

Estágio na Aquacultura Safiestela

Rui Pedro Ramos Pereira

Relatório de Estágio de Mestrado apresentado à
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto em
Recursos Biológicos Aquáticos

2022



Estágio na Aquacultura Safiestela

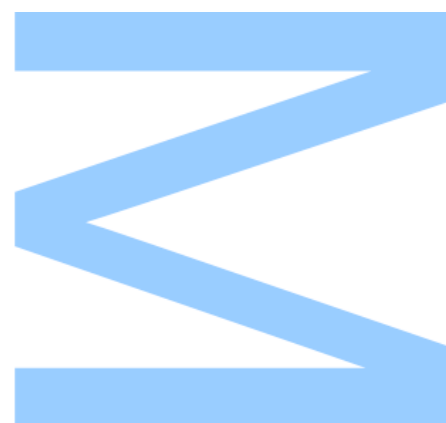
Rui Pedro Ramos Pereira

Mestrado em Recursos Biológicos Aquáticos

Departamento de Biologia
2022

Orientador

Maria Helena Peres, Professora auxiliar, FCUP

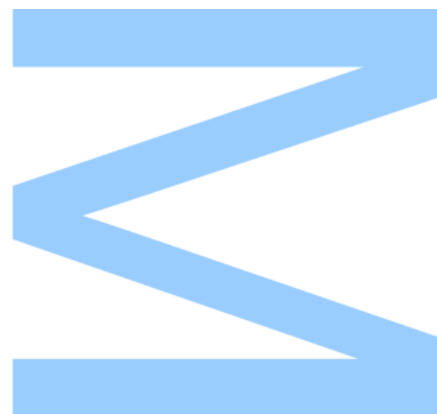




Todas as correções determinadas
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Declaração de Honra

Eu, Rui Pedro Ramos Pereira, inscrito no Mestrado em Recursos Biológicos Aquáticos da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto declaro, nos termos do disposto na alínea a) do artigo 14.º do Código Ético de Conduta Académica da U.Porto, que o conteúdo do presente relatório de estágio reflete as perspetivas, o trabalho de investigação e as minhas interpretações no momento da sua entrega.

Ao entregar este relatório de estágio, declaro, ainda, que o mesmo é resultado do meu próprio trabalho de investigação e contém contributos que não foram utilizados previamente noutros trabalhos apresentados a esta ou outra instituição.

Mais declaro que todas as referências a outros autores respeitam escrupulosamente as regras da atribuição, encontrando-se devidamente citadas no corpo do texto e identificadas na secção de referências bibliográficas. Não são divulgados no presente relatório de estágio quaisquer conteúdos cuja reprodução esteja vedada por direitos de autor.

Tenho consciência de que a prática de plágio e auto-plágio constitui um ilícito académico.

Junqueira, 28 de setembro de 2022

Resumo

O crescimento da população mundial acompanhado da consciencialização da importância do consumo de pescado para uma alimentação mais saudável, elevaram a sua procura a um ponto em que a pesca deixa de ser uma solução sustentável. Assim, é imperativo optar por outras alternativas mais sustentáveis, ecológicas, seguras e economicamente viáveis. Neste contexto, a aquacultura emerge como sendo uma das possibilidades para suprir as necessidades populacionais.

No âmbito do mestrado de Recursos Biológicos Aquáticos surgiu a possibilidade de realizar um estágio na Safiestela: Sustainable Aqua Farming Investments, S. A, pertencente ao grupo Sea Eight, localizada na Póvoa do Varzim. Nesta empresa, o ciclo de vida do linguado senegalês é monitorizado e controlado, desde a manipulação dos reprodutores para a obtenção dos ovos, até à fase de juvenil, onde são depois transportados para as unidades de engorda, a Aquacria Piscícolas situada em Aveiro, Portugal e a Aquacria Arousa, situada em Pontevedra, Espanha. Nestas instalações é praticada uma produção intensiva de linguado senegalês (*Solea senegalensis*), em sistema fechado de recirculação de água (RAS), tendo a espécie as condições ótimas para o seu crescimento, através do controlo de todos os parâmetros necessários. Outra vantagem deste método de produção, comparativamente a outros sistemas de produção tradicionais, é que possui um impacto ambiental muito reduzido.

O estágio teve a duração de 8 meses, desde 1 de outubro de 2021 até 1 de junho de 2022, e teve como objetivos aplicar os conhecimentos obtidos no âmbito deste curso de mestrado e adquirir novas capacidades e competências em ambiente empresarial. Para isso, o estágio possibilitou a aprendizagem de melhores técnicas no manejo dos reprodutores e reprodução, assim como das larvas e dos juvenis de linguado senegalês. Proporcionou também a manipulação do alimento vivo usado para a alimentação de larvas de linguado, como a artémia e os rotíferos, como também assegurou o desenvolvimento de competências no controlo de parâmetros físico-químicos da água e na produção de peixes em sistemas RAS. Estas competências serão de crucial importância para o meu futuro, tornando-se numa mais-valia no mercado de trabalho atual.

Palavras-chave: Aquacultura, *Solea senegalensis*, produção intensiva, RAS, Safiestela

Abstract

The growth of the world population accompanied by the awareness of the importance of fish consumption for a healthier diet, raised its demand to a point where fishing is no longer a sustainable solution. Thus, opting for more ecological, safe and economically viable alternatives is mandatory. In this context, aquaculture emerges as one of the possibilities to meet population needs.

Within the scope of the Master's Degree in Aquatic Biological Resources, the possibility arose of carrying out an internship at Safiestela: Sustainable Aqua Farming Investments, S. A, located in Póvoa do Varzim belonging to the Sea Eight group. In this company, the life cycle of Senegalese sole is monitored and controlled, from the handling of the breeding stock to obtain the eggs, to the juvenile stage, where they are later transported to the fattening units, Aquacria Piscícolas located in Aveiro, Portugal and Aquacria Arousa located in Pontevedra, Spain. In these facilities, and intensive production of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) is practiced, in a closed system of water recirculation (RAS), with the species having optimal conditions for its growth, through the control of all the necessary parameters. Another advantage of this production method, compared to other traditional production systems, is that it has a very low environmental impact.

The internship lasted 8 months, from October 1st, 2021, to June 1st, 2022, and aimed to apply the knowledge acquired within the scope of this master's course and develop new skills and competences in a business environment. For this, the internship made it possible to learn better techniques in managing breeding and reproduction, as well as larvae and juveniles of Senegalese sole. It also provided the handling of live feed organisms used for feeding sole larvae, such as brine shrimp (*Artemia*) and rotifers, as well as ensuring the development of skills in the control of physical-chemical parameters of the water and in the understanding of the entire RAS system. These skills will be of crucial importance for my future, becoming an asset in the current job market.

Key words: Aquaculture, *Solea senegalensis*, Intensive production, RAS, Safiestela

Índice

Índice de Figuras	8
Lista de Abreviaturas	9
Introdução	10
Produção Mundial de Pescado.....	11
Produção de Pescado em Portugal	14
Biologia do Linguado Senegalês	18
Produção de Linguado	19
Estágio na Safiestela – Sustainable Aqua Farming Investments, S. A.	21
Reprodução.....	22
Incubação dos Ovos.....	26
Fase Larvar	27
Alimento Vivo.....	28
Período Pré-Metamorfose.....	32
Período Pós-Metamorfose	34
Fase de Juvenil	35
Período de Desmame e 1ª Fase de Crescimento	36
2ª Fase de Crescimento	38
3ª Fase de Crescimento	40
Unidades de Produção.....	42
Controlo da Qualidade da Água dos Sistemas de Produção	44
Sistema de Recirculação de Água (RAS)	45
Resíduos Sólidos.....	46
Filtração Biológica e Oxigenação.....	48
Desinfecção da Água	49
Conclusão	51
Referências Bibliográficas	52

Índice de Figuras

Figura 1 - Produção mundial de pescado proveniente da pesca e da aquacultura	12
Figura 2 - Contribuição regional para a totalidade do pescado mundial	13
Figura 3 - Produção mundial de aquacultura de animais aquáticos e algas	14
Figura 4 - Estrutura do volume de capturas nominais de pescado fresco ou refrigerado, por espécie	15
Figura 5 - Produção de aquacultura	16
Figura 6 - Produção de aquacultura por tipo de água e regime	16
Figura 7 - Estrutura do volume de produção em aquacultura, por espécie	17
Figura 8 - Linguado senegalês (<i>Solea senegalensis</i>)	18
Figura 9 - Captura global de pescado	20
Figura 10 - Produção mundial de linguado em aquacultura	21
Figura 11 - Mapa do grupo SEA EIGHT	22
Figura 12 - Diferentes salas dos Reprodutores	24
Figura 13 - Representação das 3 etapas do acasalamento em cativeiro do linguado senegalês com o período aproximado de cada etapa.....	25
Figura 14 - Tanques de Incubação	26
Figura 15 - Larva de linguado senegalês	27
Figura 16 - Sala dos rotíferos	29
Figura 17 - Sala da artémia	32
Figura 18 - Tanques para o desenvolvimento das Larvas	33
Figura 19 - <i>Raceways</i> da secção do Desmame	35
Figura 20 - Juvenis de linguado senegalês	36
Figura 21 - Tanques quadrangulares da secção do Desmame	37
Figura 22 - <i>Nursery</i>	39
Figura 23 - Pré-Engorda	41
Figura 24 - Filtro de tambor rotativo	47
Figura 25 - Filtro de areia	47
Figura 26 - Filtros de cartucho	47
Figura 27 - <i>Protein skimmer</i>	47
Figura 28 - Biofiltro	48
Figura 29 - Processo de nitrificação	48
Figura 30 - Torre de desgaseificação	49
Figura 31 - <i>Mixer</i>	49

Lista de Abreviaturas

DNA - Ácido desoxirribonucleico

F1 - Indivíduos nascidos em cativeiro de primeira geração

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

HUFA - Ácidos gordos altamente insaturados

INE - Instituto Nacional de Estatística

OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

pH - Potencial hidrogeniónico

ppm - Partes por milhão

RAS - Sistema de Recirculação de Água

RNA - Ácido ribonucleico

UV - Ultravioleta

Introdução

O crescimento acentuado da população humana impõe novos desafios, sendo um dos mais importantes o da alimentação. A degradação dos ecossistemas, a acentuação da perda de biodiversidade e das alterações climáticas e, mais recentemente, a pandemia COVID-19 e outros conflitos e urgências globais ameaçam postos de trabalho e a economia mundial. Atualmente, 811 milhões de pessoas sofrem de fome e 3 mil milhões não têm condições para pagar ou não têm acesso a dietas saudáveis (FAO, 2022). Com isto, é urgente a transformação dos processos de obtenção de alimento e dos sistemas agroalimentares, de forma a desenvolver e evoluir dietas saudáveis, que garantam uma boa nutrição e assegurem a segurança alimentar, a preços acessíveis para um planeta em crescimento.

O setor das pescas e da aquacultura contribuem para fornecer uma boa parte das necessidades nutritivas da maioria da população, sendo por isso grandes bases da produção de alimento a nível global (FAO, 2020). Atualmente, estes setores são reconhecidos pela sua primordial importância na contribuição para a segurança alimentar e nutrição global, no século XXI. A expansão adicional desta contribuição requer a aceleração de mudanças transformadoras na política, gestão, inovação e investimento de forma a alcançar a sustentabilidade e equidade globais da aquacultura e das pescas (FAO, 2022). É essencial haver uma transformação dos nossos sistemas agroalimentares, priorizando e integrando melhor os produtos da pesca e da aquacultura nas estratégias e políticas do sistema alimentar global, regional e nacional (FAO, 2022). O peixe, para além de ser uma excelente fonte de proteína, fornece ácidos gordos ómega-3 essenciais para o bom funcionamento do corpo humano, como também micronutrientes (vitaminas e minerais) e proteína de elevado valor biológico.

A aquacultura consiste na criação ou cultura de organismos aquáticos de água doce, salobra ou salgada, tais como, peixes, moluscos, crustáceos, anfíbios e plantas aquáticas, aplicando técnicas de forma a manipular os seus ciclos de vida, aumentando a produção destes organismos. Dependendo do regime de produção, a aquacultura está subdividida em extensiva, semi-intensiva e intensiva. As diferentes técnicas diferem, de forma crescente, no controlo das condições e dos fatores de produção como a densidade e fornecimento de ração, num melhor maneio de princípios chave como o controlo de reprodução, controlo de crescimento e a eliminação de fatores de mortalidade. A aquacultura pode ainda ser classificada dependendo do local onde é

realizada a produção, isto é, *inshore* (aquacultura em terra), *onshore* (aquacultura costeira) e *offshore* (aquacultura em mar aberto) (Beveridge, 2004; Van Houtte, 1989).

Produção Mundial de Pescado

A produção mundial de pescado teve o seu máximo em 2018, com um valor a rondar os 179 milhões de toneladas. Em 2020, esta produção atingiu um valor de 178 milhões de toneladas, havendo um ligeiro decréscimo face a 2018 (Figura 1). No mesmo ano, a aquacultura representou 49% do total, com um total de 88 milhões de toneladas. Da produção total, 63% (112 milhões de toneladas) teve origem de águas marinhas (70% das pescas e 30% de aquacultura) e 37% (66 milhões de toneladas) teve origem de águas interiores (83% de aquacultura e 17% das pescas). Para além dos animais aquáticos, foram produzidos 36 milhões de toneladas (peso húmido) de algas, das quais 97% tiveram origem da aquacultura, principalmente marinha (FAO, 2022).

Da produção global de animais aquáticos, mais de 157 milhões de toneladas (89%) foram usadas para consumo humano, e as restantes 20 milhões de toneladas foram destinadas a usos não alimentares. Destes 20 milhões de toneladas, 81% (16 milhões de toneladas) foram usadas para produção de farinha de peixe e óleo de peixe (FAO, 2022).

O consumo global aparente de alimentos aquáticos aumentou a uma taxa média anual de 3,0% de 1961 a 2019, uma taxa de quase o dobro em relação ao crescimento anual da população mundial (1,6%) para o mesmo período. O consumo per capita de alimentos aquáticos cresceu cerca de 1,4% ao ano, de 9,0 kg (equivalente ao peso vivo) em 1961 para 20,5 kg em 2019. Dados preliminares para 2020 apontam para um ligeiro declínio para 20,2 kg. Neste mesmo ano, a aquacultura foi responsável por 56% da quantidade de produção de alimentos aquáticos para consumo humano. Durante as últimas décadas, o consumo per capita de alimentos aquáticos foi influenciado mais vigorosamente pelo aumento da oferta, mudanças nas preferências dos consumidores, avanços na tecnologia e pelo crescimento da receita (FAO, 2022).

