

Programa de monitorização dos recifes artificiais da Madeira e Porto Santo

**General Pereira D'Eça e Afonso Cerqueira
e recifes naturais circundantes**

2022

AMACO

Associação Madeirense
para a Conservação Marinha



Relatório do Programa de Monitorização dos recifes artificiais da Madeira e Porto Santo – 2022

Pedro António Neves

Versão corrigida – Dezembro 2023

AMACO – Associação Madeirense para a Conservação Marinha

Como citar este documento:

Neves, Pedro. (2022). Relatório do Programa de Monitorização dos recifes artificiais da Madeira e Porto Santo – 2022. AMACO, Funchal. 52pp.

Produção e Coordenação: Pedro Neves

Edição: Associação Madeirense para a Conservação Marinha – AMACO

Fotografias: © Pedro Neves

Concepção Gráfica: Pedro Neves

Copyright © AMACO, 2022.

Colophon

Este documento foi concebido em [L^AT_EX](#), usando a classe [kaobook](#).

Edição

Publicado em Dezembro de 2022 pela AMACO – Associação Madeirense para a Conservação Marinha. Versão corrigida publicada em Dezembro de 2023.

AMACO

Associação Madeirense
para a Conservação Marinha



Sumário executivo

O presente relatório apresenta os principais resultados das campanhas de monitorização dos recifes artificiais da Madeira e Porto Santo realizadas em 2022. Decorridos 7 anos desde o afundamento da antiga corveta da Marinha Portuguesa «General Pereira D’Eça» e conseqüentemente, do início deste projecto, este é já o programa de monitorização de ecossistemas marinhos com maior duração em Portugal. Este é, em si, um facto assinalável, sobretudo tendo em conta as dificuldades de que se revestem os programas de monitorização ecológica a longo prazo.

Através de censos visuais dirigidos à ictiofauna e aos macroinvertebrados móveis, e abarcando um conjunto de 19 locais nas duas ilhas, a monitorização incide sobre os principais habitats naturais e artificiais, cobrindo uma grande variedade de ecossistemas marinhos costeiros. A abordagem global às comunidades marinhas e o estudo da biodiversidade nas suas várias componentes, tem-se revelado fundamental para colmatar lacunas de conhecimento já há muito identificadas e para melhor compreender os processos dinâmicos que moldam os ecossistemas marinhos da Região.

Os principais resultados do Programa de monitorização dos recifes artificiais corveta general Pereira d’Eça (CORDECA) na ilha do Porto Santo, corveta Afonso Cerqueira (CORCEIRA) no Parque Natural Marinho do Cabo Girão (ilha da Madeira) e recifes naturais circundantes permitem afirmar que no Porto Santo, os locais com maior número de espécies de peixes observadas nos transectos são locais com algum regime de protecção — CORDECA recife, Engrade grande, Baixa do Cotrim e Pedra do Jota. Também em termos de número de espécies, os recifes artificiais superam (no caso do Porto Santo) ou estão muito próximos (no caso da Madeira) dos recifes rochosos circundantes. Os resultados mostram igualmente diferenças importantes entre os vários habitats estudados, o que salienta a importância da variabilidade ecossistémica no Arquipélago e a necessidade de a manter. Mesmo os habitats com menor biodiversidade associada (fundos arenosos, p. ex.), desempenham importantes serviços dos ecossistemas que é fundamental conservar.

Adicionalmente, o Programa de Monitorização desencadeou actividades paralelas ao promover o mapeamento dos habitats costeiros subtidais (são exemplo disso as acções de mapeamento dos campos de rodólitos na Madeira e no Porto Santo), a descoberta de novas espécies (*Avrainvillea canariensis*), o acompanhamento das alterações na distribuição de novas espécies, como *Caulerpa aschmeadii* no Porto Santo e a detecção dos eventos de mortalidade de *Diadema africanum*, ocorridos em 2018 e em 2022.

Devido à importância de que se reveste este programa de monitorização é fundamental que o mesmo seja continuado por mais tempo, para que a série de dados que está a ser recolhida seja o mais extensa possível, já que os processos ecológicos se desenrolam ao longo de vastos períodos e que só uma análise a séries longas de dados pode permitir perceber as tendências que este processos tomam. Nesse sentido, a nossa recomendação vai no sentido de continuar o presente Programa de Monitorização com o inestimável apoio do IFCN I.P.—RAM, sem o qual muito dificilmente o trabalho poderá continuar.

Agradecimentos

Um trabalho desta envergadura não teria sido possível sem o apoio de tantas pessoas e instituições. Como tal, os autores deste trabalho desejam agradecer:

Ao Instituto das Florestas e Conservação da Natureza (IP—RAM) pelo apoio logístico e financeiro;

Ao Paulo Oliveira pela frontalidade e pragmatismo e pela ajuda a solucionar os vários constrangimentos que surgiram ao longo do projecto;

À Dília Menezes, como gestora do Contrato, à Carolina Santos, como Coordenadora da Rede de Áreas Protegidas do Porto Santo, e ao Ricardo Montes por toda a ajuda na organização do apoio logístico do IFCN para as missões nas duas ilhas;

À Cláudia Ribeiro, pela energia sem fim, pela determinação inabalável e pela coordenação técnico-científica do Programa de Monitorização, sem as quais este trabalho não seria possível;

Aos Vigilantes da Natureza (IFCN) pela amabilidade e disponibilidade e por todo o apoio logístico que nos prestaram;

À Joana e ao José Ricardo da Porto Santo Sub pelo empréstimo de equipamento de mergulho e pela ajuda na resolução de problemas de última hora;

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Principais resultados do Programa de Monitorização	1
1.2	Constrangimentos	2
2	Material e métodos	5
2.1	Locais de amostragem	5
2.2	Caracterização qualitativa e quantitativa da ictiofauna e macroinvertebrados móveis	10
3	Resultados	15
3.1	Esforço/Amostragem	15
3.2	Temperatura média da água do mar	15
3.3	Caracterização qualitativa e quantitativa da ictiofauna	15
3.4	Caracterização qualitativa e quantitativa dos macroinvertebrados	23
3.5	Caracterização global das comunidades	29
4	Discussão e conclusões	35
4.1	Caracterização qualitativa e quantitativa das comunidades	35
4.2	Caracterização dos habitats	37
	Bibliografia	41

Lista de Figuras

1.1	Campo de rodólitos	1
2.1	Locais de amostragem.	5
3.1	Análise de clusters	32
3.2	Ordenação nMDS	33
4.1	Mortalidade <i>Diadema</i>	37

Lista de Tabelas

2.1	Locais de amostragem	6
3.1	Diversidade taxonómica: ictiofauna	16
3.2	Frequências: ictiofauna	18
3.3	Densidade total: ictiofauna	19
3.4	Densidade por habitat: ictiofauna Madeira	20
3.5	Densidade por habitat: ictiofauna Porto Santo	21
3.6	Análise de associação: ictiofauna	23
3.7	Diversidade taxonómica: macroinvertebrados	24
3.8	Frequências: macroinvertebrados	25
3.9	Densidade total: macroinvertebrados	26
3.10	Variação da densidade de <i>Diadema africanum</i> nalguns locais de estudo na ilha do Porto Santo (nº ind/50 m ²). V: Verão, O: Outono.	26
3.11	Densidade por habitat: macroinvertebrados Madeira	27
3.12	Densidade por habitat: macroinvertebrados Porto Santo	28
3.13	Análise de associação: macroinvertebrados.	29
3.14	Diversidade taxonómica por habitat: comunidade global	30
3.15	Diversidade taxonómica por local: comunidade global	30
3.16	Análise de associação: comunidade global.	31

AS COMUNIDADES BIOLÓGICAS MUDAM constantemente no espaço e no tempo, e o conhecimento destas variações está na base de vários conceitos ecológicos importantes e de muitos dos modelos de biodiversidade usados hoje em dia [16].

Apesar da sua importância, a componente temporal dos padrões de composição das comunidades biológicas tem sido preterida em relação à sua componente espacial. É uma situação causada em parte pela ausência de séries de dados temporais longas sobre a biodiversidade e agravada pelo facto de alguns projectos de monitorização terem sido cancelados pelas respectivas entidades financiadoras com o argumento destes projectos se destinarem apenas «a recolher dados» e não ao desenvolvimento «da investigação de ponta» [16]. É sabido que os custos inerentes aos programas de monitorização podem ser elevados [7, 15], mas sabemos também que as dinâmicas espaciotemporais dos ecossistemas não são perceptíveis a partir de observações feitas durante períodos curtos [10].

Actualmente, uma das tarefas mais prementes com que os ecólogos se deparam é precisamente perceber qual o impacto das actividades humanas na diversidade biológica. Mas na ausência de bons dados de base, é muito difícil distinguir as alterações em termos de biodiversidade causadas pelas alterações climáticas daquelas que ocorrem de forma natural, na ausência das actividades antropogénicas.

Neste contexto, em que é cada vez mais importante perceber como reagem as espécies e os ecossistemas às alterações ambientais e às pressões induzidas pela (cada vez maior) população humana, os estudos ecológicos a longo prazo («Long-term ecological and environmental studies – LTEES») assumem um papel preponderante. O conhecimento obtido através destes programas é essencial para caracterizar como e porquê está a alterar-se o ambiente natural e fornece um meio para compreendermos a regulação e o funcionamento das comunidades biológicas. Serve ainda para relacionar os padrões biológicos com a sua variabilidade ambiental e para facilitar a gestão da influência humana nos ecossistemas e nos serviços que eles proporcionam [15] [5, 13].

No que diz respeito aos habitats subtidais, o Programa de Monitorização a que se refere este relatório é o único em curso no Arquipélago da Madeira. Financiado pelo Governo Regional, através do IFCN, IP-RAM, decorre ininterruptamente desde 2016 (no Porto Santo e desde 2018 na Madeira), sendo já o mais longo a nível nacional.

1.1 Principais resultados do Programa de Monitorização

Além de proporcionar a obtenção de uma importante série de dados espaciotemporais sobre a biodiversidade marinha da Região, o programa de monitorização dos recifes artificiais CORDECA e CORCEIRA tem contribuído de forma decisiva para colmatar algumas das lacunas de conhecimento

[16]: Magurran et al. (2011), *Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment*

[7]: Callahan (1984), *Long-Term Ecological Research*

[15]: Magurran et al. (2010), *Long-Term Datasets in Biodiversity Research and Monitoring: Assessing Change in Ecological Communities through Time*

[10]: Giron-Nava et al. (2017), *Quantitative Argument for Long-Term Ecological Monitoring*



Figura 1.1: Campo de rodólitos no Porto Santo.

[5]: Burt (1994), *Long-Term Study of the Natural Environment - Perceptive Science or Mindless Monitoring?*

[13]: Hughes et al. (2017), *Long-Term Studies Contribute Disproportionately to Ecology and Policy*

[17]: MM et al. (2020), *Estratégia Marinha: Relatório Do 2º Ciclo*.

[24]: Ribeiro et al. (2019), *A New Signal of Marine Tropicalization in the Macaronesia Region: First Record of the Mesophotic Macroalga *Avrainvillea Canariensis* A. Gepp & E.S. Gepp in the Madeira Archipelago*

[27]: Ribeiro et al. (2023), *Crossing the Atlantic: The Tropical Macroalga *Caulerpa Ashmeadii* Harvey 1858 as a Recent Settler in Porto Santo Island (Madeira Archipelago, North-eastern Atlantic)*

[21]: Neves et al. (2021), *“Pink Round Stones”—*Rhodolith* Beds: An Overlooked Habitat in Madeira Archipelago*

[26]: Ribeiro et al. (2020), *Habitat Mapping of Cabo Girão Marine Park (Madeira Island): A Tool for Conservation and Management*

[7]: Callahan (1984), *Long-Term Ecological Research*

identificadas na Estratégia Marinha [17], nomeadamente a inventariação de novas espécies [24, 27] e de importantes habitats subtidais [21, 26]. A série temporal de dados que tem vindo a ser compilada está a revelar-se fundamental para ajudar a perceber a dinâmica de alguns dos ecossistemas costeiros ao longo do tempo e começa a revelar padrões que é importante acompanhar e perceber.

1.2 Constrangimentos

No entanto, são muitos e importantes os constrangimentos que se colocam à manutenção dos programas de monitorização, sobretudo na área marinha. Além das dificuldades inerentes ao trabalho de mar, existe a dificuldade em criar, manter e renovar equipas de investigação competentes, a necessidade de obter resultados rápidos e de publicar artigos rapidamente para satisfazer quer as instituições académicas, quer as entidades financiadoras [7], os custos inerentes à recolha e processamento dos dados e a crónica falta de financiamentos a longo prazo [7, 10, 15].

Porque muitos destes constrangimentos são incompatíveis com os objectivos dos programas de monitorização, é imprescindível que haja um compromisso de financiamento público que garanta a manutenção dos programas de monitorização no tempo. Só assim poderemos compreender e conhecer as dinâmicas dos nossos ecossistemas marinhos, avaliar o impacto que têm as nossas actividades e gerir da melhor forma os diversos interesses existentes.







2.1 Locais de amostragem

O PRESENTE PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO pretende comparar a composição das comunidades entre os vários locais do estudo ao longo do tempo. Estes locais foram seleccionados de modo a abarcar vários tipos de habitats que caracterizam quer as proximidades, quer as áreas mais distantes dos locais de afundamento dos navios afundados, bem como outros habitats característicos da área de estudo à escala regional (Tabela 2.1).

Estes habitats incluem: recifes rochosos, enrocamentos, recifes artificiais, fundos arenosos, campos de algas (rodólitos e *Avrainvillea canariensis*).

1. Controlo areia — Porto Santo: local de substrato arenoso (areia média) a uma profundidade de cerca de 20 m, dominado por manchas da alga *Caulerpa prolifera* e pela presença de algumas enguias-de-jardim (*Heteroconger longissimus*). Ocasionalmente foram observadas manchas de algas calcárias verdes (*Penicillus capitatus* e *Halimeda incrassata*). Localizado dentro da área da Rede de Áreas Marinhas Protegidas do Porto Santo — RAMPPS.
2. Baixa das bicudas: afloramento rochoso com cerca de 15 500 m² e uma profundidade entre os 22 m e os 36 m, num fundo de areia grosseira, em grande parte de origem biogénica. Caracterizado pela dominância dos briozoários, cracas, esponjas e ouriços da espécie *Diadema africanum*. Apresenta uma complexidade estrutural, com substrato rochoso com diversas orientações e graus de exposição à luz. Localizado fora da área da RAMPPS.
3. Baixa do Cotrim: afloramento rochoso que atinge a superfície a partir de um fundo de areia fina a cerca de 20 m de profundidade. Bastante exposto à ondulação, em parte pela sua localização na costa

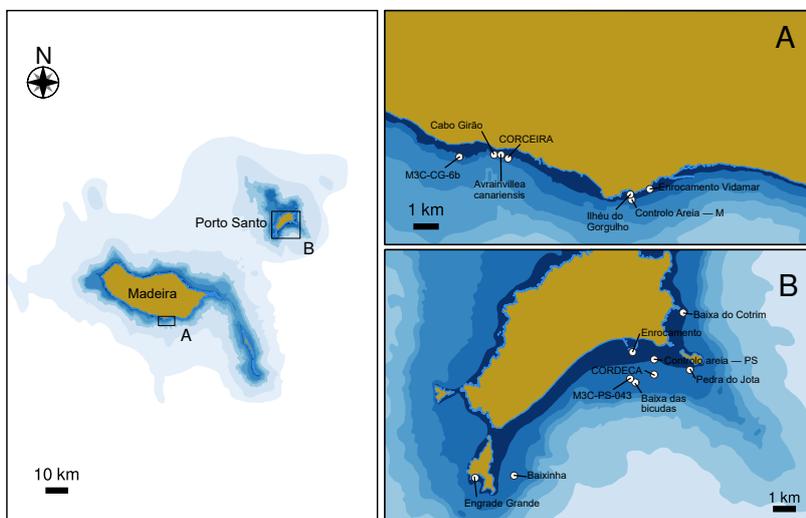


Figura 2.1: Locais de amostragem na Madeira (A) e no Porto Santo (B).

Tabela 2.1: Locais de amostragem incluídos no programa de monitorização.

