



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JOELITON SILVA CARDOSO

COBERTURA BENTÔNICA DA ILHA DE SANTA HELENA, ATLÂNTICO SUL

FLORIANÓPOLIS

2025

JOELITON SILVA CARDOSO

COBERTURA BENTÔNICA DA ILHA DE SANTA HELENA, ATLÂNTICO SUL

Projeto de pesquisa submetido ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Sergio R. Floeter

FLORIANÓPOLIS

2025

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pelo dom da vida!

Agradeço em especial as mulheres da minha vida, as que fizeram e as que continuam fazendo parte, por quem tenho muita admiração e respeito.

Obrigado à minha avó Maria, que mesmo sendo uma pessoa com limitações educacionais, sempre me incentivou a estudar, me mostrando que a educação é sempre o melhor caminho.

E que sem a obrigação da minha criação, assim a fez e me proporcionou privilégios que os seus não tiveram. Obrigado vó pelo seus conselhos, este trabalho também pertence a senhora, por investir na minha educação e em me fazer essa pessoa que sou. Amo a senhora!

Obrigado à minha mãe Jacilene, que mesmo com a distância geográfica nos separando, tenho certeza que só me deseja tudo que bom o que o Universo pode me dar. Saudades da senhora, TE AMO!

Obrigado à minha tia Josenira, que me cria como um filho. Só me resta agradecer a senhora por tudo que tem feito por mim. À senhora, tenho eterna gratidão, admiração e respeito. Muito obrigado por tudo.

Obrigado à minha prima Rosi, pelos conselhos e pelo apoio. Amo você.

Ao meu irmão, que mesmo longe, te desejo tudo de bom.

Obrigado aos meus amigos com quem tive o prazer de fazer faculdade: Lulu, Paulo, Thaís, Luly, Maria Fernanda, Vincenzo, Jota, Giovana, Sarah e Vanessa. Obrigado pelos momentos. Amo vocês!

Obrigado ao meu orientador Sergio Floeter, pela dedicação, paciência e pelo aprendizado.

Obrigado a todos os membros do LBMM, com quem tive o prazer de conviver nesses últimos anos: Mariana, Fernando, Bernardo, Erika, Isa, Jaque e Gab. Tenho muita admiração por todos vocês. Obrigado pelo aprendizado.

Obrigado em especial ao Gab, pela orientação, mesmo que não oficial, pela paciência e por ser essa pessoa maravilhosa. Muito Obrigado!

Obrigado as demais pessoas que me permitiram chegar até aqui!!!

RESUMO

Os ambientes recifais, apesar de sua pequena área, são ecossistemas cruciais, abrigando 25% da biodiversidade marinha. A comunidade bentônica desses recifes é fundamental para a produtividade primária e para a complexidade estrutural do habitat. Este estudo teve como objetivo compreender a estrutura da cobertura bentônica da Ilha de Santa Helena, um ecossistema isolado do Atlântico Sul, avaliando a influência dos gradientes de profundidade e hidrodinamismo. Utilizamos 225 fotoquadrados coletados em três sítios com diferentes graus de hidrodinamismo (Thompson Bay, Billy Mays e Buttermilk Point) e em dois estratos de profundidade (slope: 5–9m e interface: 11–17m). A análise baseou-se em grupos morfofuncionais, com a cobertura percentual quantificada utilizando o software CoralNet. Os resultados revelaram uma dominância generalizada da Matriz de Algas Epilíticas (MAE) em todos os locais, variando de 50% em Buttermilk Point, a 75% em Thompson Bay e Billy Mays), indicando uma elevada produtividade primária no recife. Contudo, o hidrodinamismo se mostrou um fator estruturante significativo. O sítio Buttermilk Point, sob maior hidrodinamismo, apresentou a composição mais distinta, com a menor cobertura de MAE e a maior proporção de Algas Calcárias Incrustantes (CCA;25%), sugerindo que a CCA seja mais resistente e adaptada a essa condição. Outros componentes importantes foram as macroalgas em Thompson Bay e zoantídeos em Billy Mays no biótopo slope. Em relação à profundidade, a interface de Thompson Bay evidenciou a transição para o fundo arenoso, com mais sedimento e Hydrozoa, enquanto o slope de Billy Mays foi marcado pela densidade de zoantídeos. Concluímos que a composição bentônica da Ilha de Santa Helena é moldada tanto pela profundidade quanto pelo hidrodinamismo, com Buttermilk Point atuando como um contraste aos sítios mais abrigados. Embora a MAE seja dominante, variações entre outros grupos morfofuncionais, como CCA e macroalgas, são indicadores importantes da dinâmica ambiental e biológica local.

Palavras-chave: Ilha oceânica, Bentos, Fotoquadrados, Biogeografia, Recife Rochoso, Dorsal Meso-Atlântica.

ABSTRACT

Reef environments, despite their small area, are crucial ecosystems that harbor 25% of marine biodiversity. The benthic community of these reefs plays a fundamental role in primary productivity and in the structural complexity of the habitat. This study aimed to understand the structure of the benthic cover of St. Helena Island, an isolated ecosystem in the South Atlantic, by evaluating the influence of depth and hydrodynamic gradients. We used 225 photoquadrats collected across three sites with different degrees of hydrodynamism (Thompson Bay, Billy Mays, and Buttermilk Point) and two depth strata (slope: 5–9 m and interface: 11–17 m). The analysis was based on morphofunctional groups, with percent cover quantified using the CoralNet software. The results revealed a widespread dominance of the Epilithic Algal Matrix (EAM) at all sites, ranging from 50% at Buttermilk Point to 75% at Thompson Bay and Billy Mays, indicating high primary productivity within the reef. However, hydrodynamism proved to be a significant structuring factor. The Buttermilk Point site, under higher hydrodynamic influence, exhibited the most distinct composition, with the lowest EAM cover and the highest proportion of Crustose Coralline Algae (CCA; 25%), suggesting that CCA is more resistant and adapted to these conditions. Other important components included macroalgae at Thompson Bay and zoanthids at Billy Mays in the slope biotope. Regarding depth, the interface at Thompson Bay showed a transition toward a sandy bottom, with more sediment and Hydrozoa, whereas the slope at Billy Mays was characterized by a high density of zoanthids. We conclude that the benthic composition of St. Helena Island is shaped by both depth and hydrodynamism, with Buttermilk Point acting as a contrast to the more sheltered sites. Although EAM is dominant, variations among other morphofunctional groups, such as CCA and macroalgae, are important indicators of local environmental and biological dynamics.

