



Instituto Politécnico  
de Viana do Castelo

Raquel da Cunha Fonseca

Aquacultura em regime intensivo de *Psetta maxima* e em  
regime semi-intensivo de *Dicentrarchus labrax* e *Sparus  
aurata*

Mestrado em Zootecnia

Trabalho efetuado sob a orientação de  
Professora Doutora Isabel Maria Barreira Afonso Paula

Julho de 2023

As doutrinas expressas neste trabalho são da  
exclusiva responsabilidade do autor

## Índice

Agradecimentos.....	vii
Resumo.....	viii
Abstract.....	ix
Lista de abreviaturas e símbolos.....	x
Lista de figuras.....	xi
Lista de quadros.....	xiv
1. Introdução.....	1
2. Revisão bibliográfica.....	2
2.1. Aquacultura.....	2
2.1.1. História da Aquacultura e Aquacultura Atual.....	3
2.1.2. Aquacultura em Portugal.....	9
2.1.3. Sustentabilidade/Impacto ambiental.....	12
2.1.4. A recirculação de água na aquacultura (RAS).....	15
2.1.5. Desinfecção da Água.....	18
2.1.5.1. Ozono.....	18
2.1.5.2. Radiação UV.....	18
2.1.6. Bombeamento da Água.....	19
2.2. Parâmetros e Gestão da Qualidade da Água em Piscicultura.....	19
2.2.1. Oxigénio dissolvido (OD).....	19
2.2.2. Temperatura.....	21
2.2.3. Salinidade.....	23

2.2.4. pH.....	24
2.2.5. Amónia, nitratos e nitritos.....	24
2.2.6. Dióxido de Carbono.....	25
2.2.7. Cloro.....	26
2.2.8. Partículas Sólidas em Suspensão.....	27
2.2.9. Metais Pesados.....	27
2.3. Aquacultura do Pregado ( <i>Psetta maxima</i> ).....	30
2.3.1. Taxonomia.....	30
2.3.2. História, morfologia e habitat.....	30
2.3.3. Ciclo de Vida.....	31
2.3.4. Doenças mais frequentes.....	34
2.4. Aquacultura de Robalo ( <i>Dicentrarchus labrax</i> ).....	36
2.4.1. Taxonomia.....	36
2.4.2. História, morfologia e habitat.....	36
2.4.3. Ciclo de Vida.....	38
2.4.4. Doenças mais frequentes.....	41
2.5. Aquacultura de Dourada ( <i>Sparus aurata</i> ).....	43
2.5.1. Taxonomia.....	43
2.5.2. História, morfologia e habitat.....	43
2.5.3. Ciclo de Vida.....	45
2.5.4. Doenças mais frequentes.....	48
2.6. Doenças mais frequentes em Piscicultura.....	50
2.7. Profilaxia Médica e Sanitária.....	51

2.7.1. Profilaxia Médica.....	51
2.7.2. Profilaxia Sanitária .....	52
3. Estudo de caso.....	53
3.1. Caracterização dos locais de estágio .....	53
3.1.1. Stolt Sea Farm .....	53
3.1.2. Nasharyba.....	60
3.2. Recirculação de Água .....	64
3.2.1. Introdução.....	64
3.2.2. Metodologia .....	64
3.2.3. Avaliação dos Parâmetros da Água .....	65
3.3. Resultados.....	68
3.3.1. Desempenho zootécnico nos diferentes sistemas.....	70
3.3.2. Análise comparativa dos sistemas em estudo.....	74
3.3.3. Discussão dos resultados .....	77
4. Conclusão .....	79
5. Bibliografia.....	81

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à minha mãe pelo apoio, carinho e dedicação e ao meu pai que foram os meus pilares.

À Professora Doutora Isabel Maria Barreira Afonso Paula por ter aceite ser minha orientadora e ter mostrado disponibilidade para ajudar.

Ao Professor Júlio César Oliveira Lopes pela orientação, confiança e incentivo que demonstrou.

Ao Coordenador do Curso Professor Doutor José Pedro Araújo pela preocupação e ajuda durante todo o percurso de Mestrado.

Agradeço também à minha turma de Zootecnia, a todos os docentes e funcionários da ESA, que em conjunto ajudaram à finalização desta etapa.

Aos responsáveis das empresas Stolt Sea Farm e Nasharyba pela disponibilidade e compreensão e a todos os colaboradores pelo apoio e carinho que me transmitiram.

Foi um trajeto difícil, mas compensador que me permitiu conhecer duas áreas da aquacultura, até então desconhecidas para mim.

## Resumo

A aquacultura tem sido uma forte contribuição no aporte alimentar de pescado ao ser humano como a proteína do futuro. Face ao seu crescimento e às implicações ambientais que esta apresenta surgiu a necessidade de criar legislação para o controle desta atividade. Tal como a agricultura ou pecuária, o impacto que gera no ambiente é motivo de grande preocupação, tendo sido desenvolvidas formas que minimizem este, com a adoção de medidas de restrição no uso da água, controlo dos parâmetros e tratamento dos efluentes. Assim, a aquacultura deve ser praticada de uma forma sustentável, tendo como prioridade a produção de peixe, a inclusão social, ambiental e económica (Eler & Millani, 2007).

Neste contexto, este trabalho foi realizado no âmbito da unidade curricular Estágio/Dissertação/Projeto do 2º ano de mestrado de Zootecnia, tendo como objetivos avaliar os impactos da atividade aquícola, as formas de os minimizar e, desta forma, fazer um estudo de caso que avalie e compare o desenvolvimento zootécnico num sistema RAS. Para isso, foram escolhidos dois locais de estágio onde foram desenvolvidas e observadas as atividades inerentes a estes. O primeiro na Stolt Sea Farm durante 10 meses e o segundo na Nasharyba durante 2 meses.

São descritos e estudados dois tipos de regimes, um intensivo na produção de pregado (*Psetta maxima*) com recurso à recirculação de água e outro semi-intensivo na produção de robalo (*Dicentrarchus labrax*) e dourada (*Sparus aurata*). Em ambos os sistemas, se constata que o impacto ambiental não é preocupante, uma vez que no regime intensivo é usada a recirculação da água e tratamento dos efluentes e no regime semi-intensivo com a baixa densidade que este comporta e com as trocas de água proveniente das marés, diminui significativamente a poluição ambiental.

Durante o estágio no regime intensivo, foi realizada uma avaliação do desempenho zootécnico de *Psetta maxima* em dois tanques com água de 1º uso (SR) e dois com água de recirculação (CR), a fim de comparar o seu desenvolvimento em ambos os sistemas, concluindo-se que embora o RAS diminua a quantidade de água utilizada, esta é mais pobre em nutrientes, podendo resultar num menor crescimento do peixe e, assim, aumentar os custos de produção para o piscicultor. No entanto, neste estudo não foi possível concluir que este é o único fator responsável pelo atraso de crescimento verificado.

**Palavras-chave:** Aquacultura, regime intensivo, regime semi-intensivo, sustentabilidade, recirculação de água, *Psetta maxima*, *Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata*, patologias

## Abstract

Aquaculture has been a strong contribution to the food supply of fish to humans as the protein of the future. In view of its growth and the environmental implications it presents, the need arose to create legislation to control this activity. Just like agriculture or livestock, the impact it generates on the environment is a matter of great concern, and ways have been developed to minimize it, with the adoption of measures to restrict the use of water, control of parameters and treatment of the environment. Thus, aquaculture must be practiced in a sustainable way, with priority given to fish production, social, environmental and economic inclusion (Eler & Millani, 2007).

In this context, this work was carried out within the scope of the curricular unit Internship/Dissertation/Project of the 2nd year of the Master's Degree in Animal Science, with the objectives of evaluating the impacts of aquaculture activity, the ways to minimize them and, in this way, make a case study that evaluates and compares zootechnical development in a RAS system. To this end, two internship sites were chosen where the activities inherent to them were developed and observed. The first at Stolt Sea Farm for 10 months and the second at Nasharyba for 2 months.

Two types of regimes are described and studied, one intensive in the production of turbot (*Psetta maxima*) using water recirculation and the other semi-intensive in the production of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*). In both systems, it can be seen that the environmental impact is not a concern, since in the intensive regime the recirculation of water and treatment of effluents is used and in the semi-intensive regime with the low density that it entails and with the exchange of water from the tides, environmental pollution is significantly reduced.

During the internship in the intensive regime, an evaluation of the zootechnical performance of *Psetta maxima* was carried out in two tanks with 1st use water (SR) and two with recirculating water (CR), in order to compare its development in both systems, it was concluded that although RAS decreases the amount of water used, it is poorer in nutrients, which may result in lower fish growth and thus increase production costs for the fish farmer. However, in this study it was not possible to conclude that this is the only factor responsible for the growth retardation observed.

**Keywords:** Aquaculture, intensive system, semi-intensive system, sustainability, water recirculation, *Psetta maxima*, *Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata*, pathologies.

## **Lista de abreviatura e símbolos**

ATP - Adenosina trifosfato

CR - Com Recirculação

DGRM - Direção Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos

ETAR - Estação de Tratamento de Águas Residuais

EUA - Estados Unidos da América

FAO - Food and Agriculture Organization

INE - Instituto Nacional de Estatística

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera

OD - Oxigénio dissolvido

ORP - potencial oxidação redução

$\mu$  - picómetro

pH - potencial Hidrogeniônico

RAS - Sistema de Recirculação de Água

SR - Sem Recirculação

TAN - Nitrogénio Amoniacal Total

EU - União Europeia

UV - Radiação Ultravioleta

## Lista de figuras

<b>Figura 2.1:</b> Evolução global do estado dos stocks marinhos desde 1974 a 2017. Fonte: FAO (2020). .....	4
<b>Figura 2.2:</b> Evolução da Pesca e Aquacultura em águas interiores e marinhas. Fonte: FAO (2022) .....	7
<b>Figura 2.3:</b> Evolução da população mundial e consumo per capita. Fonte: FAO (2020). .....	7
<b>Figura 2.4:</b> Previsão do fornecimento de peixe proveniente da aquacultura e da captura até 2035. Fonte: FAO (2007). .....	8
<b>Figura 2.5:</b> Produção aquícola por regime de exploração. Fonte: DGRM (2021). .....	11
<b>Figura 2.6:</b> Consumo de peixe per capita em Portugal. Fonte: FAO (2007). .....	12
<b>Figura 2.7:</b> Sistema de Recirculação de Água. Fonte: Bregnballe (2015) .....	16
<b>Figura 2.8:</b> Biofiltros em movimento e fixos. Fonte: Bregnballe (2015) .....	17
<b>Figura 2.9:</b> Ilustração de <i>Psetta maxima</i> . Fonte: Rodríguez (2011) .....	31
<b>Figura 2.10:</b> Ciclo de Vida <i>Psetta maxima</i> . Fonte: FAO (2009) .....	32
<b>Figura 2.11:</b> Desenvolvimento larvar <i>Psetta maxima</i> . Fonte: Rodríguez (2011) .....	33
<b>Figura 2.12:</b> Ilustração de <i>Dicentrarchus Labrax</i> . Fonte: Ortega (2013). .....	37
<b>Figura 2.13:</b> Ciclo de Vida <i>Dicentrarchus labrax</i> . Fonte: FAO (2009) .....	38
<b>Figura 2.14:</b> Desenvolvimento larvar <i>Dicentrarchus labrax</i> . Fonte Ortega (2013) .....	40
<b>Figura 2.15:</b> Ilustração de <i>Sparus aurata</i> . Fonte: Ortega (2008) .....	44
<b>Figura 2.16:</b> Ciclo de vida <i>Sparus aurata</i> . Fonte: FAO (2009) .....	45
<b>Figura 2.17:</b> Desenvolvimento larvar <i>Sparus aurata</i> desde a eclosão até aos 50 dias de a) a g). Fonte: Alicia Estévez (2019) .....	47
<b>Figura 3.1:</b> Tanque de distribuição de água à quarentena. Fonte: Fotografia original (2022) .....	53

<b>Figura 3.2:</b> Reservatório de oxigénio. Fonte: Fotografia original (2022).....	54
<b>Figura 3.3:</b> Estação de ozono. Fonte: Fotografia original (2022).....	54
<b>Figura 3.4:</b> Lagoa de tratamento dos efluentes. Fonte: Fotografia original (2022). .....	55
<b>Figura 3.5:</b> Chegada de alevins. Fonte: Fotografia original (2022).....	56
<b>Figura 3.6:</b> Tanques <i>Nursery</i> . Fonte: Fotografia original (2022).....	56
<b>Figura 3.7:</b> Tanques pré-engorda. Fonte: Fotografia original (2022).....	57
<b>Figura 3.8:</b> Tanques Engorda. Fonte: Fotografia original (2022).....	57
<b>Figura 3.9:</b> Esquema das linhas de tubagem de água – Stolt Sea Farm.....	58
<b>Figura 3.10:</b> Alimentação automática <i>nursery</i> . Fonte: Fotografia original (2022).....	59
<b>Figura 3.11:</b> Imagem de autovacina inativada contra Scuticociliatose e vacinação via intraperitoneal. Fonte: Fotografia original (2022).....	60
<b>Figura 3.12:</b> Planta das pisciculturas do Torrão e Vale da Vinha. Fonte: Nasharyba.....	61
<b>Figura 3.13:</b> Imagem de um tanque com alimentadores, quadro elétrico e arejador. Fonte: Fotografia original (2022).....	62
<b>Figura 3.14:</b> Rede de arrasto dos peixes para a pesca. Fonte: Fotografia original (2022).....	63
<b>Figura 3.15:</b> Medição OD/Temperatura. Fonte: Fotografia original (2022).....	65
<b>Figura 3.16:</b> Medição do Ferro. Fonte: Fotografia original (2022). .....	65
<b>Figura 3.17:</b> Medição da Salinidade. Fonte: Fotografia original (2022) .....	66
<b>Figura 3.18:</b> Medição pH. Fonte: Fotografia original (2022). .....	66
<b>Figura 3.19:</b> Medição Amónia. Fonte: Fotografia original (2022).....	67
<b>Figura 3.20:</b> Folha de Registos. Fonte: Fotografia original (2022).....	67

<b>Figura 3.21:</b> Valores médios da concentração de OD com pontos de colheita na linha de abastecimento e nos tanques SR e CR. ....	69
<b>Figura 3.22:</b> Valores médios de Temperatura, Salinidade, pH, Amónia e Ferro no período de 07/04 a 29/07/2022 .....	69
<b>Figura 3.23:</b> Relação da temperatura, pH e amónia.....	70
<b>Figura 3.24:</b> Ponto de equilíbrio entre pH, $\text{NH}_4^+$ e $\text{NH}_3$ .....	70
<b>Figura 3.25:</b> Ganho de peso diário (g) em tanques CR e SR.....	73
<b>Figura 3.26:</b> Relação TCE e CAA em tanques CR e SR.....	74

## Lista de quadros

<b>Quadro 2.1:</b> Evolução da produção aquícola em Portugal por espécies (Unidade: toneladas). Fonte: Adaptado de Plano Estratégico para a Aquacultura Portuguesa 2021-2030.....	10
<b>Quadro 2.2:</b> Descrição das patologias mais comuns <i>Psetta maxima</i> . Fonte: adaptado FAO (2009)., Menezes (2000).....	35
<b>Quadro 2.3:</b> Descrição das patologias mais comuns <i>Dicentrarchus labrax</i> . Fonte: adaptado FAO 2009., Ortega 2011.....	42
<b>Quadro 2.4:</b> Descrição das patologias mais comuns <i>Sparus aurata</i> . Fonte: adaptado FAO 2009., Ortega 2008. ....	48
<b>Quadro 3.1:</b> Características e valores dos grupos em estudo referentes ao período entre 07/04/2022 - 29/07/2022. Fonte: Stolt Sea Farm (2022).....	71
<b>Quadro 3.2:</b> Ajuste ao fornecimento de ração.. Fonte: adaptado de Lima, (2013).....	71
<b>Quadro 3.3:</b> Indicadores de desempenho obtidos com base nas fórmulas acima descritas.....	72
<b>Quadro 3.4:</b> Estatísticas descritivas de QRF, GP, GPD, TCE e CAA.....	74
<b>Quadro 3.5:</b> Testes de Normalidade.....	75
<b>Quadro 3.6:</b> Homogeneidade de variâncias.....	76
<b>Quadro 3.7:</b> Teste ANOVA.....	76

## 1. Introdução

O presente relatório refere-se ao estágio curricular de Mestrado em Zootecnia realizado na Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viana do Castelo.

Este estágio teve como objetivo acompanhar dois regimes de aquacultura, muito diferentes entre si, (regime intensivo e semi-intensivo) em três espécies distintas, respetivamente pregado (*Psetta maxima*), robalo (*Dicentrarchus labrax*) e dourada (*Sparus aurata*).

O primeiro estágio realizou-se na Stolt Sea Farm (Portugal) S.A., na Tocha, de 3 de janeiro a 30 de outubro de 2022, em regime intensivo de pregado. O segundo realizou-se na Nasharyba em Lavos de 5 de novembro a 30 de dezembro de 2022, em regime semi-intensivo de dourada e robalo. A opção de dois locais de estágio deveu-se ao facto de poder experienciar e comparar os dois tipos de regimes. O estudo de caso será sobre a Recirculação da água em aquacultura, a fim de considerar o RAS como uma hipótese para a diminuição do impacto ambiental desta atividade.

Na primeira parte, é feita uma descrição sobre a história e atualidade da aquacultura no mundo e em Portugal, seguida da sustentabilidade, impacto ambiental e a recirculação da água como uma alternativa sustentável. Na segunda parte, aborda-se o manejo em piscicultura e a importância que a avaliação dos parâmetros da água têm na atividade piscícola. De seguida, faz-se uma abordagem da aquacultura das três espécies: *Psetta maxima*, *Dicentrarchus labrax* e *Sparus aurata* e a descrição das patologias mais frequentes destas.

Posteriormente, é feita uma descrição dos locais do estágio nos dois regimes (intensivo e semi-intensivo) e o relato das atividades de cada um deles. Na última parte, é apresentado um estudo de caso que visa avaliar e comparar os parâmetros da água e o desempenho zootécnico dos peixes em dois tanques com recirculação e dois sem recirculação de água. Este estágio teve como objetivo aprofundar conhecimentos nesta área, e conhecer outra realidade que até então desconhecia.

## **2. Revisão bibliográfica**

### **2.1. Aquacultura**

A aquacultura define-se como a produção em cativeiro de animais aquáticos (peixes, moluscos, crustáceos, répteis, batráquios, equinodermes) e plantas, que tenham pelo menos uma fase da sua vida em habitat predominantemente aquático. Para se poder considerar que um produto tem origem na aquacultura é necessário que durante o seu ciclo de vida este seja objeto de intervenção humana (FAO, 2021).

A aquacultura, além de fornecer organismos alimentares para consumo humano é utilizada também na indústria de iscos, no fabrico de rações para animais, no aumento dos stocks em lagos e lagoas, na área ornamental (peixes e corais) e no repovoamento dos mares (Swann,1992).

É uma atividade em que são utilizados recursos naturais, manufaturados e humanos, tais como: terra, água, energia, ração, fertilizantes, equipamentos e mão de obra. A aquacultura moderna envolve três componentes: a produção sustentável, a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento social. Estes são os componentes essenciais e indissociáveis para que a atividade seja duradoura (Valenti, 2002).

Inicialmente, o homem limitava-se a uma exploração artesanal, recorrendo ao confinamento dos peixes através de muros, cercas ou outros meios de contenção, sem ter em conta os fundos destes e, por isso, não podiam fazer um controle eficaz dos efetivos. Por este motivo, recorreram à construção adequada de tanques ou viveiros em que fosse possível quantificar o efetivo existente (Menezes, 2003).

A aquacultura divide-se, essencialmente, em três regimes, que têm como base a densidade, a dependência de ração, a utilização de alimento natural, o nível de manejo, o custo de produção e possíveis doenças.

Regime extensivo: neste regime as espécies a cultivar podem ser capturadas em meio natural ou têm origem em unidades de reprodução. Os peixes crescem num ambiente o mais semelhante possível ao seu habitat natural, arejamento, alimentação natural e renovação da água natural (Mata & Salgado, 2022). Não há interferência do homem contra predadores, na qualidade da água e alimento. É um sistema que requer baixo investimento, mas a sua produção por área, também é baixa.

Regime semi-intensivo: nesta forma de cultivo, os ovos e os juvenis provêm de unidades de reprodução, a alimentação é natural e suplementada com ração, a água é renovada pelas marés e o arejamento é feito de forma natural ou mecânica (Mata & Salgado, 2022). A densidade é bastante inferior ao regime intensivo e como tal, a intervenção humana é menor, mas não dispensa uma atenção cuidadosa ao comportamento dos organismos aquáticos que pode refletir alterações da qualidade da água ou ocorrência de alguma patologia. Outro fator externo é a presença de predadores que não só se alimentam dos peixes como podem ser causadores de agentes patogénicos.

Regime intensivo: é um regime onde o controle e observação são permanentes e, ao contrário dos outros, a alimentação é exclusivamente à base de ração e a densidade é bastante elevada. “Caracteriza-se por reprodução em cativeiro, utilização de rações industriais, renovação da água e aeração mecânica” (Mata & Salgado, 2022). Trata-se de uma produção muito controlada e sistematizada com o controle de inúmeras variáveis, sobretudo os parâmetros da água, visando uma otimização da criação e um melhor retorno positivo. São realizadas com frequência amostragens e calibrações para homogeneizar os grupos, medidas profiláticas através de vacinação e deteção precoce de doenças ou outras intercorrências.

Em relação ao ambiente de cultivo dos organismos aquáticos, estes podem classificar-se em aquacultura marinha, salobra e de água doce (Lucas, 2003).

A aquacultura marinha ocorre em águas costeiras, fiordes, águas abertas e mares interiores (Ottinger et al., 2016). A aquacultura salobra dá-se em ambientes aquáticos onde a água é uma mistura de água doce e salgada, podendo ser instalados em estuários, baías, lagoas e fiordes (Ottinger et al., 2016). Finalmente, a aquacultura de água doce ocorre em rios, lagos, tanques e albufeiras em que a água contenha uma salinidade constante insignificante (INE & DGRM, 2016).

### **2.1.1. História da aquacultura e aquacultura atual**

Desde muito cedo, há séculos atrás, que o Homem depende da caça e da pesca para a sua sobrevivência. Relativamente à pesca, esta sofre uma evolução aquando da descoberta de formas de transporte mais rápidas, capturas de novas espécies, novos instrumentos e métodos. Com esta intensificação da atividade pesqueira, surge uma baixa dos stocks devido à sobreexploração destes, cuja tendência se mantém ainda hoje, isto é, a procura é superior aos recursos marinhos existentes (FAO, 2016).

Até à primeira metade do século XX, o homem pensava que o mar era uma fonte inesgotável de riqueza. Porém, com a sobreexploração os recursos marinhos chegaram ao seu limite. Cerca de 150 espécies marinhas de valor comercial, sofreram sobrepesca até ao limite da sua sustentabilidade (FAO, 2009).

A pesca insustentável tem vindo a aumentar com a sobreexploração dos recursos pesqueiros acima dos seus limites sustentáveis, desde o final da década de 70-80 (10%) a 2017 (34,2%) (Figura 2.1).

Segundo Santos (2009), “alguns locais de pesca estão tão esgotados que mesmo que esta fosse interrompida, levaria 20 anos ou mais para a reposição dos stocks”.

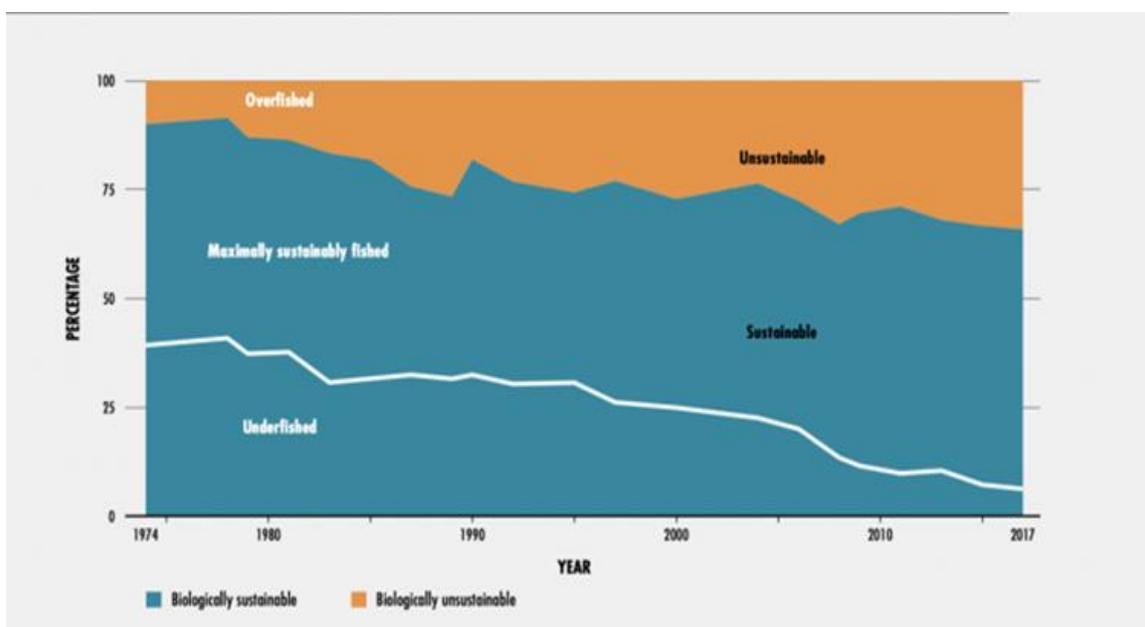


Figura 2.1: Evolução global do estado dos stocks marinhos desde 1974 a 2017. Fonte: FAO (2020).

Por este motivo, parte dos stocks pesqueiros encontram-se sob o risco de esgotamento devido à sobrepesca, sobretudo as espécies com maior valor comercial como o salmão e o bacalhau. Com a estagnação da pesca, a aquacultura aparece como alternativa ao fornecimento de peixe, estabelecendo-se um vínculo entre pesca, aquacultura e crescimento populacional, compensando deste modo a escassez da pesca (Santos, 2009).

Segundo a FAO (2008), a captura mundial de pescado encontra-se estagnada e não se espera que venha a crescer. Assim, a aquacultura é uma alternativa à produção de peixe que protege a sobreexploração dos recursos marinhos.

Torna-se então necessária uma mudança de mentalidades para a sustentabilidade dos mares. Alguns dos fatores que mais contribuíram para esta mudança foram: o aumento demográfico, o crescimento das cidades costeiras, o decréscimo dos stocks pesqueiros, a degradação do ambiente e a destruição dos ecossistemas marinhos, o aumento do tráfego por mar, a expansão da aquacultura, além de outros (Santos, 2009).

Na história da aquacultura a maioria das publicações referem-se à aquacultura na Ásia, Egito e Europa Central, podendo observar-se cenas de pesca e piscicultura em pinturas egípcias. Mais tarde, com o aumento demográfico da China e as suas características hídricas, deu-se uma grande expansão na aquacultura (FAO, 2009).

Existem registos que a sua prática começou há 4-5 mil anos atrás, aproximadamente 2500 anos a.C., altura em que os chineses praticavam o cultivo de carpas e outros organismos aquáticos como moluscos, crustáceos e plantas (Santos, 2009).

Os grandes desenvolvimentos na aquacultura beneficiaram do progresso científico nos séculos XX e XXI e o resultado em termos de crescimento tem sido inédito, sendo que a aquacultura fornece agora mais de metade do peixe mundial para consumo humano (FAO, 2020).

Com o aumento da população mundial e a necessidade alimentar que isso implica, a expansão da aquacultura surge para suprir essas necessidades, a par do que aconteceu com a agricultura e o pastoreio. Porém, esta evolução deu-se de uma forma mais lenta do que as outras atividades, em virtude dos condicionalismos específicos que requer, tendo surgido, inicialmente, sob a forma de explorações de caráter familiar e só mais tarde como produção de peixe em larga escala.