Ilha	No.	Local	Habitat	Regime de Protecção	Prof. média (m)
Porto Santo	1	Controlo areia – PS	Areia	Protecção total	22
Porto Santo	2	Baixa das bicudas	Rocha	Sem protecção	24
Porto Santo	3	Baixa do Cotrim	Rocha	Protecção total	16
Porto Santo	4	CORDECA areia	Areia	Protecção total	30
Porto Santo	5	CORDECA recife	Recife artificial	Protecção total	24
Porto Santo	6	Enrocamento do porto	Enrocamento	Sem protecção	9
Porto Santo	7	Madeirense	Recife artificial	Protecção total	25
Porto Santo	8	Engrade Grande	Rocha	Protecção parcial	22
Porto Santo	9	Baixinha	Rocha	Protecção parcial	16
Porto Santo	10	Pedra do Jota	Rocha	Protecção total	18
Porto Santo	11	M3C-PS-043	Maërl	Sem protecção	30
Madeira	12	CORCEIRA areia	Areia	Protecção total	30
Madeira	13	Cabo Girão	Rocha	Protecção parcial	31
Madeira	14	Ilhéu do Gorgulho	Rocha	Sem protecção	13
Madeira	15	Controlo areia – M	Areia	Sem protecção	26
Madeira	16	Enrocamento Vidamar	Enrocamento	Sem protecção	12
Madeira	17	CORCEIRA recife	Recife artificial	Protecção total	35
Madeira	18	Avrainvillea canariensis	Areia	Protecção parcial	30
Madeira	19	M3C-CG-6b	Maërl	Protecção parcial	30

E da ilha e em parte pela baixa profundidade a que se encontra. A superfície rochosa deste afloramento é dominada sobretudo por briozoários, cracas e esponjas. Inserido na área da RAMPPS.

4. CORDECA – areia: local do afundamento do NRP General Pereira D’Eça. Fundo de areia média a cerca de 30 m de profundidade. Caracterizado pela presença de manchas de *C. prolifera* e ocasionalmente das algas verdes calcárias *P. capitatus* e *H. incrassata*, bem como pelas acumulações de sedimento (semelhantes a pequenos vulcões) formados por poliquetas sedentários. Localizado dentro da área da RAMPPS.
5. CORDECA – recife: recife artificial (RA) criado para potenciar o incremento de recursos piscícolas e promover o turismo subaquático, através do apoio ao mergulho recreativo. Foi afundado em 2016. A profundidade varia entre os 30 m no fundo e os 15 m no topo das estruturas da corveta. Esta estação de amostragem refere-se à estrutura do navio propriamente dita. Localizado dentro da área da RAMPPS.
6. Enrocamento do porto do Porto Santo: enrocamento artificial de suporte ao porto do Porto Santo. Formado por blocos de rocha natural entre os 10 m e os 6 m e por blocos de betão desde os 6 m até à superfície. Fundo de areia fina aos 10 m. Normalmente conta com a presença de diversos cardumes de peixes pequenos e serve de abrigo a espécies importantes como o badejo (*Myxeroperca fusca*) Localizado fora da área da RAMPPS.
7. Madeirense: recife artificial, criado no ano 2000, com o propósito de dinamizar a actividade do mergulho recreativo e as actividades turísticas associadas. Assente num fundo de areia média a cerca de



33 m de profundidade. Encontra-se já em fase avançada de degradação. Este local foi incluído no conjunto das estações de amostragem a partir do Verão de 2017). Localizado dentro da área da RAMPPS.

8. Ilhéu da Cal – Engrade Grande: localizada na zona W do Ilhéu da cal, integrada na área da RAMPPS, mas com estatuto de reserva parcial. É uma baía cujo substrato rochoso se estende desde a superfície até cerca de 24 m de profundidade onde surge um fundo de areia e pequenas rochas. A faixa rochosa é formada por blocos rochosos e por paredes que atingem a superfície.
9. Baixinha: afloramento rochoso localizado a cerca de 1000 m a E do Ilhéu da Cal. O topo atinge uma profundidade de cerca de 6 m e o fundo encontra-se a cerca de 32 m.
10. Ilhéu de cima – «Pedra do Jota»: Zona de plataforma rochosa a SW do Ilhéu de cima, entre os 21 m e os 15 m de profundidade. Integrada na área da RAMPPS, com regime de «Protecção total». Regularmente utilizada como local de mergulho pelos operadores turísticos locais, onde é prática alimentar a ictiofauna. É uma zona sujeita a correntes de maré fortes.
11. M3C-PS-043: Campo de rodólitos num fundo de areia muito grosseira e cascalho fino a 30 m de profundidade. Foi incluído no programa de amostragem em 2022.

Na ilha da Madeira, o programa de monitorização do RA CORCEIRA realiza-se nos seguintes locais:

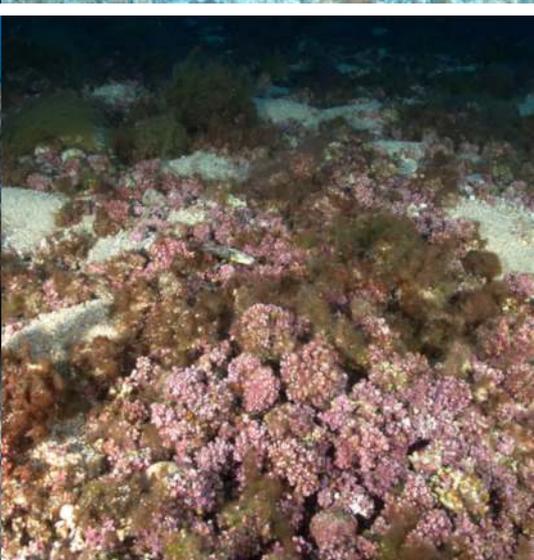
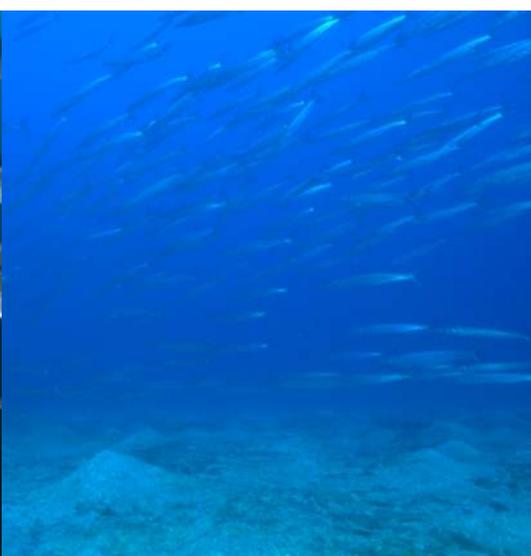
12. CORCEIRA – areia: Local do afundamento do NRP Afonso Cerqueira em 2018. Fundo de areia fina a uma profundidade entre os 30 m e os 24 m. Localizado dentro do Parque Natural Marinho do Cabo Girão – PNMCG.
13. Cabo Girão: Zona de substrato misto, a profundidades entre os 41 m e os 21 m. Fundo de areia fina com presença de rodólitos a cerca de 31 m e blocos rochosos de dimensões variadas até cerca de 21 m de profundidade. Localizada dentro da área do PNMCG.
14. Ilhéu do Gorgulho: ilhéu rochoso que sobe abruptamente desde os 15 m. Fundo arenoso a S, E e W e uma plataforma de blocos rochosos a N, que faz a ligação com a zona rochosa da praia do Gavinas. Localizado fora de qualquer área protegida.
15. Controlo areia – Madeira: zona de fundo arenoso (areia fina) a cerca de 30 m de profundidade e a uma distância de cerca de 240 m a sul do Ilhéu do Gorgulho. Localizado fora de qualquer área protegida.
16. Enrocamento Vidamar: enrocamento de suporte à piscina do Hotel Vidamar. Fundo de areia muito fina a cerca de 17 m e blocos de rocha natural entre os 17 m e os 6 m. Com blocos de cimento desde os 6 m até à superfície. Localizado fora de qualquer área protegida.
17. CORCEIRA – recife: local do afundamento do NRP Afonso Cerqueira. Localizado dentro da área do PNMCG. O RA está orientado a SW



com a proa assente no fundo aos 30 m e a popa aos 24 m. A estrutura do recife sobe até a uma profundidade de cerca de 15 m.

18. *Avrainvillea canariensis*: campo de algas da espécie *A. canariensis*, descoberto em 2018 no PNMCG. Fundo de areia fina, a cerca de 31 m de profundidade e incluído no programa de monitorização em 2022.
19. M3C-CG-6b: campo de rodólitos a cerca de 30 m de profundidade e localizado perto do limite W do PNMCG. Incluído no programa de monitorização em 2022.





2.2 Caracterização qualitativa e quantitativa da ictiofauna e macroinvertebrados móveis

Para efectuar esta caracterização foi usado o método de censos visuais subaquáticos (CV) dirigido à ictiofauna não críptica, usando como unidade de amostragem um transecto em banda com um comprimento de 25 m e uma largura de 2 m para cada lado da linha, totalizando uma área de 100 m² por transecto.

No caso dos invertebrados, usou-se o mesmo transecto (25 m de comprimento), mas com uma largura inferior (1 m para cada lado da linha), totalizando uma área de 50 m² por transecto.

Ao longo de cada transecto foram identificadas as espécies e contabilizados os peixes de acordo com os critérios seguidos por Brock [3, 4], nomeadamente, se parte de um cardume passa na área a ser amostrada pelo mergulhador, os elementos de todo o cardume são contabilizados; cardumes ou peixes individuais que atravessem a área de amostragem atrás do mergulhador ou que voltem atravessar o transecto, não são recontados durante o censo. O tamanho dos peixes observados foi também estimado, de acordo com 3 classes de tamanho (pequenos, médios e grandes), baseando-se no comprimento máximo reportado para cada espécie para a região [2, 30, 31]. Em cada estação de amostragem foi efectuado um mínimo de 3 transectos.

Adicionalmente, foram também registadas todas as espécies de peixes observados fora das unidades de amostragem e/ou após o término do CV, para a caracterização qualitativa da ictiofauna associada a cada habitat. A identificação dos espécimes observados foi efectuada até ao nível taxonómico mais baixo possível (normalmente, a espécie).

Para os macroinvertebrados, a metodologia foi semelhante: ao longo de cada um dos transectos foram identificadas as espécies móveis ou aquelas que, sendo sésseis, os organismos podem ser facilmente contabilizados como indivíduos (p. ex. *Pinna rudis*, ouriços, estrelas-do-mar, etc.), sendo excluídos grupos de invertebrados coloniais (como as esponjas, os briozoários, etc.). Efectuaram-se um mínimo de 3 transectos em cada estação de amostragem.

2.2.1 Cálculo dos índices de diversidade

Para os vários dados obtidos (ictiofauna e macroinvertebrados móveis), foram calculados no R [22] os principais índices de diversidade com base nos números de Hill [12] e de acordo com o descrito por Jost [14]. Os índices utilizados foram os seguintes:

- N_0 — número de espécies («richness»): é simplesmente o número de espécies observado nos transectos e não tem em conta a abundância de cada uma das espécies. Por este motivo, é influenciado pela presença de espécies raras, favorecendo-as desproporcionalmente;
- N_1 — índice de diversidade de Shannon: dá igual importância a todas as espécies, independentemente da sua abundância relativa. Por este motivo, não favorece nem as espécies mais comuns nem

[3]: Brock (1982), *A Critique of the Visual Census Method for Assessing Coral Reef Fish Populations*

[4]: Brock (1954), *A Preliminary Report on a Method of Estimating Reef Fish Populations*

[2]: Brito et al. (2002), *Peces de las Islas Canarias: catálogo comentado e ilustrado*

[30]: Whitehead et al. (1984), *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*

[31]: Wirtz (1994), *Unterwasserführer Madeira - Kanaren - Azoren: Fische*

[22]: R Core Team (2022), *R: A Language and Environment for Statistical Computing*

[12]: Hill (1973), *Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences*

[14]: Jost (2006), *Entropy and Diversity*



as mais raras. Pode ser interpretado como o número efectivo de espécies comuns ou típicas;

- N_2 — índice de diversidade de Simpson: é uma medida mais sensível à abundância das espécies (quer sejam mais raras ou mais comuns) e que favorece as espécies mais comuns. Pode interpretar-se como o número efectivo de espécies dominantes ou muito abundantes na comunidade;
- $E_{10} = N_1/N_0$ — índice de equabilidade de Shannon («eveness»): segundo Hill [12] é a relação entre a diversidade de Shannon e o número de espécies. É uma medida da equabilidade que não é influenciada pelas espécies dominantes ou raras, expresso como um rácio de de Hill [12];
- $E_{20} = N_2/N_0$ — índice de equabilidade de Simpson («eveness»): é outro rácio de Hill [12], que neste caso, favorece as espécies mais comuns.

Todos os valores apresentados estão expressos em números de Hill, ou seja, no número equivalente de espécies. Um valor de 10, p. ex., equivale à diversidade de uma comunidade com 10 espécies, todas com igual abundância. Actualmente existe um consenso alargado no sentido de utilizar estes números para exprimir a diversidade das comunidades, uma vez que apresentam importantes vantagens sobre os outros índices de diversidade, entre as quais tornar possível a comparação da diversidade entre locais.

2.2.2 Análise de associação

Em Ecologia, quando o objectivo é determinar que espécies podem ser usadas como indicadoras de um conjunto de locais (p. ex., um grupo de habitats), uma das abordagens comuns é usar o *valor indicador* (Indicator Value [9]). Este índice (IndVal) mede a associação entre uma espécie e um conjunto de locais e procura o grupo a que corresponde o valor de associação mais elevado. A significância estatística desta relação é depois testada através de um teste permutacional.

O *IndVal* foi calculado no R, através do pacote «indicspecies» [6], usando 999 permutações. A análise retorna 3 componentes: «A», «B» e a significância estatística (através dos parâmetros *stat* e *valor-p*). O componente «A» é uma estimativa da probabilidade do local analisado pertencer a um determinado habitat baseado no facto da espécie ocorrer nessa amostra. O componente «B» é a probabilidade de encontrar a espécie em causa nos locais pertencentes a um determinado habitat. A este componente chama-se também «fidelidade» ou «sensitividade» da espécie como indicador do habitat. Finalmente, o parâmetro «stat» é o valor da estatística de associação e «valor-p» é o valor do teste permutacional.

[9]: Dufrière et al. (1997), *Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach*

[6]: Cáceres et al. (2009), *Associations between Species and Groups of Sites: Indices and Statistical Inference*

2.2.3 Análise de «clusters»

Os dados de abundância (densidades) da ictiofauna e dos macroinvertebrados móveis foram transformados com o método de Hellinger (na qual os valores de abundância são divididos pela abundância total de cada local e ao resultado é aplicada a raiz quadrada). Em seguida calcula-se uma



[29]: Ward (1963), *Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function*

matriz de distâncias euclidianas entre os vários locais, usada depois para elaborar um dendrograma através do método de Ward [29].

Usando a «Largura média da silhueta» (ASW—Average Silhouette Width) foi obtido o número mais adequado de *clusters*. Esta medida é uma estimativa do grau de afinidade de um objecto ao seu *cluster*, com base na dissimilaridade média entre cada objecto e os restantes objectos que integram esse *cluster*. Essa dissimilaridade é depois comparada com a mesma medida para o *cluster* mais próximo.

2.2.4 Ordenação

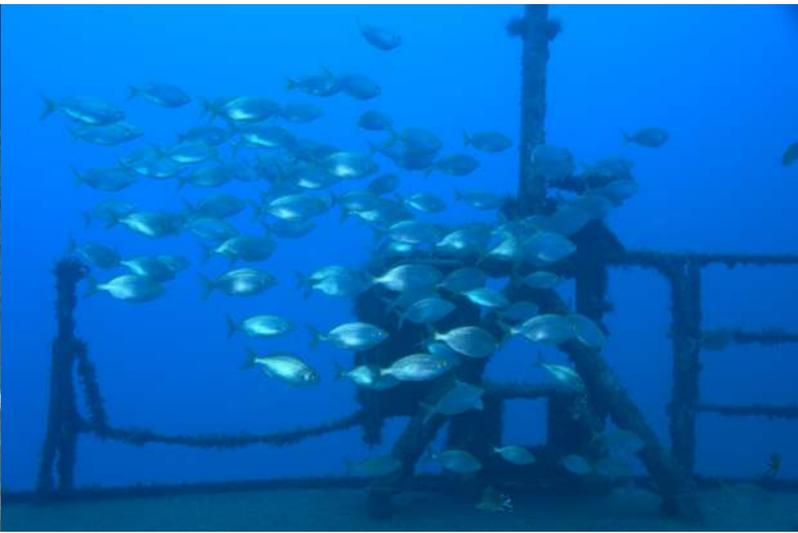
Os dados das comunidades (abundância ou presença) são dados multi-variados, em que cada espécie observada é uma variável. Estes dados podem ser visualizados como um conjunto de locais posicionados num espaço em que cada variável (espécie) define uma dimensão. Desta forma, existem neste espaço tantas dimensões quantas as espécies presentes e torna-se complicado representar graficamente a estrutura das comunidades.