Keywords: Oceanic island, Benthos, Photoquadrats, Biogeography, Rocky reef, Mid-Atlantic Ridge.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo Geral.....	10
2.2 Objetivos Específicos.....	10
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
3.1 Área de Estudo.....	11
3.2 Hidrodinâmismo.....	11
3.3 Fotoquadrados.....	12
3.3 Análise de dados.....	15
4 RESULTADOS.....	16
5 DISCUSSÃO.....	19
6 CONCLUSÃO.....	22
7 REFERÊNCIAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

Apesar de ocuparem menos de 1% da superfície marinha, os ambientes recifais abrigam cerca de 25% de toda a biodiversidade marinha (Reaka-kudla, 1997) e estão entre os ecossistemas mais produtivos do planeta (Morais *et al.*, 2025). Essa notável produtividade e diversidade em sistemas recifais estão fortemente associadas ao compartimento bentônico. O bentos não apenas serve como a base estrutural e funcional desses ecossistemas, mas também é onde ocorre grande parte da produção primária, sustentada por diversos grupos de organismos, como algas epilíticas, macroalgas, algas calcárias, cianobactérias e zooxantelas simbiontes de corais (Hatcher, 1988; Morais *et al.*, 2025). Além da produtividade, é nesse compartimento que se estabelecem outros organismos com papel fundamental na dinâmica recifal, como na reciclagem de nutrientes e fornecendo estrutura tridimensional aos habitats, incluindo corais, crinóides e esponjas (Bell, 2008; Jones *et al.*, 1994). Essa complexa estrutura tridimensional é vital, pois gera abrigo, locais para recrutamento e áreas de forrageamento para uma vasta gama de peixes e invertebrados, que dependem diretamente do bentos para alimentação e proteção (Graham & Nash, 2013; Jones *et al.*, 2020). Portanto, a compreensão da estruturação da comunidade bentônica em ambientes recifais é fundamental para desvendar a dinâmica ecológica desses sistemas e identificar os fatores que determinam sua diversidade e funcionalidade (Jones *et al.*, 1994; Moberg & Folke, 1999).

A composição das comunidades bentônicas marinhas é influenciada por uma interação complexa de fatores bióticos e abióticos. Dentre esses fatores, a temperatura é uma barreira para os organismos recifais (Aued *et al.* 2018). Além dela, o hidrodinamismo, sendo a energia das ondas, por exemplo, é um fator chave para a ausência ou presença de organismos mais resistentes às condições hidrodinâmicas mais intensas (Hemond; Mcroy, 1992; Storlazzi *et al.*, 2005). Essa estruturação é evidenciada de forma clara ao longo do gradiente de profundidade, ou seja, à medida que a profundidade aumenta, a diminuição da luz, da energia das ondas e as mudanças na temperatura criam ambientes distintos (Edmunds; Leichter, 2016). Consequentemente, diferentes estratos de profundidade podem apresentar composições bentônicas únicas, variando desde organismos que dependem de luz solar no raso até comunidades adaptadas à baixa luminosidade em ambientes com pouca luz.

A composição do substrato é indispensável quando se trata de comunidades recifais e é fundamental para o monitoramento dos organismos que vivem naquele local (Jones *et al.*,

1994). Porém, a complexidade taxonômica mais precisa, em especial a nível de espécie, é uma barreira para realizar este tipo de levantamento. Levando-se em conta este cenário, a abordagem morfofuncional tornou-se uma ferramenta eficiente para que este tipo de estudo fosse feito, pois agrupa organismos com critérios morfológicos e anatômicos (Aued *et al.*, 2018). Este método, além de facilitar a coleta de dados, é também mais informativo para compreender a dinâmica recifal, com ênfase na abundância e na diversidade funcional, possibilitando avaliar a adaptabilidade do ambiente recifal e os processos de sucessão ecológica sem a exigência do conhecimento acerca do nível taxonômico mais específico, como espécie.

Ilhas oceânicas são formadas sem nunca terem contato com a plataforma continental, surgindo de vulcanismo e movimento das placas tectônicas (Hachich *et al.*, 2020). Devido a essas características, em geral, são extremamente isoladas e seus recifes normalmente são formados por rochas vulcânicas, com cobertura de organismos bentônicos (Cowburn *et al.*, 2021). Essas ilhas são relativamente novas geologicamente, o que as torna únicas. Todos os organismos terrestres ou marinhos que habitam elas tiveram que colonizá-las a partir de dispersões provenientes das margens continentais (Pinheiro *et al.*, 2017; Cord *et al.*, 2025). A soma de todos esses fenômenos torna as ilhas oceânicas ambientes com muitas espécies endêmicas e/ou espécies que têm grande capacidade dispersiva, fazendo com que as comunidades tenham características próprias (Pinheiro *et al.*, 2017; Cord *et al.*, 2025). A Dorsal Mesoatlântica, no Atlântico Sul, é uma significativa cadeia de montanhas submarinas que funciona como uma grande barreira biogeográfica, abrigando diversas ilhas oceânicas (Cord *et al.*, 2025). Entre elas está a ilha de Santa Helena, situada a cerca de 1.300 km de sua vizinha mais próxima, a ilha de Ascensão, também na Dorsal Mesoatlântica. Os recifes de Santa Helena são caracterizados por águas oligotróficas, temperaturas médias em torno de 22°C e um substrato bentônico majoritariamente coberto por uma matriz de algas epilíticas (Cowburn *et al.*, 2021). Entretanto, pouco se sabe sobre a estruturação da comunidade bentônica da Ilha de Santa Helena em relação a diferentes condições hidrodinâmicas e de profundidade.

Nesse contexto, o presente estudo visa investigar os padrões de distribuição da comunidade bentônica da Ilha de Santa Helena frente a diferentes variáveis ambientais. Primeiramente, investigamos se o grau de exposição hidrodinâmica atua como estruturador da comunidade. Hipotetizamos que exista um gradiente de resistência física; ambientes de alta

energia favorecem organismos robustos, como as algas calcárias incrustantes, enquanto locais abrigados permitiriam maior desenvolvimento de Matriz de Algas Epilíticas (MAE; O termo representa uma matriz complexa de pequenas algas, detritos, microrganismos e sedimentos, a qual abriga uma diversa criptofauna) (Tebbett *et al.*, 2025). Simultaneamente, avaliamos a influência de dois estratos de profundidade em diferentes biótopos *slope* e interface (ver definição em Materiais e Métodos) na composição do bentos. Espera-se que as características desses tipos de habitat atuem como um filtro para os organismos, com aqueles com maior afinidade por substratos rochosos, como zoantídeos, mais presentes no *slope*, e aqueles com maior tolerância à areia, mais abundantes na interface.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O estudo tem como objetivo compreender a estrutura da cobertura bentônica da Ilha de Santa Helena em diferentes condições hidrodinâmicas e estratos de profundidade.

