



PLASMAR



Bases para la planificación sostenible de áreas marinas en la Macaronesia

Relatório técnico das metodologias a utilizar nas futuras campanhas de monitorização dos fundos marinhos arenosos subtidais dos Açores

1º PRODUTO DO CONTRATO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS: AJUSTE DIRETO Nº 25/SRAM/2018

João M. Gonçalves, Laura Abella & Júlia Simões



Governo dos Açores
Secretaria Regional do Mar, Ciência e Tecnologia



PROYECTO COFINANCIADO
POR LA UNIÓN EUROPEA
**Investigación
e Innovación**



MAC 2014-2020
Cooperación Territorial

Interreg 

www.plasmar.eu

To cite this report:

Gonçalves, João M.; Abella, Laura; Simões, Júlia. 2018. Relatório técnico das metodologias a utilizar nas futuras campanhas de monitorização dos fundos marinhos arenosos subtidais dos Açores. Gaspar Frutuoso & Universidade dos Açores. Report prepared as part of PLASMAR Project (co-financed by ERDF as part of POMAC 2014-2020). 29pp.

Reproduction is authorised provided the source is acknowledged.

LEGAL NOTICE

This document has been prepared as part of PLASMAR Project (co-financed by ERDF as part of POMAC 2014-2020), however it reflects the views only of the authors, and the Project partners or POMAC 2014-2010 programme cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

TABLE OF CONTENTS

I. PREFÁCIO	5
II. RESUMO	7
III. ABSTRACT	9
IV. INTRODUÇÃO	11
V. LOCAIS DE ESTUDO	13
VI. METODOLOGIAS	16
6.1 TRABALHO DE CAMPO	17
6.1.1 PARAMETRIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA	17
6.1.2. MONITORIZAÇÃO SUBAQUÁTICA DE FOTOGRAFIA E VÍDEO	18
6.1.3. MONITORIZAÇÃO SUBAQUÁTICA DOS SULCOS	19
6.1.4. RECOLHA DE AMOSTRAS	19
6.2 PROCESSAMENTO LABORATORIAL	21
6.2.1. ANÁLISE FOTOGRAFIA/VÍDEO DIGITAL	21
6.2.2. SIG	22
6.2.3 ANÁLISE DE AMOSTRAS BIÓTICAS	22
6.2.4. ANÁLISE DE GRANULOMETRÍA	23
6.2.5 OUTRAS ANÁLISES ABIÓTICAS (PLÁSTICOS E METAIS PESADOS)	23
VII. CRONOGRAMA	24
VIII. REFERÊNCIAS	24

I. Prefácio

Este relatório técnico corresponde ao **produto 2.3.1** (descrição detalhada da metodologia de monitorização desenvolvida e otimizada para o Descritor 6 da Diretiva Quadro da Estratégia Marinha – DQEM), correspondente à **tarefa 1** (desenvolvimento de uma metodologia de monitorização para o Descritor 6, otimizada e compatibilizada com o estabelecido pela DQEM, pronta a ser aplicada no Ordenamento do Espaço Marítimo [OEM] com base na abordagem ecossistémica) do contrato de prestação de serviços feito pela DRAM à FGF (Ajuste Direto nº 25/DRAM/2018: execução da tarefa 2.3.1 do projeto PLASMAR – Métodos de Monitorização Marinha Necessários para Aplicar a Abordagem Baseada no Ecossistema ao OEM e da Atividade 2.3.2 – Campanhas de Monitorização Marinha do Projeto PLASMAR).

II. Resumen

A extração de areia submarina marinha para fins comerciais é realizada em quase todas as ilhas do arquipélago dos Açores. Atualmente, duas embarcações estão licenciadas para esta atividade: “DragOcidental” e “Coral da Horta”. Esta atividade pode ter vários efeitos ambientais nos fundos marinhos, incluindo a remoção de sedimentos e a fauna residente, mudanças na natureza e estabilidade dos sedimentos. Para o efeito, é necessário investigar estas mudanças, realizando monitorizações sazonais da fauna e dos sedimentos marinhos. O presente projeto trata das mudanças na geomorfologia e na comunidade macrobentónica e apresenta as metodologias a serem utilizadas para avaliar os efeitos de curto prazo (um ano) das extrações de sedimentos. Este relatório constitui a referência para as metodologias a utilizar nas futuras campanhas de monitorização, correspondendo ao primeiro produto a ser entregue para o Descritor 6 do DQEM, na sequência da Tarefa 1 do contrato de adjudicação deste estudo.

III. Abstract

Marine subtidal sand extraction for commercial purposes is carried out in almost all islands of the Azores archipelago. Currently, two vessels are licensed for this activity: “DragOcidental” and “Coral da Horta”. This activity can have a number of environmental effects on the seabed including the removal of sediment and the resident fauna, changes to the nature and stability of sediments. For thus, a study is needed to monitor the changes, carrying out seasonal surveys of marine fauna and sediments. The present project deals with the geomorphology and macrobenthic community changes and presents the methodologies to be used to evaluate the short-term (one year) effects of sediment extractions. This report serves as a reference for methodology to be used in the monitoring campaigns, as a delivery of Descriptor 6 of DQEM, in response to Task 1 of this study contract.

IV. Introdução

Este relatório técnico contém a descrição detalhada da metodologia de monitorização desenvolvida e otimizada para o Descritor 6 da Diretiva Quadro da Estratégia Marinha (DQEM), resultante do trabalho desenvolvido no âmbito da Tarefa 1.

