21 amostras. Como a espécie apresenta o hábito de se fixar em algas marinhas, os locais de coleta foram decididos previamente de acordo com a presença dessas algas em recifes de arenito e em espigões da Enseada. As macroalgas marinhas foram coletadas através de um quadrante de 10x10cm, com o auxílio de uma espátula de aço. Posteriormente, as amostras foram levadas para o laboratório, onde foram congeladas e submetidas à triagem. Em seguida, foi feita a biometria dos organismos através de um estereomicroscópio. O total de indivíduos coletados foi de 1.538. A maior abundância foi encontrada no recife de arenito do Mercado dos Peixes, com o total de 1.465 indivíduos, e a menor abundância foi encontrada nos locais Espigão João Cordeiro e Recife do Labomar, com 0 indivíduos coletados. O teste de Kruskal-Wallis indicou uma diferença significativa na abundância de *E. vexillum* entre as áreas analisadas. O comprimento e a altura da concha apresentaram uma correlação linear positiva significativa ($r = 0,8834$). O menor comprimento observado foi 0,962mm e o maior foi 4,48mm, ambos encontrados no Mercado dos Peixes, que apresentou um comprimento significativamente maior em relação aos outros pontos amostrados. Também foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis para comparar a biomassa e a riqueza de macroalgas entre os locais de coleta, mas não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas. Esses resultados indicam que a espécie encontra-se bem estabelecida no local de estudo, com sua abundância e tamanho variando espacialmente. Entretanto, destaca-se a necessidade da realização de monitoramentos, a longo prazo, que investiguem os fatores que podem influenciar na distribuição da *E. vexillum*, possibilitando um maior entendimento da sua dinâmica populacional e do seu estabelecimento na Enseada do Mucuripe.

Palavras-chave: bioinvasão marinha; espécie exótica; distribuição espacial; moluscos.

ABSTRACT

The introduction of invasive alien species is a long-standing problem that has affected coastal environments for centuries. Bioincrustation on ship hulls and the transport of ballast water are among the main causes of the introduction of these species into marine ecosystems. *Electroma vexillum* is a bivalve mollusk of the Vulsellidae family and its original distribution is in the Indian Ocean and the Red Sea. However, this species has already been found in the Mediterranean Sea and on the northeast coast of Brazil. In this context, the purpose of this study was to analyze the occurrence and spatial distribution of the species *Electroma vexillum* in Enseada do Mucuripe, in Fortaleza, Ceará. Data was collected at seven locations along the Mucuripe coast, with three replicates at each site, totaling 21 samples. Since the species tends to attach itself to seaweed, collection sites were decided in advance based on the presence of marine macroalgae on sandstone reefs and coastal groynes in Enseada do Mucuripe. Marine macroalgae were collected using a 10x10cm quadrant, with the assistance of a steel spatula. Subsequently, the samples were taken to the laboratory, where they were frozen and sorted to separate *E. vexillum* individuals and macroalgae. After that, the organisms were measured using a stereomicroscope. A total of 1,538 individuals were collected. The highest abundance was found on the sandstone reef at Mercado dos Peixes, with a total of 1,465 individuals, and the lowest abundance was found at Espigão João Cordeiro and Recife do Labomar, with 0 individuals. The Kruskal-Wallis test revealed a significant difference in the abundance of *E. vexillum* between the areas analyzed. Shell length and height showed a significant positive linear correlation ($r = 0.8834$). The shortest length observed was 0.962 mm and the longest was 4.48 mm, both found at the Mercado dos Peixes, which had a significantly longer length compared to the other study sites. The Kruskal-Wallis test was also applied to compare biomass and macroalgae richness between collection sites, but no statistically significant differences were found. These results indicate that the species is well established in the study site, with its abundance and size varying spatially. Furthermore, there is a clear need for long-term monitoring to investigate the factors that may influence the distribution of *E. vexillum*, enabling a better understanding of its population dynamics and its establishment in Enseada do Mucuripe.

Keywords: marine bioinvasion; exotic species; spatial distribution; mollusks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Indivíduos de <i>Electroma vexillum</i>	23
Figura 2 - Indivíduo de <i>Electroma vexillum</i> utilizando o bisso para se fixar em macroalga vermelha	24
Figura 3 - Mapa com os locais de coleta situados na Enseada do Mucuripe, em Fortaleza/CE	28
Figura 4 - Quadrante e espátula de aço utilizados para a coleta das amostras de macroalgas e <i>E. vexillum</i>	29
Figura 5 - Acondicionamento das amostras coletadas em sacos plásticos para transporte ao laboratório	29
Figura 6 - Registro dos parâmetros abióticos (temperatura e salinidade) através de termômetro digital e refratômetro	30
Figura 7 - Triagem manual dos indivíduos de <i>E. vexillum</i> em laboratório, com o auxílio de lupa	31
Figura 8 - Representação esquemática da medição da concha de <i>E. vexillum</i> . Abreviaturas: AC - altura da concha; CC - comprimento da concha	32
Figura 9 - Procedimento para retirar a alíquota de amostras com elevado número de indivíduos	32
Figura 10 - Processo de triagem para identificação taxonômica de macroalgas marinhas coletadas nos locais de estudo, na Enseada do Mucuripe, Fortaleza - Ceará	33
Figura 11 - Armazenamento e pesagem das macroalgas marinhas coletadas para posterior secagem em estufa	33
Figura 12 - Abundância absoluta logaritmizada de indivíduos de <i>Electroma vexillum</i> nos locais de coleta, situados na Enseada do Mucuripe, em Fortaleza - Ceará	35
Figura 13 - Relação entre comprimento e altura dos indivíduos de <i>E. vexillum</i> coletados na Enseada do Mucuripe, Fortaleza - Ceará	37
Figura 14 - Média de comprimento da concha de <i>Electroma vexillum</i> observado nos locais de coleta na Enseada do Mucuripe, Fortaleza - Ceará, durante o período de estudo	38
Figura 15 - Classes de tamanho da concha de <i>Electroma vexillum</i> observado nos locais de coleta na Enseada do Mucuripe, Fortaleza - Ceará, durante o período de estudo.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas geográficas (<i>Datum Sirgas 2000</i>) e parâmetros abióticos dos locais de coleta na Enseada do Mucuripe, Fortaleza - Ceará	30
Tabela 2 - Abundância absoluta de <i>E. vexillum</i> observada nos locais de coleta na Enseada do Mucuripe, Fortaleza-Ceará, durante o período de estudo	36
Tabela 3 - Comprimento (mm) da concha de <i>Electroma vexillum</i> observado nos locais de coleta na Enseada do Mucuripe, Fortaleza - Ceará, durante o período de estudo	37
Tabela 4 - Lista taxonômica das macroalgas marinhas amostradas nos locais de coleta ao longo da Enseada do Mucuripe, em Fortaleza - Ceará, durante o período de estudo	39
Tabela 5 - Média e desvio padrão da biomassa seca e úmida (g) de macroalgas marinhas coletadas nos diferentes locais de estudo, na Enseada do Mucuripe. Diferenças entre os locais foram avaliadas por teste de Kruskal–Wallis	40
Tabela 6 - Valores do coeficiente de correlação de Spearman (ρ) entre o número de indivíduos de <i>E. vexillum</i> e as variáveis peso úmido, peso seco e riqueza absoluta de macroalgas	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivos gerais.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1. Bioinvasão.....	17
3.2. Vias de dispersão de espécies não nativas.....	18
3.3. Filo Mollusca.....	20
3.3.1. Classe Bivalvia.....	21
3.3.2. Electroma Vexillum.....	22
3.4. Espécies invasoras no Brasil.....	24
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
4.1 Área de estudo.....	27
4.2 Metodologia em campo.....	28
4.2 Metodologia em laboratório.....	30
4.3 Análise de dados.....	33
5. RESULTADOS.....	35
6. DISCUSSÃO.....	42
7. CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS.....	46

1. INTRODUÇÃO

Uma espécie é considerada exótica quando ela se encontra em um local diferente da sua região de distribuição original. Quando essa espécie consegue se reproduzir e gerar descendentes férteis, ela é considerada uma espécie exótica estabelecida. Entretanto, se a ocorrência dessa espécie ameaçar a biodiversidade nativa e provocar um desequilíbrio ecológico naquele habitat, ela passa a ser classificada como uma espécie exótica invasora (BRASIL, 6ª Conferência Internacional de Diversidade Biológica, 2002).

A bioinvasão pode ocorrer de forma natural, como a partir de furacões, tornados e tsunamis (Van den Burg; Brisbane; Knapp, 2019; Romano *et al*, 2013; Murray *et al*, 2019). Entretanto, as bioinvasões marítimas quase sempre estão ligadas à ações antrópicas, tanto através do uso da espécie para fins ornamentais, como através da água de lastro, da bioincrustação e do lixo marinho.

Há séculos, as espécies exóticas conseguem se transportar de um lugar para o outro através da bioincrustação nos cascos de navios (Souza; Calazans; Silva, 2009). Contudo, a água de lastro foi uma novidade aplicada no fim do século XX, sendo amplamente utilizada para o equilíbrio e a compensação de peso em navios. A partir disso, com a descarga de água de um porto para outro, o fenômeno de invasões biológicas em águas costeiras foi crescendo rapidamente (Carlton, 1992). Além disso, a disseminação do lixo plástico contribuiu para que as espécies exóticas invasoras pudessem se transportar e se estabelecer (Souza; Calazans; Silva, 2009).

A problemática da introdução de espécies exóticas marinhas por ações antrópicas é bastante antiga. Dessa forma, é muito difícil avaliar o impacto que uma determinada espécie pode causar em um ecossistema e quantos indivíduos de fato foram introduzidos. Não são todas as espécies que conseguem se estabelecer em um novo ambiente. Há uma teoria que propõe que 10% das espécies introduzidas conseguem se estabelecer e somente 10% dessas espécies causam algum tipo de desequilíbrio ambiental (Silva *et al*, 2008). Apesar disso, todos os anos ocorrem novas descobertas de bioinvasões no Brasil. Contudo, não se pode afirmar se

esse fenômeno está associado a um aumento no número de espécies introduzidas ou se é apenas resultado de investigações científicas mais intensas (Souza; Calazans; Silva, 2009).

A ocorrência de espécies exóticas invasoras é a segunda maior causa da perda de biodiversidade em escala global, perdendo apenas para a fragmentação de habitats. Atualmente, ela é um grande desafio para a conservação dos recursos naturais (Filho *et al*, 2023). O perigo associado à introdução de uma espécie exótica é que a maior parte desses organismos têm uma menor exigência ambiental, devido à ausência de predadores e de competidores naturais. Dessa forma, eles acabam desenvolvendo uma maior facilidade em se reproduzir e/ou em predação a fauna nativa, reduzindo a diversidade genética, inserindo novos parasitas e, conseqüentemente, causando um grande desequilíbrio ecológico no ecossistema em questão, além de prejuízos econômicos para a sociedade (Brasil, 2007).

O Brasil apresenta um histórico antigo de bioinvasões, sendo elas terrestres e marinhas. Um grande exemplo de bioinvasão terrestre é a do caramujo africano (*Lissachatina fulica*), um molusco gastrópode que foi trazido ao Brasil para fins gastronômicos. Porém, devido ao fracasso do seu uso como alimento, os criadouros de caracol africano foram abandonados e os animais foram liberados na natureza. Atualmente, o caracol africano está presente em quase todos os estados do país (Thiengo *et al*, 2007). Já em relação às bioinvasões marinhas, destaca-se o exemplo do coral-sol, representado por duas espécies, *Tubastraea coccinea* e *Tubastraea tagusensis*. Desde a década de 1980, essas espécies conseguiram se estabelecer nas águas do Rio de Janeiro, se incrustando nas plataformas de petróleo e se dispersando em um alto nível. Nos dias atuais, o coral-sol encontra-se distribuído ao longo de mais de três mil quilômetros da costa brasileira (Oigman-Pszczol *et al*, 2017).

