

*Monitorização dos macroplásticos e seus impactos numa  
piscicultura offshore de Sparus aurata na Ilha da Madeira  
(Portugal)*

**Mariana Raquel de Jesus Mendes Martins**

**2019**



***Monitorização dos macroplásticos e seus impactos numa  
piscicultura offshore de Sparus aurata na Ilha da Madeira  
(Portugal)***

**Mariana Raquel de Jesus Mendes Martins**

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Aquacultura**

**Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Doutor Carlos Andrade e da  
Professora Doutora Ana Pombo**

**2019**

**Título:** Monitorização dos macroplásticos e seus impactos numa piscicultura offshore de *Sparus aurata* na Ilha da Madeira (Portugal)

Copyright © Mariana Raquel de Jesus Mendes Martins

Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar – Peniche

Instituto Politécnico de Leiria

2019

A Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar e o Instituto Politécnico de Leiria têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

## **Agradecimentos**

No final desta etapa académica é fundamental mostrar o meu agradecimento a várias pessoas e entidades sem as quais não teria sido possível a execução desta dissertação:

Ao Dr. Carlos Andrade por toda a incansável orientação, motivação e dedicação.

À professora Ana Pombo por me ter orientado, não só durante o decorrer deste trabalho como também durante o meu percurso académico, e por me ter ajudado a encontrar este projeto.

À professora Susana Mendes pela preciosa ajuda com a estatística.

À Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar e a todos os docentes que me acompanharam.

Ao Centro de Maricultura da Calheta e a todos os que me ajudaram no decorrer das amostragens, mesmo quando se tornava impossível entrar no laboratório com o cheiro das douradas, neste sentido um especial obrigado Piedade, Rosário, Paula e Jo. Obrigada Emanuel, pela paciência e habilidade em montar o tubo que permitiu a realização das filmagens.

Ao diretor da MARISMAR, Pedro Diniz, e a todos os colaboradores por me fornecerem os organismos e permitirem filmar e “passear” nas jaulas. Um especial obrigado ao Zeca e ao Silvestre por todo o apoio e paciência.

Aos meus amigos, em especial àqueles que Peniche me deu, aos quais estou grata por tudo e muito mais.

Por fim, ao alicerce, à minha família, sem vocês nada disto teria sido possível.



## Resumo

*Sparus aurata* é uma espécie cultivada na Ilha da Madeira em jaulas *offshore* com bastante importância económica. Os plásticos são um problema mundial que afeta todos os ecossistemas e constituem a maioria de todo o lixo marinho, sendo os mais visíveis os meso- e macropásticos (0,5–2,5cm e >2,5cm, respetivamente). Contudo, existe falta de investigação do impacto destes materiais em espécies de cultivo. Como tal, este estudo visa a colmatar esta falta de informação ao realizar a monitorização destes plásticos na piscicultura MARISMAR, sediada na Calheta, Ilha da Madeira. A monitorização foi feita nas jaulas através de amostragens videográfica do exterior das redes e no *stock* de *S. aurata* através de amostragens visuais do trato gastrointestinal de indivíduos mortos recolhidos e de indivíduos capturados vivos. Adicionalmente realizou-se também a monitorização e recolha de plásticos em dois locais da costa (praias) próximos à piscicultura.

Verificou-se uma maior ocorrência de plástico no mês de Março nos três alvos da monitorização (jaulas, douradas e costa). A piscicultura possui um total de dez jaulas, tendo-se destacado duas que foram mais afetadas, tanto em termos de plástico nas redes da jaula como nas douradas provenientes destas. Ao comparar a frequência de plástico com os parâmetros climatéricos estudados (precipitação média da semana anterior, velocidade média diária do vento e coeficiente de maré diário), foi possível verificar uma associação entre a presença de plástico nas jaulas e a precipitação e coeficiente de maré, assim como entre a presença de plástico na costa e a precipitação e velocidade do vento. Os plásticos que mais afetaram as jaulas, as douradas em cultura e os locais da costa amostrados foram na sua maioria sacos de plástico e seus fragmentos, sendo estes um tipo de plástico amplamente utilizado em várias atividades (doméstica, pesca e aquacultura, agricultura, etc.).

**Palavras-chave:** jaulas, lixo marinho, ingestão de plástico, análise videográfica, poluição costeira



## **Abstract**

*Sparus aurata* is a cultivated species in Madeira Island in offshore cages with great economic importance. Plastics are a worldwide problem that affects every ecosystem and constitutes most of the existent marine litter, being the most visible ones the meso- and macroplastics (0,5-2,5 cm and >2,5 cm, respectively). However, there is a lack of investigation concerning the impacts of these materials in aquaculture species. Therefore, this study aims to address this lack of information by monitoring plastics in the offshore cages of MARISMAR, located in Calheta, Madeira Island. The monitoring was done in the cages through videographic analysis of the exterior of its nets and in the livestock of *S. aurata* through visual analysis of the gastrointestinal tract of dead collected individuals and live captured individuals. Moreover, monitoring as collection of plastics was also carried out at two coastal sites (beaches) near the fishfarm.

There was a higher occurrence of plastic in March in the three monitoring targets (cages, livestock and coast). The fishfarm has a total of ten cages, two of which were most affected, both in terms of plastics found on the cage's nets and in the livestock from these cages. When comparing the frequency of plastics with the weather parameters studied (average precipitation from the week before, daily average wind speed and tidal coefficient), it was possible to verify an association between the presence of plastics in the cages and the precipitation and tidal coefficient, as well as between the presence of plastic on the coastal sites and the precipitation and wind speed. The plastics that affected the most the cages, the livestock and the coastal sites were mostly plastic bags and its fragments, these being a type of plastic widely used in many activities (domestic, fishing and aquaculture, agriculture, etc.).

**Keywords:** sea cages, marine litter, plastic ingestion, videography, coastal pollution



## Índice

<b>1. Introdução</b> .....	1
<b>1.1. Aquacultura</b> .....	1
<b>1.2. Dourada</b> .....	3
<b>1.3. Plásticos</b> .....	4
<b>1.4. Contexto do Estudo e Objetivos</b> .....	8
<b>2. Capítulo I: Avaliação de plásticos no exterior das jaulas do estabelecimento de maricultura com base em análises videográficas</b> .....	9
<b>2.1. Materiais e Métodos</b> .....	9
2.1.1. Área e Período de Amostragem.....	9
2.1.2. Metodologia.....	9
<b>2.2. Resultados</b> .....	11
<b>2.3. Discussão</b> .....	16
<b>3. Capítulo II: Avaliação de macroplásticos no conteúdo gastrointestinal de espécimes <i>S. aurata</i></b> .....	19
<b>3.1. Materiais e Métodos</b> .....	19
3.1.1. Área e Período de Amostragem.....	19
3.1.2. Metodologia.....	19
<b>3.2. Resultados</b> .....	20
<b>3.3. Discussão</b> .....	26
<b>4. Capítulo III: Avaliação de macroplásticos na costa em dois locais próximos da piscicultura</b> .....	29
<b>4.1. Materiais e Métodos</b> .....	29
4.1.1. Área e Período de Amostragem.....	29
4.1.2. Metodologia.....	29
4.1.3. Análise Estatística .....	30
<b>4.2. Resultados</b> .....	31
<b>4.3. Discussão</b> .....	39
<b>5. Discussão Final e Conclusão</b> .....	43
<b>6. Referências Bibliográficas</b> .....	47
<b>Anexos</b> .....	53



## Índice de Figuras

<b>Figura 1.1.</b> Localização das jaulas de cultura da empresa MARISMAR sediada na costa Sudoeste da Ilha da Madeira (a: mapa da Ilha da Madeira; b: mapa da zona da Calheta e Arco da Calheta e local onde se encontram as jaulas; c: limites da piscicultura; d: organização numérica e disposição das jaulas).....	1
<b>Figura 1.2.</b> Jaulas de cultura da empresa MARISMAR a) fotografadas a partir da costa (Arco da Calheta) e b) fotografadas na estrutura da jaula 5 com vista para a costa da Calheta.....	3
<b>Figura 1.3.</b> <i>Sparus aurata</i> : a) fotografia de um espécime (©Robert Patzner - Russel <i>et al.</i> 2014) e b) distribuição natural da espécie (FAO, 2005).....	4
<b>Figura 2.1.</b> Fotografia do tubo extensível e câmara.....	9
<b>Figura 2.2.</b> Esquema das jaulas do estabelecimento de cultura da Calheta, sujeitas à análise videográfica (5 a 10), com os pontos cardeais onde foi filmada a jaula em profundidade.....	10
<b>Figura 2.3.</b> Percentagens de ocorrência de categorias de plásticos (com valor bruto em rótulo de dados) em cada jaula do estabelecimento de cultura da Calheta.....	13
<b>Figura 2.4.</b> Percentagem de ocorrência de plásticos, de acordo com a sua origem/causa, na totalidade da amostragem realizada no estabelecimento de cultura da Calheta.....	13
<b>Figura 2.5.</b> Percentagens de plásticos nos quadrantes (com valor bruto em rótulo de dados) de cada jaula do estabelecimento de cultura da Calheta.....	14
<b>Figura 2.6.</b> Percentagens das direções de correntes marítimas observadas no local da piscicultura.....	14
<b>Figura 2.7.</b> Esquema das principais direções de correntes no local da piscicultura e das localizações (jaula e quadrante) dos plásticos filmados.....	15
<b>Figura 3.1.</b> Fotografia de peixes mortos (demasiadamente degradados para se realizar amostragem gastrointestinal) capturados na jaula 4 do estabelecimento de cultura da Calheta.....	19
<b>Figura 3.2.</b> Percentagem, por mês, de indivíduos com plástico na totalidade dos indivíduos amostrados que se encontravam mortos nas jaulas do estabelecimento de cultura da Calheta.....	21
<b>Figura 3.3.</b> Fator de condição dos indivíduos mortos com e sem plástico e dos indivíduos capturados vivos (amostrados mensalmente) das jaulas 4, 5, 6 e 9 do estabelecimento de cultura da Calheta.....	22

<b>Figura 3.4.</b> Percentagem das categorias de plásticos (com valor em rótulo de dados) encontradas nos peixes das diferentes jaulas do estabelecimento de cultura da Calheta.....	23
<b>Figura 4.1.</b> Mapa da costa da Calheta, com as localizações de ambos os locais onde foi realizada a amostragem da costa (Local A e Local B) e da maricultura da Calheta (Jaulas MARISMAR).....	29
<b>Figura 4.2.</b> Percentagens totais dos plásticos encontrados no Local A (a) e no Local B (b).....	32
<b>Figura 4.3.</b> Densidade de plástico (itens/m <sup>2</sup> ) em cada amostragem realizada.....	33
<b>Figura 4.4.</b> Densidade média de plástico (itens/m <sup>2</sup> ) em cada local (A e B) durante os meses de amostragem (Março, Abril e Maio).....	33
<b>Figura 4.5.</b> Análise de componentes principais (ACP) nos parâmetros climatéricos e categorias de plástico encontradas no Local A. Cada vetor a negrito representa um dos parâmetros estudados (Prec – Precipitação média da semana anterior; CoefM – Coeficiente de Maré; VmV – Velocidade média diária de Vento) e os restantes vetores representam as diferentes categorias OSPAR. As observações a cor-de-rosa representam o mês de Março, a azul o mês de Abril e a verde o mês de Maio.....	36
<b>Figura 4.6.</b> Análise de componentes principais (ACP) nos parâmetros climatéricos e categorias de plástico encontradas no Local B. Cada vetor a negrito representa um dos parâmetros estudados (Prec – Precipitação média da semana anterior; CoefM – Coeficiente de Maré; VmV – Velocidade média diária de Vento) e os restantes vetores representam as diferentes categorias OSPAR. As observações a cor-de-rosa representam o mês de Março, a azul o mês de Abril e a verde o mês de Maio.....	38

## Índice da Tabelas

<b>Tabela 2.1.</b> Frequências, por jaula, do total de filmagens, de filmagens com plástico e de número de plásticos identificados.....	12
<b>Tabela 2.2.</b> Valores de p-value dos testes exatos de independência do qui-quadrado realizados (nível de significância de 0,05).....	15
<b>Tabela 3.1.</b> Frequências, por jaula, dos peixes mortos amostrados e dos peixes mortos em que foram observados plásticos.....	22
<b>Tabela 3.2.</b> Identificação e características dos plásticos encontrados nas douradas mortas e dados morfométricos das mesmas.....	25
<b>Tabela 4.1.</b> Resultados da correlação de Pearson entre os parâmetros analisados (r - coeficiente de correlação; n.s. - correlação não significativa) para os locais A e B.....	35



## **Lista de Siglas**

**RAM:** Região Autónoma da Madeira

**GES:** Good Environmental Status

**OSPAR:** comissão, originada a partir das anteriores convenções de Oslo e Paris (OS+PAR), para a proteção do ambiente marinho do Atlântico Nordeste

**CMC:** Centro de Maricultura da Calheta

**EAS:** European Aquaculture Society

**WAS:** World Aquaculture Society

**IPMA:** Instituto Português do Mar e da Atmosfera

**Prec:** Precipitação média da semana anterior

**VmV:** Velocidade Média diária do Vento

**CoefM:** Coeficiente de maré

**N:** Norte

**E:** Este

**S:** Sul

**O:** Oeste

**SO:** Sudoeste

**NE:** Nordeste

**NO:** Noroeste

**SE:** Sudeste

**UNEP:** United Nations Environment Programme

**ACP:** Análise de Componentes Principais

**IFCN:** Instituto de Florestas e Conservação da Natureza



# **1. Introdução**

## **1.1. Aquacultura**

A população mundial tornou-se dependente da pesca e da aquacultura de forma a satisfazer as necessidades de proteína, promover a saúde, reduzir a fome e a pobreza. A produção global de peixe tem vindo a aumentar nos últimos 50 anos e a aquacultura tornou-se um dos setores alimentares com maior crescimento, fornecendo quase metade de todo o peixe que é consumido (FAO, 2014). Esta atividade é bastante diversificada, abrangendo uma vasta gama de espécies, sistemas e práticas, sendo que a sua expansão económica contribuiu para a criação de emprego, para uma utilização mais eficiente dos recursos locais e para o aumento de oportunidades de investimento no sector produtivo (Branco, 2003).

Entre os vários tipos de aquacultura distingue-se a maricultura que é, como o nome sugere, a prática de cultura de organismos marinhos, realizada com vários sistemas de produção no mar, sendo das práticas mais utilizadas. Em 2016, a produção mundial de maricultura atingiu 28,7 milhões de toneladas, sendo que 6,6 milhões de toneladas corresponderam à produção de peixe (FAO, 2018). Os estabelecimentos de cultura de mar em jaulas flutuantes e a possibilidade de utilização de novas tecnologias para a exploração aquícola em mar aberto estão a contribuir para aliviar alguma pressão exercida nas zonas tradicionais de produção, mais próximas da costa (Andrade & Gouveia, 2008), em que a aquacultura concorre com outras atividades económicas pelo espaço disponível, estando assim também menos sujeita ao impacto ambiental dessas atividades (DGRM, 2014)

Em Portugal continental, as zonas mais favoráveis para esta prática de aquacultura são a costa Sul e as baías abrigadas, uma vez que as condições marítimas não são suficientemente favoráveis durante os meses de inverno nas restantes zonas da costa, nomeadamente a diminuição de temperaturas no centro/norte do país determinam um crescimento mais lento de algumas das espécies piscícolas com elevado interesse comercial e, por conseguinte, um ciclo de produção mais longo (DGRM, 2014).

A maricultura na Região Autónoma da Madeira (RAM) é caracterizada pelo uso de jaulas flutuantes em mar aberto para a produção intensiva de peixes. Este sistema de cultura é o que melhor se adapta às condições físicas e ambientais locais, considerando a falta de

espaço apropriado na zona terrestre e as características do mar, com águas de baixa produtividade (oligotróficas) e temperaturas médias de inverno acima dos 17°C que são significativamente superiores às da Europa continental (Andrade 1996; Torres & Andrade, 2010), permitindo o crescimento mais rápido dos peixes cultivados com a realização do ciclo de engorda cerca de 2 a 4 meses inferiores aos da costa atlântica da Europa (DGRM, 2014; DGRM, 2016).

O estabelecimento de aquacultura da empresa MARISMAR, sediada na costa Sudoeste da Ilha da Madeira, realiza cultura de *Sparus aurata* (Linnaeus 1758) em jaulas situadas a aproximadamente 880m da costa do Arco da Calheta (fig. 1.1 e fig. 1.2.).

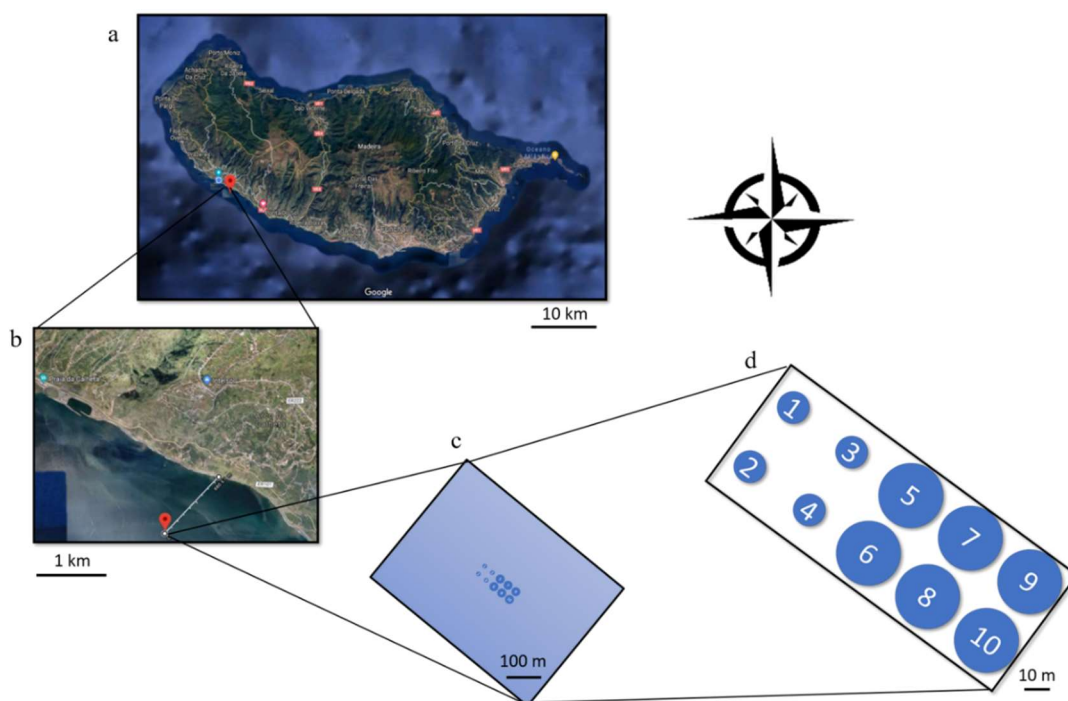


Figura 1.1. Localização das jaulas de cultura da empresa MARISMAR sediada na costa Sudoeste da Ilha da Madeira (a: mapa da Ilha da Madeira; b: mapa da zona da Calheta e Arco da Calheta e local onde se encontram as jaulas; c: limites da piscicultura; d: organização numérica e disposição das jaulas)

O limite da piscicultura abrange uma área aproximada de 250 000 m<sup>2</sup> e as jaulas estão dispostas em duas linhas paralelas à costa. A empresa possui atualmente 10 jaulas de mar, sendo que 4 dessas jaulas têm 12,7 m de diâmetro e as restantes 6 têm 25,5 m de diâmetro (fig. 1.1).