Os substratos móveis submarinos são aparentemente pobres de seres vivos à superfície. A sua natureza instável impede a fixação de macroalgas e de outros organismos epibentónicos. Contudo, a maior parte das macroespécies é constituída pelos animais que vivem enterrados no sedimento (infauna) ou pela fauna que se desloca sobre a sua superfície (vágil). A consequência mais significativa da extração marinha de inertes é a remoção do substrato e da fauna bentónica associada (Boyd & Rees, 2003). A infauna ocorrida nas costas dos Açores é, sobretudo, constituída por invertebrados, com uma grande diversidade de espécies de poliquetas, crustáceos, bivalves, gastrópodes e equinodermes. Há várias espécies de peixes que dependem dos fundos arenosos não só para alimentação (salmontes, *Mullus surmuletus*; sopapo, *Sphoeroides marmoratus*), como também para abrigo (bodião-da-areia, *Xyrichtys novacula*; solha, *Bothus podas*; lagarto-da-costa, *Synodus saurus*) e reprodução (ninhas dos peixes-porcos, *Ballistes capriscus*).

O conhecimento que existe sobre estes ecossistemas nos Açores é muito diminuto, pelo que o impacto que a exploração de inertes tem sobre estas comunidades é também desconhecido.

Os objetivos gerais desta campanha são:

- Fornecer uma descrição detalhada dos macroinvertebrados presentes no fundo marinho, tanto na área de prospeção de areias como numa área prístina com características semelhantes, incluindo a identificação das espécies mais sensíveis (Boyd, 2002). Serão consideradas espécies sensíveis as espécies com baixa taxa de crescimento, capacidades de regeneração reduzidas, baixa fecundidade, recrutamento infrequente, baixa mobilidade, requisitos especializados de habitat ou tolerâncias estreitas ao substrato (Krause et al., 2010);
- Avaliar o progresso de possíveis alterações na estrutura biológica ocorridos durante a campanha e quais os que podem ser consequência da atividade de extração de inertes (Moorsel & Waardenburg, 1991), que segundo a Decisão (EU) 2017/848 da Comissão de 17 de maio de 2017 deve incluir a alteração da composição das espécies e da sua abundância relativa, a ausência de espécies particularmente sensíveis ou frágeis ou de espécies que asseguram uma função essencial, bem como da estrutura de tamanhos por espécie;
- Determinar se os impactos causados por esta atividade podem considerar-se inaceitáveis, ou se existem condições que podem conduzir a alterações irremediáveis na áreas de extração (Boyd, 2002), nomeadamente a nível das perdas físicas dos fundos marinhos, incluindo perda de substrato avaliada segundo as normas definidas nas partes I e II do anexo da Decisão (EU) 2017/848 da Comissão de 17 de maio de 2017, referentes às unidades de medida definidas para os critérios D6C1 a D6C5 do Descritor 6;
- Aumentar o conhecimento da dinâmica geológica da área de extração (Moorsel & Waardenburg, 1991).

V. Locais de estudo

Atualmente nos Açores encontram-se licenciadas duas embarcações para fazerem a extração de inertes: “DragOcidental” no grupo oriental e central e “Coral da Horta” para todas as ilhas do arquipélago. Com o objetivo de estudar o impacto que esta atividade tem na infauna, vai ser feita uma comparação da biodiversidade marinha (megafauna) que existe em locais sujeitos e em locais não sujeitos à atividade extrativa. Nas ilhas do Faial e de São Miguel, foram escolhidas duas áreas de referência que servirão de comparação às áreas onde se realiza a extração, sendo relativamente próximas, com características físicas e biológicas semelhantes às áreas afetadas (Kenny & Rees, 1996). As metodologias apresentadas neste relatório vão ser desenvolvidas em ambas as áreas.

No que diz respeito à ilha do Faial, a maioria da atividade extrativa tem lugar na baía do porto da Ribeirinha. Para além desta área, pode ainda haver extração de inertes em mais dois locais do Faial: na Praia do Norte e no Varadouro. De acordo com o projeto GEMAS, que teve como objetivo localizar e avaliar os volumes de área submersa ao largo da ilha do Faial (figura 1) e tendo em conta os resultados dos dados batimétricos e da granulometria dos sedimentos obtidos na zona da Ponta Ribeirinha (figura 2), selecionou-se a área em frente da praia de Almozarife (parte Norte) como área de referência, uma vez que esta apresenta características físico-químicas semelhantes à baía da Ribeirinha, e não tem atividade extrativa de inertes, o que permitirá compará-la com área explorada da baía da Ribeirinha (Quartau, 2007).

Em São Miguel a extração de inertes é realizada na proximidade das Feteiras (única área nesta ilha com licença para a extração de inertes). Com o objetivo de comparar a zona de extração de inertes com uma zona onde não é realizada esta atividade, as amostras de referência serão extraídas na bacia a SSW da cidade de Ponta Delgada a aproximadamente 1 milha náutica de distância do local de extração intensivo (Miguel et al., 2004).