A produção total das pescas e da aquacultura (excluindo algas) expandiu-se significativamente nas últimas sete décadas, atingindo um recorde histórico em 2018. No entanto, em 2019, a produção diminuiu marginalmente (queda de 1% face a 2018) e aumentou 0,2% em 2020. Esta estagnação destes últimos anos está principalmente ligada a um ligeiro declínio na pesca de captura, que diminuiu 4,5% em 2019 (comparativamente a 2018), e depois mais 2,1% em 2020. Este declínio deveu-se a

vários fatores, incluindo a flutuação das capturas de espécies pelágicas, a recente redução das capturas na China e os impactos da COVID-19 no setor em 2020 (FAO, 2022).

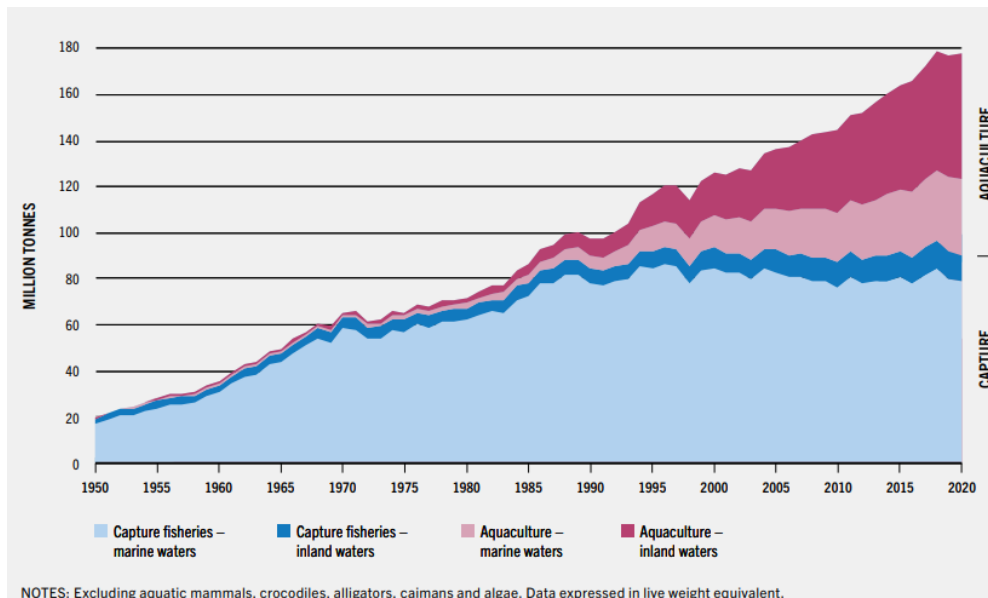


Figura 1 - Produção mundial de pescado proveniente da pesca e da aquacultura (FAO, 2022)

Em 2020, os países asiáticos foram os principais produtores, contando com 70% da produção total das pescas e da aquacultura de animais aquáticos, seguidos por países das Américas (12%), Europa (10%), África (7%) e Oceânia (1%). No geral, a produção total da pesca e da aquacultura teve aumentos importantes em todos os continentes nas últimas décadas (Figura 2). As exceções são a Europa e as Américas com alguns altos e baixos, contrariamente à África e Ásia onde a produção quase que duplicou nos últimos 20 anos. No entanto, comparativamente a 2019, em 2020 a produção total de animais aquáticos diminuiu 3% nos países africanos e 5% nos países da Oceânia, provavelmente devido ao COVID-19. A China continuou a ser o maior produtor com uma quota de 35% do total, seguida pela Índia (8%), Indonésia (7%), Vietname (5%) e Peru (3%), sendo estes cinco países responsáveis por 58% da produção global de animais aquáticos provenientes da pesca e aquacultura em 2020 (FAO, 2022).

A produção total de animais aquáticos está fortemente dependente da região geográfica, associada a vários fatores tais como o nível de desenvolvimento do país, as medidas de gestão implementadas para a pesca e para a aquacultura, o estatuto dos *stocks* pesqueiros, a disponibilidade e qualidade das águas interiores e a composição

das espécies capturadas a quantidade de pesca ilegal, não declarada e não regulamentada (IUU) (FAO, 2022).

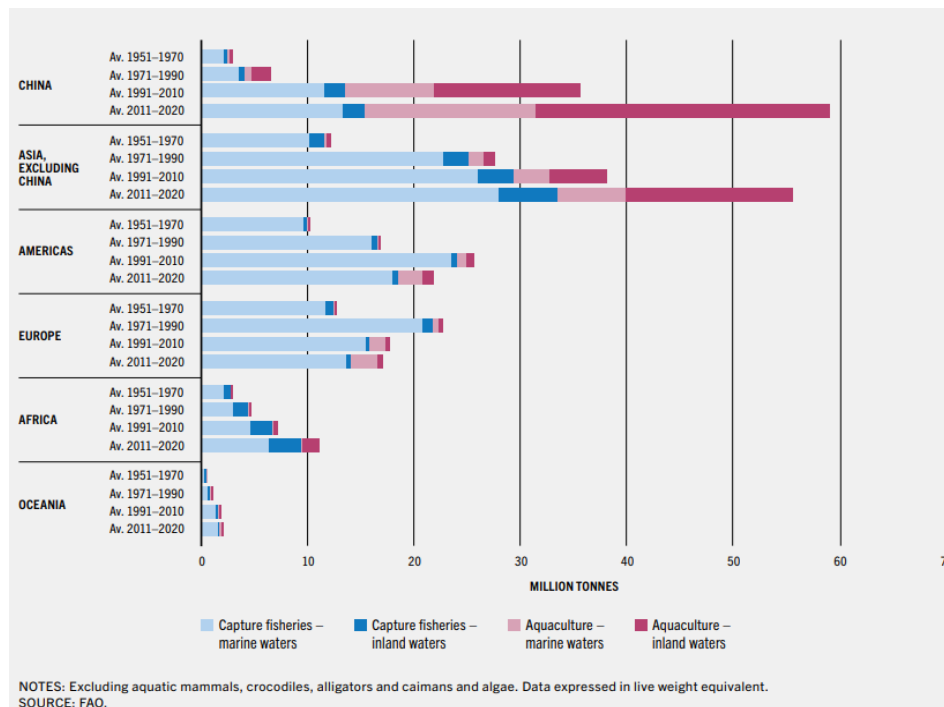


Figura 2 - Contribuição regional para a totalidade do pescado mundial (FAO, 2022)

Em 2020, a produção global em aquacultura atingiu um valor total de 122,6 milhões de toneladas de peso vivo (Figura 3), o que representa um aumento de 6,7 milhões de toneladas em relação a 2018 (115,9 milhões de toneladas), com lucros a rondar os 281,5 mil milhões de dólares. Do valor total de produção, os animais aquáticos representam 87,5 milhões de toneladas, principalmente para consumo humano, as algas representam 35,1 milhões de toneladas (uso alimentar e não alimentar) e as conchas e pérolas para uso ornamental, 700 toneladas. A produção animal é representada, principalmente, pelos peixes ósseos, com um valor de 57,5 milhões de toneladas (49,1 milhões de toneladas em águas interiores e 8,3 milhões de toneladas em águas marinhas e costeiras). A produção de outras espécies de animais aquáticos atingiu 17,7 milhões de toneladas de moluscos, na maior parte bivalves, 11,2 milhões de toneladas de crustáceos, 525 000 toneladas de invertebrados aquáticos e 537 000 toneladas de espécies semi-aquáticas, incluindo tartarugas e sapos. A produção global de algas foi dominada pelas macroalgas marinhas (FAO, 2022).

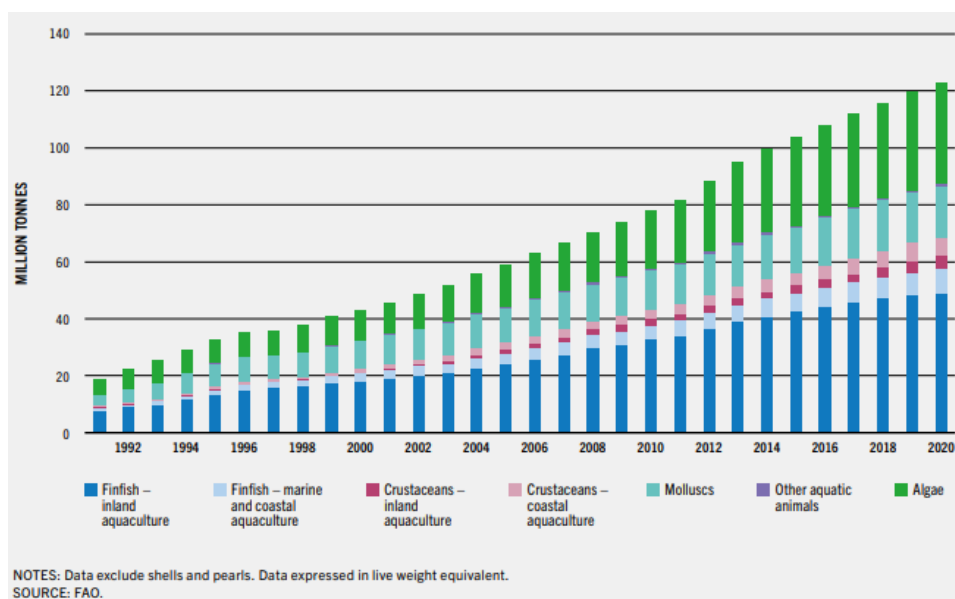


Figura 3 - Produção mundial de aquacultura, 1991-2020 (FAO, 2022)

A produção mundial de espécies animais em aquacultura cresceu 2,7% em 2020 relativamente a 2019, o que representa a mais baixa taxa de crescimento anual de há 40 anos. Contudo, o aumento líquido de 2,3 milhões de toneladas no mesmo período foi comparável a alguns anos da última década. O cultivo global de algas cresceu meio milhão de toneladas em 2020, um aumento de 1,4% em relação a 34,6 milhões de toneladas em 2019. Alguns dos principais produtores, incluindo a China e Japão, tiveram um crescimento em 2020, enquanto no Sudeste Asiático e na República da Coreia houve uma diminuição no cultivo de algas (FAO, 2022).

Produção de Pescado em Portugal

O nosso país dispõe de um enorme território marítimo e orla costeira. Desde tempos remotos que depende largamente do mar, tanto em termos culturais, naturais e económicos. Em 2021, a produção da pesca nacional teve um aumento de 13,2% relativamente a 2020, sendo capturadas pela frota portuguesa 185417 toneladas de pescado. Deste total, 140562 toneladas corresponderam a pescado fresco ou refrigerado, transacionado em lota, no valor de 335044 mil euros, representando um aumento de 27,3% em volume e de 27,8% em valor. Este aumento ocorreu tanto no continente (123520 toneladas, mais 26,2% face a 2020) como nas regiões autónomas,

com as capturas dos Açores (11851 toneladas) superiores em 54,3% e as 5190 toneladas da Madeira a representarem um aumento de 6,7% (INE, 2022).

O acréscimo considerável que foi registado no volume das capturas deveu-se, em grande parte, ao aumento de 26,7% ocorrido nos peixes marinhos relativamente a 2020, correspondendo a um total de 117323 toneladas capturadas. O aumento mais significativo foi o da sardinha (Figura 4), com 26697 toneladas capturadas, o que correspondeu a um acréscimo de 83,8%. Esta maior captura deveu-se ao facto de a espécie ter recuperado a sua população, o que foi reconhecido cientificamente, tendo sido possível a Portugal e Espanha aumentarem as cotas de pesca. Outros acréscimos significativos também contribuíram para este aumento no volume das capturas, como o carapau (mais 13,9%), os atuns (mais 72,7%) e o biqueirão (mais 75,9%) (INE, 2022).

O volume de moluscos também aumentou face a 2020, com um total de 20963 toneladas, contabilizando um acréscimo de 30,8% face a 2020. As maiores capturas de polvo e de choco contribuíram significativamente para o aumento, assim como também foram significativas as maiores capturas de potas, bivalves, berbigão e amêijoas (INE, 2022). Os crustáceos representaram um acréscimo de 25,6%, com 1710 toneladas capturadas. Todas as principais espécies deste grupo (gambas, caranguejos, camarões, lagostas e lavagantes) apresentaram maiores capturas, com exceção do lagostim (INE, 2022).

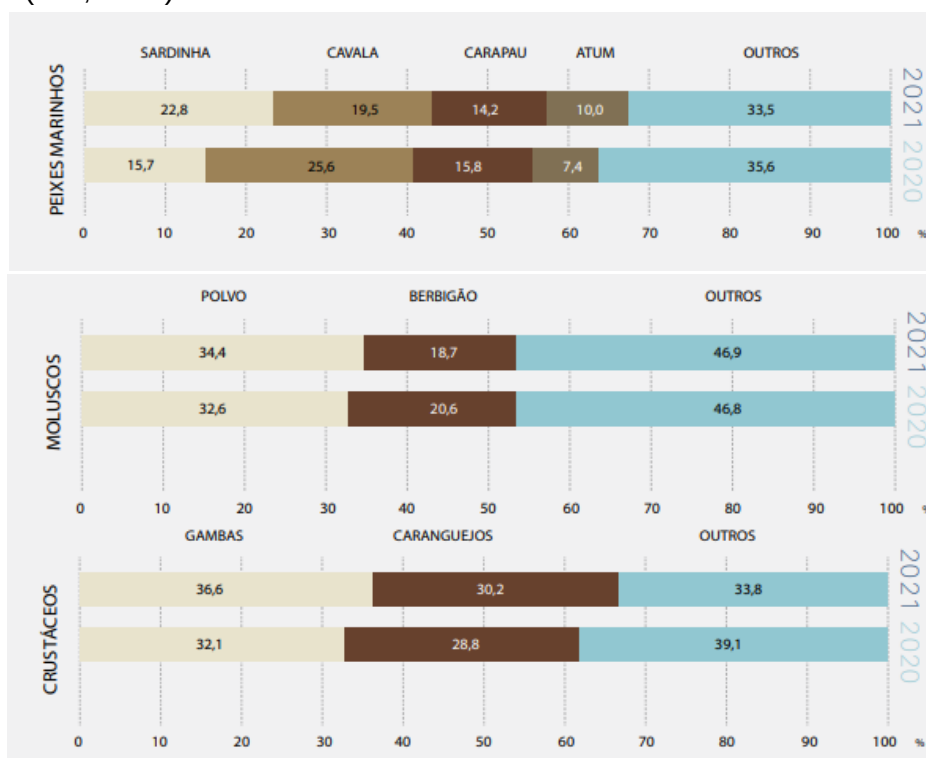


Figura 4 - Estrutura do volume de capturas nominais de pescado fresco ou refrigerado, por espécie (DGRM em INE, 2022)

Em 2020, a produção aquícola total em Portugal foi de 16999 toneladas, representando um aumento de 18,6% face a 2019. A receita económica gerada desta produção foi de 99,9 milhões de euros, ou seja, um decréscimo de 15,6%, tendo as quantidades vendidas registado um aumento de 6,0%. O total das vendas (13648 toneladas) representou cerca de 80% da produção nacional (Figura 5) (INE, 2022).