A profundidade das jaulas depende da rede usada que, por sua vez varia com as densidades de stock utilizadas e com o tamanho médio dos peixes, sendo que a profundidade

mínima usada é de 3 m e a máxima de 12 m. Contudo, a profundidade do fundo oceânico da área de cultura concessionada varia entre 30 a 70 m de profundidade, sendo que a zona por debaixo das jaulas tem uma profundidade de 35 a 40 m.

a)



b)



Figura 1.2. Jaulas de cultura da empresa MARISMAR a) fotografadas a partir da costa (Arco da Calheta) e b) fotografadas na estrutura da jaula 5 com vista para a costa da Calheta

## 1.2. Dourada

*Sparus aurata* (Linnaeus 1758), de nome comum Dourada ou, em inglês, “Gilthead Seabream”, é um peixe perciforme, pertencendo à família Sparidae (Moretti *et al.*, 1999). É uma das principais espécies marinhas produzidas em Portugal, sendo que a maioria da produção se realiza em regime semi-intensivo e intensivo, e aproximadamente 98% de toda a produção se destina ao mercado nacional (INE, 2018). Esta é uma espécie bastante adequada para a aquacultura no Mediterrâneo devido ao seu preço de mercado favorável, alta taxa de sobrevivência e hábitos alimentares (FAO, 2005).

A Dourada (fig. 1.3.a) é caracterizada por apresentar uma faixa frontal dourada entre olhos delimitados por duas áreas escuras, um corpo oval e comprimido, coloração cinza-prateada e uma grande mancha preta na origem da linha lateral (Fischer *et al.*, 1987; Palma, 1994). É encontrada naturalmente no Mar Mediterrâneo e presente ao longo do Atlântico Este, desde a Inglaterra até ao Senegal (FAO, 2005; Moretti *et al.*, 1999).

a)



b)

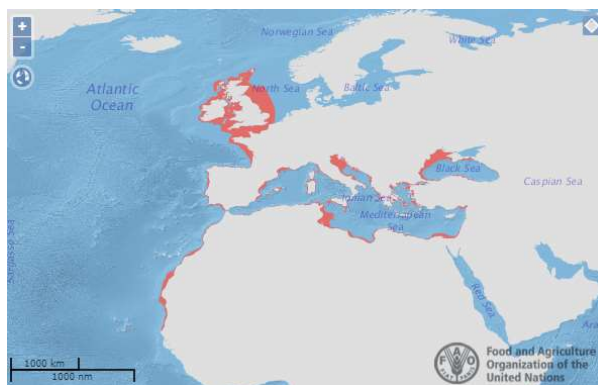


Figura 1.3. *Sparus aurata*: a) fotografia de um espécime (©Robert Patzner - Russel *et al.* 2014) e b) distribuição natural da espécie (FAO, 2005)

Segundo a FAO (2005), os juvenis desta espécie mantêm-se em áreas relativamente rasas (até aos 30 m), enquanto que os adultos podem ser encontrados em profundidades maiores, mas geralmente a não mais de 50 m. A dourada é um peixe euritérmico que é bastante sensível a baixas temperaturas, não se alimentando se a temperatura ambiente descer até aos 12-13°C e morrendo abaixo dos 5-7°C. Contudo, consegue aguentar elevadas temperaturas, crescendo mais depressa a temperaturas na ordem dos 25-26°C e sobrevivendo até 32-33°C. Em relação à sua natureza eurialina, esta espécie é capaz de viver em salinidades entre os 3 e 70 (Ortega, 2008; Sola *et al.*, 2014).

Em sistemas intensivos, a engorda pode ser realizada em instalações em terra ou em jaulas no mar. A engorda em jaulas no mar é simples e economicamente viável, sendo o sistema mais frequentemente usado na bacia do Mediterrâneo devido às condições do mar favoráveis. Apesar de as densidades de cultivo (entre os 10 a 15 kg/m<sup>3</sup>) serem mais baixas do que nos tanques em terra, existem grandes vantagens que fazem da cultura em jaulas a opção mais lucrativa como, por exemplo, a inexistência de gastos de energia para bombeamento, arejamento ou tratamento de água após cada ciclo de cultura (FAO, 2005). A engorda realiza-se até ser atingido o peso comercial, que no caso da dourada ronda os 350 g (Santinha, 1998).

### 1.3. Plásticos

O lixo marinho é reconhecido como um problema ambiental e está incluído nas diretivas internacionais para preservação e manutenção do "bom estado ambiental" (good environmental status - GES). A Diretiva Quadro da Estratégia Marinha (MSFD 2008/56/EC)

inclui 11 descritores qualitativos de como os países devem chegar ou manter a GES até 2020. O descritor 10 é especificamente focado no lixo marinho, do qual os plásticos são o maior contribuidor e o mais discutido (Bråte *et al.*, 2017).

A produção de plásticos tem vindo a aumentar drasticamente em todo o mundo durante os últimos 60 anos, passando de 0,5 milhões de toneladas produzidas em 1960 para quase 300 milhões de toneladas em 2013, e continuando a subir para 348 milhões de toneladas em 2017. A Europa está no topo dos maiores produtores com 18,5% da produção total, correspondendo a 64,4 milhões de toneladas produzidas em 2017, logo abaixo da China que produziu 29,4% da produção total (PlasticsEurope, 2015; PlasticsEurope, 2018).

Os plásticos são polímeros orgânicos sintéticos, que existem há pouco mais de um século (Gorman, 1993). A versatilidade destes materiais tem levado a um grande aumento do seu uso e têm rapidamente se tornado parte de todos os aspetos da vida quotidiana (Hansen, 1990; Laist 1987). Os plásticos são leves, fortes, duradouros e baratos (Laist, 1987), características estas que os tornam ideias para a manufatura de uma grande variedade de produtos. Estas mesmas características são também a razão pela qual os plásticos são um sério perigo para o ambiente (Pruter, 1987; Laist 1987), especialmente quando não são devidamente descartados ou reciclados. Aproximadamente 60 a 80% do lixo do mundo é plástico (Derraik, 2002), e quase 10% da produção anual acaba nos oceanos, onde a degradação dos objetos plásticos pode levar várias centenas de anos. Existem várias formas de o lixo entrar no ambiente marinho, incluindo rios, sistemas de drenagem ou esgotos, e vento, e assim que o lixo chega ao vasto ambiente marinho a sua durabilidade permite que este persista, tornado muito difícil a sua remoção do ambiente (Barnes *et al.*, 2009).

A dispersão e o comportamento dos plásticos no ambiente marinho podem ser influenciados pelas características e propriedades dos próprios plásticos e pelas condições ambientais a que estão sujeitos (Bråte *et al.*, 2017). Os detritos plásticos flutuantes são transportados em águas superficiais por ventos e correntes oceânicas, podendo permanecer suspensos na coluna de água (zona pelágica) por um longo tempo até afundarem no fundo do mar ou serem depositados na costa. Com o tempo, o lixo flutuante vai-se degradando quando exposto a condições ambientais, como a água do mar, a radiação solar e a ação das ondas (Andrady, 2011). O impacto dos plásticos no ambiente marinho tem sido objeto de

debates ambientais (Cole *et al.*, 2011). Devido à sua fluutuabilidade grande parte dos fragmentos de plástico têm vindo a dispersar-se através de longas distâncias nos oceanos, e quando finalmente se estabelecem nos sedimentos podem persistir por séculos (Hansen, 1990; Ryan, 1987; Goldberg, 1997).

As amostragens de plásticos e campanhas de limpeza de costa realizadas têm sido focadas principalmente nos macroplásticos encontrados em praias (Li *et al.*, 2016). De forma a avaliar e identificar de forma padronizada o lixo marinho e as tendências temporais da ocorrência deste, a OSPAR (comissão, originada a partir das anteriores convenções de Oslo e Paris - OS+PAR -, para a proteção do ambiente marinho do Atlântico Nordeste) desenvolveu um protocolo de amostragem costeira que tem sido usado desde 2001 (OSPAR, 2010)

Na década de 60 as implicações dos macroplásticos no ambiente já eram discutidas entre a comunidade científica (Harper & Fowler, 1987). Contudo, Fergusson (1974), um membro do Council of the British Plastics Federation e do Plastics Institute, declarou que "o lixo plástico apresenta uma pequena parte de todo o lixo e não causa danos ao ambiente". Os seus comentários demonstram não só como os potenciais efeitos nefastos dos plásticos no ambiente foram negligenciados, mas também como até a indústria dos plásticos falhou em prever o grande nível de produção e uso que os plásticos viriam a ter. Apenas na última década os plásticos começaram a receber uma atenção acrescida por parte da comunidade científica, organizações internacionais, governos e meios de comunicação social. Este aumento de interesse tem sido principalmente devido às preocupações relacionadas com o ambiente e os efeitos na saúde humana (UNEP, 2016)

Os efeitos mais reconhecidos incluem a perda de perceção estética e valor ambiental, repercussões económicas no turismo e em várias indústrias relacionadas com o mar (como a pesca, produção de energia e aquacultura), e preocupações biológicas significativas relacionadas com o dano e morte de aves marinhas, mamíferos, peixes e reptéis (Moore, 2008; Gregory, 2009; Lozano & Mouat, 2009; Lusher, 2015). Os impactos dos macroplásticos na biota têm tido mais atenção, uma vez que são mais prontamente retratados pelos média. O emaranhamento em artes de pesca ou produtos domésticos apresenta um

problema bastante visível, seguido pelos impactos da ingestão de plásticos por animais marinhos.

Uma das formas mais comuns e práticas de distinguir os diferentes itens plásticos, para além da categorização qualitativa do tipo de plástico e sua origem, é o seu tamanho. Contudo, ao longo do tempo tem havido discrepâncias na classe de tamanho associada a cada nomenclatura. Esta falta de consenso, juntamente com as dificuldades práticas de amostragem e medição em campo, tem levado à adoção do termo "microplástico" como uma palavra genérica para todos os pedaços de plástico. A nomenclatura dos tamanhos dos plásticos foi discutida no primeiro workshop internacional sobre a ocorrência, efeitos e destino dos microplásticos em 2008 (Arthur *et al.*, 2009). A escolha de os plásticos com menos de 0,5 cm serem considerados microplásticos baseou-se na premissa de que incluiria uma grande gama de partículas que poderia facilmente ser ingerida pela biota (GESAMP, 2015). Os itens com tamanhos compreendidos entre 0,5 cm e 2,5 cm são considerados mesoplásticos e os superiores a 2,5 cm designam-se macroplásticos (Galgani *et al.*, 2013).

Os estabelecimentos de aquacultura flutuantes, para além de sujeitos aos plásticos marinhos transportados por correntes marítimas, poderão também ser uma possível fonte de lixo plástico nocivo aos peixes em cultura devido à natureza plástica dos diversos materiais que constituem as jaulas e redes e ao uso de rações compostas ensacadas. A exposição solar e outros fenómenos climatéricos, como a ação das ondas, pode originar a degradação dos plásticos das infraestruturas piscícolas, resultando em fragmentos facilmente ingeridos pelos peixes. Práticas de manutenção como a lavagem de redes e remoção de espécies incrustantes também podem acelerar a degradação dos plásticos usados (GESAMP, 2016).

Na última década têm sido numerosos os estudos documentando a ingestão de plásticos por espécies marinhas como tartarugas (Bentivegna *et al.*, 2013), aves (Van Franeker *et al.*, 2011) cetáceos (Simmonds, 2012) e peixes (Romeu *et al.* 2015; Wiczorek, 2018), sendo que a maioria dos estudo de ingestão de plástico se foca nos impactos no ecossistema. Contudo, existe uma lacuna na investigação dos impactos dos plásticos, nomeadamente, macroplásticos, em espécies comerciais e de cultivo. A ingestão dos plásticos pode não só causar a morte imediata dos peixes devido a possíveis danos ou o bloqueio do trato intestinal, como também reduzir a ingestão de alimento (Carpenter *et al.*, 1972), levando a que os

indivíduos não cresçam e, no caso de espécies de cultivo, a possíveis prejuízos para as empresas.

#### **1.4. Contexto do Estudo e Objetivos**

O surgimento deste estudo foi despoletado pela empresa MARISMAR que, após verificar presença de lixo plástico alheio nas suas infraestruturas de mar e no stock de *S. aurata*, tomou interesse no aprofundamento desta temática e dos possíveis impactos para a aquacultura, aliando-se ao Centro de Maricultura da Calheta (CMC), que lançou o desafio da monitorização de plásticos nas pisciculturas da Madeira. Esta infraestrutura foi estabelecida pela Direção Regional de Pescas do Governo Regional da Madeira e inaugurada em 2000 tendo em vista apoiar o desenvolvimento de uma indústria de aquacultura marinha na RAM (Andrade, 2016). Os resultados preliminares observados pela empresa foram apresentados em Agosto de 2018 na conferência AQUA 2018 (Andrade *et al.*, 2018), organizada pela European Aquaculture Society (EAS) e World Aquaculture Society (WAS).

Com este estudo pretendeu-se fazer uma monitorização do lixo plástico visível a olho nu, mais especificamente de meso e macrolásticos, que afetam as instalações de jaulas flutuantes da empresa MARISMAR, no conselho da Calheta, Ilha da Madeira. Para tal, foram analisadas regularmente as jaulas da piscicultura, através de amostragens videográficas das redes de cultura, de forma a quantificar e qualificar os plásticos que chegam às infraestruturas de mar. Foi também feita uma análise ao trato gastrointestinal do stock de *S. aurata* (indivíduos mortos nas jaulas e indivíduos capturados vivos) para avaliar, dos plásticos que chegam às jaulas, quais aqueles que afetam de facto o stock. Para obter um panorama da presença de plásticos na costa, foram feitas recolhas semanais em dois locais costeiros, próximos à piscicultura e de fácil acesso. As condições climatéricas locais (velocidade e direção do vento, direção das correntes marítimas, precipitação e coeficiente de maré) foram analisadas de modo a averiguar a sua influência na ocorrência dos plásticos. O presente estudo foi dividido em capítulos de acordo com as diferentes áreas de monitorização e metodologias aplicadas.

## 2. Capítulo I: Avaliação de plásticos no exterior das jaulas do estabelecimento de maricultura com base em análises videográficas

### 2.1. Materiais e Métodos

#### 2.1.1. Área e Período de Amostragem

A amostragem dos plásticos na zona exterior das redes das jaulas de mar foi realizada por meio de filmagens subaquáticas. Esta análise decorreu durante o período de 8 de Janeiro de 2019 a 30 de maio de 2019. A amostragem foi realizada duas vezes por semana, contudo tal nem sempre foi possível devido às condições climáticas desfavoráveis para embarcar e a questões de logística (de modo a não constranger os trabalhos dos colaboradores da empresa), o que resultou na inconsistência das amostragens em cada jaula. No total, foram realizados 27 dias de amostragem e por uma questão de gestão de tempo e logística do barco, apenas as jaulas maiores (5 a 10) foram filmadas.

#### 2.1.2. Metodologia

As filmagens foram feitas com uma câmara GoPro Hero 7 (1080 SuperView, 60/50fps, 1920x1080, 16:9) colocada no topo de um tubo telescópico (extensível até 5 m), permitindo a análise visual do exterior das redes das jaulas sem necessidade de mergulho (fig. 2.1.). Estudos anteriores usaram câmaras para filmar lixo marinho sem a necessidade de recorrer ao mergulho, nomeadamente Lundqvist (2013) que usou uma GoPro Hero 1080 para detetar lixo marinho em transectos realizados no fundo oceânico (<20 m).

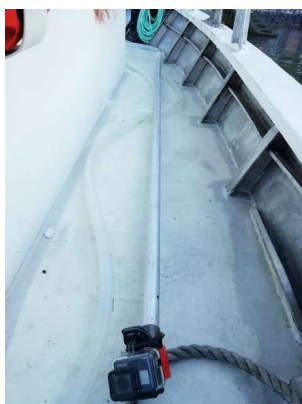


Figura 2.1. Fotografia do tubo extensível e câmara

Em cada deslocação ao local realizaram-se filmagens em pelo menos 3 jaulas, sendo que em cada uma se filmou todo o perímetro da zona mais superficial das redes e, adicionalmente em profundidade em 4 zonas específicas em cada jaula: Norte (N), Este (E), Sul (S) e Oeste (O) (fig. 2.2.), não tendo sido possível filmar toda a profundidade da rede da jaula de cultura (10 m profundidade) nestes 4 pontos devido ao limite de comprimento do tubo. Para aumentar o campo de visualização ao filmar todo o perímetro da rede das jaulas, o ângulo da câmara foi ajustado ligeiramente para baixo, permitindo filmar não só a superfície como também alguma profundidade, dependendo da visibilidade em cada dia, sendo que em dias com boa visibilidade era possível ver toda a extensão da rede com clareza. Cada filmagem, realizada em passo regular em redor da jaula, teve uma duração aproximada de 6 minutos.

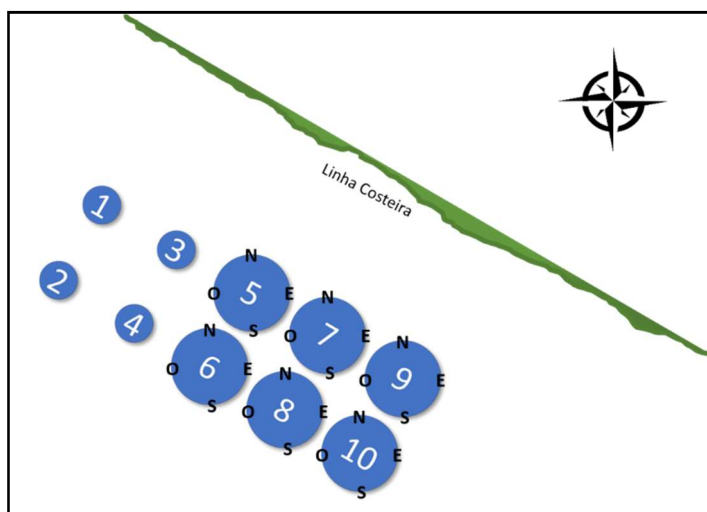


Figura 2.2. Esquema das jaulas do estabelecimento de cultura da Calheta, sujeitas à análise videográfica (5 a 10), com os pontos cardeais onde foi filmada a jaula em profundidade

Posteriormente foram analisados os vídeos resultantes e capturadas imagens dos plásticos filmados (ver Anexo 1) de forma a verificar as suas características, tendo sido classificados de acordo com as categorias utilizadas pela OSPAR para monitorização de lixo na costa (OSPAR, 2010). Foi também anotada a localização do plástico em termos de número de jaula e quadrante.