2.2 Objetivos Específicos

O estudo propõe-se a:

- a. Realizar um levantamento quantitativo, identificando os grupos morfofuncionais da comunidade bentônica de St. Helena;
- b. Identificar se existe diferença na composição bentônica em diferentes condições hidrodinâmicas.
- c. Comparar se há diferença na composição bentônica da Ilha de Santa Helena, em dois estratos de profundidade.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

Santa Helena ($16^{\circ} 00' S$, $5^{\circ} 45' W$) é uma ilha oceânica, localizada no Atlântico Sul, com apenas 122 km^2 e distante cerca de 3.500 km da costa da América do Sul e 2.000 km da costa da África (Fig. 1). É uma das três ilhas oceânicas que fazem parte da Dorsal Mesoatlântica, uma cadeia de montanhas submarinas que funciona como uma grande barreira biogeográfica (Cowburn *et al.*, 2021). Os sítios amostrados foram Thompson's Bay (definido no trabalho como Thompson), Billy Mays e Buttermilk Point (definido aqui como Buttermilk), selecionados por apresentarem diferentes graus de hidrodinamismo. Essa expedição científica foi coordenada pelo projeto Mission Atlantic, realizada na Ilha de Santa Helena no período de 21 de janeiro a 4 de fevereiro de 2023, sendo um dos objetivos principais da expedição avaliar o percentual de cobertura bentônica para amostrar os recifes rasos ao redor da ilha.

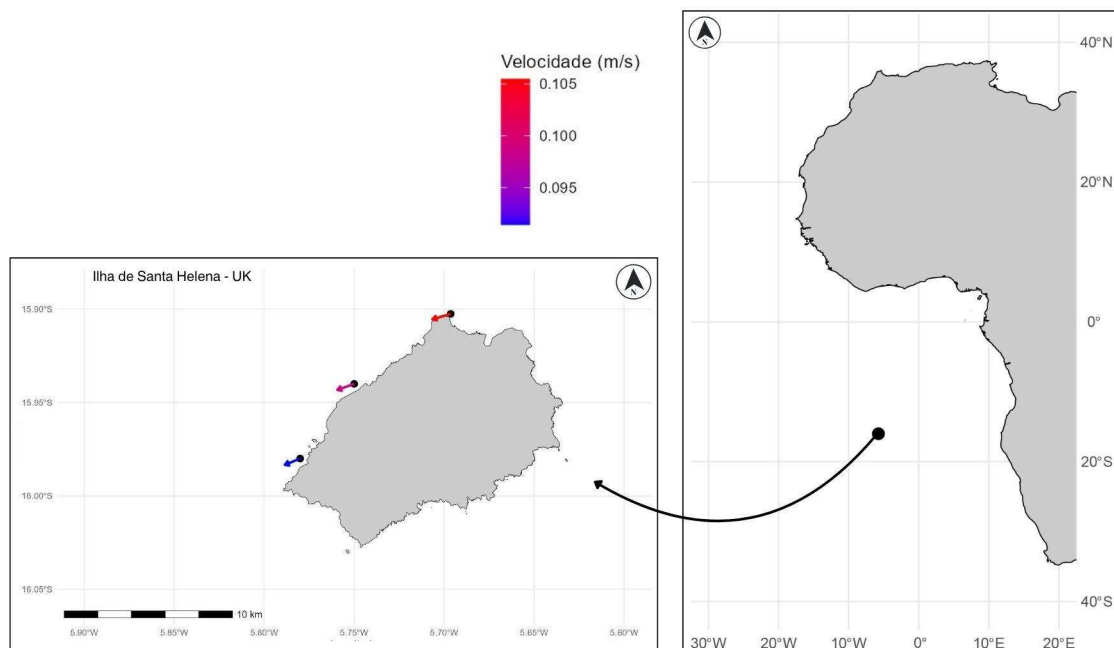


Figura 1: Mapa da ilha oceânica de Santa Helena (à esquerda), com seta indicando sua localização no Atlântico (à direita). A velocidade e a direção das correntes, medidas de hidrodinamismo, são indicadas para cada um dos sítios amostrados, sendo Thompson's Bay em azul, Billy Mays em roxo, e Buttermilk Point em vermelho, evidenciando um gradiente de hidrodinamismo.

3.2 Hidrodinamismo

Para identificar as diferenças hidrodinâmicas foi utilizado um conjunto de dados abióticos de satélite da Bio-ORACLE (Tyberghein *et al.*, 2012). Para isso, utilizamos duas bases de dados com os valores médios entre os anos de 2010 e 2020, uma com informações da direção das correntes e a outra com o valor da Temperatura da Superfície do Mar (SST) oceânica. A resolução espacial dos dados da Bio-ORACLE é de 0.05 graus, o que permite plotar e diferenciar os valores de cada um dos sítios de amostragem (Tyberghein *et al.*, 2012).

3.3 Fotoquadrados

Os fotoquadrados bentônicos foram amostrados em cada sítio através de mergulhos autônomos em dois estratos de profundidade distintos: *slope*, sendo o suave declive do recife entre 5–9 m, e interface, a transição entre recife rochoso e substrato inconsolidado entre 11 e 17 m (Tabela 1). Os fotoquadrados bentônicos foram obtidos nos dias 27 e 30/01/2023 em Thompson (profundidade: 5–8 m e 12–17 m), nos dias 29/01 e 01/02/2023 em Buttermilk (profundidades: 7.5–8.5 m e 12–13 m), e no dia 31/01 /2023 em Billy Mays (profundidades: 6–9 m e 11–13 m).

Os fotoquadrados bentônicos foram amostrados em cada sítio através de mergulhos autônomos em dois estratos de profundidade distintos (Figura 2): *slope*, sendo o suave declive do recife entre 5–9 m, e interface, a transição entre recife rochoso e substrato inconsolidado entre 11 e 17 m (Tabela 1). Os fotoquadrados bentônicos foram obtidos nos dias 27 e 30/01/2023 em Thompson (profundidade: 5–8 m e 12–17 m), nos dias 29/01 e 01/02/2023 em Buttermilk (profundidades: 7.5–8.5 m e 12–13 m), e no dia 31/01 /2023 em Billy Mays (profundidades: 6–9 m e 11–13 m).

Tabela 1. Sítios, coordenadas, profundidade de cada biótopo e número de amostras dos fotoquadrados nos dois estratos de profundidade coletados na ilha de Santa Helena. **Fonte:** Mission Atlantic.