O filo Mollusca é composto por aproximadamente 100 mil espécies conhecidas atualmente e mais de 70 mil conhecidas apenas através de registros fósseis. Somente a classe Bivalvia possui mais de 9 mil espécies. Dentre essas estão os mariscos, as vieiras, os mexilhões e as ostras e, diferentemente dos gastrópodes, não existem bivalves terrestres (Pechenik, 2016). O *Electroma vexillum* (Reeve, 1857) é um molusco bivalve da família Vulsellidae (Linnaeus, 1758) e sua distribuição original é no Oceano Índico (Oliver, 1992) e no Mar Vermelho (Dekker; Orlin, 2000). Contudo, essa espécie já foi encontrada no Mar Mediterrâneo (Çevik *et al*, 2008) e na costa do Nordeste brasileiro (Rocha-Barreira *et al*,

2025). Esse bivalve possui uma concha bem pequena, frágil, semi-transparente, desigual e com finas linhas marrons em formato de zigue-zague (Çevik *et al*, 2008). A espécie vive normalmente fixada a campos de algas ou angiospermas marinhas, próxima a substratos duros (Oliver, 1992).

O estudo de invertebrados no Brasil ainda é muito limitado. Quando comparado ao número de espécies de invertebrados existentes no mundo, o número de espécies devidamente registradas e descritas é muito inferior. Nesse contexto, com a escassez de estudos nessa área, é muito mais difícil conseguir realizar o rastreamento adequado das bioinvasões (Amaral; Jablonski, 2005; Junqueira *et al*, 2009). Dentre os principais bivalves exóticos invasores conhecidos no Brasil estão o *Isognomon bicolor* (Nunes, 2022), *Perna Viridis* (Beltrão *et al*, 2024), *Limnoperna fortunei* (Marangoni, 2023) e o *Mytilopsis leucophaeata* (Freitas, 2009), sendo o *Electroma vexillum* registrado apenas em 2022 (Rocha-Barreira *et al*, 2025). Dessa forma, é de extrema importância ampliar os estudos acerca da biologia e ecologia da espécie, com o objetivo de avaliar sua ocorrência e entender como o *Electroma vexillum* está se comportando no novo ambiente.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Avaliar a ocorrência, distribuição espacial e aspectos populacionais da espécie exótica *Electroma vexillum* na Enseada do Mucuripe, em Fortaleza - Ceará.

2.2 Objetivos específicos

- Investigar a distribuição espacial do *E. vexillum* em áreas de substrato rochoso da Enseada do Mucuripe, focando na área de estabelecimento da espécie.
- Avaliar a estrutura de tamanho da espécie nos diferentes locais amostrados ao longo da Enseada do Mucuripe.
- Analisar a relação da riqueza e biomassa de macroalgas marinhas com a abundância dos indivíduos de *E. vexillum*.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Bioinvasão

Um ecossistema geralmente é composto por espécies nativas, espécies endêmicas e espécies recém chegadas. As espécies nativas são os organismos naturais daquela região e que desempenham um papel ecológico fundamental. As espécies endêmicas são aquelas que estão restritas à determinadas áreas. Já as espécies recém-chegadas são aquelas provenientes de outras localidades que podem chegar no novo ambiente de forma natural, como a dispersão de sementes, ou de forma antrópica (Carlton, 1987).

Espécies exóticas são todos os organismos que não tem registro anterior em determinado local (Committee on ship 's ballast operations, 1996). Contudo, há uma diferença entre uma espécie apenas exótica e uma espécie exótica que é também invasora. Segundo Lopes e Villac (2009), as espécies introduzidas são classificadas em três categorias, sendo elas, exótica, nativa e criptogênica. Uma espécie criptogênica é uma espécie que, devido a falta de estudos e registros, tem sua origem desconhecida. Dessa forma, não se pode afirmar se ela é nativa ou exótica daquela região (Carlton, 1996). Além da divisão entre exótica, nativa e criptogênica, Lopes e Villac (2009) dividiram as espécies exóticas, de acordo com o seu potencial de invasão no ambiente, nas seguintes categorias: contida, detectada em ambiente natural, estabelecida e invasora.

Outra definição utilizada é que espécies exóticas são organismos fora de sua distribuição natural e que podem se adaptar nessa nova área. Além disso, essas espécies não chegariam nessa nova região sem a interferência do ser humano, sendo ela direta ou indiretamente (NISC, 2012). Contudo, para a espécie ser considerada invasora, ela precisa impactar negativamente na economia, no meio ambiente ou na saúde (National Invasive Species Council, 2006).

A capacidade que uma espécie exótica possui de invadir uma nova região depende dos fatores abióticos e bióticos do ecossistema e também das características específicas que essas espécies possuem. A principal característica desse novo ecossistema em que a espécie exótica foi inserida é que, geralmente, não há um predador natural ou um competidor para essas espécies. Dessa forma, na maioria das vezes, as espécies exóticas conseguem se estabelecer

muito bem no novo habitat e, conseqüentemente, se alastrar de formas desproporcionais às espécies nativas (Reusch, 1998; Perrings, 2002).

Já em relação às características específicas que as espécies recém chegadas apresentam para garantir seu sucesso no novo local, se tem a ampla variabilidade genética, o tamanho do organismo (Roy; Jablonski; Valentine, 2002) e a capacidade de se adaptar em diferentes ambientes (Ruiz, 1997; Grosholz e Ruiz 2003). Além disso, muitos organismos invasores possuem um curto ciclo de vida, conseqüentemente, apresentam ciclo reprodutivo mais rápido, liberando uma grande quantidade de gametas em um único período reprodutivo. Por fim, alguns organismos, como os bivalves, apresentam uma distribuição agregada, o que facilita a reprodução e sobrevivência dos indivíduos (Penchaszadeh, 2005). Nesse contexto, os moluscos marinhos apresentam essas características com uma ampla capacidade adaptativa, que permite o seu sucesso reprodutivo nos diferentes ambientes (Liang, Zhang e Li, 2024).

A introdução de espécies exóticas é considerada uma das maiores causas da perda de biodiversidade no mundo todo (Convenção sobre diversidade biológica, 2023). Alguns processos que podem ocorrer após a bioinvasão são: a predação das espécies nativas, a hibridização entre espécies, a variação na teia trófica e a exclusão da competição entre algumas espécies nativas (Berman *et al*, 1992; Huxel, 1999). Logo, a bioinvasão desses organismos afeta diretamente o equilíbrio ecológico que existia anteriormente, extinguindo, de forma rápida e massiva, espécies naturais e, em alguns casos, prejudicando ecossistemas inteiros (Santos e Lamonica, 2008). A bioinvasão de moluscos, especificamente, não representa uma ameaça apenas para o meio ambiente, sendo responsável, também, por afetar algumas atividades humanas, gerando graves prejuízos econômicos, como por meio da vedação de tubulações de água e da deterioração de cascos de navio (Santos e Lamonica, 2008; Carlton, 1992; Teixeira *et al*, 2010).

3.2. Vias de dispersão de espécies não nativas

Todas as espécies de animais, plantas, fungos e outros organismos, utilizam das mais diversas formas de dispersão para a sua disseminação e sucesso reprodutivo ao longo dos ecossistemas. Logo, as espécies exóticas também utilizam de várias vias para sua dispersão. A bioinvasão pode ocorrer de forma intencional ou acidental e é bastante intensificada pelas

ações antrópicas. A partir do século XV, com as grandes navegações e o tráfico de escravos, o tráfego de embarcações atravessando os continentes só aumentou cada vez mais. Dessa forma, a bioincrustação nos cascos de navios se tornou uma forte via para a introdução de espécies não nativas. Entretanto, com a substituição do lastro sólido e a utilização da água de lastro para o equilíbrio e segurança das embarcações, uma nova forma para disseminação surgiu (Souza *et al*, 2009). Além da água de lastro e da bioincrustação, existem diversas outras formas de dispersão, como o lixo marinho, o aquarismo e o descarte de iscas vivas (Freire e Marafon, 2018)

Segundo Da Gama *et al* (2009), a definição de bioincrustação marinha é o processo resultante da colonização de bactérias, algas ou invertebrados sésseis sobre as mais diversas superfícies submersas, sendo elas naturais ou artificiais. Muitas espécies marinhas têm essa capacidade de fixação em um substrato consolidado resultante das suas adaptações à ação das ondas, estratégia de vida, nutrição e habilidades competitivas. O plâncton, nécton e até o próprio bentos podem servir de substrato para esses organismos epibiontes (Da Gama; Pereira; Coutinho, 2009). Dessa forma, a bioincrustação em cascos de navios ou barcos de madeira foi um dos primeiros vetores de bioinvasões já ocorridas (Souza; Calazans; Silva, 2009).

Um dos métodos para impedir a bioincrustação em navios foi a criação de uma tinta anti-incrustante. Contudo, esse método não é totalmente eficaz devido a não utilização da tinta em todas as partes do navio. Além disso, a raspagem das estruturas das plataformas geralmente é realizada em locais distantes do seu ponto inicial, o que facilita a proliferação de espécies exóticas (Souza; Calazans; Silva, 2009).

Além dos organismos marinhos e superfícies rochosas, as espécies epibiontes podem utilizar também de diversos tipos de materiais sólidos flutuantes, como o plástico, a madeira, o isopor e alguns materiais orgânicos, para se estabelecer. A partir disso, conseqüentemente, esses organismos chegam em novos ambientes, já que esses materiais são facilmente dispersos pelos oceanos (Souza *et al*, 2009). Dessa forma, após a década de 1990, o lixo se tornou mais uma via utilizada para bioinvasões marinhas, e com o crescimento na produção de plástico, o problema se tornou cada vez maior (Souza; Calazans; Silva, 2009).

No passado, para manter o equilíbrio do navio quando a embarcação estava vazia, o lastro sólido era amplamente utilizado. Eram utilizadas pedras, areia, madeira ou qualquer outro tipo de material que pudesse servir para dar peso. Quando o navio chegava ao porto de destino, o lastro era retirado e substituído pela mercadoria. Entretanto, esse tipo de lastro causava instabilidade na embarcação. Dessa forma, no fim do século XIX, houve uma melhoria na estrutura dos navios e a água do mar passou a ser utilizada como lastro, porém essa prática não foi amplamente utilizada até o século XX. A água de lastro não é apenas a água do mar e sim toda a composição de organismos, larvas, espécies e sedimentos que acidentalmente foram retidos e que, conseqüentemente, foram transferidos de uma região para outra (Silva Santos e Lamonica, 2008).

De acordo com o estudo de Carlton e Geller (1993), foi estimado que cerca de 10 bilhões de toneladas de água de lastro são transportadas por ano e cerca de 3 mil espécies de organismos são transportados por dia no mundo. Além disso, apenas um navio de carga pode exceder 150 mil toneladas de água de lastro (Silva Santos e Lamonica, 2008), sendo assim, a quantidade do transporte de espécies ao longo do globo é preocupante. Apesar da água de lastro ser uma das principais vias de dispersão para espécies exóticas, existem diversas outras vias que podem ser responsáveis, como organismos livres ou incrustantes em bóias de navegação ou outros flutuantes, a abertura de canais e dutos, o descarte irregular de organismos de aquários, a pesca e a maricultura (Lopes, 2009).

3.3. Filo Mollusca

O filo Mollusca é um dos mais conhecidos do grupo de invertebrados. A quantidade de moluscos registrados soma em mais de 100 mil espécies, além de mais de 70 mil espécies em registros fósseis. Estima-se que apenas 50% dos moluscos vivos foram descritos pela ciência (Pechenik, 2016).

O termo Mollusca se refere a característica fisiológica que esses animais têm em possuir o corpo mole (Hickman Jr e Cleveland, 2004). Esses organismos possuem um grande diferencial na história evolutiva, que é a criação de uma concha calcária que protege a sua parte mole. Nesse contexto, esses animais conseguiram ser fossilizados desde o período Cambriano (Blankensteyn, 2010). Dentre os moluscos conhecidos, todas as classes são compostas, em sua maioria, por animais marinhos. Contudo, alguns grupos de bivalves e

gastropodes podem viver em água doce. Além disso, apenas os gastropodes possuem espécies terrestres (Blankensteyn, 2010).