Em relação às outras ilhas, será preciso aceder aos dados de extração dos navios para assim caracterizar a zona de maior atividade extrativa e a partir dessa selecionar uma área semelhante e sem atividade para o seu estudo. Para um melhor conhecimento dos fenómenos ocorridos durante a extração de areia, foi estabelecida uma análise dos principais parâmetros físico-químicos da água. Estes dados serão registados sazonalmente nos principais pontos de prospeção (Faial e São Miguel) antes e depois do processo de extração de inertes. Os parâmetros a medir são:

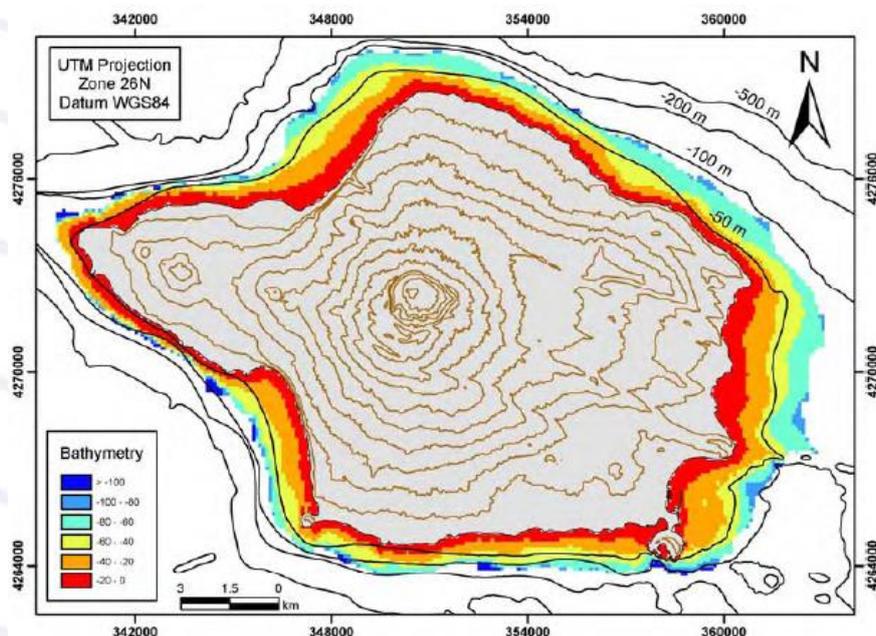


Figura 1- Batimetria ao largo da ilha do Faial (Quartau, 2007)

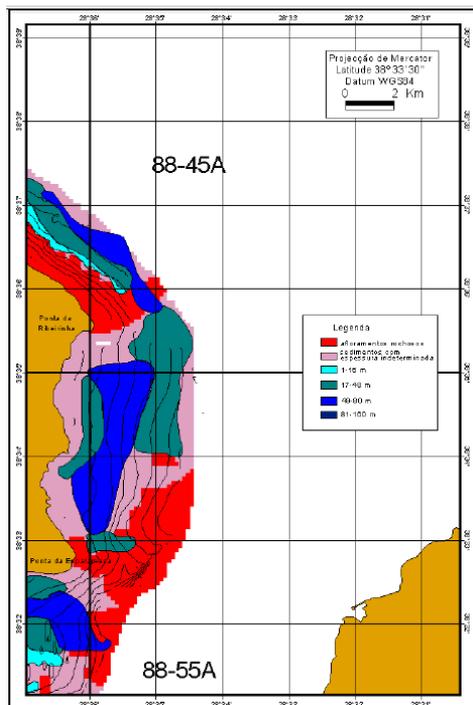


Figura 2 - Espessura de sedimentos na costa E da Ilha do Faial (Quartau et al., 2001)

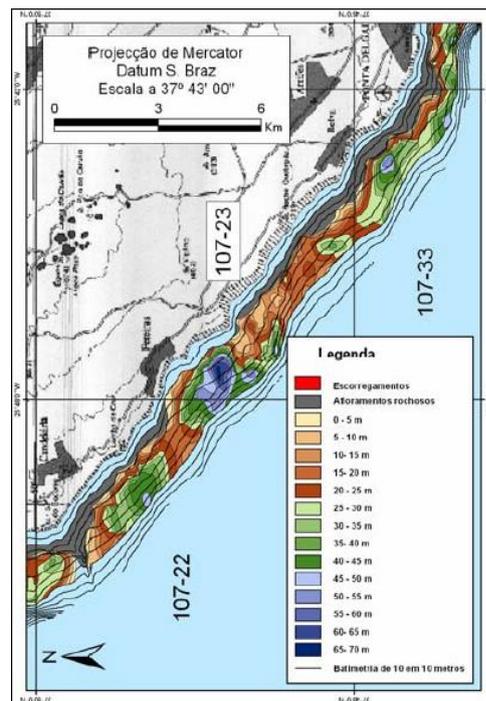


Figura 3 - Espessuras de sedimentos na costa SW da Ilha de São Miguel (Quartau et al., 2006)

VI. Metodologias

6.1 Trabalho de Campo

6.1.1 Parametrização físico-química da água

Para um melhor conhecimento dos fenómenos ocorridos durante a extração de areia, foi estabelecida uma análise dos principais parâmetros físico-químicos da água. Estes dados serão registados sazonalmente nos principais pontos de prospeção (Faial e São Miguel) antes e depois do processo de extração de inertes. Os parâmetros a medir são:

- Turbidez

Durante a dragagem de areia são geradas plumas de material suspenso na coluna de água causando um aumento da turbidez (figura 4). Este material é o resultado da perturbação mecânica do fundo sedimentário gerado pela draga e da água sobrenadante, proveniente da bomba de dragagem, que é despejada através do casco do navio. Tanto a quantidade do material suspenso, como a média de tamanho de partícula, podem ter uma influência importante na comunidade bentónica pelo que magnitude do