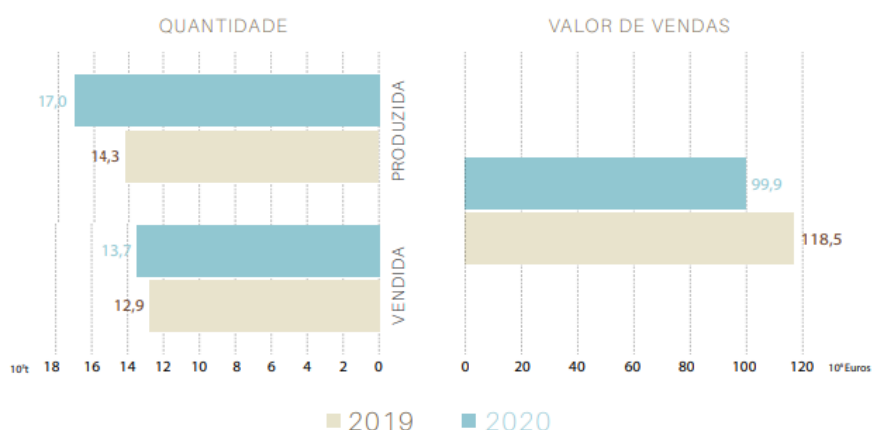


Figura 5 - Produção de aquacultura (DGRM em INE, 2022)

A produção aquícola em águas salobras e marinhas é a dominante em Portugal, correspondendo a 94,7% da produção total (16095 toneladas em 2020). No que diz respeito aos regimes de exploração (Figura 6), em Portugal a aquacultura é praticada nos três regimes, extensivo, semi-intensivo e intensivo. Em 2020, a produção em águas interiores manteve-se exclusivamente intensiva, com uma produção de 905 toneladas. Em águas marinhas e salobra, o regime extensivo apresentou um reforço considerável, registando 60,8% do total de produção aquícola em 2020 (50,5% em 2019). Por outro lado, os regime intensivo e semi-intensivo registaram decréscimos da sua representatividade, contabilizando, respetivamente, 32,6% e 6,6% da produção em 2020.

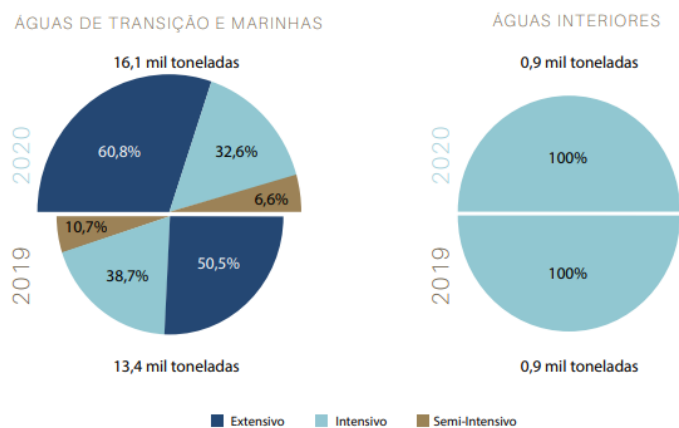


Figura 6 - Produção de aquacultura por tipo de água e regime (INE, 2022)

Em 2020, a produção de peixes em águas salobras e marinhas registou 6232 toneladas, 36,7% da produção total, representando uma diminuição de 6,4%, face a 2019 (46,4%). O perfil de peixes marinhos produzidos manteve-se sem grandes alterações, relativamente ao ano de 2019 (Figura 7), no entanto observaram-se decréscimos na produção de pregado (menos 4,8%), com apenas 3407 toneladas, e de dourada (menos 9,4%), com 1768 toneladas produzidas. O robalo, por outro lado, aumentou em 2,5%, atingindo as 904 toneladas em 2020 (INE, 2022).

A produção de moluscos em aquacultura aumentou 47,5%, tendo representado 58% da produção aquícola total, com uma produção total de 9863 toneladas. As ostras tiveram um aumento de mais do dobro da sua produção em relação a 2019, com 3838 toneladas, tornando-se assim na espécie mais relevante. A produção de amêijoas aumentou 11,7%, com um total de 3659 toneladas, assim como a produção de mexilhão, que também apresentou aumentos, neste caso de 37,7% face a 2019, com um total de 2007 toneladas (INE, 2022).

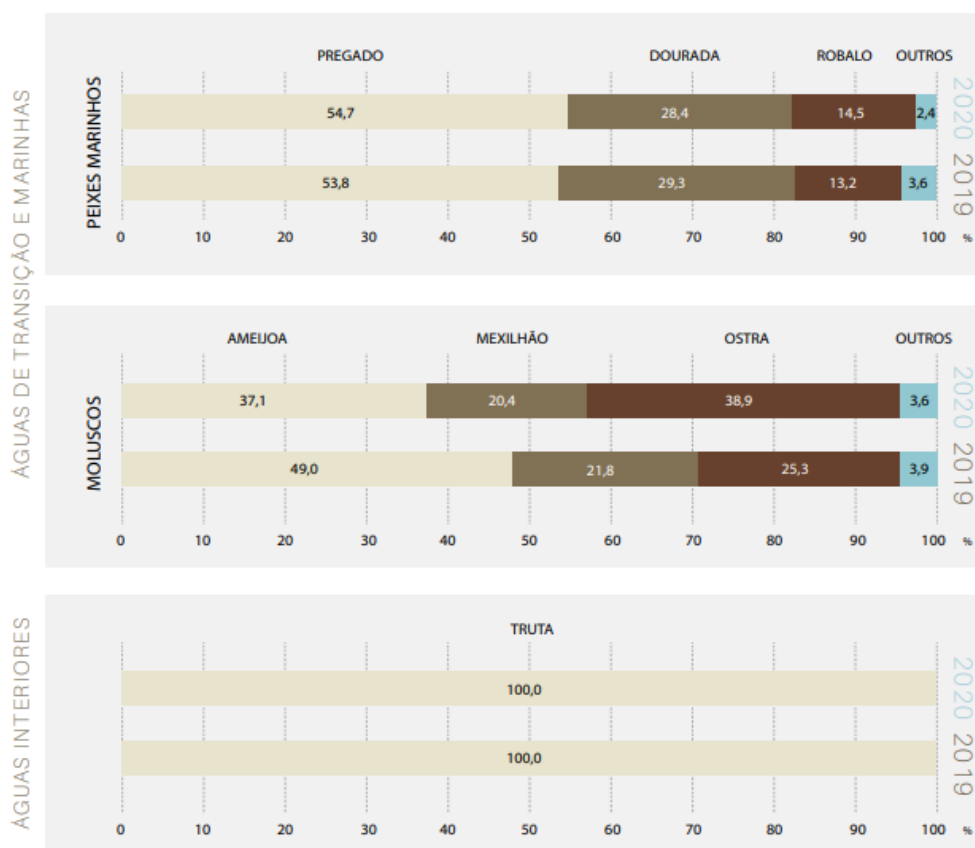


Figura 7 - Estrutura do volume de produção em aquacultura, por espécie (INE, 2022)

A produção em águas interiores correspondeu apenas a 5,3% do total, tendo sido inferior à de 2019 em 4,7%, com 905 toneladas, constituídas exclusivamente por trutas. No final de 2020 existiam 1272 estabelecimentos licenciados em aquacultura para águas interiores, marinhas e salobras, mais 7 unidades do que em 2019, balanço que foi gerado pelo licenciamento de 37 viveiros e uma unidade de reprodução, contraposto com a redução de 21 tanques e 10 flutuantes (INE, 2022).

Biologia do Linguado Senegalês

O linguado senegalês (Figura 8), *Solea senegalensis* (Kaup, 1858), pertence à classe dos *Actinopterygii*, à ordem *Pleuronectiformes*, à família *Soleidae* e ao género *Solea* (FishBase, 2021). Esta é uma espécie marinha, encontrada normalmente em profundidades entre os 12 e os 65 metros, e apresenta uma distribuição desde o golfo da Biscaia até ao Senegal, no oceano Atlântico, sendo também possível encontrar esta espécie no mar Mediterrâneo, apesar de em menor número (Andrade, 2012; Villanueva e Alonso, 2014; Bjørndal et al., 2016; FishBase, 2021). É um peixe caracteristicamente plano, com corpo oval e assimétrico, tendo ambos os olhos do lado direito da cabeça (ao contrário do pregado/ rodovalho). A sua boca é pouco saliente e redonda, pequena e arqueada que chega à base do olho direito e não possui dentes. A mandíbula inferior é substancialmente menos desenvolvida que a superior (Matusse, 2012; Andrade, 2012). A membrana interrredial na barbatana peitoral do lado do olho é de cor escura, facto que o distingue do linguado comum (*Solea solea*) (Villanueva e Alonso, 2014; Martins e Carneiro, 2015; FishBase, 2021).



Figura 8 – Linguado senegalês (*Solea senegalensis*)

Durante a fase larvar o linguado apresenta simetria bilateral, no entanto, com a metamorfose, este perde esta simetria, dá-se a migração do olho do lado esquerdo para junto do olho do lado direito, assim como o rearranjar de outras estruturas do corpo que acompanham esta transformação.

O linguado senegalês é uma espécie ovípara com fertilização externa dos ovos e atinge a maturidade sexual aos três anos com um tamanho de 30 cm, não apresenta caracteres sexuais externos distinguíveis, e é uma espécie gonocórica, (Dinis *et al.*, 1999; Villanueva e Alonso, 2014). Durante a primavera, de março a junho, ocorre a época de posturas, com um maior número de ovos em maio. Em média, por indivíduo, são produzidos cerca de 509 oócitos por grama (Dinis *et al.*, 1996). Na natureza, os juvenis dependem largamente de áreas intertidais, estuários, e águas pouco profundas e fazem apenas migrações limitadas (Dinis *et al.*, 1999). Estes animais têm pouca atividade e são demersais, e preferem fundos arenosos ou lamacentos (Matusse, 2012).

Na natureza, o linguado senegalês alimenta-se basicamente de invertebrados bentónicos, como larvas de poliquetas e de moluscos bivalves, e também pequenos crustáceos (FishBase, 2021). Apresentam um estômago pouco desenvolvido, necessitando alimentar-se de forma frequente, ainda que resistam a longos períodos sem comer (Matusse, 2012; Gomes, 2012).

Produção de Linguado

A pesca de linguado senegalês e de linguado comum (*Solea*) continua a ser o principal método de aprovisionamento do mercado (Bjørndal *et al.*, 2016), ambos são predadores noturnos, tornando a captura durante a noite mais provável do que durante o dia (Bjørndal *et al.*, 2015). No entanto, nas últimas duas décadas, tem havido uma progressiva diminuição do total de toneladas capturadas na pesca, sendo grande parte das capturas de linguado legítimo. As capturas são efetuadas no Mediterrâneo, Nordeste Atlântico e Atlântico Leste. Em 1994 registou-se o pico de captura de linguado, com um valor de 66553 toneladas, e em 2020 o valor total capturado foi de 28009 toneladas (Figura 9). Os países que mais pescaram linguado foram a Holanda (6752 toneladas), a França (4306 toneladas) e Marrocos (4224 toneladas) (FAO FISHSTAT).

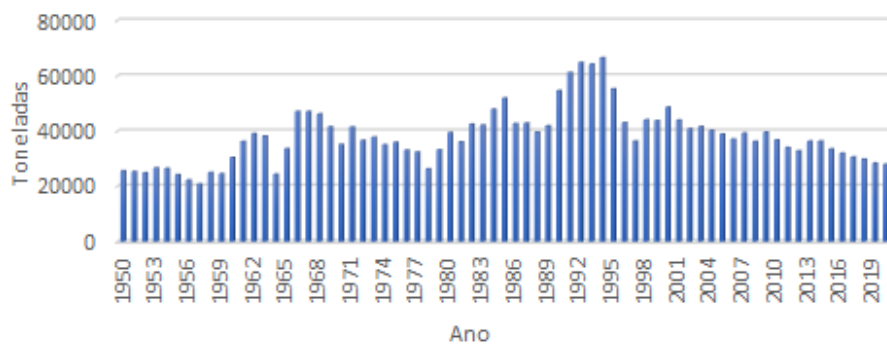


Figura 9 - Captura global de pescado (FAO FISHSTAT)

A maior parte das capturas de *Solea*, são realizadas por embarcações pequenas e, como tal, necessitam de capturar várias espécies para obterem lucro. Contudo, em certas alturas do ano, existem embarcações que conseguem capturar cerca de 100 kg por dia, principalmente entre agosto e outubro (Bjørndal *et al.*, 2016). Esta captura é realizada através da pesca artesanal com redes, sendo a rede de tresmalho (ou de emalhar) o tipo de rede mais utilizado para a pesca de *Solea*. O processo consiste em largar esta rede (de formato retangular) enquanto a embarcação se encontra em movimento, ficando a rede verticalmente suspensa com a ajuda de boias distribuídas pelo cabo superior e por chumbo, funcionando como lastro no cabo inferior.

O investimento e a promoção do desenvolvimento científico de espécies nativas de alto valor económico são de extrema importância, se for possível concluir o seu ciclo de vida com os métodos de produtividade que existem (Bjørndal *et al.*, 2016; Imsland *et al.*, 2003). Apesar de já existir um interesse no cultivo de linguado senegalês desde meados de 1980, este não apresentou valores comerciais significativos até recentemente, pelo motivo de ter sido dado prioridade ao desenvolvimento do cultivo de espécies que apresentavam mais facilidade na produção, como o robalo, o pregado, e a dourada (Villanueva e Alonso, 2014). A produção de linguado em cativeiro apresentava algumas dificuldades, como a falta de controlo sobre as desovas, a baixa qualidade dos alevins e as altas taxas de mortalidade durante a fase de desmame.

A produtividade de espécies de peixes marinhos, especialmente de dourada e de robalo, teve um forte crescimento na década de 90 que levou o mercado a saturar, em consequência, ocorreu uma diminuição do valor de mercado destes peixes. De forma a encontrar outras soluções, começou a surgir interesse na produção de outras espécies de peixes, nomeadamente na do linguado senegalês (Villanueva e Alonso, 2014).

