

Safistela: Sustainable Aqua Farming Investments, S.A. – Relatório de Estágio

Pedro Ramos

M

2021



PEDRO MIGUEL BENTA RAMOS

Safistela: Sustainable Aqua Farming Investments, S.A. – Relatório de Estágio

Relatório de Estágio em Aquacultura – Ciências do Mar - Recursos Marinhos – Especialização em Pescas e Aquacultura submetido ao Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar da Universidade do Porto

Orientador: José Fernando Gonçalves

Categoria: Professor Auxiliar

Afiliação: Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar da Universidade do Porto

Dedicatória:

Gostaria de dedicar este projeto aos meus pais que sempre me apoiaram incondicionalmente durante a minha caminhada académica. Foram eles que tornaram a realização deste projeto possível.

Agradecimentos:

Aos meus orientadores, Professor Doutor José Fernando, pela sua disponibilidade e orientação deste projeto, pela sua dedicação e conselhos dados para que desta forma ele fosse realizado.

A toda a equipa da Safiestela: Sustainable Aqua Farming Investments, S.A. porque foi com eles que trabalhei, árdua e diariamente durante todo este processo.

Aos meus pais, namorada Daniela, irmãos Sérgio e Rosa, pelo apoio incondicional e suporte neste período de mudança, garantindo o equilíbrio indispensável ao longo deste meu percurso.

Aos meus grandes amigos, os meus pilares, pois sem eles, não teria o incentivo necessário para concluir este projeto.

Declaração de Honra

Declaro que o presente relatório de estágio é de minha autoria e não foi utilizado previamente noutro curso ou unidade curricular, desta ou de outra instituição. As referências a outros autores (afirmações, ideias, pensamentos) respeitam escrupulosamente as regras da atribuição, e encontram-se devidamente indicadas no texto e nas referências bibliográficas, de acordo com as normas de referência. Tenho consciência de que a prática de plágio e auto-plágio constitui um ilícito académico.

22-07-2021, Albufeira

Paulo Ramos

“Out of the water, I am nothing” - Duke Kahanamoku

Resumo

Com o aumento do consumo de pescado, a nível mundial, e com a diminuição drástica dos stocks pesqueiros, a aquacultura surge como sendo uma das alternativas sustentáveis para suprir as necessidades da população. Neste contexto, atualmente a aquacultura é o sector de produção animal que apresenta maior crescimento a nível mundial.

No âmbito do mestrado em Ciências do Mar – Recursos Marinhos – Especialização em Aquacultura e Pescas ocorreu a possibilidade de realizar um estágio na Safiestela: Sustainable Aqua Farming Investments, S.a., localizada na Póvoa de Varzim, pertencente ao grupo Sea 8. Esta unidade apresenta um método de produção intensivo, em “recirculating aquaculture system (RAS)”, método este que permite controlar todos os parâmetros necessários para que sejam criadas as condições ótimas de crescimento da espécie, o linguado do senegal (*Solea senegalensis*). Para além desta vantagem, este método de produção apresenta uma pegada ambiental muito reduzida, em comparação com os sistemas de produção tradicionais. Os juvenis, produzidos nesta unidade, são posteriormente transportados para as unidades de engorda; a Aquacria situada em Aveiro, Portugal e a Aquacría Arousa, situada em Pontevedra, Espanha.

A duração do estágio foi de 6 meses, começou em 1 de outubro de 2020 e acabou em 31 de março de 2021. Este estágio teve como objetivo testar e aplicar os conhecimentos adquiridos no âmbito deste curso de mestrado, mas sobretudo adquirir novas competências profissionais, em contexto real de trabalho. Este estágio proporcionou a aprendizagem de melhores práticas no manuseio dos reprodutores e reprodução, das larvas e dos juvenis de linguado do senegal e de alimento vivo, artémia e de rotíferos, usados para alimentação de larvas de linguado, bem como, o desenvolvimento de competências no controlo de parâmetros físico químicos da água. Dado o desenvolvimento da aquacultura intensiva na Europa, estas competências serão seguramente uma mais valia no mercado de trabalho atual.

Palavras Chave: Aquacultura, Linguado do senegal, RAS, *Solea senegalensis*, Safiestela

Abstract

With the increase of world fish consumption per capita and the drastic reduction of fish stocks, aquaculture emerges as one of the sustainable alternatives to meet the needs of the population. In this context, aquaculture is currently the fastest growing animal production sector in the world.

Within the scope of the Master in Marine Sciences – Marine Resources – Specialization in Aquaculture and Fisheries, there was the possibility to carry out an internship at Safiestela, Sustainable Aqua Farming Investments, S.A., located in Póvoa de Varzim belonging to the group SEA 8. This aquaculture unit presents an intensive production method, in a recirculating aquaculture system (RAS), a method that allows controlling all waters parameters necessary to create optimal conditions of growth of the species, Senegalese sole (*Solea senegalensis*). This production method also has a very low environmental footprint compared to traditional production systems. The juveniles, produced in this unit, are then transported to the ongrowing units, namely Aquacria located in Aveiro, Portugal and Aquacría Arousa, located in Pontevedra, Spain.

This internship lasted 6 months, started on October 1, 2020, and ended on March 31, 2021. This internship aimed to test and apply the knowledge acquired in this master's course as well as to acquire new professional skills, in a real work context. This internship allowed to learn about the best practices in the management of breeding and reproduction of larvae and juveniles of Senegalese sole, production of live feed organisms, (*Artemia* and rotifers) used to feed larvae of the sole as well as control of recirculating water quality. Given the development of intensive aquaculture in Europe, these skills will surely add value to my resume.

Key-words: Aquaculture, Senegalese sole, RAS, *Solea senegalensis*, Safiestela

Índice

Índice de Figuras	8
Índice de Tabelas	9
Índice de Abreviações	9
Introdução	10
Aquacultura Mundial.....	10
Aquacultura em Portugal	14
Biologia de <i>Solea senegalensis</i>	16
Pesca de <i>Solea senegalensis</i> e <i>Solea solea</i>	17
Aquacultura de <i>Solea senegalensis</i> e <i>Solea solea</i>	18
Estágio na Safistela - Sustainable Aqua Farming Investments, S.A.	19
A Empresa	19
Estágio	20
Zona de Reprodutores.....	20
Zona de Desenvolvimento Larvar.....	25
Zona de Desmame.....	27
Zona de Alimento Vivo	30
Sala de Rotíferos (<i>Brachionus plicatilis</i>)	30
Sala de Artémia (<i>Artemia spp.</i>)	33
Zona da Nursery	35
Zona de Pré-engorda.....	36
Recirculating Aquaculture System – RAS	38
Modelo dos Tanques	39
Remoção de Resíduos Sólidos.....	40
Filtração Biológica – Remoção de Compostos Azotados	41
Controlo e Análises da Qualidade da Água	43
Conclusão	44
References	45