Os métodos de ordenação visam resolver esta dificuldade, procurando apresentar os dados multi-variados num conjunto reduzido de eixos ortogonais, construídos de forma a representar, por ordem decrescente, as principais tendências da variação dos dados. Existem vários métodos de ordenação, sendo que neste trabalho se optou por usar o método nMDS (*Nonmetric multidimensional scaling*). É um método adequado a comunidades complexas e que leva em conta as abundâncias das várias espécies para representar um conjunto de objectos (neste caso, as comunidades observadas nos vários locais amostrados) ao longo de um conjunto predeterminado de eixos.

A ordenação foi feita a partir de uma matriz de dissimilaridade, calculada usando as distâncias de Bray-Curtis. O número de dimensões da ordenação (k) foi escolhido de forma a minimizar o *stress*, ou seja, de forma a melhorar a adequação da ordenação aos dados. Deste modo, foi elaborada uma simulação que efectuou 100 vezes a ordenação (nMDS) para valores de k entre 1 e 4 dimensões. Os resultados foram analisados e escolheu-se um $k=3$ de acordo com os critérios definidos por Clark [8], em que: *stress* < 0,05 = excelente, < 0,10 = bom, < 0,20 = usável, > 0,20 = não aceitável.

[8]: Clarke (1993), *Non-Parametric Multivariate Analyses of Changes in Community Structure*







3.1 Esforço/Amostragem

DURANTE O ANO DE 2022 foram efectuadas três campanhas do Programa de Monitorização; duas no Porto Santo e uma na Madeira. O facto de apenas ter sido realizada uma campanha na Madeira prende-se com motivos de força maior, nomeadamente as condições meteorológicas que se verificaram durante os meses de Novembro e Dezembro e que impossibilitaram a realização dos mergulhos, quer devido à ondulação, quer devido à má visibilidade subaquática para efectuar as contagens nos transectos.

Nas três campanhas a que se refere o presente relatório foram efectuados 113 mergulhos, totalizando 86 horas de trabalho subaquático a profundidades entre os 10 e os 33 m, com uma duração média de 45 minutos/mergulho.

Em termos de transectos realizados, no Porto Santo efectuaram-se um total de 109 transectos (56 no verão e 53 no outono), correspondendo a uma área de 10 900 m² e na Madeira efectuaram-se 41 transectos (correspondentes a uma área de 4100 m²).

Quanto aos locais amostrados, foi acrescentado mais um local na ilha do Porto Santo (M3C-PS-043) e mais dois na Madeira (M3C-CG-6b e Avrainvillea canariensis). Desta forma, o Programa de Monitorização a que se refere este trabalho inclui agora onze locais na ilha do Porto Santo e oito na ilha da Madeira (Figura 2.1 e Tabela 2.1).

3.2 Temperatura média da água do mar

Durante 2022, a temperatura média mensal da água do mar na Baixa das bicudas (Porto Santo) variou entre 18,1°C em Março  e 24,6°C em Setembro.

3.3 Caracterização qualitativa e quantitativa da ictiofauna

3.3.1 Diversidade

No conjunto dos locais amostrados durante o ano de 2022, foram registados 51 taxa de peixes, pertencentes a 25 famílias e 43 géneros, sendo que 49 taxa foram identificados até à espécie.

Os locais com maior número de espécies observadas foram o RA CORDECA (27 spp) e a Engrade Grande (25 spp). Na Baixa do Cotrim, nos Enrocamentos (porto do Porto Santo e Vidamar), na Pedra do Jota e no RA CORCEIRA, foram também registados valores elevados (21 a 24 spp.). Em contrapartida, os locais onde o número de espécies observadas foi

Tabela 3.1: Índices de diversidade relativos aos dados de abundância da ictiofauna em 2022, englobados por local. N0: número de espécies, N1: índice de diversidade de Shannon, N2: índice de diversidade de Simpson, E10: equabilidade de Shannon, E20: equabilidade de Simpson. A verde, estão salientados os valores mais elevados; a vermelho os valores mais baixos.

Local	N0	N1	N2	E10	E20
Controlo areia – PS	7	3,58	2,92	0,51	0,42
Baixa das bicudas	14	2,68	1,70	0,19	0,12
Baixa do Cotrim	24	7,70	5,53	0,32	0,23
CORDECA areia	13	4,69	3,89	0,36	0,30
CORDECA recife	27	10,87	8,36	0,40	0,31
Enrocamento do porto	23	10,23	8,24	0,44	0,36
Madeirense	17	5,33	3,66	0,31	0,22
Engrade grande	25	5,76	3,15	0,23	0,13
Baixinha	20	4,32	2,69	0,22	0,13
Pedra do Jota	22	4,84	2,58	0,22	0,12
M3C-PS-043	7	3,39	2,45	0,48	0,35
CORCEIRA areia	9	2,60	2,27	0,29	0,25
Cabo Girão	18	6,64	4,29	0,37	0,24
Ilhéu do Gorgulho	18	6,64	4,65	0,37	0,26
Controlo areia – M	8	2,18	1,50	0,27	0,19
Enrocamento Vidamar	22	8,92	7,14	0,41	0,32
CORCEIRA recife	21	4,44	2,76	0,21	0,13
Avrainvillea canariensis	6	3,21	2,54	0,53	0,42
M3C-CG-6b	11	5,03	2,94	0,46	0,27

menor foram: *Avrainvillea canariensis* (6 spp), M3C-PS-043 e Controlo areia – PS (ambos com 7 spp) – Tabela 3.1.

Em termos do índice de diversidade de Shannon (N1), os valores mais altos para o grupo da ictiofauna foram novamente observados no RA CORDECA e no Enrocamento do porto do Porto Santo (cerca de 11 e 10 espécies, respectivamente). Os valores mais baixos para o índice de diversidade de Shannon foram registados no Controlo areia–M e na zona de areia adjacente ao RA CORCEIRA (2,2 e 2,6 espécies, respectivamente). Na Baixa das bicudas foi igualmente registado um valor baixo para este índice de diversidade (2,7). Relativamente ao índice de diversidade de Simpson (N2), os valores mais elevados foram novamente registados RA CORDECA e no Enrocamento do porto do Porto Santo (equivalente a cerca de 8 espécies), enquanto os valores mais baixos se verificaram na Baixa das bicudas e no Controlo areia – M (aprox. 2 espécies.).

Quanto à equabilidade, os valores mais elevados foram registados na *Avrainvillea canariensis* (0,53 para a equabilidade de Shannon e 0,42 para a equabilidade de Simpson) e no Controlo areia – PS (0,51 para a equabilidade de Shannon e 0,42 para a equabilidade de Simpson). Os valores mais baixos foram registados na Baixa das bicudas (0,19 para a equabilidade de Shannon e 0,12 para a equabilidade de Simpson), na Pedra do Jota (0,12 para a equabilidade de Simpson) e no RA CORCEIRA (0,21 para a equabilidade de Shannon) – Tabela 3.1.

3.3.2 Frequências

A análise das frequências de ocorrência das espécies de peixes, revelou, para a ilha do Porto Santo, que duas espécies foram observadas em todos locais estudados: *Sparisoma cretense* no Verão e *Canthigaster capistrata* no Outono. Esta última, esteve igualmente presente na totalidade dos locais estudados na Madeira, bem como as espécies *Serranus atricauda* e *Sphoeroides marmoratus* – Tabela 3.2.



Por outro lado, um conjunto considerável de espécies de peixes foi apenas observado num dos locais. Para o Porto Santo, e na campanha de Verão foram as seguintes espécies: *Balistes capriscus*, *Dentex gibbosus*, *Heteroconger longissimus*, *Kyphosus sectatrix*, *Muraena augusti*, *Pagellus acarne*, *Pomatomus saltatrix*, *Scorpaena notata*, *Seriola dumerili*, *Spondyliosoma cantharus*, *Symphodus trutta* e uma espécie da família Gobiidae; enquanto que na campanha de Outono, foram as seguintes: *Dasyatis pastinaca*, *K. sectatrix*, *Lithognathus mormyrus*, *Mullus surmuletus*, *P. acarne* e uma espécie da família Gobiesocidae. Na ilha da Madeira, as espécies de peixes observadas apenas num dos locais de estudo foram: *Diplodus cervinus*, *Gnatholepis thompsoni*, *Gobius gasteveni*, *L. mormyrus* e *Sphyrnaena viridensis*.

Sucedeu que para algumas espécies de peixes, a frequência de ocorrência registada na ilha do Porto Santo diminui entre uma e outra campanha (do Verão para o Outono), nomeadamente *S. atricauda* (10 para 7 locais), *Diplodus sargus* e *Diplodus vulgaris* (de 7 para 5), *Apogon imberbis* e *Tripterygion delaisi* (de 6 para 4 locais), *Bodianus scrofa* (5 para 3) e *Mullus surmuletus* (de 3 para 1 local). Por oposição, espécies há, cuja frequência aumentou do Verão para o Outono, como foi o caso de *Canthigaster capistrata* (de 9 locais no Verão passou para 11 no Outono), *Sarpa salpa* (passou de 4 para 6 locais), *Balistes capriscus* (observada apenas num local no Verão foi observada em 3 no Outono).

Outras espécies mantiveram a frequência de observação entre as duas campanhas (Verão e Outono) — *Scorpaena maderensis*, *Synodus synodus* e *Thalassoma pavo* foram observadas em 8 locais, *Boops boops* (observada em 4 locais), *D. cervinus*, *Pagrus pagrus*, *Pseudocaranx dentex* e *Seriola rivoliana* (observadas em 3 locais) e *Mycteroperca fusca*, *Xyrichtys novacula* (observadas em 2 locais).

Houve ainda um conjunto de espécies que foi observado apenas numa das campanhas no Porto Santo: *Ophioblennius atlanticus*, *Gymnothorax unicolor*, *Synodus saurus*, *Dentex gibbosus* — Tabela 3.2.

3.3.3 Densidade

A análise aos dados englobados da densidade das diversas espécies de peixes obtidos durante as campanhas de 2022 (Tabela 3.3), destaca a castanheta-baia (*C. limbata*) como a espécie mais abundante na ilha do Porto Santo, com densidades mais do que duas vezes superiores à espécie seguinte (*B. boops*). Na ilha da Madeira, a boga (*B. boops*) foi a espécie de peixe mais abundante, novamente com valores de densidade mais do que duas vezes superiores à espécie que lhe sucede — a salema (*Sarpa salpa*).

As espécies *S. salpa* e *Heteroconger longissimus* estão presentes na lista das espécies mais abundantes na Madeira, mas não na lista do Porto Santo. As restantes espécies da lista são comuns às duas ilhas, embora tenham sido observadas com densidades distintas. A título de exemplo, a castanheta-baia, espécie mais abundante no Porto Santo, na Madeira aparece apenas como a 4ª espécie em termos da densidade com que ocorre e com valores muito inferiores ao Porto Santo (7 ind/100² na Madeira, contra 17 a 20 ind/100 m² no Porto Santo).



Tabela 3.2: Frequência das espécies de peixes observados nas campanhas (n° de locais em que cada espécie foi observada) no Porto Santo e na Madeira. V: Verão. O: Outono.

Porto Santo			Madeira	
Espécie	V	O	Espécie	V
<i>Sparisoma cretense</i>	11	10	<i>Canthigaster capistrata</i>	8
<i>Serranus atricauda</i>	10	7	<i>Serranus atricauda</i>	8
<i>Canthigaster capistrata</i>	9	11	<i>Sphoeroides marmoratus</i>	8
<i>Similiparma lurida</i>	9	8	<i>Sparisoma cretense</i>	6
<i>Chromis limbata</i>	8	8	<i>Boops boops</i>	5
<i>Scorpaena maderensis</i>	8	8	<i>Chromis limbata</i>	5
<i>Synodus synodus</i>	8	8	<i>Similiparma lurida</i>	5
<i>Thalassoma pavo</i>	8	8	<i>Thalassoma pavo</i>	5
<i>Diplodus sargus</i>	7	5	<i>Aulostomus strigosus</i>	4
<i>Diplodus vulgaris</i>	7	5	<i>Oblada melanura</i>	4
<i>Sphoeroides marmoratus</i>	7	8	<i>Pomadasys incisus</i>	4
<i>Apogon imberbis</i>	6	4	<i>Sarpa salpa</i>	4
<i>Tripterygion delaisi</i>	6	4	<i>Scorpaena maderensis</i>	4
<i>Bodianus scrofa</i>	5	3	<i>Apogon imberbis</i>	3
<i>Boops boops</i>	4	4	<i>Balistes capriscus</i>	3
<i>Oblada melanura</i>	4	3	<i>Bodianus scrofa</i>	3
<i>Sarpa salpa</i>	4	6	<i>Dentex gibbosus</i>	3
<i>Aulostomus strigosus</i>	3	4	<i>Diplodus sargus</i>	3
<i>Diplodus cervinus</i>	3	3	<i>Diplodus vulgaris</i>	3
<i>Mullus surmuletus</i>	3	1	<i>Heteroconger longissimus</i>	3
<i>Ophioblennius atlanticus</i>	3	0	<i>Synodus synodus</i>	3
<i>Pagrus pagrus</i>	3	3	<i>Coris melanura</i>	2
<i>Pseudocaranx dentex</i>	3	3	<i>Dasyatis pastinaca</i>	2
<i>Seriola rivoliana</i>	3	3	<i>Heteropriacanthus fulgens</i>	2
<i>Dasyatis pastinaca</i>	2	1	<i>Mullus surmuletus</i>	2
<i>Gymnothorax unicolor</i>	2	0	<i>Pagellus erythrinus</i>	2
<i>Mycteroperca fusca</i>	2	2	<i>Seriola rivoliana</i>	2
<i>Synodus saurus</i>	2	0	<i>SpondylIOSoma cantharus</i>	2
<i>Xyrichtys novacula</i>	2	2	<i>Diplodus cervinus</i>	1
<i>Balistes capriscus</i>	1	3	<i>Gnatholepis thompsoni</i>	1
<i>Dentex gibbosus</i>	1	0	<i>Gobius gasteveni</i>	1
<i>Gobiidae</i>	1	2	<i>Lithognathus mormyrus</i>	1
<i>Heteroconger longissimus</i>	1	2	<i>Sphyræna viridensis</i>	1
<i>Kyphosus sectatrix</i>	1	1		
<i>Muraena augusti</i>	1	2		
<i>Pagellus acarne</i>	1	1		
<i>Pomatomus saltatrix</i>	1	0		
<i>Scorpaena notata</i>	1	0		
<i>Seriola dumerili</i>	1	0		
<i>SpondylIOSoma cantharus</i>	1	0		
<i>Symphodus trutta</i>	1	2		
<i>Epinephelus marginatus</i>	0	3		
<i>Gobiesocidae</i>	0	1		
<i>Lithognathus mormyrus</i>	0	1		
<i>Sphyræna viridensis</i>	0	5		



No Porto Santo, as três espécies observadas com maior abundância foram as mesmas nas duas estações do ano amostradas (Verão e Outono), todavia com maior abundância no Outono (Tabela 3.3). Algumas das espécies mais abundantes no Verão, p. ex. *P. pagrus* e *Scorpaena maderensis* não incluem a lista das mais abundantes no Outono e vice-versa para a bicuda (*Sphyaena viridensis*) e o enxaréu (*Pseudocaranx dentex*), que incluem a lista das espécies mais abundantes no Outono, mas não no Verão. Desta lista das espécies mais abundantes, apenas o bodião (*S. cretense*) foi observado com a mesma densidade no Verão e no Outono para a ilha do Porto Santo e com valores superiores aos registados na Madeira.

Tabela 3.3: Ictiofauna: Espécies mais abundantes no conjunto de todos os locais amostrados, por campanha e por ilha (n° ind/100 m², arredondados à unidade mais próxima).