A produção destas espécies sofreu algumas variações nos últimos anos, sendo que os valores totais de captura são altos comparativamente aos produzidos. Em 2007,

os valores totais de produção representavam 55 toneladas e, até 2010, este valor chegou a um máximo de 349 toneladas, o que representou um aumento bastante significativo, tendo depois diminuído ligeiramente no ano de 2012, em que foi registado um valor total de 343 toneladas (Figura 10). Até 2017 a produção aumentou, sendo a Espanha o maior produtor de linguado senegalês, com um valor de 1013 toneladas. Em 2019 a Espanha continuou a ser o líder de produção mundial de linguado senegalês, com um total de 945 toneladas, sendo que a Islândia produziu 377 toneladas e Portugal 189 toneladas (OECD, 2022). A carne branca do linguado senegalês é de elevada qualidade, atingindo um valor médio de 12 a 14€/kg no mercado (Pinto *et al.*, 2018).

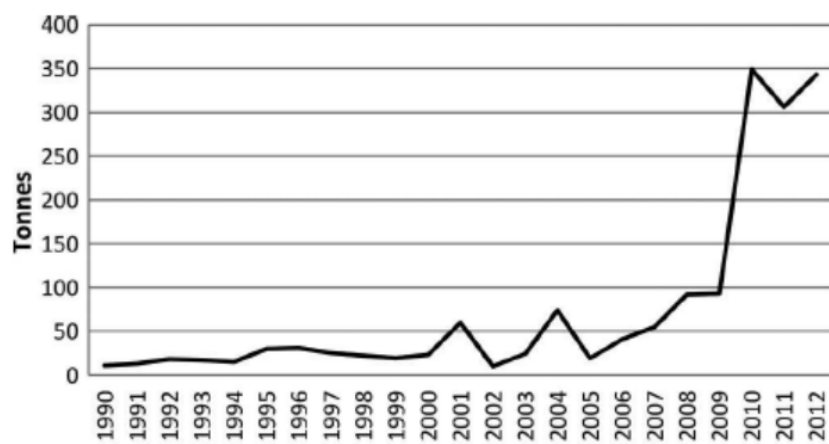


Figura 10 - Produção mundial de linguado em aquacultura (1990-2012) (Bjørndal *et al.*, 2016)

Estágio na Safiestela – Sustainable Aqua Farming Investments, S. A.

A Safiestela – Sustainable Aqua Farming Investments, S. A. é uma empresa de aquacultura pertencente ao grupo espanhol Sea Eight localizada no Lugar do Rio Alto na Póvoa de Varzim. Esta e outras duas empresas, Aquacria Piscícolas (localizada na Torreira, Aveiro) e Aquacria Arousa (Pontevedra, Espanha) (Figura 11), também pertencentes ao grupo espanhol Sea Eight, especializaram-se na produção de linguado senegalês (*Solea senegalensis*). A unidade teve o seu início em 1993, como uma engorda de pregado (*Psetta maxima*), dirigida pela empresa A. Coelho e Castro, Lda. Em 2012 esta firma foi adquirida pela filial espanhola Sea Eight, mudando o seu nome para Safiestela. A produção do linguado senegalês iniciou-se nesta fase, tendo o grupo Sea Eight como objetivo ser a maior produtora da península ibérica.



Figura 11 - Mapa do grupo SEA EIGHT (Fonte: SEA EIGHT)

Na Safiestela é onde começa todo o processo da produção do linguado, ou seja, desde a reprodução, eclosão dos embriões, e desenvolvimento das larvas até juvenis. Posteriormente os juvenis são transportados para uma das outras unidades de engorda, sendo a Aquacria Arousa a maior unidade do grupo.

O estágio foi realizado entre o dia 1 de outubro de 2021 até ao dia 1 de junho de 2022, completando os oito meses. Este estágio proporcionou a compreensão do funcionamento de uma aquacultura de linguado senegalês e a aquisição de novas competências em ambiente empresarial.

Durante o estágio foi efetuado um acompanhamento das tarefas diárias de cada uma das fases de produção da empresa. A Safiestela está dividida em várias secções: Reprodutores (Quarentena e Sala dos Reprodutores), Incubação, Desenvolvimento Larvar, Alimento Vivo (Sala da Artémia e Sala de Rotíferos), Desmame (que possui um laboratório), *Nursery* e Pré-Engorda. A acompanhar estas secções, encontra-se associada a maquinaria que compõe o Sistema de Recirculação (RAS) e todos os equipamentos associados.

Reprodução

Toma-se por reprodutores aqueles indivíduos que, atingindo a maturidade sexual, são capazes de produzir gâmetas, possibilitando, desta forma, a formação de novos seres e a sobrevivência da população da espécie. Em aquacultura intensiva, com produções a elevada escala, é necessário assegurar uma estabilidade na produção e na continuidade do produto, o que poderia ser posto em causa ao depender de posturas

naturais, uma vez que qualquer distúrbio no bem-estar ou instabilidade hormonal dos animais pode comprometer a produção.

No caso do linguado senegalês, existem várias dificuldades na obtenção de desova fértil da primeira geração de indivíduos nascidos em cativeiro (geração F1), o que tem dificultado a sua produção em cativeiro (Oliveira *et al.*, 2011). Devido a estes problemas, um dos maiores constrangimentos à produção de linguado em aquacultura é a obrigatoriedade de recorrer a reprodutores selvagens, o que não é ideal, uma vez que estes vão perdendo, de forma gradual, o seu comportamento e performance reprodutivos quando estão em cativeiro (Bjorndal *et al.*, 2015).

Verificou-se, então, que o problema na reprodução dos F1 (indivíduos nascidos em cativeiro) residia nos machos, uma vez que era possível a reprodução entre machos e fêmeas selvagens ou entre machos selvagens e fêmeas F1, mas nunca entre fêmeas selvagens e machos F1 (Carazo *et al.*, 2011). De forma a conseguir ter um maior controlo sobre as posturas e consequentes desovas nos linguados, a administração de hormonas nos peixes reprodutores começou a ser investigada.

A conclusão a que se chegou foi que, na altura de acasalamento, o linguado macho tinha comportamentos de postura para com a fêmea, os quais não eram observados em machos F1, sendo então impossível a ocorrência de posturas naturais e consequente obtenção de descendência a partir de peixes F1 (Carazo *et al.*, 2011). Isto obriga a que se recorra à fertilização artificial de peixes F1 para assim se efetuar uma reprodução seletiva no linguado. Na fertilização artificial recolhe-se o esperma e os óvulos em separado e, em seguida, mistura-se e há a ativação com água, sendo depois colocados a incubar até à eclosão (Rasines, 2013).

Na Safiestela utiliza-se preferencialmente a reprodução natural. No entanto, se esta não for suficiente/ ocorrer alguma deficiência ou em casos de emergência de ovos, recorre-se à fertilização artificial, de forma a aumentar o número de ovos disponíveis e assim assegurar o ciclo de produção.

Os reprodutores são adquiridos pela empresa de duas formas diferentes: os selvagens são capturados em produções aquícolas com sistemas extensivos ou semi-intensivos e os reprodutores F1 são trazidos das engordas associadas à Sea Eight (Aquacria Piscícolas e Aquacria Arousa). Em seguida são transportados até às instalações e, os reprodutores selvagens, são mantidos em quarentena, numa secção separada da produção. A secção da quarentena possui 12 tanques que funcionam em sistema aberto. Estes reprodutores são alimentados manualmente, uma vez por dia, até à saciedade aparente, com alimento congelado, principalmente poliquetas, sendo

introduzida de forma progressiva ração. Os reprodutores selvagens são também analisados para despiste de doenças, registados os dados biométricos e identificados com microchip. Após a chegada dos resultados para despiste de doenças, e sendo estes negativos, são transferidos para a secção dos reprodutores.

A secção dos reprodutores está dividida em 2 pisos que se dividem em 3 salas, cada uma com 10 tanques (Figura 12), funcionando todas em sistema de recirculação (RAS). Os tanques têm diferentes temperaturas, de acordo com o ciclo de reprodução, e têm densidades entre 1-1,5 kg/m². Os peixes reprodutores estão divididos pelos tanques com um rácio de macho-fêmea de 1:1 ou 2:1 (Dinis *et al.*, 1999; Imsland *et al.*, 2003; Villanueva e Alonso, 2014).

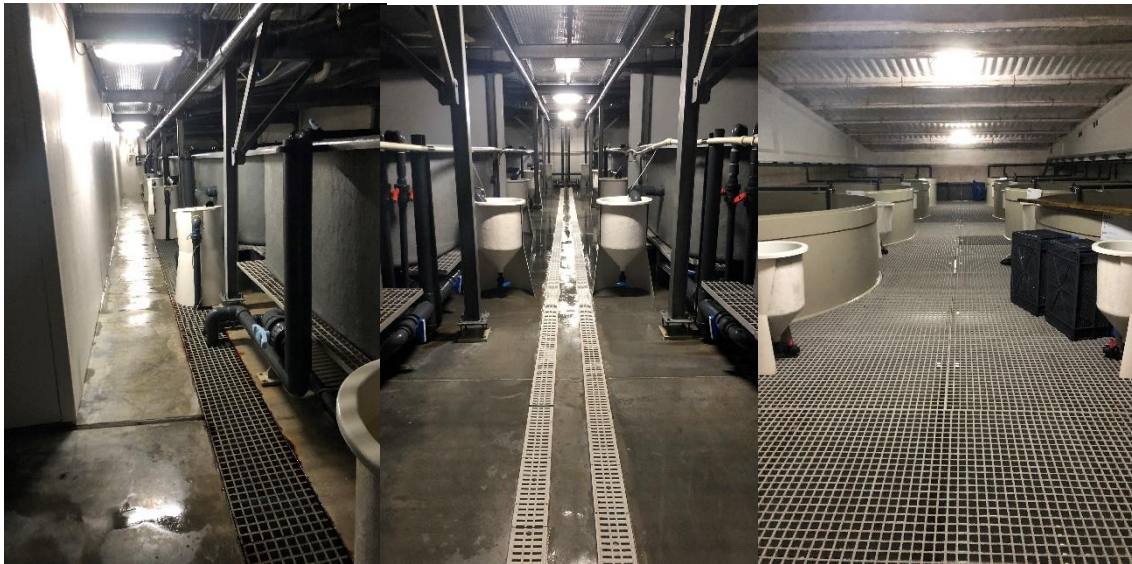


Figura 12 - Diferentes salas dos Reprodutores

Em cada sala, a temperatura é manipulada, induzindo as posturas e assegurando, assim, uma reprodução natural. Normalmente estão duas salas em repouso e uma em postura. Quando estão em repouso a temperatura é mais baixa, o que reduz o seu metabolismo, movimentando-se e alimentando-se menos e também leva à regressão dos ovários das fêmeas (Cañavate, 2005) e, em consequência, a um cessar da formação de oócitos (Imsland *et al.*, 2003). O tipo de alimento fornecido aos reprodutores selvagens é diferente se estiverem em postura ou em repouso. Em postura, é fornecida uma dieta de alimento congelado (poliquetas, mexilhão e lula) alternada com ração. Por outro lado, quando em repouso, os peixes são, apenas, alimentados com ração.

O comportamento reprodutivo do linguado senegalês é complexo e semelhante a outras espécies de peixes planos. O acasalamento consiste em 3 etapas: primeiramente, o macho entra numa espécie de perseguição, enquanto as fêmeas estão quietas; em seguida, o macho coloca-se em cima da cabeça da fêmea; quando a fêmea começa a nadar, o macho coloca-se por baixo da fêmea, começando o mergulho acoplado; por fim, o macho e a fêmea continuam a subir a coluna de água simultaneamente até à superfície, libertando os gâmetas nesse instante. No decorrer deste processo pode haver perturbação por parte de um segundo macho, a fêmea pode nadar para longe ou então acontecer algum choque, na parede do tanque ou noutro objeto, levando à interrupção do acasalamento, sendo necessário repetir todo o processo (Figura 13) (Carazo *et al.*, 2016).

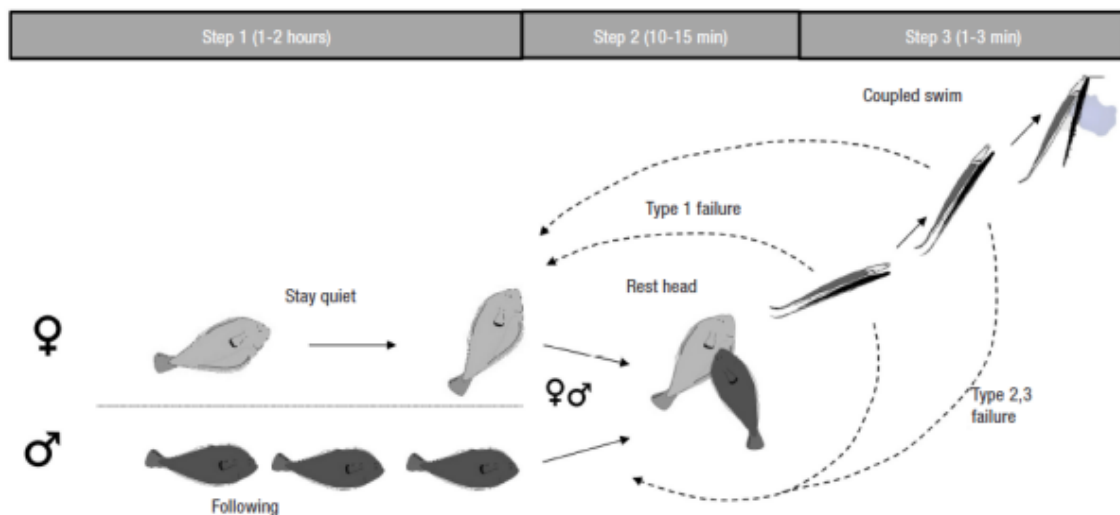


Figura 13 - Representação das 3 etapas do acasalamento em cativeiro do linguado senegalês com o período de tempo aproximado de cada etapa. As linhas tracejadas indicam as falhas que podem ocorrer durante o acasalamento (Carazo *et al.*, 2016)

A fecundação externa ocorre, de maneira geral, durante a noite e a recolha dos ovos é feita pela manhã. Os ovos flutuam e ficam aprisionados num coletor de ovos (rede com malha de 400 µm) que é colocado na saída de água de cada tanque, onde ficam em suspensão até ao momento da recolha (Imsland *et al.*, 2003; Villanueva *et al.*, 2014).

Os ovos são então recolhidos pela manhã, pesados e é verificada a sua viabilidade. A viabilidade dos ovos é verificada mediante a sua flutuabilidade, sendo que os ovos inviáveis se depositam no fundo e os ovos viáveis flutuam. Em seguida, os ovos

viáveis são desinfetados com recurso a uma solução de iodo e são transportados para a secção de incubação.