Índice de Figuras

Figura 1 - Produção mundial de pescado através da pesca e da aquacultura.....	11
Figura 2 - Contribuição regional para a totalidade do pescado mundial	11
Figura 3 - Produção mundial de aquacultura de animais aquáticos e algas, 1990-2018....	13
Figura 4 - Taxa de crescimento anual da produção em aquacultura	13
Figura 5 - Produção de aquicultura	14
Figura 6 - Produção de aquacultura por tipo de água e regime (2018)	15
Figura 7 - Estrutura do volume de produção em aquicultura, por espécie (2017-2018)	15
Figura 8 - <i>Solea senegalensis</i>	16
Figura 9 - Captura global de pescado	17
Figura 10 - Arte de pesca - Redes de tresmalho	18
Figura 11 - Mapa com a distribuição do grupo SEA8	19
Figura 12 e 13 – Zonas de reprodutores 1 e 2.....	22
Figura 14 – Ilustração das 3 etapas do acasalamento em cativeiro	23
Figura 15 - Tanque de incubação	24
Figura 16 - Zona de desenvolvimento larvar.....	26
Figura 17 - Medição de larvas	27
Figura 18 - Zona de desmame	28
Figura 19 - Processo de triagem num tanque do desmame	29
Figura 20 - Larva marinha, rotíferos e artémia	31
Figura 21 - Sala dos rotíferos	32
Figura 22 - Sala de artémia	33
Figura 23 - Zona da Nursery	35

Figura 24 - Zona de pré-engorda	37
Figura 25 - Filtro de tambor rotativo e biofiltro	41
Figura 26 - Zona de depósito de oxigénio líquido	42
Figura 27 - Gerador de ozono	43

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Utilização e comércio de pescado do setor pesqueiro e aquacultura	12
---	----

Índice de Abreviações

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

INE - Instituto Nacional de Estatística

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

RAS - Recirculating Aquaculture System

UV - Ultravioleta

F1 - Indivíduos nascidos em cativeiro de primeira geração

MOS - Matéria orgânica em suspensão

MOD - Matéria orgânica dissolvida

TSS - Total de sólidos suspensos na água

FCR - fator de conversão alimentar

N - Azoto

P - Fósforo

pH - Potencial hidrogeniónico

ppm - Partes por mil

Introdução

Aquacultura Mundial

Ao longo da evolução humana, mudamos de um regime de produção de alimento rudimentar, que consistia basicamente na caça, pesca e recolção para a produção de alimento através da agricultura. Face a esse progresso o alimento derivado da pesca passou a não resultar apenas do capturado da natureza, sendo também gradualmente produzido em regime controlado pelo ser humano, ou seja, em aquacultura, com um número de espécies cada vez mais elevado (FAO, 2020). Esta atividade tem vindo a ser praticada há vários milénios, com o seu início por volta de 4000 anos atrás durante o período 2000-1000 a.C. na China (Rabanal, 1988). De acordo com Balon (2004), o primeiro peixe a ser domesticado foi a carpa comum, porém uma das evidências mais antigas da produção aquícola foi a colheita de tilápias de lagoas no Egito durante 2500 a.C. (Bardach et al., 1972).

O setor pesqueiro e a aquacultura são um dos grandes pilares da produção de alimento a nível mundial, contribuindo para suprir grande parte das necessidades nutritivas da generalidade da população (FAO, 2020). O consumo de peixe per capita tem vindo a aumentar substancialmente, sendo que, em 2017, o pescado providenciava, por dia e per capita, 35 calorias, 17 % da proteína de origem animal e 7 % de todas as proteínas. Este consumo de peixe traz inúmeros benefícios à saúde humana, sendo uma fonte rica em proteína, de elevado valor biológico, contendo ácidos gordos polinsaturados de cadeia longa, fundamentais para o bom funcionamento do organismo humano, bem como várias vitaminas e minerais (FAO, 2020; Mozaffarian e Rimm, 2006).

A aquacultura consiste na produção de organismos aquáticos tanto de água doce como de água salgada, tais como, peixes, crustáceos, moluscos, anfíbio e até mesmo plantas aquáticas, alcançada através da manipulação dos seus ciclos de vida. Está subdividida, dependendo do regime de produção, em produção extensiva, semiextensiva e intensiva, com as diferentes técnicas a fornecerem, o controlo das condições e dos fatores de produção como a densidade e fornecimento de ração, bem como um melhor manejo de princípios chave como o controlo da reprodução, controlo de crescimento e a eliminação de fatores de mortalidade. Por outro lado, dependendo do local onde é realizada esta produção, pode ser classificada por aquacultura em terra (inshore), aquacultura costeira (onshore) e aquacultura em mar aberto (offshore) (Beveridge, 2004; Van Houtte, 1989).

A produção mundial de pescado teve o seu pico, em 2018, com um valor a rondar os 178 milhões de toneladas, com a aquacultura a representar 46 % do total e 52 % se os usos não alimentares, nomeadamente, a produção de farinha e óleo de peixe, não forem incluídos. Ao contrário da quantidade de peixe capturado, que não apresenta um crescimento significativo desde os anos 80, a aquacultura é a responsável pelo grande aumento na produção de pescado para consumo. Se em 2018 apresentava um valor de 46 % do total de animais (produzidos e capturados), no ano de 2000 apenas representava 25.7 % deste total, o que demonstra o considerável crescimento do setor (Figura 1) (FAO, 2020). Este rápido crescimento face à decadência da indústria pesqueira foi considerado a revolução azul (Costa-Pierce, 2002; Simpson, 2011), resultando numa enorme produção de peixe para a nutrição humana de maneira semelhante à "revolução verde" (Simpson, 2011).

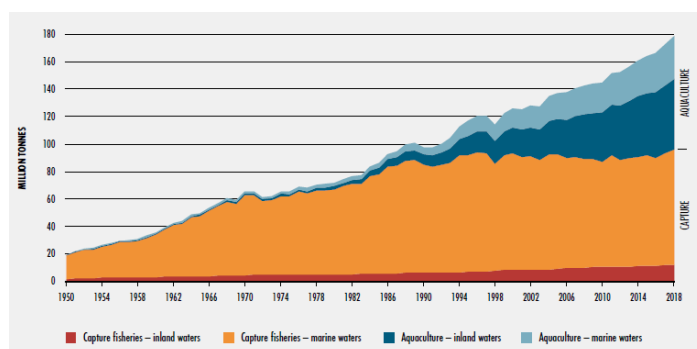


Figura 1: Produção mundial de pescado através da pesca e da aquacultura (FAO 2020)

A China desempenhou um papel maioritário neste crescimento, representando um valor superior a 35 % na produção mundial de pescado. Excluindo esta grande superpotência, uma parcela significativa da produção, em 2018, veio da Ásia com 34 %, seguido pelas Américas com 14 %, Europa 10 %, África 7 % e por fim Oceânia com apenas 1 % (Figura 2) (FAO, 2020).

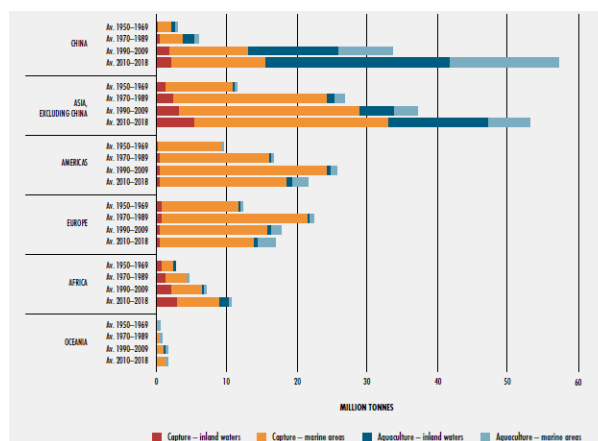


Figura 2: Contribuição regional para a totalidade do pescado mundial (FAO 2020)

Dentro da produção em aquacultura, ainda é possível distinguir a produção "inshore" da produção "offshore". A produção marinha representou cerca de 30.8 milhões toneladas da produção em 2018. Este valor representa um aumento da produção neste setor, visto que entre 1996 e 2005 o valor representava apenas 22.8 milhões de toneladas. No caso da produção costeira ou interior, o contributo da aquacultura cresceu de 36.8 milhões de toneladas entre 1996 e 2005 para 51.3 em 2018 (Tabela 1) (FAO, 2020).