Os moluscos constituem um grupo bastante diversificado, abrangendo animais como polvos, lulas, mariscos, caracóis e lesmas, podendo variar também entre animais sésseis, livre-natantes e reptantes (Ruppert *et al.*, 2005). Entretanto, apesar das diferenças, todos os animais possuem características semelhantes que compõem o filo, como o manto que secreta o tecido mole por todo o corpo, a cavidade do manto que é uma invaginação que abriga os sistemas digestivo, excretor e genital do animal e a rádula, que é uma placa dentária que raspa o alimento e o leva ao trato digestivo (Blankensteyn, 2010).

O filo Mollusca ainda é composto por 8 classes. As maiores classes Gastropoda, Bivalvia e Cephalopoda, os Polyplacophora, também conhecidos como quítons, os Scaphopoda, os Monoplacophora, os Caudofoveata e os Solenogastres (Brusca e Brusca, 2007).

3.3.1. Classe Bivalvia

A classe dos bivalves possui atualmente mais de 9 mil espécies, sendo distribuídas entre mariscos, vieiras, mexilhões e ostras (Pechenik, 2016). A principal característica dessa classe é uma concha articulada formada por duas valvas e unidas por ligamentos e músculos adutores. Outras características marcantes da classe são a falta de cefalização, a ausência de uma rádula, devido ao comportamento filtrador, e um estilo de vida mais sésil (Pechenik, 2016).

Existem espécies de bivalves tanto na água salgada quanto na água doce, além de estarem presentes em todas as profundidades dos ambientes marinhos (Brusca e Brusca, 2007). Como a maioria desses animais se alimentam por filtração, não existem bivalves terrestres (Hickman Jr e Cleveland, 2004). A maioria dos bivalves é sedentária e depende dos cílios branquiais para coletar a água, através da cavidade do manto, e se alimentar de fitoplâncton e pequenas partículas presentes na água (Pechenik, 2016; Hickman Jr e Cleveland, 2004).

Já os Tereidinídeos (teredos) são uma família de bivalves que possuem conchas modificadas e escavam a madeira para se alimentar de partículas presentes nela (Blankensteyn, 2010; Hickman Jr e Cleveland, 2004). Outro grupo de bivalves diferenciados é o dos Septibranchia. Essa ordem é formada por bivalves predadores que capturam pequenos crustáceos ou partículas orgânicas através de rápidos influxos de água. (Hickman Jr e Cleveland, 2004).

3.3.2. *Electroma Vexillum*

A família Vulsellidae, pertencente à classe Bivalvia, é composta por animais com uma distribuição global. Contudo, muitas espécies dessa família são consideradas invasoras (Bérgamo *et al*, 2025). O gênero *Electroma* faz parte dos Vulsellidae e a maioria das espécies do gênero podem ser encontradas em águas marinhas rasas de 0 a 20 metros (Oliver, 1992), com exceção da *Electroma Zebra*, que já foi encontrada em uma profundidade de 150m, na China (Bernard; Cai; Morton, 1993).

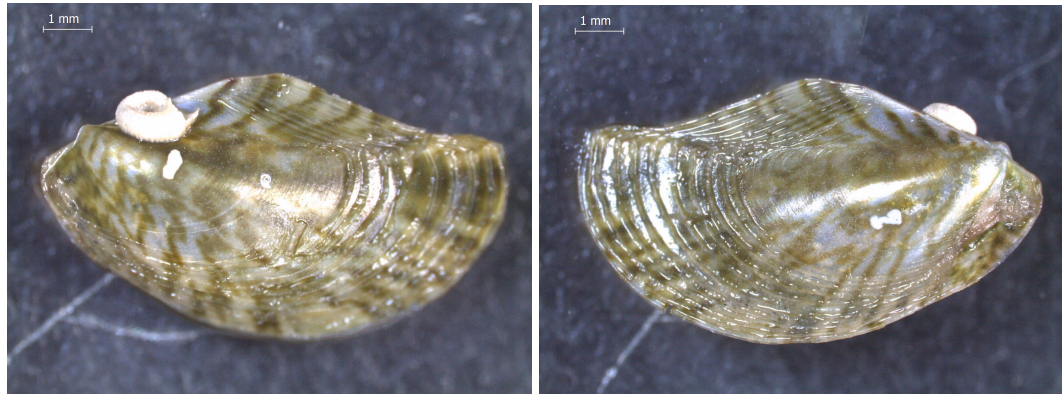
O bivalve *Electroma Vexillum* (Reeve, 1857) é uma espécie nativa do Oceano Índico, com distribuição original no Mar Vermelho e no Golfo Pérsico (Oliver *et al*, 2023; Dekker e Orlin, 2000; Asha *et al*, 2016). A espécie já foi registrada fixada à bancos de angiospermas marinhas (Asha *et al*, 2016), macroalgas marinhas (Oliver *et al*, 2023; De la Cruz, 2025), plástico, substratos de cascalho (Rocha-Barreira *et al*, 2025) e hidróides (Çevik *et al*, 2008). Devido às mais diferentes vias de dispersão, a *Electroma vexillum* é considerada uma espécie exótica invasora no mar Mediterrâneo e no Oceano Atlântico (Çevik *et al*, 2008; Borrero & Díaz, 1998; Zenetos *et al*, 2010).

No Golfo do Mediterrâneo Oriental, na Turquia, foi encontrada uma pequena colônia de *E. vexillum* fixada às paredes de um canal de drenagem de água. Os indivíduos estavam aderidos ao cimento e aos hidróides do canal (Çevik *et al*, 2008). No Atlântico Ocidental, na Colômbia, a espécie foi registrada fixada em hidróides e algas marinhas do gênero *Sargassum*. Além disso, a espécie também foi encontrada na Venezuela, no trato gastrointestinal de peixes da família Ariidae (bagres), e associada a detritos de praia (Borrero & Díaz, 1998; Riera *et al*, 1995). Recentemente, no ano de 2024, a espécie foi registrada pela primeira vez em Israel. Nesse caso, a espécie se encontrava próxima a uma estação petrolífera e em um substrato macio, diferente dos outros registros já relatados (Albano *et al*, 2024). No

Brasil, a espécie teve seu primeiro registro em 2022 nos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte (Rocha-Barreira *et al*, 2025) e continua sendo observada em outros estados, como em Pernambuco, na Praia de Boa Viagem (Bérgamo *et al*, 2025).

A *Electroma vexillum* (Figura 1) possui uma concha pequena (atingindo no máximo 10mm de comprimento), frágil e semi transparente. Além disso, suas conchas são inequivalves, ou seja, ambas as valvas não possuem o mesmo tamanho. A valva direita é convexa e se sobrepõe sob a esquerda (Çevik *et al*, 2008). A espécie possui concha em padrões de ziguezague e com uma coloração marrom, contudo, os indivíduos apresentam uma grande variabilidade no padrão de formato e de cor (Rocha-Barreira *et al*, 2025).

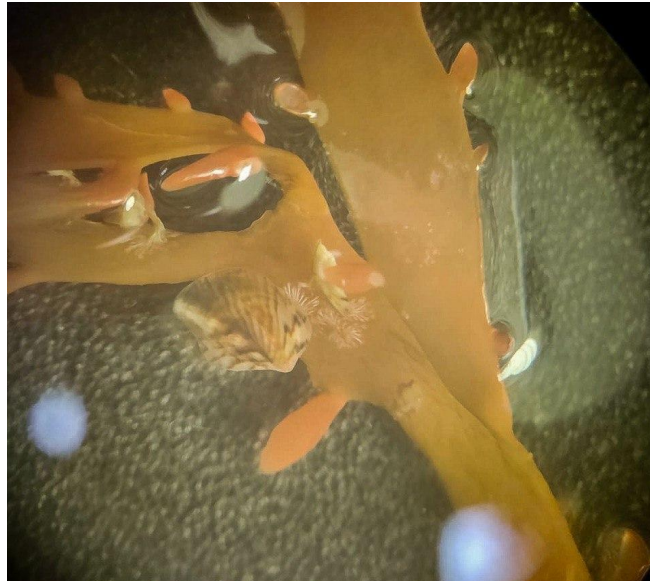
Figura 1 - Indivíduos de *Electroma vexillum*.



Fonte: Autora

A *E. vexillum* é frequentemente encontrada em águas rasas, fixada por um bisso em pradarias marinhas, algas, hidróides e rochas naturais ou artificiais. A espécie vive em temperaturas entre 22°C a 36°C e salinidade entre 34 a 37 (Çevik *et al*, 2008; Asha *et al*, 2016). O bisso é um conjunto de filamentos secretados por glândulas presentes no pé de determinados bivalves (Figura 2). Esses filamentos são compostos em sua maioria por colágeno e polifenólicos hidrófilos, que são proteínas com propriedades adesivas (Brady *et al*, 2001). Nesse contexto, o bisso é uma importante adaptação dos bivalves, cujo objetivo principal é de auxiliar na fixação do indivíduo em rochas ou outras superfícies, evitando assim, a ação das ondas (Matsui *et al*, 2001).

Figura 2- Indivíduo de *Electroma vexillum* utilizando o bisso para se fixar em macroalga vermelha.



Fonte: Loran Honório da Silva.

As espécies do gênero *Electroma* se alimentam das microalgas presentes na coluna d'água, através da filtração (Chasqui, 2023). Todavia, o papel ecológico dessa espécie ainda é pouco documentado (Bérgamo *et al*, 2025). Algumas espécies exóticas se beneficiam de mudanças antropogênicas para se estabelecer em um novo ambiente, como através da poluição, da eutrofização e da hipóxia (Bérgamo *et al*, 2025). No norte do Caribe colombiano, uma espécie do gênero *Electroma* cobriu diversos bancos de algas e ocupou quase todo o espaço disponível, dificultando assim, o estabelecimento de espécies nativas (Castellanos, 1997).

3.4. Espécies invasoras no Brasil

A primeira alusão à introdução de espécies não nativas foi em 1908, no Mar do Norte, situado na costa da Noruega e da Dinamarca, com o crescimento de uma alga endêmica do oceano Indo-Pacífico. Foi apenas 70 anos depois do ocorrido que começaram a estudar a água de lastro em navios (MEDCOF, 1975). No Brasil, a introdução de espécies exóticas está ligada aos avanços tecnológicos. Souza, Calazans e Silva (2009) dividem a bioinvasão no Brasil em três fases. A primeira fase se inicia com a chegada de vários navios ao país, devido a colonização e ao tráfico de escravos. Nessa fase, diversas espécies exóticas conseguiram chegar ao país através da bioincrustação nos cascos desses navios e três espécies conseguiram se estabelecer sendo elas, o mexilhão *Perna Perna*, o vibrião da cólera e a *Styela plicata*, uma espécie de ascidia (Souza; Calazans; Silva, 2009).

Já a segunda fase da bioinvasão no Brasil foi caracterizada pelo aumento no comércio marítimo e o início da utilização de água de lastro para o equilíbrio dos navios. A terceira e última fase se inicia no século XX e se prolonga até os dias de hoje com o aumento de pesquisas científicas acerca da bioinvasão e conseqüentemente um maior conhecimento das espécies exóticas invasoras (Souza; Calazans; Silva, 2009). No Ceará, o primeiro registro de espécie exótica foi datado em 2005, o decápode *Charybdis hellerii* (Bezerra & Almeida, 2005). Logo, pode-se concluir que as pesquisas relacionadas à introdução de espécies exóticas ainda são muito recentes (Miranda; Freire; Matthews-Cascon, 2013).

Atualmente, um dos casos mais conhecidos de introdução de peixes exóticos no Brasil foi o *Pterois volitans*, o Peixe-leão. Essa espécie se alastrou pelo litoral brasileiro de uma forma preocupante, devido ao seu histórico de ser um predador voraz (Soares *et al*, 2023). Outros casos de peixes invasores bastante conhecidos são o do tucunaré (*Cichla ocellaris*), espécie nativa da bacia amazônica, mas exótica nos outros estados do Brasil, e da tilápia (*Oreochromis niloticus*), espécie nativa do continente africano (Rosa e Groth, 2004; Leão *et al*, 2011). Além disso, vale destacar também a bioinvasão do coral sol. O termo coral- sol é utilizado para se referir às duas espécies de corais do gênero *Tubastraea* spp nativas do Oceano Pacífico. Esses organismos foram registrados pela primeira vez no país na década de 80, incrustados em plataformas de petróleo e gás no Rio de Janeiro. A partir disso, até os dias de hoje, as espécies já foram registradas em mais de 20 municípios, de Santa Catarina até Sergipe, e já causaram diversos impactos para as comunidades de animais nativos (Oigman-Pszczol *et al*, 2017).