Rotinas diárias: registo dos oxigénios e temperaturas da água dos tanques com recurso a um oxímetro; manutenção do sistema de filtração (limpeza dos filtros de areia, verificação dos filtros ultravioleta (UV), permutadores de calor e bombas que transportam a água para o sistema); limpeza dos tanques, coletores e filtros; lavagem e desinfecção das salas assim como a troca dos pedilúvios de acordo com o Plano de Higienização dos Reprodutores.

Incubação dos Ovos

Os ovos, que possuem um diâmetro entre 0,99 e 1,03 mm (Imsland et al., 2003), são transportados até à secção de Incubação, onde são colocados nas incubadoras, que são tanques cilindro-cónicos (Figura 14). Cada incubadora tem uma capacidade de 200 litros, podendo conter até um máximo de 200 gramas de ovos e possui um filtro de 400 μ m na saída da água, de forma a não haver perda de ovos durante a renovação contínua da água. A água dos tanques apresenta uma temperatura constante de 19°C, aerificação e *up-welling* de 0,5 L/min (Imsland et al., 2003) e, para os ovos flutuarem, necessita de salinidade superior a 30 ‰. Durante 48h, os ovos passam pelas várias fases do desenvolvimento embrionário: primeiras divisões celulares, mórula, blástula, gástrula, contorno do embrião, larva bem formada e eclosão (Villanueva e Alonso, 2014). O dia em que as larvas eclodem conta como dia 0, e estas ficam nos tanques até ao dia 2 após a eclosão, altura em que se esgotam as reservas vitelinas.



Figura 14 - Tanques de Incubação

Antes da transferência para a próxima secção, é necessário fazer uma estimativa do número de larvas presentes em cada incubadora (são feitas 10 amostragens utilizando uma pipeta de 10 ml), de modo a saber o número necessário de tanques de Desenvolvimento Larvar. Feita a transferência para a secção de Desenvolvimento Larvar, procede-se à desinfeção do material e dos tanques vazios de acordo com o Plano de Higieneização da Incubação.

Rotinas diárias: verificação do caudal e do arejamento dos tanques que estão a ser utilizados.

Fase Larvar

A fase larvar (Figura 15) caracteriza-se por ser uma fase frágil, sendo, por isso, necessário haver um maneiio cuidado das larvas e um controlo constante da qualidade da água. Quando eclodem, as larvas apresentam uma alimentação endógena, simetria, possuem a boca e o ânus fechados e apresentam uma atividade reduzida, nadando passivamente perto da superfície, e possuem $2,4 \pm 0,1$ mm de comprimento e 0,35 mg de peso, no entanto, consoante o lote e o tamanho do ovo, estes valores podem sofrer pequenas variações (Villanueva e Alonso, 2014). A partir do dia 2, começa uma nova etapa nos tanques de desenvolvimento larvar, consistindo a alimentação das larvas em alimento vivo, artémia e rotíferos. A partir deste momento as larvas têm, então, dois períodos: o período pré-metamorfose, dos 2-14 dias após a eclosão, permanecendo nos tanques de desenvolvimento larvar, e o período pós-metamorfose, onde são recolocadas em *raceways*, e permanecem até aos 31 dias após a eclosão.



Figura 15 - Larva de linguado senegalês

Alimento Vivo

Dá-se o nome de “alimento vivo” a organismos que são utilizados em aquacultura para alimentação de peixes marinhos. A sua produção não é ideal, uma vez que podem ter custos bastante elevados, sendo ainda um desafio a superar em aquacultura (Carter, 2015). No entanto, neste momento, são a melhor solução para servir de alimento às larvas marinhas que, após o esgotamento das reservas vitelinas, não conseguem alimentar-se de rações. Destes organismos, os mais utilizados são os rotíferos (*Brachionus plicatilis*), numa fase mais precoce, e a artémia (*Artemia* spp.) na seguinte fase. Estes organismos foram selecionados devido a apresentarem vários aspetos que se adequam à produção em aquacultura e à alimentação de larvas: têm o tamanho adequado ao da boca das larvas, nas primeiras fases do seu ciclo de vida; possuem uma movimentação e flutuabilidade apropriadas; podem ser cultivados a densidades elevadas e têm uma boa resistência ao manuseamento; têm um ciclo de vida curto e o seu perfil nutricional pode ser manipulado através de bioencapsulação. De forma a fornecer todos os nutrientes essenciais às larvas, estes organismos necessitam de um enriquecimento com microalgas e emulsões (Ferreira, 2009). A secção de Alimento Vivo é composta por duas salas conectadas entre si, a sala de Artémia e a sala de Rotíferos.

Cultivo de Rotíferos (*Brachionus plicatilis*)

Os rotíferos são utilizados como alimento vivo para culturas larvares de peixes, particularmente de larvas de peixes marinhos, uma vez que estas não conseguem ingerir alimento inerte por serem muito pequenas e o seu sistema digestivo ainda não estar completamente formado aquando do esgotamento das reservas vitelinas. São pequenos metazoários planctónicos (120-300 µm), com elevada tolerância a condições ambientais, taxa de crescimento rápida, conseguindo-se cultivar a densidades elevadas (2000 animais/ml) e baixa atividade natatória. Por serem animais filtradores é possível o seu enriquecimento com nutrientes essenciais [HUFA (n-3), vitaminas, teor proteico, por exemplo] para o crescimento das larvas de peixes (FAO Fisheries Technical Paper No. 361). Utilizam-se os rotíferos na alimentação das larvas entre os dias 3 (depois do gasto das reservas vitelinas), até ao dia 5/6 após a eclosão, altura em que as larvas já possuem um tamanho adequado para ser introduzida artémia como alimento.

Brachionus plicatilis é uma espécie de rotífero normalmente utilizada em aquacultura. O ciclo de vida desta espécie pode ser assexuado (via partenogénese) ou sexuado, sendo, no entanto, maioritariamente assexuado. No ciclo assexuado, as

fêmeas partenogenéticas produzem ovos diploides e que não são fecundados, pelo que originam novas fêmeas idênticas à progenitora. No entanto, este ciclo pode ser suspenso em condições adversas como alterações da temperatura, densidade da população, alimentação, entre outros, ou até mesmo devido à idade dos próprios rotíferos. Quando isto acontece, os rotíferos recorrem à reprodução sexuada, de forma a reforçar geneticamente a espécie e assegurar a sua continuidade. A reprodução assexuada é a utilizada em produções a grande escala, uma vez que é mais rápida, eficiente (Ferreira, 2009) e evita alterações genéticas que poderiam comprometer o crescimento normal das larvas.

Na sala dos rotíferos existem 4 tanques cilindro-cónicos de 600 L (Figura 16) e um tanque de 200 L. Os tanques de 600 L são usados para o cultivo/manutenção de rotíferos e o tanque de 200 L é usado exclusivamente para o enriquecimento. Todos os tanques possuem arejamento, uma saturação de oxigénio de 80-100%, temperatura constante de 26°C (mantida através de resistências que possuem termostatos) e salinidade idêntica à do mar. As difusoras que são colocadas nos tanques permitem não só o arejamento e o fornecimento de oxigénio, como também ajudam a distribuir uniformemente os rotíferos e o alimento que é adicionado.



Figura 16 - Sala dos rotíferos

O alimento fornecido aos rotíferos consiste em produtos comerciais à base de algas e leveduras, sendo este dado várias vezes ao dia, segundo os horários definidos pela empresa. Para calcular a quantidade de alimento que é necessário fornecer aos rotíferos são recolhidas, todos os dias, amostras de água de cada tanque, que permitem

estimar os milhões de rotíferos presentes no meio e assim calcular a quantidade de alimento a fornecer.

De forma a ter um cultivo continuado de rotíferos são realizados ciclos de produção com 3 dias de duração. O dia 0 conta como o dia em que é aberto um tanque novo, crescendo depois até ao dia 3, e neste dia é filtrado através de um coletor, feita uma lavagem, filtração por UV (eliminação de protozoários) e é feita uma estimativa do número de rotíferos presentes. Em seguida procede-se à inoculação de um novo tanque, de acordo com o Protocolo de Produção e Enriquecimento dos Rotíferos. A este processo dá-se o nome de bipartição do meio de cultura.

Dependendo do ciclo de produção, pode haver larvas que estão a ser alimentadas com rotíferos nos tanques de desenvolvimento larvar. Se isto acontecer, é também retirado do filtrado de dia 3 uma quantidade específica (de acordo com o número e o estado de desenvolvimento das larvas) de rotíferos que é colocada no tanque de 200L a enriquecer durante 24h. Este enriquecimento consiste num produto que tem na sua constituição nutrientes, vitaminas e ácidos gordos essenciais para o crescimento das larvas, que vão ser filtrados pelos rotíferos e passarão para as larvas aquando da sua ingestão. Ao fim das 24h de enriquecimento, este preparado é filtrado e lavado, sendo também feitas contagens para se saber a concentração. Os rotíferos enriquecidos são depois armazenados na “leiteira”, uma estrutura frigorífica que apresenta uma temperatura constante de 4°C, permitindo a manutenção das propriedades dos rotíferos através da redução do seu metabolismo, até serem fornecidos às larvas.

Rotinas diárias: lavagem e desinfecção de tanques, chão e pedilúvios; controlo do oxigénio e da temperatura dos tanques.

Cultivo de Artémia (*Artemia* spp.)

A artemia (*Artemia* spp.) é um alimento vivo amplamente usado em aquacultura. Este crustáceo branquiópode vive em ambientes com salinidades elevadas (acima dos 70 ppm, não tendo, por isso, predadores) e dispõe de uma grande distribuição geográfica. Estes organismos formam embriões dormentes, os cistos, que apresentam cerca de 200-300 µm de diâmetro, e que podem ser recolhidos dos ambientes em que habitam e depois ser vendidos secos. Para estes eclodirem, é necessária a colocação em água e de condições apropriadas de forma a obter uma boa taxa de eclosão, obtendo os náuplios (fase precoce do ciclo de vida da artemia) 24h depois. Através de

bioencapsulação, os náuplios podem ser enriquecidos de forma a apresentarem o perfil nutricional ideal para as larvas. Este enriquecimento pode consistir de vitaminas, vacinas, produtos particulados ou emulsificados ricos em ácidos gordos insaturados (FAO Fisheries Technical Paper No. 361).

A sala de artémia possui tanques cilindro-cónicos de 600 ou 300L (Figura 17) e escolhe-se em que tanques se irá incubar de acordo com a quantidade necessária de cistos. Para a incubação, os cistos são colocados nos tanques respetivos com uma densidade até 2 g/L (Ferreira, 2009) e a uma temperatura de 29°C, que é regulada através de resistências equipadas com termostatos individuais, sendo também medido o oxigénio de forma periódica (valores acima de 5 mg/L). A salinidade da água deve estar entre os 20 ‰ e os 32 ‰, o pH deve ser 8 ou superior (o que é conseguido através da administração de hidróxido de sódio algumas vezes por dia). Também é ligada uma iluminação que cada tanque possui, de forma a garantir uma intensidade luminosa alta.

Finalizado o processo de incubação dos cistos e 24h depois, os náuplios de artémia são recolhidos. Para a sua recolha são, primeiramente, desligados todos os equipamentos associados à incubação (resistência, difusora, arejamento), o que permite a acumulação dos cistos (que não eclodiram e restos dos cistos eclodidos) no fundo do tanque, fazendo depois uma purga de forma a eliminá-los. No fim deste processo, é desligada também a luz devido ao fototropismo positivo apresentado pelos náuplios, o que facilita a sua saída pelo fundo do tanque. Para se conseguir separar os cistos dos náuplios, estes são passados pelo *Sep-Art* (Figura 17), uma estrutura que apresenta magnetismo através de um material presente num conjunto de discos que se encontram no interior de uma espécie de tubo por onde passam os cistos de artémia (INVE Aquaculture, 2022) e, como os cistos comercializados são envoltos num composto não tóxico que tem magnetismo, estes ficam aprisionados e os náuplios passam. Recolhem-se então os náuplios através de um coletor e procede-se à sua lavagem com água salgada, sendo depois reencaminhados para um tanque de enriquecimento.



Figura 17 - Sala da artémia

Os náuplios são então enriquecidos num novo tanque, com uma temperatura constante de 25°C, e com o resto das condições iguais às da eclosão, sendo o enriquecimento aplicado com um produto comercial. Após 24h, a artémia está enriquecida e é recolhida para um coletor, fazendo-se uma lavagem através de água salgada, o que remove os produtos resultantes do metabolismo e excessos de gordura do produto aplicado no enriquecimento (Villanueva e Alonso, 2014). Depois é realizada uma contagem para conferir a quantidade esperada de artémia necessária para alimentar as larvas de linguado. Concluído o processo de bioencapsulação e de modo a evitar que os náuplios cresçam até serem fornecidos às larvas de linguado, estes são armazenados em frio, numa temperatura a rondar os 4°C, reduzindo também o crescimento bacteriano (Ferreira, 2009).

Finalizados estes processos, procede-se à lavagem e desinfecção de todo o material e tanques utilizados. Após isto, são também preparados os tanques que serão necessários no dia seguinte.

Rotinas diárias: controlo do oxigénio e da temperatura dos tanques; ajuste do pH pela adição de hidróxido de sódio; preparação da quantidade correta de enriquecimento para fornecer à artémia.

Período Pré-Metamorfose

No período Pré-Metamorfose as larvas permanecem nos tanques de desenvolvimento larvar. Esta secção está dividida em duas salas, cada uma com 6

tanques de 2700L (Figura 18). Cada tanque contém um filtro central para permitir a renovação da água sem perda de larvas, sistema de arejamento por difusoras e uma lâmpada suspensa com fotoperíodo controlado. Os tanques possuem uma densidade de, aproximadamente, 15 larvas por litro, que é conseguida através da contagem realizada nos tanques de incubação e posterior distribuição uniforme das larvas aquando do transporte destas. A temperatura da água ronda os 19°C e a saturação de oxigénio nos 130%.



Figura 18 - Tanques para o desenvolvimento das larvas

As larvas, nas fases precoces do seu ciclo de vida, são bastantes frágeis a alterações na qualidade da água. Devido a isto, o sistema aberto é o mais adequado para garantir uma boa qualidade da água (Villanueva e Alonso, 2014), sendo também utilizada uma salinidade próxima à do oceano (35 ‰). A boa qualidade da água é garantida através da utilização de filtros de cartucho e de areia para remover as partículas de pequenas dimensões e irradiação ultravioleta para eliminar bactérias e vírus. O fotoperíodo das salas tem valores constantes de 16 horas de luz e 8 horas de ausência de luz, sendo que a intensidade é maior durante os primeiros dias, devido à interação entre o alimento vivo e as larvas. A intensidade da luz é, mais tarde, regulada, assim como o caudal.