Tabela 1: Utilização e comércio de pescado do setor pesqueiro e aquacultura (FAO 2020)

	1986–1995	1996–2005	2006–2015	2016	2017	2018
	Average per year (million tonnes, live weight)					
Production						
Capture						
Inland	6.4	8.3	10.6	11.4	11.9	12.0
Marine	80.5	83.0	79.3	78.3	81.2	84.4
Total capture	86.9	91.4	89.8	89.6	93.1	96.4
Aquaculture						
Inland	8.6	19.8	36.8	48.0	49.6	51.3
Marine	6.3	14.4	22.8	28.5	30.0	30.8
Total aquaculture	14.9	34.2	59.7	76.5	79.5	82.1
Total world fisheries and aquaculture	101.8	125.6	149.5	166.1	172.7	178.5
Utilization¹						
Human consumption	71.8	98.5	129.2	148.2	152.9	156.4
Non-food uses	29.9	27.1	20.3	17.9	19.7	22.2
Population (billions)²	5.4	6.2	7.0	7.5	7.5	7.6
Per capita apparent consumption (kg)	13.4	15.9	18.4	19.9	20.3	20.5
Trade						
Fish exports – in quantity	34.9	46.7	56.7	59.5	64.9	67.1
Share of exports in total production	34.3%	37.2%	37.9%	35.8%	37.6%	37.6%
Fish exports – in value (USD billions)	37.0	59.6	117.1	142.6	156.0	164.1

¹ Excludes aquatic mammals, crocodiles, alligators and caimans, seaweeds and other aquatic plants. Totals may not match due to rounding.

² Utilization data for 2014–2018 are provisional estimates.

³ Source of population figures: UN DESA, 2019.

Paralelamente ao crescimento da produção aquícola, o consumo médio de peixe aumentou significativamente nas últimas décadas, a nível mundial, apresentando valores médios de crescimento na ordem dos 3.2 % ao ano, no período entre 1961 e 2013. Este valor é duas vezes maior que a percentagem de aumento da população mundial no mesmo período. Em 2018 os valores de consumo de peixe per capita foram de, sensivelmente, 20.5 kg (Tabela 1) (FAO,2020).

Outros dos fatores que contribuíram para o aumento do consumo de peixe, além do aumento da produção de pescado, foi a redução do desperdício, melhor utilização dos recursos, melhores canais de distribuição, maior procura resultante do aumento da população e aumento dos centros urbanos. O comércio internacional ajudou a alargar o leque de oferta existente para os consumidores finais (FAO, 2020).

O consumo de peixe per capita, nos países em desenvolvimento tem vindo a aumentar consistentemente, tendo aumentado de 5.2 kg em 1961 para 19.4 kg em 2017 e com uma taxa de crescimento de 2.4 %. Contudo, este valor continua a ser menor do que nos países desenvolvidos, mas as diferenças atendem a diminuir. Em 2017 o consumo de peixe per capita nos países desenvolvidos apresentou um valor de 24.4 kg. Nos países

desenvolvidos o aumento do consumo de peixe está maioritariamente dependente do aumento das importações, enquanto que nos países em desenvolvimento, o consumo de peixe está relacionado com a capacidade de produção local, não dependendo tanto das importações (FAO, 2020).

Em 2018, a produção em aquacultura totalizou 114.5 milhões de toneladas de peso vivo, o maior recorde de todos os tempos, com um total de lucros a rondar os 263.6 mil milhões de dólares. Este valor inclui animais e plantas aquáticas e produtos não usados na alimentação (pérolas e conchas). A maior parte da produção animal é representada pelos peixes ósseos com um valor de cerca de 54.3 milhões de toneladas de peso vivo. Os moluscos representam cerca de 17.7 milhões de toneladas de peso vivo em 2018. Os crustáceos representam cerca de 9.4 milhões de toneladas de peso vivo. Outros animais aquáticos como invertebrados marinhos, tartarugas ou sapos representam um total de 936 mil toneladas. As plantas aquáticas registaram um valor de 32.4 milhões de toneladas da produção total em 2018 (Figura 3) (FAO, 2020).

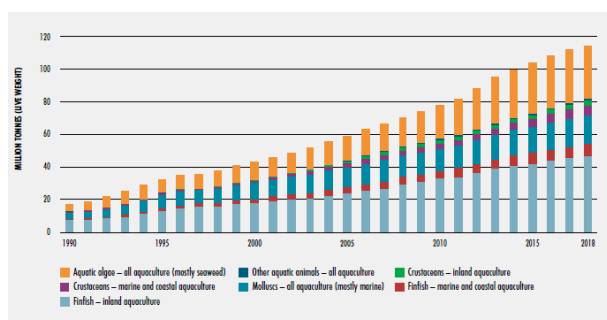


Figura 3: Produção mundial de aquacultura de animais aquáticos e algas, 1990-2018 (FAO 2020)

O crescimento da produção de animais aquáticos, entre 2001 e 2018, apresentou um valor médio de 5.3 % ao ano, significativamente mais baixo do que na década anterior. Este decréscimo no crescimento foi resultado de um abrandamento na produção chinesa, o maior produtor a nível mundial, com cerca de 1.6 % em 2018. No ano de 2018 a aquacultura, no resto do mundo, apresentou um crescimento de 5.5 %. A Oceânia foi a única nação a apresentar valores negativos no crescimento (Figura 4) (FAO, 2020).

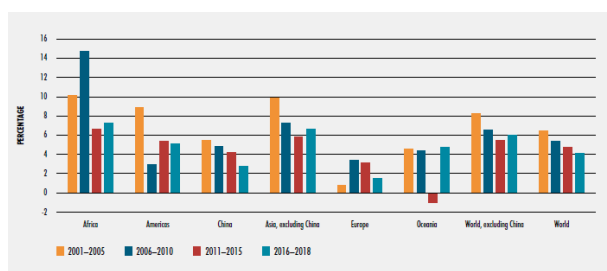


Figura 4: Taxa de crescimento anual da produção em aquacultura (FAO 2020)

Aquacultura em Portugal

Acredita-se que desde os tempos dos romanos a aquacultura exista na Península Ibérica. Na altura, estes utilizavam técnicas e processos muito rudimentares de produção, conjugando a produção de sal com o cultivo de certos peixes e ostras nas salinas. As salinas eram usadas para enclausurar as larvas e juvenis de peixes, durante a maré cheia, que assim iam crescendo num ambiente, mais ou menos, controlado, um pouco como acontece nos dias de hoje com a aquacultura extensiva. Com este método de produção as populações conseguiam um aumento crucial no valor económico da produção como ainda conseguiam disponibilizar uma importante fonte de proteína para as famílias que tanto dela dependiam. Obstante à sua longevidade, esta atividade tem demonstrado um desenvolvimento algo lento e pouco significativo, face ao potencial do nosso território marítimo.

A produção aquícola total em 2018 foi de 13 992 toneladas, resultado que traduz, face a 2017, um aumento de 11.5 %. Esta produção gerou uma receita económica de 96,8 milhões de euros, ou seja, um acréscimo significativo de 18.5 % (81.7 milhões de euros em 2017), tendo as quantidades vendidas (11 768 toneladas) registado um aumento de 8.1 %. O total das vendas representou 84 % da produção nacional (87 % em 2017) (Figura 5) (INE, 2019). Este aumento de receitas não está inteiramente correlacionado com o aumento de produção em si mas sim também pela diversificação e produção de espécies com um maior valor de mercado.