Segundo Freire e Marafon (2018), as cinco principais espécies de moluscos exóticos que foram introduzidas nos ecossistemas aquáticos do Brasil são: o mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*), a amêijoia-asiática (*Corbicula fluminea*), o mexilhão marrom (*Perna perna*), o caramujo trombeta (*Melanoides tuberculatus*) e o *Isognomon bicolor*, exceto o caramujo trombeta todas são da classe dos bivalves. O mexilhão dourado trouxe diversos impactos negativos ao setor econômico, como a redução da espessura e o entupimento das tubulações de abastecimento de água e o bloqueio dos filtros em sistemas de resfriamento de turbinas para geração de energia. Além disso, o mexilhão dourado ainda disputa espaço com espécies nativas e muitas vezes as elimina (Silva Santos e Lamonica, 2008). Nesse contexto, para estimar todo o impacto que uma espécie invasora causa é necessário somar os custos dos

impactos ecológicos e econômicos com os custos de prevenção, controle e manejo da espécie (Oigman-Pszczol *et al*, 2017).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

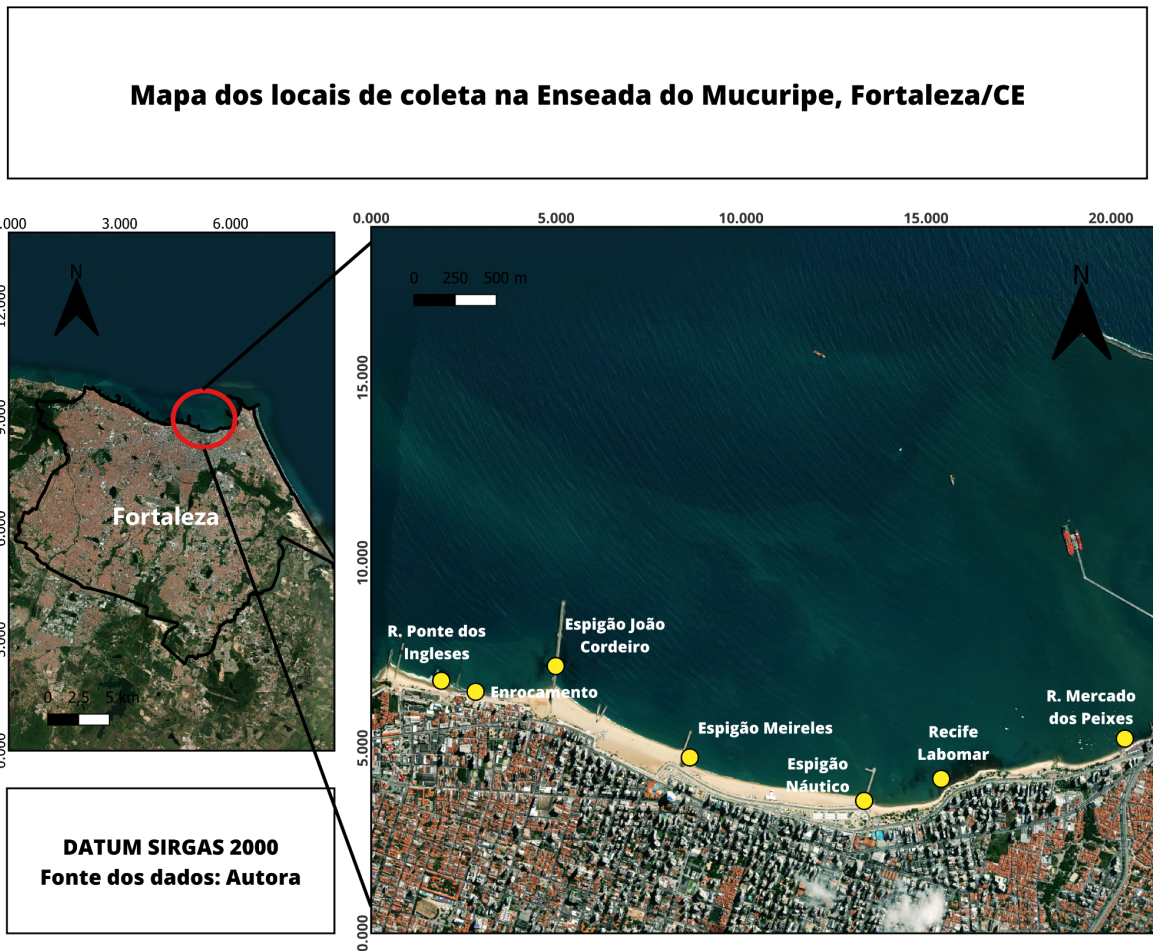
4.1 Área de estudo

A Enseada do Mucuripe corresponde ao litoral noroeste de Fortaleza, a região se limita entre a Ponta do Mucuripe e a Praia de Iracema (Morais, 1981). Além da faixa de praia arenosa, essa região também possui dois tipos de formações de material consolidado, sendo eles os afloramentos rochosos e os recifes de arenito (Smith e Morais, 1984).

Essa região sofreu bastante ao longo dos anos com processos de erosão, tanto naturais, como antrópicos (Morais, 1981). A Enseada do Mucuripe está exposta a poluição intensiva e difusa. A poluição intensiva ocorre porque os poluentes têm sua origem identificada e são lançados de forma constante pelas atividades portuárias, pesqueiras e infraestruturas sanitárias mal eficientes. Já a poluição difusa ocorre devido a diversas outras fontes de poluição, mais difíceis de identificar sua origem, como algumas atividades no cais pesqueiro ou dejetos de esgotos e riachos (Vasconcelos, 1985).

Além disso, dentro da Enseada também há a presença do Porto do Mucuripe, funcionando há mais de meio século na costa cearense (Maia *et al*, 1998). Com a construção do Porto, a dinâmica sedimentar da região foi sofrendo diversas modificações ao longo dos anos. Tudo isso resultou na construção de muros ou espigões, ao longo da orla, com o objetivo de conter a erosão nessa área (Maia *et al*, 1998; Fachine, 2007). Nesse contexto, a área de estudo foi estabelecida em uma parte da Enseada do Mucuripe, iniciando na Ponte dos Ingleses, na Praia de Iracema, e terminando no Mercado dos Peixes, na Praia do Mucuripe (Figura 3).

Figura 3 - Mapa com os locais de coleta situados na Enseada do Mucuripe, em Fortaleza/CE.



Fonte: Autora.

4.2 Metodologia em campo

Foram delimitados 7 locais de coleta na área da Enseada do Mucuripe: 1. Recife da Ponte dos Ingleses; 2. Enrocamento da Ponte dos Ingleses; 3. Espigão da Rua João Cordeiro; 4. Espigão da Rui Barbosa; 5. Espigão menor do Náutico; 6. Recife em frente ao Labomar; 7. Mercado dos Peixes (Figura 3). A amostragem foi realizada em 3 dias, sendo eles 29 e 30 de maio e 18 de junho de 2025. Como a espécie *E.vexillum* tem o hábito de se fixar à macroalgas marinhas (Çevik *et al*, 2008), os locais de coleta foram escolhidos baseados na presença dessas algas em sedimentos rochosos ao longo da Enseada do Mucuripe, sendo eles naturais ou artificiais. Em cada local foram realizadas 3 réplicas aleatórias (A, B e C), totalizando assim 21 amostras.

A coleta dos indivíduos foi delimitada com um amostrador quadrado de metal (10x10cm) e as macroalgas foram raspadas com o auxílio de uma espátula de aço (Figura 4).

O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos (Figura 5) e posteriormente levado ao laboratório para congelamento, triagem, contagem e identificação dos indivíduos.

Figura 4 - Quadrante e espátula de aço utilizados para a coleta das amostras de macroalgas e *E. vexillum*.



Fonte: Autora

Figura 5 - Acondicionamento das amostras coletadas em sacos plásticos para transporte ao laboratório.



Fonte: Autora

Já na coleta de dados abióticos, os valores da temperatura da água foram obtidos a partir de um termômetro digital e a salinidade da água foi medida através de um refratômetro medidor de Brix (Figura 6). Além disso, as coordenadas geográficas de cada ponto foram registradas através do uso de GPS.

Figura 6 - Registro dos parâmetros abióticos (temperatura e salinidade) através de termômetro digital e refratômetro.



Fonte: Autora

As coordenadas geográficas e os parâmetros abióticos dos sete locais de coleta estão registrados na Tabela 1. A temperatura variou entre 27.5°C a 33.4°C (mínima e máxima). Já a salinidade variou entre 35 a 37 g/L.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas (*Datum Sirgas 2000*) e parâmetros abióticos dos locais de coleta na Enseada do Mucuripe, Fortaleza - Ceará.

Local	Latitude	Longitude	Temperatura (°C)	Salinidade (g/L)
R. Ponte Ingleses	-3.717850	-38.517719	33.4	37
Enrocamento p. ingleses	-3.718453	-38.515842	30.5	37
Espigão João Cordeiro	-3.717050	-38.511461	27.5	37
Espigão Meireles	-3.722039	-38.504131	27.9	35
Espigão Náutico	-3.724411	-38.494600	28.2	36
Recife Labomar	-3.723211	-38.490389	32.6	35
R. Mercado dos Peixes	-3.721011	-38.480350	30.5	37

Fonte: Autora

4.2 Metodologia em laboratório

As amostras foram levadas ao Laboratório de Zoobentos, no Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR; UFC), e congeladas para serem posteriormente triadas. Com auxílio de lupas, placas de petri e pinças, as amostras foram manualmente triadas para a separação dos demais organismos bentônicos, dos indivíduos de *Electroma vexillum* e das macroalgas marinhas (Figura 7). Depois disso, através de um estereomicroscópio, as espécies de *E. vexillum* foram medidas conforme Vasconcelos e Gaspar (2017) (Figura 8). Foram medidas a altura a partir do umbo do animal em uma linha vertical até o fim da concha e o comprimento da distância máxima entre as duas extremidades da concha.

Figura 7 - Triagem manual dos indivíduos de *E. vexillum* em laboratório, com o auxílio de lupa.



Fonte: Autora

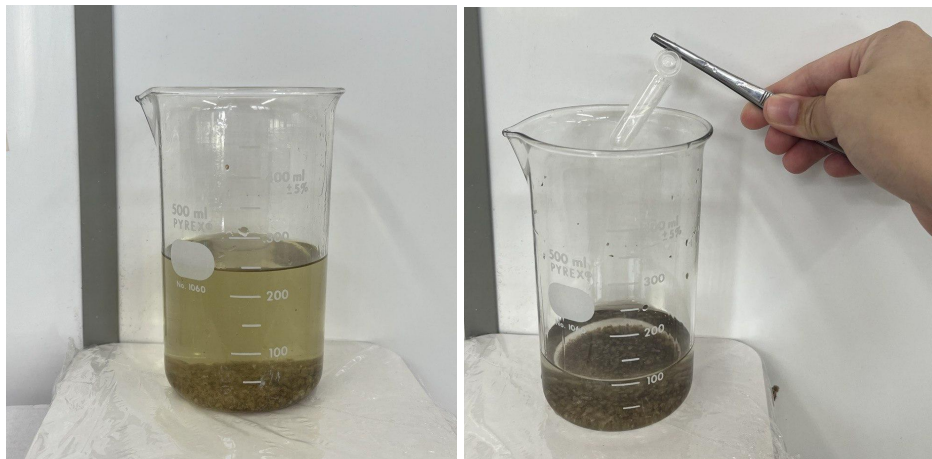
Figura 8 - Representação esquemática da medição da concha de *E. vexillum*. Abreviaturas: AC - altura da concha; CC - comprimento da concha.