O método da “água verde” consiste na adição de uma pasta de alga nos tanques antes da aplicação do fotoperíodo mencionado anteriormente, e é utilizado nestes tanques nos primeiros dias. Este método permite manter o valor nutritivo dos rotíferos,

uma vez que estes alimentam-se enquanto estão nos tanques, e também estabiliza a qualidade da água, consumindo compostos azotados e produzindo oxigénio. Além disso, as larvas conseguem detetar melhor as presas, uma vez que estas apresentam um maior contraste em relação à água (Ferreira, 2009).

A alimentação das larvas durante os primeiros dias consiste em rotíferos e, por volta do 5/6 dia, são incluídos, progressivamente, náuplios de artémia (Dinis *et al.*, 1999; Villanueva e Alonso, 2014). O cálculo do alimento a fornecer (rotíferos e/ou artémia) é feito através de contagens do alimento presente em amostras de água que são retiradas de cada tanque. Através de uma lupa, é contada a quantidade de rotíferos e artémia presente em cada amostra, para depois ser feito o ajuste de alimento que é necessário fornecer a cada tanque. Este procedimento é feito sempre que as larvas são alimentadas, entre 2-4 vezes ao dia, de acordo com a fase em que se encontra o ciclo de produção.

Entre o 10.^o-15.^o dia após a eclosão ocorre a metamorfose das larvas, passando de pelágicas a bentónicas, e estas começam a assentar nas paredes e no fundo do tanque. A acompanhar a metamorfose ocorre também uma transformação anatómica, que inclui a rotação de 90° na posição do corpo e o olho migra para o lado direito (Fernández-Días *et al.*, 2001). Após este processo estar concluído, é feita uma sifonagem de maneira a retirar as larvas e transferi-las para os *raceways* que se encontram na secção de Desmame.

Rotinas diárias: controlo do caudal (dentro dos valores estipulados pelo protocolo da empresa) – o caudal muito elevado leva a uma grande perda de alimento vivo e, um caudal muito baixo, a um acúmulo de alimento vivo, que consome o seu enriquecimento que é essencial ao desenvolvimento das larvas; realização de uma amostragem de 3/4 larvas por tanque, de forma a efetuarem-se medições, o que possibilita perceber se o crescimento é o esperado e observação do conteúdo estomacal das larvas para verificar se o alimento fornecido está a ser ingerido.

Período Pós-Metamorfose

Após concluído o processo de metamorfose nos tanques de desenvolvimento larvar, sensivelmente 14 dias após a eclosão, as larvas são transferidas para os *raceways* (Figura 19). Os *raceways* são tanques retangulares e possuem o filtro no fim do tanque (no lado oposto à renovação de água), proporcionando uma melhor dispersão do alimento por todo o tanque. Estes pertencem ao sistema 1 da secção de Desmame,

ou seja, ao sistema aberto. Este alimento consiste, exclusivamente, em artémia, e é fornecido manualmente em várias horas do dia, de acordo com o protocolo da empresa. As larvas permanecem nos *raceways*, aproximadamente, duas semanas, sendo depois transferidas para os tanques quadrangulares do sistema 1 da secção de Desmame.



Figura 19 - *Raceways* da secção do desmame

Fase de Juvenil

A fase de juvenil (Figura 20) tem início aquando da introdução do alimento inerte, a partir do dia 31 após a eclosão, quando as glândulas gástricas estão desenvolvidas e o estômago começa a funcionar, tornando-se a digestão ácida dominante (Ribeiro *et al.*, 1999a; Martínez *et al.*, 1999). Em aquacultura intensiva, para um bom desenvolvimento dos juvenis, é necessário fornecer um perfil nutricional adequado e equilibrado, mantendo uma boa qualidade da água, sendo esta ainda mais importante na transição do alimento vivo para a alimentação inerte, uma vez que os juvenis ainda são bastante frágeis. Para tal, os peixes são transferidos dos *raceways* para os tanques quadrangulares do sistema 1 do Desmame, funcionando ainda em sistema aberto, o que proporciona uma melhor qualidade da água. A fase de juvenil é a última nas instalações da Safiestela, sendo depois transferidos para as outras engordas do grupo. Durante esta grande fase há, primeiramente, um período de desmame, dos 31-40 dias após a eclosão e depois 3 etapas de crescimento: a primeira etapa, dos 40-75 dias após a eclosão, ainda na secção de desmame, a segunda etapa dos 75-150 dias após a eclosão, na secção da *nursery*, e a última etapa de crescimento começa a partir dos 150

dias, na secção a pré-engorda, até atingir o peso necessário, de acordo com os protocolos da empresa.

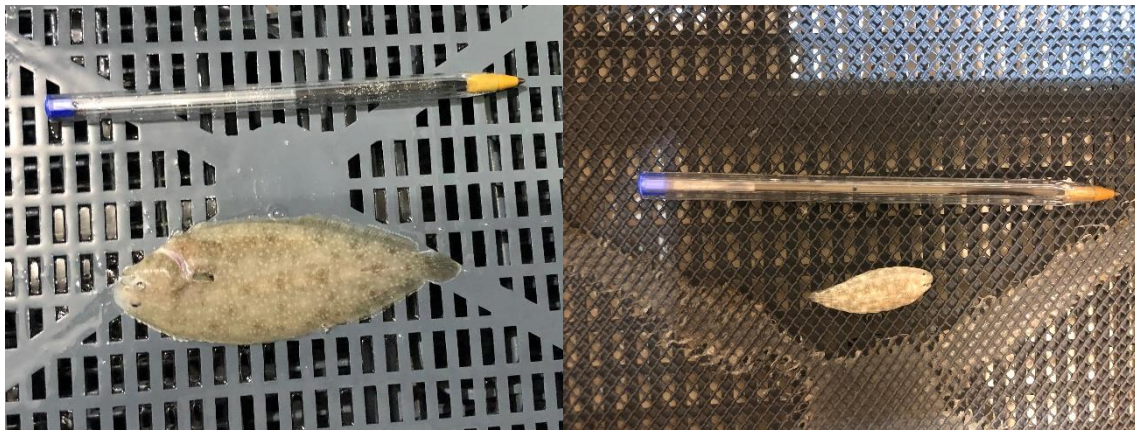


Figura 20 - Juvenis de linguado senegalês

Período de Desmame e 1ª Fase de Crescimento

Na secção de desmame encontram-se dois sistemas diferentes, um sistema aberto (sistema 1) e um sistema fechado (sistema 2), este último funcionando em sistema de recirculação de água (RAS). O sistema 1 é constituído por 26 tanques quadrangulares (Figura 21) e 18 *raceways*, e é onde se encontram as larvas e os peixes com menor dimensão, e o sistema 2 é constituído, exclusivamente, por 42 tanques quadrangulares, onde se encontram os juvenis com maiores dimensões e que já passaram por, pelo menos, um processo de calibração. Os tanques quadrangulares têm uma altura de água de, aproximadamente, 20 cm e possuem um filtro central. O tamanho da malha do filtro varia tendo em conta o número de dias que a população apresenta, sendo trocada de acordo com os protocolos da empresa.



Figura 21 - Tanques quadrangulares da secção do desmame

As larvas provenientes dos *raceways* são transferidas para os tanques quadrangulares do sistema 1, onde é introduzida a ração, a partir do dia 31, fornecida automaticamente por alimentadores. No entanto, os náuplios de artémia são mantidos até ao dia 40, sendo reduzida progressivamente a quantidade fornecida às larvas de forma a efetuar o desmame. Esta transição do alimento vivo para a ração é essencial no ciclo de produção da espécie, uma vez que a produção de alimento vivo tem custos elevados e as larvas apresentam um maior crescimento quando alimentadas com ração (Imsland *et al.*, 2003). A partir do dia 40, os peixes entram na primeira fase de crescimento e, ao longo deste processo, são feitas várias alterações de maneira a acompanhar este crescimento, como o aumento da renovação da água, a alteração dos filtros centrais e a alteração da quantidade de alimento e tamanho dos *pellets* (500-700 μm).

Antes da transferência do peixe do sistema 1 para o sistema 2 é feita uma triagem manual, que tem como principal objetivo a eliminação de todos os peixes com dimensões inferiores ao esperado. Para isso, os peixes são colocados em redes que possuem uma malha adequada ao tamanho pretendido e, através da ação da luz, os peixes que possuem um tamanho inferior ao da malha são atraídos para fora da rede, sendo posteriormente eliminados. Os peixes que ficam na rede são então transferidos para um novo tanque do sistema 2. De salientar que as redes levam pequenas quantidades de peixe, de forma que todos os peixes com tamanho inferior ao esperado consigam sair rapidamente, diminuindo o *stress* causado pela triagem. Através deste processo consegue-se controlar as densidades populacionais dos tanques, permitindo

também calcular, com uma maior precisão, a quantidade de alimento fornecido, com base no peso médio, devido à uniformização do tamanho do peixe. O peso médio dos juvenis presentes no sistema 2 também é calculado mensalmente, de forma a verificar se o crescimento do peixe está de acordo com os protocolos, sendo ajustado, se necessário, as quantidades de alimento a fornecer.

O peixe permanece nos tanques do sistema 2 até se realizar uma nova triagem, que é feita quando o peixe atinge 1 g, cerca dos 75 dias após a eclosão. Esta triagem é semelhante à primeira, sendo a única diferença a utilização de uma rede com uma malha diferente, adequada ao novo tamanho do peixe. Depois o peixe é recolocado num novo tanque do sistema 2 e, assim que possível, é transferido para a secção da *nursery*, dando início à segunda fase de crescimento. Nesta transferência o peixe é transportado em caixas de polietileno em pequenas quantidades até à *nursery*, sendo pesado e vacinado e, de seguida, colocado nos respetivos tanques.

Rotinas diárias: limpeza dos tanques do sistema 1 e 2 com recurso a escovas e camaroeiros individuais e registo dos peixes mortos de cada tanque (apenas no sistema 2); lavagem e desinfecção das escovas e camaroeiros; a limpeza do filtro central e troca do mesmo, assim como o acerto dos caudais são feitos de acordo com o Protocolo de Produção do Desmame; análises da qualidade da água; medição do oxigénio várias vezes ao dia, exceto nos tanques que estão a ser alimentados apenas com artémia.

2ª Fase de Crescimento

A segunda fase de crescimento tem início na secção da *nursery* (Figura 22). Esta secção é constituída por 56 tanques em formato *raceway* de 11 metros de comprimento, com cerca de 15cm de coluna de água, e está dividida em dois pisos, sendo que no piso 1 encontram-se os peixes mais novos provenientes da secção de desmame e, no piso 0, os peixes numa fase mais avançada do seu crescimento que já passaram pela triagem. Os animais chegam à *nursery* com cerca de 1 g de peso e permanecem no piso 1 até o peso médio do tanque rondar as 5 g. Quando atingem este peso, por volta dos 150 dias após a eclosão, passam por um processo de triagem e, à posteriori, são transferidos para a secção da pré-engorda. A *nursery* funciona em regime de recirculação de água (RAS).



Figura 22 - Nursery

A distribuição da alimentação é feita automaticamente, através de alimentadores automáticos, e o tamanho dos *pellets* varia entre os 800 μm e os 1500 μm , de acordo com o peso médio do peixe. A quantidade de ração fornecida é calculada de acordo com o número total de peixes de cada tanque e o seu peso médio. Para isto, periodicamente, são realizadas contagens de forma a calcular a biomassa dos tanques e ajustar a quantidade de alimento. Na natureza, o linguado encontra-se, a maior parte das vezes, enterrado na areia, uma vez que é um animal bentónico. Devido a isto, a intensidade da iluminação nas secções do desmame, nursery e pré-engorda, é reduzida, mimetizando o que acontece no habitat natural.

Por volta dos 150 dias após a eclosão, os peixes sofrem um processo de triagem. Para isto, os peixes são retirados do tanque (do piso 1) realizando um cerco com uma rede apropriada e são encaminhados para uma calibradora (no piso 0). Aqui, são previamente retirados os peixes que se encontrem com uma sintomatologia anormal, com deformações ou com deficiências na pigmentação, de forma manual. Os restantes seguem para uma área da calibradora onde são separados por tamanhos de acordo com a sua espessura (grandes, médios e pequenos) e são contados através de um sensor da própria máquina. Os peixes designados como “pequenos” são eliminados devido à sua baixa capacidade de crescimento. Os “médios” e os “grandes” são encaminhados para os tanques do destino no piso 0. Finalizado o processo, é feita uma lavagem dos tanques que ficaram vazios. Após a calibração, os peixes permanecem

alguns dias nos tanques de destino, de forma a não submeter o peixe a movimentações constantes que possam causar stress, e são depois transferidos para a pré-engorda cerca dos 170 dias após a eclosão.

Rotinas diárias: limpeza dos tanques usando escovas, dando uma maior ênfase à zona de saída de água, onde há uma maior acumulação de restos de ração e dejetos dos peixes, e recolha dos animais mortos ou com sintomatologia anormal, seguindo-se o registo do número de animais retirados de cada tanque; lavagem e desinfecção das escovas e camaroeiros assim como do chão e dos pedilúvios, de acordo com o Plano de Higienização da *nursery*.

3ª Fase de Crescimento

A terceira e última fase de crescimento ocorre na secção da pré-engorda (Figura 23). Esta secção recebe os peixes da *nursery* e é o último destino de todos os linguados da Safiestela antes de saírem da empresa para as engordas do grupo Sea Eight, Aquacria Piscícolas e Aquacria Arousa.

Assim como a *nursery*, a pré-engorda possui dois pisos, no entanto, ao contrário da *nursery*, o piso 1 é onde se encontram os peixes numa fase mais avançada do seu crescimento e já passaram pela triagem e, no piso 0, é onde se encontram os peixes provenientes da *nursery*, ou seja, mais novos. A pré-engorda é constituída por 40 tanques em formato *raceway* com de 24 metros de comprimento e, de forma ao caudal fluir numa direção, a saída de água e o sistema de filtração e esgoto encontram-se em extremidades opostas. Os tanques possuem dois alimentadores automáticos, um no início e outro a meio do tanque, de maneira a distribuir melhor o alimento (calculado de acordo com os protocolos da empresa). Esta secção funciona também em sistema de recirculação de água (RAS), havendo um sistema para cada um dos pisos.