Dos vídeos realizados foram também extraídos os dados das direções das correntes oceânicas locais. Os valores de precipitação (Prec.) e velocidade média do vento (VmV) foram fornecidos pelo IPMA que possui estações meteorológicas terrestres ao longo de toda

a ilha, embora nem todas as estações tenham equipamentos de monitorização dos dois parâmetros referidos. Para a precipitação selecionou-se a estação de Bica de Cana por ser a mais próxima da bacia hidrográfica das ribeiras da calheta e foi calculada a precipitação média da semana anterior (7 dias). Para o vento foi selecionada a estação de Lugar de Baixo por ser a estação costeira mais próxima do local de estudo (Arco da Calheta, Calheta). Os valores do coeficiente de marés (CoefM) foram fornecidos pelo site de previsões [www.tabuademares.com](http://www.tabuademares.com).

Foi analisada a dependência das variáveis em estudo (frequência de plásticos, jaula, quadrante, categorias de plástico, direção das correntes, média de precipitação da semana anterior, velocidade média do vento e coeficiente de maré), realizando-se o teste exato de independência do qui-quadrado (teste de Fisher), uma vez que o tamanho da amostra é reduzido. Este teste é realizado para obter resultados precisos quando os conjuntos de dados não cumprem os requisitos necessários para a obtenção de resultados fiáveis usando os métodos assintóticos habituais (Chernick & Lin, 2001; Engels, 2009). Esta análise foi realizada recorrendo ao software IBM SPSS 26.

## **2.2. Resultados**

A amostragem decorreu num período de 22 semanas, sendo que no total se realizaram 27 dias de amostragem, em que em 8 dias foram observados plásticos nas jaulas. A frequência de plásticos por filmagem foi superior no mês de Março (25%), seguindo-se Janeiro (20%) e Fevereiro (6,3%), sendo que nos meses de Abril e Maio não foram encontrados plásticos.

A frequência de filmagens em cada jaula variou (tab. 2.1.), sendo que a jaula mais filmada foi a 6 (23 filmagens) e a menos filmada a 7 (7 filmagens). Esta disparidade de número de filmagens por jaula deveu-se em grande parte à logística do barco, uma vez que as saídas às jaulas eram realizadas com o barco da empresa e as filmagens feitas durante a alimentação dos peixes em cada jaula. Através da tabela 2.1. é também possível verificar que na jaula 5 não foram encontrados plásticos. Na jaula 6 verificou-se a maior quantidade, em que foram observados 6 itens (26,09% de filmagens com plástico na totalidade das filmagens nesta jaula), correspondendo a 21,74% de plásticos encontrados desta jaula, tendo sido este o único caso em que, numa filmagem, se observou mais do que um plástico (19 de

março). Na jaula 9 foram observados 3 plásticos (14,29%) e nas jaulas 7, 8 e 10 encontrou-se 1 plástico em cada (14,29%, 6,67% e 5,88%, respectivamente). Resultando assim num total de 12 plásticos filmados junto ao exterior das redes das jaulas. Da totalidade dos plásticos encontrados, verifica-se que 50% foram encontrados na jaula 6, 25% foram encontrados na jaula 9 e nas jaulas 7, 8 e 9 foram encontrados 8,33% em cada.

Tabela 2.1. Frequências, por jaula, do total de filmagens, de filmagens com plástico e de número de plásticos identificados.

<b>Jaulas</b>	<b>Filmagens (Amostragens) (n)</b>	<b>Filmagens com Plástico (n)</b>	<b>Filmagens com Plástico (%)</b>	<b>Plásticos (n)</b>	<b>Plásticos (%)</b>	<b>Plásticos/Totalidade de Plásticos (%)</b>
<b>5</b>	<b>20</b>	0	0,00	0	0,00	0,00
<b>6</b>	<b>23</b>	5	21,74	6	26,09	50,00
<b>7</b>	<b>7</b>	1	14,29	1	14,29	8,33
<b>8</b>	<b>15</b>	1	6,67	1	6,67	8,33
<b>9</b>	<b>21</b>	3	14,29	3	14,29	25,00
<b>10</b>	<b>17</b>	1	5,88	1	5,88	8,33
<b>TOTAL</b>	<b>103</b>	<b>11</b>	<b>10,68</b>	<b>12</b>	<b>11,65</b>	<b>100,00</b>

Foram encontrados plásticos das seguintes categorias, de acordo com a OSPAR:

- saco de plástico (OSPAR2);
- saco de plástico pequeno (OSPAR3);
- cápsulas/argolas de tampas (OSPAR15);
- corda e cordel <1 cm (OSPAR32);
- bocados de plástico 2,5-50 cm (OSPAR46);
- outros-peça da parte superior das jaulas (OSPAR48).

Através da figura 2.3. é possível verificar que a categoria OSPAR2 foi a mais observada (7 itens no total das jaulas), tendo aparecido nas jaulas 6, 8 e 9. As restantes categorias apareceram apenas uma vez.

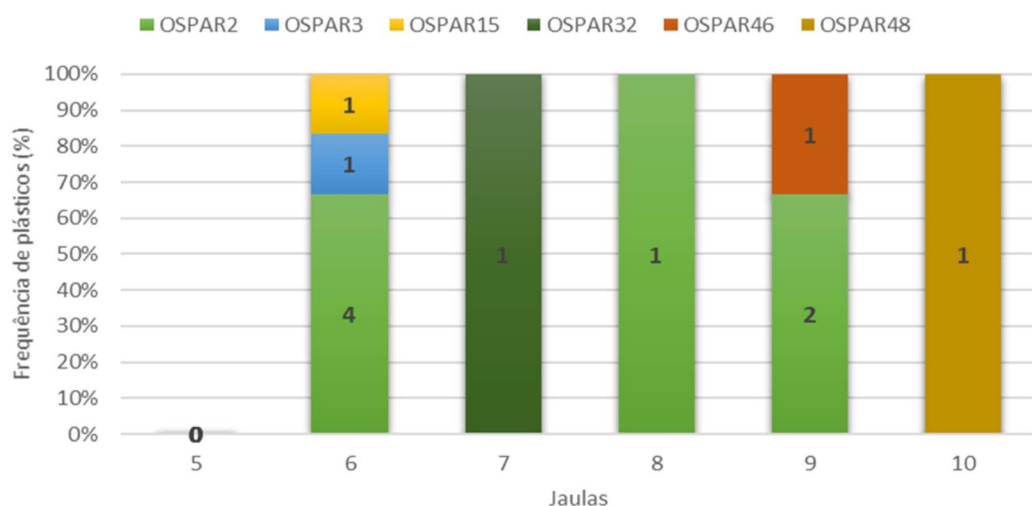


Figura 2.3. Percentagens de ocorrência de categorias de plásticos (com valor bruto em rótulo de dados) em cada jaula do estabelecimento de cultura da Calheta

Como a categoria OSPAR3 é muito similar à OSPAR2, uma vez que são ambas categorias de sacos, pode-se considerar que 66,67% dos plásticos encontrados no total das jaulas foram sacos (fig. 2.4.). Seguindo-se os itens com origem em atividades de pesca e aquicultura (OSPAR32 + OSPAR48 – 16,67%), fragmentos de plástico (OSPAR46 – 8,33%) e uso único (OSPAR15 – 8,33%).

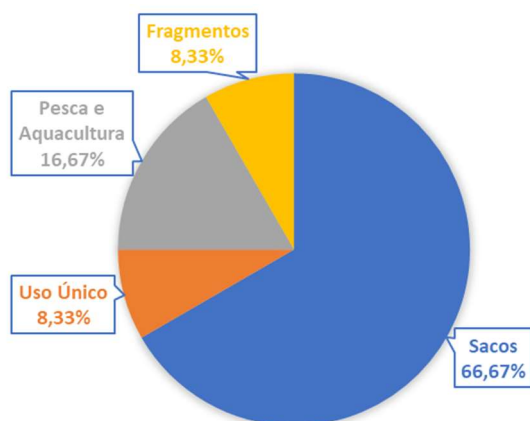


Figura 2.4. Percentagem de ocorrência de plásticos, de acordo com a sua origem/causa, na totalidade da amostragem realizada no estabelecimento de cultura da Calheta

Em relação à localização dos plásticos em cada jaula (fig. 2.5.), nos pontos cardeais principais (N, E, S, O), onde a rede foi filmada em profundidade, não foram observados plásticos. Todos os plásticos foram observados nas zonas intermédias (quadrantes), sendo que o maior número foi verificado em Sudoeste (SO) e Nordeste (NE), com 4 plásticos em

cada, seguindo-se os quadrantes Noroeste (NO) e Sudeste (SE), com 2 plásticos em cada. Verifica-se a maior presença de plásticos na jaula 6, com 4 no quadrante SO e 1 nos quadrantes SE e NO. Seguindo-se a jaula 9, com 2 plásticos no quadrante NE e 1 no SE. Nas jaulas 7 e 10 apenas foi observado um plástico em cada, ambos no quadrante NE. Na jaula 8 também se observou apenas 1 plástico, no quadrante NO.

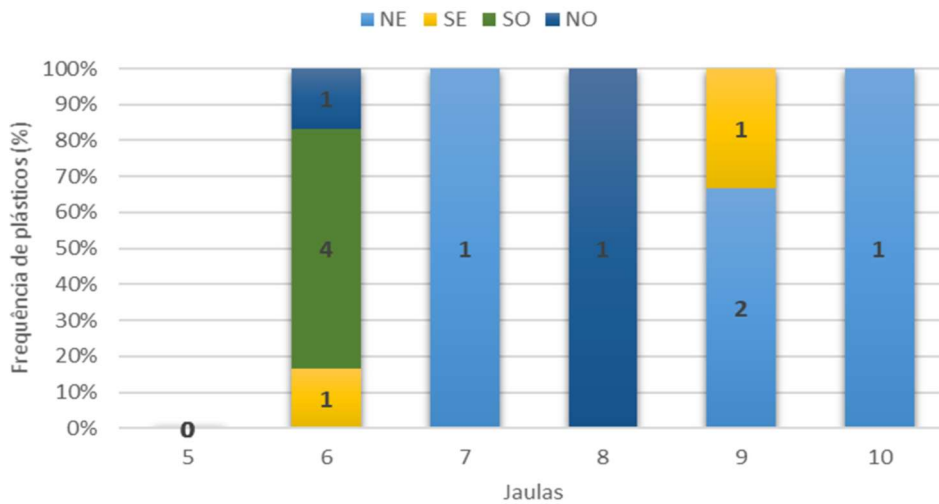


Figura 2.5. Percentagens de plásticos nos quadrantes (com valor bruto em rótulo de dados) de cada jaula do estabelecimento de cultura da Calheta

A análise das correntes marítimas no local da piscicultura (fig. 2.6.) revelou que as direções maioritárias são de sentido SE (51,85%) e NO (37,04%), seguindo-se NE (7,41%) e E (3,70%).

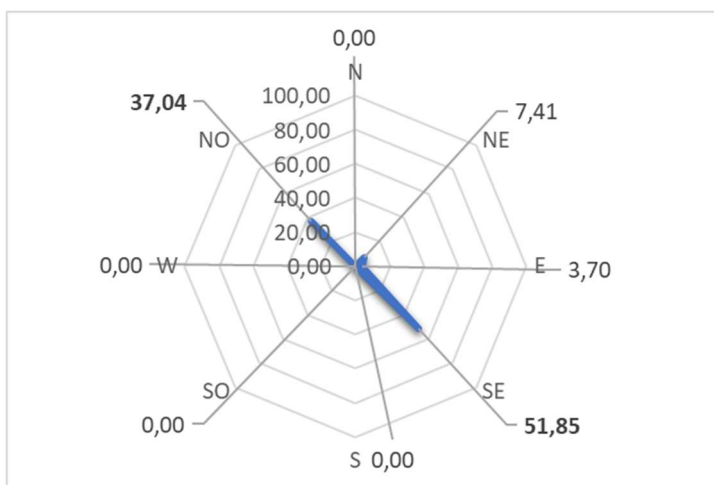


Figura 2.6. Percentagens das direções de correntes marítimas observadas no local da piscicultura

Quando comparados estes dados com a localização dos plásticos nas jaulas, parece haver uma relação entre as direções das correntes marítimas e a presença de plásticos, uma vez que a maioria foi encontrada nos quadrantes SO e NE, zonas estas que são paralelas às principais correntes e, portanto, devido ao maior volume de água filtrado pelas redes nessas direções, serão mais propicias a serem afetadas por ambas (fig. 2.7.).

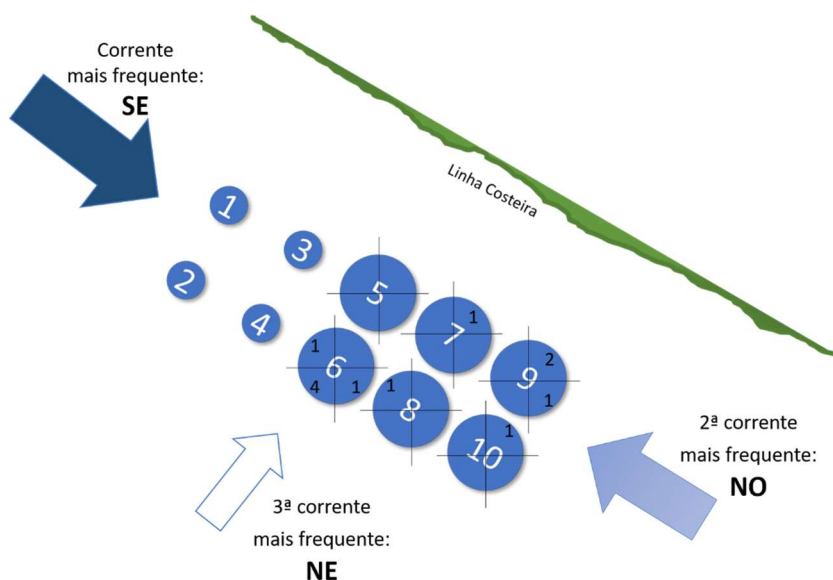


Figura 2.7. Esquema das principais direções de correntes no local da piscicultura e das localizações (jaula e quadrante) dos plásticos filmados

Através da realização de testes exatos de independência do qui-quadrado, verificou-se que dos conjuntos de variáveis analisadas apenas a frequência de plásticos mostrou dependência da precipitação média da semana anterior e do coeficiente de maré (com nível de confiança de 95%), o que significa que existe uma associação estatisticamente significativa entre a ocorrência de plásticos e a precipitação média verificada na semana anterior assim como com o coeficiente de maré (tab. 2.2.).

Tabela 2.2. Valores de p-value dos testes exatos de independência do qui-quadrado realizados (nível de significância de 0,05)

	Jaula	Quadrante	Direção Corrente	Categoria de Plástico	Prec	VmV	CoefM
<b>Frequência de Plásticos</b>	0,418	0,576	0,683	0,682	0,005	0,418	0,002
<b>Categoria de Plásticos</b>	0,457	0,101	0,823	-----	1,000	1,000	1,000

### **2.3. Discussão**

Para a monitorização de lixo marinho flutuante, como é o caso dos plásticos que chegam às jaulas da piscicultura, existem protocolos vastamente implementados que se baseiam na visualização de lixo marinho por observadores em embarcações (MSFD Technical Subgroup on Marine Litter, 2013). Existem também protocolos para a monitorização de lixo marinho nos fundos oceânicos, com recurso a mergulhadores ou câmaras, sendo a segunda opção a menos dispendiosa em termos de custos e tempo (Lundqvist, 2013). Para a monitorização de lixo flutuante com recurso a câmaras digitais ainda não existem protocolos padronizados, apesar de já se ter iniciado o uso um sistema que visa utilizar câmaras (JRC Sealittercamera) em cruzeiros no Mar Mediterrâneo (MSFD Technical Subgroup on Marine Litter, 2013). No entanto, estudos de monitorização de macroplásticos em jaulas de mar são praticamente inexistentes e não existem protocolos implementados para tal. Neste estudo, a conjugação de um tubo extensível e uma câmara digital verificou-se extremamente eficiente para a identificação de macroplásticos apesar das restrições para realizar a amostragem no máximo número de jaulas possível e das condições climatéricas por vezes não terem permitido embarcar ou limitarem a visibilidade da água. Com a realização de mais amostragens, o melhoramento e aumento do tubo extensível e a padronização do ângulo da câmara e do ângulo do tubo em relação à jaula (de modo a ser possível medir o tamanho do itens e de os visualizar melhor para uma identificação mais rigorosa), este pode vir a ser um bom método não só para a monitorização de lixo marinho flutuante como mais especificamente para lixo marinho presente ao redor das jaulas de mar, tanto o de origem externa como interna (gerado pela a própria infraestrutura).

As falhas na regularidade de filmagens, tanto em termos de jaulas amostradas como dias de amostragem deveram-se a problemas de logística. Inicialmente, foi estabelecido que dois dias por semana seriam o suficiente para uma amostra representativa e fixaram-se dois dias, terças e quintas, para a realização das filmagens uma vez que eram aqueles em que existiam menos limitações a nível de trabalho a ser feito pelos trabalhadores (captura e mergulho). Contudo por vezes os dias designados para estes trabalhos eram por vezes imprevisíveis devido a outros trabalhos ou a condições climatéricas desfavoráveis o que levou à irregularidade dos dias de amostragem. Quanto à inconsistência no número de vezes que cada jaula foi amostrada, deveu-se principalmente ao facto de as filmagens serem realizadas

aquando da alimentação das jaulas e estas nem sempre eram todas alimentadas, ou por já terem sido alimentadas na saída da manhã ou por estarem vazias. Mais tarde, tentou-se corrigir estas irregularidades ao realizar as amostragens na saída da manhã em que eram alimentadas a maioria das jaulas.

Para a categorização do lixo marinho existem várias entidades que utilizam diferentes categorias e códigos, como é o caso da OSPAR e da UNEP (United Nations Environment Programme), tendo sido criada uma “Master List” que harmoniza todas as categorias. Contudo nem todas as categorias descritas estão harmonizadas com as diferentes metodologias (lixo marinho flutuante, no fundo oceânico, na costa/praias e em animais). Por exemplo, no caso da categoria OSPAR2 (sacos de plástico) esta só é reconhecida pelos vários protocolos como sendo pertencente a amostragens na costa e está designada na Master List com o código G3. As outras categorias de plástico identificadas neste estudo são OSPAR3 (sacos de plástico pequenos – G4), OSPAR15 (cápsulas/argolas de plástico das tampas – G20), OSPAR32 (cordas e cordel diâmetro <1 cm – G50), OSPAR46 (bocados de plástico 2,5-50 cm – G76) e OSPAR48 (outros plásticos – G124). Tendo sido a categoria OSPAR2 a mais encontrada (7 itens) e ao juntar a OSPAR3, os sacos representam 66,67% do total de plástico encontrado, seguindo-se o lixo originado pelas atividades de pesca/aquacultura representando 16,67% e os fragmentos e itens de uso único com 8,33% cada um. Estudos noutras localizações geográficas verificaram também uma maior presença de sacos no mar em comparação com outros tipos de plástico: Mar Mediterrâneo (Aliani, 2003; Morris, 1980), fundo oceânico do Ártico (Bergmann, 2012), superfície oceânica do Ártico (Bergmann, 2015), na coluna de água, em diversas localizações ao longo do oceano Atlântico (Galgani *et al.*, 2000; Pham *et al.*, 2014).