Fonte: Autora

Amostras com elevado número de indivíduos foram sub amostradas. Para isso, toda a amostra foi colocada em um béquer (Figura 9) e constantemente agitada. Enquanto o béquer estava sendo agitado, foi colocado, com o auxílio de uma pinça, um microtubo Eppendorf para coletar uma alíquota da amostra (Figura 9). As conchas coletadas que estavam sem as partes moles ou quebradas não foram levadas em consideração para contagem e medição.

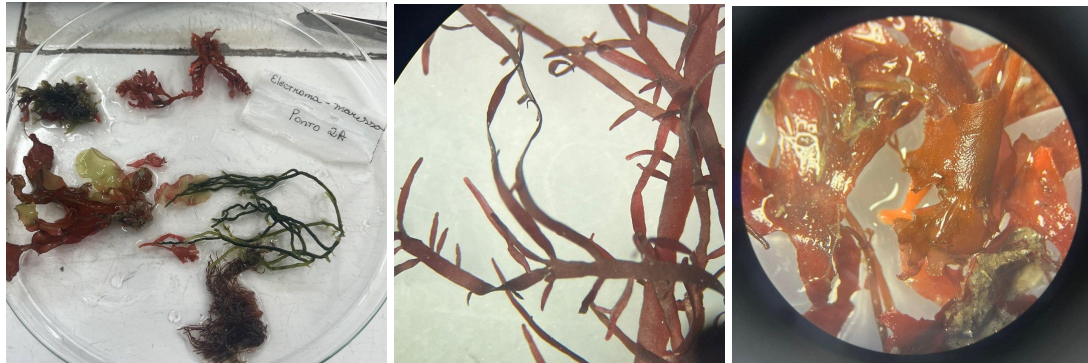
Figura 9 - Procedimento para retirar a alíquota de amostras com elevado número de indivíduos.



Fonte: Autora

As macroalgas marinhas foram identificadas até o menor nível taxonômico possível, utilizando artigos científicos e bibliografia especializada, como Nassar (2012), Ferreira *et al.* (2020), Pedrini *et al.* (2023) e Holanda *et al.* (2020) (Figura 10).

Figura 10 - Processo de triagem para identificação taxonômica de macroalgas marinhas coletadas nos locais de estudo, na Enseada do Mucuripe, Fortaleza - Ceará.



Fonte: Autora.

Para cálculo de biomassa, as algas foram colocadas em recipientes de alumínio (Figura 11), pesadas em uma balança analítica e colocadas para secar em uma estufa de secagem de plantas a 60°C até estarem completamente secas. Depois de secas, as macroalgas marinhas foram pesadas novamente para a comparação do peso úmido e seco e cálculo de biomassa.

Figura 11 - Armazenamento e pesagem das macroalgas marinhas coletadas para posterior secagem em estufa.



Fonte: Autora.

4.3 Análise de dados

Inicialmente, a abundância de organismos, o tamanho da concha de *E. vexillum* e os dados de riqueza e biomassa de macroalgas foram tabulados, através do Excel, e testados quanto aos pressupostos de normalidade e homogeneidade (Shapiro Wilk Test e Levene Test,

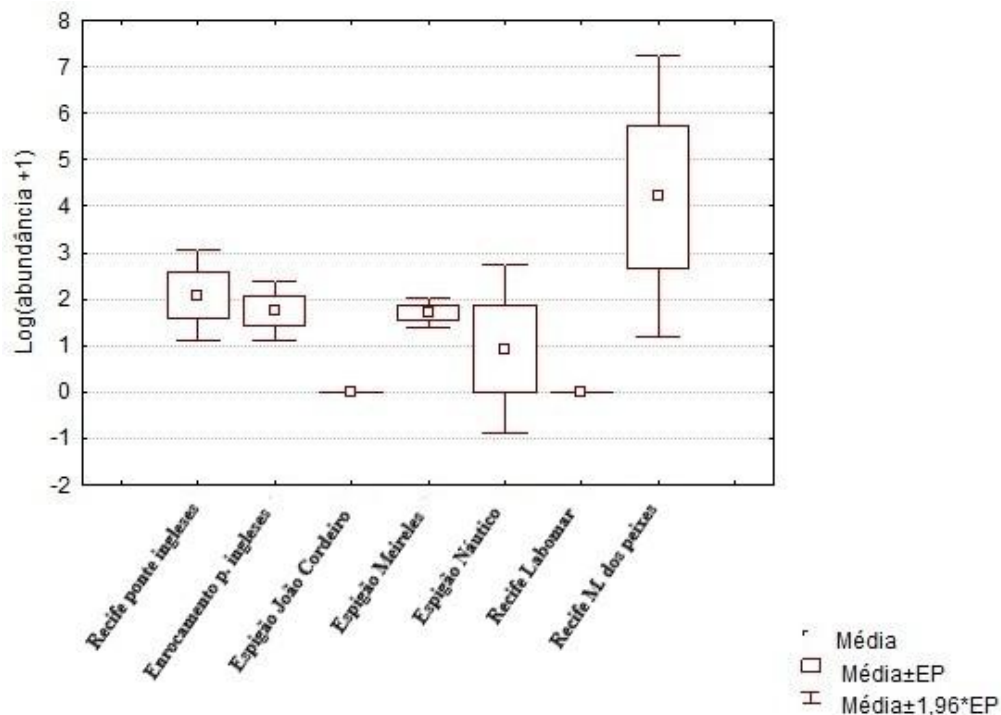
respectivamente). Como estes não foram atendidos, foi realizada uma análise não paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar a abundância e o tamanho dos indivíduos em relação aos locais de coleta. Além disso, foi aplicada a Correlação de Spearman, um teste estatístico não paramétrico, a fim de verificar a relação da biomassa e riqueza de macroalgas com a abundância e o tamanho dos indivíduos coletados. Estas análises foram realizadas utilizando o software STATISTICA® versão 7.0 e nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

5. RESULTADOS

Foram coletados o total de 1.538 indivíduos de *E. vexillum*, distribuídos em sete locais de coleta ao longo da Enseada do Mucuripe. No primeiro local de coleta, localizado no recife de arenito da ponte dos Ingleses, foram coletados 28 indivíduos. No segundo local, no enrocamento da ponte dos Ingleses, foram coletados 16 organismos. No espigão do Meireles (Local 4) e no espigão do Náutico (Local 5) foram coletados 14 e 15 indivíduos, respectivamente. No sétimo ponto de coleta, localizado no recife de arenito do Mercado dos Peixes, foram coletados 1.465 indivíduos. As amostras do espigão da rua João Cordeiro (Local 3) e do recife de arenito em frente ao Labomar (Local 6) não apresentaram nenhum indivíduo.

A análise da abundância de *Electroma vexillum* mostrou maior concentração de indivíduos no ponto A, no recife do Mercado dos Peixes. Após transformação logarítmica dos dados [$\text{Log}(x+1)$], foi identificada diferença estatisticamente significativa entre os pontos de coleta (Kruskal-Wallis: $H(6) = 14,09$; $p = 0,0287$; $N = 21$), com média geral de $73,24 \pm 312,54$ indivíduos por local (Tabela 2; Figura 12).

Figura 12 - Abundância absoluta logaritmizada de indivíduos de *Electroma vexillum* nos locais de coleta, situados na Enseada do Mucuripe, em Fortaleza - Ceará.



Fonte: Autora

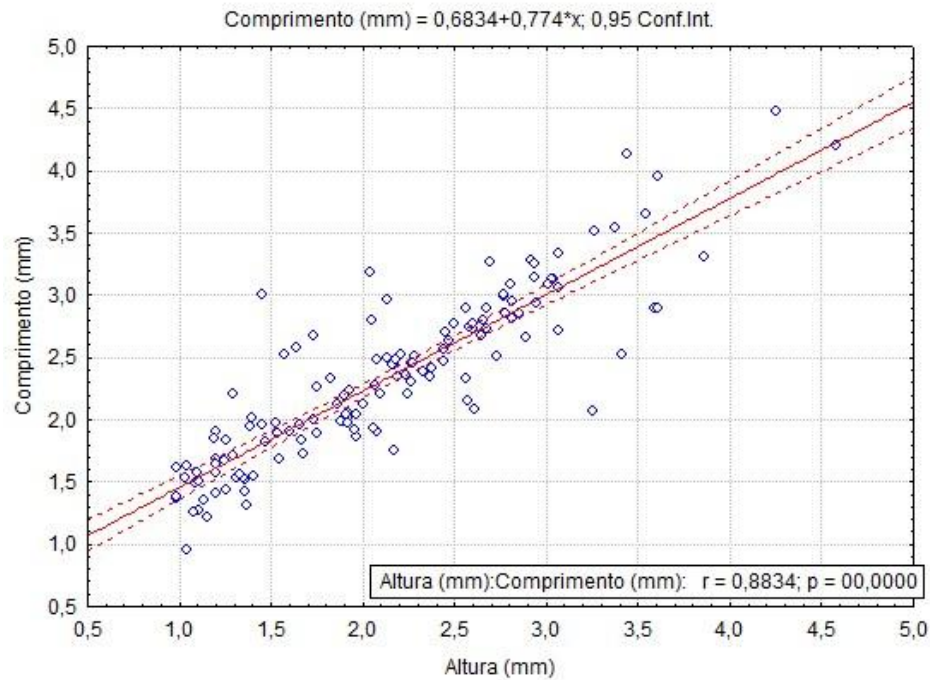
Tabela 2 - Abundância absoluta de *E. vexillum* observada nos locais de coleta na Enseada do Mucuripe, Fortaleza - Ceará, durante o período de estudo.

Local	N	Média	Desvio padrão
Recife ponte ingleses	28	9,33	9,29
Enrocamento p. ingleses	16	5,33	3,06
Espigão João Cordeiro	0	-	-
Espigão Meireles	14	4,67	1,53
Espigão Náutico	15	5,00	8,66
Recife Labomar	0	-	-
Recife M. dos peixes	1465	488,33	821,58
Total	1538	73,24	312,54

Fonte: Autora

Em relação ao comprimento dos organismos, o menor comprimento encontrado foi no Recife do Mercado dos Peixes, com 0,96 milímetros (Tabela 3). Já o maior comprimento observado foi de 4,48 milímetros, também no mesmo local. Como pode ser observado na Figura 13, o comprimento e a altura possuem uma correlação linear positiva ($r = 0,8834$). Considerando a relação entre comprimento e os locais de coleta, a média obtida do comprimento dos indivíduos nas amostras coletadas foi de $2,33 \pm 0,67$ mm.

Figura 13 - Relação entre comprimento e altura dos indivíduos de *E. vexillum* coletados na Enseada do Mucuripe, Fortaleza - Ceará.



Fonte: Autora

Tabela 3 - Comprimento (mm) da concha de *Electroma vexillum* observado nos locais de coleta na Enseada do Mucuripe, Fortaleza - Ceará, durante o período de estudo.