Localização	Coordenadas	Profundidades	Fotoquadrados
Thompson's Bay	15.98 S, 5.78 W	5-8 m	35
		12-17 m	40
Billy Mays	15.94 S, 5.75 W	6-9 m	35
		11-13 m	40
Buttermilk Point	15.90 S, 5.70 W	7.5-8.5 m	40
		12-13 m	35
Total			225

O fotoquadrado é um método padronizado para estimar a porcentagem da cobertura bentônica (Aued *et al.*, 2018). Para isso, primeiro foi delimitada a área amostral de 2 m² (Figura 3), onde foram realizados 5 transectos medindo 25 cm x 25 cm no substrato recifal (Figura 4) (Aued *et al.*, 2018; Ferrari *et al.*, 2023). No sítio mais abrigado, Thompson localizado em uma baía, foram realizados 35 fotoquadrados no *slope* 45 na ‘interface’ totalizando 75 fotoquadrados. No sítio Billy Mays feitos 35 fotoquadrados no *slope* e 40 na ‘interface’, num total de 75 fotoquadrados. No sítio Buttermilk Point, foram analisadas 40 fotografias do *slope*, e na interface foram realizados 35 fotoquadrados, com um total de 75 fotoquadrados. No total foram analisados 225 fotoquadrados da Ilha de Santa Helena.

Biótopos

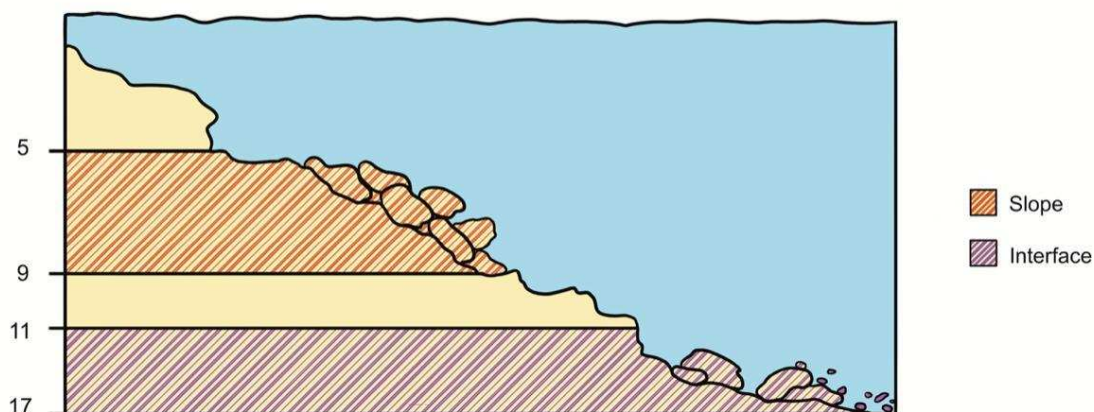


Figura 2: Esquema ilustrando a diferença nas profundidades amostradas na Ilha de Santa Helena. Em laranja a parte mais rasa, *slope*, que variou entre 5 e 9m, e em roxo a interface do recife rochoso com o substrato inconsolidado que variou entre 11 e 17m. Fonte:

3.4 CoralNet

O CoralNet é um Software utilizado para analisar imagens bentônicas. Ele faz uso de redes neurais profundas que permitem a anotação de imagens, seja de forma totalmente automática ou semiautomática. Além disso, o CoralNet funciona também como um repositório de dados e uma plataforma de colaboração. É de código aberto e gratuito (Beijbom, 2012).

A proporção de cobertura de cada grupo bentônico foi estimada pelo programa CoralNet (Beijbom, 2012), onde, através da análise de 30 pontos aleatórios em cada imagem de fotoquadrado, identificamos os grupos morfofuncionais do bentos presentes em cada localidade amostrada da ilha (Figura 5), com o objetivo de representar da melhor maneira possível a diversidade e cobertura de bentos nesta escala.

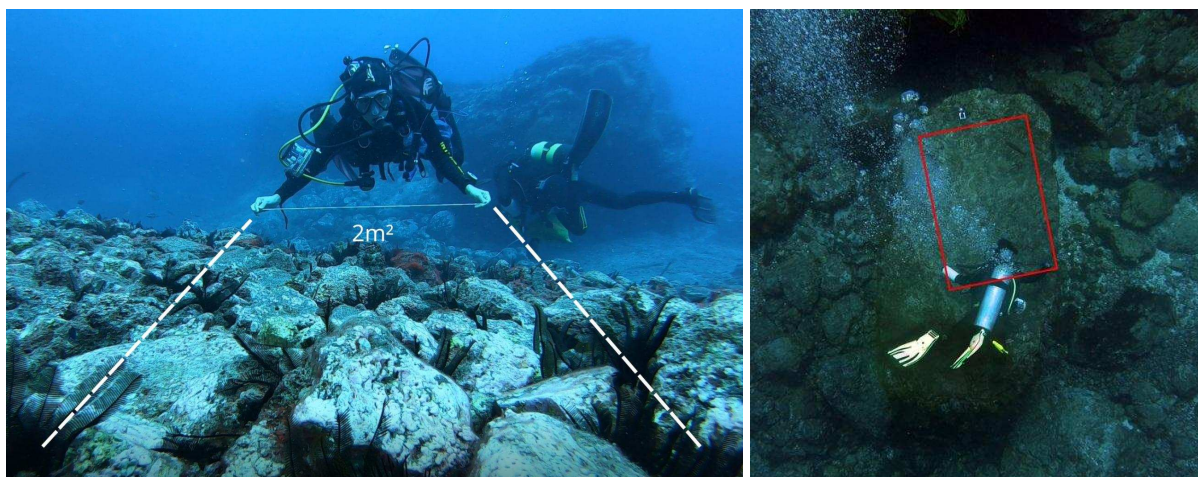


Figura 3. Esquema do método de coleta de fotoquadrados. Esquerda: Pesquisadora delimitando a área amostral de 2 m² onde foram realizados os fotoquadrados bentônicos; Direita: Vista de cima da área amostral onde os 5 fotoquadrados de 25 x 25 cm foram amostrados (Imagens: LA Rocha e PELD-ILOC).