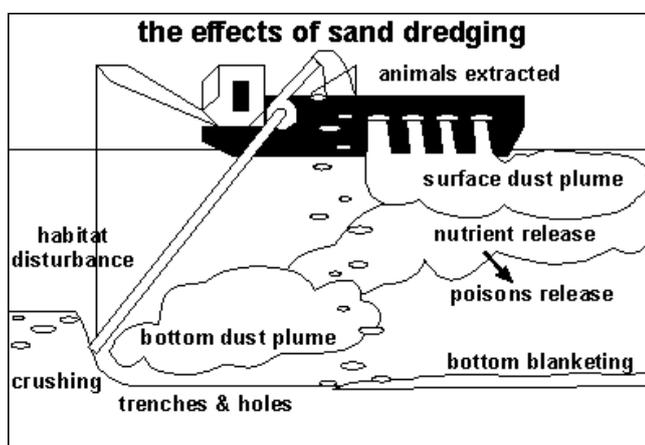


Figura 4 - Efeitos da extração marinha de inertes (Phua et al., 2002)

efeito da reposição de sedimentos sobre o ecossistema bentónico não é sempre afetada diretamente pela atividade de drenagem, mas também depende da taxa de deposição e da turbidez da água circundante (Essink, 1999; Desprez, 2000; Boyd, 2002; Boyd & Rees, 2003).

Para medir a turbidez, vai ser utilizado o disco de Secchi. Trata-se de um instrumento que mede a claridade da água *in situ*. O disco de Secchi é um disco circular branco e negro normalmente com 20 cm de diâmetro, com flutuabilidade negativa que lhe permite afundar verticalmente até que este deixe de se ver, proporcionando a chamada profundidade de Secchi (Schimanski, 2016).

- Nutrientes

Durante a extração de inertes, a matéria orgânica contida no sedimento marinho é libertada tanto no fundo como na superfície devido à remoção de areia, o que leva ao aumento da concentração de nutrientes na água (Phua et al., 2002).

Os nutrientes constituem uma das componentes mais importantes ao nível dos ciclos biogeoquímicos e processos biológicos no Oceano, atuando como elementos-chave nos sistemas oceânicos e costeiros. Dos elementos integrantes destes macronutrientes, destacam-se o azoto, o fósforo e a sílica, sendo necessários métodos laboratoriais adequados para que se possam quantificar as respetivas concentrações na coluna de água (até 100 milhões de vezes inferiores ao conteúdo de sal médio presente no oceano) (Giacomello & Menezes, 2011). O estudo dos parâmetros químicos das amostras recolhidas, realiza-se através do espectrofotómetro VIS de alto desempenho com tecnologia RFID que permite obter resultados de medições fiáveis e rastreáveis (modelo HACH LANGE DR3900). As células de amostra utilizadas serão de 10 mL, em vidro quadrado (modelo 2495402). Em relação à metodologia, os procedimentos a seguir em todas as análises serão as descritas nos manuais de análises químicas do fabricante.

Os parâmetros químicos estudados serão os seguintes:

- Concentração de fósforo inorgânico dissolvido (orto-fosfato) – PO_4^{3-} (Método USEPA PhosVer 3® (ácido ascórbico), nº 8048);
- Concentração de nitrato – NO_3^- -N (Método de Redução de Cádmio, nº 8171);
- Concentração de nitrito – NO_2^- -N (Método de diazotação USEPA, nº 8507);
- Concentração de amónia – NH_3 -N (dois métodos: Método salicilato, nº 8155 e Método Nessler USEPA, nº 8038).

- Oxigénio dissolvido

Durante a extração de inertes a perturbação de camadas de sedimentos anaeróbicos leva à libertação de nutrientes e de outros compostos que consomem o oxigénio provocando uma diminuição dos níveis de oxigénio dissolvido na água (Phua et al., 2002).

Para medir o nível de oxigénio dissolvido na coluna de água, irá recorrer-se à utilização de um sensor de oxigénio dissolvido OxyGuard® Handy Polaris (“hand-held”) da Dynamic Aqua-Supply Ltd. Este sensor mede, para além da concentração de oxigénio na água (mg/L, [ppm] e % de saturação), também a temperatura (°C) e a salinidade da água (%).

6.1.2. Monitorização subaquática de fotografia e vídeo

O registo subaquático através de vídeo-câmara continua a ser uma prática valiosa e aceite para a utilização do estudo de comunidades bentónicas. Trata-se de uma metodologia não intrusiva utilizada para avaliar todo tipo de habitats submarinos. Esta técnica pode ser particularmente útil para o estudo não só da biodiversidade bentónica, mas também das comunidades pelágicas que circundam a área afetada pela atividade extrativa (Boyd, 2002).

A fotografia/vídeo digital subaquática foi utilizada durante muitos anos para obter imagens estatísticas do fundo marinho, obtendo imagens de alta qualidade que permitem a identificação de muitos dos macroinvertebrados presentes. No entanto, a área coberta por imagens nem sempre é suficiente, e não fornece uma informação geral da distribuição das comunidades de fauna existentes no lugar, pelo que é preciso complementar esta metodologia com outro tipo de técnicas (Boyd, 2002).

Durante a análise das imagens, vão ser avaliadas também as características do fundo marinho, como por exemplo, a presença ou ausência de sulcos de extração e de “ripples” naturais (Moorsel & Waardenburg, 1991).

Sendo assim, em cada missão de mergulho (escafandro autónomo) um dos técnicos estará equipado com uma câmara HD (GoPro® Hero 3 Black Edition; fotografias: 800x600; e vídeos HD) com o fim de registar os impactos diretos da atividade sobre as comunidades biológicas (infauna e fauna vágil) e registar as mudanças de topografia no fundo.