As espécies que deram início à aquacultura foram a carpa, a tilápia e as ostras em algumas zonas costeiras do Vietname. Posteriormente, dá-se a produção de truta originária da América do Norte, espécie mais aceite devido às suas qualidades culinárias, distribuindo-se por todos os continentes. Simultaneamente, surge a produção dos salmonídeos com a introdução do salmão e trutas em jaulas nos fiordes da Noruega. Embora esta atividade tenha crescido a nível mundial, a China ainda hoje domina este mercado (Pillay & Kutty, 2005).

Até ao início da década de 1960, a cultura comercial de peixe nos Estados Unidos estava principalmente restrita à truta arco-íris, peixe-isco, e algumas espécies de água quente. As primeiras tentativas de criação de peixes em

aquacultura falharam por falta de conhecimento e experiência dos profissionais, lagoas que não foram devidamente construídas e criação de espécies de baixo valor económico (Swann, 1992).

A aquacultura europeia começou durante a Idade Média e transformou a "arte" da aquacultura asiática numa ciência que estudou a desova, patologias e a cadeia alimentar. Um dos desenvolvimentos mais significativos foi a invenção dos métodos de cultura para a truta, que estavam a ser introduzidas em água doce desde meados de 1800 (Swann, 1992).

Apesar das potencialidades que o mar reúne na oferta de peixe, essas têm sofrido grandes perdas dos seus recursos devido à sobreexploração e à fragilidade dos seus ecossistemas. Cerca de 52% dos recursos pesqueiros marinhos do mundo estão totalmente explorados ou atingiram o máximo admissível (FAO, 2020), daí a necessidade de haver uma gestão cuidadosa e responsável no que respeita à sua exploração. A FAO (2020), acredita que “é possível fazer uma gestão responsável que não ponha em causa a extinção de algumas espécies, recorrendo-se assim à aquacultura para colmatar as necessidades presentes e no futuro “.

Em virtude do aumento demográfico, sofrido nas últimas décadas a nível mundial, o peixe tornou-se uma importante fonte alimentar e meio de subsistência dos povos, pelo que a aquacultura tem um papel primordial para suprir as necessidades proteicas da população já que apenas 150 gramas de peixe podem fornecer 50-60% das necessidades proteicas diárias de um adulto (FAO, 2020).

Assim, os alimentos de origem aquática têm um papel importante na alimentação e nutrição do ser humano, não apenas por serem uma fonte de proteína, mas também fornecedores únicos e extremamente diversos de ácidos gordos ómega-3 e micronutrientes biodisponíveis essenciais (FAO, 2022).

A produção de aquacultura no mundo (excluindo plantas aquáticas) tem crescido em cerca de 62,2% do nível de produção de 45,4 milhões de toneladas em 2004 para 73,8 milhões toneladas em 2014, e hoje contribui com 44% para a produção total de peixe em todo o mundo (Salin et al., 2018).

Em 2018, a produção global de peixe atingiu um máximo de 179 milhões de toneladas, tendo-se verificado na aquacultura um aumento de 25% em relação à média do período entre 2008-2017 e na captura apenas um aumento de 7% no mesmo período (FAO, 2022) (Figura 2.2).

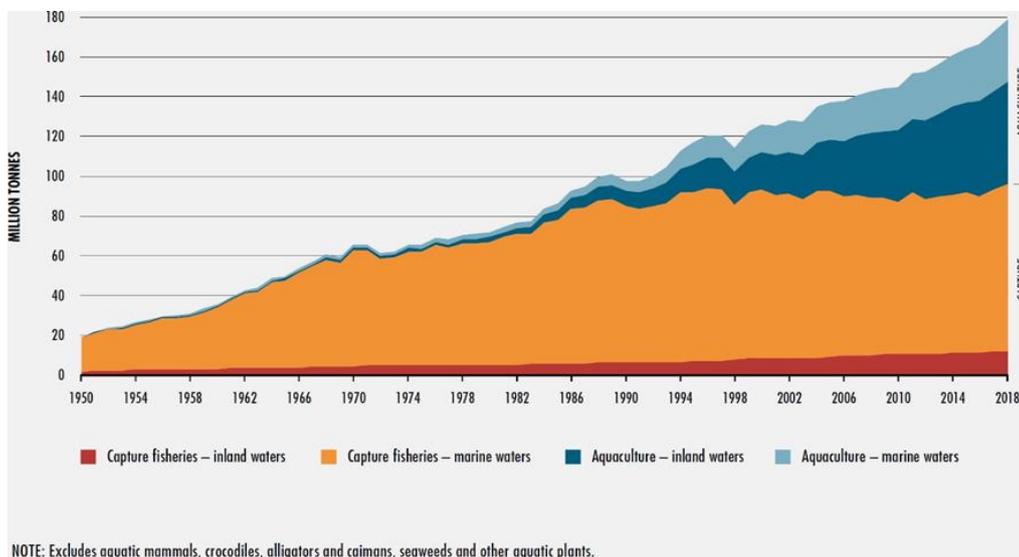


Figura 2.2: Evolução da Pesca e Aquacultura em águas interiores e marinhas. Fonte: FAO (2022).

Este aumento veio contribuir para o crescente consumo per capita de 20,5 kg em 2018, mais do dobro do consumo de há 50 anos, que se deveu não só à mudança de hábitos alimentares, mas também ao aumento da população mundial (Figura 2.3).

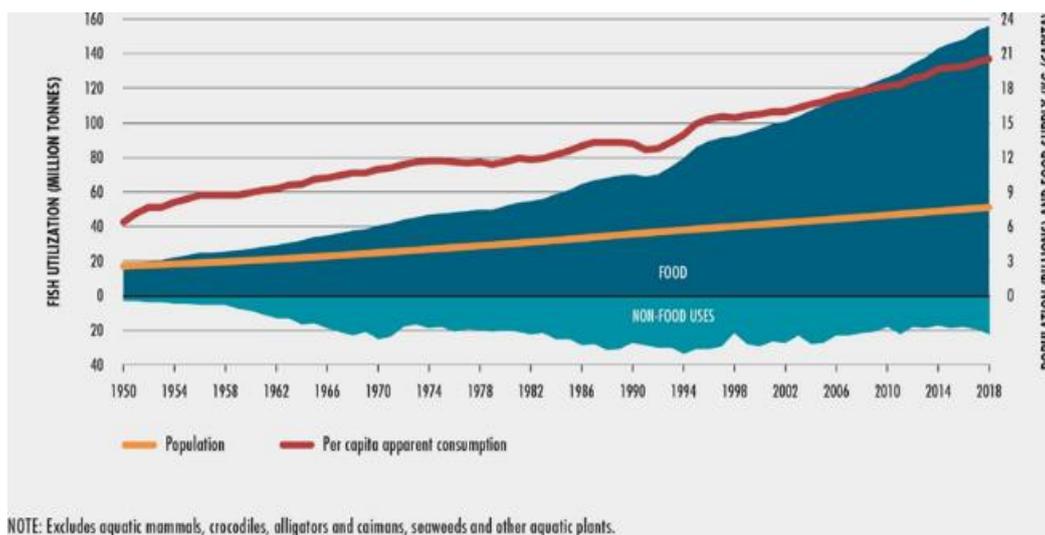


Figura 2.3: Evolução da população mundial e consumo per capita. Fonte: FAO (2020).

No entanto, o crescimento rápido da aquacultura sem planeamento e gestão adequados levou a uma preocupação crescente com a sua sustentabilidade, uma vez que, para continuar a crescer terá que se apoiar num planeamento e gestão adequados. Para isso, terá que haver o envolvimento das entidades de gestão locais, nacionais e internacionais nas preocupações ambientais, sociais, económicas, sanitárias e de bem-estar dos animais. Estes formam o núcleo das melhores práticas de gestão no que diz respeito à aquacultura (Salin et al., 2018).

A figura 2.4 mostra a previsão para o fornecimento de peixe proveniente da captura e da aquacultura, com base na suposta produção pesqueira e procura constante de peixe para alimentação. O ano 2015 representa o ponto em que se prevê que o abastecimento alimentar de peixe proveniente da aquacultura é igual ao da pesca de captura, com um crescimento previsível a partir daqui para a aquacultura até 2035 (FAO, 2007).

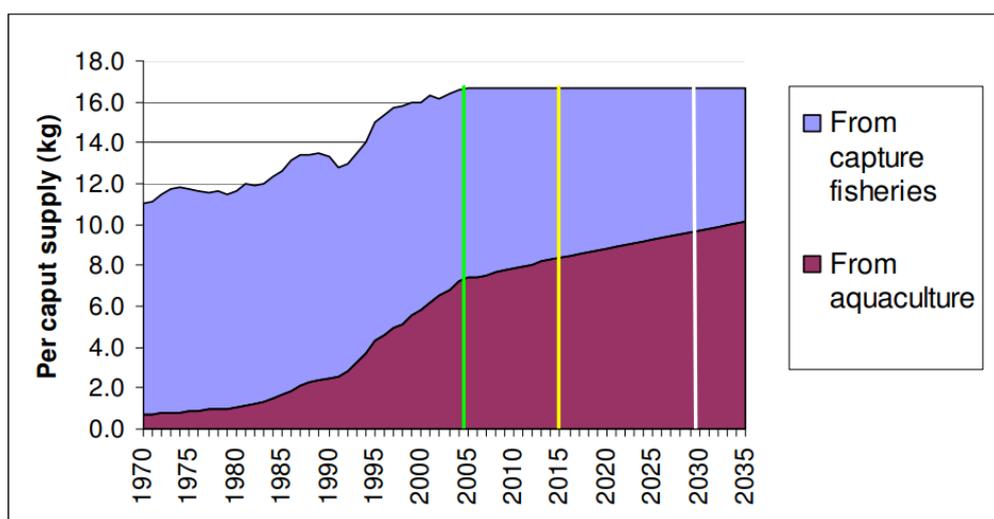


Figura 2.4: Previsão do fornecimento de peixe proveniente da aquacultura e da captura até 2035. Fonte: FAO (2007).

Durante o período da pandemia, a atividade pesqueira diminuiu cerca de 6,5% devido às restrições sanitárias e à escassez de mão de obra, apesar de ter sido o setor de produção de alimentos que maior expansão teve nos últimos 50 anos, conforme figura acima (FAO, 2020).

Além disso, o fator socioeconómico das populações também depende em grande parte da aquacultura e das pescas, uma vez que muitas famílias

dependentes da pesca tradicional, tendencialmente diminuída, perderam os seus postos de trabalho, podendo este setor contribuir com novas oportunidades de emprego (FAO, 2022). Em Portugal, em 2011, com a evolução da aquacultura, foram gerados 2316 postos de trabalho diretos, dos quais 18% eram mulheres e prevalecendo as pequenas empresas (DGRM, 2014-2020).

### **2.1.2. Aquacultura em Portugal**

As características geográficas que Portugal apresenta, junto ao mar mediterrâneo e atlântico, conferem-lhe condições ótimas para o desenvolvimento da produção aquícola. Como tal, esta atividade surge como alternativa à pesca tradicional para colmatar as necessidades alimentares inerentes ao pescado, ao mesmo tempo que aproveitavam as salinas desativadas durante os meses de inverno e cuja atividade era praticada há já muitos anos. Este aproveitamento contribuía não só para reduzir os custos, mas também, para diminuir o impacto ambiental que a criação destas unidades provoca. No entanto, as limitações causadas pela dimensão dos tanques, características dos fundos e quantidade de fluxo de água não permitiam o desenvolvimento deste sistema tradicional que se enquadra no regime de produção semi-intensiva (DGRM, 2020).

O desenvolvimento da aquacultura em Portugal passou por três etapas, isto é, até à década de 70, a produção aquícola era de espécies de baixo valor comercial, representando cerca de 80% da produção piscícola e foi a partir dos anos 80 que as pisciculturas de águas interiores (truta arco-íris e bivalves, sobretudo a amêijoia) sofreram um aumento nas águas salobras e marinhas. A partir daqui, na década de 90, verifica-se um forte crescimento de outras espécies marinhas, tais como o robalo, a dourada e, mais recentemente, o pregado e o linguado (DGRM, 2020).

Porém, a evolução dos sistemas de aquacultura no nosso país tem sofrido algumas restrições, apesar dos recursos hídricos de que dispõe. As condições técnicas e naturais de utilização desses recursos, os espaços de cultivo, o acesso a financiamentos e o aumento dos custos com as rações e energia, constituem um entrave ao desenvolvimento do setor. Contudo, existe um Plano Estratégico para 2021-2030 que visa colmatar estes problemas com o desenvolvimento tecnológico nesta área, melhorar os espaços e recursos hídricos e aumentar a eficiência da produção (DGRM, 2020).

Em 2020 a produção de espécies piscícolas sofreu um aumento face aos anos anteriores representando 42% da produção total, conforme previsto pelo Plano Estratégico para a aquacultura 2014-2020 que estimava a diversificação de

espécies tendo-se evidenciado a produção de linguado (*Solea senegalensis*) espécie com elevada aceitação no mercado europeu e nacional.

Atualmente, as espécies de peixes mais produzidas em águas de transição e marinhas são o pregado, seguido da dourada e robalo. Quanto aos moluscos, que representam 58% da produção total aquícola, destacam-se as ostras que ultrapassaram as amêijoas relativamente ao ano anterior para o dobro e, em menor quantidade, os mexilhões. A produção em águas interiores sofreu um ligeiro decréscimo em relação ao ano anterior enquanto que em águas de transição e marinhas apresentou um aumento significativo que se deveu essencialmente ao cultivo de ostras (DGRM, 2021-2030) (Quadro 2.1).

Quadro 2.1: Evolução da produção aquícola em Portugal por espécies (Unidade: toneladas). Fonte: Adaptado de Plano Estratégico para a Aquacultura Portuguesa 2021-2030.

Meio de cultura/espécie	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Águas Interiores</b>	<b>890</b>	<b>676</b>	<b>697</b>	<b>697</b>	<b>949</b>	<b>904</b>
Truta Arco-Íris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	889	668	655	655	939	894
Outras	1	8	42	42	10	10
<b>Águas de transição e Marinhas</b>	<b>8.671</b>	<b>10.583</b>	<b>11.852</b>	<b>13.295</b>	<b>13.387</b>	<b>16.095</b>
Pregado ( <i>Psetta maxima</i> )	2302	2388	2745	2582	3580	3407
Robalo Legítimo ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	297	427	701	200	882	904
Dourada ( <i>Sparus aurata</i> )	1099	1196	1038	898	1953	1768
Amêijoia Boa ( <i>Ruditapes decussatus</i> )	2300	3716	3887	3970	3276	3659
Ostras ( <i>Crassostrea spp</i> e <i>Ostrea edulis</i> )	1034	1014	1185	3451	1690	3838
Mexilhão ( <i>Mytillus galloprovincialis</i> )	1315	1474	1722	1746	1457	2007
Macroalgas verdes ( <i>Chlorophyta</i> )	-	-	28	33	43	0
Outras	324	365	546	415	506	512
<b>Total</b>	<b>9561</b>	<b>11259</b>	<b>12549</b>	<b>13992</b>	<b>14336</b>	<b>16999</b>

Portugal apresenta uma tradição de moluscicultura, produção de peixes de água doce e salgada, tecnologia evoluída, trabalhadores dedicados e condições geográficas e climáticas adequadas à aquacultura. Os bivalves produzidos em regime extensivo são uma parte significativa da produção nacional (DGRM, 2020).

Analisando a evolução da produção aquícola em Portugal por tipo de regime, verifica-se que nos últimos 10 anos a produção aquícola em água doce existiu apenas em regime intensivo. Em relação ao regime extensivo em águas salobras e marinhas, este predominou com 50,5% da produção, seguindo-se o regime intensivo com 38,7% e o semi-intensivo com 10,7%. Consta-se que o regime semi-intensivo sofreu uma redução considerável (INE/DGRM, 2020) (Figura 2.5).

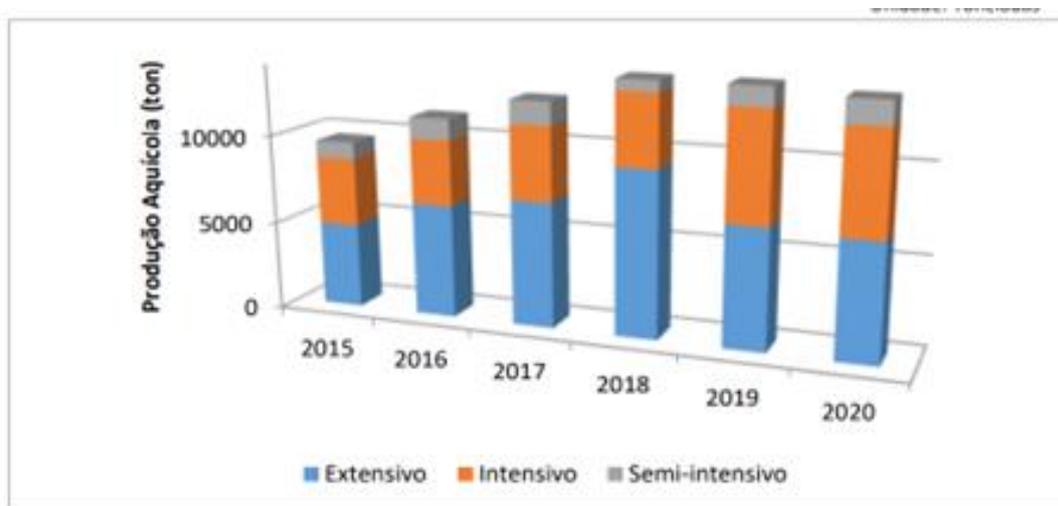


Figura 2.5: Produção aquícola por regime de exploração. Fonte: DGRM (2021).

Portugal é o 1º maior consumidor europeu de peixe e o 3º maior, seguido do Japão e da Islândia a nível mundial, com um consumo per capita de 61,6 kg/ano, mais que o dobro do consumo médio da UE (Figura 2.6).

Face a esta procura e apesar de se verificar um aumento da produção aquícola nos últimos anos (em 2020 ficou em 8º lugar na UE na produção de pesca e em 14º na produção aquícola), vê-se assim, obrigado a importar grande parte do pescado, afetando negativamente a balança comercial dos produtos de pesca (INE, 2014).

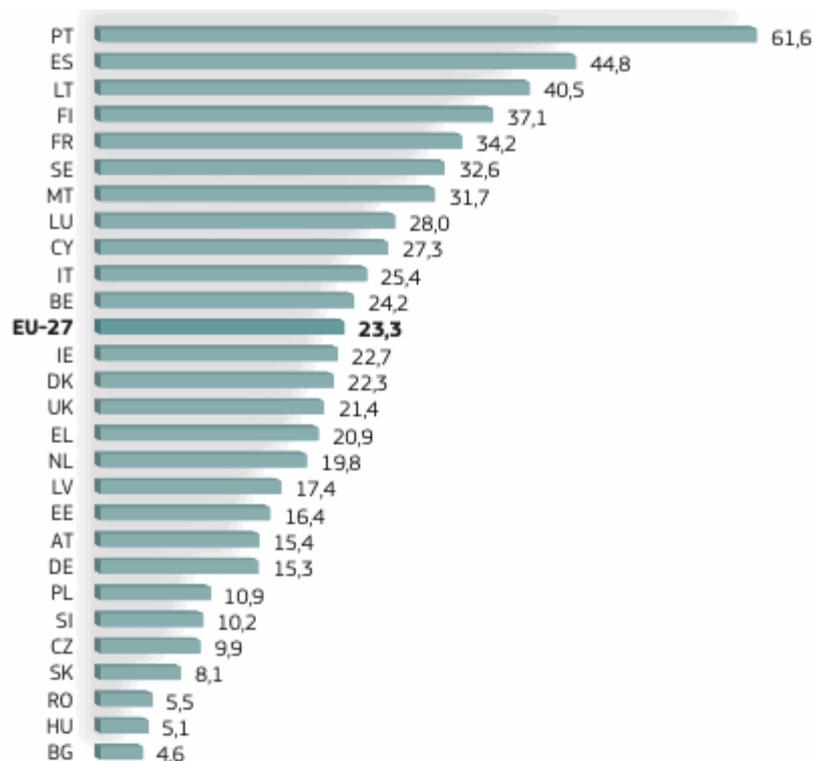


Figura 2.6. Consumo de peixe per capita em Portugal. Fonte: DocaPesca (2007).

### 2.1.3. Sustentabilidade/ impacto ambiental

Com o desenvolvimento de novas atividades, relacionadas com o aumento de produção do setor alimentar, verificado nas últimas décadas, a sustentabilidade vem sendo uma preocupação crescente, na medida em que os impactos destas causam no meio ambiente grandes alterações nas características de relevo, clima, fauna, flora, biomassa, entre outras (Silva et al., 2018).

A divulgação do relatório Nosso Futuro Comum, conhecido como Relatório Brundtland, que marcou a definição do conceito de desenvolvimento sustentável, em 1987, como “O uso do meio ambiente e dos recursos que atende às necessidades do presente sem contudo, comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades” (Silva et al., 2018).

Como a aquacultura é uma atividade dependente dos ecossistemas nos quais está inserida, é impossível produzir sem causar impactos negativos. No entanto, estes podem ser minimizados respeitando a biodiversidade, sem alterar significativamente a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas e os recursos naturais existentes (Valenti, 2002). A adoção de medidas de controle e mitigação

dos impactos provenientes da aquacultura, através de boas práticas de manejo, é fundamental na redução dos efeitos negativos que esta atividade pode causar no ecossistema (Silva, 2013). O seguimento deste esforço em estabelecer uma aquacultura sustentável, globalmente, deve consistir em níveis equivalentes de realização, tanto para os países desenvolvidos, como para os que se encontram em desenvolvimento, quer para o consumo interno, quer para as exportações (Silva et al., 2018).

Ao falarmos de sustentabilidade não podemos centrar-nos apenas no ambiente, mas também na sustentabilidade social que, com o aumento demográfico verificado nos últimos anos, levou a um maior consumo e, como tal, à necessidade de um equilíbrio entre estas. Assim, pode dizer-se que a sustentabilidade assenta em três pilares indissociáveis: a sustentabilidade ambiental, social e a económica (Valenti, 2002).

A sustentabilidade ambiental consiste em preservar a biodiversidade sem causar esgotamento/comprometimento negativo de qualquer recurso natural que afete o funcionamento dos ecossistemas. Não se devem desenvolver tecnologias que visem o aumento da produção, sem que se faça uma avaliação dos impactos ambientais que esta possa causar. Segundo “BMP- Best Management Practices”, a sustentabilidade ambiental dos sistemas de produção pode ser melhorada através de boas práticas de manejo. (Valenti, 2002).

Porém, com um aumento da atividade aquícola e práticas agrícolas relacionadas, os efeitos da infiltração e descarga fora das explorações podem perturbar as condições saudáveis dos ecossistemas aquáticos dentro de bacias hidrográficas inteiras com altas concentrações de nutrientes, levando a efeitos nocivos, especialmente na receção de massas de água com a troca de água limitada, como lagos (Hernandez-Vergara et al., 2014).

A sustentabilidade social deve ter em conta um estudo prévio do trabalho das comunidades locais a fim de promover o desenvolvimento social e não causar impactos negativos como o desemprego. Desta forma, a implementação de uma exploração deve gerar riqueza para a economia regional e local através de empregos diretos e indiretos e autoempregos, melhorando a qualidade de vida da população local (Valenti, 2002).

A aplicação de tecnologias neste setor, como distribuição automática de alimento, faz com que haja menos mão de obra do que se este fosse feito manualmente, várias vezes ao dia. Porém, o uso de alimentadores automáticos não dispensa a reposição da ração nem a avaliação prévia de outros fatores, feitos por mão de obra humana. Com esta opção, pode obter-se uma redução na quantidade de ração fornecida e aumentar a eficiência alimentar, isto é, com

uma alteração do manejo alimentar, obtém-se um aumento na sustentabilidade económica, social e ambiental (Valenti, 2002).

A sustentabilidade económica, tal como acontece em todos os setores empresariais, é importante para garantir o funcionamento da exploração aquícola, a manutenção dos postos de trabalho e a aceitação de uma atividade específica que pode causar bem-estar social. É uma atividade cuja dimensão económica consiste nas ações que dizem respeito a como as pessoas e as empresas satisfazem as suas necessidades (Silva et al., 2018). Para que uma empresa aquícola seja sustentável economicamente, esta deve funcionar com o envolvimento de elementos das diferentes áreas do conhecimento, isto é, em cadeia produtiva, valorizando todos os elos desde a produção, processamento, distribuição, comercialização, marketing, até ao consumidor final, entre outros (Valenti, 2002).

O problema do impacto ambiental mais comum, causado pela produção aquícola, é a eliminação dos efluentes no meio ambiente que podem prejudicar o ecossistema se não forem previamente tratados, tal como acontece no sistema aberto, em que não se faz qualquer tratamento. Uma forma de diminuir o impacto ambiental é o uso da reutilização da água. (Silva, 2013).

Para colmatar estes problemas, várias técnicas foram desenvolvidas a fim de reduzir não só o volume da água, como também dos efluentes e melhorar a qualidade destes. Os métodos incluem a utilização de procedimentos adequados de avaliação e conceção do local, boas práticas de construção, utilização de alimentos de alta qualidade e boa gestão na sua aplicação, fazer o controlo da erosão, moderadas densidades de stock, redução da troca de água, e utilização de bacias de assentamento (Hernandez- Vergara et al., 2014).

A qualidade dos efluentes deve ser a melhor possível de forma a minimizar o impacto/alterações provocadas nos corpos hídricos. A quantidade de matéria orgânica e nutrientes como o nitrogénio e o fósforo são a principal causa da poluição da água. O acúmulo significativo de nutrientes e matéria orgânica de ração pode causar excesso de fitoplâncton, uma baixa concentração de oxigénio dissolvido (OD), alta concentração de amónia e condições indesejáveis de sedimento no fundo dos viveiros (Silva, 2013).

O aumento de nitrogénio e fósforo, causado pela ração não consumida e pelos excrementos dos peixes, são eliminados pelas brânquias e fezes, sendo estes os principais poluentes de águas naturais e dos solos que os recebem, sobretudo os provenientes dos sistemas semi-intensivo e intensivo, podendo causar eutrofização, se não sofrerem tratamento prévio. A quantidade e características

da deposição dependem em grande parte das espécies cultivadas, da biomassa das mesmas, da alimentação e das metodologias utilizadas (Lekang, 2013).

Destes poluentes, os produtos solúveis são diluídos na coluna de água (Shendel et al., 2004), os insolúveis são incorporados no sedimento e podem afetar as comunidades bentônicas (Karakassis et al., 1998), que tendem a responder a essa perturbação até um determinado nível e a partir do qual as alterações podem assumir um contorno imprevisível. Assim, ao introduzirmos, procedimentos que possam perturbar os ecossistemas, estes podem desencadear alterações ao nível da abundância, da biomassa e diversidade das espécies bentônicas tolerantes ou sensíveis a estas alterações. A introdução de espécies exóticas pode também ser causadora de impacto não só ambiental como socioeconómico, afetando os ecossistemas aquáticos através da predação, competição, alterações genéticas, alterações de habitats e introdução de agentes patogénicos (Valenti, 2002).

#### **2.1.4. A recirculação de água na aquacultura (RAS)**

Se por um lado a aquacultura é uma atividade necessária para suprir as necessidades de consumo de peixe a nível mundial, por outro ela constitui uma ameaça ao impacto ambiental, não só pela elevada quantidade de água usada, como também pelos efluentes gerados. Para mitigar esses efeitos negativos causados, surge o sistema de recirculação da água (RAS) como uma alternativa sustentável à atividade. Um sistema RAS requer componentes básicos como tanques de cultivo, decantadores, sistema de aeração e oxigenação, sistema de bombas, filtros mecânicos, biofiltros, uma unidade de quarentena e tubos de drenagem e de entrada. O principal fator limitante deste é o OD que tendencialmente é baixa para níveis, cuja correção tem de ser feita através de arejadores ou mesmo injeção direta de O<sub>2</sub> (Eding, 2006).