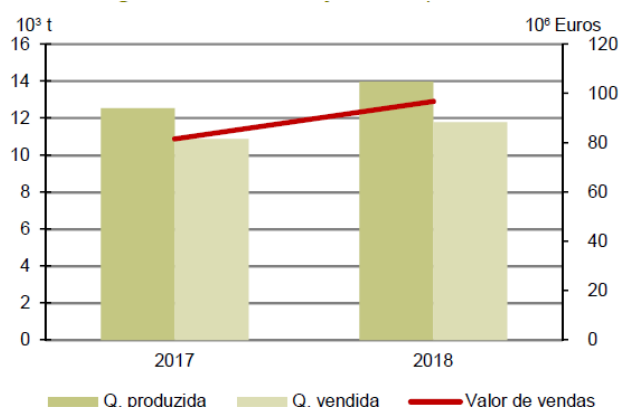


Figura 5: Produção de aquicultura (INE, 2019)

Relativamente aos regimes de exploração (Figura 6), em 2018, a produção em águas doces manteve-se exclusivamente intensiva. Na produção em águas marinhas e de transição, o regime extensivo apresentou um ligeiro aumento, situando-se nos 70.1 % (59.5 % em 2017), tendo sido utilizado sobretudo para a cultura de bivalves. Inversamente, o regime intensivo contribuiu para 25.2 % da produção enquanto o semi-intensivo,

responsável por 4.7 % do total produzido. No final de 2018 existiam 1 515 estabelecimentos licenciados em aquacultura para águas doces, marinhas e de transição, menos 17 unidades do que em 2017.

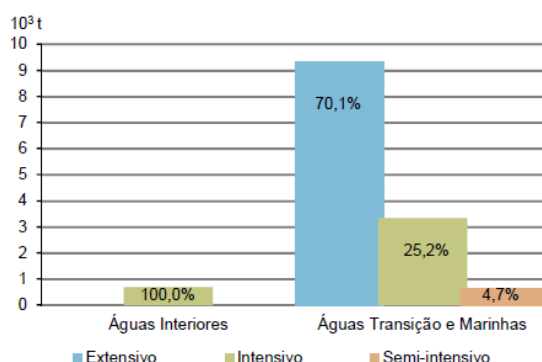


Figura 6: Produção de aquacultura por tipo de água e regime (2018), (INE, 2019)

A produção de peixes em águas de transição e marinhas (90.0 % da qual foi constituída por pregado e dourada) representou apenas 27.6 % da produção total, contra 37,5 % em 2017, tendo diminuído 18 %. A menor produção, nomeadamente da dourada (*Sparus aurata*) e do robalo (*Centropomus undecimalis*), prende-se com o facto dos sistemas de produção em zonas estuarinas e lagunares, onde anteriormente se exercia a prática da piscicultura, estarem a migrar para a moluscicultura. Pelo contrário, a produção de moluscos e crustáceos aumentou 32.1 % em 2018, tendo representado 67.2 % da produção aquícola total, contra apenas 56.7 % em 2017. As amêijoas (*Spisula solida* por exemplo – amêijoa-branca) permaneceram como a espécie mais relevante (3 970 toneladas) tendo aumentado 2.1 %, seguidas das ostras, cujo crescimento foi de 191.2 %, atingindo as 3 451 toneladas e dos mexilhões, que com uma produção de 1 746 toneladas, tiveram um incremento de 1,4 %. A produção em águas interiores, que contabilizou 5,0 % do total da produção aquícola em Portugal, foi idêntica à de 2017, com 697 toneladas produzidas, 95 % das quais de trutas (Figura 7) (INE,2019).

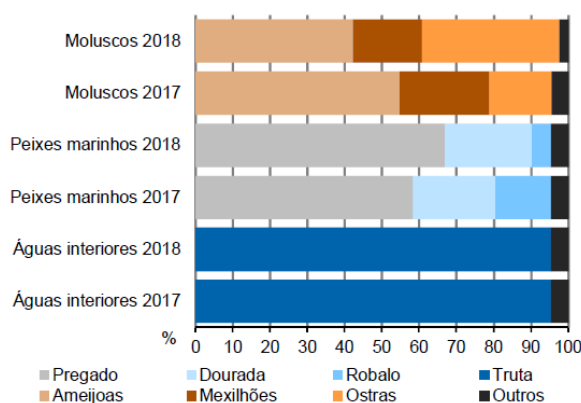


Figura 7: Estrutura do volume de produção em aquicultura, por espécie (2017-2018), (INE, 2019)

Biologia de *Solea senegalensis*

O linguado do senegal (Figura 8), *Solea senegalensis* (Kaup, 1858), pertence à classe dos Actinopterygii, à ordem Pleuronectiformes, à família Soleidae e ao género *Solea* (FishBase, 2020). Esta espécie está distribuída no oceano Atlântico, desde o golfo da Biscaia até ao Senegal, sendo também possível encontrar esta espécie no mar Mediterrâneo, ainda que em menor número (Fishbase, 2020; Bjørndal et al., 2016; Villanueva e Alonso, 2014,). É um peixe plano com corpo oval e assimétrico (os dois olhos encontram-se no lado direito ao contrário do pregado, *Psetta maxima* e rodovalho, *Scophthalmus rhombus*). Difere do linguado-legítimo por a barbatana peitoral da face oculada ter uma membrana interradianal escura e raios cinzento amarelados (FishBase, 2020; Martins e Carneiro, 2015; Villanueva e Alonso., 2014). Durante a fase larvar o linguado exibe uma simetria bilateral. No entanto, ao longo do seu desenvolvimento, o linguado vai perdendo a simetria bilateral, sendo evidente 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 (metamorfose).



Figura 8: *Solea senegalensis* (fotografia tirada por Pedro Ramos)

O linguado do senegal não apresenta caracteres sexuais externos distinguíveis, é uma espécie gonocórica, ovípara com fertilização externa dos ovos que atinge a maturidade sexual aos três anos com um tamanho de 30 cm (Dinis et al., 1999; Villanueva e Alonso, 2014). A época de posturas ocorre durante a Primavera de março a junho, com um maior número de ovos em maio. A média de oócitos produzidos por indivíduo é de cerca de 509 por grama (Dinis, et al., 1996). Esta espécie apresenta bastantes semelhanças com a solha comum, *Solea sole*, as suas fases larvares são quase impossíveis de distinguir uma da outra (Dinis et al., 1999).

É um peixe marinho bentónico que vive em fundos com substratos arenosos ou lamacentos, em águas costeiras até 100 m de profundidade e em lagoas salobras. Sendo

uma espécie carnívora esta alimenta-se de pequenos invertebrados bentónicos, larvas de poliquetas, moluscos bivalves, podendo também ingerir anfípodes, copépodes, ou isópode ou pequenos crustáceos (Villanueva e Alonso, 2014; Dinis et al., 1999).

Pesca de *Solea senegalensis* e *Solea solea*

Apesar dos esforços para que se reduzam as capturas destas espécies, por razões ambientais e da diminuição constante dos stocks, a pesca continua a ser o principal método de produção, tanto de linguado do senegal como de linguado legítimo (Bjørndal et al., 2016).