Além disso, antes da realização das amostras subaquáticas (ver secção 3.1.4 Recolha de amostras) será realizada uma fotografia da área a amostrar para analisar posteriormente no laboratório utilizando o “software” de análise de imagem “Coral Point Count 4.1” (CPCe 4.1) (Kohler & Gill, 2006), utilizando o método de contagem de pontos aleatórios (Murdoch & Aronson, 1999). Este método é um dos mais utilizados para a estimativa estatística de comunidades bentónicas. As fotografias digitais recolhidas

serão georreferenciadas com um GPS (Garmin®XX) que regista a posição geográfica a cada minuto (“tracking”), colocado numa boia à superfície numa caixa estanque ligada por um carreto de mergulho a um dos membros da equipa. O GPS estará sincronizado com o computador de mergulho e com a hora da câmara, obtendo-se para cada foto um conjunto de metadados (e.g. hora, profundidade, localização geográfica, temperatura da água).

6.1.3. Monitorização subaquática dos sulcos

Com o objetivo de ter uma melhor perceção do impacto e das consequências que tem a extração de inertes na topografia do fundo do mar, serão registadas as dimensões dos sulcos resultantes (profundidade, largura e comprimento) após cada extração monitorizada na ilha do Faial.

6.1.4. Recolha de amostras

Para este estudo foram estabelecidos três tipos de metodologias de amostragem diferentes. Duas das amostragens serão subaquáticas (uma amostragem biótica e outra abiótica), realizadas por mergulhadores experientes, e a outra será realizada diretamente no navio-draga (amostragem biótica). Para este estudo foram estabelecidos três tipos de metodologias de amostragem diferentes. Duas das amostragens serão subaquáticas (uma amostragem biótica e outra abiótica), realizadas por mergulhadores experientes, e a outra será realizada diretamente no navio-draga (amostragem biótica).

6.1.4.1. Amostragem realizada no navio draga

Durante o acompanhamento das operações de extração de inertes dos navios areeiros licenciados, para quantificar as mega-espécies (> 1 cm) capturadas durante esta atividade, irá realizar-se uma observação macroscópica superficial da fauna aspirada para o interior do porão do navio uma vez terminada a atividade extrativa (proporcionando informação qualitativa das espécies presentes). Esta observação vai ser feita ao longo de um transecto (figura 5) que visa cobrir toda a área onde a areia está armazenada (Boyd, 2002).

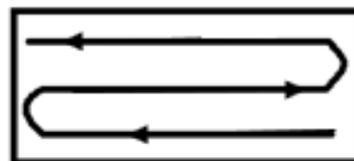


Figura 5 - Transecto realizado no porão do areeiro para a observação superficial de organismos

Além disso, realizar-se-ão amostragens quantitativas e qualitativas para a análise da macrofauna sugada junto com o sedimento para dentro do porão do navio. Para isto, otimiza-se uma rede (com malha de 7 mm) que será colocada entre a saída da bomba (por onde sai o material dragado) e o porão do barco (local onde fica armazenada a areia), permitindo assim que os organismos de mais de 7 mm de diâmetro fiquem retidos na rede. Por cada atividade extrativa monitorizada, vão realizar-se pelo menos duas réplicas. O período de tempo no qual a rede está instalada no porão vai depender do tipo de substrato dragado, sendo que será o mesmo em cada área específica de extração.

6.1.4.2. Amostragem subaquática

Uma grande quantidade de metodologias está disponível para a amostragem de infauna em ambientes sublitorais pouco profundos, incluindo a recolha direta por meio de mergulhadores com escafandro autónomo. Em águas pouco profundas, onde mergulhadores podem trabalhar, algumas das técnicas intertidais podem ser altamente

satisfatórias. Os mergulhadores normalmente conseguem boa qualidade de amostras, uma vez que estes têm a possibilidade de escolher a posição ideal para efetuar a amostragem. Além disso, uma vez realiza a amostragem, o investigador conhece com mais pormenor a natureza da área e os detalhes de amostragem (Eleftheriou & Holme, 1984).

A fim de comparar a biodiversidade marinha em áreas onde há atividade extrativa e em áreas não sujeitas a esta atividade, serão feitas amostragens equiparáveis com recurso a uma sugadora subaquática. A sugadora bentónica produz um fluxo regular que permite uma amostragem comparável de diversos habitats (Brown et al., 1987). A sugadora funciona com o princípio básico da diferença de pressão existente entre o ar que exala um compressor de ar ligado à sugadora (neste caso uma garrafa de mergulho de 12 L a 300 bars), com a água circundante (Kikuchi et al., 2006). Esta consiste num tubo de PVC com aproximadamente 6 cm de diâmetro e 1 m de comprimento, conectado à garrafa de ar por meio de uma válvula (a qual permite regular o fluxo de ar caso seja necessário), gerando assim a diferença de pressão que permite que a mistura de água e areia entre na boca do extremo anterior do tubo de PVC (figura 6). No extremo posterior do tubo encontra-se uma extensão de tubo plástico mole o qual termina com um saco de rede de 7 mm de malha (o mesmo tamanho de malha que a rede utilizada na amostragem do barco), filtrando diretamente a areia extraída deixando ficar a matéria com mais de 7 mm de diâmetro no seu interior.

A área de extração para amostragem será delimitada por um aro metálico quadrado, com 50 cm de aresta e 30 cm de altura (figura 7). Este aro será enterrado no sedimento, de modo a evitar que, à medida que se extrai o sedimento no seu interior, a areia circundante aos bordos flua para a área de amostragem. A profundidade da amostragem foi estabelecida em 30 cm (altura da estrutura metálica), seguindo as indicações de Eleftheriou & Holme (1984), que determina que as amostras bentónicas a 10-15 cm de profundidade têm resultados satisfatórios na maioria de fundos arenosos.