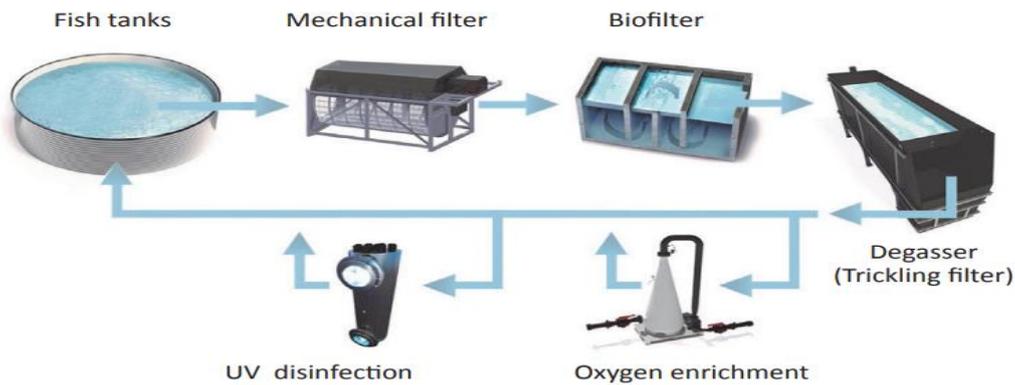


Figura 2.7: Sistema de recirculação de água. Fonte: Bregnballe (2015).

O sistema RAS é um método que reduz a quantidade de água e dos seus efluentes, melhora a sua qualidade através de uma remoção eficiente dos poluentes orgânicos contribuindo assim para o bem-estar animal. Simultaneamente, diminui o risco de doenças, aumenta a produtividade e permite fazer um planeamento exato da produção e, desta forma, diminuir o impacto ambiental. Porém, este sistema também apresenta alguns inconvenientes tais como um investimento elevado aquando da sua instalação, consumo de grandes quantidades de energia, grande controlo da água e mão de obra qualificada (DGRM, 2021-2030).

Em aquicultura o RAS é uma tecnologia que permite fazer a reutilização da água, podendo ser utilizada na produção de qualquer espécie desde peixes, camarões, amêijoas e outros bivalves, mas é sobretudo usada em piscicultura (Bregnballe, 2015). Permite controlar a temperatura e outros parâmetros, adaptando-os a cada espécie e a cada estágio. Na incubação e no desenvolvimento larvar que dependem da manipulação do fotoperíodo e da temperatura, este sistema é de particular importância (Stickney, 2000). Este controle permite que se possa isolar completamente numa exploração qualquer surto de agentes patogénicos indesejáveis e, não menos importante, garantir que ovos ou peixes que dão entrada nas instalações são absolutamente livres de doenças (Bregnballe, 2015). É um processo que passa por três etapas, nomeadamente, filtração mecânica, filtração biológica e trocas gasosas (Figura 2.7).

Filtração mecânica, onde é realizada a remoção dos sólidos. Faz-se na água de saída dos tanques dos peixes e é a solução mais prática para remoção dos compostos orgânicos.

Filtração biológica, cuja função principal é fazer a oxidação da amónia ( $\text{NH}_4^+$ ), através das bactérias nitrificantes *Nitrosomonas* para nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e em nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) através da *Nitrobacter*, composição menos tóxica dos nitrogenados (Eding

et al, 2006). Serve para as partículas mais finas serem eliminadas com os compostos dissolvidos como o fosfato e o nitrogénio. O fosfato é uma substância inerte não tóxica, mas o nitrogénio na forma livre de amónia ( $\text{NH}_3$ ) é tóxico e precisa de ser transformado no biofiltro para um nitrato mais inofensivo. É no biofiltro que se faz a degradação da matéria orgânica e amónia, através de bactérias nitrificantes que convertem a amónia em nitrito e posteriormente em nitrato (Bregnballe, 2015). A temperatura e o pH da água contribuem para a eficiência do biofiltro, sendo os valores considerados ótimos de  $30^\circ\text{C}$  e o pH entre 7-7,5. Se por um lado um pH mais baixo diminui a eficiência do biofiltro, por outro o seu aumento leva ao aumento de amoníaco, que acima de 2 mg/litro, é tóxico para os peixes. No sistema RAS os dois fatores que mais afetam o pH da água são a produção de  $\text{CO}_2$  pelos peixes e a atividade biológica do biofiltro (Bregnballe, 2015). A aplicação de filtros biológicos em qualquer sistema RAS exige um laboratório para análise química da água que deve ser realizada diária ou continuamente aos parâmetros de nitrogénio amoniacal total (TAN),  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2^-$ , pH, alcalinidade total, OD e, possivelmente,  $\text{CO}_2$  e os níveis de cloro (Soderberg, 2017).

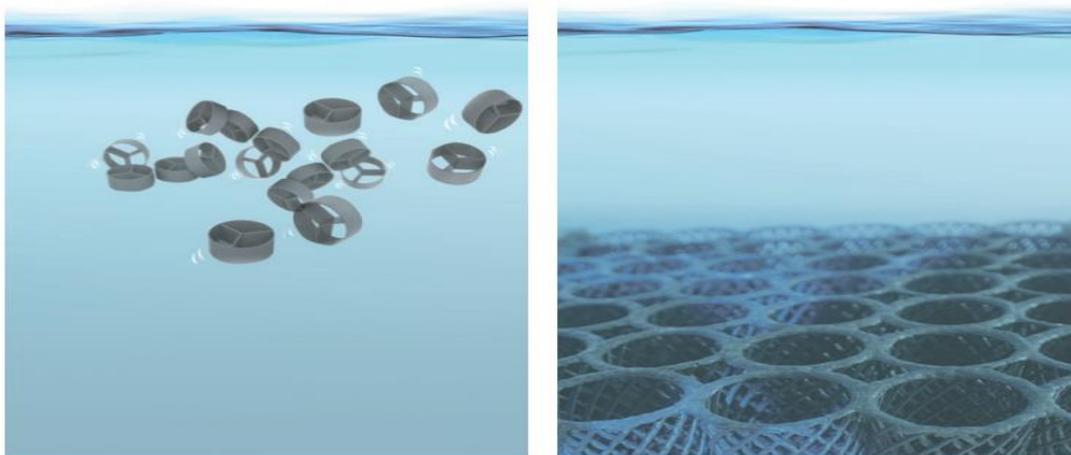


Figura 8: Biofiltros em movimento e fixos. Fonte: Bregnballe (2015).

As trocas gasosas dão-se fazendo a remoção de  $\text{CO}_2$  proveniente da respiração dos organismos e inserindo novamente  $\text{O}_2$ . Os níveis de  $\text{CO}_2$  nestes sistemas podem acumular-se e interferir com a respiração dos peixes, pelo que é recomendável que estes sejam abaixo de 25mg/L. A remoção do  $\text{CO}_2$  da água pode fazer-se através de contacto com o ar, oxigénio, ou ainda pela adição de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) para converter o  $\text{CO}_2$  em bicarbonato (Soderberg, 2017).

A aquacultura com recirculação de água, inicialmente é um processo complicado e dispendioso, mas com conhecimento, formação e maneio adequados

proporciona uma produção rentável. Quanto aos resíduos sólidos, estes ainda podem ser utilizados como fertilizantes agrícolas ou produção de biogás (Bregnballe, 2015). Como se verifica, a aquacultura com o sistema RAS apresenta benefícios para a sustentabilidade do setor, nomeadamente, uma grande redução do consumo de água que é um bem finito e diminuição não só do volume de efluentes, mas também da sua qualidade se forem tratados convenientemente aquando do seu descarte no ambiente.

### **2.1.5. Desinfeção da água**

Com a produção intensiva em aquacultura e o recurso ao sistema RAS verifica-se a ocorrência de agentes patogénicos que a não serem evitados poderiam causar grandes perdas nestes sistemas. Assim, a desinfeção da água é fundamental para evitar a propagação de microrganismos patogénicos recorrendo-se ao uso de agentes físicos ou químicos. Os agentes químicos mais usados em aquacultura são o ozono, radiação UV, cloro, entre outros.

#### **2.1.5.1. Ozono**

O uso de ozono ( $O_3$ ) na piscicultura tem sido criticado porque o efeito da sobredosagem pode causar danos graves, não só aos peixes, mas também às pessoas que trabalham na área por inalação. Assim, a dosagem correta e a monitorização juntamente com ventilação adequada são fundamentais para alcançar um resultado positivo e seguro. O tratamento por ozono é uma forma eficiente de destruir organismos indesejados, oxidação pesada de matéria orgânica e organismos biológicos. Esta tecnologia torna a água mais clara e livre de quaisquer sólidos suspensos e possíveis bactérias, pelo que é especialmente adequado em sistemas de incubação, peixes pequenos sensíveis a micropartículas e bactérias na água. O tratamento por ozono também pode ser usado na água de admissão a um sistema de recirculação, quando esta precisa de ser desinfetada. Em muitos casos o tratamento por radiação UV é também uma alternativa boa e segura ao ozono (Bregnballe, 2015).

#### **2.1.5.2. Radiação UV**

A desinfeção por radiação UV é feita aplicando comprimentos de onda que vão destruir o ADN dos agentes patogénicos. Em aquacultura o tratamento por UV tem sido usado para fins médicos por não afetar o peixe. No entanto, como as

bactérias crescem rapidamente na matéria orgânica, a eficiência do tratamento por este meio pode ser limitada. Para um melhor controle é importante o uso de filtros mecânicos e biofiltros, a fim de melhorar a eficácia da radiação por UV na água, uma vez que a eficiência do tratamento depende, essencialmente, do tamanho e espécies dos organismos que se quer eliminar e da turbidez da água. Para uma maior eficácia a sua aplicação deve ser feita debaixo de água, pois lâmpadas instaladas fora de água terão pouco ou nenhum efeito devido ao reflexo da superfície desta (Bregnballe, 2015). Este método, no entanto, para além de usar lâmpadas de mercúrio cujo custo é dispendioso, ainda requer alguns cuidados na sua eliminação o que o torna menos vantajoso.

### **2.1.6 Bombeamento da água**

Existem vários tipos de bombas para usar no sistema de recirculação da água em aquacultura com base em diferentes objetivos, pelo que a sua escolha depende essencialmente da quantidade de fluido a bombear e das suas características (Lekang, 2013). O bombeamento exige uma quantidade substancial de eletricidade e uma baixa elevação. A elevação da água deve ocorrer, preferencialmente, apenas uma vez no sistema, uma vez que a água corre por gravidade por todo o sistema de volta à bomba. Normalmente, as bombas são posicionadas na frente do sistema de biofiltro e do desgasificador, pois o processo de preparação da água começa aqui. Devem ser colocadas após a filtração mecânica para evitar a quebra dos sólidos vindos dos tanques de peixes. (Bregnballe, 2015).

## **2.2. Parâmetros e gestão da qualidade da água em piscicultura**

A aquacultura depende da água como meio para manter os organismos sob cultura, pelo que a sua sobrevivência depende em grande parte da qualidade da água, em relação a determinados parâmetros como oxigénio dissolvido,  $\text{CO}_2$ , carbonatos, pH,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{NO}_3^-$ , entre outros. (Salin et al., 2018). As fontes de água podem ser provenientes de poços, nascentes, águas subterrâneas, riachos, rios, lagos e municipais. Destas fontes possíveis, os poços e as nascentes classificam-se como as de maior qualidade. Em grande medida, a qualidade da água determina o sucesso ou insucesso de uma exploração piscícola, pelo que as características físicas e químicas devem ser consideradas na seleção de uma adequada fonte de água (Swann, 1992). Os parâmetros físicos referem-se à temperatura e transparência (cor, turbidez e sólidos); os parâmetros químicos são o oxigénio dissolvido (OD), pH, amónia e salinidade e os parâmetros biológicos são os coliformes, as algas e os peixes que influenciam

na qualidade da água por meio de processos como a eliminação de dejetos e respiração (Leira et al., 1982).

Uma água inadequada pode afetar a reprodução, a saúde, o crescimento e a qualidade dos peixes, prejudicando a produção, pelo que se pode considerar que é a matéria prima mais importante para a sustentabilidade de um processo aquícola, constituindo o controle dos seus parâmetros uma das maiores preocupações. Num projeto aquícola, onde a qualidade da água é naturalmente deficiente ou poluída, as limitações desta devem ser ultrapassadas ou os projetos de aquicultura irão falhar (Boyd, 2012). As características da água podem ser afetadas por fatores internos e externos como proveniência da água, clima, manejo alimentar e tipo de alimentação. Uma vez que a alimentação é o principal fator para a deterioração da água, é importante que o piscicultor tenha conhecimentos sobre a qualidade e quantidade de ração a fornecer aos peixes, a fim de evitar a contaminação da água através do fósforo proveniente da alimentação, dos restos não consumidos e dos dejetos.

### **2.2.1. Oxigénio dissolvido (OD)**

Este parâmetro é a variável mais importante para a sobrevivência e crescimento dos peixes. A sua concentração é inversamente proporcional à temperatura, assim como a sua solubilidade diminui com a redução da pressão atmosférica e com a salinidade (Leira et al., 2017).

“Os baixos níveis de oxigénio dissolvido na água (hipoxia) podem ser provocados pelo consumo do oxigénio por peixes e por outros organismos, pela decomposição da matéria orgânica e pelo aumento da temperatura” (Rebouças, 2014). Esta concentração é controlada por fatores como a fotossíntese, respiração, trocas de ar com a interface da água e a suplementação da água dos tanques. O oxigénio entra na água de três maneiras: através da difusão do ar na água à superfície, através da fotossíntese pelas algas e por meios mecânicos (Swann, 1992).

Os valores ideais devem estar acima de 4-5mg/L, embora estes variem ligeiramente de espécie para espécie. Se estiverem abaixo destes podem causar stress nos peixes, afetando a alimentação e o crescimento ou levar à morte, se os valores forem muito baixos (Leira et al., 2017). Os valores ideais para o pregado são 8-9mg/L podendo atingir 12,0 mg/L. Já a dourada e o robalo suportam valores que sejam acima de 4mg/L. Contudo, quando se trata de alevins, os níveis de OD devem ser sensivelmente mais altos, entre 15-16 mg/L.

Uma exposição contínua a níveis baixos de OD pode levar a situações indesejáveis, tais como: reduzir o crescimento, atrasar a conversão alimentar, aumentar a incidência de doenças e reduzir a sobrevivência dos peixes. Uma forma de evitar que isto aconteça é manter a qualidade dos parâmetros da água, sobretudo no que diz respeito à transparência, ração e aeração desta. Um esgotamento súbito grave de OD pode conduzir à morte massiva dos organismos aquáticos (Boyd, 2012). Este pode ser controlado através do manejo com a monitorização do oxigénio usando um oxímetro e sistemas de aeração. Um défice de OD pode conduzir a uma situação de hipoxia designada por síndrome de insuficiência respiratória (S.I.R.) caracterizada pela abertura da boca à superfície, movimentos operculares desordenados e acumulação dos peixes junto à coluna de água e dos arejadores (Menezes, 2000).

Por outro lado, a supersaturação da água com OD não só, não aumenta a produtividade e a eficiência alimentar dos peixes, como pode ainda causar embolia gasosa, apresentando bolhas de gás nas paredes da boca, exoftalmia, etc, podendo levar a altas taxas de mortalidade (Cyrino et al., 2016).

As principais fontes de oxigénio na água são diretamente da atmosfera, que penetra por ação mecânica provocada pelos ventos, correntes ou declividades. Outra fonte que contribui de maneira notável para a oxigenação da água é a ação fotossintética das plantas através da clorofila, sendo a luz indispensável para este processo. O oxigénio é produzido unicamente nas horas do dia e somente até onde a luz possa penetrar na coluna de água (Gurgel & Vinatea, 1998). A produção de oxigénio atinge valores máximos próximo do meio-dia podendo atingir uma saturação de 250%. Com esta supersaturação dá-se a troca de oxigénio do meio aquático para a atmosfera até ficarem níveis equilibrados de OD. A decomposição da matéria orgânica é também um dos fatores que mais afeta a qualidade da água, nomeadamente o OD. Desta forma, é importante ter em conta não só a qualidade, como a quantidade de ração consumida (Lourenço et al., 1999).

### **2.2.2. Temperatura**

A temperatura aliada ao oxigénio é um dos fatores mais importantes na regulação do metabolismo dos peixes que são organismos de sangue-frio e assumem aproximadamente a mesma temperatura do meio ambiente (Swann, 1992). Desta forma, é responsável pelas atividades fisiológicas como a respiração, a digestão, a alimentação e a reprodução, pelo que os seus níveis devem estar dentro dos limites da tolerância térmica. Uma temperatura ótima da água no sistema de aquacultura é o dado mais importante para a taxa de

crescimento dos peixes, pois temperaturas baixas levam à redução da atividade metabólica reduzindo a ingestão alimentar. Ao mesmo tempo, reduções bruscas e aumento excessivo, além dos níveis ótimos, também levam à redução da ingestão (Rodrigues et al., 2013).

Os peixes necessitam de proteínas, lípidos, vitaminas e minerais na sua dieta para a manutenção das suas funções vitais, crescimento e reprodução. As exigências nutricionais variam em função da espécie, fase de desenvolvimento, sexo, estágio de maturação sexual, sistema de cultivo e temperatura da água (Rodrigues et al., 2013).

A temperatura da água é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, quantidade de fluxo e profundidade. Quando ocorrem oscilações desta, os peixes sofrem alterações dos processos fisiológicos e comportamentais, deixando de comer e ficando mais suscetíveis a doenças (Rebouças et al., 2014). No entanto, estas necessidades térmicas variam de espécie para espécie e ainda do estágio de desenvolvimento (Swann, 1992). Dentro de uma mesma espécie há exigências térmicas diferentes quanto à maturação sexual, à desova, à incubação dos ovos e aos índices de conversão alimentar e de crescimento (Fauré, 1976).

Tal como acontece com outros parâmetros da água, a temperatura ideal é específica das espécies que podem ser definidas como: espécies de água quente (superiores a 20°C) e espécies de água fria (inferiores a 20°C) e ainda algumas espécies que preferem temperaturas abaixo de 10°C (Lekang, 2007).

A relação entre temperatura e doença é complexa, podendo afetar tanto o hospedeiro como o agente patogénico. Assim, o sistema imunológico dos animais aquáticos funciona melhor a uma temperatura ideal, favorecendo o aparecimento de doenças quando atingem valores mais altos ou mais baixos ou ainda, quando são sujeitos a mudanças bruscas de temperatura (Lucas, 2012). Em piscicultura o choque térmico é um problema muito frequente, difícil de corrigir e economicamente pouco viável, em virtude das alterações climáticas que ocorrem muitas vezes de uma forma rápida, sem que os peixes tenham tempo para se adaptarem a essas alterações. É difícil avaliar o limiar do choque térmico, porque se umas espécies são afetadas por uma diferença de 2- 3°C, há outras que resistem muito mais. “Quando a temperatura ultrapassa a faixa de conforto térmico, maior desvio energético ocorre para a captação de oxigénio, o que se reflete em redução do crescimento” (Rebouças, 2014).

A elevação da temperatura pode ser considerada como o fator ambiental associado à presença de anomalias no desenvolvimento de embriões e larvas, podendo provocar malformações e aumento da mortalidade dos peixes

(Rebouças, 2014). Assim, deve-se evitar mudanças bruscas, principalmente quando se trata de ovos embrionados, alevins e juvenis. Nas maternidades e nos sistemas de recirculação de água é possível fazer um controle que minimize este problema.

### **2.2.3. Salinidade**

À semelhança do que acontece com outros animais, a salinidade da água é importante para a manutenção do equilíbrio dos fluidos internos dos peixes, isto é, para a regulação do seu equilíbrio eletrolítico.

As espécies de aquacultura têm uma gama variável de tolerância para a salinidade, devendo manter uma salinidade adequada de fluidos internos através da osmorregulação ou regulação de iões. Para compreender a osmorregulação, considera-se que um solvente passa da membrana de uma solução diluída para uma mais concentrada (Boyd, 2012).

A osmorregulação em peixes de água doce envolve a absorção de iões do ambiente e restrição de perda de iões. O peixe de água doce tende a acumular água porque é hipertónico para o ambiente, por isso deve excretar água e reter iões, enquanto que a osmorregulação para os peixes marinhos requer ingestão constante de água e excreção de iões, sendo por isso hipotónico para o ambiente. Se a salinidade se desviar muito do ideal, o animal vai morrer porque não pode manter a homeostase. A maioria dos peixes de água doce consegue viver em águas cuja salinidade seja acima de 5-10%, mas a sua reprodução e crescimento são afetados se estes níveis estiverem acima de 3-4%, enquanto que os peixes marinhos estão adaptados para crescer no oceano, não tolerando bem baixas taxas de salinidade (Boyd, 2012).

No entanto, existem espécies cujo poder de adaptabilidade ao grau de salinidade é diferente e, por isso, escolhem um ambiente do ecossistema de acordo com esse grau. Dividem-se em organismos estenohalinos aqueles que optam por um ambiente com uma pequena variação de salinidade e eurihalinos aqueles que escolhem áreas onde existe uma ampla variação de salinidade.

### **2.2.4. pH**

O pH define a intensidade da condição ácida ou básica de um determinado meio. Consiste no modo de expressar a concentração de iões de hidrogénio, ou seja, a atividade destes iões. O conceito de pH permite a concentração de iões de

hidrogénio ser expresso como um número entre 0 e 14 ou como uma pequena fração decimal. As águas com um pH abaixo de 7 são consideradas ácidas e com um pH acima de 7 são consideradas básicas (Boyd, 2012).

Em aquacultura o pH é um parâmetro importante, uma vez que pode influenciar fenómenos químicos e biológicos ou vice-versa, pois tem um efeito direto sobre o metabolismo e processos fisiológicos de todos os organismos aquáticos. A respiração, fotossíntese, adubação, calagem e poluição são os cinco fatores que causam a mudança de pH na água, podendo ser letais, especialmente em espécies que apresentam maior dificuldade de estabelecer o equilíbrio osmótico ao nível das brânquias, o que determina grandes dificuldades respiratórias (Leira et al., 2017). Na aquacultura a respiração dos peixes durante a noite faz com que de manhã o nível de  $\text{CO}_2$  esteja alto, baixando o valor de pH.

Assim, um pH muito alto ou muito baixo terá efeitos negativos sobre o peixe, isto é, um valor baixo pode causar danos nas guelras, na pele e nos olhos, mas altas concentrações de  $\text{H}^+$  também aumentarão a permeabilidade das guelras, levando à fuga de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  que cria problemas osmóticos (Lekang, 2013). Geralmente as águas com um pH de 6,5 a 9 são mais adequadas para o cultivo da maioria dos peixes. No entanto, estes valores variam de acordo com a espécie e estágio de desenvolvimento. Valores abaixo de 4-5 ou acima de 10 podem causar mortalidades (Leira, et al., 2017). Para os animais marinhos o pH deve ser de 7,5 a 8,5, valores habituais da água do mar. Estes valores, com a precipitação das chuvas ácidas que se têm vindo a verificar sobretudo na Europa e América do Norte têm levado a uma diminuição do pH com efeitos desastrosos para as populações aquáticas destas regiões (Boyd, 2012)

### **2.2.5. Amónia, nitratos e nitritos**

A amónia existe sob duas formas: a forma ionizada  $\text{NH}_4^+$  e a não ionizada  $\text{NH}_3$ , sendo esta última a mais tóxica para os peixes. Tanto o  $\text{NH}_4^+$  como o  $\text{NH}_3$  podem ocorrer juntos, mas a relação entre eles é dependente da temperatura, pH, OD, concentração de dióxido de carbono, alcalinidade, bicarbonato e salinidade (Swann, 1992).

A amónia provém das excreções dos peixes, da matéria orgânica e da alimentação, pelo que um manejo adequado pode evitar a toxicidade causada por esta, devendo ser avaliada com regularidade e cujo valor ideal deve ser inferior a 0,1 mg/L. Em piscicultura o  $\text{NH}_3$

é considerado a forma mais tóxica por interferir com os neurotransmissores cerebrais (Menezes, 2000).

A conversão da amónia em nitritos e posteriormente em nitratos é feita pelas bactérias nitrificantes. Os nitritos e os nitratos resultam da oxidação do amoníaco em nitrito ( $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2^-$ ) pelas bactérias do género *Nitrossomonas* e de nitrito a nitrato ( $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ ) pela *Nitrobacter*. Tal como a amónia, os nitritos são tóxicos e uma exposição contínua a estes, com valores sub-letais (0,3-0,5 mg/L), pode levar a uma diminuição do crescimento e resistência às doenças (Leira et al., 2017).

Os nitritos oxidam a hemoglobina em metahemoglobina passando o ferro (Fe) de bi para trivalente o que vai dificultar o transporte de  $\text{O}_2$  e, resultando desta toxicidade dificuldades respiratórias nos peixes (Menezes, 2000). Ao contrário, os nitratos não são tóxicos para os peixes, não constituindo um problema para a piscicultura, isto é, podem tolerar até 5 mg/L de nitrato (Leira et al., 2017).

Existem vários métodos de eliminação da amónia na água (desnitrificação), nomeadamente, por *air stripping*, troca de iões, filtração biológica e remoção através das algas, sendo a filtração biológica o método mais usado (Appleford et al., 2012). As algas absorvem os nutrientes dissolvidos, nitratos e fosfato através do corpo da sua planta, de uma forma muito eficiente, uma vez que as algas marinhas são imersas e não desperdiçam energia para a absorção e transporte de água ou nutrientes (Vergana et al., 2014).

A amónia é um dos parâmetros que mais preocupa os piscicultores pelo efeito letal que pode ter nos peixes se os seus valores forem altos. Porém, esta pode ser facilmente controlada se houver um bom maneio, isto é, fornecimento de ração correto e extração de matéria orgânica, quer manualmente, quer através da limpeza sistemática do filtro biológico, cuja função é a remoção conjunta de amónia e dos sólidos.

#### **2.2.6. Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )**

Em aquacultura grande parte de  $\text{CO}_2$  presente na água está ligado à respiração dos peixes, a outros organismos aquáticos e ainda à decomposição da matéria orgânica. Os níveis deste gás apresentam valores mais altos no início da manhã em virtude de durante a noite não haver fotossíntese, isto é, apenas há um grande consumo de  $\text{O}_2$  e conseqüente eliminação de  $\text{CO}_2$ , proveniente da respiração/metabolismo dos peixes (Leira et al., 2017). Os processos oxidativos, como a respiração, causam fortes diminuições na curva de oxigénio e um

aumento da concentração de gás carbônico na água, baixando o pH desta, sobretudo no período da manhã. As águas poluídas podem tornar-se ricas em gás carbônico, além de outros gases que se desprendem do fundo do viveiro sob forma de bolhas como o gás sulfídrico, provocando um aumento das reações da decomposição, devido ao excesso de matéria orgânica no fundo dos viveiros.

Nas águas da chuva o dióxido de carbono diminui o pH para cerca de 5.7, sendo o ácido sulfúrico e outros ácidos fortes resultantes da poluição atmosférica responsáveis por esta diminuição (Boyd, 2012).

Os níveis de CO<sub>2</sub> devem ser mantidos abaixo de 25 mg/L para garantir a saúde dos peixes, uma vez que a solubilidade deste, nas temperaturas de crescimento dos peixes, varia entre 0,4 e 1,0 mg/L (Soderberg, 2017). O CO<sub>2</sub> com valores acima de 30mg/l pode constituir um problema grave, uma vez que está associado a quedas de OD (Leira et al., 2017). Nas culturas intensivas e no transporte, é utilizada, por vezes, a adição de oxigênio puro à água, causando uma supersaturação e, conseqüentemente, altas concentrações de CO<sub>2</sub> dissolvido. Esta combinação pode causar hipercapnia nos peixes, sedando-os de tal forma, que pode ser letal (Summerfelt, 2000).

Na aquacultura a concentração de CO<sub>2</sub> dissolvido pode ser corrigida através da degaseificação removendo este gás por ventilação para a atmosfera ou, através do controle de pH adicionando bases à água, que vão causar um aumento do pH e uma mudança no equilíbrio dos dois (Summerfelt, 2000).

### **2.2.7. Cloro**

Os compostos clorados apresentam um elevado poder biocida contra bactérias, vírus e fungos e existem sob a forma orgânica e inorgânica, sendo os mais usados o hipoclorito de sódio e hipoclorito de cálcio.