Nas últimas duas décadas o total de toneladas capturadas na pesca tem vindo a baixar. A maior parte das capturas realizadas foi de linguado legítimo, sendo que a quantidade de linguado do senegal capturado é negligenciável. As zonas onde se efetua a captura são no Nordeste Atlântico, no Atlântico Leste e no Mediterrâneo.

O pico de captura de ambas as espécies linguado registou-se no ano de 1994, com um valor de 66553 toneladas, em 2016 o valor total capturado foi de 32057 toneladas (Figura 9). Os países que pescaram mais linguado, foram a Holanda (9085 toneladas), a França (7695 toneladas) e a Bélgica (3055 toneladas) (Bjørndal et al., 2016, FAO FISHSTAT).

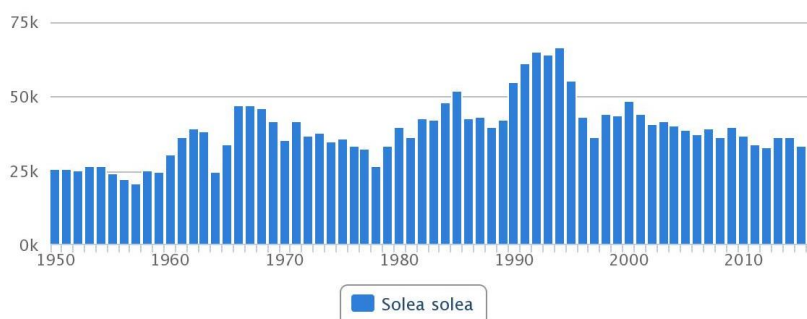


Figura 9: Captura global de pescado (FAO FISHSTAT)

A apanha do linguado é realizada através de uma embarcação de pesca artesanal com redes de emalhar. A embarcação, em movimento, larga uma rede de formato retangular que fica suspensa verticalmente com a ajuda de boias distribuídas pelo cabo superior e por chumbo que funciona como lastro no cabo inferior. Esta pode ter alturas diferentes consoante a área de ação que se quer impor na coluna de água e fica assente no fundo com âncoras ou pedras "poitas", presa em cada uma das extremidades da rede (Figura 10). Existem vários tipos de redes, a mais usual para a pesca de *Solea solea* é a rede de tresmalho, ou de emalhar, que é constituída por três panos com malhas diferentes. No

geral, a maior parte das capturas de *Solea* são realizadas por pequenas embarcações que dependem de um grande número de espécies para obterem lucro. No entanto, algumas embarcações artesanais, em certas alturas do ano, conseguem capturar cerca de 100 kg por dia, especialmente entre agosto e outubro (Bjørndal et al., 2016).

A pesca de linguado em território nacional é exclusiva em Portugal Continental, uma vez que a espécie não é comum ao largo das ilhas e em 2019 apresentou um número total de capturas de 719 toneladas (INE, 2019).

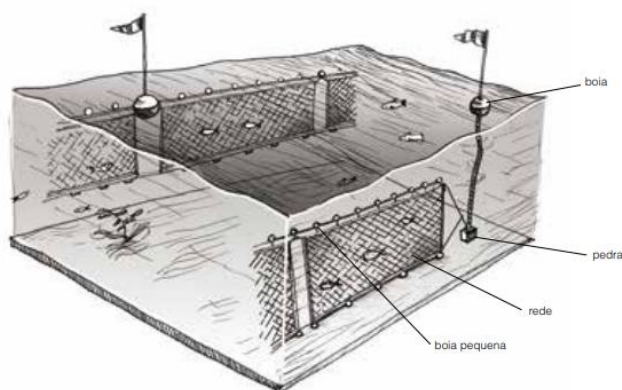


Figura 10: Arte de pesca - Redes de tresmalho (Folheto Turismo de Sesimbra)

Aquacultura de *Solea senegalensis* e *Solea solea*

É importante que se invista e se promova o desenvolvimento científico sobre espécies autóctones de alto valor económico, desde que seja possível fechar o seu ciclo biológico com as técnicas de produção atualmente existentes (Bjørndal et al., 2016; Imsland et al., 2003). Foi na costa de Cádiz por Rodriguez (1984) e nos estuários portugueses por Dinis (1986), que foram realizados os primeiros estudos relacionados com a cultura do linguado do senegal. No entanto, estes não avançaram nos anos seguintes, devido à prioridade que foi dada ao desenvolvimento do cultivo de outras espécies, como a dourada, o robalo e o pregado, tanto ao nível de produção como científico (Villanueva e Alonso, 2014) e só recentemente é que começaram a aparecer valores comerciais significativos.

Na década de 90 ocorreu um forte crescimento na produção de espécies de peixes marinhos, principalmente de douradas e robalos, levando à saturação do mercado e consequentemente uma queda significativa dos preços. Isto desencadeou um interesse no cultivo de novas espécies, sendo uma delas o linguado do senegal (Villanueva e Alonso, 2014).

Nos últimos anos foi possível observar algumas variações na produção destas espécies, sendo os valores totais de produção baixos em comparação com os capturados. A partir do ano de 2007, começaram a aumentar significativamente, apresentando um valor de 55

toneladas que aumentou até a um máximo de 349 toneladas no ano de 2010, tendo decrescido ligeiramente no ano de 2012 em que o total registado foi 343 toneladas.

Em 2012, a França apresentou uma produção de 200 toneladas de linguado do senegal, em Espanha foram produzidas 95 toneladas de linguado do senegal e em Portugal a produção foi de 45 toneladas (Bjorndal et al., 2015). Em 2016 a produção aumentou, tendo sido a Espanha, o país com a maior produção de linguado do senegal com o valor de 747 toneladas, de seguida a Islândia com 360 (valor estimado), a França com 260 (valor estimado) e por fim, Portugal com 143 toneladas (OECD, 2019).

Solea senegalensis é uma espécie de peixe com carne branca de elevada qualidade que atinge no mercado um preço médio de 12 a 14 €/kg (Pinto et al., 2018).

Estágio na Safistela - Sustainable Aqua Farming Investments, S.A.

A Empresa

A Safiestela - Sustainable Aqua Farming Investments, S.A. é uma empresa de aquacultura localizada no norte do país, na Estela que faz parte do concelho da Póvoa de Varzim (41.453156, -8.773539). Esta aquacultura pertence ao grupo espanhol Sea8, tal como as empresas Aquacria Piscícolas (localizada na Torreira, Aveiro) e Aquacria Arousa (Pontevedra, Espanha) (Figura 11). Estas três empresas trabalham em conjunto para a produção de linguado do senegal, sendo que o início acontece na maternidade Safiestela, onde se encontram os reprodutores que desovam após manipulações de temperatura ou com fertilização in vitro, as larvas eclodem e se desenvolvem até serem juvenis.



Figura 11: Mapa com a distribuição do grupo SEA8 (SEA8)

Esta unidade foi fundada no ano 1993 como, unidade de produção de pregado (*Psetta maxima*), dirigida pela empresa A. Coelho e Castro, Lda. Em 2012 esta firma foi adquirida pela filial espanhola Sea8 alterando o seu nome para Safiestela. Foi nesta fase que se iniciou a produção de linguado do senegal, tonando necessário a realização de uma remodelação total na empresa.

O grupo Sea8 passou então a apostar fortemente na produção de linguado do senegal, tendo como objetivo ser a maior produtora da península ibérica. A primeira fase de produção dá-se na unidade Safiestela, em que estimam ser produzidos 9 milhões de larvas que darão origem a cerca de 2.5 milhões de juvenis de linguado só no ano de 2021, que são enviados, após o processo de pré-engorda para uma das duas unidades de engorda, a Aquacria Piscícolas situada em Portugal ou a Aquacría Arousa situada em Espanha, sendo esta última, a maior empresa do grupo. No global da empresa, o grupo Sea8 consegue uma produção anual a rondar as 500 toneladas.