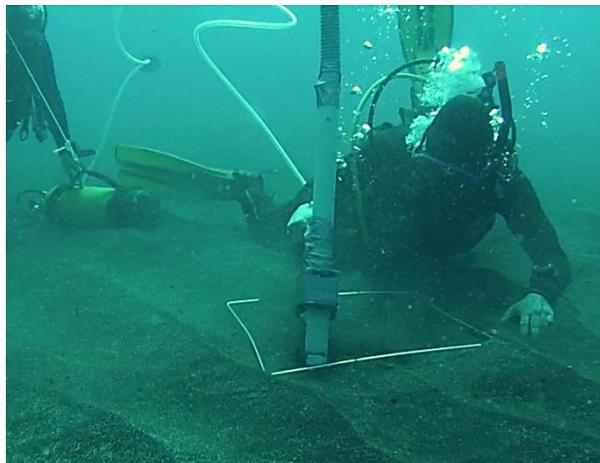


Figura 6 - Amostragem a partir da sugadora portátil em 30/10/2018

Serão efetuadas pelo menos duas amostragens por área (duas no local explorado e outras duas no local de referência), com um mínimo de duas réplicas por amostra, seguindo um transecto de 10-20 m alinhado ao longo da direção aproximada das correntes de maré predominantes e aproximadamente à mesma profundidade para minimizar os efeitos nas mudanças biológicas associados com os gradientes de

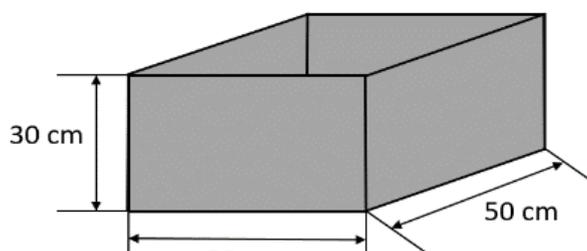


Figura 7 - Esquema do frame de amostragem

profundidade do fundo, mantendo, se possível, a semelhança em termos de características de habitat e hidrodinâmicas (Sommerfield et al., 1995; Boyd & Rees, 2003).

Antes de cada amostragem, realizar-se-á uma fotografia da superfície do fundo (ver secção 3.1.2 Monitorização subaquática de foto/vídeo) para analisar posteriormente no “software CPCe 4.1”, o qual serve para o estudo das comunidades bentónicas da área.

Por outro lado, a amostragem dos sedimentos para a análise de granulometria (PSA, “Particle Size Analysis”) é um acompanhamento essencial para os estudos de macrofauna (Boyd, 2002). A análise da relação entre a composição do sedimento e o tipo de comunidades bentónicas que ocorrem no fundo do mar é fundamental para entender o ecossistema bentónico. A infauna presente no bentos depende diretamente da granulometria da área na qual se encontra (Seiderer & Newell, 1999).

As amostragens dos sedimentos para análise granulométrica, serão feitas sazonalmente tanto para a caracterização granulométrica dos sedimentos da área afetada como para a do local de referência, fazendo-se a separação laboratorial por classes de tamanho e posterior classificação geomorfológica. Nesta fase será também dada importância à presença de microplásticos nas amostras, assim como a caracterização de metais pesados retidos no sedimento.

Esta amostragem seguirá o esquema da amostragem biótica, com duas amostragens por área (duas no local afetado e duas no local de referência) e com duas réplicas por amostra à mesma profundidade para minimizar os efeitos das mudanças biológicas associados aos gradientes de profundidade do fundo. A quantidade de sedimento recolhido será de aproximadamente de 1 kg de sedimento por amostra, mas pode variar consoante a indicação do laboratório externo que analisará os metais pesados e a granulometria.

6.1.4.3. Número de amostras

Na monitorização da embarcação serão feitas amostragens pelo menos duas amostras sazonais, nas áreas de maior extração de areias, com as réplicas indicadas anteriormente, totalizando pelo menos 24 amostras, a que acrescem outros locais onde as embarcações venham a efetuar extração de inertes, que não é possível definir antecipadamente. Relativamente à amostragem subaquática, far-se-á nos locais de exploração e zonas prístinas próximas, com a mesma sazonalidade, com o número de replicados atrás indicados, o que totaliza 48 amostras, a que acrescem as áreas de exploração acessória noutras ilhas do arquipélago.

6.2 Processamento laboratorial

6.2.1. Análise Fotografia/Vídeo Digital

Para a análise das fotografias realizadas das amostras subaquáticas vai ser utilizado o software de análise de imagem “Coral Point Count 4.1” (CPCe 4.1) (Kohler & Gill, 2006), utilizando o método de contagem de pontos aleatórios (Murdoch & Aronson, 1999). Como se citou anteriormente, este método é um dos mais utilizados para a estimativa estatística de comunidades bentónicas. Como em estudos comparáveis (Hawkins et al., 1990; Neto, 1997; Wallenstein et al., 2008), foram utilizados um total de 36 pontos, numa matriz de 2x2 para 4 células. Em cada uma das células foram aleatoriamente distribuídos 9 pontos, de forma que os pontos estivessem aleatoriamente distribuídos e cobrissem a totalidade da foto (quadrado de 50 cm de aresta). Uma matriz de pontos aleatoriamente distribuídos é sobreposta nas imagens e as espécies e o tipo de substrato encontrado por baixo de cada um destes pontos são identificados visualmente, sendo necessário ter um observador experiente na identificação de organismos.