Porto Santo (Verão 2022)		Porto Santo (Outono 2022)		Madeira (Verão 2022)	
Espécie	Dens.	Espécie	Dens.	Espécie	Dens.
<i>Chromis limbata</i>	17	<i>Chromis limbata</i>	20	<i>Boops boops</i>	10
<i>Boops boops</i>	6	<i>Boops boops</i>	8	<i>Sarpa salpa</i>	8
<i>Similiparma lurida</i>	4	<i>Similiparma lurida</i>	5	<i>Heteroconger longissimus</i>	8
<i>Diplodus vulgaris</i>	3	<i>Thalassoma pavo</i>	4	<i>Chromis limbata</i>	7
<i>Pagrus pagrus</i>	3	<i>Sphyaena viridensis</i>	3	<i>Canthigaster capistrata</i>	6
<i>Thalassoma pavo</i>	2	<i>Sparisoma cretense</i>	2	<i>Similiparma lurida</i>	3
<i>Sparisoma cretense</i>	2	<i>Pseudocaranx dentex</i>	2	<i>Thalassoma pavo</i>	2
<i>Canthigaster capistrata</i>	1	<i>Diplodus vulgaris</i>	2	<i>Sparisoma cretense</i>	1
<i>Oblada melanura</i>	1	<i>Canthigaster capistrata</i>	2	<i>Scorpaena maderensis</i>	1
<i>Scorpaena maderensis</i>	1	<i>Oblada melanura</i>	2	<i>Oblada melanura</i>	1

Analisando separadamente os habitats estudados em cada uma das ilhas (Tabelas 3.4 e 3.5), verificamos que os habitats arenosos na Madeira são dominados pelas enguias-de-jardim (*H. longissimus*). Por sua vez, no Porto Santo, dominam as espécies pelágicas como a bicuda (*S. viridensis*) e a boga (*B. boops*), sobretudo em redor do RA CORDECA. Esta espécie é a segunda mais abundante neste habitat em ambas as ilhas, embora com muito maior densidade na Madeira do que no Porto Santo (33 vs 8 ind/100 m², respectivamente). Das dez espécies de peixes mais abundantes neste habitat, seis espécies são comuns entre as duas ilhas e quatro são exclusivas de uma delas. No caso da Madeira, estas últimas são: *Pagellus erythrinus*, *Dentex gibbosus*, *Dasyatis pastinaca* e *Spondyliosoma cantharus*. No Porto Santo são: *Xyrichtys novacula*, *Pseudocaranx dentex*, *Seriola rivoliana* e *S. viridensis*. As espécies que ocorrem em ambas as ilhas (*H. longissimus*, *B. boops*, *Canthigaster capistrata*, *Sphoeroides marmoratus*, *Serranus atricausa* e *Sparisoma cretense*), estão presentes com diferentes densidades. A enguia-de-jardim (*H. longissimus*), a boga (*B. boops*) e *C. capistrata* são muito mais abundantes na Madeira do que no Porto Santo. *S. marmoratus* e *S. atricauda* têm densidades semelhantes nas 2 ilhas. Finalmente, o bodião (*S. cretense*), surge na Madeira em valores muito inferiores aos do Porto Santo.

Nos recifes rochosos, entre as 10 espécies mais abundantes, 8 são comuns à Madeira e ao Porto Santo, sendo que a castanheta-baia é a espécie mais abundante em ambas as ilhas (embora com valores muito superiores na ilha do Porto Santo). No caso da Madeira, os recifes rochosos são dominados por duas espécies que formam cardumes: a já mencionada castanheta-baia e a boga. No Porto Santo, é apenas a castanheta-baia que se destaca das restantes em termos de densidade. Espécies características



deste habitat, como a castanheta-preta (*S. lurida*), o bodião, o rascasso (*Scorpaena maderensis*) e *Thalassoma pavo* ocorrem em densidades semelhantes na Madeira e no Porto Santo. A trombeta (*Aulostomus strigosus*) e a salema (*Sarpa salpa*) são espécies igualmente abundantes nos recifes rochosos na Madeira, mas não no Porto Santo. Nesta última, a seifia (*Diplodus vulgaris*) e a garoupa (*S. atricauda*) incluem a lista das 10 espécies mais abundantes na ilha do Porto Santo mas não na Madeira.

Tabela 3.4: Densidade das várias espécies de ictiofauna presentes nos vários habitats na Ilha da Madeira. Valores totais para 2022, em nº de indivíduos/100 m².

Areia – Madeira		Rocha – Madeira		Recife artificial – M	
Espécie	Dens.	Espécie	Dens.	Espécie	Dens.
<i>Heteroconger longissimus</i>	67,7	<i>Chromis limbata</i>	47,1	<i>Sarpa salpa</i>	142,2
<i>Boops boops</i>	33,6	<i>Boops boops</i>	41,5	<i>Chromis limbata</i>	38,5
<i>Canthigaster capistrata</i>	5,6	<i>Canthigaster capistrata</i>	20,6	<i>Canthigaster capistrata</i>	29,2
<i>Pagellus erythrinus</i>	3,0	<i>Similiparma lurida</i>	18,4	<i>Boops boops</i>	17,0
<i>Sphoeroides marmoratus</i>	2,9	<i>Sparisoma cretense</i>	8,7	<i>Scorpaena maderensis</i>	5,5
<i>Spondylisoma cantharus</i>	2,9	<i>Thalassoma pavo</i>	8,3	<i>Thalassoma pavo</i>	5,3
<i>Dentex gibbosus</i>	1,2	<i>Oblada melanura</i>	8,2	<i>Sparisoma cretense</i>	3,7
<i>Serranus atricauda</i>	0,6	<i>Scorpaena maderensis</i>	5,1	<i>Similiparma lurida</i>	2,8
<i>Dasyatis pastinaca</i>	0,4	<i>Sarpa salpa</i>	3,7	<i>Aulostomus strigosus</i>	2,0
<i>Sparisoma cretense</i>	0,2	<i>Aulostomus strigosus</i>	3,1	<i>Diplodus vulgaris</i>	1,2
Total	118,1	Total	164,5	Total	247,3

Enrocamento – Madeira		Maerl – Madeira	
Espécie	Dens.	Espécie	Dens.
<i>Canthigaster capistrata</i>	26,2	<i>Canthigaster capistrata</i>	17,0
<i>Boops boops</i>	25,8	<i>Sparisoma cretense</i>	2,7
<i>Similiparma lurida</i>	20,5	<i>Balistes capriscus</i>	2,0
<i>Chromis limbata</i>	19,5	<i>Chromis limbata</i>	2,0
<i>Sarpa salpa</i>	10,0	<i>Diplodus vulgaris</i>	2,0
<i>Thalassoma pavo</i>	10,0	<i>Sphoeroides marmoratus</i>	1,7
<i>Pomadasyus incisus</i>	5,5	<i>Thalassoma pavo</i>	1,0
<i>Sparisoma cretense</i>	4,8	<i>Serranus atricauda</i>	0,7
<i>Scorpaena maderensis</i>	3,3	<i>Similiparma lurida</i>	0,7
<i>Aulostomus strigosus</i>	1,7	<i>Bodianus scrofa</i>	0,3
Total	127,3	Total	30,0

Nos recifes artificiais são 6 as espécies presentes na lista das mais abundantes na Madeira e no Porto Santo: *C. limbata*, *B. boops*, *T. pavo*, *S. cretense*, *D. vulgaris* e *S. lurida*. Presentes nesta lista apenas na Madeira temos a trombeta (*A. strigosus*), o rascasso (*S. maderensis*), a salema (*S. salpa*) e o porquinho (*C. capistrata*). Entre as 3 espécies mais abundantes nos RA das duas ilhas, apenas a castanheta-baía é comum a ambas. Na Madeira, as salemas dominam, sendo o porquinho também uma espécie muito abundante. No Porto Santo, a boga e o pargo completam o conjunto das 3 espécies mais abundantes. Embora a soma das densidades das 10 espécies mais abundantes seja sensivelmente a mesma na Madeira e no Porto Santo (276 vs 248 ind/100 m², respectivamente no PS e na Madeira), na Madeira metade deste valor (142 ind/100 m²) deve-se a uma única espécie – a salema (*S. salpa*).



Nos enrocamentos existem 7 espécies em comum na lista das 10 espécies mais abundantes entre as duas ilhas. No Porto Santo, as 3 mais abundantes são espécies que formam cardumes e que pertencem à família Sparidae (*B. boops*, *Oblada melanura* e *Pagellus acarne*). Na Madeira, das 3 espécies mencionadas, apenas a boga (*B. boops* está presente nesta lista, sendo que as duas outras espécies mais abundantes são *C. capistrata* e *S. lurida*. Em termos de densidades, as 10 espécies mais abundantes na Madeira e no Porto Santo ocorrem em valores relativamente semelhantes. A exceção é *C. capistrata*, que ocorre na Madeira em densidades cerca de 3 vezes mais elevadas do que no Porto Santo.

Tabela 3.5: Densidade das várias espécies de ictiofauna presentes nos vários habitats na Ilha do Porto Santo. Valores totais para 2022, em nº de indivíduos/100 m².

Areia – Porto Santo		Rocha – Porto Santo		Recife artificial – Porto Santo	
Espécie	Dens.	Espécie	Dens.	Espécie	Dens.
<i>Sphyraena viridensis</i>	8,7	<i>Chromis limbata</i>	89,1	<i>Chromis limbata</i>	74,6
<i>Boops boops</i>	8,3	<i>Similiparma lurida</i>	17,9	<i>Boops boops</i>	72,5
<i>Pseudocaranx dentex</i>	7,0	<i>Boops boops</i>	10,4	<i>Pagrus pagrus</i>	26,8
<i>Heteroconger longissimus</i>	4,1	<i>Thalassoma pavo</i>	10,2	<i>Thalassoma pavo</i>	24,7
<i>Sphoeroides marmoratus</i>	3,5	<i>Diplodus vulgaris</i>	6,9	<i>Diplodus vulgaris</i>	20,8
<i>Sparisoma cretense</i>	2,3	<i>Sparisoma cretense</i>	6,2	<i>Sphyraena viridensis</i>	14,5
<i>Xyrichtys novacula</i>	0,8	<i>Canthigaster capistrata</i>	6,1	<i>Similiparma lurida</i>	13,0
<i>Serranus atricauda</i>	0,4	<i>Scorpaena maderensis</i>	5,4	<i>Sparisoma cretense</i>	10,6
<i>Seriola rivoliana</i>	0,3	<i>Oblada melanura</i>	1,8	<i>Pseudocaranx dentex</i>	8,5
<i>Canthigaster capistrata</i>	0,2	<i>Serranus atricauda</i>	1,1	<i>Mullus surmuletus</i>	7,4
Total	35,6	Total	155,0	Total	273,4

Enrocamento – Porto Santo		Maerl – Porto Santo	
Espécie	Dens.	Espécie	Dens.
<i>Boops boops</i>	34,6	Gobiidae	10,2
<i>Oblada melanura</i>	34,3	<i>Sphoeroides marmoratus</i>	3,0
<i>Pagellus acarne</i>	20,4	<i>Sparisoma cretense</i>	2,2
<i>Similiparma lurida</i>	20,0	<i>Serranus atricauda</i>	0,7
<i>Chromis limbata</i>	17,6	<i>Synodus synodus</i>	0,7
<i>Sparisoma cretense</i>	11,2	<i>Canthigaster capistrata</i>	0,2
<i>Canthigaster capistrata</i>	8,0	<i>Similiparma lurida</i>	0,2
<i>Sarpa salpa</i>	7,8		
<i>Thalassoma pavo</i>	6,8		
<i>Diplodus vulgaris</i>	6,4		
Total	166,9	Total	17,0

Os campos de rodólitos estudados na Madeira têm mais espécies e a sua densidade é maior do que no Porto Santo. 5 espécies integram a lista das 10 espécies mais abundantes em ambas as ilhas: *C. capistrata*, *S. cretense* (2,7 vs 2,2), *S. lurida* (0,7 vs 0,2), *S. marmoratus* (1,7 vs 3) e *S. atricauda* (0,7 nas duas ilhas). Destas 5 espécies, apenas *C. capistrata* se destaca em termos de densidade na Madeira em relação ao Porto Santo (17 ind/100 m² na Madeira comparativamente aos 0,2 ind/100 m² no Porto Santo) – as restantes apresentam valores mais ou menos semelhantes.

Somando as densidades das 10 espécies mais abundantes em cada um dos habitats e para cada uma das ilhas, verifica-se que na Madeira os recifes artificiais são o habitat com maior densidade de peixes (247 ind/m²),



seguido dos recifes rochosos (165 ind/100 m²) e dos enrocamentos (127,3 ind/100 m²). Os campos de rodólitos são o habitat em que a soma das densidades das espécies mais abundantes é menor — 30 ind/100 m². No Porto Santo, a situação é semelhante, com os recifes artificiais como o habitat com maior densidade ao nível das espécies de peixe (273 ind/100 m²) e os campos de rodólitos como habitat onde este valor é menor (17 ind/100 m²).

De uma forma geral, a soma das densidades das 10 espécies mais abundantes em cada habitat é maior na ilha da Madeira do que no Porto Santo. As exceções são os recifes artificiais e os enrocamentos, que no Porto Santo apresentam valores superiores aos da Madeira. As maiores diferenças, no entanto, encontram-se nos habitats arenosos e nos campos de rodólitos: na Madeira os primeiros apresentam uma soma de densidades cerca de três vezes superior à do Porto Santo e os segundos apresentam um valor quase duas vezes maior.

3.3.4 Análise de associação

Das 51 espécies de peixes observadas nos transectos, a análise seleccionou 13, sendo que 4 delas foram associadas a um habitat, 3 espécies associadas a 2 dos habitats, 4 espécies foram associadas a 3 habitats e 2 espécies associadas a 4 dos 5 habitats em estudo (Tabela 3.6).

Para a areia, a única espécie associada foi a enguia-de-jardim (*Heteroconger longissimus*). Associada aos Recifes Artificiais surge a espécie *Seriola rivoliana*, embora com uma estatística menos elevada ($p = 0,045$). Relativamente aos enrocamentos, as espécies associadas foram: *Lithognathus mormyrus* e *Oblada melanura*. No entanto, é de salientar que o valor do teste estatístico para estas espécies e para este habitat é pouco significativo (valores- p entre 0,010 e 0,034). Não houve espécies de peixes associadas ao habitat rochoso nem aos campos de rodólitos.

Depois temos várias espécies/conjuntos de espécies associados a grupos de habitats. A espécie *Apogon imberbis* foi associada ao conjunto «Rocha + Enrocamentos» (R+E), embora com um valor pouco significativo. Associadas ao conjunto «Recifes artificiais + Enrocamentos» temos as espécies *Sarpa salpa* e *Diplodus sargus*. Associadas ao grupo «Rocha + Recifes artificiais + Enrocamentos» (R+RA+E), surgem as espécies *Scorpaena maderensis*, *Chromis limbata* e *Thalassoma pavo*, todas com valores- p bastante baixos (significativos). A espécie *Synodus synodus* surge associada ao conjunto de habitats «Rocha + Enrocamentos + Maerl» (R+E+M), embora com um valor- p elevado (pouco significativo). Finalmente, associadas ao conjunto «Rocha + Recifes artificiais + Enrocamentos + Maerl» (R+RA+E+M) temos as espécies: *Similiparma lurida* e *Sparisoma cretense*.



Habitat	Espécie	A	B	stat	valor-p	sign.
Areia	<i>Heteroconger longissimus</i>	1,000	1,000	1,000	0,001	***
Recife artificial	<i>Seriola rivoliana</i>	0,709	1,000	0,842	0,045	*
Enrocamento	<i>Lithognathus mormyrus</i>	1,000	1,000	1,000	0,010	**
	<i>Oblada melanura</i>	0,874	1,000	0,935	0,034	*
R+E	<i>Apogon imberbis</i>	0,865	0,889	0,877	0,025	*
RA+E	<i>Sarpa salpa</i>	0,970	1,000	0,985	0,004	**
	<i>Diplodus sargus</i>	0,880	1,000	0,938	0,021	*
R+RA+E	<i>Scorpaena maderensis</i>	1,000	1,000	1,000	0,001	***
	<i>Chromis limbata</i>	0,998	1,000	0,999	0,001	***
	<i>Thalassoma pavo</i>	0,995	1,000	0,998	0,001	***
R+E+M	<i>Synodus synodus</i>	0,954	0,909	0,931	0,023	*
R+RA+E+M	<i>Similiparma lurida</i>	1,000	1,000	1,000	0,001	***
	<i>Sparisoma cretense</i>	0,948	1,000	0,974	0,025	*

Tabela 3.6: Resultados da análise de associação para as espécies de ictiofauna para os vários habitats (R: rocha, A: areia, RA: recifes artificiais, E: enrocamentos, M: Maërl). Para uma explicação sobre o significado dos cabeçalhos das colunas, ver a Subsecção 2.2.2 (Análise de associação) na página 11.