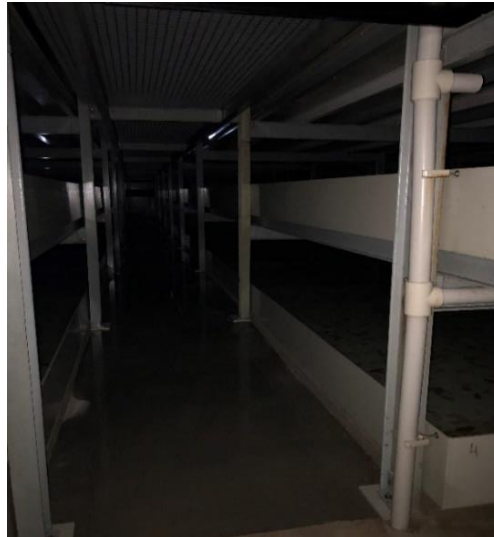


Figura 23 - Pré-Engorda

Por volta dos 170 dias após a eclosão, o peixe é transferido da *nursery* para a pré-engorda com um peso entre 4-7 gramas e é colocado num tanque previamente preparado, que leva cerca de 20000-25000 peixes. Os linguados são alimentados exclusivamente com ração, sendo que o tamanho dos *pellets* acompanha o crescimento médio da sua população (1500 μ m – 1900 μ m). Assim como em todos os estágios de produção, o ambiente da pré-engorda é de baixa luminosidade.

Na pré-engorda fazem-se duas triagens, sendo que em ambas as triagens o processo é semelhante ao que é realizado na *nursery*, ou seja, os peixes são retirados do tanque realizando um cerco com uma rede apropriada e são encaminhados para uma calibradora, onde são previamente retirados os peixes que se encontrem com uma sintomatologia anormal ou com deformações, de forma manual. Os restantes seguem para uma área da calibradora onde são pesados à vez e separados de acordo com o seu peso em grandes, médios ou pequenos (na *nursery* são separados de acordo com a sua espessura). Na primeira triagem, depois destes processos, o peixe é colocado em tanques previamente preparados de acordo com as 3 categorias. Pouco tempo depois, os peixes considerados “grandes” e “médios” são transferidos para as engordas do grupo. O peixe considerado pequeno permanece nas instalações mais algum tempo e, posteriormente, é submetido a uma segunda triagem. Nesta triagem o peixe é novamente separado nas 3 categorias, no entanto, o peixe considerado “pequeno” é descartado, sendo apenas aproveitado os peixes “grandes” e “médios”. Estes são colocados em tanques previamente preparados e são, mais tarde, transferidos para as engordas. De salientar que todos os peixes descartados desde o primeiro dia de produção são mortos recorrendo a uma overdose por anestésico. No fim do dia, e em

todas as secções, o peixe descartado é recolhido e armazenado em arcas frigoríficas. Mais tarde, o peixe é levantado por uma empresa especializada em tratamento de resíduos animais.

Uma vez atingido um peso acima das 10g, o peixe é transferido para a Aquacria Piscícolas e para a Aquacria Arousa, onde irá concluir o processo de crescimento. Antes do transporte, os peixes são mantidos em jejum durante as 24 horas que antecedem o transporte, o que irá reduzir o metabolismo e assim diminuir o consumo de oxigénio, bem como, diminuir a quantidade de fezes excretadas durante o período do transporte, mantendo a qualidade da água dos tanques estável. De salientar, também, que os peixes são distribuídos uniformemente entre os tanques de transporte, garantindo a estabilidade da biomassa (Lekang, 2013). Fica assim concluído o ciclo de produção na Safiestela.

Rotinas diárias: limpeza dos tanques utilizando escovas e recolha dos animais mortos ou com sintomatologia anormal, registando-se o número retirado de cada tanque; lavagem e desinfeção do material utilizado, bem como o chão e pedilúvios, de acordo com o Plano de Higienização da pré-engorda; medição e controlo dos parâmetros físico-químicos do sistema, de modo a manter um bom estado da água (temperatura 17-20°C, saturação de oxigénio por volta de 140 %, pH de 7,5, potencial redox entre 150-250 V e salinidade de 35 ‰).

Unidades de Produção

O linguado senegalês é um peixe plano sendo, por isso, para a sua produção, necessário a utilização de unidades de produção ou tanques com grandes superfícies, não sendo essencial apresentar colunas de água elevadas, nem uma renovação da água alta comparativamente a outras espécies. Na Safiestela são utilizados vários modelos, como foi mencionado ao longo do relatório, sendo cada modelo de unidade de produção adaptado às diferentes fases do ciclo de vida do linguado, atingindo assim as suas exigências e melhorando o seu rendimento e, maximizando a produtividade.

Na secção dos Reprodutores são utilizados tanques quadrangulares e circulares com uma altura de água elevada. Os tanques circulares têm vindo a substituir os tanques quadrangulares na Safiestela, uma vez que permitem um fluxo de água mais uniforme, o que proporciona uma melhor autolimpeza e uma recolha dos ovos mais eficaz, aquando da reprodução. Os linguados selvagens apresentam reações abruptas quando sentem a presença repentina de pessoas ou até de sons mais incomodativos,

nadando muito rapidamente e, algumas vezes, embatem nos cantos dos tanques quadrangulares, por isso, os tanques circulares também proporcionam uma maior segurança neste aspeto. Assim como já foi explicado anteriormente, no último passo do acasalamento em cativeiro desta espécie, o macho e a fêmea sobem a coluna de água acoplados e em sincronia até à superfície, onde libertam os gâmetas. Portanto, uma altura de água elevada nestes tanques é essencial para que ocorra o acasalamento.

Na secção de Incubação são utilizados tanques cilindro-cónicos de 200 L. O tamanho e a engenharia destes tanques contribuem para manter os ovos em suspensão, mediante a colocação de uma única pedra difusora no fundo, evitando a deposição de ovos. Também na secção de Desenvolvimento Larvar são utilizados tanques cilindro-cónicos, mas com uma capacidade de 2700 L, o que se adequa a uma elevada quantidade de larvas com vida pelágica e que necessitam de colunas de água grandes para se movimentar e aprimorar a sua capacidade predatória (Matusse, 2012; Villanueva *et al.*, 2014).

Os tanques do tipo *raceway* que são utilizados na Safiestela são tanques em forma de paralelepípedo, feitos de um material de fibra de vidro. Têm as esquinas arredondadas de forma a não causar algum tipo de lesão nos peixes e também nos próprios trabalhadores aquando da limpeza. Dependendo da secção, os tanques podem ter uma altura de água entre os 30-50 cm. Para uniformizar o caudal e ajudar na dispersão do alimento, a água circula em direção única. No entanto, este tipo de tanque apresenta alguns problemas, como o facto do oxigénio ser variável dependendo da zona do tanque, e também ter uma capacidade de autolimpeza baixa (FAO, 2022).

Precisamente devido a estes problemas, na secção do Desmame, os peixes são colocados em tanques quadrangulares. Estes tanques, apesar de necessitarem de um maior investimento em válvulas e de terem uma capacidade mais reduzida, proporcionam uma melhor distribuição do oxigénio e uma maior facilidade aquando da limpeza dos tanques por parte dos técnicos de produção. Estes fatores são de extrema importância nesta fase precoce do desenvolvimento do linguado, uma vez que os peixes são muito mais frágeis a alterações na qualidade da água. No Desmame também são utilizados *raceways*, mas apenas na fase em que os linguados são transferidos do Desenvolvimento Larvar, uma vez que só se alimentam de artémia e, por isso, a acumulação de matéria orgânica é mínima. Na secção da *Nursery* e Pré-Engorda os peixes já possuem uma maior maturidade e resistência, sendo, por isso, utilizados *raceways* para a produção. Para não se criarem zonas anóxicas no final destes tanques,

é aplicada uma saturação elevada de oxigénio e cada tanque possui também difusoras de oxigénio para usar em emergências.

Controlo da Qualidade da Água dos Sistemas de Produção

Como já foi dito anteriormente, são feitas análises diárias à qualidade da água dos vários sistemas. Este controlo na qualidade da água é um aspeto muito importante que permite manter um bom estado de saúde dos animais, maximizando o seu rendimento.

A qualidade da água do sistema 1 do Desmame, é garantida mediante o controlo da temperatura, salinidade, pH e transmitância (níveis ótimos de $\lambda 400$ e $\lambda 500$), permitindo a determinação da quantidade de sólidos em suspensão e deste modo confirmar a eficácia dos sistemas de filtros. Para o sistema 2 do Desmame, *Nursery* e para a Pré-Engorda são medidas a temperatura, salinidade e o pH da água, assim como também são feitas análises químicas ao amoníaco e aos nitritos. Para a análise destes parâmetros são utilizados kits específicos presentes no laboratório presente na secção de Desmame.

O amoníaco e o nitrito (produto intermédio da oxidação do amoníaco) são compostos tóxicos para os peixes, podendo pôr em causa o seu bem-estar e sobrevivência. Por outro lado, o nitrato, que é o produto final da oxidação do amoníaco, não apresenta toxicidade para a maioria das espécies de peixes, podendo estar presente no meio mesmo em concentrações elevadas (como 200 mg/L), não sendo por essa razão analisado (Dauda & Akinwale, 2015). Portanto, a medição e regulação do amoníaco e do nitrito em aquacultura torna-se imprescindível para manter um bom ambiente para os peixes. A concentração do amoníaco em tanques de produção deve ser inferior a 0,05 mg/L e a concentração de nitrito inferior a 0,5mg/L (Ajani *et al.*, 2011). O ozono tem um poder forte de oxidação, sendo, por isso, usado para a eliminação de microrganismos patogénicos e para limpeza da água. No entanto, também pode, de forma indireta, arrecadar problemas para os peixes. Neste caso, o ozono reage com os iões presentes na água salgada, formando oxidativos tóxicos para os animais (Timmons e Ebeling, 2010). Devido a isto, também é feita uma análise do bromo de forma a controlar a concentração destes compostos tóxicos. Outros parâmetros que são analisados são a transmitância e o valor redox (reações de oxidação-redução). O valor redox é influenciado pelo sistema de ozono, sendo necessário ajustar o sistema de ozono caso os valores de redox não estejam entre os intervalos aceitáveis. Os valores

de redox são verificados em ecrãs de controlo junto aos sistemas de cada secção, uma vez que cada secção tem diferentes intervalos de valores de redox aceitáveis.

Sistema de Recirculação de Água (RAS)

Os sistemas de recirculação de água em aquacultura representam uma forma única de criação de peixes. Ao contrário dos métodos tradicionais de cultivo de peixes ao ar livre em sistemas abertos, o sistema RAS cria peixes em altas densidades, em tanques situados em instalações em terra, com ambiente controlado. Os sistemas de recirculação filtram e limpam a água que retorna novamente aos tanques de cultura. É adicionada água nova ao sistema apenas para compensar as perdas nas limpezas e evaporação. Contrariamente, muitos sistemas de *raceways* usados para cultivar trutas são chamados sistemas abertos ou “de fluxo”, uma vez que toda a água faz apenas uma passagem pelo tanque e é depois descartada. Devem ser fornecidas todas as condições necessárias aos peixes cultivados em RAS de forma a se manterem saudáveis e crescerem. Os peixes precisam de um fornecimento contínuo de água limpa e de temperatura e oxigénio dissolvido ideais para o seu crescimento, sendo também necessário um conjunto de equipamentos para a manutenção da qualidade da água. Os RAS podem ser de vários tamanhos, desde sistemas de produção em grande escala até sistemas de tamanho intermediário, e sistemas pequenos. Podem ser usados como sistemas de engorda para produção de peixes para alimentação humana ou como maternidades para produção de ovos e larvas para manutenção de *stocks* e peixes ornamentais para aquários domésticos (Helfrich e Libey, 1991).

O RAS é utilizado na Safiestela e apresenta vantagens na sua utilização. Algumas dessas vantagens são a utilização da água de forma mais eficaz; permite um controlo dos parâmetros de produção o que fornece boas condições de saúde e bem-estar animal, evitando o surgimento de doenças e reduzindo o *stress*, o que aumenta o rendimento da produção e a qualidade do peixe (Bregnballe, 2015); tem uma menor pegada ambiental (Zhang *et al.*, 2011); maximiza o rendimento por m² de área disponível e apresenta flexibilidade na localização de instalações de produção perto de grandes mercados (Helfrich e Libey, 1991).

Resíduos Sólidos

Em sistemas de produção animal é normal haver a acumulação de resíduos sólidos, como acontece na aquacultura. Em aquacultura, a remoção destes resíduos é ainda mais importante, uma vez que atuam diretamente na redução da qualidade do meio em que os animais habitam, ameaçando o seu crescimento e sobrevivência, podendo, por exemplo, acumular-se nas brânquias dos peixes, dificultando as trocas de oxigénio com o exterior e podendo levar à proliferação de microrganismos prejudiciais à saúde dos peixes (Timmons e Ebeling, 2010). Os sólidos em suspensão resultam do metabolismo normal dos animais, como as suas excreções fecais, mas também do biofloc (bactérias vivas e mortas presentes no meio) e da ração que é desperdiçada/não ingerida. Estes sólidos podem ser partículas de maiores dimensões, mas também de menores dimensões e até matéria dissolvida, havendo diferentes mecanismos para a sua remoção da água.

As partículas suspensas de maiores dimensões são removidas através de um filtro de tambor rotativo (Figura 24). Os filtros de tambor rotativos são baseados no facto de as partículas suspensas nas águas residuais serem maiores do que a malha da tela, o que leva à sua retenção, obtendo a separação sólido-líquido, através da força gravítica. Para além disso, a rotação do tambor e o *backwash* limpam a tela, garantindo a remoção eficiente e sustentável de sólidos. Também para a remoção de resíduos sólidos são usados filtros de areia (Figura 25) e filtros de cartucho (Figura 26). Os filtros de areia são dispositivos eficazes para o processamento de sólidos suspensos em aquacultura, tendo como material principal a areia de quartzo, onde fica retida a matéria orgânica. Estes filtros são comumente usados em RAS e têm várias vantagens, desde a menor poluição, alta eficiência de remoção de partículas suspensas, reciclagem eficaz de *backwash*, entre outras (Xiao *et al.*, 2018). Os filtros de cartucho consistem em folhas de malha fina envoltas numa caixa ou invólucro, que retém o particulado fino em suspensão quando a água passa por estas folhas.

Para a remoção de partículas de menores dimensões e matéria dissolvida é utilizado um *protein skimmer* (Figura 27). Um *protein skimmer* é um conjunto de equipamentos baseados no princípio da flotação. Segundo este princípio, é possível separar misturas através da introdução de bolhas de ar finas nas partículas em suspensão, o que aumenta a área de contacto da água e do ar, esgotando os gases nocivos e aumentando o oxigénio dissolvido (Xiao *et al.*, 2018). Com este processo forma-se uma espuma que é depois removida com água.



Figura 24 - Filtro de tambor rotativo



Figura 25 - Filtro de areia



Figura 26 - Filtros de cartucho



Figura 27 - Protein skimmer

Filtração Biológica e Oxigenação

Como já foi referido anteriormente, o amoníaco é altamente tóxico para os peixes, podendo levar à sua morte, portanto a sua remoção do sistema é de máxima importância. Na filtração biológica, ou biofiltração, através de bactérias presentes num substrato com uma grande área (Figura 28), geralmente “biobolas”, ocorre o processo de nitrificação (Figura 29) que consiste na oxidação do amoníaco em nitritos, e de nitritos em nitratos, composto que não é tóxico para os peixes. No entanto, o processo de nitrificação exige um grande consumo de oxigénio e produz dióxido de carbono (Tryggvason, 2016).