Para isto é necessário processar anteriormente as fotografias através do programa Adobe Photoshop®CS6 para remover a distorção do ângulo de grande angular que é gerado pela câmara utilizada.

Com este método, posteriormente poderão calcular-se dois tipos de índices de biodiversidade (Simpson, 1949 e de Shannon-Wiener, 1949):

$$\text{Shannon Index (H)} = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

$$\text{Simpson Index (D)} = \frac{1}{\sum_{i=1}^s p_i^2}$$

Estes índices dão informação complementar em relação à riqueza, abundância e diversidade específica.

6.2.2. SIG

Realizar-se-á uma georreferenciação das operações de extração de inertes (AIS) e volumes extraídos (dados comunicados pelos operadores) com o programa de Sistema de Informação Geográfica (SIG) alicerçado em tecnologia Esri (ArcGIS®). A finalidade desta análise é a partilha de informação geográfica resultante dos estudos realizados durante as campanhas de monitorização, compatível com o SIG adotado pela DRAM, e com as metodologias propostas para o reporte de informação no âmbito da Diretiva INSPIRE, da DQEM e do Plano de Situação do Ordenamento do Espaço Marítimo, disponibilizando-se a DRAM a prestar informação e o auxílio necessário nesta tarefa.

6.2.3 Análise de amostras bióticas

Uma vez em laboratório, todas as amostras de macrobentos que se encontram devidamente identificadas, serão analisadas. Todos os organismos encontrados vão ser, sempre que possível, identificados até ao nível taxonómico mais baixo possível (Boyd, 2002; Todorova & Konsulova, 2005). No entanto, nem sempre será possível esta classificação tão aprofundada; pode haver casos em que devido a destruições parciais do organismo não seja possível identificar até a espécie (Todorova & Konsulova, 2005). Perante isto, são apenas tidos em conta os organismos onde é possível identificar a parte anterior do corpo (Boyd, 2002). Para facilitar o processo de identificação os organismos existentes serão triados por grandes grupos taxonómicos e posteriormente identificados até o nível taxonómico mais baixo possível (Todorova & Konsulova, 2005). Esta identificação vai ser efetuada por técnicos experientes na área; nos casos em que haja dificuldade de identificação, serão consultados especialistas nestes grupos taxonómicos.

Para facilitar a interpretação e o estudo das amostras, é essencial que estas se encontrem devidamente identificadas e isso implica que, durante a amostragem, sejam registados uma série de dados reunidos numa base de dados específica (Boyd, 2002). Durante a amostragem deve ser registado o amostrador, o tipo de amostras (biótica ou abiótica) e o equipamento utilizado, o volume desta, a data e a hora, a localização, a profundidade em que esta foi feita, uma breve descrição do sedimento e a presença de possíveis artefactos, assim como qualquer outra informação que seja relevante para o estudo das amostras (Boyd, 2002).

6.2.4. Análise de granulometría

Basicamente esta análise consiste na lavagem das amostras de areias e secagem (estufa a 60°C). Posteriormente proceder-se-á à pesagem da amostra seca, seguida de separação numa série de peneiros Endecotts/ASTM, com intervalos de malhagem de 0,5 ϕ , de acordo com a escala granulométrica de Udden-Wentworth. Cada resíduo presente nos crivos será novamente pesado. Para a caracterização textural da fração arenosa recorrer-se-á ao traçado de curvas cumulativas em papel de probabilidade, conforme a análise de Visher (1969), e ao método gráfico do cálculo dos parâmetros granulométricos (Folk & Ward, 1957) nomeadamente, diâmetro médio e calibração (média e desvio padrão).

6.2.5 Outras análises abióticas (plásticos e metais pesados)

Os plásticos presentes nestas amostras de sedimentos serão também contabilizados na fase de análise granulométrica.

A determinação dos principais metais pesados (Hg, Cd, Pb, Cr) serão também efetuados através de um laboratório externo acreditado, nas duas áreas em que há maior extração de areias (Faial e São Miguel).

VII. Cronograma

Resultados/ Produtos	2018	2019									
	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
Tarefa 2											
Saídas mensais a partir do areeiro											
A partir da Horta											
A partir de Ponta Delgada											
Amostras bióticas a partir do areeiro											
Parametrização físico-química da água											
Mergulhos mensais											
Monotorização subaquática Foto/Video											
Amostras subaquáticas bióticas											
Amostras subaquáticas abióticas											
Monotorização dos sulcos											
Processamento de amostras											
Análise de dados											
Entrega do D2.3.2a1											
Entrega do D2.3.2a2											
Tarefa 3											
Entrega do D2.3.2b											
Tarefa 4											
Entrega do D2.3.2c1											
Entrega do D2.3.2c2											
Entrega do D2.3.2c3											