Dentro dos compostos inorgânicos destacam-se o gás cloro que é utilizado em grandes estações de tratamento de água (ETARES), sendo de difícil manuseio e requer pessoal e equipamento especializados. O hipoclorito de sódio é utilizado para esterilização de superfícies, alimentos, água, entre outros. Como apresenta uma elevada atividade biocida contra microrganismos e tem baixo custo é amplamente utilizado. O hipoclorito de cálcio é também usado para tratamento de água potável e em piscinas, sendo estes dois compostos os mais usados (Ribeiro et al., 2008).

A sua eficácia depende da concentração do cloro ativo e da ausência de fatores como a presença de matéria orgânica (Massago, & Silva, 2020). A aplicação é

feita com base no pH da água e a taxa de cloro a aplicar deve ser aumentada à medida que o pH aumenta (Boyd, 2008). No meio aquoso o processo de desinfecção por este composto também sofre a influência térmica, isto é, as temperaturas elevadas favorecem a ação do desinfetante (Ribeiro et al., 2008).

### **2.2.8. Partículas sólidas em suspensão**

A qualidade da água está relacionada com a quantidade de partículas sólidas e diluídas provenientes de matéria orgânica e ração não consumida, estando diretamente relacionadas com a turbidez. As partículas em suspensão podem também dever-se ao transbordamento de rios e a fortes chuvas, podendo a sua presença causar irritação das brânquias com problemas respiratórios ou outras doenças (Cyrino et al., 2016).

Sendo a alimentação em piscicultura o fator mais poluente, é importante que o piscicultor tenha em atenção a qualidade, fazendo a comparação entre a produtividade e a poluição que os alimentos podem causar. “Quanto pior a qualidade nutricional e estabilidade do alimento na água, maior a carga poluente e menor a produção de peixes” (Cyrino et al., 2016).

A quantidade de alimentos fornecidos pode também ser responsável pela eutrofização levando a uma proliferação do plâncton que vai causar flutuações de OD devido à fotossíntese e à respiração dos peixes, podendo atingir valores letais. Outra consequência desta flutuação diária é a elevação do pH que pode levar a níveis letais de  $\text{NH}_3$  para os peixes, pelo que quanto menor for a taxa de pH menos expostos estão ao  $\text{NH}_3$ . Devido ao efeito desta toxicidade o controlo do pH é um dos parâmetros mais importantes na seleção da água sobretudo num regime intensivo (Soderberg, 2017). No sistema de recirculação a existência de partículas sólidas em suspensão causam ainda maiores impactos negativos.

### **2.2.9. Metais pesados**

Organismos aquáticos produzidos em ambientes comprometidos, podem transmitir ao Homem uma série de contaminantes, principalmente metais pesados, através do processo de bioacumulação e/ou magnificação (Lombardi, 2008).

A importância do controle dos níveis de metais pesados na aquacultura incide em ambientes aquáticos quer sejam de água doce, marinha ou estuários. Os metais pesados, contidos em certos alimentos, nomeadamente no pescado

estão muitas vezes diretamente relacionados com a descarga de efluentes industriais para os rios, lagos e oceanos sob a forma de cloretos e sulfatos (Machado et al., 2002).

Os problemas causados com a presença destes metais devem-se à capacidade que estes compostos possuem de bioacumular na cadeia alimentar (Virga et al., 2007). A bioacumulação de metais pesados em peixes dá-se mesmo com concentrações não detetáveis na água. No caso de moluscos e bivalves (organismos filtradores) sofrem de maneira intensa a bioacumulação destes contaminantes, tornando-se muitas vezes impróprios para consumo humano (Machado et al., 2002).

Apesar do pescado ser uma excelente fonte nutricional, é considerado a principal fonte de exposição humana a contaminantes inorgânicos (Ribeiro et al, 2020). Em contraste com as vantagens do peixe na dieta, também existe o risco de exposição a contaminantes químicos contidos nestes e seus derivados, conforme descrito, pelo que deve ser tomado em consideração na avaliação da qualidade deste alimento para a saúde humana (Silva & Santos, 2016).

Em aquacultura os metais pesados de maior interesse para a saúde pública devido à sua toxicidade são o mercúrio, o arsénio, o cádmio, o chumbo e muitos outros como o alumínio, cobre, ferro e zinco (Menezes, 2000).

Dos metais mencionados, o mercúrio (Hg) destaca-se por estar presente com mais frequência em meios aquáticos e pela sua elevada toxicidade para os humanos e animais. O Hg quimicamente apresenta-se sob três formas: elementar, inorgânica e orgânica. A forma metilada é a principal forma de bioacumulação, dá-se nos tecidos musculares e é também o único elemento capaz de se biomagnificar ao longo da cadeia alimentar (Vaz & Furlan, 2013). O peixe é considerado como a principal causa de intoxicação por mercúrio do ser humano. O pescado absorve o metilmercúrio (MeHg) tanto pela água como pela ingestão de alimento, sendo que a sua toxicidade no homem está relacionada com o teor de mercúrio presente no peixe, quantidade ingerida pelo homem e frequência de ingestão. Nos peixes, o mercúrio provoca alterações branquiais e renais devido ao aumento da permeabilidade da membrana celular e perturbação da produção de ATP, causando necrose celular (Menezes, 2000).

Na intoxicação por arsénio (As) a forma inorgânica é mais tóxica do que a orgânica. Segundo vários autores, 80-90% do arsénio presente nas partes comestíveis dos peixes marinhos é arsénio orgânico e apenas 10% é o arsénio inorgânico. Pode causar sintomas como irritação do estômago, intestino, pulmão e pele, assim como decréscimo na produção de glóbulos vermelhos e brancos no sangue (Silva & Santos, 2016).

A exposição ao cádmio (Cd) tem repercussões nos humanos que são agravadas pelo facto de estes terem uma incapacidade de excretar este metal. A intoxicação aguda pode causar febre, irritação nos olhos, nariz e garganta, tosse, dispneia, fraqueza, náuseas, vômitos, cólicas abdominais, diarreia, podendo causar edema agudo do pulmão. Na exposição crónica apresenta sintomas como problemas respiratórios, anorexia, perda de peso, palidez e anemia (Silva., & Santos, 2016). Nos peixes o cádmio, o cobre e o zinco são metais muito tóxicos sobretudo em águas moles e pobres em O<sub>2</sub>, podendo surgir lesões das brânquias com fusão e edema lamelares em 24 horas (Menezes, 2000).

O acúmulo de chumbo (Pb) nos organismos provoca danos neurológicos, doenças renais, efeitos cardiovasculares e reprodutivos. A forma inorgânica é a mais frequente e a orgânica a mais tóxica (Silva & Santos, 2016).

O ferro apresenta menor toxicidade para os peixes, mas quando se precipita nas brânquias prejudica a sua função. Normalmente acontece em águas captadas que provêm de furos subterrâneos ricos em sais ferrosos, como bicarbonatos, pobres em O<sub>2</sub> e pH baixo. Neste caso, a água antes de ir para os tanques de cultura deve passar por um tanque de oxigenação ou por um arejamento forçado pelo menos 24 horas, a fim de aumentar bruscamente a tensão deste gás e a elevação do pH. Este procedimento faz com que os sais ferrosos oxidem e passem a hidróxidos e óxidos férricos que precipitam nas superfícies alcalinas, como as brânquias, causando a sua colmatação (Menezes, 2000).

## **2.3. Aquacultura de pregado (*Psetta maxima*)**

### **2.3.1. Taxonomia**

Reino: *Animalia*

Filo: *Chordata*

Classe: *Actinopterygii*

Ordem: *Pleuronectiformes*

Família: *Scophthalmidae*

Género: *Psetta*

Espécie: *Psetta maxima*

### **2.3.2. História, morfologia e habitat**

A produção aquícola desta espécie teve início na década de 1970 na Escócia, tendo sido expandida posteriormente pela Espanha e pela França. Inicialmente, como havia escassez de juvenis foi difícil aumentar a produção desta espécie. No entanto, com o desenvolvimento de novas tecnologias, a Espanha surge em 1990 com 16 produtores e é ainda hoje líder mundial na produção de pregado devido às suas condições oceanográficas propícias. Porém, existem outros países com águas costeiras favoráveis à produção do pregado, tais como Dinamarca, Alemanha, Islândia, Irlanda, Itália, Noruega, País de Gales e Portugal. Também foi introduzido noutros países como o Chile em 1980 e recentemente na China. Para o desenvolvimento desta atividade contribuiu não só o melhoramento das instalações, mas também o aparecimento de rações secas e o desenvolvimento de vacinas na prevenção das doenças mais frequentes nesta espécie (FAO, 2009).

Apresenta a forma de um peixe plano quase redondo, mas assimétrico. Pode atingir 50-60 cm de comprimento, excepcionalmente 100cm. Apresenta uma boca grande e olhos pequenos do lado esquerdo com duas barbatanas dorsais e uma anal que se estendem por todo o lado dorsal e ventral. A pele não apresenta escamas, mas sim protuberâncias ósseas do lado esquerdo com uma cor geralmente cinza acastanhada e na parte direita (cega) a cor é esbranquiçada (FAO, 2009)

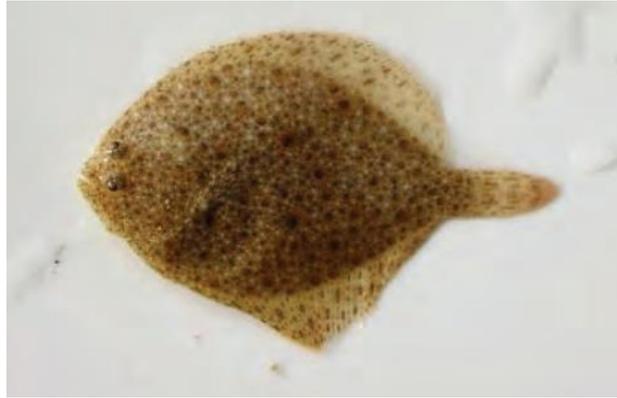


Figura 2.9. Ilustração de *Psetta maxima*. Fonte: Rodríguez (2011).

A *Psetta maxima* é euritérmica e eurialina, sendo a temperatura ideal para os juvenis de 16 a 22°C e a máxima entre 18°C e 20°C. Valores abaixo de 6°C e acima de 25°C levam à paragem de crescimento. Consideram-se letais, as temperaturas abaixo de 2°C e acima de 30°C (Lemos., et al, 2004). É uma espécie marinha bentónica, habita em fundos arenosos, desde águas rasas até 100m. Os peixes mais jovens tendem a viver em locais mais rasos, imitam a cor do substrato e alimentam-se de moluscos e crustáceos, enquanto que os adultos têm preferência por peixes e cefalópodes (FAO, 2009).

### **2.3.3. Ciclo de vida**

Ciclo de vida desde a reprodução, período de incubação, período larvar, dependência alimentar e seu desenvolvimento até à fase de comercialização do pregado (Figura 2.10).

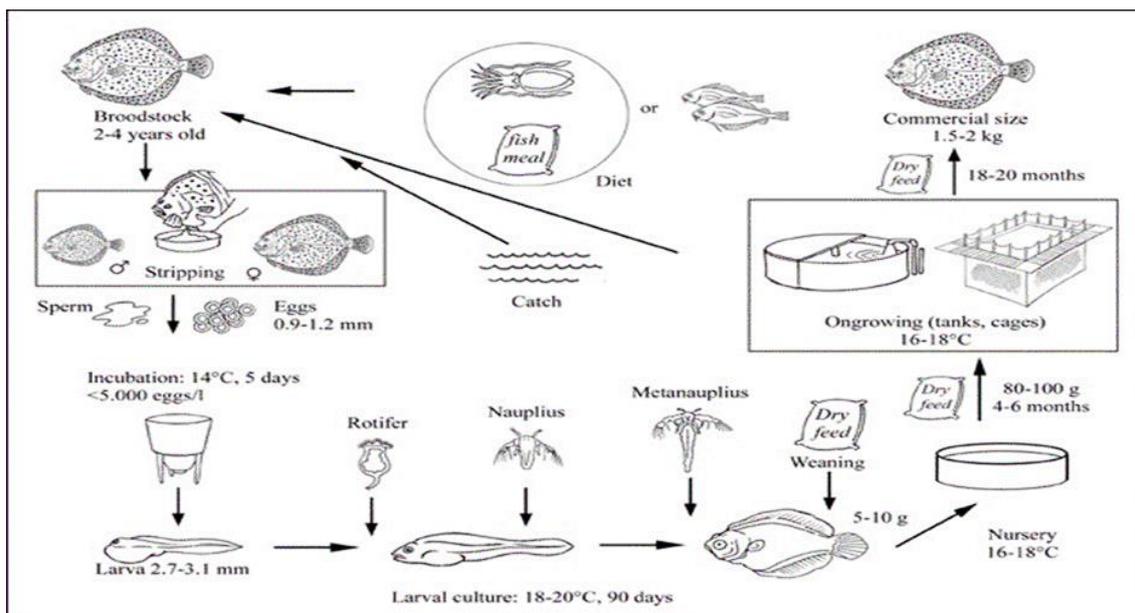


Figura 2.10: Ciclo de vida *Psetta maxima*. Fonte: FAO (2009).

É uma espécie gonocórica com sexos separados, os reprodutores são mantidos em tanques quadrados com volumes de 20-40m<sup>3</sup> em densidades de 3 a 6 Kg/m<sup>3</sup> e alimentados com pastilhas húmidas. Os ciclos ovulatórios são aproximadamente de 70-90 horas. Os ovos são pelágicos, de forma esférica e o seu diâmetro varia entre 0,9 e 1,2 mm. A sua qualidade, depende de vários fatores, tais como, a condição dos progenitores, a sincronização do ciclo de postura, os fatores genéticos e ainda das características intrínsecas do ovo, entre outros (FAO, 2009).

A maturação sexual dá-se com idades semelhantes ao final do segundo ano de vida para os machos quando atingem 1,5-2 Kg e para as fêmeas quando ultrapassam 2 Kg de peso. A idade ótima para os reprodutores é entre os 5-6 anos com diminuição da qualidade e quantidade dos gâmetas a partir dessa idade. A desova natural ocorre entre fevereiro e abril no Mediterrâneo e entre maio e julho no Atlântico, com várias posturas sequenciais cada 2 a 4 dias. Os ovos medem 1mm de diâmetro e apresentam apenas uma gota de gordura.

Em boas condições de fotoperíodo e temperatura a gametogénese dura três meses e a postura de um a três meses, sendo a fecundação estimada de 200.000 ovos por Kg de fêmea. A previsão e controle da ovulação são muito importantes no resultado final da taxa de fecundação, uma vez que esta depende, em grande parte, do tempo que os ovócitos permanecem no lúmen ovárico, isto é, ovócitos recém ovulados têm 90% de hipótese de fecundar (Rodríguez, 2011).

Para a incubação usam-se tanques cilíndricos, cónicos de poliéster que funcionam em circuito aberto com uma renovação de água de 25% à hora e com uma aeração suave. A água utilizada deve ser de mar, filtrada e esterilizada por raios UV a uma temperatura entre 13-14°C, durante 5 dias e com uma densidade não superior a 5000 ovos por litro, a fim de assegurar o desenvolvimento embrionário e a qualidade das larvas (Rodríguez, 2011).

O desenvolvimento embrionário leva de 60 a 70 dias e os fatores mais importantes para a obtenção de uma boa percentagem de embriões e larvas, são a qualidade dos ovos através da higiene no manuseio e as características da água do mar, usada no seu cultivo assim como a temperatura e a salinidade. (Pepe et al., 2012). O cultivo larvar pode ser em sistema semi-intensivo ou intensivo com uma densidade de 2-5 larvas/litro ou 15-20/litro, respetivamente e a uma temperatura de 18-20°C para ambos os sistemas. Após a eclosão as larvas de pregado têm 2,7 a 3,1 mm de comprimento e 0,1-0,2 mg de peso (FAO, 2009 & Rodríguez, 2011).

Nos primeiros dias as barbatanas peitorais aparecem e os olhos começam a pigmentar-se, apresentando-se uma larva mais ativa e começando a nadar. A boca e o ânus abrem-se ao 3º dia iniciando a alimentação exógena. Ao 5º dia o saco vitelino já está reabsorvido, a gota de gordura ao 7º dia e a bexiga natatória totalmente inflada. A metamorfose inicia ao 15º dia quando a larva mede 7mm, originando a forma plana e a migração do olho direito para o lado esquerdo que termina ao 30º dia e quando a bexiga natatória é totalmente reabsorvida (Figura 2.11). Este processo da metamorfose termina entre os 40-50 dias de vida com as larvas a pesarem 0,1 a 0,15 g e com 20-30 mm de comprimento (Rodríguez, 2011).

Larva com 4 dias



Larva com 10 dias



Larva com 16 dias



Larva com 40 dias

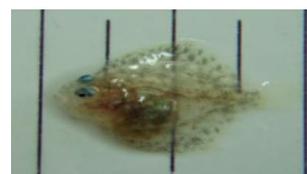


Figura 2.11: Desenvolvimento larvar *Psetta maxima*. Fonte: Rodríguez (2011).

A sua alimentação é progressiva usando as reservas vitelinas nos três primeiros dias e, com a abertura da boca e do ânus, dão início à alimentação exógena com introdução de rotíferos em tanques previamente enriquecidos com microalgas ou produtos comerciais. Nesta fase pressupõe-se que o seu aparelho digestivo já esteja funcional e recetivo aos primeiros alimentos exógenos, mas não deixa de constituir uma fase crítica no seu desenvolvimento. Quando esta adaptação não acontece, grande parte das larvas morre ao fim de 8-10 dias (Ferreira, 2009).

Posteriormente ao 12º dia são introduzidos náuplios de Artémia, passando a metanauplios de Artémia aos 14-15 dias enriquecidos com microalgas ou produtos comerciais, sendo a única alimentação a ser adicionada até ao desmame que iniciava aos 25-30 dias. Atualmente com as rações microencapsuladas o desmame começa ao dia 15 e faz-se em simultâneo com a Artémia até ao dia 30-35, passando de seguida apenas para a ração seca (FAO, 2009 & Rodríguez, 2011).

Nesta fase, com o fim do desmame e da metamorfose, dá-se a passagem para uma ração seca, permanecendo nesta unidade até atingirem 5-10g, antes de passarem para a *nursery*. Aqui, alimentam-se de granulado seco até atingirem 80 a 100g, passando de seguida para a pré-engorda onde permanecem 4-6 meses e finalmente 18 a 20 meses na fase da engorda até atingirem o peso comercial desejado (1,5-2 kg). Uma vez nesta fase, podem ser aproveitados para venda ou para futuros reprodutores (FAO, 2009).

Em aquacultura, a produção de pregado, tal como acontece com outras espécies, é feita em condições rigorosamente controladas, tecnologicamente eficazes e com mão de obra qualificada, pelo que a reprodução em cativeiro pode fazer-se durante todo o ano com a manipulação da temperatura, fotoperíodo e alimentação específica. (Vicenzo et al., 2001).

#### **2.3.4. Doenças mais frequentes**

Na cultura de *Psetta maxima* verifica-se uma diversidade de agentes patogénicos do tipo parasitário, bacteriano e vírico, sendo o seu tratamento também de acordo com estes agentes, desde banhos, diminuição da densidade, antibioterapia, prevenção através de vacinação e boas práticas de manejo (Quadro 2.2).

Quadro 2.2: Descrição das patologias mais comuns *Psetta maxima*. Fonte: adaptado FAO (2009) e Menezes (2000).

DOENÇA	AGENTE	TIPO	SINTOMAS	MEDIDAS/TRATAMENTO
<b>Amoebic gill disease (AGD)</b>	<i>Neoparamoeba pemaquidensis</i>	Ectoparasita	Parasitismo das guelras; Dificuldade respiratória	Banho de água renovada e oxigenada
<b>Trichodiniase</b>	<i>Trichodina spp.</i>	Ectoparasita	Escurecimento da pele, letargia; dificuldades respiratórias; irritação dos opérculos; esfregam o corpo na parede dos tanques	Banho desinfetante
<b>Suticociliatose</b>	<i>Philasterides dicentrarchi</i>	Ecto, Endoparasita	Escurecimento da pele; úlceras cutânea; alterações no comportamento natatório; exoftalmia; distensão abdominal	Diminuição da densidade
<b>Microsporidiose</b>	<i>Tetramicra brevifilum</i>	Endoparasita	–	Diminuição da densidade
<b>Myxosporidiose</b>	<i>Enteromyxum scophthalmi</i>	Endoparasita	Múltiplos quistos brancos na pele e escamas	Diminuição da densidade; Desinfecção completa das instalações
<b>Flexibacteriose</b>	<i>Tenacibaculum maritimum</i>	Bactéria	Manchas cinzentas na zona da barbatana dorsal no início; lesões na cabeça e boca; por vezes apodrecimento das guelras	Vacinação; Antibióticos
<b>Furunculose</b>	<i>Aeromonas salmonicida</i>	Bactéria	Lesões semelhantes a queimaduras	Auto-vacinação; Antibióticos
<b>Streptococcose</b>	<i>Streptococcus parauberis</i>	Bactéria	Hemorragia das barbatanas, pele e serosas; úlceras	Vacinação
<b>Vibriose</b>	<i>Vibrio anguillarum</i>	Bactéria	Pele escurecida; letargia; barbatanas desfiadas; úlceras na pele; exoftalmia	Vacinação; Antibióticos
<b>HSV</b>	<i>Herpesvirus scophthalmi</i>	Vírus	Lesões cutâneas, cabeça e cauda levantados, células gigantes	–
<b>SHV/VHS</b>	<i>Rhabdovirus</i>	Vírus	Hemorragias externas e internas	–
<b>Rotavirose</b>	<i>Rotavirus</i>	Vírus	–	–
<b>Turbot Rotavírus</b>				

## **2.4. Aquacultura de robalo (*Dicentrarchus labrax*)**

### **2.4.1. Taxonomia**

Reino: *Animalia*

Filo: *Chordata*

Classe: *Actinopterygii*

Ordem: *Perciformes*

Família: *Moronidae*

Género: *Dicentrarchus*

Espécie: *Dicentrarchus labrax*

### **2.4.2. História, morfologia e habitat**

A piscicultura desta espécie surgiu durante os anos 60 como um aproveitamento de antigas salinas, em que colhiam o sal durante o verão e o outono e faziam o cultivo de peixes durante o inverno e a primavera, recorrendo aos peixes provenientes dos estuários das zonas envolventes. Perante isto, surge a necessidade de aquisição de alevins para o desenvolvimento da atividade, sendo a França e a Itália, em finais dos anos 60, os países que desenvolveram técnicas de criação de juvenis de robalo. Porém, debateram-se com alguns problemas sobretudo na regulação da bexiga natatória que originava grande número de deformidades, dificultando a produção. Uma vez este problema ultrapassado, com o desenvolvimento de técnicas fiáveis para a produção de juvenis em massa e a difusão destas, pela maioria dos países mediterrânicos no final da década de 1970, o robalo tornava-se a primeira espécie de peixe marinho não salmonídea a ser produzida comercialmente em aquacultura. Assim, deu-se início ao desenvolvimento produtivo do robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*), que ainda hoje é amplamente cultivado e comercializado nos países mediterrânicos, onde os maiores produtores são: a Grécia, Turquia, Itália, Espanha, Croácia e Egito (FAO, 2009).

A sua morfologia apresenta um corpo alongado, o opérculo com dois espinhos chatos e o preopérculo com grandes espinhos direcionados para a frente na sua

margem inferior. A boca é terminal, os dentes vomerinos numa faixa crescente sem extensão para trás na linha média do céu da boca. Apresenta duas barbatanas dorsais separadas, a primeira com 8-10 espinhos e a segunda com uma espinha e 12 ou 13 raios moles; a nadadeira anal com 3 espinhos e 10 a 12 raios moles. As escamas são pequenas, a nadadeira caudal, moderadamente bifurcada; apresenta cor cinza-prateado azulado no dorso, prateado nas laterais, ventre às vezes tingido de amarelo. Os jovens têm algumas manchas escuras na parte superior do corpo, enquanto que os adultos nunca estão manchados. Apresentam uma mancha difusa no bordo do opérculo (FAO, 2009).



Figura 2.12: Ilustração de *Dicentrarchus labrax*. Fonte: Ortega (2013).

Os juvenis andam em cardumes ao contrário dos adultos que são gregários. É uma espécie que tem preferência pelo litoral, é bentónica e habita em fundos arenosos, com preferência por águas costeiras, estuários e lagoas de água salobra. Pode ser encontrada no Atlântico Nordeste, da Noruega ao Senegal, no Mediterrâneo e no Mar Negro. É um predador ativo, cuja alimentação é à base de invertebrados, poliquetas, moluscos, bivalves e pequenos crustáceos (IPMA).

Os robalos europeus são euritérmicos (5-28°C) e eurialinos, sendo a a sua temperatura ideal 22-23°C e o seu cultivo pode ser em águas praticamente doces. Com temperaturas abaixo de 10-12°C a capacidade de se alimentarem diminui consideravelmente (Ortega, 2013). Não sendo sensíveis a baixas temperaturas, contudo alguns peixes podem hibernar em lagoas costeiras em vez de regressar ao mar aberto (FAO, 2009., Ortega, 2013).

Porém, a influência da temperatura, assim como a variabilidade atmosférica e oceânica podem alterar o início do ciclo de vida desta espécie. O aumento da temperatura do mar pode atrasar o nascimento dos robalos levando a uma quebra da sincronia entre larvas eclodidas e a sua fonte alimentar (zooplâncton), que uma vez mais tardia pode sofrer um afloramento costeiro, típico da época mais quente. Este fator pode quebrar o ciclo de vida destes organismos, impedindo as larvas de chegar aos estuários e assim, provocar uma diminuição dos stocks a longo prazo causados pelas alterações climáticas da água do mar,

disponibilidade de alimentos e pela oscilação do atlântico norte (Pinto et al., 2021).

### 2.4.3. Ciclo de vida

Ciclo de vida do robalo desde a reprodução, período larvar e o seu desenvolvimento em mar aberto ou em explorações de regime extensivo até à fase de comercialização (Figura 2.13).

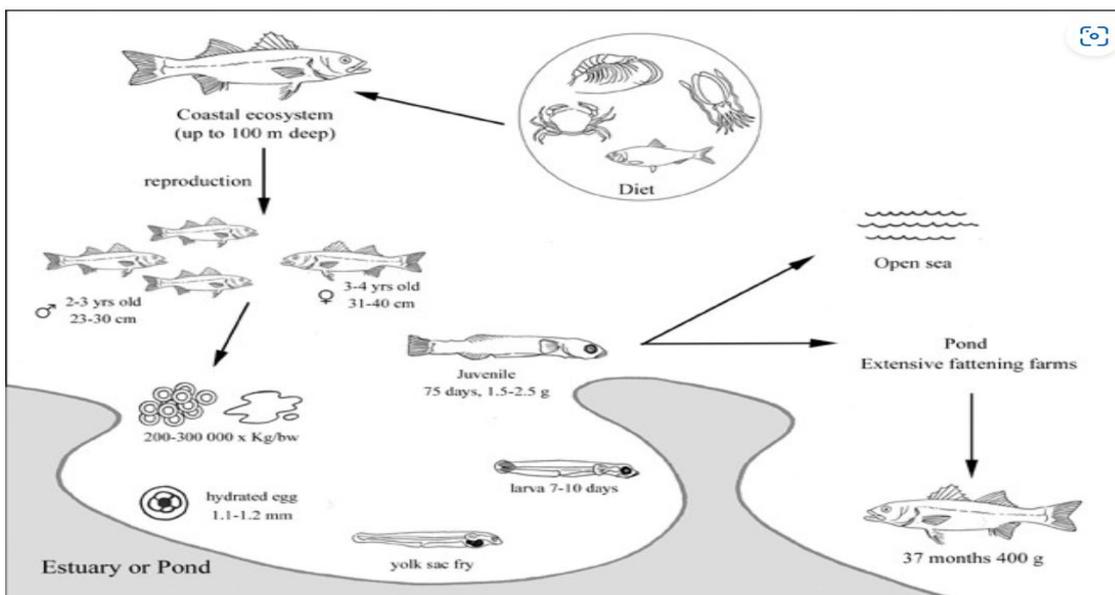


Figura 2.13: Ciclo de vida *Dicentrarchus labrax*. Fonte: FAO (2009).