3.4 Caracterização qualitativa e quantitativa dos macroinvertebrados

3.4.1 Diversidade

No conjunto dos locais amostrados durante o ano de 2022, foram registados 42 taxa, pertencentes a 35 famílias e 36 géneros, sendo que 35 taxa foram identificados até à espécie.

No que diz respeito aos dados de abundância dos macroinvertebrados móveis (Tabela 3.7), o maior número de espécies (23) foi observado em recifes rochosos, nomeadamente na Baixa das bicudas e no Ilhéu do Gorgulho. Os locais com menos espécies de macroinvertebrados móveis (2 spp.) foram o navio Madeirense e o campo de rodólitos no PNMCG – M3C-CG-6b. Quanto ao índice de diversidade de Shannon (N1), os valores mais elevados verificaram-se novamente no Ilhéu do Gorgulho (cerca de 10 spp.) e na Baixa das bicudas (7 spp.), enquanto os valores mais baixos foram registados na zona de areia adjacente ao RA CORDECA, no Madeirense e na Avrainvillea canariensis (1 a 2 spp.).

Os locais com valores mais elevados para o índice de diversidade de Simpson (N2) foram o Ilhéu do Gorgulho (aprox. 6 spp.) e o Controlo areia – M (4 spp.). Os valores mais baixos para este índice foram registados na zona de areia adjacente ao RA CORDECA e na Avrainvillea canariensis (1 spp.).

Relativamente à equabilidade (E10 e E20), os valores mais elevados registaram-se em M3C-CG-6b (0,98 e 0,99) e no Controlo areia – M (0,85 e 0,91). Os valores mais baixos foram registados na Baixinha (0,2 e 0,14), na zona de areia adjacente ao RA CORDECA (0,23 para a equabilidade de Shannon) e na Baixa das bicudas (0,17 para a equabilidade de Simpson) – Tabela 3.7.



Tabela 3.7: Índices de diversidade relativos aos dados de abundância dos macroinvertebrados móveis em 2022, englobados por local. N0: número de espécies, N1: índice de diversidade de Shannon, N2: índice de diversidade de Simpson, E10: equabilidade de Shannon, E20: equabilidade de Simpson. A verde, estão salientados os valores mais elevados; a vermelho os valores mais baixos.

Local	N0	N1	N2	E10	E20
Controlo areia — PS	4	2,96	2,47	0,74	0,62
Baixa das bicudas	23	7,49	3,86	0,33	0,17
Baixa do Cotrim	13	5,30	4,07	0,41	0,31
CORDECA areia	6	1,37	1,14	0,23	0,19
CORDECA recife	7	2,36	1,60	0,34	0,23
Enrocamento do porto	12	3,08	2,11	0,26	0,18
Madeirense	2	1,51	1,32	0,75	0,66
Engrade grande	9	3,09	2,39	0,34	0,27
Baixinha	14	2,78	1,96	0,20	0,14
Pedra do Jota	9	3,90	2,76	0,43	0,31
M3C-PS-043	5	2,96	2,35	0,59	0,47
CORCEIRA areia	3	1,88	1,54	0,63	0,51
Cabo Girão	10	4,11	2,69	0,41	0,27
Ilhéu do Gorgulho	23	9,85	5,70	0,43	0,25
Controlo areia — M	5	4,56	4,24	0,91	0,85
Enrocamento Vidamar	11	5,51	4,03	0,50	0,37
CORCEIRA recife	6	2,37	1,63	0,39	0,27
Avrainvillea canariensis	4	1,50	1,21	0,37	0,30
M3C-CG-6b	2	1,98	1,95	0,99	0,98

3.4.2 Frequências

No que respeita aos macroinvertebrados móveis (Tabela 3.8), o poliqueta *Hermodice carunculata* (verme-de-fogo) foi observado em todos os locais estudados nas ilhas do Porto Santo e da Madeira, com exceção da campanha de Outono no Porto Santo, em que apenas não foi observado num local.

O ouriço-de-espinhos-longos (*Diadema africanum*) foi observado no Porto Santo na campanha de Verão em 7 dos 11 locais amostrados, enquanto na campanha do Outono, apenas foi observado em 2 locais. Em contrapartida, na ilha da Madeira a espécie não foi observado em nenhum dos locais estudados.

Além da espécie anterior, verifica-se que a frequência de ocorrência de outros invertebrados móveis diminuiu do Verão para o Outono, nomeadamente para as espécies: *Stenorhynchus lanceolatus* (de 7 locais para 3), *Stramonita haemastoma*, *Pinna rudis*, *Percnon gibbesi*, um cnidário da sub-classe Ceriantharia e um crustáceo da família Galatheidae (de 3 locais passaram para 2), *Astropecten aranciacus*, *Marthasterias glacialis* (de 2 locais para 1). Em contrapartida outras espécies exibiram um aumento na frequência de ocorrência de um para dois locais (*Antedon bifida*, *Bursa* sp., *Columbela* sp., *Coscinasterias tenuispina* e uma espécie da classe Polychaeta) e de 1 para 3 locais (*Echinaster sepositus*).

Além das espécies que aumentaram e das que diminuíram a sua ocorrência, outras houve que a mantiveram entre as duas campanhas — *Calcinus tubularis* (6 locais), *Holothuria sanctori* e *Pagurus anachoretus* (5 locais), *Lygdamis wirtzi*, *Myxicola* sp. (2 locais), *Sphaerechinus granularis*, *Telmatactis forskalii*, *Felimare picta* (1 local).

Por último, há também que salientar que algumas espécies foram observadas numa campanha de amostragem e não na outra — *Lysmata grabhami*, *Pagurus cuanensis*, *Spondylus senegalensis*, *Telmatactis cricoides* e *Thor*



Porto Santo			Madeira		
Espécie	V	O	Espécie	V	
<i>Hermodice carunculata</i>	11	10	<i>Hermodice carunculata</i>	8	
<i>Diadema africanum</i>	7	2	<i>Calcinus tubularis</i>	5	
<i>Stenorhynchus lanceolatus</i>	7	3	<i>Arbacia lixula</i>	3	
<i>Calcinus tubularis</i>	6	6	Paguroidea	3	
<i>Holothuria sanctori</i>	5	5	<i>Pagurus anachoretus</i>	3	
<i>Pagurus anachoretus</i>	5	5	<i>Percnon gibbesi</i>	3	
<i>Arbacia lixula</i>	3	3	<i>Stenorhynchus lanceolatus</i>	3	
Ceriantharia	3	2	<i>Phoronopsis californica</i>	3	
Galatheidae	3	2	<i>Antedon bifida</i>	2	
<i>Percnon gibbesi</i>	3	2	<i>Bursa</i> sp.	2	
<i>Pinna rudis</i>	3	2	<i>Columbella adansoni</i>	2	
<i>Astropecten aranciacus</i>	2	1	<i>Holothuria sanctori</i>	2	
<i>Lygdamis wirtzi</i>	2	2	<i>Lysmata grabhami</i>	2	
<i>Marthasterias glacialis</i>	2	1	<i>Myxicola</i> sp.	2	
<i>Myxicola</i> sp.	2	2	<i>Sphaerechinus granularis</i>	2	
<i>Stramonita haemastoma</i>	2	1	<i>Stramonita haemastoma</i>	2	
<i>Antedon bifida</i>	1	2	<i>Telmatactis cricoides</i>	2	
<i>Bursa</i> sp.	1	2	<i>Thor amboinensis</i>	2	
<i>Columbella adansoni</i>	1	2	<i>Cronius ruber</i>	2	
<i>Coscinasterias tenuispina</i>	1	2	<i>Enoplometopus antillensis</i>	2	
<i>Echinaster sepositus</i>	1	3	Ceriantharia	1	
<i>Felimare picta</i>	1	1	<i>Charonia lampas</i>	1	
<i>Lysmata grabhami</i>	1	0	<i>Lygdamis wirtzi</i>	1	
<i>Ocenebra</i> sp.	1	1	<i>Marthasterias glacialis</i>	1	
<i>Umbraculum umbraculum</i>	0	1	<i>Pagurus cuanensis</i>	1	
<i>Pagurus cuanensis</i>	1	0	<i>Pinna rudis</i>	1	
<i>Polychaeta</i> sp.	1	2	<i>Luria lurida</i>	1	
<i>Sphaerechinus granularis</i>	1	1	<i>Megalomma vesiculosum</i>	1	
<i>Spondylus senegalensis</i>	1	0	<i>Ocenebra</i> sp.	1	
<i>Telmatactis cricoides</i>	1	0			
<i>Telmatactis forskalii</i>	1	1			
<i>Thor amboinensis</i>	1	0			
<i>Calliostoma</i> sp.	0	1			
<i>Jujubinus exasperatus</i>	0	1			
<i>Megalomma vesiculosum</i>	0	1			
<i>Paracentrotus lividus</i>	0	1			

Tabela 3.8: Frequência das espécies de macroinvertebrados móveis observados nas diversas campanhas (n° de locais em que cada espécie foi observada) no Porto Santo e na Madeira. V: Verão. O: Outono.}

amboinensis (Verão), e *Paracentrotus lividus*, *Megalomma vesiculosum*, *Calliostoma* sp. e *Umbraculum umbraculum* no Outono — Tabela 3.8.

3.4.3 Densidade

No que diz respeito aos macroinvertebrados móveis (Tabela 3.9), englobados para o conjunto de todos os locais estudados, verifica-se um decréscimo no número de espécies na lista das espécies mais abundantes no Porto Santo entre o Verão e o Outono (8 spp. no Verão e 4 no Outono). Por outro lado, o caranguejo *Percnon gibbesi* está presente nas duas ilhas, em densidades iguais (1 ind/50 m²), enquanto o verme-de-fogo (*Hermodice carunculata*) foi registado com maior abundância no Porto Santo no Verão (5 ind/50 m²) do que no Outono (2 ind/50 m²). Adicionalmente, as espécies *Stenorhynchus lanceolatus*, *Pagurus anachoretus* e *Arbacia lixula*, deixaram



de integrar o conjunto das espécies mais abundantes na campanha do Outono.

Tabela 3.9: Macroinvertebrados móveis: Espécies mais abundantes no conjunto de todos os locais amostrados, por campanha e por ilha (n° ind/50 m², arredondados à unidade mais próxima).

Porto Santo (Verão 2022)		Porto Santo (Outono 2022)		Madeira (Verão 2022)	
Espécie	Dens.	Espécie	Dens.	Espécie	Dens.
<i>Diadema africanum</i>	12	<i>Polychaeta</i> sp.	3	<i>Calcinus tubularis</i>	5
<i>Hermodice carunculata</i>	5	<i>Calcinus tubularis</i>	3	<i>Hermodice carunculata</i>	3
<i>Calcinus tubularis</i>	4	<i>Hermodice carunculata</i>	2	<i>Percnon gibbesi</i>	1
<i>Polychaeta</i> sp.	4	<i>Percnon gibbesi</i>	1	<i>Arbacia lixula</i>	1
<i>Stenorhynchus lanceolatus</i>	1			<i>Antedon bifida</i>	1
<i>Percnon gibbesi</i>	1			<i>Holothuria sanctori</i>	1
<i>Pagurus anachoretus</i>	1				
<i>Arbacia lixula</i>	1				

Observou-se uma marcada redução da densidade do ouriço-de-espinhos-longos (*D. africanum*) no Porto Santo; de 12 ind/50 m² no Verão, passou para menos de 1 ind/50 m² no Outono. Esta redução pode ser vista em maior detalhe na Tabela 3.10, onde se indicam as densidades do ouriço-de-espinhos-longos em alguns dos locais amostrados no Porto Santo entre a campanha de Verão e a do Outono.

Para a Madeira, as espécies de equinodermes *Antedon bifida* e *Holothuria sanctori* estão incluídas na lista de macroinvertebrados móveis mais abundantes, o mesmo já não sucedendo no Porto Santo.

Analisando as densidades dos macroinvertebrados móveis, agrupadas por habitat e por ilha (Tabelas 3.11 e 3.12), verifica-se que nos locais de substrato arenoso o mesmo número de espécies ocorrem em ambas as ilhas, ainda que essas espécies sejam distintas. Duas espécies são comuns ao Porto Santo e à Madeira — os poliquetas *Myxicola* sp. e *Megalomma vesiculosum*, enquanto que as espécies *Phoronopsis californica* e o caranguejo-eremita pertencente à ordem Paguroidea apenas foram registadas na Madeira. Por outro lado, as duas estrelas-do-mar, *Astropecten aranciatus* e *Coscinasterias tenuispina*, estão presentes apenas no Porto Santo.

Das dez espécies mais abundantes nos recifes rochosos na Madeira e no Porto Santo, sete são comuns às duas ilhas — *Hermodice carunculata*, *Stenorhynchus lanceolatus*, *Pagurus anachoretus*, *Calcinus tubularis*, *Holothuria sanctori*, *Antedon bifida* e *Telmatactis cricoides*. O ouriço-de-espinhos-longos (*Diadema africanum*) e um crustáceo da família Galatheiidae estão na lista das espécies de invertebrados móveis mais abundantes no Porto Santo (e não na Madeira), enquanto as espécies *Arbacia lixula*, *Percnon gibbesi* e *Sphaerechinus granularis* integram esta lista na Madeira e não no Porto Santo. Em termos de densidade (n° ind/50 m²), existem algumas diferenças entre as duas ilhas, particularmente no que respeita às espécies *C. tubularis* (cerca de 13 vezes mais abundante na Madeira do que no Porto Santo) e *H. carunculata* (mais abundante no Porto Santo do que na Madeira).

Nos recifes artificiais, são 8 as espécies de macroinvertebrados móveis

Local	V	O
Baixa das bicudas	175	1
Baixa do Cotrim	61	0
CORDECA recife	4	0
Enrocamento	1	0
Engrade grande	98	0
Baixinha	207	2
Pedra do Jota	65	0

Tabela 3.10: Variação da densidade de *Diadema africanum* nalguns locais de estudo na ilha do Porto Santo (n° ind/50 m²). V: Verão, O: Outono.



Tabela 3.11: Densidade das várias espécies de macroinvertebrados móveis presentes nos vários habitats na Ilha da Madeira. Valores totais para 2022 em n° de indivíduos/50 m².

Areia — Madeira		Rocha — Madeira		Recife artificial — M	
Espécie	Dens.	Espécie	Dens.	Espécie	Dens.
<i>Hermodice carunculata</i>	2,4	<i>Calcinus tubularis</i>	12,7	<i>Hermodice carunculata</i>	9,8
<i>Phoronopsis californica</i>	1,4	<i>Antedon bifida</i>	2,7	<i>Calcinus tubularis</i>	0,8
Paguroidea	0,4	<i>Holothuria sanctori</i>	2,2	<i>Stramonita haemastoma</i>	0,8
<i>Myxicola</i> sp.	0,3	<i>Hermodice carunculata</i>	1,9	<i>Stenorhynchus lanceolatus</i>	0,7
<i>Megalomma vesiculosum</i>	0,1	<i>Arbacia lixula</i>	1,7	<i>Pagurus anachoretus</i>	0,3
		<i>Telmatactis cricoides</i>	1,1	<i>Arbacia lixula</i>	0,2
		<i>Pagurus anachoretus</i>	1,0		
		<i>Stenorhynchus lanceolatus</i>	1,0		
		<i>Percnon gibbesi</i>	0,9		
		<i>Sphaerechinus granularis</i>	0,5		
Total	4,6	Total	25,6	Total	12,7

Enrocamento — Madeira		Maerl — Madeira	
Espécie	Dens.	Espécie	Dens.
<i>Percnon gibbesi</i>	6,5	<i>Calcinus tubularis</i>	7,3
<i>Calcinus tubularis</i>	4,8	<i>Hermodice carunculata</i>	5,3
<i>Arbacia lixula</i>	2,3		
<i>Holothuria sanctori</i>	0,8		
<i>Sphaerechinus granularis</i>	0,8		
<i>Cronius ruber</i>	0,5		
<i>Hermodice carunculata</i>	0,5		
<i>Stramonita haemastoma</i>	0,3		
<i>Enoplometopus antillensis</i>	0,2		
<i>Lysmata grabhami</i>	0,2		
Total	17,0	Total	12,7

mais abundantes no Porto Santo e 6 na Madeira. Destas, 5 espécies são comuns às duas ilhas: *H. carunculata*, *S. lanceolatus*, *A. lixula*, *P. anachoretus* e *C. tubularis*. Com exceção desta última espécie (cuja densidade na Madeira é 8 vezes superior à do Porto Santo), as restantes apresentam densidades semelhantes. O ouriço *D. africanum*, a estrela-do-mar *Marthasterias glacialis* e o molusco do género *Ocenebra* estão apenas presentes na lista no Porto Santo e o molusco *Stramonita haemastoma* está apenas presente na lista da Madeira.