Analisando visualmente a frequência de plásticos por jaula e por quadrante e as direções das correntes oceânicas predominantes registadas no local da piscicultura, parece existir alguma relação uma vez que 75% dos plásticos se encontravam em zonas diretamente afetadas pelas duas principais direções de corrente (SE – 51,85% e NO – 37,04%). Contudo ao realizar o teste exato de Fisher verifica-se que não existem relações de dependência entre a frequência de plásticos, nem entre as categorias de plásticos e as correntes oceânicas. Este resultado pode dever-se ao facto de a amostra ser pequena e pouco representativa.

Claramente a jaula 6 foi a mais afetada, não só quantitativamente com 50% dos plásticos encontrados, como também qualitativamente em termos de variedade de categorias (3 das 5 categorias identificadas) e em termos de quadrantes afetados (3 de 4). O quadrante onde foram verificados mais itens foi o SO (paralelo à costa e o mais afastado da mesma) possivelmente por ser, como já referido, diretamente atingido pelas correntes oceânicas predominantes locais que transportam os plásticos na direção da rede deste quadrante, ficando presos na mesma. Em localização inversa à jaula 6, encontra-se a jaula 9 com o segundo maior número de plásticos, correspondendo a 25% de todos os plásticos encontrados. No caso desta jaula o quadrante mais afetado é o NE (paralelo à costa e o mais próximo da mesma). Nas jaulas 9 e 10 verifica-se que os itens foram encontrados nos quadrantes “exteriores”, que no caso destas jaulas (as mais localizadas à direita) são os mais a Este (NE e SE), contudo na jaula 10 apenas foi encontrado 1 plástico. Relativamente às jaulas intermédias, 7 e 8, foi encontrado 1 item em cada, em NE e NO respetivamente. A ocorrência de mais plásticos nas jaulas das extremidades da piscicultura e secção de rede mais externa destas, em comparação com as jaulas ao centro, poderá explicar-se não só pela direção das correntes predominantes, ao longo do eixo principal da piscicultura, mas também pelo fator condicionante da estrutura das jaulas, na medida em que as jaulas exteriores atuam como barreira física, ficando o lixo preso nestas e não avançando para as jaulas centrais.

Verifica-se uma incidência relativamente baixa de macroplásticos nas redes das jaulas, no valor de 10,68% (no total de 103 filmagens foram encontrados plásticos em 11) e uma abundância também relativamente baixa com uma média de 0,12 plásticos por amostragem. Contudo, é de relembrar que as amostragens não foram consistentes e seriam necessárias mais para obter um panorama mais consistente da incidência de plásticos nas jaulas da piscicultura.

### 3. Capítulo II: Avaliação de macrolásticos no conteúdo gastrointestinal de espécimes *S. aurata*

#### 3.1. Materiais e Métodos

##### 3.1.1. Área e Período de Amostragem

A recolha de peixes mortos nas jaulas realizada pela aquacultura foi realizada pelos mergulhadores da empresa 2 a 3 vezes por semana, sendo que em várias ocasiões a maioria dos indivíduos capturados, por vezes a totalidade, já se encontravam num estado avançado de decomposição, sem a cavidade abdominal ou completamente degradados (fig. 3.1.). Isto levou a alguma irregularidade em termos de frequência de amostragem, tendo-se apenas analisado 233 indivíduos do total da mortalidade registada (22 270) no período de amostragem. Este trabalho decorreu durante o período de 7 de Janeiro a 24 de Maio de 2019, tendo sido realizada em todas as jaulas da empresa.



Figura 3.1. Fotografia de peixes mortos (demasiadamente degradados para se realizar amostragem gastrointestinal) capturados na jaula 4 do estabelecimento de cultura da Calheta

##### 3.1.2. Metodologia

Foram registados os dados morfométricos dos indivíduos: peso e comprimento standard. Registaram-se também as características dos plásticos quando existentes: número, peso, tamanho (medido no comprimento máximo do item quando esticado), cor, localização no trato gastrointestinal do indivíduo e categoria de acordo com os protocolos da OSPAR (OSPAR, 2010).

Adicionalmente, uma vez por mês, a empresa realizava amostragens do stock (medição de peso e comprimento furcal) de douradas capturadas vivas e posteriormente mortas por

choque térmico, tendo sido também possível analisar o trato gastrointestinal destas seguindo-se o processo descrito anteriormente para as douradas que morreram dentro das jaulas.

O fator de condição de Fulton (K) foi calculado através da fórmula [ $K = 100W_t/L^3$ ] em que “ $W_t$ ” representa o peso total (g) e “L” representa do comprimento standard (cm). Este é um índice morfométrico bastante usado como um indicador do bem-estar geral de um indivíduo, baseando-se na premissa que os peixes mais pesados, para um determinado comprimento, se encontram em melhor condição (Ricker, 1975). O fator de condição foi calculado para todos os indivíduos e posteriormente foi realizada a média para cada grupo (indivíduos mortos com plástico, mortos sem plástico e capturados vivos), em cada jaula em que foram verificados indivíduos com plástico no seu interior.

### **3.2. Resultados**

Apenas se analisou 1,05% da mortalidade total, uma vez que os restantes não se encontravam em condições favoráveis à realização da amostragem, e foram encontrados 12 peixes com plástico no seu conteúdo gastrointestinal, resultando numa incidência deste lixo de 5,15%. Nos peixes em que foi detetado plástico no seu interior, notou-se que em nenhuma das ocasiões se encontrou mais do que um macroplástico num único indivíduo.

No total, a amostragem gastrointestinal foi feita em 19 dias, sendo que em 8 foram encontrados plásticos. Na figura 3.2. verifica-se que Maio foi o mês com maior número de plásticos, tendo-se encontrado 5 itens, correspondendo a 6,85% de peixes com plástico neste mês, contudo em Março, apesar de só se terem encontrado 2 itens, verifica-se uma maior frequência, de 7,14%. Em Fevereiro não foram observados plásticos, contudo o número de amostragens neste mês foi substancialmente reduzido (apenas 4 indivíduos amostrados). Em Janeiro e Abril observaram-se frequências de 5,26% e 3,33%, respetivamente.

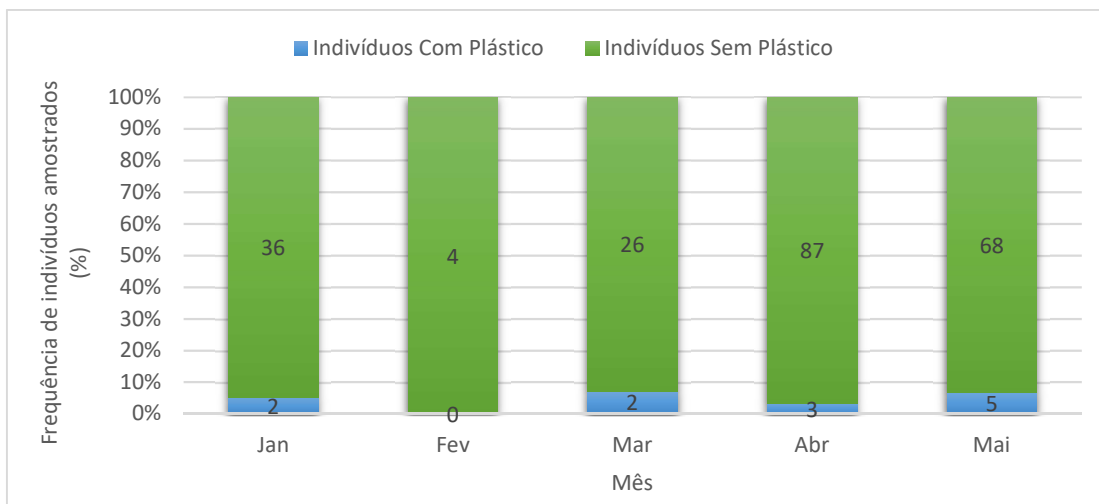


Figura 3.2. Percentagem, por mês, de indivíduos com plástico na totalidade dos indivíduos amostrados que se encontravam mortos nas jaulas do estabelecimento de cultura da Calheta (valor bruto em rótulo de dados)

Nos peixes amostrados mensalmente pela empresa que se encontravam vivos nas jaulas (total de 164 indivíduos) não foram encontrados macróplásticos. O peso médio destes indivíduos foi de  $107,69 \pm 98,33$  g e o comprimento standard de  $14,37 \pm 5,12$  cm.

O peso da totalidade dos peixes amostrados mortos por causa natural foi de  $222,64 \pm 149,92$  g e o comprimento standard de  $19,08 \pm 4,85$  cm, sendo que, dentro deste grupo, aqueles em que foram observados plásticos tinham peso médio e comprimento standard mais baixos, de  $158,40 \pm 77,91$  g e  $17,60 \pm 2,91$  cm.

Através da figura 3.3. verifica-se que a média do fator de condição dos indivíduos que continham plástico no seu interior são inferiores aos restantes, com exceção dos indivíduos da jaula 9. O fator de condição expressa o *fitness* dos indivíduos, sendo de esperar que os indivíduos capturados vivos e posteriormente mortos tivessem um fator de condição superior aos restantes, em cada jaula, com ou sem presença de plástico. Tal não se verifica em todas as jaulas, contudo neste caso, o fator de condição poderá não expressar corretamente o *fitness* dos indivíduos capturados mortos uma vez que as medidas usadas para calcular este fator poderiam estar comprometidas, principalmente o peso, devido à degradação do peixe morto nas jaulas.

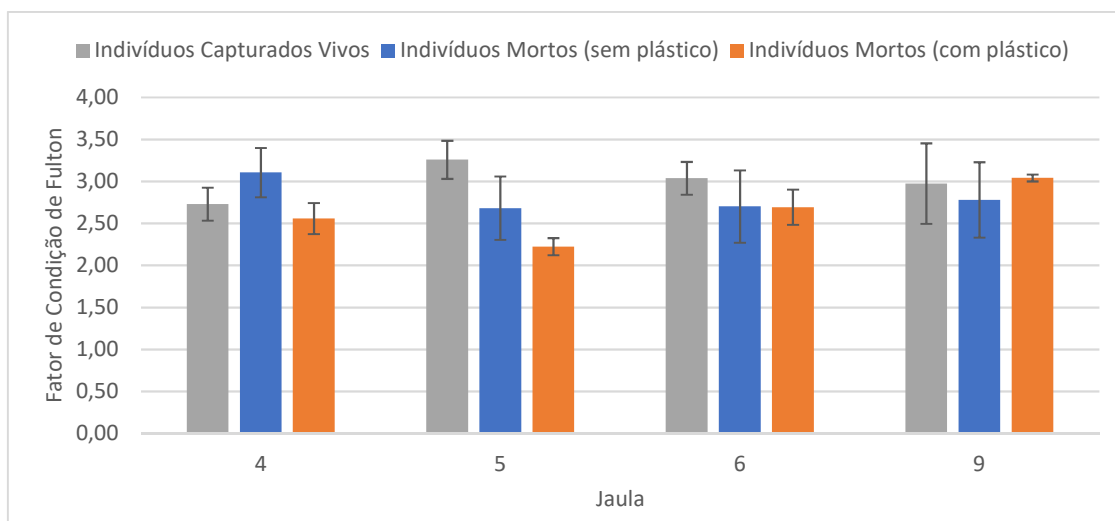


Figura 3.3. Média (e desvio-padrão) do fator de condição dos indivíduos mortos com e sem plástico e dos indivíduos capturados vivos (amostrados mensalmente) das jaulas 4, 5, 6 e 9 do estabelecimento de cultura da Calheta

Na tabela 3.1. verifica-se que o maior número indivíduos com macroplásticos pertence à jaula 6 (5 indivíduos, correspondendo a 14,71% de peixes com plástico amostrados nesta jaula), seguindo-se a jaula 9 (3 indivíduos, correspondendo a a 14,29%) e as jaulas 4 e 5 (cada uma com 2 plásticos, correspondendo a 20% e 4,26%, respetivamente). Nas restantes jaulas não foram encontrados plásticos. Da totalidade dos plásticos encontrados, verifica-se que 41,67% foram provenientes de peixes da jaula 6, 25% da jaula 9 e 16,67% de cada uma das jaulas 4 e 5.

Tabela 3.1. Frequências, por jaula, dos peixes mortos amostrados e dos peixes mortos em que foram observados plásticos.

Jaulas	Indivíduos Mortos Amostrados (n)	Indivíduos Mortos com Plástico (n)	Indivíduos Mortos com Plástico (%)	Plásticos/Totalidade de Plásticos (%)
1	5	0	0,00	0,00
2	3	0	0,00	0,00
3	17	0	0,00	0,00
4	10	2	20,00	16,67
5	47	2	4,26	16,67
6	34	5	14,71	41,67
7	37	0	0,00	0,00
8	49	0	0,00	0,00
9	21	3	14,29	25,00
10	10	0	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>233</b>	<b>12</b>	<b>5,15</b>	<b>100,00</b>

Segundo o guia de monitorização e identificação de lixo na costa da OSPAR, o mesmo utilizado para a categorização dos plásticos encontrados nas jaulas (OSPAR, 2010), identificou-se (fig. 3.4.) neste estudo 1 plástico pertencente à categoria “Bocados de Plástico 0 – 2,5 cm” (OSPAR117) e 11 da categoria “Bocados de Plástico 2,5 – 50 cm” (OSPAR46), não tendo sido possível determinar a sua origem com certeza (agricultura, doméstica, industrial, piscatória, etc). Contudo, todos os itens se assemelham a fragmentos de sacos de plástico (ver Anexo 2) que, segundo o protocolo da OSPAR denominado “Fulmar EcoQO” para identificação de plástico ingeridos pela biota (MSFD Technical Subgroup on Marine Litter, 2013), se enquadra na categoria “she” (fragmentos de “folhas” de plástico, por exemplo, de sacos de compras, lixo, agricultura, etc...).

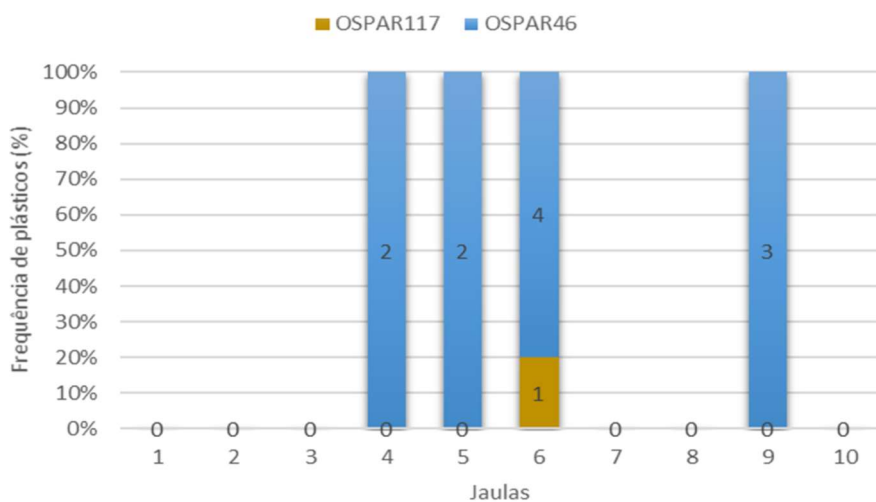


Figura 3.4. Percentagem das categorias de plásticos (com valor em rótulo de dados) encontradas nos peixes das diferentes jaulas do estabelecimento de cultura da Calheta

Na tabela 3.2. encontram-se os dados morfométricos dos indivíduos com plástico (peso e comprimento standard) e as características dos plásticos avaliadas (número por indivíduo, localização no trato gastrointestinal, peso, tamanho, código da categoria OSPAR, categoria OSPAR “Fulmar EcoQO” e cor), assim como as razões entre os pesos e tamanhos do indivíduo e do respetivo plástico no seu interior.

Apenas 1 plástico foi encontrado em cada indivíduo e, independentemente da localização no trato digestivo, observou-se que o item ocupava todo o órgão. Foram observados 7 indivíduos com plástico no estômago e 5 com plástico no intestino

O peso médio dos plásticos encontrados foi de  $0,96 \pm 0,59$  g e o tamanho foi de  $9,19 \pm 3,81$  cm. É de salientar que em 9 casos a razão entre o tamanho do plástico (medido no seu comprimento máximo quando esticado) e o comprimento standard da dourada foi superior a 50%, enquanto que a razão entre os pesos apenas ultrapassou 1% em 2 casos.

Quanto à cor dos plásticos, como já referido, eram fragmentos de sacos de plástico, sendo por isso translúcidos, mas mais especificamente foram encontrados 9 brancos, 1 verde acastanhado, 1 azul claro (cor semelhante aos sacos usados nas plantações de bananas muito abundantes na zona) e 1 preto (cor semelhante aos clássicos sacos do lixo).

Tabela 3.2. Identificação e características dos plásticos encontrados nas douradas mortas e dados morfológicos das mesmas

Mês	Jaula	Dourada: Peso (g)	Dourada: Comprimento Standart (cm)	Nº de plásticos encontrados	Identificação do Plástico	Localização no trato gastrointestinal	Plástico: Peso (g)	Plástico: Tamanho (cm)	Código Categoria OSPAR	Categoria OSPAR “Fulmar EcoCo”	Cor do Plástico	Razão tamanho plástico / comprimento dourada	Razão peso plástico / peso dourada
Jan	4	65,10	14,00	1	I	estômago	0,42	7,5	OSPAR46	she	verde/castanho	54%	0,6%
Jan	4	41,69	11,50	1	II	estômago	0,63	7,6	OSPAR46	she	azul claro	66%	1,5%
Mar	6	127,15	17,20	1	III	estômago	1,09	14	OSPAR46	she	branco	81%	0,9%
Mar	6	135,68	17,50	1	IV	intestino	0,3	1,3	OSPAR117	she	branco	7%	0,2%
Abr	5	118,32	17,20	1	V	estômago	0,56	9,9	OSPAR46	she	branco	58%	0,5%
Abr	5	109,87	17,30	1	VI	intestino	0,1	4,5	OSPAR46	she	branco	26%	0,1%
Abr	6	156,95	17,60	1	VII	estômago	0,84	8,9	OSPAR46	she	branco	51%	0,5%
Mai	6	310,86	23,10	1	VIII	intestino	1,40	8,20	OSPAR46	she	preto	35%	0,5%
Mai	6	273,04	20,80	1	IX	intestino	1,38	12,6	OSPAR46	she	branco	61%	0,5%
Mai	9	194,80	18,70	1	X	intestino	1,28	9,40	OSPAR46	she	branco	50%	0,7%
Mai	9	182,84	18,10	1	XI	estômago	2,21	14,00	OSPAR46	she	branco	77%	1,2%
Mai	9	184,51	18,20	1	XII	estômago	1,25	12,40	OSPAR46	she	branco	68%	0,7%

### 3.3. Discussão

Ainda não existem protocolos padronizados para a amostragem e análise de lixo marinho ingerido por peixes, contudo em peixes grandes é possível aplicar os mesmos métodos do protocolo de ingestão de lixo por aves marinhas (MSFD Technical Subgroup on Marine Litter, 2013). O desenvolvimento destes protocolos específicos para peixes é importante para poder existir uma comparação entre estudos de diversas regiões e ecossistemas. É também sugerido que as espécies mais comuns, tanto do ponto de vista ambiental como de importância comercial, deverão ser investigadas, como por exemplo, o arenque (*Harengus harengus*), o bacalhau (*Gadus morhua*), a anchova (*Engraulis encrasicolus*) e espécies de atum (MSFD Technical Subgroup on Marine Litter, 2013). Apesar de *S. aurata* não ser uma espécie natural das águas da Região Autónoma da Madeira, é dos peixes mais importantes a nível comercial na zona e o mais comum a nível de aquacultura regional e do Mediterrâneo.