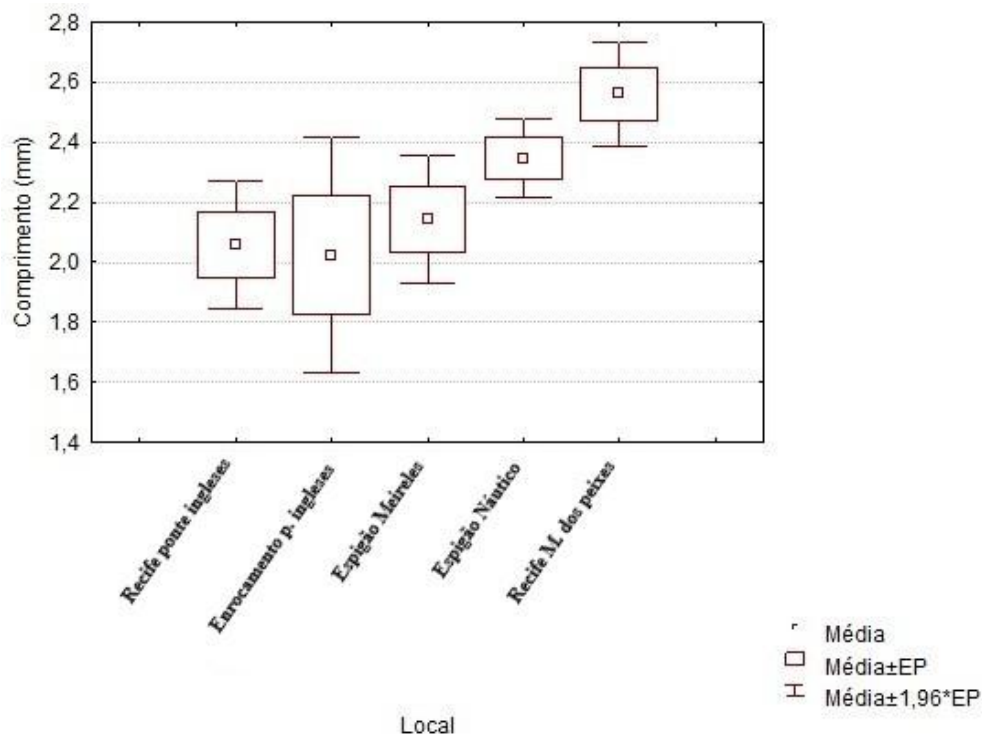
Local	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Recife ponte ingleses	28	2,06	0,58	1,37	3,19
Enrocamento p. ingleses	15	2,02	0,78	1,22	3,65
Espigão Meireles	14	2,14	0,40	1,58	2,85
Espigão Náutico	15	2,35	0,26	1,93	2,81
Recife M. dos peixes	65	2,56	0,72	0,96	4,48
Total	137	2,33	0,67	0,96	4,48

Fonte: Autora

Foram observadas diferenças significativas no tamanho das conchas de *E. vexillum* entre as áreas de coleta ($H(4, N=137) = 33,97524$ $p = 0,0000$). Na Figura 14, que mostra a relação de tamanho dos organismos com os locais de coleta, é possível observar que a média

do comprimento do Mercado dos Peixes ($2,56 \pm 0,72\text{mm}$) é maior em relação à média do comprimento do Recife da Ponte dos Ingleses ($2,06 \pm 0,58\text{mm}$), do Enrocamento da Ponte dos Ingleses ($2,02 \pm 0,78\text{mm}$) e do Espigão do Meireles ($2,14 \pm 0,40\text{mm}$). Porém, nota-se que a média do comprimento no Recife do Mercado dos Peixes é similar à média encontrada no Espigão do Náutico ($2,35 \pm 0,26\text{mm}$).

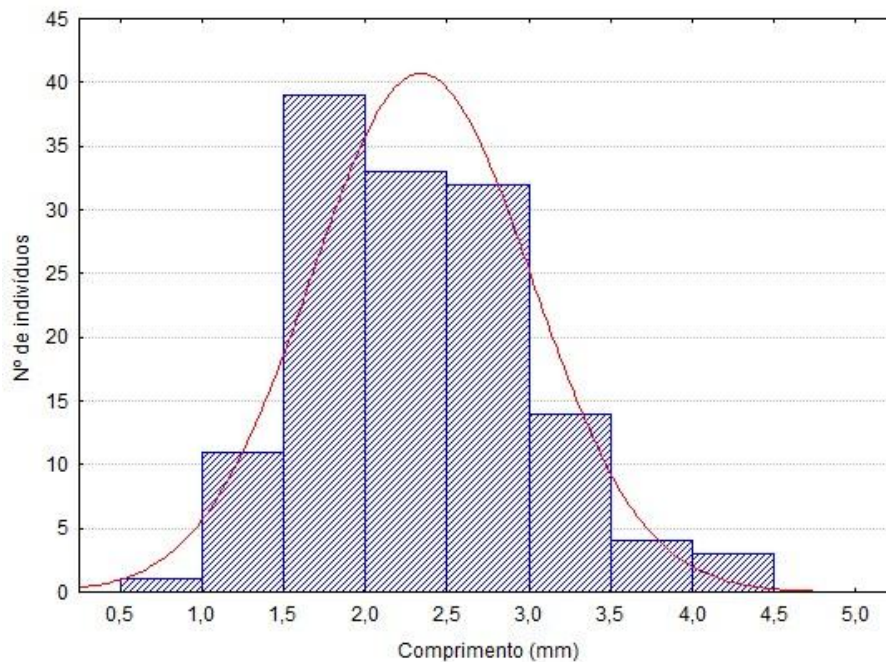
Figura 14 - Média de comprimento da concha de *Electroma vexillum* observado nos locais de coleta na Enseada do Mucuripe, Fortaleza - Ceará, durante o período de estudo.



Fonte: Autora.

A partir da análise de distribuição por classes de tamanho nos cinco locais de coleta (Figura 15), é possível verificar a ausência de indivíduos menores que 0,5 mm e maiores que 4,5 mm, com uma baixa frequência de espécimes com comprimento entre 3,5 mm e 4,5 mm e entre 0,5 mm e 1 mm. Nos cinco locais amostrados no estudo, a classe modal situou-se entre 1,5 mm e 2 mm.

Figura 15 - Classes de tamanho da concha de *Electroma vexillum* observado nos locais de coleta na Enseada do Mucuripe, Fortaleza - Ceará, durante o período de estudo.



Fonte: Autora.

No que diz respeito às macroalgas marinhas, foram registrados 12 táxons nos locais de coleta na Enseada do Mucuripe, com 2 táxons de algas do filo Chlorophyta (algas verdes), 1 do filo Phaeophyta (algas pardas) e 9 do filo Rhodophyta (algas vermelhas) (Tabela 4). Já o termo Turf foi utilizado para designar um conjunto de espécies de algas filamentosas e cianobactérias incrustantes, com menos de 1cm de altura e responsáveis por formar tapetes em substratos consolidados (Steneck; Dethier, 1988)

Tabela 4 - Lista taxonômica das macroalgas marinhas amostradas nos locais de coleta ao longo da Enseada do Mucuripe, em Fortaleza - Ceará, durante o período de estudo.

Chlorophyta	<i>Gelidiella</i> sp.
<i>Chaetomorpha</i> sp.	<i>Gelidium</i> sp.
<i>Cladophora</i> sp.	<i>Gracilaria</i> sp.
Phaeophyta	<i>Gracilaria cearensis</i>
<i>Dictyota</i> sp.	<i>Gracilaria domingensis</i>
Rhodophyta	<i>Hypnea</i> sp.
<i>Ceramium</i> sp.	<i>Hypnea musciformis</i>
<i>Cryptonemia crenulata</i>	“Turf”

Fonte: Autora.

Foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis para comparar a biomassa e a riqueza de macroalgas entre os locais de coleta. Segundo o teste, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os locais de estudo para o peso seco ($H(6, N=21)=6,58$; $p=0,36$); peso úmido ($H(6, N= 21)=8,10$; $p=0,23$) e riqueza absoluta de macroalgas ($H(6, N=21)=5,31$; $p=0,50$) (Tabela 5).

Tabela 5 - Média e desvio padrão da biomassa seca e úmida (g) de macroalgas marinhas coletadas nos diferentes locais de estudo, na Enseada do Mucuripe. Diferenças entre os locais foram avaliadas por teste de Kruskal–Wallis.

Local	Peso úmido (g)		Peso seco (g)		Riqueza absoluta	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Recife ponte ingleses	21,16	6,65	5,20	2,91	2,67	1,15
Enrocamento p. ingleses	23,88	5,20	3,25	0,92	2,00	1,73
Espigão João Cordeiro	29,92	17,18	5,27	2,41	1,67	0,58
Espigão Meireles	40,64	5,34	6,32	0,39	1,33	0,58
Espigão Náutico	23,10	13,35	8,29	3,89	1,00	1,00
Recife Labomar	17,19	9,96	3,34	1,83	1,67	0,58
Recife M. dos peixes	19,58	16,08	3,98	1,93	1,33	0,58
Kruskal-Wallis	$H(6, N=21)=6,58$; $p=0,36$		$H(6, N= 21)=8,10$; $p=0,23$		$H(6, N=21)=5,31$; $p=0,50$	

Fonte: Autora.

Para avaliar a associação entre abundância de *E. vexillum* e as variáveis peso seco, peso úmido e riqueza absoluta de macroalgas marinhas, foi aplicado a Correlação de Spearman, um teste estatístico não paramétrico. Os valores do coeficiente de Spearman (ρ) para as associações entre o número de indivíduos de *E. vexillum* e o peso seco ($\rho = 0,144$), peso úmido ($\rho = 0,137$) e riqueza de algas ($\rho = 0,081$) não indicam correlações significativas (Tabela 6). Assim, é possível aferir que a biomassa e a riqueza de macroalgas não exercem

influência significativa na abundância de indivíduos, não explicando, portanto, a variação na abundância de *E. vexillum* entre os diferentes locais de coleta.

Tabela 6 - Valores do coeficiente de correlação de Spearman (ρ) entre o número de indivíduos de *E. vexillum* e as variáveis peso úmido, peso seco e riqueza absoluta de macroalgas.

	Peso seco	Peso úmido	Riqueza algas
CORRELAÇÃO DE SPEARMAN			
N Electroma	0,144	0,137	0,081

Fonte: Autora

6. DISCUSSÃO

A primeira aparição da *Electroma vexillum* na costa cearense foi registrada em 2022, em Fortaleza - Ceará, nas praias de Iracema e do Meireles. Esse intervalo de tempo até o período atual pode representar uma etapa fundamental para que a espécie passe pela fase inicial de estabelecimento até a fase de expansão no novo ambiente. A partir dos resultados obtidos nesse estudo, verificou-se que a abundância de indivíduos teve uma variação significativa ao longo dos locais de coleta. Além disso, a *E. vexillum* foi encontrada em 5 dos 7 locais de coleta, o que já reflete uma possível expansão na sua área de distribuição. Teorias como a de Lopes e Villac (2009), que diferenciam as espécies exóticas em categorias como contida, estabelecida e invasora, reforçam que a *E. vexillum* já aparenta estar estabelecida na Enseada do Mucuripe.

A maior abundância de indivíduos foi encontrada no Recife do Mercado dos Peixes com uma média de indivíduos de $73,24 \pm 312,54$. Esse local possui maior proximidade com o Porto do Mucuripe do que qualquer um dos outros locais amostrados. Segundo Castro *et al* (2017), as águas brasileiras fazem parte de uma área com alto risco de entrada de espécies exóticas devido a intensa participação no comércio internacional. Estudos como o de Soares *et al* (2022) afirmam que a costa semiárida brasileira é um *hotspot* de entrada para a bioinvasão, devido à alta quantidade de navios de carga e petroleiros que a região recebe. Além disso, sabe-se que os transportes marítimos representam uma via fundamental na introdução de espécies não nativas, principalmente através da água de lastro e da bioincrustação (Global Invasive Species Programme, 2007). Nesse contexto, é possível considerar a influência que o Porto do Mucuripe teve como um provável vetor na chegada do *E. vexillum* à costa cearense.

Outro possível fator influenciador da maior abundância da espécie no Mercado dos Peixes seria o hidrodinamismo, visto que, com a construção do Porto do Mucuripe, a praia ao lado se tornou menos exposta à forte ação das ondas (Bezerra; Pinheiro; Morais, 2007). Diante disso, é provável que o Recife do Mercado dos Peixes seja mais viável ao estabelecimento de *E. vexillum* devido ao menor impacto da ação das ondas e, conseqüentemente, o favorecimento da sua fixação nas macroalgas.

A *E. vexillum* já foi registrada por Rocha-Barreira *et al* (2025) associada à detritos plásticos. Algumas espécies exóticas podem se beneficiar da poluição, da eutrofização e da hipóxia para se estabelecer, visto que os resíduos plásticos criam micro habitats com diferentes condições ambientais, que facilitam a dispersão através das correntes oceânicas (Bérgamo *et al*, 2025). Além disso, sabe-se que a área do estudo sofre bastante com impactos antrópicos há décadas, visto que a enseada do Mucuripe possui uma orla bastante urbanizada e marcada pela forte influência turística (Vasconcelos, 1985). Dessa forma, também pode-se questionar se a introdução da espécie estaria relacionada à intensa atividade antrópica na região, seja pelo transporte através dos resíduos sólidos ou pelo possível excesso de nutrientes na região causados pela poluição da água. Contudo, seriam necessários mais estudos para avaliar tal hipótese.