Estágio

O estágio foi realizado entre o dia 1 de outubro de 2020 até ao dia 31 de março de 2021. Este estágio profissionalizante consistiu na aprendizagem e na realização das tarefas diárias da empresa, passando por todas as etapas de produção e por todos os setores inerentes a estas. A Safistela está dividida em várias secções que acompanham o ciclo de vida e de produção do linguado desde os reprodutores até à fase final de pré-engorda, cada uma com diferentes funções e métodos de produção. Estas zonas de produção são: a Zona de Reprodutores, a Sala de Incubação, Sala de Desenvolvimento Larvar, Zona de Desmame, a Zona da Nursey, Zona da Pré-Engorda, Zona do Alimento Vivo subdividida na Sala de Rotíferos e Sala de Artémia e por fim a área da maquinaria que se encontra associada a cada uma das secções e compõe todo o Sistema de Recirculação RAS e todos os equipamentos associados.

Zona de Reprodutores

Entende-se por reprodutores todos os indivíduos que atingem a maturidade sexual, capazes de dar origem a gâmetas, permitindo assim o início de um novo ciclo de vida e consequente aumento e continuidade da população da espécie.

No caso específico do linguado do senegal, este tem sido um dos grandes obstáculos à sua cultura e produção, devido à existência de sérios problemas na obtenção de desova fértil da primeira geração de indivíduos cultivados, denominada F1 (Oliveira et al., 2011).

Inerente a este grande obstáculo uma das desvantagens da produção de linguado é a necessidade de se recolher reprodutores selvagens sendo que estes perdem gradualmente o seu desempenho reprodutivo quando colocados em cativeiro (Bjørndal et al., 2015), afetando assim a reprodução contínua da espécie.

Porém com os avanços da tecnologia e dos métodos de produção, em aquacultura de linguado, verificou-se que a reprodução em cativeiro era possível, mas apenas entre machos e fêmeas selvagens ou entre machos selvagens e fêmeas F1 (indivíduos nascidos em cativeiro de primeira geração) mas nunca entre fêmeas selvagens e machos F1 ou entre fêmeas e machos F1. Isto levou a concluir que o obstáculo à reprodução nos F1 se prendia apenas nos machos (Carazo et al., 2011).

O facto de se depender inteiramente de posturas naturais de peixes selvagens representava um risco pois qualquer alteração no bem-estar dos animais ou um desequilíbrio hormonal poderia prejudicar a produção. Como forma a ultrapassar isso, começou-se a investigar a administração de hormonas nos peixes reprodutores (Rodrigues e Rodrigues, 2009).

Chegou-se à conclusão que o linguado macho, na altura de acasalamento, tinha comportamentos de postura para com a fêmea, o que não era observado em machos F1, sendo por isso impossível que ocorra naturalmente posturas e por consequência obter descendência a partir de peixes F1 (Carazo et al, 2011). O grande desafio do momento é saber de onde advém esse comportamento, se é geneticamente passado entre geração, se é algo inato ou se é uma capacidade adquirida através da observação comportamental dos progenitores. Este facto obriga a que se recorra à fertilização artificial de peixes F1 para que se possa efetuar uma reprodução seletiva no linguado. Sempre que a reprodução é feita assegura-se sempre a variabilidade genética das populações.

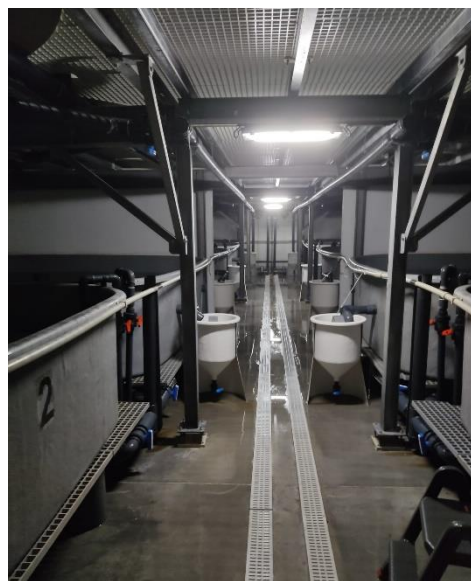
A fertilização artificial é uma técnica que requer a colheita dos óvulos e do esperma para os colocar em contacto num meio propício à fecundação. Esta segue uma série de passos comuns, a todas as espécies, e rotineiros numa aquacultura. Recolhe-se os ovos e o esperma em separado, seguindo-se a mistura e ativação com água, isto é, a fecundação só acontece quando os gâmetas entram em contacto com a água salgada. Por fim são colocados a incubar até que eclodam (Rasines, 2013).

Na Safistela utilizam-se os dois métodos de reprodução em simultâneo, ou seja, são usados linguados selvagens e também F1, sendo estes manipulados in vitro sempre que necessária nova reposição de ovos, ou para realizar uma limpeza gonadal nas fêmeas, algo que é feito periodicamente ou sempre que necessário para o bem-estar destas. Esta fertilização artificial começou com pequenos ensaios para o projeto Rearling com o objetivo de garantir uma estabilidade na produção de alevins e uma futura seleção genética desta

espécie para um crescimento mais rápido e até ao momento tem dado garantias de funcionamento.

Os reprodutores selvagens são capturados, normalmente em produções aquícolas com sistemas extensivos ou semi-intensivos e os reprodutores F1 trazidos das engordas associadas à Sea8 (Aquacria Piscícolas e Aquacria Arousa). No momento de captura destes animais é necessário muito cuidado com o seu manuseamento, pois os animais são facilmente feridos pelas redes, e os que são feridos muito dificilmente se tornarão viáveis para a reprodução e o seu acondicionamento e transporte têm de ser executados de forma cuidada para que se obtenham gâmetas viáveis (Dinis et al., 1999). São transportados de carro, num recipiente de plástico envolvidos num pano húmido (Martín et al., 2017) até às instalações e mantidos em quarentena, numa zona separada da produção, alimentados com congelados como poliquetas, mexilhão e lula, sendo progressivamente introduzida a ração até à aceitação desta. O alimento vai alternando sendo este fornecido manualmente, uma vez por dia, até a observação de saciedade aparente.

Antes de serem transferidos para a Zona de Reprodutores, são analisados para despiste de doenças, registados os dados biométricos e identificados (microchip). A zona dos reprodutores está dividida em 2 salas com 10 tanques cada, tendo uma 3ª sala que serve de quarentena (Figuras 12 e 13). Os tanques têm diferentes temperaturas, uma vez que é o único fator determinante para a realização da reprodução, tendo este um grande impacto no desenvolvimento das gónadas. Em tempos separavam os reprodutores por estações do ano e manipulavam a temperatura e o fotoperíodo, mas concluíram que o fotoperíodo não era um fator relevante. Cada tanque tem uma densidade de 1 a 1,5 kg/m² e com um rácio de macho-fêmea de 1:1 ou 2:1 (Dinis et al., 1999; Imsland et al., 2003; Villanueva e Alonso,



Figuras 12 e 13: Zonas de reprodutores 1 e 2 (fotografia tirada por Pedro Ramos)

2014). Todas estas salas funcionam em sistema de recirculação (RAS), exceto a sala 3 dos reprodutores de reserva que se encontra em sistema aberto.