Tal como acontece com outras espécies gonocóricas, os machos atingem a maturidade sexual antes das fêmeas e têm um menor desenvolvimento. A maturidade sexual desta espécie depende da temperatura da água, pelo que no Mediterrâneo nos machos é atingida ao segundo ano de vida com um peso superior a 300-400g, enquanto que as fêmeas só atingem ao terceiro ou quarto ano de vida com peso superior a 500-600g. Se o seu habitat for o Atlântico, a maturidade sexual sofre um atraso de um a dois anos. Em condições de cultivo, a maioria desenvolve-se como machos (70-80%) devido às altas temperaturas em que se encontram, aquando da diferenciação sexual (IPMA., Ortega, 2013).

A idade ótima para os reprodutores machos é de 3 a 4 anos, diminuindo a qualidade e quantidade de esperma a partir dos 6 anos, enquanto que nas fêmeas a idade ótima reprodutiva é um pouco mais tarde com 4 a 7 anos, começando a perder qualidade a partir do 8º/9º ano de vida. Têm uma época reprodutiva por ano, dezembro a março no mediterrâneo e até junho no atlântico, período em que a desova é estimulada pelo arrefecimento das águas (Fernandes, 2021). O tamanho dos ovos varia entre 1,1 a 1,5 mm e são cerca

de 300.000 ovos/Kg por fêmea. Os ovos no Atlântico são de maior tamanho (1,2 a 1,5 mm), enquanto que no Mediterrâneo não ultrapassam 1,2 mm de diâmetro.

A duração da gametogênese é de 3 meses, igual à dourada em condições que dependem do fotoperíodo e da temperatura. A postura dura de um a três meses dependendo do aumento do fotoperíodo e da temperatura que é considerada ótima entre os 13 e 15°C e é fundamental para acelerar os últimos estádios da vitelogênese. No entanto, apesar de serem eurialinos, necessitam de salinidades similares à água do mar para completar a maturação e induzir a flutuabilidade dos ovos recém-fecundados (Ortega, 2013).

No entanto, em maternidades manipulando o fotoperíodo e a temperatura conseguem-se desovas em todas as épocas do ano. A postura pode ser espontânea ou induzida por injeção hormonal, os oócitos têm que ter um tamanho mínimo de 650 a 700 $\mu$  e pode usar-se a hormona gonadotrofina coriônica humana (GCH) a uma dose de 700-1.000 UI/Kg de fêmea ou análogos da LHRH a uma dose de 5-10 $\mu$ gr por kg de fêmea (Ortega, 2013).

Em média a fecundação gera cerca de 300 a 400.000 ovos por Kg de fêmea, cujo peso oscila entre 1,5 a 2 kg. Cada fêmea pode produzir entre 400 a 800.000 ovos com uma percentagem de fecundação de 90% e uma taxa de eclosão de 75-80%, podendo ter 250-500.000 larvas recém-nascidas. No entanto, com as falhas que possam vir a ocorrer na postura, apesar das medidas de segurança, estes valores reduzem para 150-250.000 larvas.

Nas maternidades os tanques de reprodutores devem ser redondos, de cimento ou fibra de vidro e a densidade não deve ultrapassar 4-5 Kg/m<sup>3</sup>, os níveis de oxigénio devem estar perto da saturação e a salinidade deve ser de 37-38%. Para a obtenção de posturas fora da época natural estes devem ter sistemas de controle do fotoperíodo e temperatura (Ortega, 2013).

Antes da incubação os ovos são colocados em recipientes com água durante uns minutos a fim de separar os ovos flutuantes dos não flutuantes. Os ovos fecundados apresentam forma esférica e medem entre 1,1-1,5mm de diâmetro podendo ter de uma a três gotas de gordura, são transparentes, ligeiramente amarelados e com boa flutuabilidade. Antes de serem introduzidos nos tanques de incubação devem ser lavados com água do mar limpa e desinfetados e a sua densidade não deve ultrapassar os 5.000 ovos/litro (Ortega, 2013).

Após eclosão das larvas dá-se início ao cultivo larvar que é realizado em condições especiais de temperatura, luz e alimentação. O peso e a medida das larvas recém eclodidas são de 0,1-0,2mg e 4mm de comprimento respetivamente. Têm um comportamento passivo, são cegas, simétricas e têm

o ânus e a boca fechados. Alimentam-se das suas reservas vitelinas até ao 7º/8º dia dando-se se a primeira inflação da bexiga. Neste estágio a larva mede 5-6mm e dá início à metamorfose aos 30-35 dias quando a larva mede 10-12mm terminando aos 60-70 dias de vida como alevim com 20-25mm de comprimento.

Desenvolvimento larvar do *Dicentrarchus labrax* com 3 dias de vida (A), 18 (B), 26 (C) e 38 (D), terminando este ciclo com 10 a 12 mm aquando do início da metamorfose que dura cerca de 30 dias até ser considerada alevim (Figura 2.14).

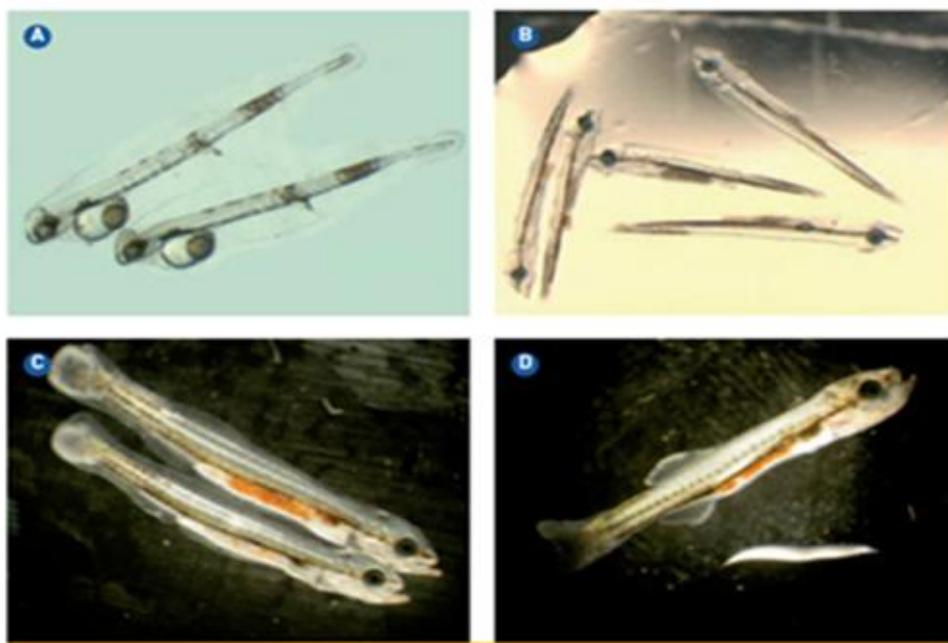


Figura 2.14: Desenvolvimento larvar *Dicentrarchus labrax*. Fonte: Ortega (2013).

À semelhança das larvas de outras espécies de peixes marinhos cultivados, a alimentação exógena inicia ao 4-5º dia de vida com a introdução de rotíferos várias vezes ao dia, enriquecidos com microalgas ou produtos comerciais. A partir do 7- 10º dia incluem-se também na dieta, em simultâneo com os rotíferos, os náuplios de *Artémia* que, além de serem cepas de pequeno tamanho, têm uma elevada qualidade nutritiva. A partir desta idade, a larva já apresenta movimentos ativos, comportando-se como um predador, podendo diminuir-se a concentração de presas e adicionar *Artémia* pelo menos 4-6 vezes ao dia. Usualmente, o desmame deste tipo de alimentação, fazia-se aos 35-40 dias, mas atualmente com a introdução de microdietas (coalimentação) faz-se aos 17-18 dias, iniciando com partículas de menor tamanho e aumentando este progressivamente, com o desmame a terminar aos 50-55 dias, dando início a uma alimentação exclusivamente seca (Ortega, 2013).

Durante a noite as larvas não se alimentam, mas apresentam um apetite voraz durante a manhã. Perante este comportamento, é importante aproveitar este

período para dar início à introdução das dietas secas aquando do desmame. Nesta fase os juvenis são adquiridos pelos aquicultores com um peso de 1,5-2,5 g e iniciam um cultivo, que embora tenha condições semelhantes ao cultivo larvar, a água já não precisa de ser esterilizada e a temperatura pode ser superior a 20-22°C. Os aquicultores que utilizam jaulas para o cultivo optam por fazer uma pré-engorda em tanques com condições especiais a uma temperatura de 25°C até atingirem 20g, o que acontece em pouco mais de dois meses, ficando assim mais resistentes às adversidades do meio ambiente. É também nesta fase que apresentam maior risco de infeções devido às manipulações, sendo vacinados antes de serem transferidos para as instalações de engorda (Ortega, 2013).

Como são predadores, a classificação é necessária pelo menos duas ou três vezes por ciclo, a fim de se obterem lotes homogêneos e evitar o canibalismo (FAO, 2009., Ortega, 2013). O manejo é mais difícil, stressam com facilidade, têm um comportamento mais agressivo e são relativamente sensíveis à luz. Qualquer ferida é uma porta de entrada para infeções, pelo que obriga a que tenhamos muito cuidado no manejo e nas transferências, principalmente se as temperaturas forem elevadas. Muitas vezes são anestesiados para facilitar o manejo e diminuir o grau de stress (Ortega, 2013).

Embora parecido com a dourada, o seu crescimento é mais lento, mas o seu valor comercial é maior, o que compensa o tempo maior para atingir o tamanho comercial 400-450g em 18-24 meses dependendo do tipo de regime e o início da engorda. A engorda pode ocorrer em tanques ou em sistemas de gaiolas (FAO, 2009., Ortega, 2013).

#### **2.4.4. Doenças mais frequentes**

As patologias desta espécie são de origem variada, com predomínio das bacterianas e parasitárias, cujo tratamento é feito de acordo com cada uma delas, desde antibioterapia, banhos com Triclorfon ou diclorvos (OFs), vitamina C e imunoestimulantes, mas sobretudo tratamento preventivo através de vacinação e boas práticas de manejo (Quadro 2.3).

Quadro 2.3: Descrição das patologias mais comuns *Dicentrarchus labrax*. Fonte: adaptado FAO 2009., Ortega 2011.

DOENÇA	AGENTE	TIPO	SINTOMAS	Medidas
<b>Encefalo-retinopatia viral</b>	<i>Nodavírus</i>	Vírus	Sintomas nervosos	Boa profilaxia; boas condições de criação
<b>Vibriose</b>	<i>Vibrio anguillarum</i> ; <i>Vibrio ordali</i> ; <i>Vibrio spp</i>	Bactérias	Anorexia; úlceras de pele; distensão abdominal; esplenomegalia; petéquia visceral; enterite necrótica	Vacinação de alevins e tratamento antibiótico
<b>Fotobacteriose ou Pseudotuberculose</b>	<i>Photobacterium damsela subsp. pasteurilla</i>	Bactéria	Anorexia; esplenomegalia; lesões miliares do baço ou granulomatose do baço (forma crónica)	Tratamento Antibiótico
<b>Mixobacteriose</b>	<i>Flexibacter maritimus</i>	Bactéria	Úlceras cutâneas; necrose; erosão das barbatanas	Tratamento antibiótico
<b>Micobacteriose</b>	<i>Mycobacterium marinum</i>	Bactéria	Emagrecimento; baixo crescimento; rim e baço hipertróficos com granulomas	Boa profilaxia
<b>Epitheliocystis</b>	Tipo <i>clamídia</i>	Bactéria	Nódulos miliares na pele ou brânquias	Boa profilaxia
<b>Amiloodiniase</b>	<i>Amyloodinium ocellatum</i>	Dinoflagelado	Escurecimento da pele; aparência empoeirada da pele (doença do veludo)	Tratamento de água doce
<b>Escuticociliatose; outra ciliatose</b>	<i>Philasterides dicentrarchi</i> ; <i>Uronema sp.</i> ; <i>Tetrahyrnema sp.</i>	Ciliados	Lesões de pele e brânquias; despigmentação; ulcerações; hemorragias na área da pele	Tratamento de água doce
<b>Mixosporidiose</b>	<i>Shaerospora dicentrarchi</i> ; <i>S. testicularis</i> ; <i>Ceratomyxa labraci</i>	Myxosporidia	Produção reduzida; taxa de crescimento reduzida; baixa mortalidade	Sem tratamento
<b>Microsporidiose</b>	<i>Glugea sp.</i>	Microsporídios	Produção reduzida; baixa mortalidade	Sem tratamento
<b>“Piolho do mar”</b>	<i>Caligus minimus</i>	Parasita	Lesões cutâneas ulcerativas na cabeça, à volta da área bucal, que podem ser pontuais ou dispersas e causar hemorragias	Banhos com OFS (Triclorfon ou diclorvos) complementando com banhos de água doce
<b>Infeções por vermes branquiais</b>	<i>Diplectanum aequans</i> ; <i>D. laubieri</i>	Trematódeo monogenético	Nublado da pele; vermelhidão focal com produção excessiva de muco; hiperplasia epitelial; hemorragias branquiais	Profilaxia correta; boas condições de criação
<b>Infeção por Anisakis</b>	<i>Anisakis spp.</i>	Nematoda	Larvas na cavidade celomática	Profilaxia correta
<b>Isopodiase</b>	<i>Ceratothoa oestróides</i> ; <i>Nerocilla orbigny</i> ; <i>Anilocra physoides</i>	Crustáceos (isópodes)	Retardo do crescimento; brânquias e necrose do tecido cutâneo; adultos e larvas em peixes	Profilaxia correta
<b>Doença do Ponto Branco Marinho</b>	<i>Cryptocaryon irritans</i>	Protozoário	Letargia com dificuldade respiratória, sem apetite, podem apresentar	Não existe. Apenas tratamento

DOENÇA	AGENTE	TIPO	SINTOMAS	Medidas
			opacidade da córnea e numerosos pontos brancos na pele	preventivo com vitamina C e imuno estimulantes

## 2.5. Aquacultura de dourada (*Sparus aurata*)

### 2.5.1. Taxonomia

**Reino:** *Animalia*

**Filo:** *Chordata*

**Classe:** *Actinopterygii*

**Ordem:** *Perciformes*

**Família:** *Sparidae*

**Género:** *Sparus*

**Espécie:** *Sparus aurata*

### 2.5.2. História, morfologia e habitat

Até à década de 1980 a dourada era tradicionalmente cultivada em lagoas costeiras e lagoas de água salgada (FAO, 2009). Com os conhecimentos dos requisitos biológicos básicos para cultivo da dourada em cativeiro, no início dos anos 80, a dourada foi uma das primeiras espécies marinhas a ser produzida em aquacultura e continua a ser uma das principais espécies produzidas no Mediterrâneo (Grécia, Turquia, Espanha e Portugal) (IPMA). É uma espécie que se adequa bem à aquacultura extensiva no Mediterrâneo devido à alta taxa de sobrevivência e hábitos alimentares. A produção em larga escala de juvenis foi alcançada em 1988-1989 em Espanha, Itália e Grécia depois do primeiro êxito conseguido em 1981-1982 em Itália. A produção e cultivo desta espécie demonstraram rapidamente uma elevada adaptabilidade a condições de criação intensiva em tanques e gaiolas (FAO, 2009).

O nome dourada é dado pela faixa dourada localizada ao nível inter-orbital. O seu corpo é oval e comprimido, de cor cinza-prateada com uma mancha negra

na linha lateral que se estende na margem superior do opérculo. (IPMA). Cabeça regularmente curvada, boca baixa ligeiramente oblíqua e lábios grossos (FAO, 2009). Apresenta uma faixa escura na nadadeira dorsal contínua com 11 espinhos e 13 raios moles, uma barbatana anal com 3 espinhos e 11-12 raios moles, duas barbatanas peitorais largas e pontiagudas e uma barbatana caudal que é forquilhada (Ortega, 2008).



Figura 2.15: Ilustração de *Sparus aurata*. Fonte: Ortega (2008).

Tem um comportamento sedentário, solitário ou em pequenos grupos. É uma espécie omnívora-carnívora e muito raramente herbívora. Alimentam-se de moluscos, bivalves, crustáceos e peixes variando de acordo com a idade. Os juvenis alimentam-se de poliquetas e crustáceos e os adultos de moluscos, crustáceos, equinodermes e ascidáceos (IPMA, 2023).

Tratando-se de uma espécie eurialina e euritérmica, é encontrada em ambientes salobros, como marinhos, lagoas costeiras e estuários, sobretudo nas fases iniciais do seu ciclo de vida. Quando selvagens, em mar aberto, nascem em outubro-dezembro e no início da primavera migram para águas costeiras protegidas à procura de alimento e temperaturas mais amenas, retornando em outubro ao mar aberto a fim de se reproduzirem (FAO, 2009). São bastante sensíveis às baixas temperaturas deixando de se alimentar quando estas atingem valores inferiores a 12-13°C, sendo letais abaixo de 5-7°C. Porém, suportam temperaturas altas até 32-33°C sendo a temperatura ideal 25-26°C para um melhor crescimento (Ortega, 2008). A puberdade para os machos chega no final do 1º/2º ano de vida quando têm um peso de 150-300g, enquanto que as fêmeas alcançam no final do 3º ano de vida quando têm um peso superior a 600g (Ortega, 2008). Os mais jovens permanecem em áreas relativamente rasas até 30m, enquanto que os adultos optam por profundidades até 50m (FAO, 2009).

### 2.5.3. Ciclo de vida

No ciclo de vida representado pode observar-se a semelhança com o do *Dicentrarchus labrax* desde a sua reprodução até à fase de alevim. No entanto, o seu desenvolvimento após esta fase, em mar aberto ou sistemas extensivos de engorda, é mais rápido o que torna o seu custo de produção menor (Figura 2.16).

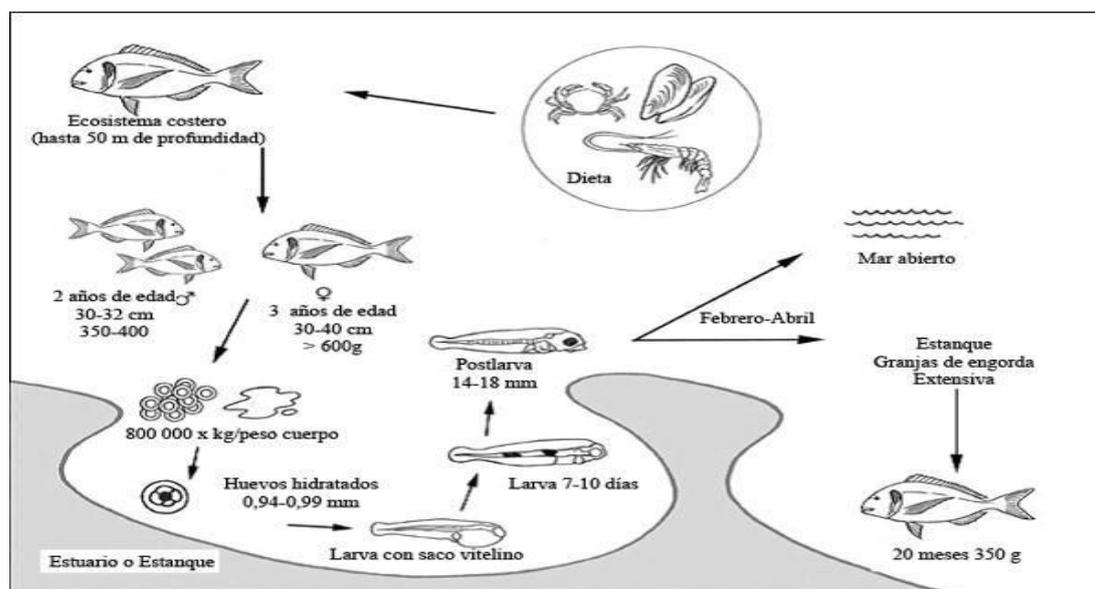


Figura 2.16: Ciclo de vida *Sparus aurata*. Fonte: FAO (2009).

A sua reprodução é do tipo hermafroditismo proterândrico: primeiro comportam-se como machos e depois como fêmeas. A maturidade sexual ocorre durante o 2º ano de vida para a maioria, no entanto alguns deles conseguem a sua maturidade como machos ao fim do 1º ano de vida (Ortega, 2008).

Quando atingem esta maturação, todos os indivíduos iniciam o seu processo de inversão sexual que é concluída por aproximadamente 80% da população passando a comportar-se como fêmeas a partir do 3º ano de vida. Os 20% restantes interrompem o processo de reversão e permanecem como machos (Ortega, 2008). Este processo acontece porque a gónada masculina aparece primeiro e com o desenvolvimento e crescimento ocorre a inversão do sexo, pelo amadurecimento da gónada feminina (IPMA, 2023). A maturação da gónada é progressiva levando a uma postura sequenciada de, aproximadamente, mil ovos por dia durante 2 a 4 meses. O nº total de ovos por fêmea é variável, oscilando, segundo diversos autores, entre 500.000 e 3.000.000 ovos por kg de fêmea. O diâmetro dos ovos varia entre 0,9 e 1mm (Ortega, 2008).

A época de postura tem início em novembro e vai até abril, mas em maternidades conseguem-se posturas em todas as épocas do ano. A postura usualmente é espontânea, no entanto, pode recorrer-se a uma elevação da temperatura ou a uma injeção hormonal para a estimular. Para isso, os oócitos têm de ter um tamanho mínimo de 500 $\mu$  e pode usar-se a hormona gonadotrofina coriônica humana (HCG) a uma dose de 200-250 UI por kg de fêmea, ou análogos da LHRH a uma dose de 1 $\mu$ g por Kg de fêmea (Ortega, 2008).

A gametogénese da dourada tem a duração de 3-4 meses e dá-se em condições de fotoperíodos decrescentes e diminuição da temperatura. A postura prolonga-se por mais 3 meses e requer temperaturas superiores a 15°C, sendo o ótimo 16-18°C, aumentando em muitas incubadoras para 18-20°C. A fecundação apresenta uma média de 800.000 ovos por Kg de fêmea e o período de postura pode-se estender até 4 meses. Uma vez que a percentagem de fecundação é cerca dos 90% e que a taxa de eclosão oscila entre os 70-80%, cada fêmea pode gerar cerca de 500.000 larvas recém-nascidas (Ortega, 2008).

Os reprodutores mantêm-se em tanques de cimento ou fibra de vidro, normalmente redondos e com dimensões de 5-20 m<sup>3</sup>. A densidade não deve exceder os 4-5 Kg/m<sup>3</sup>, o oxigénio deve manter-se a níveis próximos da saturação e a salinidade é de 37-38%. Os tanques devem ter mecanismos para controlar a temperatura e o fotoperíodo (indispensável para ter posturas fora das épocas naturais). A alimentação dá-se 5-6 dias à semana uma vez por dia. Normalmente consiste em rações secas, para reprodutores que não estão bem balanceados pode ser necessário um aporte adicional de pescado fresco, calamar e mexilhão durante a época de postura (Ortega, 2008).

Na incubação os ovos recém-eclodidos de dourada são recolhidos dos tanques através de uma malha colocada à saída destes onde ficam retidos. Seguidamente, e com controlo diário, faz-se a separação dos ovos flutuantes dos não flutuantes, a sua contagem e controlo da qualidade. Uma vez selecionados os ovos devem ser lavados com água do mar e desinfetados antes de serem introduzidos nos tanques de incubação.

Os ovos recém fecundados são esféricos e medem entre 0,95 e 1mm de diâmetro e têm apenas uma gota de gordura que mede entre 0,2 e 0,23mm de diâmetro. São transparentes de forma arredondada e regular e a sua flutuabilidade é boa. A água dos tanques de incubação deve ser do mar, filtrada e esterilizada e a salinidade não deve ser inferior a 35 para evitar o afundamento dos ovos. É importante proceder à recolha dos ovos mortos antes de fazer a transferência para os tanques de cultivo larvar (Ortega, 2008).

As larvas de douradas recém-eclodidas medem cerca de 3 mm de comprimento e pesam entre 0,1 e 0,15mg. São cegas, simétricas e têm a boca e o ânus fechados, ao segundo dia abre-se o ânus e começa a pigmentação dos olhos, no dia seguinte aparece a barbatana peitoral e de seguida dá-se a abertura da boca. A partir daqui a larva apesar de ter uma visão reduzida já é capaz de nadar e capturar as primeiras presas. É ao 5º dia que o saco vitelino é totalmente reabsorvido e a fase vitelina dá-se por finalizada entre o 7º/8º dia. A bexiga natatória embora apareça nos primeiros dias só está completamente desenvolvida por volta dos 50 dias de vida, quando a larva mede cerca de 10 a 15mm. Simultaneamente, dá-se a metamorfose entre os 45 e 60 dias de vida, quando os alevins medem entre 10-15mm e pesam cerca de 40-60mg. A técnica mais usada de cultivo larvar é intensiva com densidades com 50-150 larvas/litro à temperatura ótima de 20-22°C e com intensidades de luz moderadamente elevadas 500-1000 luxes e fotoperíodos largos (Ortega, 2008).

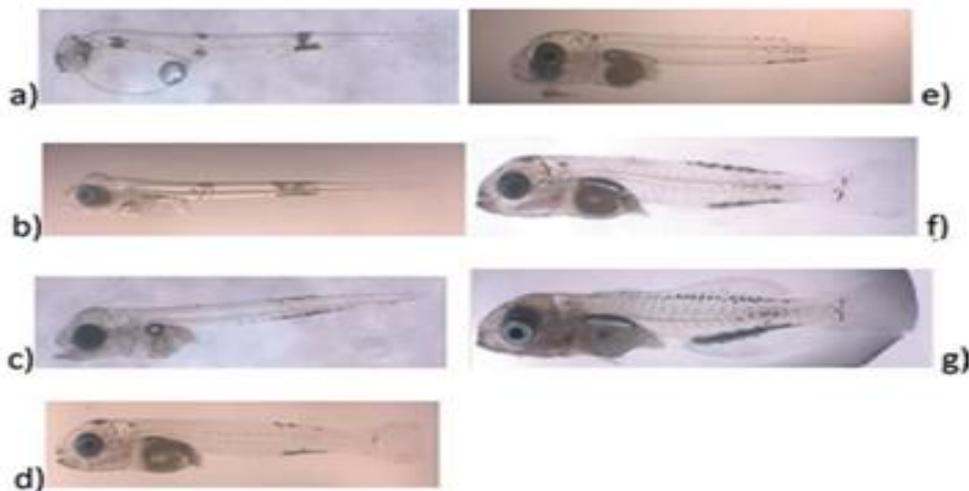


Figura 2.17: Desenvolvimento larvar da *Sparus aurata* desde a eclosão até aos 50 dias de a) a g), mostrando abertura da boca (b), enchimento da bexiga natatória (c, 10 dph), flexão (d, 20 dph) e formação de cauda (e) e barbatanas (f, 30 dph e g, 50 dph). Fonte: Alicia Estévez (2019).

As larvas alimentam-se das suas reservas vitelinas durante os 3-4 primeiros dias de vida, iniciando uma alimentação exógena com o rotífero *Brachionus plicatilis* duas a três vezes ao dia até atingirem 25 dias de vida. É introduzido Artémia por volta do dia 18 e mantida até aos 55-60 dias, coincidindo com o início da metamorfose e cujas quantidades dependem da sobrevivência e da densidade das larvas. Nesta fase é feito o desmame e introduzida alimentação seca. Atualmente, com as rações microencapsuladas (partículas de menor tamanho), o desmame começa ao dia 20 mantendo-se simultaneamente a Artémia e ração até ao dia 60. Todas as mudanças alimentares devem ser feitas

progressivamente e adaptadas à capacidade alimentar das larvas (Ortega, 2008).