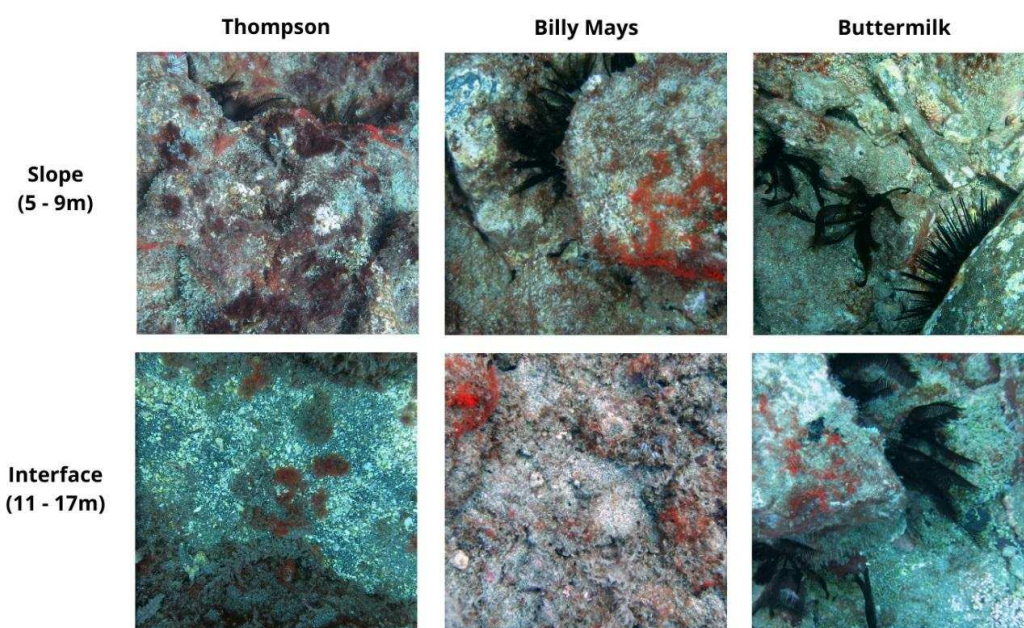


Figura 4: Exemplos de fotoquadrados (25 x 25 cm) realizados nos sítios estudados na Ilha de Santa Helena. Esquerda (Thompson) menos hidrodinâmico para a direita (Buttermilk) mais hidrodinâmico) em um gradiente de profundidade (primeira linha os mais rasos - slope - e na segunda linha os mais profundos - interface).



Figura 5: Plate de organismos bentônicos representativos da Ilha de Santa Helena (da esquerda para a direita começando no canto superior): Crinóide (*Tropiometra carinata*), Alga Calcária Incrustante (*Neogoniolithon mamillosum*), Cianobactéria (Cyanophyta), Macroalga (*Asparagopsis taxiformis*), Zoantídeo (*Protopalythoa canariense*), Alga Epilítica (*Wrangelia penicillata*), Hidrozoário (*Macrorhynchia philippina*) e Esponja (*Euryspongia sp.*). Fonte: (Brown, 2014).

3.5 Análise de dados

Realizamos análises exploratórias utilizando gráficos de barras para identificar as porcentagens de cobertura do substrato bentônico ocupadas por cada grupo morfofuncional, em cada sítio com diferentes graus de hidrodinamismo na Ilha de Santa Helena. Para comparar a cobertura bentônica em ambos os estratos de profundidade, foi realizado um boxplot com mediana e quartis. No boxplot, cada ponto representa o número de pontos identificado para cada substrato em cada fotografia, representando também a mediana e os outliers. As diferentes cores representam o biótopo registrado para cada substrato nos diferentes sítios.

4 RESULTADOS

A análise dos fotoquadrados revelou os seguintes grupos morfofuncionais compondo a cobertura bentônica da ilha de Santa Helena (*sensu* Aued *et al.*, 2018): Matriz de Algas Epilíticas (MAE), Macroalgas, Alga Calcária Incrustante (CCA), Zoantídeos, Hydrozoa, Crinóides, Outros Invertebrados, Esponja, Cianobactéria e Substrato Inconsolidado (i.e. Areia) (Figura 5).

Os resultados demonstram que em Thompson o bentos é dominado principalmente por dois grupos principais: Matriz de Algas Epilíticas com cobertura de aproximadamente 63% e Macroalgas com cerca de 15% de cobertura (Figura 5). Em sequência, Cianobactéria corresponde a cerca de 12,5% e o Substrato Inconsolidado representa menos de 2%. Os demais grupos morfofuncionais (Alga Calcária Incrustante, Zoantídeo, Hydrozoa, Crinóide, Outros Invertebrados e Esponja) somados representam o restante da cobertura bentônica (~7,5%).

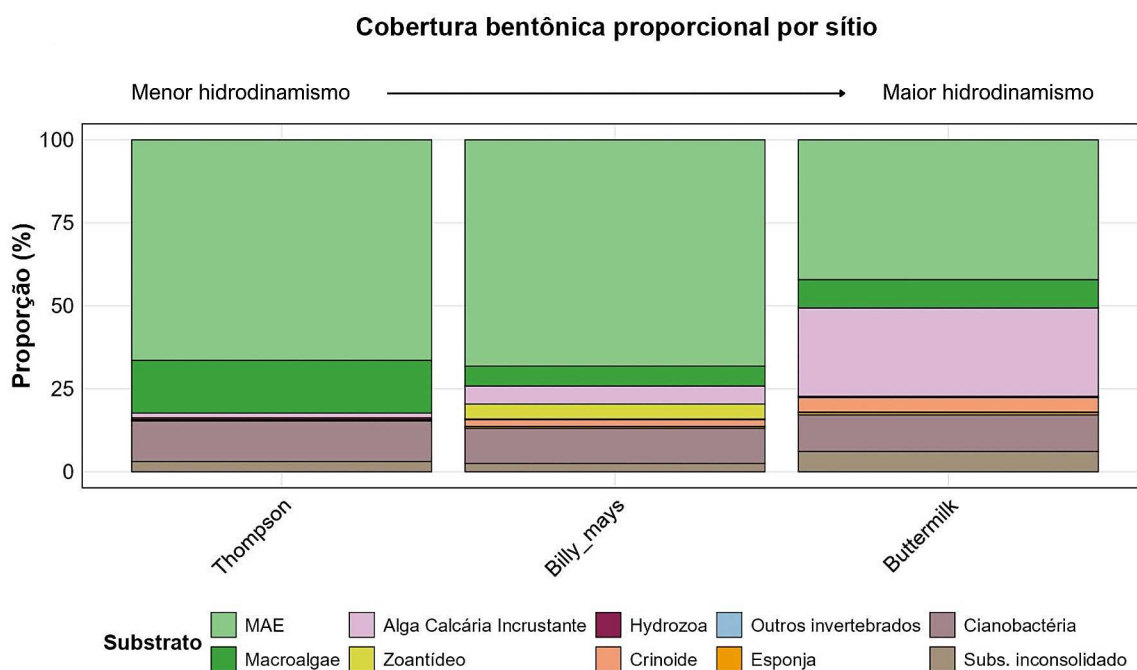


Figura 6: Proporção relativa da cobertura bentônica nos três sítios em Santa Helena, em gradiente de hidrodinamismo. As barras representam a proporção de cada tipo de substrato bentônico, com as cores correspondendo aos diferentes substratos.

Em Billy Mays, a proporção de cobertura foi semelhante à Thompson, com a MAE representando cerca de 65% de cobertura bentônica (Figura 6). Cianobactérias recobrem aproximadamente 12,5%. Macroalgas e Alga Calcária Incrustante em torno de 5%. Os Zoantídeos aparecem ocupando cerca de 3%. Os crinóides representavam 1 a 2%.