Foram realizadas relativamente poucas amostragens gastrointestinais devido ao elevado número de indivíduos inaptos a esta amostragem (degradados e sem cavidade gastrointestinal). Isto pode dever-se a vários fatores, como o facto de a cultura ser em jaulas e os indivíduos mortos não serem retirados diariamente, ou à possível predação por parte de outros peixes em cultura nas jaulas (canibalismo) ou outras espécies que se encontram do lado de fora das jaulas (como por exemplo, *Seriola dumerili*, *Pomatomus saltatrix*, *Trachinotus ovatus* e *Caretta caretta*) e conseguem ter acesso às douradas mortas que se depositam no fundo da rede, ou à própria malhagem da rede no fundo que pode ter um efeito deteriorante nos tecidos dos peixes. Como o mergulho para captura de mortos era feito geralmente 2 a 3 vezes por semana, tornava-se ainda mais improvável recolher indivíduos intactos, especialmente nas jaulas pequenas.

As amostragens por mês apresentam entre si bastante discrepância, tendo sido Fevereiro o mês em que se realizaram menos amostragens gastrointestinais (4 indivíduos) e Abril aquele em que se realizaram mais (90 indivíduos), sendo que a mortalidade para estes meses foi de 2620 e 8621 indivíduos, respetivamente, o valores mínimo e máximo de mortalidade registada nos meses estudados.

Semelhantemente ao capítulo anterior, as jaulas com maior frequência de plástico foram a 6 com 41,67% de todos os plásticos encontrados e a jaula 9 com 25%.

Quanto à categorização dos plásticos, segundo o guia da OSPAR para a monitorização de lixo na costa (OSPAR, 2010) foram encontrados 11 itens da categoria “Bocados de plástico 2,5-50 cm” (OSPAR 46) e 1 item pertencente a “Bocados de Plástico 0-2,5 cm”, tal deve-se ao facto de os itens se encontrarem fragmentados e ser praticamente irreconhecível a sua origem, podendo supor-se que são fragmentos de sacos de plástico. O protocolo OSPAR Fulmar EcoQO (Van Franeker, 2019), que se destina à monitorização e identificação de lixo ingerido por aves já possui categorias que se enquadram mais corretamente nos perfis de tipo de plástico ingerido pela biota, sendo que segundo este protocolo todos os itens encontrados se inserem na categoria “she”, ou seja, são classificados amplamente como fragmentos ou “folhas” de plástico. Esta categoria encontra-se na Master List com o código G119 (folhas de plástico >1 mm) (MSFD Technical Subgroup on Marine Litter, 2013).

Relativamente à cor dos plásticos encontrados, a maioria dos fragmentos eram brancos transparentes que, apesar de serem dos mais comuns (sacos de plástico de compras), as douradas também parecem ter preferência por itens desta cor, estando de acordo com o estudo de Carpenter *et al.* (1972), em que o várias espécies de peixes (*Myoxocephalus aenus*, *Pseudopleuronectes americanus*, *Roccus americanus* e *Menidia menidia*) com detritos de plástico (0,1 a 2 mm) no seu interior e descobriram que apenas os pedaços de plástico branco tinham sido ingeridos, sugerindo que se alimentavam seletivamente. A leveza (baixa densidade) destes fragmentos, ou folhas de plástico, concede-lhes bastante flutuabilidade, sendo facilmente arrastados com as correntes, o que poderá ser atrativo para os peixes e confundido como alimento.

O facto de apenas ter sido encontrado 1 plástico por indivíduo, e os órgãos em questão onde foram encontrados estarem colmatados, leva a crer que a ingestão do plástico impediu os peixes afetados de se alimentarem, levando à sua morte. Segundo Sheavly & Register (2007) muitos animais confundem o lixo marinho com o alimento e não são capazes de o regurgitar, levando a que este fique alojado no trato digestivo. Fragmentos que não passem

do estomago levam a que o indivíduo tenha uma falsa sensação de saciação e consequentemente não se alimente, conduzindo a uma morte lenta de fome. Em 9 casos, a razão entre o tamanho do plástico em relação ao tamanho do indivíduo ultrapassa os 50%, revelando que este tipo de plástico é bastante perigoso para as douradas uma vez que é extremamente maleável. Devido à sua fina espessura e extrema maleabilidade, os indivíduos conseguem facilmente ingeri-lo, contudo, assim que a folha de plástico passa da boca para os órgãos digestivos, expande e preenche as paredes dos mesmos, conduzindo à morte dos indivíduos. O facto de não terem sido encontrados plásticos nos peixes de “boa saúde” (capturados vivos para a amostragem mensal da empresa; total de 164 indivíduos) também sugere que a causa de morte dos peixes com plástico no seu interior tenha sido a oclusão do seu trato gastrointestinal e, como consequência, a falta de alimento. Isto pode ser corroborado pelo facto de o fator de condição sugerir que os indivíduos mortos com plástico estavam, na sua generalidade, em pior estado do que aqueles que se encontravam mortos nas mesmas condições, mas sem plástico no seu interior, e do que os que foram capturados vivos.

Contudo, é de lembrar que, devido à elevada taxa de indivíduos mortos que não se encontravam em condições para serem amostrados, é provável que esta amostragem não seja representativa e seriam necessárias mais para obter um panorama mais consistente da presença de plásticos nos peixes em cultura de cada jaula.

#### 4. Capítulo III: Avaliação de macroplásticos na costa em dois locais próximos da piscicultura

##### 4.1. Materiais e Métodos

###### 4.1.1. Área e Período de Amostragem

Foram selecionados dois locais para realizar a amostragem de plástico na costa, com base na acessibilidade e proximidade à piscicultura (fig. 4.1.). Ambos se localizam na Vila da Calheta e são praias constituídas por calhau de basalto rolado. O Local A é o mais próximo da piscicultura e abrange uma zona de foz da Ribeira de S. Bartolomeu, para além disto situa-se em frente a um hotel; o Local B situa-se junto ao edifício do Centro de Maricultura da Calheta (CMC) e também inclui uma foz, da Ribeira da Calheta, proveniente da mesma bacia hidrográfica, área que no entanto não foi diretamente incluída na amostragem.

A amostragem e recolha de plásticos foi realizada uma vez por semana, durante um período de 12 semanas, de 3 de Março a 26 de Maio de 2019.



Figura 4.1. Mapa da costa da Calheta, com as localizações de ambos os locais onde foi realizada a amostragem da costa (Local A e Local B) e da maricultura da Calheta (Jaulas MARISMAR)

###### 4.1.2. Metodologia

A amostragem foi realizada, dentro do possível, de acordo com as diretrizes da OSPAR e os plásticos categorizados também de acordo com as categorias fornecidas pelo mesmo

protocolo (OSPAR, 2010). Foi percorrido um transecto de 100 m, paralelo à costa, abrangendo toda a área até à linha de baixa-mar (correspondendo a 1200 e 1500 m<sup>2</sup> para os locais A e B, respetivamente), recolhidos e identificados todos os itens plásticos visíveis encontrados. Devido à composição do solo de ambos os locais ser de pedra, e não areia como sugerido ideal pela OSPAR, existe uma enorme probabilidade de muitos plásticos se encontrarem enterrados e não terem sido contabilizados.

#### 4.1.3. Análise Estatística

As variações observadas nas médias das frequências das categorias de plástico OSPAR, para cada local, foram analisadas mediante análise de variância, nomeadamente ANOVA de 1 fator (quando cumpridos os pressupostos inerentes à realização da mesma) e teste de Kruskal-Wallis (análise não-paramétrica, realizada quando os pressupostos da ANOVA não se cumpriram). É de salientar que para realizar esta análise foram excluídas algumas categorias visto não apresentarem representatividade em ambos os locais, assim sendo foi a análise de variância foi apenas realizada para as categorias OSPAR117, OSPAR19, OSPAR2, OSPAR22, OSPAR3, OSPAR33, OSPAR4, OSPAR46, OSPAR47 e OSPAR6.

De modo a verificar variações na frequência de plásticos quando comparados os dois locais, foi realizado um teste de amostras independentes (t-student), tendo-se cumprido os pressupostos inerentes à realização da mesma.

O coeficiente de correlação de Pearson foi determinado de forma a verificar o grau de associação linear dos parâmetros Prec, CoefM e VmV na frequência de plásticos em cada local.

Todos os cálculos supramencionados foram realizados recorrendo ao software IBM SPSS 26 e os resultados foram considerados estatisticamente significativos ao nível 5%.

De modo a complementar esta análise, foi realizada também uma análise de componentes principais (ACP) para cada local de forma a avaliar os padrões de distribuição de sazonalidade com base nos parâmetros climatéricos e a frequência de plásticos registada em cada categoria OSPAR. Esta análise realiza associações entre variáveis, reduzindo a

dimensão da matriz de dados. Os componentes principais são calculados por combinação linear de variáveis originais que fornecem informações sobre os parâmetros mais significativos, descrevendo um conjunto de dados completo e permitindo reduzir a dimensionalidade dos dados em análise, mas mantendo a maior informação original neles contida (Vega *et al.*, 1998; Helena *et al.*, 2000; Bednárová *et al.*, 2013). As posições das variáveis originais no diagrama resultante da ACP representam de forma relevante as suas inter-relações. Neste sentido, sempre que as variáveis apresentam entre si vetores com ângulos obtusos, significa que se correlacionam de forma negativa. Por outro lado, sempre que as variáveis apresentam entre si vetores com ângulos agudos, a sua correlação é positiva. Quando o ângulo entre vetores é reto existe ausência de correlação, sendo que quanto mais agudo ou quanto mais obtuso for o ângulo, mais forte é a correlação. Assim sendo, a representação gráfica dos objetos estudados evidencia-se como sendo muito útil para detetar possíveis associações, bem como padrões de comportamento relevantes entre as variáveis e os meses em análise (Bednárová *et al.*, 2013). Todos os cálculos associados à ACP foram realizados com recurso ao software XLSTAT trial, suplemento do Excel (Addinsoft, 2019).

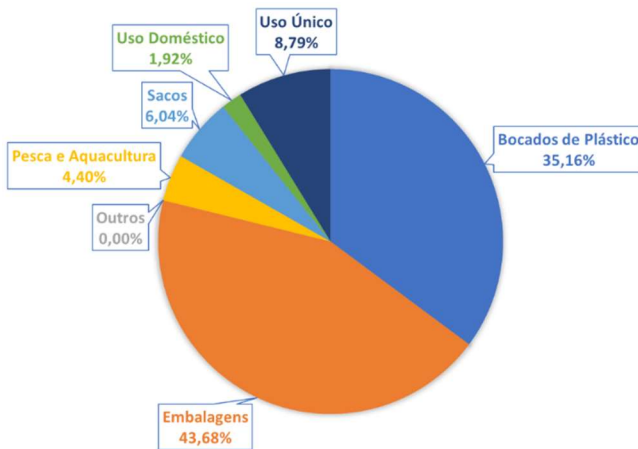
Os valores de precipitação, velocidade média do vento e direção do vento foram fornecidos pelo IPMA que possui estações meteorológicas terrestres ao longo de toda a ilha. Para a precipitação selecionou-se a estação de Bica de Cana por ser a mais próxima da bacia hidrográfica das ribeiras da calheta e foi calculada a precipitação média da semana anterior (7 dias). Para o vento foi selecionada a estação de Lugar de Baixo por ser a estação costeira mais próxima do local de estudo (Arco da Calheta, Calheta). Os valores do coeficiente de maré foram obtidos através do site de previsões [www.tabuademares.com](http://www.tabuademares.com).

## **4.2. Resultados**

As categorias de lixo marinho fornecidas pela OSPAR são bastante específicas, o que leva a que haja um elevado número destas (43 categorias de plástico) e seja difícil a interpretação dos gráficos. Por este motivo, criaram-se categorias mais abrangentes, para facilitar a leitura dos gráficos, tendo em conta a origem/causa do descartar do plástico. Tal resultou num total de 7 categorias: “Bocados de Plástico” (todos os tamanhos de fragmentos identificáveis e não identificáveis), “Embalagens” (provenientes do embalamento de produtos ou bens), “Pesca e Aquacultura” (provenientes do uso de uma destas atividades),

“Sacos” (todo o tipo de sacos de plástico, quer sejam de compras, congelação, frutas e vegetais), “Uso Doméstico” (plásticos utilizados no dia-a-dia), “Uso Único” (plásticos descartáveis) e “Outros”. Na figura 4.2. verifica-se que as percentagens totais das diferentes categorias não variam muito entre os dois locais, sendo que as categorias mais abundantes são as Embalagens (43,68% e 41,76%, no Local A e B respetivamente) e os Bocados de Plástico (35,16% e 41,18%, no Local 1 e 2 respetivamente).

a) Local A



b) Local B

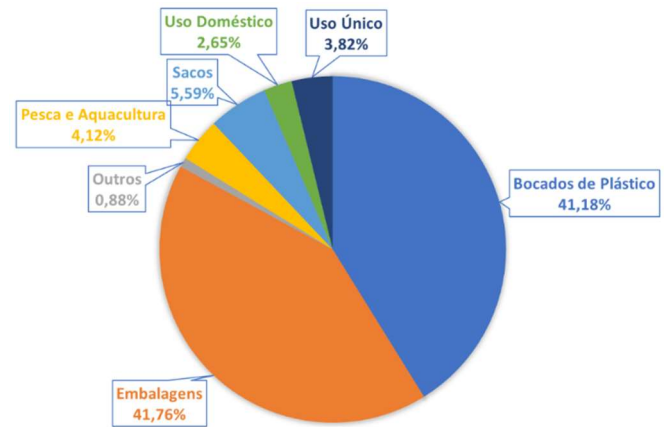


Figura 4.2. Percentagens totais dos plásticos encontrados no Local A (a) e no Local B (b)

A densidade de plástico encontrado em cada amostragem foi calculada e verifica-se (fig. 4.3.) que esta aumenta significativamente no dia 31 de Março para o local A (0,054 itens/m<sup>2</sup>) e 7 de Abril para o local B (0,060 itens/m<sup>2</sup>). O valor máximo verificado no local A foi de 0,058 itens/m<sup>2</sup> também no dia 7 de Abril e o mínimo foi de 0,010 itens/m<sup>2</sup> nos dias 10 de Março de 28 de Abril. Quanto ao local B, o valor máximo registado ocorreu a 7 de Abril, aquando do aumento significativo, e o valor mínimo foi verificado a 17 de Março com 0,008 itens/m<sup>2</sup>.

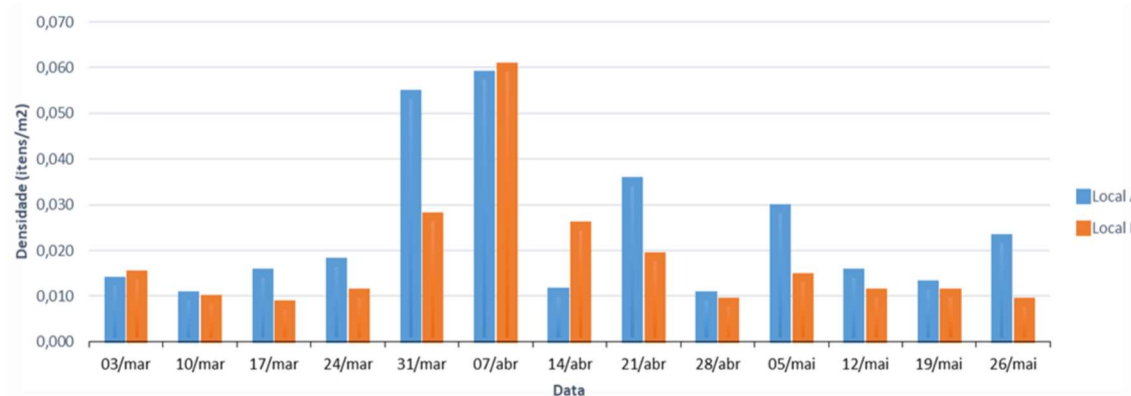


Figura 4.3. Densidade de plástico (itens/m<sup>2</sup>) em cada amostragem realizada

Observando as médias da densidade de plásticos por mês em cada local (fig. 4.4.) verifica-se que Abril se destaca com os valores máximos para ambos os locais (0,030 e 0,029 itens/m<sup>2</sup> para A e B respetivamente) e que a densidade de plástico no local A é, em todos os meses amostrados, ligeiramente superior à do local B.

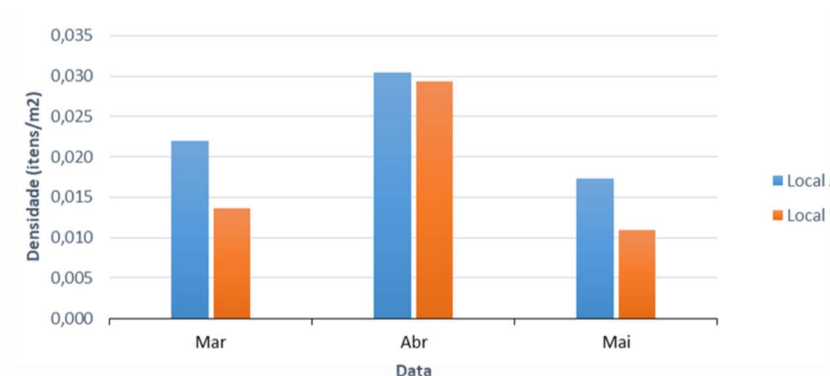


Figura 4.4. Densidade média de plástico (itens/m<sup>2</sup>) em cada local (A e B) durante os meses de amostragem (Março, Abril e Maio)

Recorreu-se a análises de variância de modo a verificar a existência de variações entre o número de plásticos encontrados e as categorias OSPAR registadas, para cada local. O pressuposto da homogeneidade não se cumpriu para o local A ( $p\text{-value} \leq 0,05$ ), portanto prosseguiu-se com o teste não paramétrico de Kruskal Wallis que revelou que não existiam diferenças estatisticamente significativas da média do número de plásticos quando comparadas as diferentes categorias OSPAR para o local A ( $p\text{-value} > 0,05$ ). Quanto ao local B, os pressupostos foram cumpridos ( $p\text{-value} > 0,05$ ) e a ANOVA de 1 fator resultou num  $p\text{-value}$  igual a 0,05 que significa que existem diferenças entre as médias dos números de

plásticos nas amostragens realizadas. Recorrendo ao teste de comparações múltiplas de Tukey, verificou-se que existem diferenças nas médias do número de plásticos entre as categorias OSPAR22 e OSPAR46, isto é, existe uma variação significativa entre o número de plásticos do grupo “talheres, tabuleiros e palhinhas” com o grupo “bocados de plásticos de 2,5-50 cm”.