A maioria dos indivíduos coletados neste estudo apresentaram um baixo comprimento com a média $2,33 \pm 0,67$, com o menor indivíduo coletado possuindo apenas 0,96 milímetros de comprimento. No estudo de Rocha Barreira *et al* (2022) foram reportados uma média de comprimento de $7,8 \pm 0,7$. Essa média é superior do que o tamanho máximo encontrado neste estudo, que foi de 4,48 milímetros. Assim, esse resultado pode evidenciar que os organismos analisados neste estudo apresentam um tamanho bastante inferior aos organismos anteriormente registrados no local. Possivelmente, esses indivíduos estavam nos primeiros estágios do seu ciclo de vida quando coletados, o que poderia evidenciar um evento recente de recrutamento.

No trabalho de Bérgamo *et al* (2025), as populações da espécie possuíam um comportamento caracterizado por pulsos de recrutamento, onde as populações eram constituídas principalmente por organismos menores. Entretanto, no presente estudo, foi realizada apenas uma coleta no ano de 2025. Logo, ainda não é possível confirmar se a dinâmica populacional de *E. vexillum* na Enseada do Mucuripe possui o mesmo tipo de comportamento relatado ou se os valores encontrados retratam apenas um episódio de “boom bust”, fenômeno comum entre espécies invasoras. O fenômeno denominado *boom-bust* ocorre quando os indivíduos invasores passam por uma grande fase inicial de recrutamento (*boom*), com o objetivo de colonizar o novo habitat e, após isso, ocorre uma grande diminuição no tamanho populacional (*bust*) (Strayer *et al*, 2017). Esse fenômeno já foi relatado ocorrendo mais de uma vez, dependendo dos fatores ambientais (Fernández, 2020; Nunes, 2022).

Portanto, destaca-se a importância de programas de monitoramento a longo prazo com o objetivo de ampliar a compreensão sobre a dinâmica populacional do bivalve invasor.

Trabalhos anteriores já mostraram que a *Electroma vexillum* possui maior preferência em fixar-se em macroalgas marinhas do que em substratos rochosos (Zenetos *et al*, 2010; Asha *et al*, 2016; Cruz-Francisco, 2025). Nesse contexto, foi avaliado a relação entre a abundância do bivalve, a quantidade de algas disponíveis (biomassa) e a riqueza taxonômica. Contudo, o resultado obtido não demonstrou uma correlação entre essas variáveis. Apesar da biomassa e riqueza de macroalgas terem exercido pouca influência na quantidade de indivíduos, outros fatores não mensurados, como tipo de substrato, hidrodinamismo, parâmetros físico-químicos, disponibilidade de habitats e pressões antrópicas, poderiam explicar a variação na abundância de *E. vexillum* entre os locais de coleta de forma mais eficiente. Visto que, diversas espécies de bivalves têm sua ocorrência e dinâmica populacional diretamente associadas aos fatores ambientais citados (Rhoads e Boyer, 1984; Silva-Cavalcanti; Costa; Alves, 2018; Oliveira *et al.*, 2025).

Apesar disso, não se pode afirmar totalmente que a ocorrência e quantidade de macroalgas não exercem uma influência na abundância de *E. vexillum*, contudo a correlação já foi apontada em outros estudos com bivalves (Santos *et al*, 2020). Portanto, é importante considerar os fatores ambientais sazonais, que podem influenciar temporariamente a biomassa e a diversidade de macroalgas e que não foram avaliados neste estudo. Diante disso, destaca-se que os resultados evidenciam a necessidade de um monitoramento contínuo, com o objetivo de entender melhor a dinâmica populacional da espécie e os possíveis fatores que impactam no seu estabelecimento na costa cearense, além de entender se a *E. vexillum* estaria influenciando na biota nativa.

7. CONCLUSÃO

A partir dos resultados discutidos, pode-se concluir que houve uma variação significativa na abundância da *Electroma vexillum*, com grande quantidade de indivíduos no Recife de Arenito do Mercado dos Peixes, enquanto outros locais, como Recife do Labomar e Espigão João Cordeiro, não apresentaram nenhum organismo. Este cenário pode estar relacionado a diversos fatores, como a proximidade do local de coleta com o Porto do Mucuripe e a diferença de hidrodinamismo na região, quando comparada a áreas mais expostas, como é o caso dos espigões. Ademais, aspectos como a riqueza absoluta e a biomassa de macroalgas não influenciaram, de forma significativa, na ocorrência e abundância da *E. vexillum*. Contudo, cabe destacar que outros fatores ambientais como poluição, disponibilidade de habitat e tipo de substrato, não levados em consideração neste trabalho, podem exercer um papel mais relevante, explicando a variação na abundância e no tamanho dos indivíduos entre os locais de coleta.

Por fim, destaca-se a necessidade de um monitoramento à longo prazo para avaliar a dinâmica populacional da *E. vexillum*, investigando os possíveis “picos de recrutamento” ou comportamentos de *boom bust* já relatados anteriormente na literatura. Além disso, também é imprescindível a realização de estudos que busquem entender os possíveis impactos ecológicos e econômicos associados à ocorrência e ao estabelecimento da espécie no litoral cearense.

REFERÊNCIAS

- ALBANO, P. G. *et al.* New records of non-indigenous species from the eastern Mediterranean Sea (Crustacea, Mollusca), with a revision of genus *Isognomon* (Mollusca: Bivalvia). **PeerJ**, 12(e17425), e17425, 2024.
- AMARAL, A. C. Z.; JABLONSKI, S. Conservação da biodiversidade marinha e costeira no Brasil. In: MEGADIVERSIDADE. [s.l: s.n.].
- ASHA, P. S. *et al.* Observations on the epifaunal assemblage of micro-mollusc *Electroma vexillum* on the seagrass beds of Tuticorin coast. **Marine Fisheries Information Service**; Technical and Extension Series, n. 230, p. 32-33, 2016.
- BELTRÃO, M.; CUNHA, N. J. R. da; LAAF, Y. O.; SANTOS, T. D. dos; DIEHL, F. L. Molecular methods confirm the presence of the alien mussel *Perna viridis* Linnaeus, 1758 (Bivalvia, Mytilidae) in Southern Brazil. **SciELO Preprints**, 2024.
- BÉRGAMO, D. B. *et al.* Massive populations of the non-indigenous bivalve species *Electroma vexillum* (Reeve, 1857) and its effects on native phytal benthic communities of tropical coastal reefs. **Discover Oceans**, v. 2, n. 1, p. 40, 2025.
- BERMAN, J.; HARRIS, L.; LAMBERT, W.; BUTTRICK, M.; DUFRESNE, M. Recent invasions of the Gulf of Maine: three contrasting ecological histories. **Conservation Biology**, v. 6(3), p. 435-441, 1992.
- BERNARD, F.R.; CAI, Y.Y; MORTON, B. Catalogue of the living marine bivalve molluscs of China. **Hong Kong University Press**, Hong Kong, 1993.
- BEZERRA, D. F. **Distribuição da malacofauna em pilares dos terminais portuários de Ceará - Brasil, com ênfase no bivalve invasor *Isognomon Bicolor***. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- BEZERRA, L.E.A.; ALMEIDA, A.O. Primeiro registro da espécie Indo-Pacífica *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867) (Crustaceae: Decapoda: Portunidae) para o litoral do estado do Ceará, Brasil. **Trop.Oceanogr.**, v.1, n.33, p.33-38, 2005.
- BEZERRA, M. O.; PINHEIRO, L.; MORAIS, J. O. Shoreline change of the Mucuripe Harbour zones (Fortaleza–Ceará, Northeast of Brazil), 1972–2003. **Journal of Coastal Research**, Special Issue, n. 50, 2007.
- BLANKENSTEYN, Arno. **Zoologia dos invertebrados II**. Florianópolis: EaD/UFSC, 2010.
- BORRERO, F. J.; DÍAZ, J. M. Introduction of the Indo-Pacific pteriid bivalve *Electroma* sp. to the tropical Western Atlantic. **Bulletin of Marine Science**, v. 62, n. 1, p. 269-274, 1998.
- BRADY, R. F. JR. A fracture mechanical analysis of fouling release from nontoxic antifouling coatings. **Progress in Organic Coatings**, Washington, v. 43, p.188-192, 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Apresentação das espécies exóticas invasoras**. 2007. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/invasoras>. Acesso em: 9 jan. 2026.

BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. **Invertebrados**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 1092 p. ISBN 978-85-277-1258-3..

CARLTON, J. T. Patterns of transoceanic marine biological invasions in the Pacific Ocean. **Bulletin of marine science**, v. 41, n. 2, p. 452-465, 1987.

CARLTON, J. T. Introduced marine and estuarine mollusks of North America: an end-of-the-20th-century perspective. **Journal of Shellfish Research**, v. 11, p. 489-505, 1992.

CASTRO, M. C. T.; FILEMAN, T. W.; HALL-SPENCER, J. M. Invasive species in the northeastern and southwestern Atlantic Ocean: a review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 116, n. 1-2, p. 41-47, 2017. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.12.048.

CASTELLANOS, C. **Fijación de postlarvas (semilla) de moluscos bivalvos sobre colectores artificiales en el Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe Colombiano**. 1997. 139 p. Tese (Biologia Marinha) – Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta, 1997.

CDB. **Panorama da biodiversidade global 3**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2010.

CHASQUI, L. *Electroma* sp. In: **Especies marinas y costeras introducidas de Colombia**. 2023. Disponível em: <https://invasoresmarinos.invemar.org.co/>. Acesso em: 9 jan. 2026.

CLARKE MURRAY, C.; THERRIAULT, T. W.; MAKI, H.; WALLACE, N. (eds.). **The effects of marine debris caused by the Great Japan Tsunami of 2011**. PICES Special Publication, n. 6, 278 p., 2019.

COMMITTEE ON SHIP BALLAST OPERATIONS. **Stemming the tide**. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1996..

CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA. Espécies exóticas invasoras: problemas e impactos na biodiversidade. 1992. Disponível em: <https://www.cbd.int/invasive/problem>. Acesso em: 12 jan. 2026.

CRUZ-FRANCISCO, Vicencio de la. First record of the Indo-Pacific species *Electroma vexillum* (Bivalvia: Pteriidae) in the Gulf of Mexico. **Ciencias Marinas**, v. 51, 2025..

ÇEVIK, C. *et al.* First record of the Indo-Pacific species *Electroma vexillum* (Mollusca: Bivalvia: Pterioidea) in the eastern Mediterranean. **Marine Biodiversity Records**, v. 1, p. e1, 2008.

DA SILVA SANTOS, J. G. A.; LAMONICA, M. N. Água de lastro e bioinvasão: introdução de espécies exóticas associada ao processo de mundialização. **Revista Vértices**, v. 10, n. 1/3, p. 141-152, 2008.

DA GAMA, B. A. P.; PEREIRA, R. C.; COUTINHO, R. Bioincrustação marinha. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (orgs.). **Biologia marinha**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. p. 299–318.

DEKKER, H.; ORLIN, Z. Check-list of Red Sea Mollusca. **Spirula**, v. 47, supl., p. 1–46, 2000.

FECHINE, J. A. L. Alterações no perfil natural da zona costeira da cidade de Fortaleza, Ceará, ao longo do século XX. 2007. 116 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

FERES, S. J. C. **Organismos exóticos: uma ameaça à sustentabilidade ambiental do Golfão Maranhense**. 2010. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2010.

FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, M. de la C. Boom-bust of *Sargassum muticum* in northern Spain: 30 years of invasion. **European Journal of Phycology**, v. 55, n. 3, p. 285-295, 2020.

FERREIRA, G. S. et al. Algas arribadas da Praia do Pacheco, Ceará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, p. 208–214, 2020.

FILHO, C. B. *et al.* Manejo da espécie exótica invasora javali e suas cruzas: aspectos jurídicos controvertidos. **Revista científica da UNIFENAS**, v.5. n.2, p. 206, 2023.

FREIRE, C. G; MARAFON, A. T. Espécies de moluscos invasores nos ecossistemas aquáticos brasileiros e seu impacto no meio ambiente. **InterfacEHS**, v. 13, n. 1, 2018.