Nos enrocamentos, são 7 as espécies comuns na lista das 10 mais abundantes nas duas ilhas: *C. tubularis*, *P. gibbesi*, *A. lixula*, *H. carunculata*, *Holothuria sanctori*, *Sphaerechinus granularis* e *S. haemastoma*. Em termos de densidade, as diferenças entre o Porto Santo e a Madeira são maiores para as espécies *C. tubularis* e *H. carunculata*, que são mais abundantes no Porto Santo. Ainda a este nível, as espécies *S. lanceolatus*, *Pinna rudis* e *S. haemastoma* integram a lista no Porto Santo mas não a da Madeira, e com as espécies *Lysmata grabhami*, *Enoplometopus antillensis* e *Cronius ruber* sucede o oposto.

Finalmente, nos campos de rodólitos, na Madeira existem apenas 2 espécies de macroinvertebrados móveis na lista — *C. tubularis* e *H. carunculata*, que ocorrem em densidades maiores na Madeira do que no Porto Santo.



Tabela 3.12: Densidade das várias espécies de macroinvertebrados móveis presentes nos vários habitats na Ilha do Porto Santo. Valores totais para 2022 em n° de indivíduos/50 m².

Areia – Porto Santo		Rocha – Porto Santo		Recife artificial – Porto Santo	
Espécie	Dens.	Espécie	Dens.	Espécie	Dens.
<i>Polychaeta</i> sp.	15,7	<i>Diadema africanum</i>	13,0	<i>Hermodice carunculata</i>	7,3
<i>Hermodice carunculata</i>	1,3	<i>Hermodice carunculata</i>	4,9	<i>Stenorhynchus lanceolatus</i>	0,7
<i>Astropecten aranciacus</i>	0,3	<i>Stenorhynchus lanceolatus</i>	1,4	<i>Arbacia lixula</i>	0,5
<i>Myxicola</i> sp.	0,3	<i>Pagurus anachoretus</i>	0,9	<i>Diadema africanum</i>	0,3
<i>Coscinasterias tenuispina</i>	0,1	<i>Calcinus tubularis</i>	0,7	<i>Pagurus anachoretus</i>	0,2
		Galatheidae	0,7	<i>Calcinus tubularis</i>	0,1
		<i>Holothuria sanctori</i>	0,6	<i>Marthasterias glacialis</i>	0,1
		<i>Antedon bifida</i>	0,6	<i>Ocenebra</i> sp.	0,1
		<i>Telmatactis forskalii</i>	0,3		
		<i>Lygdamis wirtzi</i>	0,2		
Total	17,6	Total	23,2	Total	9,2

Enrocamento – Porto Santo		Maerl – Porto Santo	
Espécie	Dens.	Espécie	Dens.
<i>Calcinus tubularis</i>	27,8	<i>Calcinus tubularis</i>	3,3
<i>Percnon gibbesi</i>	8,7	<i>Hermodice carunculata</i>	1,5
<i>Arbacia lixula</i>	2,5	<i>Lygdamis wirtzi</i>	0,5
<i>Hermodice carunculata</i>	1,2	Ceriantharia	0,2
<i>Pagurus anachoretus</i>	1,0	<i>Echinaster sepositus</i>	0,2
<i>Holothuria sanctori</i>	0,3		
<i>Sphaerechinus granularis</i>	0,3		
<i>Stenorhynchus lanceolatus</i>	0,3		
<i>Pinna rudis</i>	0,2		
<i>Stramonita haemastoma</i>	0,2		
Total	42,4	Total	5,7

Nesta última ilha, ocorrem ainda as espécies *Lygdamis wirtzi*, *Echinaster sepositus* e um membro da ordem Ceriantharia.

Somando as densidades das espécies de macroinvertebrados móveis para os vários habitats, verifica-se que os recifes rochosos na Madeira, e os enrocamentos no Porto Santo são aqueles onde valores são mais elevados. Por oposição, os habitats onde essa soma é menor são os campos de rodólitos no Porto Santo e as zonas de substrato arenoso na Madeira. As maiores diferenças entre as duas ilhas encontram-se nos enrocamentos e nas zonas de areia (cuja soma das densidades é mais elevada no Porto Santo) e nos recifes artificiais e nos campos de rodólitos, onde a soma é mais elevada na Madeira.

3.4.4 Análise de associação

A análise de associação feita aos macroinvertebrados móveis, contabilizou 42 espécies, das quais 8 foram associadas aos habitats em estudo. Cinco espécies foram associadas a um dos habitats, uma foi associada a 2 habitats e 2 espécies foram associadas a um conjunto de 3 habitats. (Tabela ??).

Aos habitats de substrato arenoso foi associada a espécie *Myxicola* sp., enquanto que aos enrocamentos foram associadas as espécies *Percnon*



gibbesi, *Sphaerechinus granularis*, *Pinna rudis* e *Arbacia lixula*, embora todas com valores-*p* pouco significativos. A espécie *Holothuria sanctori* foi associada ao conjunto «Rocha + Enrocamentos» (R+E), enquanto caranguejo-aranha (*Stenorhynchus lanceolatus*) foi associado ao conjunto «Rocha + Recifes artificiais + Enrocamentos» (R+RA+E). Finalmente, a espécie *Calcinus tubularis* foi associada ao grupo «Rocha + Enrocamentos + Maerl» (R+E+M).

Habitat	Espécie	A	B	stat	valor-p	sign.
Areia	<i>Myxicola sp.</i>	1,000	0,800	0,894	0,017	*
	<i>Percnon gibbesi</i>	0,967	1,000	0,983	0,006	**
Enrocamento	<i>Sphaerechinus granularis</i>	0,824	1,000	0,907	0,034	*
	<i>Pinna rudis</i>	0,778	1,000	0,882	0,030	*
	<i>Arbacia lixula</i>	0,753	1,000	0,868	0,039	*
R+E	<i>Holothuria sanctori</i>	1,000	0,889	0,943	0,003	**
R+RA+E	<i>Stenorhynchus lanceolatus</i>	1,000	0,833	0,913	0,019	*
R+E+M	<i>Calcinus tubularis</i>	0,989	0,909	0,948	0,023	*

Tabela 3.13: Resultados da análise de associação para as espécies de macroinvertebrados móveis para os vários habitats (R: rocha, A: areia, RA: recifes artificiais, E: enrocamentos, M: Maerl). Para uma explicação sobre o significado dos cabeçalhos das colunas, ver a Subsecção 2.2.2 (Análise de associação) na página 11.

3.5 Caracterização global das comunidades

Nesta secção apresentam-se os resultados da análise conjunta das comunidades biológicas estudadas (ictiofauna e macroinvertebrados móveis).

3.5.1 Diversidade

Considerando a totalidade dos dados recolhidos no ano de 2022 para as ilhas do Porto Santo e Madeira, foram registados 93 taxa, pertencentes a 7 filos, 12 classes, 38 ordens, 61 famílias, 80 géneros e 85 espécies. Destes 93 taxa, 84 foram registados no Porto Santo e 62 na Madeira.

Separando os dados por habitat (Tabela 3.14), verifica-se que os recifes rochosos são o habitat onde se registou a maior riqueza específica (76 taxa). Em seguida, e com um número bastante inferior (45 taxa), seguem-se os enrocamentos, os recifes artificiais, as zonas arenosas e finalmente, os campos de rodólitos, com apenas 18 taxa. Este padrão altera-se, no entanto, se considerarmos os outros índices de diversidade. Os valores mais elevados para o índice de diversidade de Shannon (N1) foram registados nos enrocamentos (14,8) e nos recifes artificiais (11,6). Os recifes rochosos e os campos de rodólitos apresentam valores similares (9,6 e 9,3, respectivamente), sendo os locais de substrato arenoso o habitat com o valor mais baixo para o índice de diversidade de Shannon. Esta tendência é semelhante para o índice de diversidade de Simpson (N2), embora neste caso, sejam os recifes rochosos o habitat onde foi registado o menor valor.

Em termos de equabilidade, os valores mais elevados para ambos os rácios de Hill (E10 e E20), foram registados nos campos de rodólitos (0,52 e 0,39), sendo os recifes rochosos os habitats onde os valores de equabilidade foram menores. Os restantes habitats (substratos arenosos,



Tabela 3.14: Índices de diversidade relativos aos dados de abundância do conjunto da ictiofauna e macroinvertebrados móveis em 2022, englobados por habitat. N0: número de espécies, N1: índice de diversidade de Shannon, N2: índice de diversidade de Simpson, E10: equabilidade de Shannon, E20: equabilidade de Simpson. A verde, estão salientados os valores mais elevados; a vermelho os valores mais baixos.

Habitat	N0	N1	N2	E10	E20
Areia	26	7,73	5,01	0,30	0,19
Rocha	76	9,63	4,54	0,13	0,06
Recifes artificiais	40	11,60	8,08	0,29	0,20
Enrocamentos	45	14,81	11,47	0,33	0,25
Maërl	18	9,28	7,04	0,52	0,39

Tabela 3.15: Índices de diversidade por local, relativos ao conjunto da ictiofauna e macroinvertebrados móveis em 2022. N0: número de espécies, N1: índice de diversidade de Shannon, N2: índice de diversidade de Simpson, E10: equabilidade de Shannon, E20: equabilidade de Simpson. A verde, estão salientados os valores mais elevados; a vermelho os valores mais baixos.

Local	N0	N1	N2	E10	E20
Controlo areia – PS	11	5,72	4,29	0,52	0,39
Baixa das bicudas	37	4,51	2,23	0,12	0,06
Baixa do Cotrim	37	9,96	6,51	0,27	0,18
CORDECA areia	19	5,83	4,65	0,31	0,24
CORDECA recife	34	12,11	9,00	0,36	0,26
Enrocamento do porto	35	13,25	10,34	0,38	0,30
Madeirense	19	5,54	3,72	0,29	0,20
Engrade grande	34	7,91	4,12	0,23	0,12
Baixinha	34	6,32	3,70	0,19	0,11
Pedra do Jota	31	6,28	3,02	0,20	0,10
M3C-PS-043	12	5,75	3,90	0,48	0,33
CORCEIRA areia	12	2,85	2,36	0,24	0,20
Cabo Girão	28	9,51	5,72	0,34	0,20
Ilhéu do Gorgulho	41	10,28	6,03	0,25	0,15
Controlo areia – M	13	2,44	1,57	0,19	0,12
Enrocamento Vidamar	33	12,07	8,86	0,37	0,27
CORCEIRA recife	27	5,22	3,04	0,19	0,11
Avrainvillea canariensis	10	4,52	3,48	0,45	0,35
M3C-CG-6b	13	7,00	4,68	0,54	0,36

recifes artificiais e enrocamentos), apresentam valores semelhantes para a equabilidade de Shannon (E10) e de Simpson (E20).

Considerando cada um dos locais separadamente (Tabela 3.15), o Ilhéu do Gorgulho, na Madeira, é o local onde se registou o maior número de espécies – 41, enquanto na *Avrainvillea canariensis* foi registado o menor número – 10 espécies. Há oito locais onde foram registadas mais de 30 espécies de peixes e macroinvertebrados móveis (os enrocamentos, os recifes rochosos do Porto Santo e o RA CORDECA) e locais onde foi registado um número muito inferior: Controlo areia (M e PS), M3C-PS-043, CORCEIRA areia e M3C-CG-6b (todos com número de espécies igual ou inferior a 13).

No que diz respeito ao índice de diversidade de Shannon (N1), o valor mais elevado foi registado no Enrocamento do porto do Porto Santo (13 espécies). Com valores igualmente elevados temos: o RA CORDECA e o enrocamento Vidamar – 12 espécies, o Ilhéu do Gorgulho, a Baixa do Cotrim e o Cabo Girão (cerca de 10 espécies). O valor mais baixo para este índice registou-se no Controlo areia – M, com apenas 2 espécies.

Em termos de equabilidade (E10 e E20), os valores mais elevados foram registados no campo de rodólitos do Cabo Girão (M3C-CG-6b) – 0,54 (para a equabilidade de Shannon) e no Controlo areia – PS (0,39 para a equabilidade de Simpson – E20). Os valores mais baixos foram registados na Baixa das bicudas (0,13 e 0,06, respectivamente para E10 e E20).



3.5.2 Análise de associação

Se considerarmos o conjunto dos organismos (ictiofauna e macroinvertebrados móveis), contabilizamos 93 espécies, das quais 22 foram associadas aos habitats em estudo. Nove destas espécies foram associadas a um habitat, 4 a 2 habitats, 7 a 3 habitats e duas espécies foram associadas a 4 dos 5 habitats — Tabela 3.16.

Habitat	Espécie	A	B	stat	valor-p	sign.
Areia	<i>Heteroconger longissimus</i>	1,000	1,000	1,000	0,001	***
	<i>Myxicola</i> sp.	1,000	0,800	0,894	0,012	*
Rocha	<i>Bursa</i> sp.	1,000	0,714	0,845	0,046	*
	<i>Lithognathus mormyrus</i>	1,000	1,000	1,000	0,010	**
	<i>Percnon gibbesi</i>	0,967	1,000	0,983	0,003	**
Enrocamento	<i>Oblada melanura</i>	0,874	1,000	0,935	0,029	*
	<i>Sphaerechinus granularis</i>	0,824	1,000	0,907	0,016	*
	<i>Pinna rudis</i>	0,778	1,000	0,882	0,016	*
	<i>Arbacia lixula</i>	0,753	1,000	0,868	0,029	*
R+E	<i>Holothuria sanctori</i>	1,000	0,889	0,943	0,005	**
	<i>Apogon imberbis</i>	0,865	0,889	0,877	0,025	*
RA+E	<i>Sarpa salpa</i>	0,970	1,000	0,985	0,002	**
	<i>Diplodus sargus</i>	0,880	1,000	0,938	0,024	*
R+RA+E	<i>Scorpaena maderensis</i>	1,000	1,000	1,000	0,001	***
	<i>Chromis limbata</i>	0,998	1,000	0,999	0,001	***
	<i>Thalassoma pavo</i>	0,995	1,000	0,998	0,001	***
	<i>Stenorhynchus lanceolatus</i>	1,000	0,833	0,913	0,013	*
	<i>Aulostomus strigosus</i>	1,000	0,750	0,866	0,041	*
R+E+M	<i>Calcinus tubularis</i>	0,989	0,909	0,948	0,029	*
	<i>Synodus synodus</i>	0,954	0,909	0,931	0,020	*
R+RA+E+M	<i>Similiparma lurida</i>	1,000	1,000	1,000	0,001	***
	<i>Sparisoma cretense</i>	0,948	1,000	0,974	0,024	*

Tabela 3.16: Resultados da análise de associação para as espécies de peixes e de macroinvertebrados móveis para os vários habitats (R: rocha, A: areia, RA: recifes artificiais, E: enrocamentos, M: Maërl). Para uma explicação sobre o significado dos cabeçalhos das colunas, ver a Subsecção 2.2.2 (Análise de associação) na página 11.

Nos substratos arenosos, a enguia-de-jardim (*H. longissimus*) foi a espécie que apresentou a associação mais forte, com valores dos parâmetros A e B iguais a 1, sendo que o poliqueta *Myxicola* sp. foi também associado a este habitat. Aos recifes rochosos foi associada a espécie *Bursa* sp. Para os enrocamentos verificou-se uma associação de 6 espécies, entre elas duas espécies de peixes: *L. mormyrus* e *O. melanura*. As restantes 4 espécies pertencem ao grupo dos macroinvertebrados móveis: *P. gibbesi*, *S. granularis*, *P. rudis* e *A. lixula*.