As posturas são induzidas, em cada sala, pela manipulação da temperatura, assegurando assim uma reprodução natural, mas para reforçar o número de ovos e a sua disponibilidade durante todo o ano também aplicam a fertilização artificial, principalmente com os machos F1. Sempre que as salas estão em repouso, ou seja, não é necessária reprodução, coloca-se uma temperatura mais baixa o que vai induzir uma regressão das gónadas das fêmeas (Cañavate, 2005) e, conseqüentemente paragem na emissão de ovos, faz-se a diminuição da quantidade de alimento inerte ingerido para causar uma diminuição no movimento dos peixes e assim um decréscimo no seu metabolismo (Imsland et al., 2003).

Em termos de comportamento reprodutivo o linguado do senegal é um animal algo complexo, mas semelhante a outras espécies de peixes planos. O acasalamento consiste em 3 etapas: no primeiro, as fêmeas permanecem principalmente quietas e os machos num tipo de perseguição, no passo 2 o macho “descansa” sobre a cabeça da fêmea, até que esta nada e o macho se coloca imediatamente debaixo da fêmea iniciando o mergulho acoplado, no último passo estes continuam a subir a coluna de água em sincronia até à superfície, momento no qual libertam os gâmetas. Durante este processo pode existir a interferência de um segundo macho, a fêmea pode nadar para longe ou ocorrer alguma colisão, na parede do tanque ou noutro objeto (Figura 14) (Carazo et al., 2016).

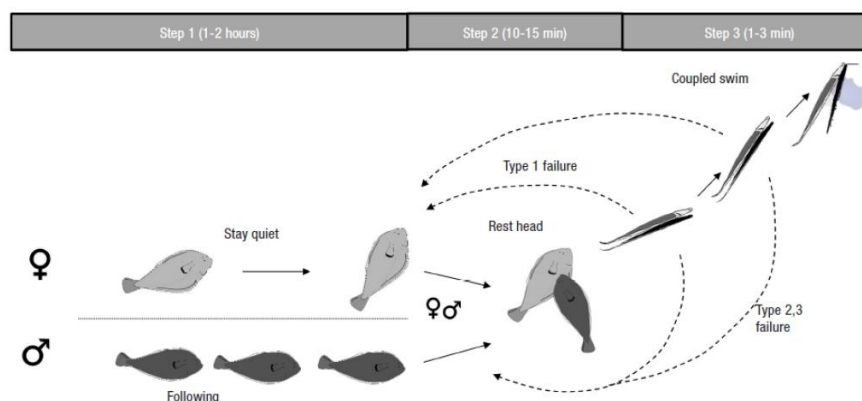


Figura 14: Ilustração das 3 etapas do acasalamento em cativeiro com o período de tempo aproximado de cada etapa. As linhas tracejadas indicam as falhas que podem ocorrer durante o acasalamento (Carazo et al., 2016)

Depois da fecundação externa, que geralmente ocorre durante a noite, os ovos flutuam na coluna de água e ficam retidos num coletor de ovos que nada mais é que um filtro com uma malha de 400 µm colocado à saída de água de cada tanque, onde permanecem em suspensão até ao momento da sua recolção, que é feita na manhã seguinte à fecundação (Imsland et al., 2003), (Villanueva et al., 2014).

As rotinas diárias nesta zona incluem o registo de oxigénio e temperatura da água de cada tanque, 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, dos coletores e dos seus filtros, lavagem e desinfeção de acordo com o Plano de Higienização da zona.

Após a recolção dos ovos pela manhã e antes de serem transportados para a Sala de Incubação é feita uma análise dos mesmos, são pesados e verifica-se a viabilidade destes. A verificação da viabilidade é feita através da flutuabilidade uma vez que os ovos fecundados flutuam e os ovos inviáveis ficam depositados no fundo. Os ovos viáveis são então transportados e colocados em tanques de incubação cilindro-cónicos (Figura 15) de 200 litros de capacidade, com um filtro de 400 μm para que haja uma renovação contínua de água sem perda de ovos, onde permanecem durante 48 horas, com uma temperatura constante de 19 °C, com aerificação, up-welling de 0.5 L/min (Imslan et al., 2003).



Figura 15: Tanque de incubação (fotografia tirada por Pedro Ramos)

A quantidade máxima de ovos colocada em cada incubadora é de 300 gramas. Os ovos apresentam um diâmetro que varia entre os 0,99 e os 1,03 mm, ocorrendo um ligeiro decréscimo no tamanho dos ovos ao longo do período de desova (Dinis et al., 1999; Imslan et al., 2003). A água utilizada, tal como na sala de reprodutores, apresenta uma salinidade superior a 30 usp para que os ovos flutuem. As larvas eclodem 48h depois, referido como o dia 0, com $2,4 \pm 0,1$ mm de comprimento e um peso 0,35mg com pequenas variações consoante o lote e o tamanho do ovo (Villaneuva e Alonso, 2014) e permanecem

nesta sala até ao dia 2 após a eclosão, o que faz com que seja uma das espécies cultivadas atualmente em aquacultura com um período de incubação mais curto.

Durante este tempo passa por todas as fases descritas do desenvolvimento embrionário, primeiras divisões celulares, mórula, blástula, gástrula, contorno do embrião, larva bem formada e a eclosão (Villanueva e Alonso, 2014). As larvas apresentam simetria, possuem a boca e o ânus fechados, alimentando-se apenas das reservas presentes no seu saco vitelino, e apresentam uma atividade muito reduzida, nadando passivamente perto da superfície (Villanueva e Alonso, 2014).

Depois da eclosão dos ovos é feita uma contagem do número aproximado de larvas presentes em cada incubadora, utilizando uma pipeta de 10 ml e fazendo 10 amostragens, de modo a estimar o número de tanques de Desenvolvimento Larvar que serão necessários na próxima fase.

Após a transferência das larvas, os tanques vazios e o material são desinfetados de acordo com o Plano de Higienização da Sala de Incubação. Todos os dias é verificado o caudal e o arejamento dos tanques que estejam a ser utilizados.

Zona de Desenvolvimento Larvar

No segundo dia após a eclosão, as larvas são transferidas para a Sala de Desenvolvimento Larvar e possuem cerca de 3.34 ± 0.08 mm (Dinis et al., 1999), sendo que, nesta fase, se começa a utilizar alimento vivo pela primeira vez. Esta sala está dividida em duas secções, cada uma composta por 6 tanques de 2700 L (Figura 16), sendo que cada um deles contém uma malha central para reter as larvas aquando da renovação de água, sistema de arejamento por difusoras e uma lâmpada suspensa com o fotoperíodo controlado. A densidade ideal das larvas é de 15 larvas por litro, ou seja, pela contagem feita na Sala de Incubação consegue-se distribuir uniformemente os indivíduos aquando o transporte destas.

O fotoperíodo desta sala é mantido com uma duração constante de 16 horas de luz e 8 horas de ausência de luz e com uma intensidade superior nos primeiros dias, por causa da interação do alimento vivo com as próprias larvas. Posteriormente a intensidade é diminuída ao longo dos dias, segundo o protocolo estipulado pela empresa, assim como o caudal. A temperatura ronda os 19 °C e a saturação de oxigénio anda à volta dos 130 %. O sistema de água funciona em regime aberto, uma vez que as larvas, nesta fase do seu ciclo de vida, são muito sensíveis a qualquer alteração que possa existir na qualidade da água (Villanueva e Alonso, 2014), pelo que a salinidade é aproximadamente a do oceano, 35 usp. Uma vez que se trata de animais numa fase precoce do seu ciclo de vida é preciso uma atenção redobrada nos sistemas para garantir a boa qualidade da água do mar e para

isso utilizam-se filtros de cartucho e de areia que removem as partículas de menores dimensões e luz ultravioleta, para a eliminação de vírus e bactérias.