Buttermilk foi o local com mais grupos morfofuncionais distribuídos no substrato bentônico (Figura 5). A Matriz de Algas Epilíticas, neste sítio, apresentou uma cobertura menor em relação aos demais, ocupando 40% do substrato. Macroalgas corresponderam entre 5 e 10% no *slope* e na interface. Alga Calcária Incrustante teve um aumento expressivo, correspondendo a cerca de 25%. Cianobactéria com aproximadamente 12,5%, mesmo valor observado em Thompson's. O substrato Inconsolidado representou 5% e os Crinóides mostraram um leve aumento, com aproximadamente 3% (Figura 6).

Assim, comparativamente entre os sítios, foi visualizada uma clara dominância da matriz de algas epilíticas entre todos, mesmo que em menor valor em Buttermilk. Thompson teve a maior porcentagem de Macroalgas, valor que em Billy Mays e Thompson foram menores. Em Billy Mays, os Zoantídeos aparecem pela única vez entre os sítios. Em Buttermilk, se destacou a Alga Calcária Incrustante com a maior cobertura observada entre os três sítios.

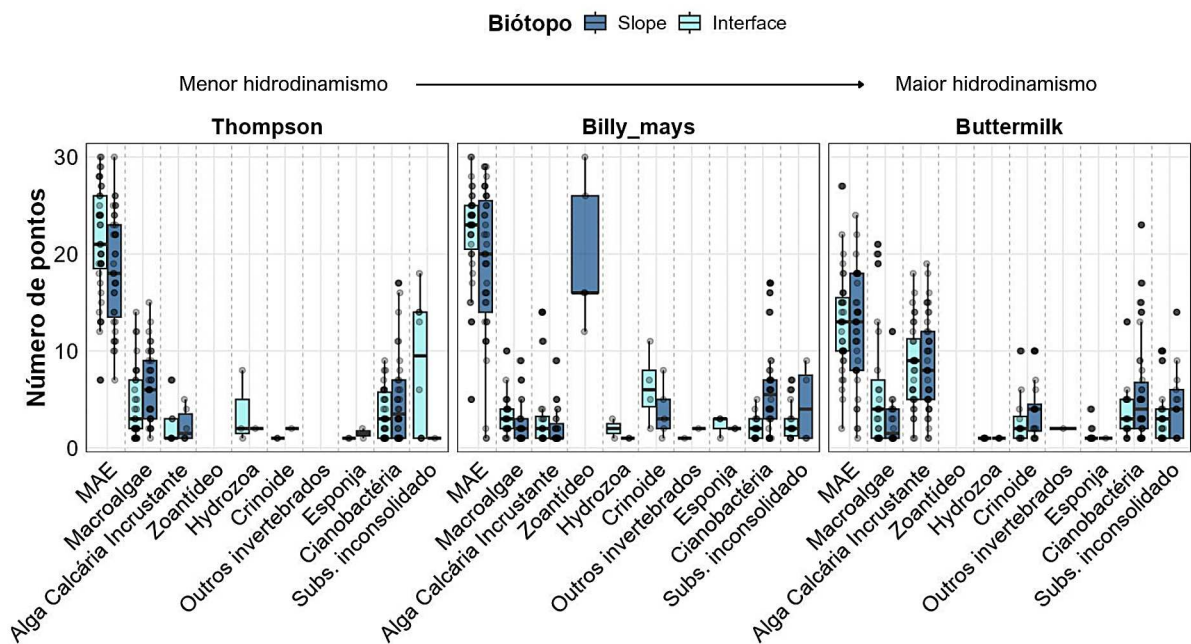


Figura 7: Distribuição do número de pontos de cobertura bentônica identificados por grupos

morfofuncionais nos três sítios. Caixas representam a variação do número de pontos por grupo morfofuncional em cada foto, e os pontos indicam os valores individuais observados. As cores diferenciam os biótopos amostrados (*slope*: 5–9 m em azul escuro e a interface: 11–17 m em azul claro).

A média e os quartis da cobertura de bentos nos dois biótopos analisados (*slope* e interface) confirmou novamente o domínio da Matriz de Algas Epilíticas nos sítios, desta vez entre o gradiente hidrodinâmico (Figura 7). Em Thompson, a Matriz de Algas Epilíticas esteve mais variável no *slope*. Macroalgas foram praticamente iguais em presença e variabilidade, que em Thompson e Billy Mays. O Substrato Inconsolidado foi presente quase que exclusivamente na interface, com uma variação muito grande comparado ao *slope*, sendo este um resultado esperado, já que este local é uma área de transição entre o recife e a areia. As Cianobactérias também tiveram destaque em ambos os estratos de profundidade, apresentando diferença entre os biótopos apenas em Billy Mays, enquanto que nos demais locais se apresentaram uniforme no gradiente batimétrico. Os Hidrozoários estavam presentes quase que exclusivamente na interface, com pouquíssima ou nenhuma presença no *slope*. Billy Mays se destacou pela abundância de Zoantídeos em comparação aos demais locais. Em Billy Mays esses organismos foram dominantes no biótopo *slope*, enquanto que na interface foram praticamente inexistentes (< 3%). Os Crinóides foram mais representativos neste sítio e em Buttermilk, comparado a Thompson. Já o substrato inconsolidado, em contraste com o que foi encontrado em Thompson, o resultado se inverteu, com o *slope* sendo mais representativo em relação a interface. Os Crinóides foram presentes mais na interface do que no *slope*. Buttermilk, por sua vez, continua sendo o sítio mais distinto, possuindo uma maior cobertura de Matriz de Algas Epilíticas e de Alga Calcária Incrustante, seguido de Macroalgas e Cianobactérias. A Alga Calcária Incrustante foi mais abundante neste local que nos outros dois, com os dois biótopos não diferindo praticamente, inferindo que a comunidade bentônica deste sítio é mais consolidada e incrustada. (Figura 7).

5 DISCUSSÃO

Este trabalho é apenas o segundo a estudar a cobertura bentônica da ilha de Santa Helena. Principalmente, no que diz respeito a como as condições ambientais afetam a comunidade bentônica dessa ilha. Neste trabalho, foram analisados como o hidrodinamismo e a profundidade podem influenciar os organismos que compõem o substrato bentônico dessa ilha oceânica peculiar e extremamente isolada.