Ao realizar o teste de amostras independentes verificou-se que não existem diferenças estatisticamente significativas ( $p\text{-value}>0,05$ ) na frequência de plásticos quando comparados os dois locais (A e B).

Ao determinar o coeficiente de correlação de Pearson para os parâmetros climáticos (precipitação, coeficiente de maré e velocidade média do vento) e a frequência de plásticos para cada local verificou-se que existem correlações lineares positivas e significativas entre a frequência de plásticos, a precipitação e a velocidade do vento, assim como entre a precipitação e o coeficiente de marés e o coeficiente de marés e a velocidade do vento, em ambos os locais (ver tabela 4.1. para valores de  $r_{\text{pearson}}$  e  $p\text{-value}$ ).

Recorrendo à regressão linear simples, averiguaram-se os coeficientes de determinação para o local A ( $r^2=0,121$ ) e B ( $r^2=0,181$ ), assim sendo para o local A os parâmetros climáticos analisados explicam 12,1% da variabilidade da frequência de plásticos e para o local B explicam 18,1%. Ao analisar a significância dos coeficientes, verificou-se que no local A não há dependência de nenhum dos parâmetros para com o número de plásticos ( $p\text{-value}>0,05$ ), enquanto que no local B existe apenas dependência entre a precipitação e a frequência de plásticos ( $p\text{-value}\leq 0,05$ ).

Tabela 4.1. Resultados da correlação de Pearson entre os parâmetros analisados (r - coeficiente de correlação; n.s. - correlação não significativa) para os locais A e B.

		Freq. Plast.	Prec	VmV	CoefM
<b>Local A</b>	<b>Freq. Plast</b>		r = 0,324 p-value<0,05	r = 0,288 p-value<0,05	n.s.
	<b>Prec</b>			r = 0,607 p-value<0,05	r = 0,369 p-value<0,05
	<b>VmV</b>				r = 0,208 p-value<0,05
	<b>CoefM</b>	n.s.			
<b>Local B</b>	<b>Freq. Plast</b>		r = 0,415 p-value<0,05	r = 0,335 p-value<0,05	n.s.
	<b>Prec</b>			r = 0,653 p-value<0,05	r = 0,378 p-value<0,05
	<b>VmV</b>				r = 0,197 p-value<0,05
	<b>CoefM</b>	n.s.			

Através dos resultados obtidos pela ACP para o local A (fig. 4.5.), verifica-se que os dois componentes principais representaram conjuntamente 47,81% da variabilidade total dos dados (F1= 28,98% e F2=18,83%). Tendo em conta os vetores dos parâmetros climatéricos, verifica-se que estes se encontram positivamente correlacionadas (ângulo formado entre os vetores inferior a 90° - agudo), sendo que a precipitação é o parâmetro com a correlação mais forte com as restantes.

Verifica-se também, considerando os vetores e a matriz de correlação de Pearson gerada pelo software (ver Anexo 3), que todas as categorias estão significativamente correlacionadas com os três parâmetros em estudo. Sendo que, para o parâmetro VmV, a maioria das categorias OSPAR tem uma correlação positiva, em que a categoria com correlação mais forte observada é a O46 (0,588). Para o parâmetro Prec existem tantas categorias com correlação positiva como existem com negativa e as categorias com correlação mais forte para este parâmetro são O4, O46 e O3 (0,762, 0,662, e 0,529 respetivamente) Para o parâmetro CoefM também existem de igual forma categorias com correlação positiva e negativa e as mais fortes O5 e O21 (0,523 e -0,570 respetivamente).

Tendo em conta as datas de amostragem, nota-se que no lado direito do gráfico (fig. 4.5.) se encontram os dias de amostragem 31/Março, 7/Abril, 21/Abril e 5/Maio. Os vetores da maioria das categorias e dos três parâmetros em estudo encontram-se com a mesma direção destes dias, isto é, nestas amostragens verificou-se uma maior ocorrência de plásticos que pode ser explicada pelos parâmetros climáticos. Isto sucede, principalmente, para o dia 7/Abr. O dia 31/mar, apesar de também estar relacionado com uma maior ocorrência de plásticos, esta não é tão bem explicada pelos parâmetros.

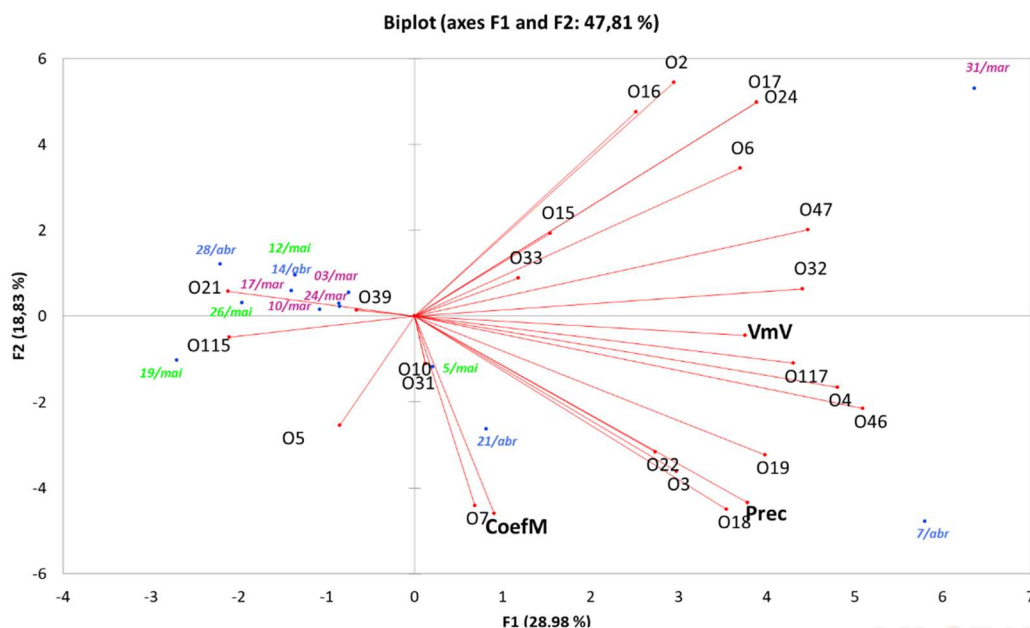


Figura 4.5. Análise de componentes principais (ACP) nos parâmetros climáticos e categorias de plástico encontradas no Local A. Cada vetor a negrito representa um dos parâmetros estudados (Prec – Precipitação média da semana anterior; CoefM – Coeficiente de Maré; VmV – Velocidade média diária de Vento) e os restantes vetores representam as diferentes categorias OSPAR. As observações a cor-de-rosa representam o mês de Março, a azul o mês de Abril e a verde o mês de Maio.

Através dos resultados obtidos pela ACP para o local B (fig. 4.6.), verifica-se que os dois componentes principais representaram conjuntamente 53,88% da variabilidade total dos dados (F1= 35,97% e F2=17,91%). Os valores dos parâmetros climáticos são os mesmos do local A e, portanto, encontram-se positivamente correlacionadas, sendo que a precipitação é o parâmetro com a correlação mais forte com as restantes.

Verifica-se também, considerando os vetores e a matriz de correlação de Pearson, gerada pelo software (ver Anexo 4), que novamente todas as categorias estão significativamente correlacionadas com os três parâmetros em estudo. Sendo que, para o parâmetro VmV, tal como no local A, a maioria das categorias tem uma correlação positiva com este parâmetro e as categorias com correlação mais forte são a O117, O6, O15, O46 (0,742, 0,738, 0,683, 0,577 respectivamente). Para o parâmetro Prec, verifica-se, à semelhança do parâmetro anterior, que a maioria das categorias possui uma correlação positiva, sendo que as mais fortes pertencem às categorias O32, O47, O15, O6, O46 e O117 (0,920, 0,850, 0,848, 0,793, 0,783 e 0,676 respectivamente). Para o parâmetro CoefM existem tantas categorias com correlação positiva como existem com negativa, mas a categoria com correlação mais forte é a O7 (0,627).

Tendo em conta as datas de amostragem, nota-se que no lado direito do gráfico (fig. 4.6.) se encontram os dias de amostragem 31/Março, 7/Abril, 14/Abril e 5/Maio. Os vetores da maioria das categorias e dos três parâmetros em estudo encontram-se, tal como verificado no local A, com a mesma direção destes dias, apesar de no A o dia ser 21/Abril e não 14/Abril. Isto é, no local B, nestes dias verificou-se uma maior ocorrência de plásticos que pode ser explicada pelos parâmetros climatéricos. Novamente, isto sucede principalmente para o dia 7/Abr. Ao contrário do verificado no local A, no B não existiu tanta ocorrência de plásticos para o dia 31/Março.

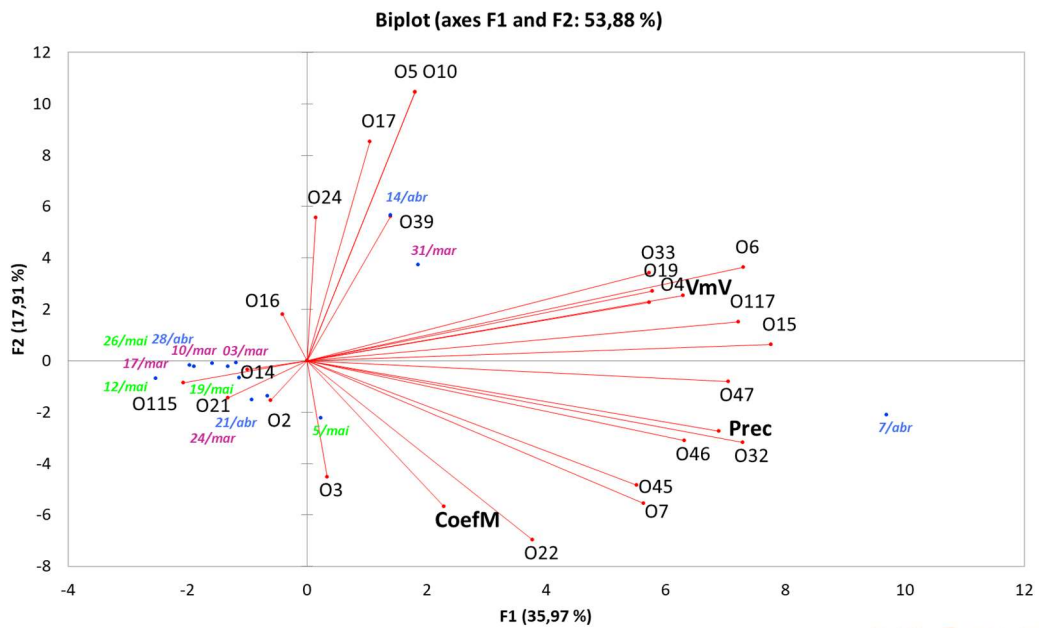


Figura 4.6. Análise de componentes principais (ACP) nos parâmetros climáticos e categorias de plástico encontradas no Local B. Cada vetor a negrito representa um dos parâmetros estudados (Prec – Precipitação média da semana anterior; CoefM – Coeficiente de Maré; VmV – Velocidade média diária de Vento) e os restantes vetores representam as diferentes categorias OSPAR. As observações a cor-de-rosa representam o mês de Março, a azul o mês de Abril e a verde o mês de Maio.

Comparando as análises dos dois locais, verifica-se que a categoria O46 apresenta um comportamento semelhante em ambos, estando fortemente (e positivamente) correlacionada com o aumento da velocidade média do vento diária e com o aumento da precipitação. Quanto aos dias de amostragem, no local A os dias 31/Março (principalmente) e 7/Abril são aqueles em que mais se observa presença de plástico, sendo que 7/Abril é o que mais se relaciona com o aumento dos parâmetros climáticos. Como os valores dos parâmetros são iguais para os dois locais, o aumento destes no dia 7/Abril também se comprova para o local B, sendo que, neste local, 7/Abril é o dia com maior ocorrência de plástico, sugerindo que no local A poderá existir uma maior influência de outros fatores no aparecimento de plásticos.

### 4.3. Discussão

Embora a subdivisão da Madeira não esteja incluída nas regiões da OSPAR, por uma questão de coerência para com as outras subdivisões portuguesas e o resto da Europa, foi tomada em consideração a abordagem da Convenção OSPAR na Ilha da Madeira, tendo o Instituto de Florestas e Conservação da Natureza (IFCN) dado início a um programa de monitorização dos lixos marinhos que dão à costa em praias de áreas protegidas (DGRM, 2018). Também no presente estudo foi utilizada a metodologia OSPAR, nomeadamente, o guia de monitorização de lixo nas praias (OSPAR, 2010). Neste capítulo não foram nem serão equiparadas as categorias OSPAR com a Master List uma vez que esta última é extremamente específica, levando a que, no presente estudo, uma categoria OSPAR corresponda a mais que uma categoria da Master List.

A OSPAR estabeleceu no seu protocolo que as praias de referência devem: ser compostas de areia ou cascalho e abertas ao mar, ser acessíveis para recolha durante todo o ano, ter tamanho mínimo de 100 m (e se possível, 1 km) e preferencialmente não ser sujeita a nenhuma outra atividade de recolha de lixo. A composição do substrato, de ambos os locais, é de pedra (apesar de também se poder considerar cascalho), existindo uma enorme probabilidade de muitos plásticos se encontrarem enterrados e não terem sido contabilizados.

De modo geral, verifica-se que tanto no local A como no B a maioria dos plásticos encontrados são embalagens (43,68% e 41,76% respetivamente) e fragmentos (35,16% e 41,18% respetivamente). Destaca-se ainda que no local A foi encontrada uma maior percentagem de plásticos de uso único em relação ao local B.

Segundo os resultados da análise estatística, a diferença entre as médias da frequência de plásticos encontrados não é significativa entre os dois locais, ou seja, ambos são afetados em termos de abundância de plástico de igual forma. Ao analisar as frequências de cada categoria OSPAR para o local A também não existem diferenças entre elas, afetando este local de igual forma. Quanto ao local B existem diferenças, mas apenas entre as categorias OSPAR22 (talheres, tabuleiros e palhinhas) e OSPAR46 (bocados de plástico de 2,5 – 50 cm), o que significa que existem significativamente mais itens pertencentes à categoria OSPAR46 do que à OSPAR22.

Quanto às análises envolvendo os parâmetros climatéricos estudados, verificou-se, através de uma regressão linear simples, que o conjunto dos parâmetros (precipitação, velocidade do vento e coeficiente de maré) explicam uma maior percentagem de variabilidade da frequência de plásticos no local B do que no local A (18,1% e 12,1%, respetivamente), tendo sido verificadas correlações lineares positivas e significativas entre a frequência de plásticos e os parâmetros precipitação e velocidade do vento, para ambos os locais. Contudo, apenas se verificou dependência entre a frequência de plásticos e a precipitação para o local B.

Analisando a ACP verificou-se que todas as categorias OSPAR se encontram significativamente correlacionadas (positivamente ou negativamente) com os três parâmetros, e os parâmetros encontram-se positivamente correlacionados entre si, em ambos os locais de amostragem. O parâmetro da velocidade do vento, tanto no local A como no B, apresenta uma correlação positiva com a grande maioria das categorias de plástico. Com o aumento da velocidade do vento no local A, a frequência da categoria OSPAR46 (bocados de plástico 2,5-50 cm) é a que mais aumenta, enquanto que no local B as categorias que mais aumentam são OSPAR117, OSPAR6, OSPAR15 e OSPAR46 (bocados de plástico 0-2,5 cm, garrafas e contentores de alimentos, cápsulas/argolas de tampas e bocados de plástico 2,5-50 cm, respetivamente). Com o aumento da precipitação média da semana anterior, no local A, as categorias que mais aumentam são OSPAR4, OSPAR46 e OSPAR3 (garrafas e contentores de bebida, bocados de plástico 2,5-50 cm e sacos de plástico pequenos, respetivamente) enquanto que no local B são OSPAR32, OSPAR47, OSPAR15, OSPAR6, OSPAR46 e OSPAR117 (cordas e cordéis diâmetro < 1 cm, bocados de plástico > 50 cm, cápsulas/argolas de tampas, garrafas e contentores de alimentos, bocados de plástico 2,5-50 cm e bocados de plástico 0-2,5 cm, respetivamente). Quanto ao parâmetro do coeficiente de maré, existe um maior número de categorias com correlação positiva do que negativa em ambos os locais. No local A, nota-se que as categorias com correlação mais forte são OSPAR5 e OSPAR21 (garrafas e contentores de limpeza, e copos, respetivamente), sendo a segunda uma correlação negativa, o que significa que um maior coeficiente de maré (isto é, uma maior diferença entre as alturas da preia-mar e baixa-mar) poderá aumentar o número de garrafas e contentores de limpeza, e um menor coeficiente de maré poderá aumentar o

número de copos de plástico. No local B, o aumento do coeficiente de maré leva a um maior número de plásticos da categoria OSPAR7 (garrafas e contentores de cosméticos).

Os bocados de plástico 2,5-50 cm (OSPAR46) apresentam um comportamento semelhante em ambos os locais, estando fortemente e positivamente correlacionados com os parâmetros da precipitação e da velocidade do vento, ou seja, quando estes aumentam, os itens desta categoria também tendem a aumentar. Já os bocados de plástico 0-2,5 cm (OSPAR117) estão fortemente correlacionados também com os parâmetros precipitação e velocidade do vento, contudo destacam-se mais no local B, e o mesmo acontece para os itens garrafas e contentores de alimentos (OSPAR6) e cápsulas/argolas de tampas (OSPAR15).

Num estudo feito por Lee *et al.* (2013) verificou-se que a abundância de plástico na praia após a época de chuvas foi superior à abundância encontrada antes da época de chuvas, o que se verifica igualmente neste estudo, uma vez que o parâmetro da precipitação estudado se encontra fortemente e positivamente correlacionado com várias das categorias de plástico encontradas em ambos os locais, principalmente no local B. Para além disso, nota-se que existem mais categorias fortemente correlacionadas com os três parâmetros no local B do que no local A (também se verifica através dos coeficientes de determinação), sugerindo que no local A poderá existir uma maior influência de outros fatores no aparecimento dos plásticos, como por exemplo o turismo, o que seria de esperar uma vez que este local se encontra em frente ao maior hotel da Calheta. Pham *et al.* (2014) relata no seu estudo que o lixo marinho encontrado nas praias consistiu principalmente de plásticos como garrafas, sacos, tampas, etc. e que a maioria advém de atividades recreativas costeiras ou transportados por correntes marítimas. Os mesmos tipos de plásticos mais recorrentes foram verificados por Topçu *et al.* (2013), acrescentado ainda equipamento de pesca. A densidade de lixo marinho pode aumentar até 40% no verão devido à subida do número de turistas (Galgani, 2013). Uma vez que o estudo decorreu somente na primavera (3 meses) não há forma de comparar as várias estações do ano nestes locais e, apesar de não se ter comparado os dados de turismo nos diferentes meses, sabe-se que a zona da Calheta é bastante turística durante todo o ano, principalmente na primavera/verão, tendo o número de hóspedes no município da Calheta crescido ao longo do período de amostragem de acordo com os dados da DREM (2019).