Figura 28 - Biofiltro

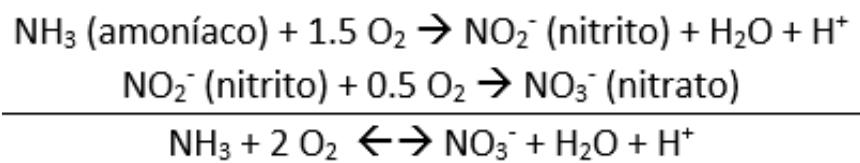


Figura 29 - Processo da nitrificação (Fonte: FAO)

Em sistemas de recirculação de água (RAS), para maximizar o rendimento da produção de animais e o seu bem-estar, bem como o funcionamento do biofiltro, é indispensável assegurar uma taxa elevada de saturação de oxigénio. A acumulação de CO₂ no meio é tóxica para os peixes e para as bactérias do biofiltro, de modo que, ao

assegurar uma saturação de oxigénio elevada, os níveis de CO_2 vão permanecer baixos. De forma a manter os níveis de O_2 elevados e os níveis de CO_2 baixos, é utilizada uma torre de desgaseificação (Figura 30), onde a água é agitada e arejada de forma a libertar o CO_2 , e onde é injetado oxigénio líquido na água por meio de um *Venturi* no *mixer* (Figura 31).



Figura 30 - Torre de desgaseificação



Figura 31 - Mixer

Desinfecção da Água

As doenças desencadeadas por vírus, bactérias e parasitas são também um problema que é encontrado em aquacultura. Em RAS, estas doenças podem ser prevenidas com a manutenção da qualidade água, com recurso a dois principais sistemas de esterilização: a radiação ultravioleta (UV) e o ozono (O_3).

A tecnologia da utilização do ultravioleta é segura, com um amplo espectro e de alta eficiência, sem poluição secundária e não altera a qualidade da água durante o cultivo. A irradiação UV pode ser usada para destruir resíduos de ozono, desnaturar DNA ou RNA, ou causar a morte ou perda de função de microrganismos dependendo do comprimento de onda da fonte de luz UV e da energia fornecida (Xiao *et al.*, 2018). Os resíduos de ozono são destruídos em comprimentos de onda de luz UV de 250-260

nm e podem ser inativados entre 100-400 nm, sendo que o comprimento de onda mais eficaz é 254 nm (Summerfelt 2003a). A tecnologia ultravioleta tem, no entanto, duas desvantagens: primeiramente, o facto da eficiência de esterilização diminuir gradualmente com o aumento da turbidez da água e as lâmpadas precisarem de substituição regular devido ao enfraquecimento da intensidade da irradiação com o passar do tempo; em segundo lugar, a capacidade de esterilização está relacionada ao tempo e intensidade de irradiação, ou seja, quando o fluxo de água é muito rápido ou a dose de irradiação não atende aos requisitos, os microrganismos mortos por UV podem se reparar automaticamente através de um mecanismo de ressurreição, o que resulta em regeneração bacteriana, reduzindo a eficiência no tratamento de água (Zhu *et al.*, 2003; Pei, 2016). Toda a água que circula nas instalações da Safiestela passa, primeiramente, por um tratamento por UV, pois este está inserido na zona de captação da água. Para além disso, este sistema está também implantado de forma individual nos sistemas de água das secções do Desmame e dos Reprodutores.

A desinfecção por ozono é um método extremamente eficiente na eliminação de microrganismos, uma vez que é capaz de oxidar a membrana celular e os constituintes da parede celular das células bacterianas, bem como enzimas e ácidos nucleicos. O ozono também apresenta uma ação de limpeza sobre a água, dado que reduz a matéria orgânica presente nesta, contribuindo para um meio mais límpido (Bregnballe, 2015; Timmons e Ebeling, 2010). No entanto, pelo facto de apresentar uma toxicidade elevada, este pode causar danos graves aos peixes e aos próprios trabalhadores se a sua utilização não for devida ou se houver fugas para o exterior dos equipamentos. Na Safiestela é produzido ozono através de um gerador, sendo depois injetado na água no *protein skimmer*, mantendo-se nesta durante um tempo limitado. Para o remover da água é utilizada a torre de desgaseificação e, de forma a eliminar o ozono que é libertado para o ar no cone do *protein skimmer*, é utilizado um destruidor de ozono, evitando a sua propagação para o ar das instalações. Como foi referido anteriormente, todos os dias são feitas análises ao bromo presente na água de forma a assegurar que a concentração de ozono injetada na água não está a prejudicar o bem-estar dos peixes.

Conclusão

A realização do estágio permitiu aplicar os conhecimentos obtidos no âmbito deste curso de mestrado, contribuindo para a aprendizagem de melhores técnicas no manejo dos reprodutores e reprodução, larvas e juvenis de linguado senegalês, e na manipulação do alimento vivo usado para a alimentação das larvas, nomeadamente artémia e rotíferos, assegurando, também, o desenvolvimento de aptidões no controlo de parâmetros físico-químicos da água e dos sistemas RAS.

Permitiu, também, conhecer e participar nas rotinas das diferentes secções da empresa, incluindo a Incubação e o Desenvolvimento Larvar, onde são acompanhadas as primeiras fases do ciclo de vida do linguado, e as secções de Desmame, *Nursery* e Pré-Engorda, unidades responsáveis pelo desenvolvimento dos peixes, numa fase posterior, para depois serem transportados para as unidades de engorda do grupo SEA EIGHT.

De salientar que fui recebido e acolhido por um grupo fantástico de profissionais, que, desde o início, se mostraram disponíveis para qualquer dúvida e que mostraram sempre uma atitude pedagógica, e a constante ajuda da minha orientadora, a professora Helena Peres, que também demonstrou sempre uma disponibilidade enorme para me ajudar, contribuindo para o sucesso do estágio.

Para concluir, a realização deste estágio foi um sucesso, tendo proporcionado um conjunto de vivências e experiências que contribuíram para o meu crescimento como pessoa e profissional, e terminou com um convite para trabalhar na empresa, como prova deste sucesso.

Referências Bibliográficas

- Ajani, E. K., Akinwale, A. O., Ayodele, I. A. (2011). Fundamentals of fish farming in Nigeria. Walecrown Publishers, Ibadan, Nigeria. 158.
- Andrade, T. S. (2012). Effects of different stocking densities on growth, feed-intake, oxidative stress status and humoral immune parameters of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles. *Dissertação de Mestrado em Ciencias do Mar e Recursos Marinhos – Especialidade em Aquacultura e Pescas*. Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar.
- Beveridge, M.C.M. (2004). Cage Aquaculture, Third edition, Blackwell Publishing, pp. 111-158.
- Bjørndal, T., Guillen, J., Imsland, A. (2016). The potential of aquaculture sole production in Europe: Production costs and markets. *Aquaculture Economics & Management*. 20, 109–129.
- Bjørndal, T., Guillen, J., Imsland, A., Oiestad, V. (2015). Sole: Production and markets. Globefish Research Programme, 118. Rome.
- Bregnballe, J. (2015). A Guide to Recirculation Aquaculture. An Introduction to the New and Environmentally Friendly and Highly productive Closed Fish Farming Systems. Edição 2015. FAO e Eurofish. 95.
- Cañavate, J. P. (2005). Opciones del lenguado senegalés *Solea senegalensis* Kaup, 1858 para diversificar la acuicultura marina. *Boletín. Instituto Español de Oceanografía*. 21: 147-154.
- Carazo, I., Chereguini, O., Martín, I., Huntingford, F., Duncan, N. (2016). Reproductive ethogram and mate selection in captive wild Senegalese sole (*Solea senegalensis*). *Spanish Journal of Agricultural Research*. 14(4): 0401.
- Carazo, I., Martin, I., Hubbard, P., Chereguini, O., Mañanós, E., Canário, A., Duncan, N. (2011). Reproductive behaviour, the absence of reproductive behaviour in cultured (G1 generation) and chemical communication in the senegalese sole (*solea senegalensis*). *Indian J. Sci. Technol.*, 9th ISRPF Issue, August 2011.
- Carter, C. G. (2015). Feeding in hatcheries. In *Feed and Feeding Practices in Aquaculture*. Woodhead Publishing. 317-348.

- Dauda, A. B., & Akinwale, A. O. (2015). Evaluation of polypropylene and palm kernel shell as biofilter media for denitrification of fish culture wastewater. *NSUK JST*. 5: 207– 213.
- Dinis, M. T., Ribeiro, L., Soares, F., Sarasquete, C. (1999). A review on the cultivation potential of *Solea senegalensis* in Spain and in Portugal. *Aquaculture*. 176(1–2): 27– 38.
- Dinis, M.T., Reis, J. and Arrobas, J. (1996). Evaluation of the farming potential for *Solea senegalensis* Kaup, a new species for aquaculture in the Mediterranean area. *Book of Abstracts World Aquaculture*, Bangkok. 107-109
- FAO Fisheries Technical Paper. No. 361 (1996). *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. Roma: Food and Agriculture Organization of United Nations.
- FAO. (2020). The state of world fisheries and aquaculture. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*.
- FAO. (2022). Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2020 (FishStatJ). In: FAO Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. Updated 2022. www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en
- FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation*. Rome, FAO.
- Fernández-Díaz, C., Yúfera, M., Cañavate, J. P., Moyano, F. J., Alarcón, F. J., Díaz, M. (2001). Growth and physiological changes during metamorphosis of Senegal sole reared in the laboratory. *Journal of Fish Biology*. 58(4): 1086-1097.
- Ferreira, P. M. P. (2009). Manual de cultivo e bioencapsulação da cadeia alimentar para a larvicultura de peixes marinhos. Instituto Nacional de Recursos Biológicos IP. 235.
- FishBase. Acedido em: 2021, em: <https://www.fishbase.de/summary/Solea-senegalensis.html>
- Gomes, J. S. (2012). Utilização de fontes proteicas em dietas para linguado do Senegal (*Solea senegalensis*). *Dissertação de Candidatura ao grau de Mestre em Engenharia Agronómica*. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

- Helfrich, L. A., Libey, G. (1991). Fish Farming in Recirculating Aquaculture Systems (RAS)
- Imsland, A. K., Foss, A., Conceição, L. E. C., Dinis, M. T., Delbare, D., Schram, E., White, P. (2003). A review of the culture potential of *Solea solea* and *S. senegalensis*. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 13: 379-407.
- Instituto Nacional de Estatística. (2022). Estatísticas da Pesca: 2020. Lisboa
- INVE Aquaculture. Acedido em: 3 junho, 2022, em: <https://www.inveaquaculture.com/product/artemia-eg-gsl-inve-blue>
- Lekang, O. I. (2013). Transport of live fish. *Aquaculture Engineering*. Chichester, UK: John Wiley & Sons: 328-338.
- Martins, R., Carneiro, M. (2015). Manual prático de identificação de peixes ósseos da costa continental portuguesa - Principais características diagnosticantes. *Publicações Avulsas do IPMA*. 2: 147.
- Martínez, I., Moyano, F. J., Fernández-Díaz, C. & Yúfera, M. (1999). Digestive enzyme activity during larval development of the Senegal sole (*Solea senegalensis*). *Fish Physiology and Biochemistry* 21, 317–323.
- Matusse, N. D. (2012). Avaliação da qualidade dos ovos e das larvas de *Solea senegalensis* (Kaup,1858) através da manipulação alimentar dos seus reprodutores. *Tese de Mestrado em Engenharia Zootécnica*. Universidade dos Açores - Departamento de Ciências Agrárias.
- Mozaffarian, D., Rimm, E. B. (2006). Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. *JAMA*, 296(15), 1885–1899.
- OECD (2022). Aquaculture production (indicator). doi: 10.1787/d00923d8-en (Acedido em 2022)
- Oliveira, C., Mañanós, E., Ramos, J., Sánchez-Vázquez, F. J. (2011). Impact of photoperiod manipulation on day/night changes in melatonin, sex steroids and vitellogenin plasma levels and spawning rhythms in Senegal sole, *Solea senegalensis*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 159(3): 291–295.

- Pei, L.W. (2016). Effect of micro current electrolysis combined with UV-light on water treatment in saline recirculating aquaculture system. M.S. thesis, Zhejiang University, Hang Zhou, Zhe Jiang Province, China.
- Pinto, W., Engrola, S., Conceição, L. E. (2018). Towards an early weaning in Senegalese sole: A historical review. *Aquaculture*. 496: 1-9.
- Rasines, I. (2013). Reproducción en cautividad del lenguado senegalês (*Solea senegalensis*): inducción hormonal a la ovulación y obtención de huevos para la fecundación artificial. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo, Departamneto de Biologia de Organismos e Sistemas, Oviedo.
- Ribeiro, L., Sarasquete, C. & Dinis, M. T. (1999a). Histological and histochemical development of the digestive system of *Solea senegalensis* (Kaup, 1858) larvae. *Aquaculture* 171, 293–308.
- Summerfelt S.T. (2003a). Ozonation and UV irradiation-an introduction and examples of current applications. *Aquacultural Engineering* 28: 21–36.
- Timmons, M. B., & Ebeling, J. M. (2010). *Recirculating aquaculture*. Ithaca, NY: Cayuga Aqua Ventures.
- Tryggvason, A. Þ. (2016). A Systematic View on a Recirculating Aquaculture System: Causality Relation Between Variables. Master's thesis Faculty of Industrial Engineering, Mechanical Engineering and Computer Science. University of Iceland. 65.
- Van Houtte, A. R., Bonucci, N., Edeson, W. R. (1989). A preliminary review of selected legislation governing aquaculture. 81 pp. ADCP/REP/89/42, UNDP/FAO, Rome.
- Villanueva, J. L. R., Alonso, J. B. P. (2014). Cultivo del lenguado senegalés (*Solea senegalensis*). Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Vol. 7.
- Xiao, R., Wei, Y., An, D., Li, D., Ta, X., Wu, Y., & Ren, Q. (2018). A review on the research status and development trend of equipment in water treatment processes of recirculating aquaculture systems. *Reviews in Aquaculture*. doi:10.1111/raq.12270
- Zhang, S. Y., Li, G., Wu, H. B., Liu, X. G., Yao, Y. H., Tao, L., Liu, H. (2011). An integrated recirculating aquaculture system (RAS) for land-based fish farming: The effects on water quality and fish production. *Aquacultural Engineering*. 45(3): 93-102.

Zhu, M., Dang, Q.P., Song, P.K. (2003). Ultraviolet disinfection technology. Southwest Water & Wastewater 43: 135–141.