5.1 Cobertura bentônica em relação ao hidrodinamismo dos sítios estudados

Neste estudo foi observado que na Ilha de Santa Helena, a Matriz de Algas Epilíticas (MAE) dominou a cobertura bentônica dos três sítios analisados, em especial em Thompson e Billy Mays, correspondendo a cerca de 63 à 65% do substrato bentônico, resultado superior ao encontrado em outra ilha da Dorsal Mesoatlântica, Ascensão, que contabilizou pouco mais de 40% da cobertura (Ferrari *et al.*, 2024). Este resultado mostra que há uma produtividade primária alta, onde as condições ambientais, resultantes de elevadas concentrações de nutrientes na coluna d'água ou ainda pela luminosidade que beneficiam o crescimento das algas de forma acelerada, corroborando os resultados encontrados por Cowburn *et al.* (2021). Outro ponto a se considerar, diz respeito a herbivoria, se a pressão alimentar por partes dos peixes herbívoros nas Macroalgas for pequeno, as macroalgas podem ser trocadas pela fina camada de algas menores e pouco duradouras, formando a matriz de algas epilíticas (Tebbett *et al.*, 2025).

O contraste entre Thompson e Buttermilk mostra ambientes com estruturas bentônicas distintas, se em Thompson as Macroalgas predominam com cerca de 15 a 20% e Substrato Inconsolidado (Areia) com aproximadamente 10%, podemos inferir que a grande quantidade de macroalgas neste sítio sugere uma comunidade bentônica intermediária, onde há suporte para o crescimento de algas maiores. O hidrodinamismo (regime de ondas) fraco e a profundidade menor, permitindo maior incidência de luz, parecem fazer deste lugar um ambiente adequado para a fixação destes organismos.

Em relação aos outros locais, Buttermilk teve significativa redução na matriz de algas epilíticas (50%) e na proporção de Crinóide (menos de 5%) e notável aumento na proporção de algas calcárias incrustantes (25%). Com relação aos organismos filtradores, como os Crinóides, todas as ilhas oceânicas do Atlântico Sul (Arquipélago de São Pedro e

São Paulo, Fernando de Noronha, Atol das Rocas, Ascensão e Ilha da Trindade) analisadas por Ferrari et al. (2024) têm cobertura muito baixa (menos que 1%), enquanto em Santa Helena, os sítios mais hidrodinâmicos (Buttermilk e Billy Mays) têm uma maior cobertura de crinóides (*Tropiometra carinata*) de aproximadamente 3% (ver Figura 5).

A alta cobertura de CCA em Buttermilk provavelmente está associada ao sítio ser o mais hidrodinâmico dos três estudados. Algumas explicações podem ser, maior resistência às ondas, maior herbivoria, ou substrato mais estável (consolidado) que pode favorecer o crescimento destes organismos de crescimento lento, mais resistentes à predação (Steneck, 1986). Assim, Buttermilk pode ter mais pressão alimentar por parte dos peixes herbívoros que podem limitar o crescimento da matriz de algas epilíticas como nos outros locais estudados. Na Ilha de Ascensão, Ferrari *et al.* (2024) encontraram uma cobertura muito maior de CCA no *slope* (mais hidrodinâmico) do que na interface.

Portanto, os resultados mostram que mesmo que a matriz de algas epilíticas domine os três sítios, os demais grupos de organismos secundários, como por exemplos, CCA e macroalgas, podem indicar que fatores do ambiente ou biológicos, tais como, herbivoria, disponibilidade de nutrientes ou a estabilidade do substrato estão moldando a forma da estrutura da comunidade bentônica dos três locais. No estudo do Cowburn *et al.* (2021), os autores verificaram uma dominância de MAE de quase 40% de cobertura no lado mais abrigado de ondas da ilha (o lado Leeward), menos de 20% em locais mais hidrodinâmicos (o lado Windward da ilha), corroborando o padrão geral do presente estudo.

5.2 Cobertura bentônica em profundidades distintas nos três sítios

A geomorfologia da ilha de Santa Helena pode ser indicativo para a diferença no gradiente de profundidade observados nos três locais amostrados (Cowburn *et al.*, 2021), já que em Thompson foi observado alta abundância de Substrato Inconsolidado e e Hydrozoa, grupos de organismos que classicamente suportam áreas com mais sedimentações, evidenciando assim, uma interface abrupta para um fundo arenoso. Macroalgas também foram favorecidas neste sítio, sendo este ambiente um local onde algas frondosas conseguem crescer e se estabelecer.

Em Billy Mays, a dominância dos Zoantídeos no *slope* era esperada devido ao fato de que classicamente eles são encontrados em locais rasos, uma vez que são organismos que abrigam microalgas fotossintetizantes (Wee *et al.*, 2017), sendo alta somente em Billy Mays.

Além disso, são organismos que competem por mais espaço, e observada a sua alta densidade no *slope*, podemos inferir que o substrato duro lhes confere sucesso em relação a outros organismos sésseis que estão nesse ambiente (Wee *et al.*, 2017). Já na interface, a não observação deste grupo reforça que o substrato inconsolidado não é tolerado por eles devido à presença de sedimentos que dificultam a penetração de luz e à instabilidade desta área de transição.

Na interface de Buttermilk, as Algas calcárias incrustantes dominaram, sugerindo um ambiente mais consolidado que Thompson e Billy Mays, com características mais rochosas e sólidas, favorecendo assim grupos de organismos calcificadores como a CCA. As algas calcárias incrustantes são de extrema importância para a estrutura recifal, já que sua característica calcária fornece um ambiente mais sólido e consolidado, resistindo, por exemplo, a um gradiente de hidrodinamismo mais alto (ondas mais fortes) (Steneck, 1986; Gherardi; Bosence, 2001). Além disso, algas calcárias tem papel fundamental na produção de carbonato mesmo em recifes de coral (Cornwall *et al.*, 2023), o que sugere que esse grupo desempenha essa função nos recifes rochosos de Santa Helena. As cianobactérias observadas em maior presença em Buttermilk podem sugerir um ambiente rico em nutrientes localmente, apesar da condição oligotrófica insular geral, ou aumento das temperaturas, não sendo possível confirmar sua contribuição para este local.

5.3 Cobertura bentônica comparativa com outras ilhas oceânicas

Na ilha de Ascensão, Ferrari *et al.* (2024) contabilizaram pouco mais de 40% de matriz de algas epilíticas (MAE), enquanto que no presente estudo observamos proporções maiores, entre 40 e 65%, valores semelhantes aos reportados por Cowburn *et al.* (2021). Por outro lado, a cobertura de MAE em Trindade é de apenas 20%, comparando com 40% ou mais em Ascensão (Ferrari *et al.*, 2024) e Santa Helena (presente estudo).

Em termos de algas calcárias incrustantes (CCA) a Ilha da Trindade apresenta valores bem maiores do que Santa Helena e Ascensão, chegando a 30% da cobertura recifal (Ferrari *et al.*, 2024). Em Ascensão aproximadamente 20% de sua cobertura bentônica é de CCA, enquanto que em Santa Helena verificamos coberturas menores, entre 20 e apenas 2%.