No local B, o dia 7/Abril é o que apresenta maior frequência e densidade (itens/m<sup>2</sup>) de plástico, estando este dia associado também ao aumento dos valores dos parâmetros climáticos. Enquanto que no local A, para além do dia 7/Abril, destaca-se também o dia 31/Março pela maior ocorrência de plásticos, contudo esta não está tão fortemente associada aos parâmetros em estudo. Assim, o dia 31/Março poderá ser explicado pelo crescente turismo no local A, enquanto que o dia 7/Abril poderá ser explicado, para ambos os locais, pela maior descarga de água na foz das ribeiras, resultante de maior precipitação da semana anterior em ambos os locais e, adicionalmente, para o local A, também pelo turismo.

Na ilha da Madeira, a rede hidrográfica é constituída por mais de 200 cursos de água, com distribuição radial em torno do eixo topográfico central da ilha, sobretudo para Norte, Sul e Oeste, e é composta, predominantemente, por cursos de água de trajeto curto e de traçado retilíneo, com uma orientação aproximadamente perpendicular à linha da costa. Durante o período invernal, as linhas de água assumem um comportamento essencialmente torrencial, caracterizado por uma velocidade de escoamento, um gradiente energético, um potencial erosivo e uma capacidade de transporte/carga (de material heterométrico) extremamente elevados, como resultado da conjugação de precipitações intensas e de uma morfologia e declives muito acentuados (Abreu, 2016). As elevadas precipitações nas maiores altitudes e bacias hidrográficas (Prada, 2003) influenciam rapidamente os cursos de água, escoando todo o lixo até à costa.

## **5. Discussão Final e Conclusão**

Os objetivos do conjunto destes estudos foram atingidos, tendo sido possível realizar a monitorização de macrolásticos nas jaulas da empresa MARISMAR, assim como nos peixes em cultura e na costa da Calheta.

As análises videográficas, com recurso a um tubo telescópico, são um método com vantagens em relação ao mergulho, uma vez que tem custos menores e encurta o tempo de amostragem por não possuir as mesmas limitações, contudo carece de mais investigação. Os mergulhadores podem monitorizar e recolher plásticos quando recolhem os indivíduos mortos, contudo não é usual fazerem essa monitorização no exterior das redes e existe um tempo limite. É de salientar que este estudo se focou na monitorização de plásticos visíveis a olho nu, isto é, meso e macrolásticos, sendo que a utilização de uma câmara de filmar e da posterior análise dos vídeos, apesar de eficaz para uma abordagem inicial e com vantagens em termos de custos e tempo, pode limitar a ainda mais a amostragem, não revelando a totalidade dos plásticos presentes nas redes e na água onde se situam as jaulas de mar. A monitorização de macrolásticos nos tratos gastrointestinais das douradas é um método simples e rápido uma vez que é uma análise visual e, portanto, pode ser facilmente realizado pelas próprias pisciculturas, tanto nos peixes amostrados mensalmente como nos mortos, sem exigir custos extra. Na amostragem da costa, em ambos os locais, foi também possível monitorizar os plásticos e verificar as categorias mais frequentes, assim como associar o seu aparecimento aos parâmetros climatéricos e oceanográficos.

Este pode ser considerado um estudo piloto na medida em que existe uma lacuna na investigação e monitorização de plásticos em aquacultura, nomeadamente em culturas de mar, tanto na presença destes materiais no meio em que se inserem as infraestruturas como nos peixes de cultivo. Assim sendo, e para futuros trabalhos, deverão ser feitos ajustes relativamente ao comprimento do tubo, de modo a ser possível visualizar toda a extensão da rede da jaula, e o ângulo da câmara deverá ser fixo de forma a ser igual em todas as filmagens. Poderia ser também interessante medir os valores de micro- e nanoplásticos, tanto no meio em que inserem as jaulas como nos peixes de cultivo.

O mês de Março parece ser aquele em que houve mais presença de plástico nas três metodologias, destacando-se também Janeiro na amostragem das jaulas, Maio na amostragem das douradas e Abril na amostragem da costa. Em relação às jaulas, aquelas que apresentaram mais plásticos foram a 6 e a 9, e foi também nas douradas provenientes destas jaulas que se verificou maior número de indivíduos com presença de plásticos. Os quadrantes das jaulas em que se observaram mais itens foram o SO e o NE, principalmente os quadrantes das jaulas 6 e 9 respetivamente, podendo ser estes os locais das jaulas que mais são afetados pela direção das correntes marítimas e servindo de barreira física para as jaulas e quadrantes centrais

Tanto nas amostragens das jaulas como nas da costa, verifica-se que a frequência de plásticos encontrados está associada com a precipitação e, no caso das jaulas, com o coeficiente de maré. No caso da costa, verifica-se uma associação da frequência de plásticos com a velocidade média do vento.

Em geral, as categorias inerentes a sacos de plástico foram as mais abundantes, destacando-se OSPAR2 (sacos de plástico) nas amostragens das jaulas, OSPAR46 e OSPAR117 (bocados de plástico 2,5-50 cm e bocados de plástico 0-2,5 cm) que foram na sua totalidade “folhas de plástico” que poderiam, antes de terem sido fragmentadas e ingeridas, pertencido a OSPAR2 ou OSPAR3 (sacos de plástico e sacos de plástico pequenos). Estes resultados estão em conformidade com Wright *et al.* (2013) que menciona que a densidade das partículas plásticas determina a sua biodisponibilidade na coluna de água, isto é, itens de plástico de baixa densidade, como o caso e sacos de plástico e seus fragmentos, são mais prováveis de serem encontrados ao longo de toda a coluna de água, sendo facilmente transportados pelas correntes e, conseqüentemente, um grande número de espécies terão acesso a estes itens, o que aumenta o risco de ingestão de plástico. Na amostragem da costa, destacam-se também as categorias OSPAR46 e OSPAR117, inerentes a sacos de plástico, e ainda OSPAR4 (garrafas e contentores de bebida) e OSPAR19 (sacos/embalagens de comida e paus de chupa-chupa), sendo que, em ambos os locais de amostragem se encontraram mais plásticos provenientes de embalagens e fragmentos, seguindo-se plásticos de uso único (para o local A) e sacos (para o local B). Conclui-se que o lixo plástico mais frequentemente encontrado foram sacos e seus fragmentos, tanto na

costa como nas jaulas de mar e nos peixes em cultura destas, ou seja, estes são os itens plásticos que mais afetam as infraestruturas e o stock da empresa MARISMAR, sendo também os mais abundantes na costa. Estes sacos e fragmentos podem ter várias origens, uma vez que é um tipo de plástico amplamente utilizado (sacos de compras, sacos de congelados, sacos utilizados nas plantações de banana, sacos do lixo, sacos de ração para aquacultura), no entanto a predominância da cor branca e a transparência sugerem que sejam um sacos de origem doméstica, isto é, sacos de compras brancos, sacos de congelados ou sacos de frutas e vegetais. A frequência de plásticos gerados pelas atividades de pesca e aquacultura foram substancialmente menores, tendo sido mais elevados nas amostragens das jaulas (16,67% de todo o plástico encontrado) do que na costa (aproximadamente 4% em cada local) e nos peixes de cultivo (0%).

Um dos objetivos iniciais era realizar este estudo nas três pisciculturas da Ilha da Madeira, contudo por questões de logística tal não foi possível, mas seria interessante vir a ser realizado porque, apesar de se encontrarem todas na costa sul da ilha, têm localizações muito distintas ao longo da costa, sendo estas afetadas por diferentes níveis de parâmetros climatéricos e oceanográficos.



## 6. Referências Bibliográficas

- Abreu, U. (2016). Hidrogeomorfologia e hidrografia do arquipélago da madeira. Site visitado a 6 de Setembro de 2019: <http://aprenderamadeira.net/hidrogeomorfologia-e-hidrografia-do-arquipelago-da-madeira/>
- Aliani, S., Griffa, A., Molcard, A. (2003). Floating debris in the Ligurian Sea, Northwestern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin* 46: 1142–1149.
- Andrade, C.A.P. (1996). A fishfarm pilot-project in Madeira Archipelago, Northeastern Atlantic - I. The offshore option. In *Open-Ocean Aquaculture, Proceedings of an International Conference*, May 8-10, 1996, Portland, Maine. Marie Polk (Ed). New Hampshire/Maine Sea Grant College Program Rpt.# UNHMP-CP-SG-96-9, pp. 371-376.
- Andrade, C.A.P. & Gouveia, N.M.A. (2008). Ten years of marine aquaculture in Madeira archipelago. pp. 30-32 in: Pham, C.K., R.M. Higgins, M. De Girolamo & E. Isidro (Eds). *Proceedings of the International Workshop: Developing a Sustainable Aquaculture Industry in the Azores Arquipélago. Life and Marine Sciences. Supplement 7: xiii + 81 pp.*
- Andrade, C.A.P. (2016). Aprender Madeira: Centro de Maricultura da Calheta. Site visitado a 2 de Novembro de 2018: <http://aprenderamadeira.net/centro-de-maricultura-da-calheta/>
- Andrade, C.A.P., Nogueira, N., Diniz, P., França, S. (2018). AQUA 2018 – Meeting Abstract: Monitoring the effect of sea plastics in madeira island offshore fish farms: is the threat real? August 25-29, 2018, Montpellier, France. Site visitado a 17 de Setembro de 2019: <https://www.was.org/Meetings/ShowAbstract.aspx?Id=104062>
- Andrady, A.L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8): 1596–1605.
- Arthur, C., Baker, J., Bamford, H. (2009). *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris*. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30.
- Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C., Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364: 1985–1998.
- Bednárová, A., Mocák, J., Gössler, W., Velik, M., Kaufmann, J., Staruch, L. (2013). Effect of animal age and gender on fatty acid and elemental composition in Austrian beef applicable for authentication purposes. *Chemical Papers* 67 (3): 374-283.
- Bentivegna F., Travaglini A., Matiddi M., Bainsi M., Camedda A., De Lucia A., Fossi M.C., Giannetti M., Mancusi C., Marchiori E., Poppi L., Serena F. and Alcaro L., (2013). First data on ingestion of marine litter by loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, in Italian waters (Mediterranean Sea). *Proceedings of the Biology and ecotoxicology of large marine vertebrates: potential sentinels of Good Environmental Status of marine environment, implication on European Marine Strategy Framework Directive*. 5-6 June, Siena.
- Branco, M. A. de C. (2003). Estudo da produção de Linguado (*Solea senegalensis*, KAUP 1858) em tanques de terra. Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas, IPIMAR, Departamento de Aquacultura. Lisboa

Bråte, I.L.N., Huwer, B., Thomas, K.V., Eidsvoll, D.P., Halsband, C., Almroth, B.C., Lusher, A. (2017). Micro-and macro-plastics in marine species from Nordic waters. Nordic Council of Ministers. TemaNord, No.2017:549

Carpenter, E.J., Anderson, S.J., Harvey, G. R., Miklas, H.P., Peck, B.B. (1972). Polystyrene Spherules in Coastal Waters. *Science*, 178(4062), 749–750

Chernick, M.R., Liu, C.Y. (2002). The saw-toothed behavior of power versus sample size and software solutions: single binomial proportion using exact methods. *American Statistician*, 56, 149-155

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T.S., (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine Pollution Bulletin*. 62, 2588-2597

Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9), 842–852.

DGRM (2014). Plano Estratégico para a Aquicultura Portuguesa 2014 – 2020. Direção Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos, Ministério da Agricultura e do Mar

DGRM (2016). Portal da Aquicultura – Região Autónoma da Madeira. Site visitado a 5 de novembro de 2018: <https://eaquicultura.pt/madeira/>

DGRM (2018). Plano de Situação do Ordenamento do Espaço Marítimo Nacional: Relatório de Caracterização - Volume IV-M (Subdivisão Madeira). Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais, Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente

DREM (2019). Estatísticas do turismo da Região Autónoma da Madeira. Site visitado a 6 de Setembro de 2019: <https://estatistica.madeira.gov.pt/download-now/economica/turismo-pt/turismo-publicacoes-pt.html>

Engels, W.R. (2009). Exact tests for Hardy-Weinberg proportions. *Genetics*, 183, 1431-1441.

FAO (2005). Cultured Aquatic Species Information Programme. *Sparus aurata*. Text by Colloca, F.; Cerasi, S. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 8 February 2005. Site visitado a 30 de Outubro de 2018: <http://www.fao.org/fishery/species/2384/en>

FAO (2014). The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome: 223

FAO (2018). The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 – Meeting the sustainable development goals. Rome

Fergusson, W.C., (1974). Summary. In: Staudinger, J.J.P. (Ed.), *Plastics and the Environment*. Hutchinson and Co, London, p. 2.

Fischer, W., Bauchot, M.L. e Schneider, M. (1987). Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire (Zone de pêche 37). Révision 1, FAO, Rome, vols. I-II: 1530.

Galgani F, Leaute JP, Moguedet P, Souplet A, Verin Y. (2000) Litter on the sea floor along European coasts. *Marine Pollution Bulletin*. 40: 516–527.4

Galgani, F., Hanke, G., Werner, S., Oosterbaan, L., Nilsson, P., Fleet, D., Kinsey, S., Thompson, R.C., VanFraneker, J., Vlachogianni, T., Scoullou, M., Mira Veiga, J., Palatinus, A., Matiddi, M., Maes, T., Korpinen, S., Budziak, A., Leslie, H., Gago, J., Liebezeit, G., (2013). Monitoring Guidance for Marine Litter in European Seas, JRC scientific and policy reports, Report EUR 26113 EN, p. 120.

GESAMP (2015). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment (Kershaw, P. J., ed.). (IMO /FAO /UNESCO-IOC /UNIDO /WMO /IAEA /UN /UNEP /UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 90, 96 p.

GESAMP (2016). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment (Kershaw, P.J., and Rochman, C.M., eds). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 93, 220 p.

Goldberg, E.D. (1997). Plasticizing the seafloor: an overview. *Environmental Technology* 18:2, 195–202.

Gorman, M. (1993). *Environmental Hazards - Marine Pollution*. ABC-CLIO Inc. Santa Barbara.

Gregory, M.R. (2009). Environmental implications of plastic debris in marine settings entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364: 2012-2025

Hansen, J. (1990). Draft position statement on plastic debris in marine environments. *Fisheries – A Bulletin of the American Fisheries* 15(3), pp. 16–17

Harper, P. & Fowler, J. (1987). Plastic pellets in New Zealand storm-killed prions (*Pachyptila* spp.) 1958–1977. *Notornis*, 34(1), pp. 65–70.

Helena, B. (2000). Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga River, Spain) by principal component analysis. *Water Research*, 34(3), 807–816.

INE. (2018). *Estatística da Pesca 2017, Edição 2018*. Instituto Nacional de Estatística. Lisboa, Portugal.

Lee, J., Hong, S., Song, Y.K., Jang, Y.C., Jiang, M., Heo, N.W., Han, G.M., Kang, D., Shim, W.J. (2013). Relationships among the abundances of plastic debris in different size, classes on beaches in South Korea. *Marine Pollution Bulletin*, 77, pp. 349-354

Laist, D.W. (1987). Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 18, pp. 319–326

Lozano, R.L., Mouat, J. (2009). *Marine litter in the North-East Atlantic region: assessment and Priorities for response*. KIMO International

Lundqvist, J. (2013). Quantification of debris on the seafloor in shallow (<20 m) areas using a towed video camera system. Department of Marine Ecology University of Gothenburg

Lusher, A. (2015). Microplastics in the Marine Environment: Distribution, Interactions and Effects. In M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages, eds. *Marine anthropogenic Litter*. Springer, Cham, Switzerland, pp. 245–307.

Moore, C.J. (2008). Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research* 108(2): 131-139

Moretti, A., Fernandez-Criado, M., Cittolin, G., Guidastrì, R. (1999). *Manual on Hatchery Production of Seabass and Gilthead Seabream*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (FAO). pp. 1–141.

Morris, R. J. (1980). Floating plastic debris in the Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 11(5): 125.

MSFD Technical Subgroup on Marine Litter, (2013). *Guidance on monitoring of marine litter 540 in European seas*. Joint Research Centre Scientific and Policy Reports. European 541 Commission.

Ortega, A. (2008). *Cuadernos de Acuicultura - Cultivo de dorada (Sparus aurata)*. Fundación Observatorio Español de Acuicultura Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

OSPAR (2010). *Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area*. OSPAR Commission. London, UK, 84.

Palma, J.A. (1994) Estudo do regime alimentar e taxa de evacuação gástrica em dourada, *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758). Relatório de Estágio do Curso de Licenciatura em Biologia Marinha e Pescas. UCTRA, Universidade do Algarve. Faro.

PlasticsEurope (2015). *Plastics – the Facts 2015: An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Association of Plastics Manufacturers in Europe. Brussels

PlasticsEurope (2018). *Plastics – the Facts 2018: An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Association of Plastics Manufacturers in Europe. Brussels

Prada, S., Gaspar, A., Silva, M., Cruz, J., Portela, M., Hora, GR. (2003). Recursos Hídricos da Ilha da Madeira. *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro* 90: 125-142.

Pruter, A.T., (1987). Sources, quantities and distribution of persistent plastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 18(6): 305–310

Ricker W.E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 191: 1–382

Romeo, T., Pietro, B., Pedà, C., Consoli, P., Andaloro, F., Fossi, M.C. (2015). First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* 95(1): 358-61

Russell, B., Carpenter, K.E. & Pollard, D. (2014). *Sparus aurata*. The IUCN Red List of Threatened Species. Site visitado a 3 de Novembro de 2018: <https://www.iucnredlist.org/species/170253/1302459>

Ryan, P.G., (1987). The origin and fate of artefacts stranded on islands in the African sector of the Southern Ocean. *Environmental Conservation* 14(4): 341–346

Santinha, P.J. (1998) Manual de aquacultura - ostra, amêijoa, camarão, salmão, tilápia, enguia, dourada, robalo, pregado. Marca-Artes Gráficas ISBN972-97892-0-7: 165-176 p.

Sheavly, S. B., & Register, K. M. (2007). Marine Debris & Plastics: Environmental Concerns, Sources, Impacts and Solutions. *Journal of Polymers and the Environment*, 15(4): 301–305.

Simmonds, M.P. (2012). Cetaceans and marine debris: the great unknown. *Journal of Marine Biology* 2012: 1-8

Sola, L.; Moretti, A.; Crosetti, D.; Naraiskou, N.; Magoulas, A.; Rossi, A.R.; Rye, M.; Triantafyllidis, A.; Tsigenopoulos, C.S. (2014). Gilthead seabream – *Sparus aurata*. Genimpact final scientific report pp .47-54

Topçu, Nur & Tonay, M. & Dede, Ayhan & Oztürk, Ayaka & Oztürk, Bayram. (2013). Origin and abundance of marine litter along sandy beaches of the Turkish Western Black Sea Coast. *Marine environmental research* 85: 21-28

Torres C. & Andrade, C. (2010). Spatial decision Analysis Process for selection Marine Aquaculture suitable zones: The example of Madeira Island. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 10(3): 321-330.

UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change. United Nations Environment Programme, Nairobi.

Van Franeker, J.A., Blaize, C., Danielsen, J., Fairclough, K., Gollan, J., Guse, N., Hansen, P.L., Heubeck, M., Jensen, J.-K., Le Guillou, G., Olsen, B., Olsen, K.O., Pedersen, J., Stienen, E.W.M. and Turner, D.M. (2011). Monitoring plastic ingestion by the northern fulmar *Fulmarus glacialis* in the North Sea. *Environmental Pollution* 159: 2609-2615.

Van Franeker (2019). Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP) Guidelines for Monitoring and Assessment of plastic particles in stomachs of fulmars in the North Sea area. Agreement 2015-03, OSPAR Commission.

Vega, M., Pardo, R., Barrado, E., & Debán, L. (1998). Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. *Water Research*, 32(12), 3581–3592.




Wieczorek A.M., Morrison, L., Croot, P.L., Allcock, A.L., MacLoughlin, E., Savard, O., Brownlow, H., Doyle, T.K. (2018) Frequency of Microplastics in Mesopelagic Fishes from the Northwest Atlantic. *Frontiers in Marine Science* 5: 39.

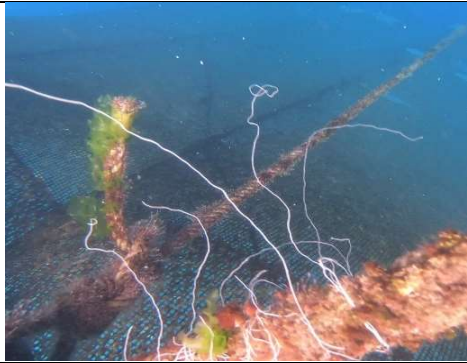


Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental Pollution*, 178: 483–492.









## Anexos

### Anexo 1. Características dos plásticos observados nas jaulas do estabelecimento de cultura da Calheta



Data	Jaula	Zona Observação	código categoria OSPAR	Categoria OSPAR	Observações	Fotografia
18/jan	6	SE	OSPAR3	saco plástico pequeno		
18/jan	9	NE	OSPAR2	saco plástico		
18/jan	10	NE	OSPAR48	outros	peça parte superior da jaula	




22/jan	7	NE	OSPAR32	corda e cordel (< 1 cm)				
22/jan	9	NE	OSPAR2	saco plástico				
31/jan	9	SE	OSPAR46	Bocados de plástico 2,5 – 50 cm				



19/fev	8	NW	OSPAR2	saco plástico				
19/mar	6	NW	OSPAR15	cápsulas/argolas de plástico das tampas	tampa			
19/mar	6	SW	OSPAR2	saco plástico				

21/mar	6	SW	OSPAR2	saco plástico				
26/mar	6	SW	OSPAR2	saco plástico				
28/mar	6	SW	OSPAR2	saco plástico				

Anexo 2. Características dos plásticos observados nos indivíduos do estabelecimento de cultura da Calheta

Data	Identificação Plástico	Jaula da Dourada	Código Categoria OSPAR	Fotografia
07/jan	I	4	OSPAR46	
21/jan	II	4	OSPAR46	

04/mar	III	6	OSPAR46	
18/mar	IV	6	OSPAR117	
08/abr	V	5	OSPAR46	

08/abr	VI	5	OSPAR46	
22/abr	VII	6	OSPAR46	

06/mai	VIII	6	OSPAR46	
06/mai	IX	6	OSPAR46	

14/mai	X	9	OSPAR46	
14/mai	XI	9	OSPAR46	
14/mai	XII	9	OSPAR46	

### Anexo 3. Matriz de correlação de Pearson da ACP do Local A

Variables	O47	O117	O46	O15	O6	O4	O7	O5	O39	O10	O19	O14	O31	O32	O33	O115	O2	O3	O17	O45	O16	O18	O24	O21	O22	VmV	Prec	CoefM	
O47	1	0,434	0,509	0,020	0,625	0,663	0,049	-0,070	-0,116	-0,253	0,440		-0,253	0,820	-0,004	-0,272	0,601	0,283	0,706		0,459	0,295	0,706	-0,220	0,226	0,173	0,347	-0,183	
O117	0,434	1	0,727	0,621	0,266	0,473	0,142	0,040	-0,252	0,584	0,380		0,584	0,359	0,214	-0,269	0,414	0,722	0,445		0,200	0,375	0,445	-0,263	0,615	0,363	0,373	0,365	
O46	0,509	0,727	1	0,193	0,395	0,815	0,316	0,121	-0,248	0,045	0,700		0,045	0,550	0,330	-0,313	0,241	0,626	0,412		0,176	0,632	0,412	-0,386	0,454	0,588	0,662	0,450	
O15	0,020	0,621	0,193	1	0,033	-0,127	-0,179	0,051	-0,189	0,705	-0,214		0,705	0,065	0,181	0,051	0,486	0,155	0,481		0,355	-0,189	0,481	-0,203	0,206	0,254	-0,241	0,275	
O6	0,625	0,266	0,395	0,033	1	0,530	-0,185	-0,272	0,336	-0,288	0,200		-0,288	0,374	0,410	-0,272	0,600	0,123	0,751		0,499	0,128	0,751	-0,178	-0,057	0,393	0,299	-0,240	
O4	0,663	0,473	0,815	-0,127	0,530	1	0,430	0,095	-0,214	-0,354	0,752		-0,354	0,607	0,016	-0,162	0,197	0,405	0,413		0,236	0,761	0,413	-0,186	0,328	0,435	0,762	0,114	
O7	0,049	0,142	0,316	-0,179	-0,185	0,430	1	0,640	-0,192	-0,192	0,279		-0,192	0,030	-0,222	0,640	-0,338	0,501	-0,192		-0,064	0,433	-0,192	0,412	0,477	-0,237	0,421	0,285	
O5	-0,070	0,040	0,121	0,051	-0,272	0,095	0,640	1	-0,123	-0,123	-0,162		-0,123	-0,234	0,026	0,409	-0,296	0,320	-0,123		-0,217	-0,123	-0,123	-0,014	-0,154	-0,447	-0,031	0,523	
O39	-0,116	-0,252	-0,248	-0,189	0,336	-0,214	-0,192	-0,123	1	-0,083	-0,193		-0,083	-0,158	0,245	-0,123	-0,201	0,068	-0,083		-0,147	-0,083	-0,083	-0,135	-0,217	0,186	0,229	0,070	
O10	-0,253	0,584	0,045	0,705	-0,288	-0,354	-0,192	-0,123	-0,083	1	-0,193		1,000	-0,158	0,245	-0,123	0,017	0,365	-0,083		-0,147	-0,083	-0,083	-0,135	0,460	0,139	-0,145	0,331	
O19	0,440	0,380	0,700	-0,214	0,200	0,752	0,279	-0,162	-0,193	-0,193	1		-0,193	0,533	-0,170	-0,347	-0,012	0,388	0,058		0,065	0,811	0,058	-0,352	0,439	0,485	0,780	0,240	
O14																													
O31	-0,253	0,584	0,045	0,705	-0,288	-0,354	-0,192	-0,123	-0,083	1,000	-0,193		1	-0,158	0,245	-0,123	0,017	0,365	-0,083		-0,147	-0,083	-0,083	-0,135	0,460	0,139	-0,145	0,331	
O32	0,820	0,359	0,550	0,065	0,374	0,607	0,030	-0,234	-0,158	-0,158	0,533		-0,158	1	-0,111	-0,234	0,444	0,130	0,527		0,325	0,527	0,527	-0,256	0,374	0,486	0,475	-0,033	
O33	-0,004	0,214	0,330	0,181	0,410	0,016	-0,222	0,026	0,245	0,245	-0,170		0,245	-0,111	1	-0,310	0,042	0,297	0,245		0,031	-0,210	0,245	-0,340	-0,073	0,310	-0,029	0,234	
O115	-0,272	-0,269	-0,313	0,051	-0,272	-0,162	0,640	0,409	-0,123	-0,123	-0,347		-0,123	-0,234	-0,310	1	-0,136	-0,118	-0,123		0,135	-0,123	-0,123	0,726	0,180	-0,447	-0,221	-0,101	
O2	0,601	0,414	0,241	0,486	0,600	0,197	-0,338	-0,296	-0,201	0,017	-0,012		0,017	0,444	0,042	-0,136	1	-0,073	0,886		0,699	-0,201	0,886	-0,023	0,021	0,145	-0,222	-0,331	
O3	0,283	0,722	0,626	0,155	0,123	0,405	0,501	0,320	0,068	0,365	0,388		0,365	0,130	0,297	-0,118	-0,073	1	0,068		-0,010	0,365	0,068	-0,095	0,642	0,118	0,529	0,443	
O17	0,706	0,445	0,412	0,481	0,751	0,413	-0,192	-0,123	-0,083	-0,083	0,058		-0,083	0,527	0,245	-0,123	0,886	0,068	1		0,807	-0,083	1,000	-0,135	0,009	0,315	-0,022	-0,253	
O45																													
O16	0,459	0,200	0,176	0,355	0,499	0,236	-0,064	-0,217	-0,147	-0,147	0,065		-0,147	0,325	0,031	0,135	0,699	-0,010	0,807		1	-0,147	0,807	0,204	0,115	0,197	-0,127	-0,513	
O18	0,295	0,375	0,632	-0,189	0,128	0,761	0,433	-0,123	-0,083	-0,083	0,811		-0,083	0,527	-0,210	-0,123	-0,201	0,365	-0,083		-0,147	1	-0,083	-0,135	0,573	0,562	0,920	0,269	
O24	0,706	0,445	0,412	0,481	0,751	0,413	-0,192	-0,123	-0,083	-0,083	0,058		-0,083	0,527	0,245	-0,123	0,886	0,068	1,000		0,807	-0,083	1	-0,135	0,009	0,315	-0,022	-0,253	
O21	-0,220	-0,263	-0,386	-0,203	-0,178	-0,186	0,412	-0,014	-0,135	-0,135	-0,352		-0,135	-0,256	-0,340	0,726	-0,023	-0,095	-0,135		0,204	-0,135	-0,135	1	0,275	-0,468	-0,243	-0,570	
O22	0,226	0,615	0,454	0,206	-0,057	0,328	0,477	-0,154	-0,217	0,460	0,439		0,460	0,374	-0,073	0,180	0,021	0,642	0,009		0,115	0,573	0,009	0,275	1	0,233	0,474	0,110	
VmV	0,173	0,363	0,588	0,254	0,393	0,435	-0,237	-0,447	0,186	0,139	0,485		0,139	0,486	0,310	-0,447	0,145	0,118	0,315		0,197	0,562	0,315	-0,468	0,233	1	0,586	0,224	
Prec	0,347	0,373	0,662	-0,241	0,299	0,762	0,421	-0,031	0,229	-0,145	0,780		-0,145	0,475	-0,029	-0,221	-0,222	0,529	-0,022		-0,127	0,920	-0,022	-0,243	0,474	0,586	1	0,345	
CoefM	-0,183	0,365	0,450	0,275	-0,240	0,114	0,285	0,523	0,070	0,331	0,240		0,331	-0,033	0,234	-0,101	-0,331	0,443	-0,253		-0,513	0,269	-0,253	-0,570	0,110	0,224	0,345	1	

### Anexo 4. Matriz de correlação de Pearson da ACP do Local B

Variables	O47	O117	O46	O15	O6	O4	O7	O5	O39	O10	O19	O14	O31	O32	O33	O115	O2	O3	O17	O45	O16	O18	O24	O21	O22	VmV	Prec	CoefM	
O47	1	0,811	0,904	0,805	0,759	0,698	0,507	0,174	0,349	0,174	0,583	-0,114		0,812	0,601	-0,168	0,006	0,211	-0,114	0,516	0,125		-0,237	-0,238	0,374	0,529	0,850	0,266	
O117	0,811	1	0,794	0,832	0,823	0,639	0,614	0,378	0,415	0,378	0,527	-0,114		0,732	0,731	-0,168	-0,028	-0,171	0,098	0,613	-0,200		-0,012	-0,285	0,363	0,742	0,676	0,182	
O46	0,904	0,794	1	0,672	0,592	0,442	0,571	0,004	0,397	0,004	0,357	-0,033		0,755	0,419	-0,155	-0,115	0,148	-0,391	0,586	-0,090		-0,472	-0,159	0,446	0,577	0,783	0,296	
O15	0,805	0,832	0,672	1	0,946	0,806	0,659	0,230	0,059	0,230	0,819	-0,133		0,925	0,768	-0,197	-0,017	0,045	0,252	0,656	-0,065		0,087	-0,142	0,410	0,683	0,848	0,185	
O6	0,759	0,823	0,592	0,946	1	0,767	0,470	0,467	0,220	0,467	0,817	0,029		0,793	0,761	-0,239	-0,120	-0,063	0,411	0,467	0,052		0,184	-0,210	0,168	0,738	0,793	0,068	
O4	0,698	0,639	0,442	0,806	0,767	1	0,429	0,349	0,061	0,349	0,641	-0,378		0,675	0,695	-0,169	0,033	0,058	0,412	0,414	0,145		0,284	0,107	0,202	0,555	0,597	0,291	
O7	0,507	0,614	0,571	0,659	0,470	0,429	1	-0,262	-0,178	-0,262	0,385	-0,178		0,746	0,272	-0,262	-0,083	0,216	-0,178	0,761	-0,313		0,079	-0,081	0,774	0,446	0,604	0,627	
O5	0,174	0,378	0,004	0,230	0,467	0,349	-0,262	1	0,677	1,000	0,323	-0,123		-0,123	0,320	-0,182	-0,197	-0,308	0,677	-0,182	0,135		0,409	-0,160	-0,409	0,370	-0,087	-0,317	
O39	0,349	0,415	0,397	0,059	0,220	0,061	-0,178	0,677	1	0,677	0,029	-0,083		-0,083	0,068	-0,123	-0,291	-0,208	-0,083	-0,123	-0,147		-0,123	-0,108	-0,277	0,315	-0,022	-0,253	
O10	0,174	0,378	0,004	0,230	0,467	0,349	-0,262	1,000	0,677	1	0,323	-0,123		-0,123	0,320	-0,182	-0,197	-0,308	0,677	-0,182	0,135		0,409	-0,160	-0,409	0,370	-0,087	-0,317	
O19	0,583	0,527	0,357	0,819	0,817	0,641	0,385	0,323	0,029	0,323	1	-0,198		0,710	0,639	-0,013	0,036	0,316	0,408	0,323	0,051		0,323	-0,355	0,181	0,278	0,630	-0,068	
O14	-0,114	-0,114	-0,033	-0,133	0,029	-0,378	-0,178	-0,123	-0,083	-0,123	-0,198	1		-0,083	-0,228	-0,123	-0,291	-0,208	-0,083	-0,123	0,330		-0,123	-0,108	-0,277	0,186	0,229	0,070	
O31																													
O32	0,812	0,732	0,755	0,925	0,793	0,675	0,746	-0,123	-0,083	-0,123	0,710	-0,083		1	0,662	-0,123	0,024	0,179	-0,083	0,677	-0,147		-0,123	-0,108	0,523	0,562	0,920	0,269	
O33	0,601	0,731	0,419	0,768	0,761	0,695	0,272	0,320	0,068	0,320	0,639	-0,228		0,662	1	0,101	0,325	-0,253	0,365	0,320	-0,141		0,101	-0,296	0,118	0,447	0,535	-0,234	
O115	-0,168	-0,168	-0,155	-0,197	-0,239	-0,169	-0,262	-0,182	-0,123	-0,182	-0,013	-0,123		-0,123	0,101	1	0,734	0,264	-0,123	-0,182	-0,217		-0,182	-0,160	-0,409	-0,378	-0,219	-0,226	
O2	0,006	-0,028	-0,115	-0,017	-0,120	0,033	-0,083	-0,197	-0,291	-0,197	0,036	-0,291		0,024	0,325	0,734	1	0,173	0,024	0,036	-0,096		-0,197	-0,275	-0,036	-0,386	-0,111	-0,177	
O3	0,211	-0,171	0,148	0,045	-0,063	0,058	0,216	-0,308	-0,208	-0,308	0,316	-0,208		0,179	-0,253	0,264	0,173	1	-0,208	-0,022	0,314		-0,022	-0,270	0,165	-0,427	0,200	0,399	
O17	-0,114	0,098	-0,391	0,252	0,411	0,412	-0,178	0,677	-0,083	0,677	0,408	-0,083		-0,083	0,365	-0,123	0,024	-0,208	1	-0,123	0,330		0,677	-0,108	-0,277	0,186	-0,096	-0,176	
O45	0,516	0,613	0,586	0,656	0,467	0,414	0,761	-0,182	-0,123	-0,182	0,323	-0,123		0,677	0,320	-0,182	0,036	-0,022	-0,123	1	-0,217		-0,182	0,100	0,773	0,518	0,572	0,443	
O16	0,125	-0,200	-0,090	-0,065	0,052	0,145	-0,313	0,135	-0,147	0,135	0,051	0,330		-0,147	-0,141	-0,217	-0,096	0,314	0,330	-0,217	1		0,135	-0,190	-0,135	-0,160	0,154	0,271	
O18																													
O24	-0,237	-0,012	-0,472	0,087	0,184	0,284	0,079	0,409	-0,123	0,409	0,323	-0,123		-0,123	0,101	-0,182	-0,197	-0,022	0,677	-0,182	0,135		1	-0,160	-0,114	-0,039	-0,182	0,126	
O21	-0,238	-0,285	-0,159	-0,142	-0,210	0,107	-0,081	-0,160	-0,108	-0,160	-0,355	-0,108		-0,108	-0,296	-0,160	-0,275	-0,270	-0,108	0,100	-0,190		-0,160	1	-0,100	0,271	-0,164	0,130	
O22	0,374	0,363	0,446	0,410	0,168	0,202	0,774	-0,409	-0,277	-0,409	0,181	-0,277		0,523	0,118	-0,409	-0,036	0,165	-0,277	0,773	-0,135		-0,114	-0,100	1	0,108	0,399	0,459	
VmV	0,529	0,742	0,577	0,683	0,738	0,555	0,446	0,370	0,315	0,370	0,278	0,186		0,562	0,447	-0,378	-0,386	-0,427	0,186	0,518	-0,160		-0,039	0,271	0,108	1	0,586	0,224	
Prec	0,850	0,676	0,783	0,848	0,793	0,597	0,604	-0,087	-0,022	-0,087	0,630	0,229		0,920	0,535	-0,219	-0,111	0,200	-0,096	0,572	0,154		-0,182	-0,164	0,399	0,586	1	0,345	
CoefM	0,266	0,182	0,296	0,185	0,068	0,291	0,627	-0,317	-0,253	-0,317	-0,068	0,070		0,269	-0,234	-0,226	-0,177	0,399	-0,176	0,443	0,271		0,126	0,130	0,459	0,224	0,345	1	