No conjunto «Rocha + Enrocamentos» (R + E), surgem associados uma espécie de peixe (*A. imberbis*) e um invertebrado (*H. sanctori*), enquanto no grupo «Recifes artificiais + Enrocamentos» (R + E), foram apenas associadas espécies de peixes: a salema (*S. salpa*) e o sargo (*D. sargus*). No grupo «Rocha + Recifes artificiais + Enrocamentos» (R + RA + E) há cinco espécies associadas: *S. maderensis*, *C. limbata*, *T. pavo*, *Aulostomus strigosus* e *S. lanceolatus*. No conjunto «Rocha, Enrocamentos e Maërl» (R + E + M) há duas espécies associadas: um invertebrado (*C. tubularis*) e um peixe (*S. synodus*). Finalmente, ao conjunto «Rocha, Recifes artificiais, Enrocamentos e Maërl» (R + RA + E + M) estão associadas a castanheta-preta (*S. lurida*) e o bodião (*S. cretense*).



3.5.3 Análise de «clusters»

A análise de «clusters» feita aos dados de abundância do conjunto das comunidades (ictiofauna e macroinvertebrados móveis) — Figura 3.1 mostra uma separação em dois grupos: um primeiro, composto pelos locais de substrato arenoso e pelos campos de rodólitos da Madeira e Porto Santo. O segundo grupo engloba os locais de substrato rochoso, os enrocamentos e os recifes artificiais.

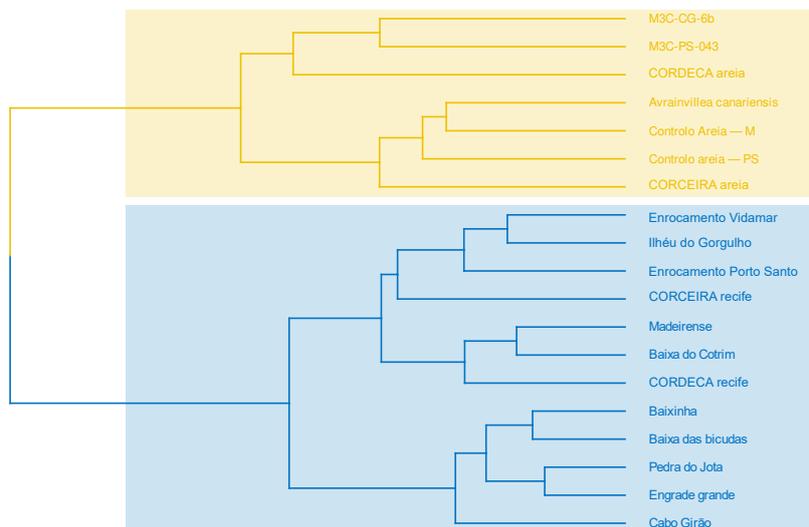


Figura 3.1: Dendrograma da matriz transformada (Hellinger) dos dados de abundância das comunidades nos vários locais estudados (Método de Ward).

Dentro do primeiro grupo, os campos de rodólitos estão mais próximos entre si, enquanto os locais de substrato arenoso constituem um outro subgrupo. No segundo grupo, os locais de substrato rochoso estão separados dos enrocamentos e dos recifes artificiais, com a exceção da Baixa do Cotrim, no Porto Santo.

3.5.4 Ordenação

O gráfico da ordenação (Figura 3.2) mostra novamente uma separação das comunidades nos locais de substrato arenoso (no lado esquerdo da figura). Os habitats rochosos, os enrocamentos e os recifes artificiais, embora surjam mais próximos uns dos outros no lado direito da figura, ainda assim estão relativamente separados dos outros entre si. Os campos de rodólitos da Madeira e do Porto Santo (no centro do gráfico), estão algo distantes um do outro e surgem separados dos restantes habitats.

Considerando a influência das várias espécies na ordenação das comunidades associadas a cada um dos locais, verifica-se que há um conjunto de espécies que contribui para a separação dos locais de substrato arenosos dos restantes. Nesse grupo parecem ter mais influência as espécies *Xyrichtys novacula*, *Astropecten aranciacus*, o poliqueta sedentário *Polychaeta* sp. 2, *Myxicola* sp., *Spondyllosoma cantharus*, *H. longissimus*, *P. erythrinus*, *P. californica* e os caranguejos-eremita da ordem Paguroidea.

Uma espécie de peixes da família Gobiidae, a estrela-do-mar *Echinaster sepositus*, o poliqueta *L. wirtzi* e uma espécie de cnidário da sub-classe Ceriantharia separam o local M3C-PS-043 dos restantes. A anémone *Telmatactis forskalii* e os caranguejos decápodes da família Galatheidae



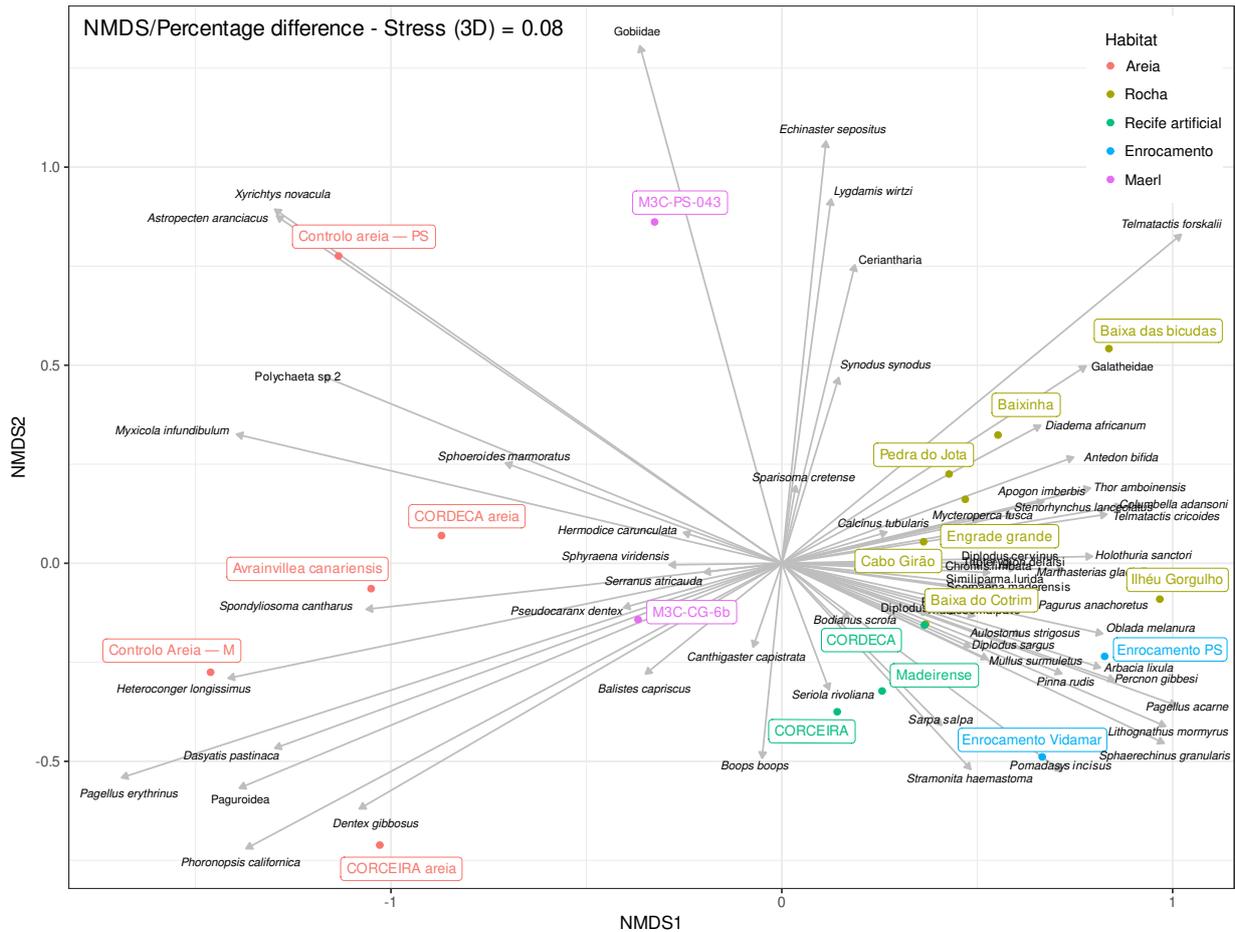


Figura 3.2: Gráfico da ordenação nMDS com 3 dimensões.

afastam a Baixa das bicudas dentro do grupo dos locais de substrato rochoso. Os enrocamentos, por sua vez, devem o seu posicionamento em relação aos recifes artificiais aos recifes rochosos pela presença e abundância das espécies *Pomadasy incisuus*, *Stramonita haemastoma*, *Sphaerechinus granularis*, *Lithognathus mormyrus* e *Pagellus acarne*.





DECORRIDOS SETE ANOS DESDE O INÍCIO do Programa de Monitorização dos Recifes Artificiais e habitats circundantes, é importante realçar alguns dos principais resultados obtidos. Dentro desses resultados, destacam-se a descoberta de novas espécies para o arquipélago da Madeira — as algas *Avrainvillea canariensis* no PNMCG [24] e *Caulerpa aschmeadii* no Porto Santo [27] e várias espécies de esponjas, entre as quais, uma espécie nova para a ciência (Santín et al., *in prep.*).

Além disso, o programa de monitorização a que se refere o presente relatório promoveu também acções de mapeamento dos habitats costeiros subtidais [26], tais como os campos de rodólitos nas ilhas da Madeira e do Porto Santo [21] ou os campos de algas calcárias verdes no Porto Santo. Tem igualmente permitido acompanhar as alterações na distribuição de *C. aschmeadii* no Porto Santo e a detecção dos eventos de mortalidade de *Diadema africanum*, em 2018 e 2022.

Estes resultados e os que ainda estão por explorar e analisar de forma mais detalhada, mostram inequivocamente a importância deste Programa de Monitorização para a região, não só ao nível do aumento do conhecimento, mas sobretudo pelo potencial que este conhecimento tem quando usado em termos da gestão e conservação do espaço marinho.

4.1 Caracterização qualitativa e quantitativa das comunidades

4.1.1 Diversidade

O número de espécies de peixes observadas no total dos transectos efectuados (51 espécies) foi ligeiramente inferior ao encontrado nos anos anteriores [18] (59 espécies) e um pouco abaixo dos valores obtidos nos anos de 2018 e 2019 [19, 20], mas enquadram-se nos valores já referenciados para a região [23, 25].

Considerando cada um dos locais amostrados, verifica-se uma grande variabilidade (6–27 espécies observadas), que acaba por reflectir as diferenças das próprias características naturais entre os vários locais amostrados. A maior riqueza específica foi registada na ilha do Porto Santo, no RA CORDECA e no recife rochoso «Engrade Grande»; no entanto um número considerável de espécies de peixes (superior a 18) foi observado em 10 locais.

A maior riqueza específica da ictiofauna registada na ilha do Porto Santo no âmbito da monitorização efectuada no ano de 2022 está muito provavelmente relacionada com o maior esforço de amostragem realizado nessa ilha, quer pelo facto de se amostrarem mais locais, quer por ter sido realizada mais uma campanha de amostragem. Foram igualmente registadas diferenças no número espécies de peixes no total dos locais, do Verão para o Outono (49 espécies no Verão e 37 no Outono). Esta situação poderá novamente estar relacionada com o menor esforço de amostragem

[24]: Ribeiro et al. (2019), *A New Signal of Marine Tropicalization in the Macaronesia Region: First Record of the Mesophotic Macroalga Avrainvillea Canariensis* A. Gepp & E.S. Gepp in the Madeira Archipelago

[27]: Ribeiro et al. (2023), *Crossing the Atlantic: The Tropical Macroalga Caulerpa Ashmeadii Harvey 1858 as a Recent Settler in Porto Santo Island (Madeira Archipelago, North-eastern Atlantic)*

[26]: Ribeiro et al. (2020), *Habitat Mapping of Cabo Girão Marine Park (Madeira Island): A Tool for Conservation and Management*

[21]: Neves et al. (2021), *“Pink Round Stones”—Rhodolith Beds: An Overlooked Habitat in Madeira Archipelago*

[18]: Neves (2022), *Programas de monitorização CORDECA e CORCEIRA: 2021*

[19]: Neves et al. (2019), *Resultados do programa de monitorização dos recifes artificiais CORDECA e CORCEIRA*

[20]: Neves et al. (2018), *Resultados Do Programa de Monitorização Da Biodiversidade Marinha Dos Habitats Naturais e Artificiais Subtidais Na Ilha Do Porto Santo. Relatório Científico CORDECA*

[23]: Ribeiro et al. (2005), *Fish Assemblages of Cais Do Carvao Bay (Madeira Island) Determined by the Visual Census Technique*

[25]: Ribeiro (2008), *Comparison of Rocky Reef Fish Communities among Protected, Unprotected and Artificial Habitats in Madeira Island Coastal Waters Using Underwater Visual Techniques*

realizado no Outono, já que nessa estação apenas foi realizada campanha de amostragem na ilha do Porto Santo.

É interessante registar que, no Porto Santo, os locais com maior número de espécies de peixes observadas nos transectos são locais com algum regime de protecção — CORDECA recife, Engrade grande, Baixa do Cotrim e Pedra do Jota. Adicionalmente os RA superam (no caso do Porto Santo) ou estão muito próximos (no caso da CORCEIRA — Madeira) dos recifes rochosos circundantes.

No que diz respeito aos macroinvertebrados móveis, foram observadas 42 espécies no total dos transectos amostrados. Verificou-se um ligeira diminuição nesse número do Verão para o Outono (38 para 32). Foi igualmente registada uma diferença no número de espécies de macroinvertebrados móveis entre as duas ilhas, com um total de 29 espécies a serem registadas na Madeira e 36 no Porto Santo. Não obstante, esta diferença poderá ser resultante do menor esforço de amostragem efectuado na Madeira, como já anteriormente referido.

4.1.2 Abundâncias/Frequências

Em termos de densidade, as espécies de peixes que formam cardumes tendem a ser as mais abundantes, sendo disso exemplo a castanheita-baia e a boga nos recifes rochosos e nos recifes artificiais. Esta última espécie é igualmente abundante nos locais de areia amostrados, embora nos locais de substrato arenoso da ilha da Madeira, a espécie mais abundante seja a enguia-de-jardim — uma espécie que se sabe formar colónias em fundos arenosos entre os 15 e os 40 m de profundidade [1, 28]. Apenas duas espécies de peixes (*Sparisoma cretense* e *Canthigaster capistrata*) foram observadas em todos os locais amostrados na ilha do Porto Santo, sendo que na Madeira foram 3 (*C. capistrata*, *Serranus atricauda* e *Sphoeroides marmoratus*). Um grupo de 5–7 espécies apresenta frequências de ocorrência elevadas, sendo observadas na maioria dos locais e habitats estudados nas duas Ilhas, e como tal, podem ser consideradas espécies frequentes nos habitats subtidais do arquipélago da Madeira, conforme já referenciado noutros trabalhos [25, 26]. Em contrapartida, espécies há que apenas foram observadas em alguns dos locais amostrados, o que poderá estar relacionado com as especificidades de habitat das próprias espécies, como é o caso das espécies *Heteroconger longissimus* e *Xyrichthis novacula*, que apenas ocorrem em substratos arenosos. Existem também espécies de peixes, que foram observadas em poucos dos locais amostrados, pelo facto de serem espécies mais crípticas e de difícil detecção, como é o caso dos Gobiidae, Gobiesocidae, Muraenidae e outras que ocorrem em menor abundância (p. ex. *Scorpaena notata*, *Spondylisoma cantharus*, *Symphodus trutta*, etc.) e como tal com menor probabilidade de serem detectados na amostra.

As espécies de macroinvertebrados móveis que ocorrem com maior frequência são igualmente as mais abundantes — p. ex. o poliqueta *H. carunculata*, que ocorreu em todos os locais estudados nas duas ilhas, e o bernardo-eremita (*C. tubularis*), observado em todos os habitats amostrados, com excepção dos locais de substrato arenoso. Em contrapartida, há uma espécie — *Phoronopsis californica* que apenas foi observada nos fundos arenosos da ilha da Madeira, locais onde é frequente [26] — é uma espécie

[1]: Bauchot et al. (1958), *Sur Heteroconger Longissimus Günther (Teleosteen Anguilliforme) et Quelques Aspects de Sa Biologie*.