A cobertura de Macroalgas encontrada neste estudo (Santa Helena) é relativamente baixa (2 a 12%), especialmente quando comparada com Fernando de Noronha (33%) e a Ilha da Trindade (40%). A cobertura de Macroalgas em Santa Helena é mais parecida com Atol da

Rocas (6%) e Ascensão com aproximadamente 19% (Ferrari *et al.*, 2024).

Com relação aos organismos filtradores, como Crinóides, todas as ilhas oceânicas do Atlântico Sul analisadas por Ferrari *et al.* (2024) têm cobertura muito baixa (menos que 1%), enquanto em Santa Helena, no sítio mais hidrodinâmico (Buttermilk) tem uma maior cobertura de crinóides (*Tropiometra carinata*) de aproximadamente 3% (ver Figura 5).

6 CONCLUSÃO

O presente estudo mostrou que há diferenças entre os elementos do bentos em termos e proporções, tanto em relação à profundidade, quanto em relação ao gradiente de hidrodinamismo. Comparativamente com Atol das Rocas, Fernando de Noronha, Ilha da Trindade e Ascensão, Santa Helena possui maior proporção de cobertura bentônica de matriz de algas epilíticas, em contraste, os valores de algas calcárias incrustantes foram os menores dentre as ilhas. Em termos de Macroalgas, os valores foram próximos entre Santa Helena, Ascensão e Atol das Rocas. Com relação aos organismos filtradores, todas as ilhas comparadas possuem cobertura muito baixa e em Santa Helena não foi diferente, mesmo que no sítio mais hidrodinâmico de Santa Helena (Buttermilk), esse valor fosse um pouco maior.

Assim como no trabalho de Cowburn *et al.* (2021) não observamos corais escleractínios, dada que a faixa de temperatura no inverno dessa ilha subtropical torna inviável a presença dos corais. O presente trabalho se soma aos outros trabalhos que descrevem as comunidades bentônicas das ilhas oceânicas do Atlântico, estabelecendo uma linha de base para comparações futuras em um oceano em transformação. Cada ilha oceânica tem suas peculiaridades e uma assinatura própria quanto à oceanografia e composição biológica delas, tornando-as únicas.

7 REFERÊNCIAS

- AUED, A. W. et al. Large-scale patterns of benthic marine communities in the Brazilian Province. **PLOS ONE**, v. 13, n. 6, p. e0198452, 2018.
- BEIJBOM, O. et al. Automated annotation of coral reef survey images. In: IEEE conference on computer vision and pattern recognition, 2012. **Proceedings...** IEEE, p. 1170-1177, 2012.
- BELL, J. J. The functional roles of marine sponges. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 79, n. 3, p. 341–353, set. 2008.
- BROWN, J. Marine Life of St Helena, 2014.
- CORD, I. et al. Biogeography and evolution of reef fishes on tropical Mid-Atlantic Ridge islands. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 292, n. 2051, p. 20250756, 2025.
- COWBURN, B. et al. Rocky reefs of St Helena and the tropical Atlantic: how the lack of coral and an isolated oceanic location drive unique inshore marine ecology. **Marine Ecology Progress Series**, v. 663, p. 31–49, 2021.
- EDMUNDS, P. J.; LEICHTER, James J. Spatial scale-dependent vertical zonation of coral reef community structure in French Polynesia. **Ecosphere**, v. 7, n. 5, p. e01342, 2016.
- FERRARI, D. S. et al. Hyperdominance and habitat composition drive reef fish foraging at Atlantic oceanic islands. **Marine Ecology Progress Series**, v. 726, p. 1–15, 2024.
- FERRARI, D. S. et al. A trait-based approach to marine island biogeography. **Journal of Biogeography**, v. 50, n. 3, p. 528–538, 2023.
- GHERARDI, D. F. M.; BOSENCE, D. W. J. Composition and community structure of the coralline algal reefs from Atol das Rocas, South Atlantic, Brazil. **Coral Reefs**, v. 19, n. 3, p. 205–219, 2001.
- GRAHAM, N. A. J.; NASH, K. L. The importance of structural complexity in coral reef

- ecosystems. **Coral Reefs**, v. 32, n. 2, p. 315–326, 2013.
- HACHICH, N. F. et al. Island Biogeography of Marine Shallow-Water Organisms. In: Encyclopedia of the World's Biomes. **Elsevier**, p. 61–75, 2020.
- HATCHER, B. G. Coral reef primary productivity: A beggar's banquet. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 3, n. 5, p. 106–111, 1988.
- HEMOND, H. F.; McROY, C. P. Hydrodynamics and benthic community structure. **Estuaries**, v. 15, p. 327–337, 1992.
- JONES, C. G.; LAWTON, John H.; SHACHAK, Moshe. Organisms as Ecosystem Engineers. **Oikos**, v. 69, n. 3, p. 373, 1994.
- JONES, D. O. B. et al. The ecology of benthic invertebrates. *Annual Review of Marine Science*, v. 12, p. 459–487, 2020.
- MISSION ATLANTIC. **Exploring St Helena's marine wonders: a recap of the Mission Atlantic expedition.** Disponível em: <https://missionatlantic.eu/news-and-events/exploring-st-helena-s-marine-wonders-a-recap-of-the-mission-atlantic-expedition/>. Acesso em: 24 nov. 2023.
- MOBERG, F.; FOLKE, C. Ecological goods and services of coral reef ecosystems. **Ecological Economics**, v. 29, n. 2, p. 215–233, 1999.
- MORAIS, R. A. et al. Rethinking Darwin's coral reef paradox and the ubiquity of "marine oases". **Current Biology**, v. 35, n. 13, p. 3241–3250.e6, 2025.
- PINHEIRO, H. T. et al. Island biogeography of marine organisms. **Nature**, v. 549, n. 7670, p. 82–85, 2017.
- REAKA-KUDLA, M. L. et al. The global biodiversity of coral reefs: a comparison with rain forests. **Biodiversity II: Understanding and protecting our biological resources**, v. 2, p. 551, 1997.
- STENECK, R. S. The ecology of coralline algal crusts: convergent patterns and adaptative

strategies. **Annual review of ecology and systematics**, p. 273-303, 1986.

STORLAZZI, C. D. et al. A model for wave control on coral breakage and species distribution in the Hawaiian Islands. **Coral Reefs**, v. 24, n. 1, p. 43–55, 2005.

TEBBETT, S. B. et al. Epilithic algal composition and the functioning of Anthropocene coral reefs. **Marine Pollution Bulletin**, v. 210, p. 117322, 2025.

TYBERGHEIN, L. et al. Bio-ORACLE: a global environmental dataset for marine species distribution modelling. **Global Ecology and Biogeography**, v. 21, n. 2, p. 272–281, 2012.

WEE, H. B. et al. Zoantharian abundance in coral reef benthic communities at Terengganu Islands, Malaysia. **Regional Studies in Marine Science**, v. 12, p. 58–63, 2017.