Por volta dos 70-80 dias de idade os alevins são retirados da sala de cultivo com um peso médio de 0,1-0,2g e, por serem muito débeis, passam para uma primeira “pré-engorda”, nas instalações de cultivo larvar, até terem 100-120 dias e um peso médio de 0,5-2g, passando seguidamente para uma unidade de pré-engorda quando pesam 1-2g. Aqui a alimentação é feita com ração seca ad libitum com ou sem alimentadores automáticos. A sua sobrevivência é alta 85-90% e com uma taxa de crescimento diário alta, que pode chegar a 5g. Nesta fase da pré-engorda e a uma temperatura de 25-26°C o seu crescimento é rápido podendo atingir 20g em menos de dois meses, passando para a fase seguinte a engorda onde permanecem até atingirem o valor comercial desejado. Este valor final varia com o tamanho dos juvenis, a quantidade de alimento fornecido durante o ciclo e a temperatura a que estão expostos, podendo atingir pesos de 350-400g durante um período de cultivo de 13, 16 ou 18 meses, dependendo da época de início da engorda e do tipo de regime (Ortega, 2008).

Apesar de na fase larvar ser uma espécie muito suscetível à manipulação, na fase adulta é muito mais resistente do que outras espécies marinhas, sendo tolerantes às variações climáticas e ao tipo de alimento nas fases seguintes (IPMA, 2023).

#### 2.5.4. Doenças mais frequentes

As patologias que mais afetam esta espécie são do tipo bacteriano pelo que o seu tratamento passa pelo uso de antibioterapia, associada a outras medidas preventivas como vacinação, alimentação em quantidade e qualidade, boa higiene, desinfeção e vazios dos tanques infetados, entre outros (Quadro 2.4).

Quadro 2.4: Descrição das patologias mais comuns *Sparus aurata*. Fonte: adaptado FAO 2009., Ortega 2008.

DOENÇA	AGENTE	TIPO	SINTOMAS	MEDIDAS/TRATAMENTO
<b>Pasteurelose (pseudotuberculose)</b>	<i>Photobacterium damselae</i> <i>subsp. piscicida</i>	Bactéria	Anorexia; necrose focal das brânquias	Vacinação de animais reprodutores e juvenis; uso de tratamentos com imunoestimulantes e vitaminas; boa higiene e desinfeção do sistema de abastecimento de água; Antibióticos

<b>Vibriose</b>	<i>Photobacterium damsela</i> <i>subsp. damsela</i>	Bactéria	Pele escura; letargia; abdómen distendido; hemorragia	Evitar usar alimentos com níveis lipídicos muito elevados; Antibióticos
<b>Vibriose</b>	<i>Vibrio alginolyticus</i>	Bactéria	Hemorragia, pele escura; lesões cutâneas	Boa higiene; Antibióticos
<b>Vibriose</b>	<i>Vibrio anguillarum</i>	Bactéria	Letargia; Anorexia; posição de cabeça para baixo	Boa higiene e desinfecção do sistema de abastecimento de água; Antibióticos
<b>Linfocisto</b>	<i>Iridoviridae</i>	Vírus	Pseudotumor esbranquiçado	Reduzir a taxa de alimentação; reduzir a biomassa; evitar stress adicional em peixes doentes; baixa patogenicidade – sem tratamento
<b>Aquareovírus</b>	Aquareovírus	Vírus	Nenhum	Baixa patogenicidade – sem tratamento
<b>Síndrome do intestino distendido (DGS)</b>	Partícula semelhante a um vírus	Vírus	Abdómen distendido, movimento rotativo desorientado; imobilidade com a cabeça para baixo	Tratamento eficaz da água recebida com UV durante os estádios iniciais da larva
<b>Enterite parasitária</b>	<i>Myxidium leei</i>	Endoparasita	Letargia; abdómen distendido; hiperpigmentação	Evitar stressar os peixes; Sem tratamento
<b>Síndrome da doença de Inverno</b>	<i>Pseudomonas anguilliseptica</i> (multifatorial)	Bactéria	Síndrome da “barriga para cima” com ou sem presença de hemorragia	Período efetivo de desinfecção e secagem das unidades de engorda à base de solo; adaptar o regime alimentar e preparar os peixes para o período de Inverno
<b>Flexibacteriose</b>	<i>Tenacibaculum maritimum</i>	Bactéria	Zonas necróticas da pele, barbatana caudal e brânquias	Não existe vacina. O tratamento é feito com antibióticos via oral e banhos
<b>Epiteliocistis</b>	<i>Clamydias</i>	Bactéria	Em infeções muito graves observam-se quistos brânquiais que podem levar à morte por IR	Não existe tratamento
<b>Doença do Ponto Branco Marinho</b>	<i>Cryptocaryon irritans</i>	Protozoário	Infeta as brânquias e a pele. Apresenta letargia, dificuldades respiratórias, anorexia, opacidade da córnea e numerosos pontos brancos na pele.	Tratamento preventivo com vitamina C e imunoestimulantes

## 2.6. Doenças mais frequentes em piscicultura

A piscicultura está sujeita à ocorrência de patologias, quer no sistema intensivo, quer no semi-intensivo ou ainda no sistema extensivo embora em menor escala, tendo como causas comuns a densidade, o manejo, a introdução de espécies exóticas e outros fatores próprios do regime e das espécies.

Com o aumento da produção de pescado em regime intensivo, a ocorrência de agentes patogénicos, devido sobretudo à densidade, é uma inevitabilidade pelo que este sistema requer um elevado controlo, a fim de se fazer um diagnóstico e tratamento preventivos que evitem a disseminação de agentes patogénicos.

As doenças em piscicultura podem ser de várias etiologias do foro interno ou externo, isto é, aquelas que têm como causas agentes biológicos, má qualidade da água, deficiências alimentares e fatores ambientais, entre outros. Os agentes patogénicos mais comuns são bactérias, vírus, parasitas e fungos, pelo que o tratamento pode ser feito com antibióticos, vacinas, banhos desinfetantes, mas sobretudo preventivo. Todas elas constituem o principal fator de perdas económicas para os piscicultores.

Nas explorações onde foi realizado o estágio, as doenças que maiores problemas causam aos piscicultores, são no regime intensivo de pregado a Scuticociliatose (*Philasterides dicentrarchi*) e o Herpesvírus (*Herpesvirus scophthalmi*) e no regime semi-intensivo de robalo e dourada o *Caligus minimus* e o “Síndrome de Inverno”, respetivamente. No âmbito destas patologias, faz-se a descrição de cada uma delas com destaque no agente patogénico, sintomas e tratamento/prevenção, a fim de aprofundar conhecimentos teóricos sobre estes agentes que causam grandes perdas económicas no setor.

Scuticociliatose: é uma doença parasitária causada pelo *Philasterides dicentrarchi* considerada das mais graves no cultivo do pregado, afetando tanto juvenis como adultos e tem uma relação direta com a qualidade da água dos tanques. As populações afetadas apresentam diminuição do apetite, natação errática invertida e em estádios mais avançados podem apresentar úlceras externas nas narinas, opérculo e superfície dorsal. Como não tem tratamento, a sua prevenção passa por vacinação dos juvenis, uma deteção precoce dos sintomas acima descritos e por evitar situações de stress (Iglesias et al., 2001., Rodríguez, 2011).

Herpesvírus: causada pelo agente *Herpesvirus scophthalmi* é frequente nos pregados jovens. Apresenta formação de lesões cutâneas e a nível microscópico observam-se células gigantes na epiderme e brânquias (Menezes, 2000).

“Piolho do Mar”: a infecção causada por este parasita ocorre na primavera e no início do verão e a sua taxa de infecção provavelmente está relacionada com a temperatura da água, densidade populacional e condições insalubres da água (Tanrikul & Percin, 2016). É uma doença causada pelo parasita *Caligus minimus* que afeta o robalo causando lesões cutâneas ulcerativas localizadas na cabeça, à volta da área bucal que podem ser pontuais ou dispersas e causar hemorragias (Ragias et al., 2004).

“Síndrome de Inverno”: doença de etiologia desconhecida multifatorial, causada pela *Pseudomonas anguilliseptica* e que aparentemente tem uma relação direta com as descidas ou alterações bruscas da temperatura. Esta síndrome apresenta alguns sinais visíveis que podem alertar para a doença tais como: letargia, natação lateral ou invertida e reação mínima a estímulos externos. Uma vez sintomáticos, o diagnóstico é feito através dos sinais e complementado com histopatologia apresentando degeneração granular e necrose nas fibras musculares brancas, diferentes graus de atrofia no pâncreas exócrino, fígado pálido e friável e degeneração gordurosa nos hepatócitos. O trato digestivo apresenta-se distendido e com um líquido claro, hiperplasia da mucosa intestinal e, menos frequentemente, lesões no cérebro e rins. Ocasionalmente, o sangue colhido de animais sintomáticos tem uma aparência mais clara devido à baixa contagem de glóbulos vermelhos. As mortes causadas por esta doença não têm como motivo apenas as descidas de temperatura, mas sim outros fatores como o cortisol elevado que leva à diminuição da resistência aos ataques dos parasitas oportunistas (Gallardo et al., 2003).

## **2.7. Profilaxia médica e sanitária**

### **2.7.1. Profilaxia médica**

A profilaxia médica é feita através de soros, vacinas e imunoestimulantes. Enquanto que na pecuária é recorrente o uso de soros e vacinas para prevenção de doenças, na piscicultura o uso destes ainda têm alguns condicionalismos, nomeadamente, na sua aplicação. Existem no mercado vacinas disponíveis para a prevenção de algumas doenças, tais como a vibriose, a furunculose, a yersiniose, etc. Porém, a sua eficácia é melhor se estas forem produzidas a partir de estirpes locais de antigénio. A sua aplicação é um dos problemas que contribui para uma boa eficácia ou não, existindo vários métodos como banhos vacinais, aerossóis, mas o mais eficaz é a injeção intraperitoneal, embora seja uma prática limitada. Para uma imunização em massa o ideal é fazer a incorporação da vacina nas rações (Menezes, 2000).

“Os imunostimulantes, adicionados à ração de maneira profilática podem beneficiar a aquicultura, principalmente nas fases iniciais do cultivo, quando os peixes estão mais suscetíveis a doenças” (Tavechio et al., 2009).

### **2.7.2. Profilaxia sanitária**

A implementação de boas práticas de manejo são o fator mais importante de uma piscicultura de sucesso, destacando-se o controle da qualidade da água, uma alimentação adequada em quantidade e qualidade, a remoção atempada de organismos mortos, a colocação em quarentena na aquisição de novos lotes, garantindo assim o bem-estar animal e a prevenção de doenças (Tavechio et al., 2009).

Além da qualidade da água, a quantidade é também um fator importante na sanidade desta, pelo que se deve ter em conta a espécie, o regime e o tipo de exploração. Não menos importante é a construção dos tanques que são diferentes de acordo com o tipo de regime e, sobretudo no intensivo, devem obedecer a regras quanto ao material (cimento, fibra de vidro ou plástico), forma (paredes lisas, circulares ou cantos arredondados e com sistema de autolimpeza) e disposição (em paralelo). No sistema extensivo e semi-intensivo os tanques são de terra e as medidas profiláticas utilizadas são esvaziamento, limpeza, secagem seguida de desinfecção por agentes físicos (UV) ou químicos (cloro, cal viva, etc.), tal como no regime intensivo. No manejo devem prevalecer as medidas de higiene tais como uso de pedilúvios com desinfetantes nos acessos aos tanques, uso de luvas e roupas adequadas (Menezes, 2000).

### 3. Estudo de caso

#### 3.1. Caracterização dos locais de estágio

##### 3.1.1. Stolt Sea Farm

A Stolt Sea Farm é uma empresa multinacional que apresenta 15 unidades distribuídas por vários países: França, Islândia, Noruega, Portugal, Espanha e EUA. Este grupo abrange todo o ciclo de produção de pregado, passando pela reprodução, engorda, processamento e comercialização em regime intensivo. Na Galiza, situa-se a maternidade que fornece os alevins à Unidade da Praia da Tocha, concelho de Cantanhede, local onde foi realizado o estágio. Aqui a produção média anual de pregado é de cerca de 230 toneladas/ano podendo ir até às 300 toneladas.

O ciclo de produção funciona em sistema aberto em que o volume captado de água é praticamente igual ao devolvido ao meio ambiente ( $6.635.520 \text{ m}^3/\text{ano}$ ) de uma forma contínua. A captação da água é feita por 13 furos independentes situados na praia da Tocha e é utilizada à temperatura ambiente. Na área envolvente aos tanques encontram-se as estruturas que fazem parte de um sistema intensivo, tais como:

Tanque de distribuição de água à quarentena que passa previamente por um processo de oxigenação, a fim de provocar oxidação do ferro da água captada, dando-se a precipitação do ferro no estado férrico e evitando assim que este processo ocorra nas guelras dos peixes. Esta oxidação destina-se apenas aos peixes mais jovens por serem mais sensíveis à qualidade da água (Figura 3.1).



Figura 3.1: Tanque de distribuição de água à quarentena. Fonte: Fotografia original (2022).

Reservatório de oxigénio que serve de apoio ao tanque de oxigenação e ao fornecimento de oxigénio (OD) aos restantes tanques (Figura 3.2).



Figura 3.2: Reservatório de oxigénio. Fonte: Fotografia original (2022).

A filtração da água é feita por dois filtros independentes, um para os tanques da quarentena e o outro para a água efluente do edifício da quarentena, que passa de seguida por um processo de desinfecção através de uma estação de produção de ozono antes de entrar em recirculação (Figura 3.3).



Figura 3.3: Estação de ozono. Fonte: Fotografia original (2022).

## ETAR e descarga de efluentes

Inicialmente esta ETAR era constituída por duas lagoas, uma vez que foi construída para a produção de salmão, peixe que exige maior consumo de água e gera mais efluentes. Atualmente é utilizada apenas uma lagoa que está impermeabilizada e serve de apoio aos efluentes da produção de pregado e de linguado (Figura 3.4).



Figura 3.4: Lagoa de tratamento dos efluentes. Fonte: Fotografia original (2022).

Como áreas de apoio existem os escritórios e áreas sociais, oficinas para reparação de material, armazém para guardar as caixas de transporte do peixe abatido e outros equipamentos, refeitório, 2 WC, 2 vestiários e um espaço de armazenamento de produtos de limpeza e higienização em local isolado para prevenção de derrames e com acesso condicionado.

Cada ciclo de produção de pregado varia entre 20 a 24 meses, conforme o peso final pretendido. Nas instalações da Tocha são produzidos 4 ciclos anuais com um nº de indivíduos por ciclo de 60 000 a 80 000. Cada ciclo de produção de pregado é composto por 4 fases, sendo a primeira realizada na Galiza e as restantes na Tocha.

A 1ª fase refere-se à reprodução e eclosão das larvas que se realiza nas instalações da Galiza e onde os alevins permanecem até dois meses, sendo depois transportados para as instalações da Tocha (Figura 3.5).

Na 2ª fase os alevins com cerca de 8-10 gramas, dão entrada na Tocha no edifício da *nursery* composto por 30 tanques circulares de 5m de diâmetro, onde permanecem em quarentena (Figura 3.6).



Figura 3.5: Chegada de alevins. Fonte: Fotografia original (2022).



Figura 3.6: Tanques *Nursery*. Fonte: Fotografia original (2022).

A 3ª fase é chamada de pré-engorda e dá-se em 21 tanques circulares exteriores com 10 m de diâmetro e redes de ensombramento onde permanecem durante 4 meses (Figura 3.7).

A 4ª e última fase é a de engorda onde os peixes são mudados para tanques de maior dimensão com forma octogonal, sendo no total 40 tanques. Aí permanecem cerca de 12 meses até atingirem o peso ideal para comercialização (Figura 3.8).



Figura 3.7: Tanques pré-engorda. Fonte: Fotografia original (2022).



Figura 3.8: Tanques Engorda. Fonte: Fotografia original (2022).

Ilustração do esquema da água de 1º uso a azul, que é distribuído aos tanques respetivos, a verde a água reutilizada do 1º uso e a vermelho a água que sai dos tanques em direção à ETAR, onde permanece em bacias de sedimentação, sendo posteriormente descartada em direção ao rio e mar (Figura 3.9).

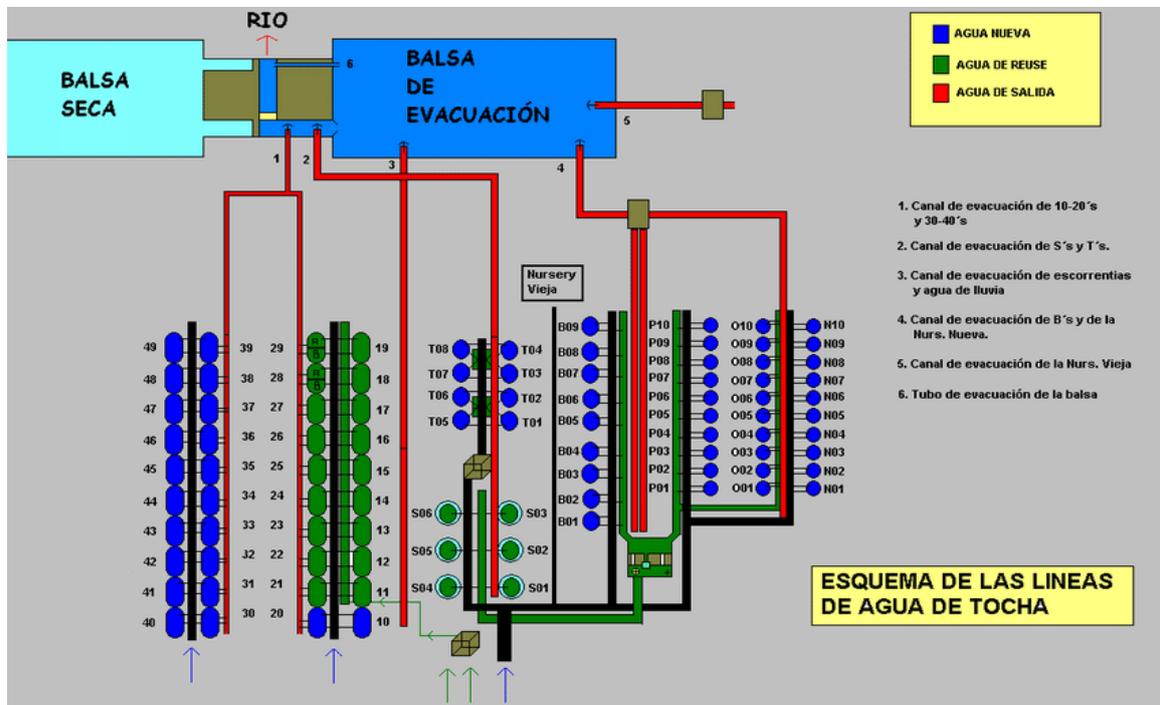


Figura 3.9: Esquema das linhas de tubagem de água. Fonte: Stolt Sea Farm

Numa exploração piscícola o bem-estar dos animais tem de ser garantido através de boas práticas de manejo que envolvem rotinas diárias, semanais, mensais e ocasionais.

As rotinas diárias em que foi possível participar tinham início de manhã com a avaliação do OD (mg/L) e temperatura (C°), repetindo-se a medição ao final do dia. Estes parâmetros são avaliados através de um oxímetro, procedendo-se, de seguida, aos respetivos registos e correção dos valores antes da alimentação.

Esta é feita de forma automática em todos os setores e suplementada manualmente, exceto na *nursery* que é apenas automática, após uma observação do comportamento dos peixes no acesso à ração, a fim de estabilizar a quantidade necessária a ser fornecida (Figura 3.10).



Figura 3.10: Alimentação automática *nursery*. Fonte: Fotografia original (2022).

As classificações, onde foi possível colaborar, realizam-se quase diariamente com o objetivo de otimizar o crescimento dos peixes e estabelecer uma ração com um calibre mais adequado ao tamanho. Mensalmente são feitas pesagens para determinar a taxa de crescimento e respetivos registos. Durante estes procedimentos são retirados os peixes que apresentam sinais de doença/mortos sendo feito o diagnóstico em laboratório.

No laboratório foi possível observar e auxiliar em necropsias, peixes com Scuticociliatose, histopatologias das brânquias, espículas inflamadas, peixes com IR e exoftalmia (suspeitos de ciliado) e colaborar na avaliação dos parâmetros da água que são colhidos semanalmente e analisados no laboratório.

Foi dada a oportunidade de vacinar e auxiliar na vacinação (auto-vacina inativada contra Scuticociliatose) por via intraperitoneal que é feita nos alevins com peso superior a 20 g em duas doses de 0,1ml/peixe, com um intervalo de 45 dias (Figura 3.11).



Figura 3.11: Imagem de autovacina inativada contra Scuticociliatose e vacinação via intraperitoneal. Fonte: Fotografia original (2022).

Semanalmente, realiza-se o abate dos peixes com peso comercial de venda, cuja pesca é feita com auxílio de um galricho e um separador que coloca os peixes num espaço mais restrito. De seguida, são encaminhados para uma mesa rotatória sendo colocados em tinas com gelo onde sofrem um choque térmico e são transportados para um camião em direção à Galiza, Espanha, onde é feito o embalamento e distribuição.

### 3.1.2. Nasharyba

A Nasharyba é uma exploração piscícola de produção e comércio de dourada e robalo, em regime semi-intensivo e em sistema de policultivo, que se situa em Lavos, no estuário a sul do rio Mondego na Figueira da Foz. É formada por duas subexplorações independentes: a piscicultura do Vale da Vinha (VV) com seis tanques e a piscicultura do Torrão com 12 tanques (T) (Figura 3.12).



Figura 3.12: Planta das pisciculturas do Torrão e Vale da Vinha. Fonte: Nasharyba.

À semelhança do que acontece com outros regimes semi-intensivos de piscicultura em Portugal, os tanques desta exploração resultaram do reaproveitamento de antigas salinas, tendo-se construído valas de entrada e saída que ligam a água do estuário do Mondego aos tanques. É através destas valas, constituídas por um sistema de meias portas ou antirretorno, que a renovação da água é assegurada aos tanques. Para cada Vale existe um reservatório de água independente que provém do estuário e cuja função é servir de reserva de água em períodos de escassez. Esta é captada através de bombas indo fornecer um fluxo contínuo para os tanques através das comportas. As comportas são constituídas por uma porta de madeira e uma grade de rede com uma malha que varia conforme a fase produtiva e tem como objetivo impedir a saída de peixes e a entrada de elementos estranhos e adversos aos tanques. Cada tanque é constituído por dois alimentadores, uma rede de proteção para aves predadoras e um quadro elétrico para ligar os arejadores quando o oxigénio se encontra abaixo dos níveis preestabelecidos.



Figura 3.13: Imagem de um tanque com alimentadores, quadro elétrico e arejador. Fonte: Fotografia original (2022).

Paralelamente a estas estruturas existem outras que complementam as necessidades da exploração tais como uma recepção, um armazém composto por escritório, sala do gerador, sala de armazenamento, wc e vestuário, sala de embalagem e uma arca de refrigeração. Existe ainda outro armazém com um segundo gerador, um espaço exclusivo para as rações e mais três de auxílio à logística.

Nesta exploração as atividades diárias resumem-se sobretudo ao manejo, uma vez que se trata de um sistema semi-intensivo em que os peixes são alimentados de uma forma mista (alimentação natural e fornecimento de ração) e com uma baixa densidade ( $2\text{kg}/\text{m}^3$ ). Desta forma, as rotinas diárias iniciam com a avaliação do OD, temperatura e salinidade (esta última obrigatória em períodos críticos), parâmetros decisivos para definir a quantidade de alimento a fornecer, conforme protocolo da empresa, isto é, se os níveis de OD estiverem abaixo de 3,0 ppm e a temperatura inferior a  $10^\circ\text{C}$  ou uma salinidade inferior a 15%, a regra é não alimentar. Por outro lado, se o OD apresentar níveis entre 3,0 ppm-4,0 ppm e uma temperatura de  $10^\circ\text{C}$ - $14^\circ\text{C}$  com uma salinidade de 15%-20% a alimentação é fornecida, mas com bastante vigilância. O período da manhã é aquele em que os parâmetros da água podem apresentar mais alterações, sendo preciso muitas vezes recorrer ao uso dos arejadores para corrigir os valores de OD e, seguidamente, fornecer a alimentação através de alimentadores automáticos. Simultaneamente, verifica-se se há peixes mortos e procede-se à sua recolha, a fim de evitar contaminações.

Para além destas atividades existem outras, onde foi possível observar e colaborar, tais como: a transferência de peixes para outros tanques, com o

objetivo de otimizar o seu crescimento mantendo os grupos mais homogêneos e assim evitar o domínio predador dos maiores sobre os mais pequenos; a pesca e o embalamento. Na pesca utilizam-se redes de arrasto onde os peixes ficam reduzidos a um espaço restrito do tanque e de seguida são retirados através de um camaroeiro e transferidos para tinas numa mistura de água e gelo, que minimiza os efeitos do abate (Figura 3.14). Estas são transportadas para a sala de embalamento, onde se faz a separação por espécie, pesagem e embalamento conforme categorias de peso. Outras atividades estão relacionadas com a manutenção do equipamento, (redes, cordas, estado das comportas, etc.) que são feitas sempre que necessário.

Para que a qualidade do pescado chegue ao consumidor no máximo da sua qualidade, quer de frescura quer de textura e sabor, é fundamental ter alguns cuidados antes de se proceder ao abate dos peixes, isto é, deve evitar-se situações causadoras de stress e fazer um jejum nos 2 a 3 dias que precedem o abate.



Figura 3.14: Rede de arrasto dos peixes para a pesca. Fonte: Fotografia original (2022).

## **3.2. Recirculação de água**

### **3.2.1. Introdução**

Este estudo foi realizado com dados recolhidos na empresa Stolt Sea Farm, na praia da Tocha, concelho de Cantanhede, onde existe um sistema de produção intensivo de pregado, com recurso a recirculação da água para alguns dos tanques, nomeadamente na fase da pré-engorda e na fase de engorda. Com o sistema RAS a empresa pretende não só diminuir a quantidade de água, como também a quantidade e qualidade dos efluentes.

Para a produção de 230 toneladas de pregado são utilizados 6.635.520 m<sup>3</sup>/ano com um caudal médio diário de efluente de 18.179 m<sup>3</sup>/dia, o que se traduz num retorno ao ambiente da quantidade de água, praticamente equivalente. Este facto permite que uma produção aquícola possa ser sustentável não só do ponto vista ambiental, mas também económico, se houver um controle dos parâmetros da água e manejo adequados por profissionais formados nesta área. O período escolhido para a colheita de dados refere-se a 16 semanas, com início de 07/04/2022 a 29/07/2022, em tanques com recirculação e sem recirculação de água com o objetivo de avaliar e comparar os fatores de desempenho zootécnico, a fim de considerar ou não a recirculação como uma hipótese a usar no futuro.

### **3.2.2. Metodologia**

Para o estudo foram selecionados quatro tanques de cultivo, dois com recirculação e dois sem recirculação da água. A análise incidiu sobre quatro grupos da mesma faixa etária, do mesmo género, pertencentes ao mesmo lote, com densidades diferentes e inícios de ciclo variáveis na fase da engorda.

Tanques 23 e 24 com recirculação (CR) com 4895 e 4299 indivíduos, respetivamente;

Tanques 40 e 45 água de 1º uso (SR) com 4491 e 4490 indivíduos, respetivamente.

Os valores apresentados dos parâmetros bioquímicos da água apenas podem contrastar com os mesmos valores considerados ideais para a cultura intensiva desta espécie. O desenvolvimento zootécnico será comparado em tanques CR e SR através da análise de variância (ANOVA) e análise de correlação a um lote que dá entrada, com inícios de ciclo diferentes, nos quatro tanques na fase de engorda com um peso de 500g por indivíduo

### 3.2.3. Avaliação dos parâmetros da água

A monitorização da qualidade da água é de primordial importância, num sistema de recirculação, aos seguintes parâmetros: oxigénio dissolvido (OD), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), gás carbónico ( $\text{CO}_2$ ), sólidos em suspensão (turbidez), amónia ( $\text{NH}_3$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), pH, salinidade e potencial de oxidação redução (ORP) (Azevedo et al., 2014). No local de estágio, as análises dos parâmetros da qualidade da água (OD, Temperatura, Salinidade, pH, Amónia e Ferro) são feitas no laboratório da empresa, com recurso a aparelhos específicos para as medições.