VIII. Referências

- Boyd, S. E. (2002). Guidelines for the conduct of benthic studies at aggregate dredging sites. *Lowestoft, Department for Transport, Local Government and the Regions. CEFAS*, 117.
- Boyd, S. E., & Rees, H. L. (2003). An examination of the spatial scale of impact on the marine benthos arising from marine aggregate extraction in the central English Channel, *57*, 1–16. [https://doi.org/10.1016/S0272-7714\(02\)00313-X](https://doi.org/10.1016/S0272-7714(02)00313-X)
- Brown, A. V., Schram, M. D., & Brussock, P. P. (1987). A vacuum benthos sampler suitable for diverse habitats. *Hydrobiologia*, *153*(3), 241–247. <https://doi.org/10.1007/BF00007210>
- Desprez, M. (2000). Physical and biological impact of marine aggregate extraction along the French coast of the Eastern English Channel: short- and long-term post-dredging restoration, 1428–1438. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0926>
- Eleftheriou, A., & Holme, N.A., (1984). Macrofauna techniques. pp 140-216. In: *Methods for the study of marine benthos*. Holme, N.A. and McIntyre, A.D. (eds). 2nd Edition Oxford, Blackwell, 234pp
- Essink, K. (1999). Ecological effects of dumping of dredged sediments; Options for management. *Journal of Coastal Conservation*, *5*(1), 69–80. <https://doi.org/10.1007/BF02802741>
- Folk, R. & Ward, W. (1957). Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, *27*(1): 3-26.
- Giacomello, E. & Menezes, G. (Eds.), 2011. CONDOR Observatory for long-term study and monitoring of Azorean seamount ecosystems. Final Project Report. *Arquivo DOP, Série Estudos* 1/2012. 261 pp + 9 annexes.
- Hawkins, S. J., Burnay, L. P., Neto, A. I., Cunha, R. T. & Martins, A. M. F. (1990). A description of the zonation patterns of molluscs and other important biota on the south coast of São Miguel, Azores. *Açoreana* (suppl):21–38.
- Kenny, A. J., & Rees, H. L. (1996). The effects of marine gravel extraction on the macrobenthos: Results 2 years post-dredging. *Marine Pollution Bulletin*, *32*(8–9), 615–622. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(96\)00024-0](https://doi.org/10.1016/0025-326X(96)00024-0)
- Kikuchi, R. M., Fonseca-Gessner, A. A., & Shimizu, G. Y. (2006). Suction sampler for collection of benthic macroinvertebrates in several continental aquatic environments: a comparative study with the Hess and Surber samplers. *Acta Limnologica Brasiliensia*, *18*(1), 29–37.
- Kohler, K. E., & Gill, S. M. (2006). Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers and Geosciences*, *32*(9), 1259–1269. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2005.11.009>
- Krause, J., Diesing, M., & Arlt, G. (2010). The Physical and Biological Impact of Sand Extraction: a Case Study of the Western Baltic Sea. *Journal of Coastal Research*, *(51)*, 215–226. <https://doi.org/10.2112 / SI51-020.1>

- Miguel, I. D. S., Marinha, D. G., & Portela, I. P. E. (2004). Offshore aggregate resources in S. Miguel Island - Azores, *VII Congresso Nacional de Geologia, At Évora* 1–4..
- Moorsel, G. W. N. M. & Waardenburg, H. W. (1991). Short-term recovery of geomorphology and macrobenthos of the Klaverbank (North Sea) after gravel extraction. *Culemborg: Bureau Waardenburg*. 54 [33] p.
- Murdoch, T. J. T., & Aronson, R. B. (1999). Scale-dependent spatial variability of coral assemblages along the Florida Reef Tract. *Coral Reefs*, 18(4), 341–351. <https://doi.org/10.1007/s003380050210>
- Neto, A. I. (1997). Studies on algal communities of São Miguel, Azores. PhD Thesis. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, unpublished.
- Phua, C., den Akker, S., Baretta & M., Van Dalftsen (2002). Ecological effects of sand extraction in the North Sea., 1–22.
- Quartau, R., Curado, F., Cunha T., Pinheiro, L. & Monteiro, J. H. (2001). Projecto GEMAS - Localização e distribuição de areias em redor da ilha do Faial (Campanha FAPI1-2001). *Departamento de Geologia Marinha. Relatório Geológico - Projecto Geologia e Recursos*.
- Quartau, R., Teixeira, F., Duarte, H., Pinto, C. & Monteiro, J. (2006). Recursos em areias e cascalhos ao largo da ilha de S. Miguel, Açores. *VII Congresso Nacional de Geologia, At Évora*.
- Quartau, R. (2007). A plataforma submarina do Faial: Evolução morfológica e sedimentar. The insular shelf of Faial: Morphological and sedimentary evolution. *Geosciences , PhD*, 301.
- Schimanski, K. (2016). Marine : Secchi disk monitoring of water clarity, 1–21.
- Seiderer, L. J., & Newell, R. C. (1999). Analysis of the relationship between sediment composition and benthic community structure in coastal deposits: Implications for marine aggregate dredging. *ICES Journal of Marine Science*, 56(5), 757–765. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1999.0495>
- Shannon, CE and W. Weaver (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana, Illinois: University of Illinois
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*. 163: 688. doi:10.1038/163688a0.
- Somerfield, P. J., Rees, H. L., & Warwick, R. M. (1995). Interrelationships in community structure between shallow-water marine meiofauna and macrofauna in relation to dredgings disposal. *Marine Ecology Progress Series*, 127(1–3), 103–112. <https://doi.org/10.3354/meps127103>
- Todorova, V. & Konsulova, T. (2005). Manual for quantitative sampling and sample treatment of marine soft-bottom macrozoobenthos. *Institute of Oceanology, Bulgarian Academy of Sciences*, 1-40 pp.

Visher, G. (1969). Grain size distributions and depositional processes. *Journal of Sedimentary Petrology*, 39(3): 1074-1106.

Wallenstein, F. M., Neto, A. I., Álvaro, N. V., & Santos, C. I. (2008). Algae-based biotopes of the Azores (Portugal): Spatial and seasonal variation. *Aquatic Ecology*, 42(4), 547–559. <https://doi.org/10.1007/s10452-007-9134-y>