[28]: Saldanha (1982), *Remarques Sur Tanioconger Longissimus et Paraconger Macrops a Madere (Pisces, Congridae)*

[25]: Ribeiro (2008), *Comparison of Rocky Reef Fish Communities among Protected, Unprotected and Artificial Habitats in Madeira Island Coastal Waters Using Underwater Visual Techniques*

[26]: Ribeiro et al. (2020), *Habitat Mapping of Cabo Girão Marine Park (Madeira Island): A Tool for Conservation and Management*





Figura 4.1: Ouriço-de-espinhos-longos (*Diadema africanum*) morto num campo de rodólitos do Porto Santo

mais específica em termos de habitat. Outros exemplos são as espécies *Myxicola* sp. e *Astropectem aranciacus*, que apenas foram registadas na areia. Com efeito, a análise de associação mostrou esta relação para a espécie *Myxicola* sp. já que surge associada aos fundos arenosos com um *valor-p* bastante significativo. Adicionalmente, existem espécies de macroinvertebrados que foram observadas em apenas um ou dois locais. Não quer dizer que não possam estar presentes em mais locais, apenas que, pelo facto de serem menos abundantes e mais difíceis de detectar (p. ex.: *Thor amboinensis*, *Ocenebra* sp., *Lysmata grabhami*, etc.), podem ter escapado à observação dos mergulhadores.

Finalmente, a rápida diminuição nas frequências e densidade do ouriço-de-espinhos-longos (*D. africanum*) observada no Porto Santo entre as campanhas do Verão e do Outono sugere estarmos em presença de um evento de mortalidade, à semelhança do ocorrido em 2018 [11].

[11]: Gizzi et al. (2020), *Before and after a Disease Outbreak: Tracking a Keystone Species Recovery from a Mass Mortality Event*

4.2 Caracterização dos habitats

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que existem diferenças importantes entre os cinco habitats estudados: zonas arenosas, campos de rodólitos, recifes artificiais, enrocamentos e recifes rochosos. Essas diferenças, visíveis ao nível da composição das comunidades associadas a cada um deles (como evidenciado pelas várias análises efectuadas — ver Capítulo 3), são um reflexo de vários factores abióticos e bióticos, dos quais, um dos mais importantes à escala regional, parece ser a complexidade estrutural de cada habitat.

Em termos dos habitats amostrados, os recifes rochosos, que apresentam a maior complexidade estrutural (declives, fendas, buracos, etc), são aqueles com maior riqueza específica (nº de espécies). No entanto, esse elevado



número de espécies, inclui várias que ocorrem com baixas densidades (i.e. poucos indivíduos num transecto). À medida que damos menos peso a estas espécies no cálculo da diversidade (como sucede com os índices N1 e N2), os valores de diversidade dos recifes rochosos diminuem, passando a ser inferiores aos valores registados nos recifes artificiais e nos enrocamentos. A presença de muitas espécies pouco abundantes neste habitat é igualmente visível em termos de equabilidade, já que é nos recifes rochosos que estes índices apresentam os valores mais baixos. Adicionalmente, este habitat é caracterizado pela presença de espécies de peixe que formam cardumes e que ocorrem em densidades muito elevadas, fazendo com que se destaquem em relação às demais. São disso exemplo as espécies *C. limbata* (no Porto Santo e na Madeira) e *B. boops* (na Madeira). O mesmo sucede com os macroinvertebrados móveis, já que as espécies *D. africanum* no Porto Santo e *C. tubularis*, na Madeira apresentam densidades bastante superiores às restantes.

As espécies características dos recifes rochosos não parecem ser específicas deste habitat, dado que ocorrem igualmente nos outros habitats que apresentam características semelhantes (os recifes artificiais e os enrocamentos). Isto é uma das explicações para a inexistência de espécies associadas ao habitat rochoso na análise de associação. Outra explicação, eventualmente mais importante, é a grande variabilidade entre os diversos locais estudados, já que por exemplo, as espécies *Muraena augusti* (em ambas as ilhas) e *Heteropriacanthus fulgens* (na Madeira), ocorrem apenas nos recifes rochosos, mas não em todos os locais com este habitat. Existem também várias espécies que ocorrem apenas numa das ilhas e que contribuem para a variabilidade da composição das comunidades dentro do mesmo habitat.

Os enrocamentos e os recifes artificiais são habitats que também apresentam valores de diversidade elevados, sobretudo ao nível dos índices N1 e N2. Ainda assim, é nos enrocamentos que os índices de diversidade são maiores. Em termos de complexidade estrutural, há algumas diferenças entre recifes artificiais e enrocamentos: os primeiros são constituídos apenas por materiais artificiais (metais como o aço e o alumínio), enquanto os enrocamentos, além de substratos artificiais como o betão, incluem substratos naturais, como a pedra. Isto pode contribuir para ajudar à fixação de mais espécies bentónicas (macroalgas, invertebrados, etc.), o que explica os valores de diversidade mais elevados nos enrocamentos em relação aos recifes artificiais. Adicionalmente, todos os enrocamentos estudados são mais antigos (e portanto, com comunidades mais maduras) que qualquer um dos três recifes artificiais incluídos no Programa de Monitorização.

Já os substratos arenosos surgem quase no fundo da tabela no que diz respeito à riqueza específica (N0). Em relação ao nº de espécies comuns (N1) é o habitat onde este valor é mais baixo. Em termos de equabilidade, encontram-se a meio da tabela, entre os Enrocamentos e os Recifes artificiais. No entanto, a presença dos RA's (nomeadamente nos locais CORCEIRA areia e CORDECA areia) parece contribuir para o aumento da diversidade, já que nestes dois locais o número de espécies de ictiofauna observadas é mais elevado do que nos locais Controlo areia – PS, Controlo areia – M e Avrainvillea canariensis, mais afastados dos recifes artificiais, e onde a influência destes já não se faz sentir.



Finalmente, os campos de rodólitos fazem a transição em termos de complexidade ambiental, entre os substratos arenosos e os restantes habitats (rocha, recifes artificiais e enrocamentos). Isto é visível no gráfico da ordenação (Figura 3.2) e nos índices de diversidade, se não para o número de espécies (já que este habitat é o que apresenta a menor riqueza específica), pelo menos para os restantes índices (N1 e N2), em que surge a meio da tabela, com valores superiores aos dos recifes rochosos (para N2) e dos fundos arenosos (N1 e N2). É importante salientar que, em termos de equabilidade (E10 e E20), este habitat apresenta os valores mais elevados, indicando que, em termos de abundância, as espécies presentes têm densidades relativamente parecidas, não se verificando a dominância de nenhuma espécie sobre as restantes.

Finalmente, é importante referir que as diferenças observadas ao nível da diversidade nos vários locais amostrados são consistentes com o relatado em trabalhos anteriores [18–20].

[18]: Neves (2022), *Programas de monitorização CORDECA e CORCEIRA: 2021*

[19]: Neves et al. (2019), *Resultados do programa de monitorização dos recifes artificiais CORDECA e CORCEIRA*

[20]: Neves et al. (2018), *Resultados Do Programa de Monitorização Da Biodiversidade Marinha Dos Habitats Naturais e Artificiais Subtidais Na Ilha Do Porto Santo. Relatório Científico CORDECA*





Bibliografia

- Bauchot, M.L. e J.M. Bassot (1958). «Sur Heteroconger Longissimus Günther (Teleosteen Anguilliforme) et Quelques Aspects de Sa Biologie.» *Bulletin du Muséum National D'Histoire Naturelle*. 2^a sér. 30.3, pp. 258–261 (ver p. 36).
- Brito, Alberto, Pedro J. Pascual, Jesús M. Falcón, Alejandro Sancho e Gustavo González (2002). *Peces de las Islas Canarias: catálogo comentado e ilustrado*. La Laguna: Francisco Lemus (ver p. 10).
- Brock, Richard E. (1982). «A Critique of the Visual Census Method for Assessing Coral Reef Fish Populations». *Bulletin of Marine Science* 32.1, pp. 269–276 (ver p. 10).
- Brock, Vernon E. (1954). «A Preliminary Report on a Method of Estimating Reef Fish Populations». *Journal of Wildlife Management* 18, pp. 297–308 (ver p. 10).
- Burt, T.P. (1994). «Long-Term Study of the Natural Environment - Perceptive Science or Mindless Monitoring?» *Progress in Physical Geography: Earth and Environment* 18.4, pp. 475–496. DOI: [10.1177/030913339401800401](https://doi.org/10.1177/030913339401800401) (ver p. 1).
- Cáceres, Miquel De e Pierre Legendre (2009). «Associations between Species and Groups of Sites: Indices and Statistical Inference». *Ecology* 90.12, pp. 3566–3574. DOI: [10.1890/08-1823.1](https://doi.org/10.1890/08-1823.1) (ver p. 11).
- Callahan, James T. (1984). «Long-Term Ecological Research». *BioScience* 34.6, pp. 363–367. DOI: [10.2307/1309727](https://doi.org/10.2307/1309727) (ver pp. 1, 2).
- Clarke, K. R. (1993). «Non-Parametric Multivariate Analyses of Changes in Community Structure». *Austral Ecology* 18.1, pp. 117–143. DOI: [10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x](https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x) (ver p. 12).
- Dufrêne, Marc e Pierre Legendre (1997). «Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach». *Ecological Monographs* 67.3, p. 22 (ver p. 11).
- Giron-Nava, A, Cc James, Af Johnson, D Danneker, B Kolody, A Lee, M Nagarkar, Gm Pao, H Ye, Dg Johns e G Sugihara (2017). «Quantitative Argument for Long-Term Ecological Monitoring». *Marine Ecology Progress Series* 572, pp. 269–274. DOI: [10.3354/meps12149](https://doi.org/10.3354/meps12149) (ver pp. 1, 2).
- Gizzi, Francesca, Jesús Jiménez, Susanne Schäfer, Nuno Castro, Sónia Costa, Silvia Lourenço, Ricardo José, João Canning-Clode e João Monteiro (2020). «Before and after a Disease Outbreak: Tracking a Keystone Species Recovery from a Mass Mortality Event». *Marine Environmental Research* 156, p. 104905. DOI: [10.1016/j.marenvres.2020.104905](https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.104905) (ver p. 37).
- Hill, M. O. (1973). «Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences». *Ecology* 54.2, pp. 427–432. DOI: [10.2307/1934352](https://doi.org/10.2307/1934352) (ver pp. 10, 11).
- Hughes, Brent B., Rodrigo Beas-Luna, Allison K. Barner, Kimberly Brewitt, Daniel R. Brumbaugh, Elizabeth B. Cerny-Chipman, Sarah L. Close, Kyle E. Coblenz, Kristin L. de Nesnera, Sarah T. Drobnitch, Jared D. Figurski, Becky Focht, Maya Friedman, Jan Freiwald, Kristen K. Heady, Walter N. Heady, Annaliese Hettinger, Angela Johnson, Kendra A. Karr, Brenna Mahoney, Monica M. Moritsch, Ann-Marie K. Osterback, Jessica Reimer, Jonathan Robinson, Tully Rohrer, Jeremy M. Rose, Megan Sabal, Leah M. Segui, Chenchen Shen, Jenna Sullivan, Rachel Zuercher, Peter T. Raimondi, Bruce A. Menge, Kirsten Grorud-Colvert, Mark Novak e Mark H. Carr (2017). «Long-Term Studies Contribute Disproportionately to Ecology and Policy». *BioScience* 67.3, pp. 271–281. DOI: [10.1093/biosci/biw185](https://doi.org/10.1093/biosci/biw185) (ver p. 1).
- Jost, Lou (2006). «Entropy and Diversity». *Oikos* 113.2, pp. 363–375. DOI: [10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x](https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x) (ver p. 10).
- Magurran, Anne E., Stephen R. Baillie, Stephen T. Buckland, Jan McP. Dick, David A. Elston, E. Marian Scott, Rognvald I. Smith, Paul J. Somerfield e Allan D. Watt (2010). «Long-Term Datasets in Biodiversity Research and Monitoring: Assessing Change in Ecological Communities through Time». *Trends in Ecology & Evolution* 25.10, pp. 574–582. DOI: [10.1016/j.tree.2010.06.016](https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.06.016) (ver pp. 1, 2).
- Magurran, Anne E. e Brian J. McGill, eds. (2011). *Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment*. Oxford ; New York: Oxford University Press. 345 pp. (ver p. 1).
- MM, SRMCT e SRAAC (2020). *Estratégia Marinha: Relatório Do 2º Ciclo*. (Ver p. 2).
- Neves, Pedro (2022). *Programas de monitorização CORDECA e CORCEIRA: 2021*. Funchal: AMACO – Associação Madeirense para a Conservação Marinha, p. 55 (ver pp. 35, 39).
- Neves, Pedro e Cláudia Ribeiro (2019). *Resultados do programa de monitorização dos recifes artificiais CORDECA e CORCEIRA*. Funchal: CIIMAR-Madeira, p. 69 (ver pp. 35, 39).
- Neves, Pedro, Cláudia Ribeiro e M. Kaufmann (2018). *Resultados Do Programa de Monitorização Da Biodiversidade Marinha Dos Habitats Naturais e Arti-*

- ficiais Subtidais Na Ilha Do Porto Santo. Relatório Científico CORDECA*. Funchal: CIIMAR-Madeira. 75 pp. (ver pp. 35, 39).
- Neves, Pedro, João Silva, Viviana Peña e Cláudia Ribeiro (2021). «“Pink Round Stones”—Rhodolith Beds: An Overlooked Habitat in Madeira Archipelago». *Biodiversity and Conservation* 30, pp. 3359–3383. DOI: [10.1007/s10531-021-02251-2](https://doi.org/10.1007/s10531-021-02251-2) (ver pp. 2, 35).
- R Core Team (2022). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria (ver p. 10).
- Ribeiro, C., A. J. Almeida, R. Araújo, M. Biscoito e M. Freitas (2005). «Fish Assemblages of Cais Do Carvao Bay (Madeira Island) Determined by the Visual Census Technique». *Journal of Fish Biology* 67.6, pp. 1568–1584. DOI: [10.1111/j.1095-8649.2005.00861.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2005.00861.x) (ver p. 35).
- Ribeiro, C., A.I. Neto, I. Moreu, R. Haroun e P. Neves (2019). «A New Signal of Marine Tropicalization in the Macaronesia Region: First Record of the Mesophotic Macroalga *Avrainvillea Canariensis* A. Gepp & E.S. Gepp in the Madeira Archipelago». *Aquatic Botany*. DOI: [10.1016/j.aquabot.2018.11.008](https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2018.11.008) (ver pp. 2, 35).
- Ribeiro, Cláudia (2008). «Comparison of Rocky Reef Fish Communities among Protected, Unprotected and Artificial Habitats in Madeira Island Coastal Waters Using Underwater Visual Techniques». Tese de doutoramento. Lisboa: Universidade de Lisboa. Faculdade de Ciências. 171 pp. (ver pp. 35, 36).
- Ribeiro, Cláudia e Pedro Neves (2020). «Habitat Mapping of Cabo Girão Marine Park (Madeira Island): A Tool for Conservation and Management». *Journal of Coastal Conservation* 24.2, p. 22. DOI: [10.1007/s11852-019-00724-9](https://doi.org/10.1007/s11852-019-00724-9) (ver pp. 2, 35, 36).
- Ribeiro, Cláudia, Thomas Sauvage, Sara Ferreira, Ricardo Haroun, João Silva e Pedro Neves (2023). «Crossing the Atlantic: The Tropical Macroalga *Caulerpa Ashmeadii* Harvey 1858 as a Recent Settler in Porto Santo Island (Madeira Archipelago, North-eastern Atlantic)». *Aquatic Botany* 184, p. 7. DOI: [10.1016/j.aquabot.2022.103595](https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2022.103595) (ver pp. 2, 35).
- Saldanha, L. (1982). «Remarques Sur *Taenioconger Longissimus* et *Paraconger Macrops* a Madere (Pisces, Congridae)». *Cybium* 6.4, pp. 3–14 (ver p. 36).
- Ward, Joe H. (1963). «Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function». *Journal of the American Statistical Association* 58.301, pp. 236–244. DOI: [10.1080/01621459.1963.10500845](https://doi.org/10.1080/01621459.1963.10500845) (ver p. 12).
- Whitehead, P. J., M.L. Bauchot, J.C. Hureau, J. Nielsen e E. Tortonese, eds. (1984). *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. Paris: Unesco. 1473 pp. (ver p. 10).
- Wirtz, Peter (1994). *Unterwasserführer Madeira - Kanaren - Azoren: Fische*. Stuttgart: Nagelschmid. 160 pp. (ver p. 10).