Oxímetro Handy Polaris® que serve para medir diariamente o OD (mg/L) e a temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) através duma sonda mergulhada na água nos 91 tanques (Figura 3.15).



Figura 3.15: Medição OD/Temperatura. Fonte: Fotografia original (2022).

Aparelho (Hanna instruments – Iron High Range Portable Photometer (mg/L) que serve para medir o ferro na água de 1<sup>o</sup> uso (Figura 3.16).



Figura 3.16: Medição do Ferro. Fonte: Fotografia original (2022).

Aparelho (Hanna instruments – seawater refractometer) para medir a salinidade (ppm) na água de 1º uso (Figura 3.17).



Figura 3.17: Medição da Salinidade. Fonte: Fotografia original (2022).

Aparelho para medir o pH (Oxyguard Handy polaris® pH) na água de reutilização (Figura 3.18).



Figura 3.18: Medição do pH. Fonte: Fotografia original (2022).

Medidor de amónia (mg/L) (Hanna instruments – Ammonia Medium Range Portable Photometer) para a água de reutilização (Figura 3.19).

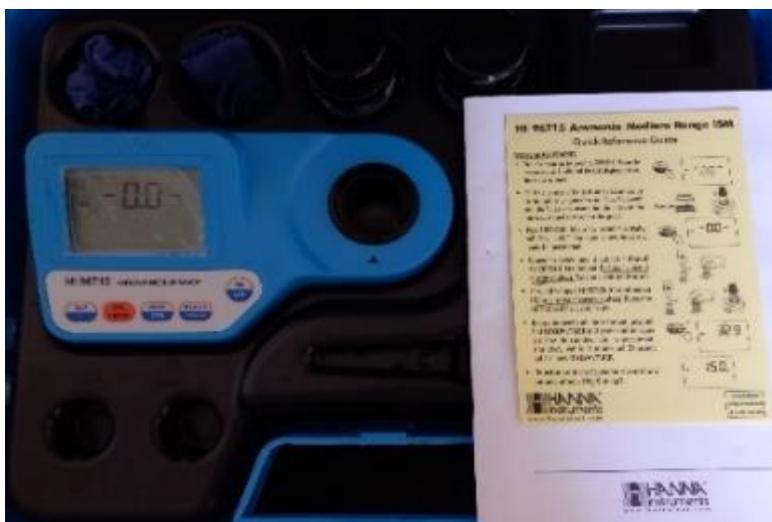


Figura 3.19: Medição da Amónia. Fonte: Fotografia original (2022).

Folha de dados utilizada aquando das medições para posteriormente serem registados numa folha de excel da empresa (Figura 3.20).

Figura 3.20: Folha de Registos. Fonte: Fotografia original (2022).

O oxigênio e a temperatura são medidos na água de 1º uso e na de recirculação, enquanto que o ferro e a salinidade são medidos apenas na água de 1º uso, sendo o ferro uma preocupação para o piscicultor desta empresa. O pH e a amônia são medidos apenas na água de recirculação.

### 3.3. Resultados

Embora as análises sejam feitas diária ou semanalmente, os resultados apresentados sobre os parâmetros da água são uma média mensal, referente ao período em estudo (07/04/2022 -29/07/2022), figura 3.22 que por ser um sistema de cultivo semifechado não sofre grandes alterações resultantes das variações climáticas, quer nos tanques SR, quer nos CR, sendo os valores muito idênticos, com exceção dos valores de OD, como se observa na figura 3.21. Assim, não foi possível comparar esses parâmetros nos tanques CR e SR durante o período do estudo, apenas se pôde relacionar o nível da amônia com a temperatura e o pH (Figura 3.23).

Valores das medições de OD na linha de abastecimento e nos tanques de cultivo SR e CR em mg/L observados no período de 07/04/2022 a 29/07/2022 (16 semanas) (Figura 3.21).

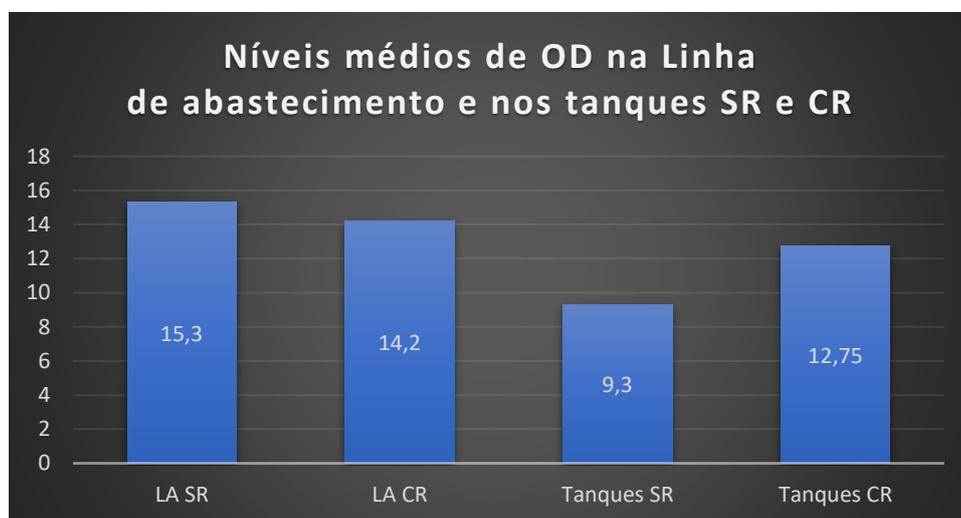


Figura 3.21: Valores médios da concentração de OD com pontos de colheita na linha de abastecimento e nos tanques SR e CR.

Conforme se pode observar, os resultados sugerem diferenças da concentração de OD nos tanques SR e CR. Apesar dos níveis de OD na Linha de Abastecimento (LA) apresentarem valores mais altos para os tanques SR, a concentração de OD observada nos dois sistemas, ao longo do período

experimental, mostra que é superior nos tanques CR, o que se explica pela reposição constante de oxigênio neste sistema.

Valores médios dos parâmetros físico-químicos da qualidade da água: temperatura, salinidade, pH, amônia e ferro, referentes ao período em estudo (Figura 3.22).

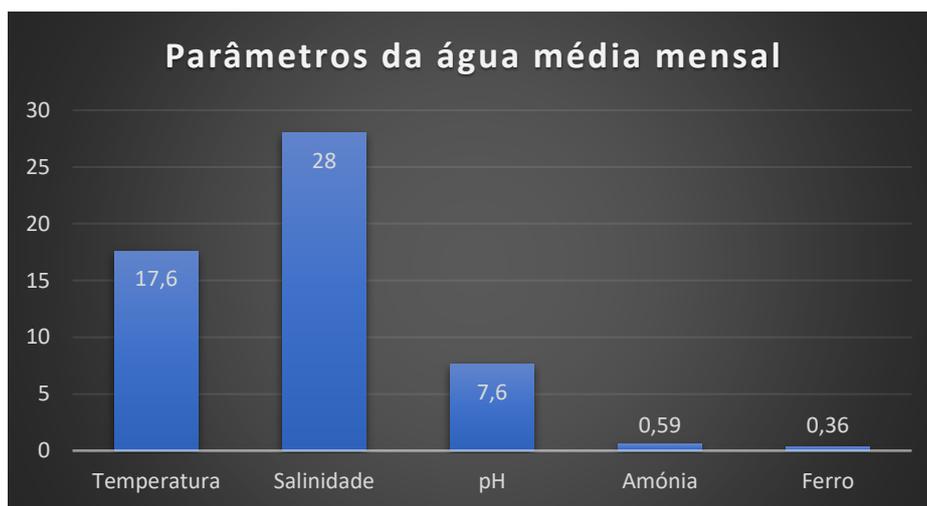


Figura 3.22: Valores médios de Temperatura, Salinidade, pH, Amônia e Ferro no período de 07/04 a 29/07/2022.

Na figura 3.23 pode observar-se que a relação da amônia ( $\text{NH}_4^+$ ) com os valores da temperatura e do pH estão próximos do ideal para a cultura desta espécie, apresentando esta apenas um valor um pouco acima do esperado. Quando um pH apresenta valores abaixo de 8,5, verifica-se a prevalência de  $\text{NH}_4^+$ , enquanto que com um pH acima de 10 surge o  $\text{NH}_3$  a forma tóxica, isto é, quanto mais alto o pH maior o  $\text{NH}_3$ , pelo que estes fatores devem estar em perfeito equilíbrio, (Pereira & Mercante, 2005) (Figura 3.24). Porém, se o baixo valor de pH minimiza o risco de exceder o limite tóxico de  $\text{NH}_3$  (de 0,02 mg/L), para que haja uma eficiência do biofiltro, é recomendado um pH mínimo de 7 (Bregnballe, 2015).

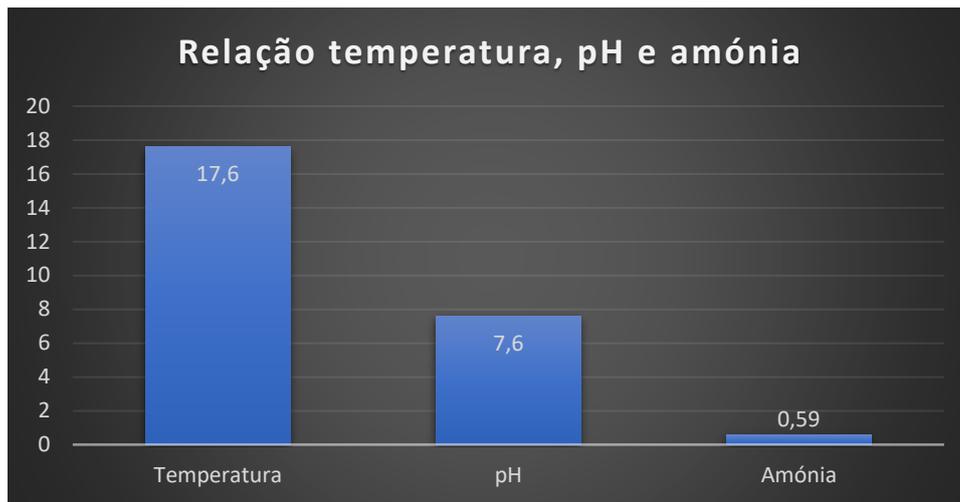


Figura 3.23: Relação da temperatura, pH e amónia.

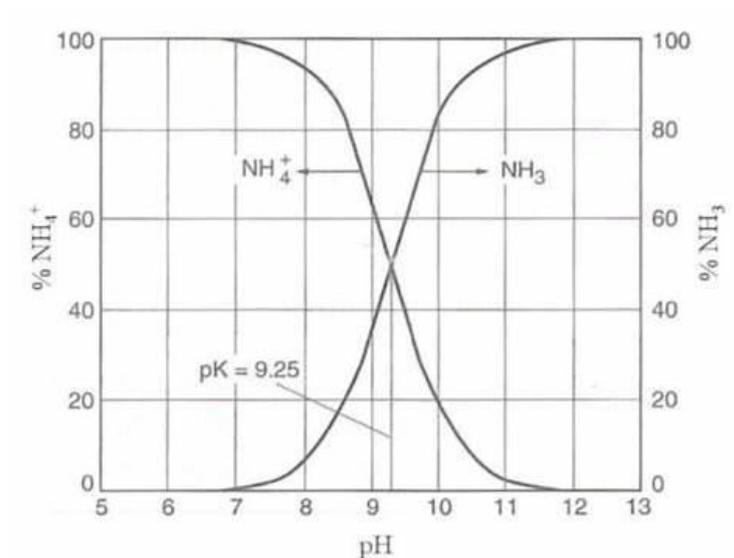


Figura 3.24: Ponto de equilíbrio entre pH,  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NH}_3$

### 3.3.1. Desempenho zootécnico nos diferentes sistemas

A avaliação do desenvolvimento zootécnico no sistema intensivo de *Psetta maxima* da exploração, baseou-se nos dados do quadro 3.1, obtido com a colaboração da entidade responsável. Trata-se de um lote único, do mesmo género, com a mesma idade e densidades variáveis por tanque. O objetivo é comparar os indicadores de desempenho zootécnico em dois tanques SR e dois

CR, a partir da fase da engorda, que tem início quando os peixes atingem o peso de 500g, a fim de avaliar o seu crescimento.

Quadro 3.1: Características e valores dos grupos em estudo referentes ao período entre 07/04/2022 – 29/07/2022. Fonte: Stolt Sea Farm (2022).

Tanque	Género	Lot e	Vacina	Idade de Dias	Nº unidades	Peso médio (g)	Biomassa. (Kg)	Diagnóstico	Diagnóstico latente	Início Ciclo	Medicado
U23 CR	213	212 OC	Sim	438	4895	717.4 4	3,511.9 0	Ciliado	Parciliado	27/05/2 022	Não
U24 CR	213	212 OC	Sim	438	4299	533.8 4	2,295.0 0	Ciliado	Parciliado	27/06/2 022	Não
U40 SR	213	212 OC	Sim	438	4491	1,191 .03	5,348.9 0	Ciliado	Parciliado	12/04/2 022	Não
U45 SR	213	212 OC	Sim	438	4490	1,344 .03	6,034.7 0	Ciliado	Parciliado	07/04/2 022	Não

Nesta fase foi feita uma análise comparativa do crescimento dos peixes, entre os dois sistemas, através de biometrias calculadas nos períodos mencionados referentes aos seguintes parâmetros de desempenho: Quantidade de ração fornecida (**QRF**), Ganho de peso (**GP**), Ganho de peso diário (**GPD**), Taxa de crescimento específico (**TCE**) e Conversão alimentar aparente (**CAA**).

A QRF foi calculada segundo o quadro 3.2 que faz um ajuste à quantidade de ração a fornecer de acordo com a % de peso vivo (Lima, 2013).

Quadro 3. 2: Ajuste ao fornecimento de ração. Fonte: adaptado de Lima, (2013).

Peso dos peixes (g)	Proteína Bruta (%)	Forma da ração	Refeições/dia	Consumo médio de ração (% do Peso Vivo/dia)
1 a 5	40 a 36	Farelada (Pó)	4-5	8 a 10
6 a 30	40 a 36	Peletes de 2 mm	3	5 a 8
31 a 500	36 a 32	Peletes de 4 a 6 mm	2 a 3	3 a 5
501 a 1000	32 a 28	Peletes de 6 a 8 mm	2	2 a 3
Acima de 1000	32 a 28	Peletes de 8 a 10 mm	1	1 a 2

Os parâmetros apresentados no quadro 3.3 foram calculados pelas seguintes equações (Lima, 2013):

Quantidade de ração fornecida (QRF) – exprime a quantidade de alimento diário fornecido em Kg a cada tanque com base na biomassa e % de peso vivo de acordo com o peso médio dos peixes. A biomassa é calculada através do peso médio a multiplicar pelo número de peixes do tanque.

$$\text{QRF} = \text{Biomassa (Kg)} \times \% \text{ Peso vivo};$$

Ganho de peso (GP) – indica o valor da biomassa atual menos a biomassa inicial (Kg) referente ao período em estudo.

$$\text{GP} = \text{Biomassa atual (Kg)} - \text{Biomassa anterior (Kg)};$$

Ganho de peso diário (GPD) – serve para indicar em gramas o ganho de peso diário por peixe durante o período do estudo na fase da engorda.

$$\text{GPD} = \frac{\text{peso médio atual (g)} - \text{peso médio inicial(g)}}{n^{\circ} \text{ de dias}};$$

Taxa de crescimento específica (TCE) – exprime a percentagem de aumento de peso por dia durante o período em estudo.

$$\text{TCE} = \frac{\ln(\text{peso final}) - \ln(\text{peso inicial}(g))}{n^{\circ} \text{ de dias}} \times 100;$$

Conversão alimentar aparente (CAA) – serve para estimar a quantidade de alimento ingerido necessário para o animal produzir 1kg de massa corporal.

$$\text{CAA} = \frac{\text{Quantidade de ração fornecida} \times n^{\circ} \text{ de dias}}{\text{Ganho de peso}};$$

Quadro 3.3. Indicadores de desempenho obtidos com base nas fórmulas acima descritas.

Parâmetros	Tanque 23	Tanque 24	Tanque 40	Tanque 45
<b>QRF (Kg)</b>	70,24	45,9	53,49	60,35
<b>GP (Kg)</b>	1064,4	145,5	3103,4	3789,7
<b>GPD (g)</b>	3,45	1,025	6,4	8,2
<b>TCE %</b>	0,57	0,2	0,8	0,96
<b>CAA</b>	4,16	10,41	1,86	1,64

Durante o período em estudo de 16 semanas, a quantidade de ração fornecida (QRF) por dia foi de 70,24 Kg no tanque 23, 45,9 Kg no 24, 53,5 Kg no 40 e 60,35 Kg no 45, com uma taxa de CAA de 4,16, 10,41, 1,86 e 1,64, respectivamente. Os resultados demonstram que a pior taxa de CAA se verifica no tanque 24 acompanhada de um menor crescimento, uma vez que quanto maior for a taxa de CAA menor é o desempenho dos peixes. Pode-se ainda observar que a CAA é melhor nos tanques SR, o que se traduz num melhor desenvolvimento dos peixes neste sistema (Figura 3.26). Nesta sequência, observa-se que nos tanques SR o GPD é também substancialmente maior que nos tanques CR (Figura 3.25), verificando-se que, sobretudo no tanque 24, a taxa de crescimento tem vindo a apresentar valores sempre abaixo dos correspondentes à sua idade, o que se explica pela data de entrada na fase da engorda, comparativamente com os outros do estudo.

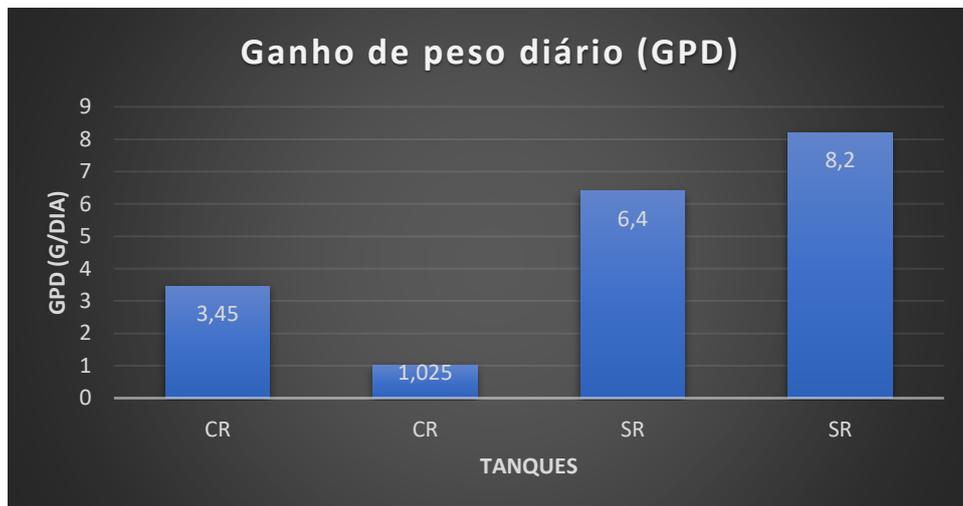


Figura 3.25: Ganho de peso diário (g) em tanques CR e SR.

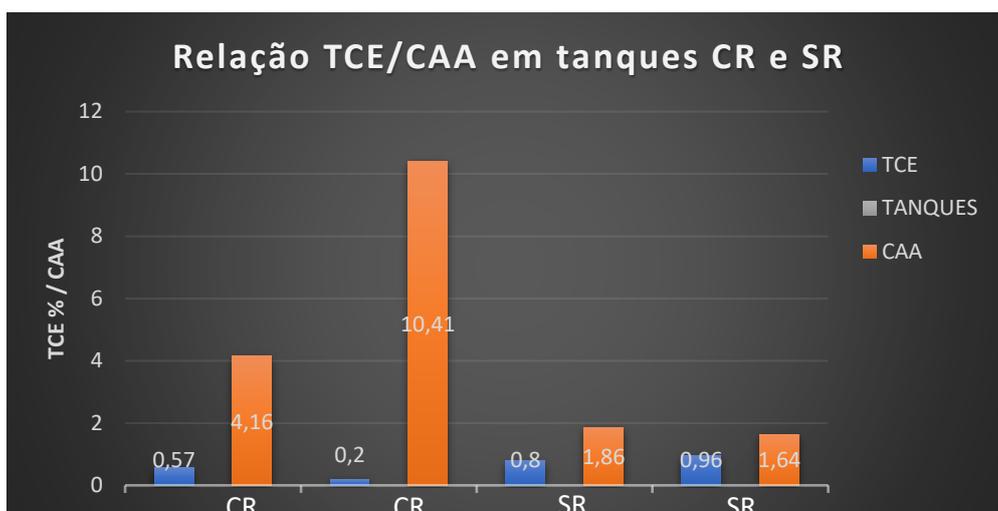


Figura 3.26: Relação TCE e CAA em tanques CR e SR.

### 3.3.2. Análise comparativa dos sistemas em estudo

Com a obtenção dos dados acima referidos e para uma análise comparativa do desempenho zootécnico de peixes cultivados em água de recirculação e água de 1º uso, procedeu-se à realização de uma análise estatística descritiva dos parâmetros em estudo e, após testar as variáveis quanto à sua normalidade através dos testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro Wilk, realizou-se a comparação estatística com o teste ANOVA precedido da análise da homogeneidade de variâncias com o teste de Levene.

Estatísticas descritivas das variáveis analisadas no programa SPSS (Quadro 3.4).

Quadro 3.4: Estatísticas descritivas de QRF, GP, GPD, TCE e CAA.

Estatísticas Descritivas	QRF	GP	GPD	TCE	CAA
Média	57,4950	2025,7500	4,7688	,6325	4,5175
Mediana	56,9200	2083,9000	4,9250	,6850	3,0100
Desvio padrão	10,34521	1706,10502	3,17223	,32979	4,09030
Mínimo	45,90	145,50	1,03	,20	1,64
Máximo	70,24	3789,70	8,20	,96	10,41
Assimetria	,283	-,107	-,209	-,768	1,578

A quantidade de ração fornecida (QRF) média por dia, nos diversos tanques, é de 57,5 kg, sendo que em 50% dos tanques forneceu-se no máximo 56,92 kg. O desvio padrão é de 10,35 kg, dado que esta variável apresenta valores entre 45,9 kg e 70,24 kg. Os dados são assimétricos positivos, dado que predominam os valores mais baixos de quantidade de ração fornecida diariamente.

O ganho de peso total (GP) médio no período analisado é de 2025,75 kg, sendo que em 50% dos tanques este ganho tem um valor máximo de 2083,9 kg. O desvio padrão é de 1706,11 kg, dado que esta variável apresenta valores entre 145,5 kg e 3789,70 kg. Os dados são assimétricos negativos, dado que predominam os valores de ganho de peso mais elevados.

Da mesma forma, o ganho de peso diário (GPD) médio no período analisado é de 4,77 g, sendo que apenas em 50% dos tanques este ganho é igual ou superior a 4,93 g. O desvio padrão é de 3,17 g, dado que esta variável apresenta valores entre 1,03 g e 8,20 g. Os dados são assimétricos negativos, pois predominam os valores de ganho de peso diário mais elevados.

A taxa de crescimento específica (TCE) média é de 63,3%, sendo que em 50% dos casos é igual ou superior a 68,5%. O desvio padrão é de 33%, dado que esta variável apresenta valores entre 20% e 96%. Os dados são assimétricos negativos, pois predominam as taxas de crescimento específico mais elevadas.

Assim, a conversão alimentar aparente (CAA) tem valores médios de 4,52, sendo que em 50% dos casos iguala ou excede 3,01. O desvio padrão é de 4,09, dado que esta variável apresenta valores entre 1,64 e 10,41. Os dados são assimétricos positivos, pois predominam os valores de conversão alimentar aparente mais reduzidos.

O quadro seguinte serve para aferir se os dados em estudo apresentam normalidade

Quadro 3.5 Testes de Normalidade

Testes de Normalidade	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
QRF (Kg)	,151	4		,994	4	,979
GP (Kg)	,236	4		,926	4	,571
GPD (g)	,196	4		,974	4	,864
TCE %	,194	4		,963	4	,799
CAA	,285	4		,819	4	,140

Uma vez que a amostra em estudo apresenta uma dimensão reduzida, apenas se consegue obter o teste de Shapiro Wilk. O referido teste apresenta um p-value elevado em todos os casos. Assim, para um nível de confiança de 95%, existe evidência estatística para afirmar que os dados em estudo são normais.

Para a realização da ANOVA torna-se necessário verificar se as variâncias se assumem iguais ou não, com recurso ao teste Levene. De acordo com este, o p-value é nulo. Para um nível de confiança de 95%, rejeita-se a hipótese nula, pelo que não existe evidência estatística para afirmar que as variâncias sejam iguais, não se conseguindo confirmar a igualdade de variâncias (Quadro 3.6).

Quadro 3.6: Homogeneidade de variâncias

Homogeneidade de variâncias	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
QRF (Kg)		1		
GP (Kg)	6,63E+14	1	2	,000
GPD (g)		1		
TCE %		1		
CAA	1,49E+16	1	2	0,000

O Teste ANOVA permite comparar os resultados dos tanques com recirculação dos tanques sem recirculação, concluindo se existem ou não diferenças entre os valores obtidos nestes (Quadro 3.7).

Quadro 3.7: Teste ANOVA

ANOVA		Soma dos Quadrados	df	Média dos Quadrados	F	Sig.
QRF (Kg)	Entre Grupos	1,322	1	1,322	,008	,936
	Nos grupos	319,748	2	159,874		
	Total	321,070	3			
GP (Kg)	Entre Grupos	8074690,560	1	8074690,560	24,555	,038
	Nos grupos	657692,450	2	328846,225		
	Total	8732383,010	3			
GPD (g)	Entre Grupos	25,629	1	25,629	11,240	,079
	Nos grupos	4,560	2	2,280		
	Total	30,189	3			
TCE %	Entre Grupos	,245	1	,245	6,031	,133
	Nos grupos	,081	2	,041		
	Total	,326	3			
CAA	Entre Grupos	30,636	1	30,636	3,133	,219
	Nos grupos	19,555	2	9,778		
	Total	50,192	3			

Assim, no que se refere à QRF, testando-se para um nível de significância de 5%, pode afirmar-se que a quantidade de ração fornecida é idêntica nos diversos tanques, dado o valor de prova elevado, pelo que não existem diferenças entre os tanques com recirculação e sem recirculação.

Em relação ao GP, para um nível de significância de 5%, pode afirmar-se que existem diferenças significativas no ganho de peso total dos peixes, entre os tanques com recirculação e os tanques sem recirculação. O ganho de peso total é maior quando não há recirculação nos tanques.

No que diz respeito ao GPD, para um nível de significância de 5%, não existem diferenças significativas entre os ganhos de peso diários dos tanques. Contudo, caso se aumente para 10% este nível de significância, ou seja, caso se reduza a confiança para 90%, já se pode afirmar que existem diferenças significativas no ganho de peso diário dos peixes, entre os tanques com recirculação e os tanques sem recirculação, isto é, o ganho de peso diário é maior quando não há recirculação nos tanques.

Em relação à TCE, para um nível de significância de 5%, pode afirmar-se que a taxa de crescimento específico é idêntica nos diversos tanques, dado o valor de prova elevado, pelo que não existem diferenças entre os tanques com recirculação e sem recirculação.

Relativamente à CAA, para um nível de significância de 5%, pode afirmar-se que a conversão alimentar aparente é idêntica nos diversos tanques, dado o valor de prova elevado, pelo que não existem diferenças entre os tanques com recirculação e sem recirculação.

### **3.3.3. Discussão dos resultados**

A partir dos resultados deste estudo, é possível verificar que as concentrações de OD são superiores nos tanques 23 e 24 (CR), apesar da concentração de OD na linha de acesso a estes, ser inferior em relação aos tanques SR.