FREITAS, G. M. R. **Distribuição espacial e variação temporal do bivalve exótico *Mytilopsis leucophaeta* (Conrad, 1831) em duas áreas no Rio Capibaribe (PE)**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

GLOBAL INVASIVE SPECIES PROGRAMME (GISP). **Global marine invasive species toolkit: Biofouling and ballast water management**. 2007. Disponível em: <https://www.gisp.org/publications/toolkit/BiofoulingGuidelines.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2026.

GROSHOLZ, E. D.; RUIZ, G. M. Biological invasions drive size increases in marine and estuarine invertebrates. **Ecology Letters**, v. 6, p. 700-705, 2003.

HICKMAN, J.R.. *et al.* **Princípios integrados de zoologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

HOLANDA, T. B. et al. Algas marinhas. In: HOLANDA, T. B. (org.). **Biodiversidade e conservação das ilhas costeiras do litoral sul capixaba**. São Paulo: Lura Editorial, 2020. p. 72–101.

HUXEL, G. R. Rapid displacement of native species by invasive species: effects of hybridization. **Biological Conservation**, v. 89, p. 143-152, 1999.

JUNQUEIRA, A. O. R.; TAVARES, M. D. S. Zoobentos. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil**. Brasília: MMA/SBF, 2009. (Série Biodiversidade, n. 33). p. 145–371.

LEÃO, T. C.; ALMEIDA, W. R.; DECHOUM, M. D.; ZILLER, S. R. **Espécies exóticas invasoras no Nordeste do Brasil**. Recife: CEPAN, 2011.

LIANG, X.; ZHANG, L.; LI, Y. Editorial: The response, adaptation, and evolution of marine molluscs. **Frontiers in Marine Science**, v. 11, e1418904, 2024.

LOPES, R. M.; VILLAC, M. C. Métodos. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil**. Brasília: MMA/SBF, 2009. (Série Biodiversidade, n. 33). p. 19–25..

MACHADO, C. J. S.; OLIVEIRA, A. E. S. Espécies exóticas invasoras: problema nacional ainda pouco conhecido. **Ciência e Cultura**, v. 61, n. 1, p. 22-23, 2009.

MAIA, L.P.; JIMENEZ, J.A.; SERRA, J.; MORAIS, J. O. The coastline of Fortaleza City. A Product of environmental impacts caused by the Mucuripe harbor. **Arquivo de Ciências do Mar**, v. 31, n. 1-2, p. 93-100, 1998.

MARANGONI, D. H. M. **Biologia, impactos, características e dispersão geográfica do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) no Brasil**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2023.

MATSUI, Y. *et al.* Attachment strength of *Limnoperna fortunei* on substrates, and their surface properties. **Biofouling**, Londres, v. 17, n.1, p.29- 39, 2001.

MEDCOF, J. C. Living marine animals in a ship's ballast water. **Proceedings of the National Shellfisheries Association**, v. 65, p. 54–55, 1975.

MIRANDA, P. T. C.; FREIRE, G. S. A.; MATTHEWS-CASCON, H. Macrofauna marinha introduzida na costa do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 46, n. 2, p. 86-91, 2013.

MORAIS, J. O. Evolução sedimentológica da enseada de Mucuripe (Fortaleza Ceará–Brasil). **Arquivos de ciências do mar**, v. 21, n. 1, p. 19-46, 1981.

MORTON, B. The aquatic nuisance species problem: a global perspective and review. In: D'ITRI, F. (ed.). **Zebra mussels and aquatic nuisance species**. Chelsea, Mich.: Ann Arbor Press, 1997. p. 1–53.

NASSAR, C. **Macroalgas marinhas do Brasil: guia de campo das principais espécies**. [S.l.]: Technical Books Editora, 2012. 178 p. ISBN 978-85-61368-26-5.

NISC – NATIONAL INVASIVE SPECIES COUNCIL. **Meeting the invasive species challenge: national invasive species management plan**. 2012. 90 p. Disponível em: <http://www.invasivespecies.gov/>. Acesso em: 23 dez. 2025.

- NISC - NATIONAL INVASIVE SPECIES COUNCIL. **Invasive species definition clarification and guidance**. Washington, D.C.: Invasive Species Advisory Committee, 2006. Disponível em: <https://digitalcommons.unl.edu/natlinvasive/34/>. Acesso em: 12 jan. 2026.
- NUNES, L. M. S. **Ecologia populacional do bivalve *Isognomon bicolor* (CB ADAMS, 1945) no litoral do semiárido brasileiro**. 2022. Dissertação de Doutorado. Universidade Federal do Ceará.
- OLIVEIRA, I. A.; MARTINS, I. X.; DANTAS, N. C. F. M.; SILVA, E. J.; NUNES, L. M. S.; BRITO, L.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Factors regulating the distribution and abundance of estuarine bivalves in a hypersaline ecosystem of the Brazilian semi-arid region. **Brazilian Journal of Biology**, v. 85, e289159, 2025.
- OLIVER, P. G. **Bivalved seashells of the Red Sea**. Wiesbaden: Verlag Ch. Hemmen, 1992.
- OLIVER, P. G.; AL-KANDARI, M.; BEHBEHANI, M.; DEKKER, H. An illustrated checklist of the intertidal Bivalvia of the State of Kuwait. **Journal of Conchology**, v. 44, n. 6, p. 483–528, 2023.
- OIGMAN-PSZCZOL, S. *et al.* O controle da invasão do coral-sol no Brasil não é uma causa perdida. **Ciência e Cultura**, v. 69(1), p. 56-59, 2017.
- PECHENIK, J. A. **Biologia dos invertebrados**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. 628 p.
- PEDRINI, A. G. *et al.* Guia de macroalgas para o ensino de botânica. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 16, 2023.
- PENCHASZADEH, P. E. **Invasores: invertebrados exóticos en el Río de la Plata y región marina aledaña**. Buenos Aires: EUDEBA, 2005..
- PERRINGS, C. Biological invasions in aquatic systems: the economic problem. **Bulletin of Marine Science**, v. 70, p. 541-552, 2002.
- REUSCH, T. B. H. Native predators contribute to invasion resistance to the nonindigenous bivalve *Musculita senhousia* in southern California, USA. **Marine Ecology Progress Series**, v. 170, p. 159-168, 1998.
- RHOADS, D. C.; BOYER, L. F. The effects of marine benthos on physical properties of sediments: a successional perspective. In: MCCALL, P. L.; TEVESZ, M. J. S. (eds.). **Animal-sediment relations**. New York: Plenum Press, 1984. p. 3–36.
- RIERA, A. P.; PENCHASZADEH, P. E.; KLEIN, E.; MOLINE. Relaciones tróficas interespecíficas en una comunidad íctica de una playa arenosa del Estado Falcón (Venezuela). In: **CONGRESO LATINOAMERICANO DE CIENCIAS DEL MAR**, 6., 1995, Mar del Plata, Argentina. *Anais [...]*. Mar del Plata, 1995. p. 168.
- ROCHA-BARREIRA, C. A. *et al.* *Electroma vexillum* (Reeve, 1857) (Bivalvia, Vulsellidae): a new alien species arrives on the Brazilian coast. In: **ENCONTRO BRASILEIRO DE MALACOLOGIA (EBRAM)**, 28.; **CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE MALACOLOGIA (CLAMA)**, 12., 2023, [s. l.]. *Anais [...]*. [s. l.], 2023.

- ROCHA-BARREIRA, C. A.; SILVA, E. J.; OLIVER, P. G.; CARVALHO, R.; MENEZES, F. M.; BRITO, L. The exotic bivalve *Electroma vexillum* (Reeve, 1857) (Bivalvia: Vulsellidae) on the Brazilian coast. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 58, n. 1, 2025.
- ROMANO, A. J.; THERRELL, M.; SCHOOF, J.; GIBSON, D. J. Response of non-native invasive plants to large scale wind damage. **Natural Areas Journal**, v. 33, p. 307–315, 2013.
- ROSA, R. S.; GROTH, F. Ictiofauna dos ecossistemas de brejos de altitude de Pernambuco e Paraíba. In: PÔRTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. (eds.). **Brejos de altitude de Pernambuco e Paraíba**. Brasília: MMA, 2004.
- ROY, K.; JABLONSKI, D.; VALENTINE, J. W. Body size and invasion in marine bivalves. **Ecology Letters**, v. 5, p. 163-167, 2002.
- RUIZ, G.M.; CARLTON, J. T.; GROSHOLZ, E.D.; HINES, A. H. Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: mechanisms, extent, and consequences. **American Zoologist**, v. 37, p. 621-632, 1997.
- RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva**. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005..
- SANTOS, L. *et al.* Diversity of bivalve mollusks associated with macroalgae on the continental shelf in the states of Alagoas, Sergipe and Bahia, Northeastern Brazil. **Zoological Studies**, 2020.
- SILVA-CAVALCANTI, J. S.; COSTA, M. F.; ALVES, L. H. B. Seasonal variation in the abundance and distribution of *Anomalocardia flexuosa* (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) in an estuarine intertidal plain. **PeerJ**, v. 6, e4332, 2018.
- SILVA, J. S. V. *et al.* Água de lastro e bioinvasão. In: SILVA, J. S. V.; SOUZA, R. C. C. L. (orgs.). **Água de lastro e bioinvasão**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. p. 1–10.
- SMITH, A. J.; MORAIS, J. O. Estudos preliminares sobre a geologia ambiental costeira do Estado do Ceará, nordeste do Brasil. **Arq. Ciên.Mar**, v. 23, p. 85-96, 1984.
- SOARES, M. O. *et al.* Alien hotspot: Benthic marine species introduced in the Brazilian semiarid coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 174, p. 113250, 2022..
- SOARES, M. O. *et al.* Lessons from the invasion front: Integration of research and management of the lionfish invasion in Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 340, p. 117954, 2023.
- SOUZA, R. C. C. L.; CALAZANS, S. H.; SILVA, E. P. Impacto das espécies invasoras no ambiente aquático. **Ciência e cultura**, v. 61, n. 1, p. 35-41, 2009.
- SOUZA, R. C. C. L.; FERREIRA, C. E. L.; PEREIRA, R. C. Bioinvasão marinha. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (orgs.). **Biologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. p. 555–577.

STENECK, R. S.; DETHIER, M. N. A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. **Oikos**, v. 69, p. 476–498, 1988.

STRAYER, D. L. et al. Boom-bust dynamics in biological invasions: towards an improved application of the concept. **Ecology Letters**, v. 20, n. 10, p. 1337–1350, 2017.

TEIXEIRA, R. *et al.* Bioinvasão marinha: os bivalves exóticos de substrato consolidado e suas interações com a comunidade receptora. **Oecologia Australis**, v. 14(2), p. 381- 402, 2010.

THIENGO, S. C.; FARACO, F. A.; SALGADO, N. C.; COWIE, R. H.; FERNANDEZ, M. A. Rapid spread of an invasive snail in South America: the giant African snail, *Achatina fulica*, in Brasil. **Biological Invasions**, v. 9, p. 693-702, 2007.

VAN DEN BURG, M. P.; BRISBANE, J. L. K.; KNAPP, C. R. Post-hurricane relief facilitates invasion and establishment of two invasive alien vertebrate species in the Commonwealth of Dominica, West Indies. **Biological Invasions**, v. 22, n. 2, p. 195-203, 2020.

VASCONCELOS, F.P. Aspectos da poluição nas praias do Município de Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil. **Bol. Ciên. Mar**, n. 41, p. 1-8, 1985.

VASCONCELOS, P.; GASPAR, M. A importância e utilidade dos estudos morfométricos e do crescimento relativo em bivalves e gastrópodes. **Portugala**, v. 20, p. 10–11, 2017.

WILLIAMSON, M.; FITTER, A. The varying success of invaders. **Ecology**, v. 77, n. 6, p. 1661–1666, 1996.

ZENETOS, A. *et al.* Alien species in the Mediterranean Sea by 2010: A contribution to the application of European Union’s Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial distribution. **Mediterranean Marine Science**, v. 11, n. 2, p. 381-493, 2010.