No período desta experiência as avaliações de OD e da temperatura foram feitas duas vezes ao dia, tendo o OD apresentado níveis estáveis com uma média de 9,3 nos tanques SR e 12,75 nos tanques CR e a temperatura com valores médios de 17,6°C. Os resultados da salinidade obtidos estão de acordo com os indicados para este tipo de cultura com uma média de 28 ppm nos dois sistemas, uma vez que a água colhida é salobra e proveniente dos mesmos furos. Tanto a salinidade como o ferro são avaliados apenas nos tanques SR por ser uma

água de 1º uso e com uma taxa de Fe à sua captação bastante superior ao ideal, o que constitui uma preocupação para a empresa. Relativamente à amónia, esta apresenta uma concentração de 0,59 mg/L, ligeiramente acima dos valores considerados ideais.

Quanto ao desempenho zootécnico, fazendo uma avaliação das variáveis QRF, GP, GPD, TCE e CAA, verifica-se que existem diferenças entre os tanques CR e SR, embora as mesmas não apresentem significância estatística. A QRF no tanque 24 apresenta valores inferiores aos restantes devido ao valor mais baixo de biomassa. O GP e a TCE é maior nos tanques SR e a CAA apresenta valores compatíveis com o crescimento dos peixes, isto é, quanto maior é a CAA, menor é o valor do GP.

Daqui pode-se concluir que a água de recirculação embora apresente as condições essenciais para o desenvolvimento desta espécie é mais pobre em nutrientes do que a água de primeiro uso, podendo refletir-se numa menor taxa de crescimento para os indivíduos deste sistema. A diferença no GP final traduz-se num maior custo da produção obrigando à permanência destes indivíduos mais tempo na fase da engorda, até atingirem o valor comercial indicado para a venda. Contudo, não se pode afirmar que o atraso de crescimento dos indivíduos nos tanques CR se deva apenas à água, uma vez que o seu baixo desenvolvimento já vem das fases anteriores, podendo estar associado a outros fatores (genéticos, doenças, limpeza deficiente dos filtros, etc. Por outro lado, verifica-se também que a ocorrência do parasita ciliado (scuticociliatose) neste tempo da experiência foi similar em ambos os sistemas, podendo este estar relacionado com a época sazonal, manejo e falha na administração da vacina.

Para um estudo mais conclusivo, sugere-se no futuro, que o nº de dias em estudo seja igual para as quatro amostras, isto é, todos os organismos devem dar entrada ao mesmo tempo na fase em que vai ser feita a avaliação, o que é dificultado pelo facto de este regime estar sujeito a constantes classificações e transferências de acordo com o seu peso.

Contudo, esta exploração desenvolve uma atividade piscícola sustentável, quer do ponto económico quer ambiental, gerando um volume de efluentes muito menor. O recurso a uma ETAR permite fazer o seu tratamento antes de serem lançados no meio ambiente e o aproveitamento dos resíduos sólidos para adubo, pelo que o uso de água de recirculação constitui um exemplo a seguir por outros produtores.

#### 4. Conclusão

A aquacultura é atualmente uma atividade com grande destaque na produção de pescado para alimentação humana. Como tal, tem-se desenvolvido nos últimos anos sob a forma de vários regimes e sistemas, de acordo com as várias espécies. A realização deste estágio permitiu ver a diferença entre um regime intensivo e um semi-intensivo, sendo que o que os distingue é essencialmente a alimentação e a densidade.

O regime intensivo tem um maneio mais complexo, com um grande controlo dos parâmetros da água e uma alimentação à base de ração altamente nutritiva e a ocorrência de doenças também é maior, daí o seu elevado controle. O impacto ambiental é um fator de grande preocupação, não só pelo elevado uso de água, como também pelos efeitos nocivos que o seu descarte pode constituir. No entanto, a produção de pregado nesta empresa é feita com recurso ao sistema RAS, como uma alternativa sustentável, reduzindo substancialmente não só a quantidade de água 95% (Crepaldi et al., 2006), como melhora a qualidade dos seus efluentes, uma vez que a quantidade de água captada é descartada quase na totalidade, depois de ser devidamente tratada.

Foi possível observar que este sistema exige um conhecimento científico e técnico, desde a sua elaboração até à seleção dos equipamentos e formação das pessoas envolvidas. Algumas infraestruturas como tanques, captação e bombeamento da água, filtragem, desinfeção e oxigenação desta, são fundamentais, e devem ser acompanhadas de um maneio muito rigoroso com controle dos parâmetros da água e da ocorrência de patologias, feito por profissionais devidamente preparados para o uso destes equipamentos complexos. O uso de filtros para a manutenção da qualidade da água e uma ração altamente nutriente são fundamentais e devem ter em conta a densidade dos peixes. O desconhecimento dos princípios básicos do sistema de recirculação e o seu inadequado dimensionamento são os principais fatores de insucesso (Azevedo et al., 2014).

Como tal, é um sistema dispendioso aquando da sua implementação, mas rentável pela alta densidade que comporta, pelo que a produção em regime intensivo de *Psetta maxima*, espécie bentónica, que não necessita de grande espaço para nadar, é a razão pela qual esta espécie é selecionada para este regime de cultivo.

O regime semi-intensivo de *Dicentrarchus labrax* e *Sparus aurata* é uma produção com características bastante diferentes do sistema intensivo, sobretudo no que respeita ao controle de alguns parâmetros da água que, apesar de ser feito, nem sempre é passível de ser corrigido, devido às alterações

climatéricas, não controláveis pelo homem, a que está sujeito. Assim, apresenta algumas dificuldades, pelo que as espécies a produzir devem ser resistentes às alterações destas intercorrências. Porém, é um meio de cultivo em que a alimentação provém de nutrientes naturais da água das marés e é suplementada com ração, o que lhes confere uma textura e sabor agradáveis.

Neste regime a densidade é muito menor, não estando tão sujeitos ao stress causado pela falta de espaço, a doenças, e têm um menor índice de propagação perante qualquer surto patológico.

Em ambos os regimes os produtos oferecem grande qualidade e garantia ao consumidor, não só da parte organolética dos produtos, como também do ponto de vista médico-sanitário.

## 5. BIBLIOGRAFIA

Appleford, P., Lucas, J.S., & Southgate, P.C., 2012. *Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants* (Lucas, J.S., & Southgate, P.C, Eds.), 2ª ed. Wiley-Blackwell, 36 pp.

Azevedo, V. G., Neto, H.G., Alemida, H.L., & Sanches, E.G., 2014. Sistemas de Recirculação para cultivo de peixes marinhos - Procedimento Operacional Padrão (POP), 1-13 pp. [POPSist\\_RecirculacaoCultivodePeixesMarinhos14\(2\).pdf](#)

Barbieri, E., Marquez, H.A., Campolim, M.B., & Salvarani, P.I., 2014. Avaliação dos impactos ambientais e socioeconômicos da aquicultura na região estuarina-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, Vol. 14 (3), 385-398 pp. DOI:10.5894/rgci486

Bernoth, E.M., 2006. *Aquaculture Biosecurity: The View and Approaches of the OIE (World Organisation for Animal Health) Regarding Prevention and Control of Aquatic Animal Diseases* (Scarfe, A.D., Lee, C.S., & O'Bryen, P.J. Eds) Blackwell, 14 pp.

Boyd, C.E., 2012 *Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants* (Lucas, J.S., & Southgate, P.C, Eds.), *Water Quality*, Chapter 3, 2ª ed. Wiley-Blackwell 52-53, 57- 58, 63-64 pp.

Boyd, C.E., 2008. Chlorine effective disinfectant in aquaculture: *Global Aquaculture Advocate*, 52-53 pp. [Chlorine Effective Disinfectant in Aquaculture \(wordpress.com\)](#)

Boyd, C., D'Abramo, L., Glencross, B., Huyben, D., Juarez, L., Lockwood, G., McNevin, A., Tacon, A., Teletchea, F., Tomasso Jr, J., Tucker, C., & Valenti, W., 2020. Alcançar a aquicultura sustentável: perspectivas históricas e atuais e necessidades e desafios futuros. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol. 51 (3), 578-633 pp. <https://doi.org/10.1111/jwas.12714>

Bregnballe, J., 2015. *A Guide to Recirculation Aquaculture: An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems*. FAO and Eurofish. 9-12, 19-30 pp.

Crepaldi, D.V., Teixeira, E.A., Faria, P.M., Ribeiro, L.P., Melo, D.C., Carvalho, D., Sousa, A.B., & Saturnino, H.M., 2006. Sistemas de produção na piscicultura. *Revista Brasileira: Reprodução Animal*. Belo Horizonte, Vol. 30 (3/4), 86-99 pp.

Cyrino, J.P., Sampaio de Oliveira, A., & Costa, A.B., 2016. Introdução à Piscicultura: *Curso de Atualização em Piscicultura São Paulo*, 7-9, 17,43 pp. <https://www.bibliotecaagptea.org.br/zootecnia/piscicultura/livros/APOSTILA%20DE%20PISCICULTURA.pdf>

DGRM (2014) Plano estratégico para a aquicultura portuguesa 2014-2020. Ministério da Agricultura e do Mar. [https://www.dgrm.mm.gov.pt/documents/20143/43770/Plano\\_Estrat%C3%A9gico\\_Aquicultura\\_2014\\_2020.pdf/81947045-fd4a-cfaf-1c21-1b75297d83a1](https://www.dgrm.mm.gov.pt/documents/20143/43770/Plano_Estrat%C3%A9gico_Aquicultura_2014_2020.pdf/81947045-fd4a-cfaf-1c21-1b75297d83a1)

DGRM (2021- 2030) Plano estratégico para a aquicultura portuguesa 2021-2030. Ministério da Agricultura e do Mar. [https://mar2020.blob.core.windows.net/mar2020/2022/10/PT\\_PEA\\_2021\\_2030.pdf](https://mar2020.blob.core.windows.net/mar2020/2022/10/PT_PEA_2021_2030.pdf)

Duarte, A.C., Branco, M.A., Ramos, P., Pereira, T.G., Oliveira, J.M., Ruano, F., & Sobral, M., 2004. Cultura de pregado *Psetta maxima* Linnaeus 1758 em tanques de terra em regime semi-intensivo. *Relat. Cient. Téc. IPIMAR*, Série digital, nº 19, 11pp. <https://www.ipma.pt/resources.www/docs/publicacoes.site/docweb/2004/ReIn19final.pdf>

Duarte, A. C., Ruano, F., & Sobral, M., 2008. Policultura semi- intensiva de pregado *Psetta maxima* L. e robalo *Dicentrarchus labrax* L. em tanque de terra no estuário do rio Mondego. *Relat. Cient. Téc. IPIMAR*, Série digital, nº 43, 17 pp. <https://www.ipma.pt/resources.www/docs/publicacoes.site/docweb/2008/ReIn43final.pdf>

Eding, E.H., Kamstra, A., Verreth, J.A.J., Huisman, E.A., & Klapwijk, A., 2006. Design and operation of nitrifying trickling filters in recirculating aquaculture: A review *Aquacultural Engineering*. Vol 34, 189-200 pp. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.09.007>

Eler, M.N.,& Millani, T.J., 2007. Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados à aquicultura *Revista Brasileira de Zootécnia*. Suplemento especial . Vol.36, 33-44 pp.

Estévez, A., Papandroulakis, N., Wille, M., & Sorgeloos, P., 2019. Organic Aquaculture: Impacts and Future Developments: Chapter 5. *Early Life Stages and Weaning* (Lembo, G., Mente, E. Eds). Springer, 79-83 pp [https://doi.org/10.1007/978-3-030-05603-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-05603-2_5)

FAO., 2007. The role of aquaculture in sustainable development <https://www.fao.org/3/k0701e/k0701e.pdf>

FAO., 2009. Cultured aquatic species sheets: *Psetta maxima* (Linnaeus, 1758). [https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/en/en\\_turbot.htm](https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/en/en_turbot.htm)

FAO., 2009. Cultured aquatic species sheets: *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758). [https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/en/en\\_giltheadseabr.htm](https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/en/en_giltheadseabr.htm)

FAO., 2016. The State Of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all, Rome.

FAO., 2020. [Estado Mundial da Pesca e Aquicultura 2020 - Pesca Sustentável UW \(sustainablefisheries-uw.org\)](http://www.sustainablefisheries-uw.org)

FAO., 2020. [Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação: A gestão da pesca funciona: é hora de aplicá-la de maneira mais ampla | FAO no Brasil | Food and Agriculture Organization of the United Nations](#)

FAO., 2020. [https://earth.org/data\\_visualization/overfishing-a-brief-review/](https://earth.org/data_visualization/overfishing-a-brief-review/)

FAO., 2021. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Rome, [Guidelines for aquaculture management in the Southern African Development ... - Food and Agriculture Organization of the United Nations - Google Livros](#)

FAO., 2022. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura : El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Hacia la transformación azul. Roma <https://doi.org/10.4060/cc0461es>

Fauré, A., 1976. Bases de la gestion de l'eau en salminoculture intensive. *La Pisciculture Francaise*. 46, 11-62 pp

Ferreira, L.P., & Mercante, C.T., 2005. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. *Bol. Inst. Pesca*, São Paulo, Vol 31 (1), 81-88 pp. [A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão \(bvs-vet.org.br\)](#)

Ferreira, P.M.P. 2009. *Manual de cultivo e bioencapsulação da cadeia alimentar para a larvicultura de peixes marinhos*. IPIMAR. 1-5 pp. [Manual de cultivo e bioencapsulação da cadeia alimentar para a ... - \[PDF Document\] \(fdocumentos.tips\)](#)

Figueiredo, F.M., Costa, R.L., Bomfim, S.C., Rodrigues, J.F., & Bay-Hurtado, F., 2017. Piscicultura e meio ambiente, estudos e perspectivas na Amazônia:

*Qualidade da água na piscicultura*. Edupro, 63-78 pp. ([PDF](#)) [Qualidade da água na piscicultura \(researchgate.net\)](#)

Fonseca, R.A., Souza, M.N., Mendonça, P.P., Neto, H.M., Moreira, C.G., Paschoa, J.C., Horsth, L.C., Crespo, A.M., & Louback, G.C., 2021. Aquicultura: Impactos ambientais negativos e a mitigação com práticas agroecológicas. *Tópicos em recuperação de áreas degradadas*. Souza, M.N (Ed). Mérida Publishers CC-BY 4.0. Cap. 2, 58-72 pp. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-991393-6-9.c2>

Gallardo, M.A., Sala-Rabanal, M., Ibarz, A., Padrós, F., Blasco, J., Fernández-Borràs, J., & Sánchez, J., 2003. Aquaculture. Aquaculture Functional alterations associates with “winter syndrome” in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) .Vol. 223, Ed 1–4, 15-27 pp.

Hernandez-Vergara, M.P., & Pérez-Rostro, I.C., 2014. Sustainable Aquaculture Techniques, 8-12 pp.

Iglesias, R., Paramá, A., Alvarez, M.F., Leiro, J., Fernández, J., & Sanmartín, M.L., 2001. Diseases of aquatic organisms. *Philasterides dicentrarchi* (Ciliophora, Scuticociliatida) as the causative agent of scuticociliatosis in farmed turbot *Scophthalmus maximus* in Galicia (NW Spain), *Diseases of Aquatic Organisms*, Vol. 46, 47–55 pp

INE., 2014. Estatísticas da Pesca. Edição 2015. ISSN | 0377-225-X ISBN | 978-989-25-0303- 5

IPMA.(2023). Dourada. <https://www.ipma.pt/pt/pescas/eppo/dourada/index.jsp>

IPMA, (2023). Robalo. <https://www.ipma.pt/pt/pescas/eppo/robalo/index.jsp>

Ituassú, Daniel.R., 2013. Biometria de peixes, variáveis de desempenho e organização dos dados. Embrapa Brasil

Karakassis, I., 1998. Aquaculture and coastal marine biodiversity, 1-14 pp. [https://www.researchgate.net/profile/loannis-Karakassis/publication/289107989\\_Aquaculture\\_and\\_coastal\\_marine\\_biodiversity/links/56b9f21d08ae7e3a0fa097c2/Aquaculture-and-coastal-marine-biodiversity](https://www.researchgate.net/profile/loannis-Karakassis/publication/289107989_Aquaculture_and_coastal_marine_biodiversity/links/56b9f21d08ae7e3a0fa097c2/Aquaculture-and-coastal-marine-biodiversity)

Leira, M., Cunha, L., Braz, M., Melo, C., Botelho, H., & Reghim, L., 2017. *Qualidade da água e seu uso em pisciculturas*. PUBVET, Vol.11( nº1) , 11-17 pp. [Qualidade da água e seu uso em pisciculturas | PUBVET](#)

Lekang, Odd-Ivar., 2013. Aquaculture Engineering. (2ª ed). Blackwell Publishing, 19 -35, 37-39, 44 pp.

Lima, A., 2013. Acompanhamento da produção de peixes: Biometria e variáveis de desempenho. Embrapa Brasil

Lima, A.F., Silva, A.P., Rodrigues, A.P., Bergamin, G.T., Torati, L.S., Pedroza Filho, M. X., & Maciel, P.O., 2013. Qualidade da água: Piscicultura Familiar. Embrapa, 1-8 pp.

Lombardi, J.V., 2008. Toxicologia na Aaquicultura: Laboratório de ecotoxicologia aquática. *Instituto de Pesca – APTA-SAA-SP*. 6ª ed, 1-2 pp.

Lourenço, J., Malta, J., & Sousa, F., 1999. A importância de monitorar a qualidade da água na piscicultura. *Instruções técnicas nº 5 dez/99* Embrapa, 1-4 pp. [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAA-2009-09/4510/1/IT\\_5\\_99.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAA-2009-09/4510/1/IT_5_99.pdf)

Lucas, J.S., 2003. Introduction in aquaculture farming aquatic animals and plants. Lucas, J.S & Southgate, P.C (Eds). Blackwell Publishing Oxford , UK.

Macedo, C.F., & Sipaúba-Tavares, L., 2010. Eutrofização e qualidade da água na Piscicultura: Consequências e Recomendações. *Bol. Inst. Pesca, São Paulo*, Vol 36 (2), 149-163 pp.

Machado, I.C., Maio, F., Kira, C., & Carvalho, M.F., 2002. Estudo da ocorrência dos metais pesados Pb, Cd, Hg, Cu e Zn na ostra de mangue *Crassostrea brasiliana* do estuário de Cananéia-SP, Brasil. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, Vol. 61 (1), 13-18 pp.

Massago, H., & Silva, B.C., 2020. Use of chlorinated products in the disinfection of fish ponds. *Agropecuária Catarinense*, Vol 33(2), 26-28 pp. <https://doi.org/10.52945/rac.v33i2.476>

Mata, A.M., & Salgado, R.M., 2022. Ciências agrárias: conhecimento e difusão de tecnologias. In Silva-Matos, R., Sousa, L., & Evangelista, R. (Orgs), *Estudo de patentes de tecnologias de produção de ostras em aquicultura*. Cap18, 205 pp. Atena Editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.62922100218>

Menezes, J., 2000. Manual sobre doenças de peixes ósseos. *Publicações avulsas do IPIMAR*, 18-20, 22, 29-33,35, 171, 177 pp. ISSN 0872-914X;3.

Oliveira, L. A. A. G., Almeida, A.M., Pandolfo, P.S.V., Souza, R.M., Fernandes, L.F.L., & Gomes, L.C., 2013. Crescimento e produtividade de juvenis de robalo-peva a diferentes temperaturas e taxas de alimentação. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, vol.48, n.8, 857-862 pp. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000800007>

Ortega, A., 2008. Cultivo de Dorada (*Sparus aurata*). *Cuadernos de Acuicultura 1*. Fundación Observatorio Español de Acuicultura, Consejo Superior De Investigaciones Científicas, Ministerio De Agricultura, Alimentación Y Medio Ambiente, Madrid.

Ortega, A., 2013. Cultivo de Lubina (*Dicentrarchus labrax*). *Cuadernos de Acuicultura 5*. Fundación Observatorio Español de Acuicultura, Consejo Superior

De Investigaciones Científicas, Ministerio De Agricultura, Alimentación Y Medio Ambiente, Y Medio Rural Y Marino, Madrid.

Orvay, F.C., 1993. Acuicultura marina: fundamentos biológicos y tecnología de la producción, *Publicaciones Universitat de Barcelona*

Ottinger, M., Clauss, K., Kuenzer, C., 2026. Aquaculture: relevance, distribution, impacts and spatial assessments. *a review, Ocean & Coastal Management*. Bromley. 119, 244-266 pp

Padrós, F., Rotllant, J., & Crespo, S., 1998. Fish & Shellfish Immunology: Winter syndrome in the gilthead sea bream *Sparus aurata*. *Immunological and histopathological features*, Vol. 8, 37-47 pp. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1050464897901200?via%3Dihub> <https://doi.org/10.1006/fsim.1997.0120>

Pepe-Victoriano, R., Araya, M., & Faúndez, V., 2012. Efecto de la temperatura en la supervivencia embrionaria e primeros estadios larvales de *Psetta maxima*. *Int. J. Morphol.*, 30 Vol 4 , 1-2 pp

Pillay, T & Kutty, M. (2005) *Aquicultura: Princípios e Práticas*. 2ª edição. Blackwell Publishing, Oxford.

Pinto, M., Monteiro, J.N., Crespo, D., Costa, F., Rosa, J., Primo, A.L., Pardal, M., & Martinho, F., 2021. Pesquisa Ambiental Marinha: Influência das condições oceânicas e climáticas na história de vida inicial do robalo europeu *Dicentrarchus labrax*. Vol 169, Elsevier <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105362>

Ragias, V., Tontis, D., & Thanassopoulou, F., 2004. Incidência de uma infecção intensa de *Caligus minimus* Otto 1821, *C. pageti* Russel, 1925, *C. apodus* Brian, 1924 em robalo cultivado em lagos (*Dicentrarchus labrax*) na Grécia. *Aquicultura*. Vol 242, edições 1-4, Elsevier, 727-733 pp. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.08.019>

Rebouças, P.M., Lima, L.R., Dias, I.F., Barbosa F., & Delfino, J.A., 2014. Influência da oscilação térmica na água da piscicultura. *Journal of Animal Behaviour Biometeorol*. Vol 2, nº2, 36-39 pp.

Ribeiro, J.M., Canuto, K.M., & Veschi, J.L.A., 2008. Compostos Clorados: Aspectos Gerais e sua Utilização como Agente Sanitizante na Agricultura, Embrapa, 12-13 pp <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/159162/1/SDC207.pdf>

Rodrigues, A. P. O., Lima, A. F., Alves, A. L., Rosa, D. K., Torati, L. S., & Santos, V. V., 2013. Nutrição e alimentação de peixes: Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos. Capítulo 6. Brasília. Embrapa, 180-185 pp.

Rodríguez, J.L., 2011. Cultivo del Rodaballo (*Scophthalmus maximus*). *Cuadernos de Acuicultura 4*. Fundación Observatorio Español de Acuicultura, Consejo Superior De Investigaciones Científicas, Ministerio de Medio Ambiente, Y Medio Rural Y Marino, Madrid.

Salin, K.R., & Ataguba, G.A., 2018. Sustainable Aquaculture: Chapter 1 Aquaculture and the Environment: Towards Sustainability (Faisal, I.H., Chettiyappan, V., & Ramaraj, B, Eds) Springer, 14 pp. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-73257-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73257-2_1)

Santos, C., 2009. Aquicultura e Pesca: A mudança do modelo exploratório. Cap 1. Embrapa, 13-32 pp. [CPAF-AP-2009-Aquicultura-e-pesca-mudanca-modelo-exploratorio.pdf](http://cpaf-ap-2009-aquicultura-e-pesca-mudanca-modelo-exploratorio.pdf) ([embrapa.br](http://embrapa.br))

Schendel, E.K., Nordstrom, S.E., & Lavkulich, L.M., 2004. Aquaculture research: Floc and sediment properties and their environmental distribution from a marine fish farm. Blackwell Publishing Ltd. 35, 483-493 pp. [j.1365-2109.2004.01042.x20160519-11085-y71tfq-libre.pdf](https://doi.org/10.1365/2109.2004.01042.x20160519-11085-y71tfq-libre.pdf) ([d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net))

Silva, C.A., & Santos, S.O., 2016. Avaliação do potencial risco à saúde humana de metais pesados em peixes marinhos consumidos em Aracaju, Maceió e Salvador, Brasil. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 126. Embrapa, 6-15 pp.

Silva, M.S.G.M., Losekannm M.E., & Hisano, H. (2013). Aquicultura: Manejo e aproveitamento de efluentes. Embrapa Meio Ambiente, Vol 95, 6-30 pp. [Doc95.pdf](http://doc95.pdf) ([embrapa.br](http://embrapa.br))

Silva, W. L .M., Frozzi, J. C., Fonseca, J.S., Souza, A.L., Salvador, J.S.P., Ribeiro, P.N.T., & Campos, M. C. C., 2018. Sustentabilidade na Aquicultura: Dimensões social, económica e ambiental: *Revista EDUCAmazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente*. Revisão de Literatura. Ano 10, Vol XX, (1)1, 87-108 pp. [Dialnet-SustentabilidadeNaAquicultura-7814535.pdf](http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7814535)

Soderberg, R.W., 2017. Aquaculture Technology: *Flowing Water and Static Water Fish Culture*. Chapter 11: Water Recirculation, CRC Press Taylor & Francis Group, 149-150 pp

Stickney, R.R., 2000. Ecylopedia of Aquaculture: *Recirculating Water Systems*. John Wiley & Sons, Inc, 722-735 pp

Summerfelt, S.T., Vinci, B.J., & Piedrahita, R.H., 2000. Aquaculture Engineering: Oxygenation and carbon dioxide control in water reuse systems, Elsevier. Vol 22, 87-108 pp. [http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8609\(00\)00034-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8609(00)00034-0)

Swann, L., 1992. A Basic Overview of Aquaculture: *History, water Quality, types of aquaculture and production methods*. 1-4 pp.

Tansel, T., Tanrikul., & Fatih, Percin., 2016. Ectoparasitic sea lice, *Caligus minimus* (Otto 1821, Copepoda: Caligidae) on Brawn wrasse, *Labrus merula* L., in Izmir Bay, Aegean Sea <https://doi.org/10.4081/ijas.2012.e38>

Tansel T. T., & Percin, F., 2012. Ectoparasitic sea lice, *Caligus minimus* (Otto, 1821, Copepoda: Caligidae) on Brawn wrasse , *Labrus merula* L., in Izmir Bay, Aegean Sea. *Italian Journal of Animal Science*, Vol. 11, Ed 2, 38 pp. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.4081/ijas.2012.e38?scroll=top&needAccess=true&role=tab> <https://doi.org/10.4081/ijas.2012.e38>

Tavechio, L.G.W., Guidelli, G., & Portz, L., 2009. Alternativas para prevenção e o controle de patógenos em piscicultura. *Artigo de Revisão. Bol. Inst Pesca*, São Paulo, Vol 35 (2), 335-341 pp.

Timmons, M.B., Ebeling, J.M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S.T., & Vinci, B.J., 2002. *Recirculating Aquaculture Systems*. 2ed. Ithaca, NY – EUA. Cayuga Aqua Ventures, 46 pp

Valenti, W.C., 2002. Aquicultura sustentável Congresso de Zootecnia, 12º , Vila Real, Portugal: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. Anais, 111-118pp. [https://www.caunesp.unesp.br/Home/publicacoes/cpil\\_valenti\\_aquicultura-sustentavel.pdf](https://www.caunesp.unesp.br/Home/publicacoes/cpil_valenti_aquicultura-sustentavel.pdf)

Vaz, F.S., & Furlan, E.F., 2013. Contaminantes inorgânicos em pescado: Tecnologia de alimentos: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos. *Inst. de Pesca*. Vol 2, 68-73 pp <https://www.editoracientifica.com.br/artigos/contaminantes-inorganicos-em-pescado#:~:text=DOI-,10.37885/200801011,-Publicado%20em>

Vicenzo, C., Giacomo, C., Sabrina, C., & Enrico, A., 2001. Reproductive biology of turbot (*Psetta maxima*) and brill (*Scophthalmus rhombus*) (Teleostei, Pleuronectiformes) in the Adriatic Sea. *Italian journal of zoology*. 2ª ed, Vol 68, 107-113 pp.