Figura 16: Zona de desenvolvimento larvar (fotografia tirada por Pedro Ramos)

Nos primeiros dias, é adicionada uma pasta de alga aos tanques antes de ligar a iluminação, denominado como o método da “água verde”. Este permite não só a manutenção do valor nutricional dos rotíferos pois a alga serve de alimento aos rotíferos enquanto estes permanecem nos tanques, bem como a estabilização da qualidade da água devido ao consumo de compostos azotados e produção de oxigénio. Proporciona também um melhor contraste das presas que facilita a captura destas pelas larvas (Ferreira, 2009). As larvas são alimentadas inicialmente com rotíferos (*Brachionus plicatilis*) enriquecidos, ocorrendo uma transição para náuplios de artémia (*Artemia salina*) por volta do 5/6 dia, de acordo com o protocolo larvar (Dinis et al., 1999; Villanueva e Alonso, 2014). As larvas são alimentadas 2 a 4 vezes ao dia, dependendo da fase em que o ciclo de produção se encontra. Para determinar a quantidade de rotíferos e/ou artémia a fornecer às larvas em cada refeição, é recolhida uma amostra de água de cada tanque e feita a contagem do alimento presente nesta, utilizando uma lupa. Posteriormente é calculado o ajuste necessário de alimento.

As rotinas diárias realizadas nesta sala incluem o controlo do caudal, que tem de estar nos valores presentes no protocolo da empresa. No caso de estar muito elevado é perdido demasiado alimento prejudicando as larvas, e se estiver muito reduzido, vai ocorrer uma acumulação de alimento vivo nos tanques, consumindo o seu enriquecimento, necessário para o crescimento das larvas. É também realizada uma amostragem diária de 3/4 larvas por tanque, para serem feitas várias medições (Figura 17), possibilitando assim compreender, se o crescimento é o esperado bem como a realização de uma observação

do conteúdo estomacal de cada um dos animais para que se possa perceber se as larvas estão a ingerir o alimento que lhes é fornecido e procurar por alguma anormalidade.

As larvas permanecem nesta sala até que ocorra a metamorfose, fase em que as larvas passam de pelágicas a bentônicas, ou seja, as larvas que vivem na coluna de água vão assentando no fundo do tanque. Associado a este processo acontece uma transformação anatômica que envolve uma rotação de 90° na posição do corpo e a migração do olho para o lado direito (Fernández-Díaz et al., 2001). Depois são retiradas através da sifonagem dos tanques e transferidas para os tanques de destino na Zona de Desmame.



Figura 17: Medição de larvas (fotografia tirada por Pedro Ramos)

Zona de Desmame

Esta zona está subdividida em duas áreas com dois sistemas diferentes: o sistema 1 que funciona em sistema aberto onde se encontram os peixes com menores dimensões, provenientes da Sala de Desenvolvimento Larvar e o sistema 2 que funciona em circuito fechado, com sistema de recirculação de água (RAS), onde se coloca o peixe com uma maior maturidade, proveniente do sistema 1. A Zona de Desmame ainda possui um laboratório e a Zona de Alimento vivo dividida em duas salas, Sala de Rotíferos e Sala da Artémia. A Zona de Desmame possui, na totalidade, 87 tanques, sendo que 69 são tanques quadrangulares (Figura 18) e 18 são tanques com formato “raceaway”, exclusivos do sistema 1. Os tanques quadrangulares possuem uma altura de água de cerca de 20 cm, têm um filtro central que apresenta uma malha com diferentes tamanhos, variando com o crescimento médio da sua população. Os “raceaways” têm um formato retangular que

contém o seu filtro na extremidade oposta à renovação da água, para que assim o alimento se disperse por todo o tanque.



Figura 18: Zona de desmame (fotografia tirada por Tiago Foz)

Quando as larvas são transferidas para o desmame 1, com sensivelmente 13 dias após a eclosão, são colocadas nos “raceways” e são alimentadas ainda com artémia, várias vezes ao dia e de forma manual. Após alguns dias são recolocadas para os tanques quadrangulares (ainda pertencentes ao sistema 1) e é introduzida a alimentação inerte através de alimentadores automáticos que funcionam 24 horas por dia, com temporizador e um ritmo ajustado consoante o “intake” proteico pretendido. A esta passagem gradual do alimento vivo para o alimento inerte é designada por desmame, daí o nome da secção. Esta fase é crucial no ciclo de produção desta espécie, visto que, é necessário que as larvas ingiram o novo tipo de alimento, pois no caso de não ocorrer esta adaptação, os custos de produção ao usar alimento vivo, são excessivos e o seu crescimento é reduzido (Imsland et al., 2003).

O crescimento dos peixes é acompanhado diariamente e são geridos vários fatores como a renovação da água, que aumenta em conformidade com o aumento do peixe, a mudança das malhas dos filtros que também vão aumentando com o aumento destes e o próprio alimento que vai sendo de dimensões maiores com o aumento da boca dos juvenis, começando nos 500 μm e atingindo os 700 μm .

O desmame 2 recebe os peixes provenientes do desmame 1 após a realização de uma triagem manual (Figura 19). Esta triagem tem como principal objetivo a homogeneização da população em termos de crescimento, eliminando todos os peixes de dimensões inferiores ao esperado. Para tal é utilizada uma caixa composta com uma malha de uma dimensão apropriada. O peixe é recolhido com um camaroeiro, cuidadosamente e em pequenas quantidades, sendo colocado numa caixa de polietileno e transportado até ao

tanque de triagem. No tanque de triagem o peixe é transferido da caixa de polietileno para a caixa de rede. Com a ajuda de uma lanterna e com um ligeiro agitar da caixa de rede, o peixe é separado por tamanho, os mais pequenos ficam dentro do tanque de triagem e os maiores passam para um novo tanque previamente preparado. Este processo não só ajuda à uniformização do tamanho do peixe como também permite calcular com uma maior precisão a quantidade de ração que será fornecida, com base no peso médio, e também permite ter um maior controlo das densidades populacionais. Um fator muito importante na realização deste processo de triagem é a luz. Uma vez que o linguado é um peixe algo sensível à luminosidade (espécie com fototaxia positiva), o uso da lanterna permite atrair os indivíduos em direção à malha da rede, fazendo com que os de menor dimensão saiam da rede para o tanque, o que proporciona um rendimento superior e uma diminuição do tempo despendido na triagem. Os que saem da malha, por serem de menor dimensão, serão posteriormente descartados, ao contrário dos que ficam dentro da malha, que prosseguirão na produção. Quando o peixe atinge 1 g, por volta dos 75 dias depois da eclosão, é feita uma nova triagem com uma nova malha, inerente ao tamanho do peixe nesta fase e é transferido à posteriori para a Zona da Nursery. A transferência é realizada de forma cuidada e envolve a cooperação dos elementos de ambos os setores, o peixe é capturado em pequenas quantidades e colocado dentro de caixas de polietileno com água do próprio tanque, o peixe é transportado até ao destino onde é pesado e por vezes vacinado (sempre que os responsáveis achem necessário) e colocado nos novos taques.



Figura 19: Processo de triagem num tanque do desmame (fotografia tirada por Tiago Foz)

Quanto às rotinas deste setor, semanalmente é calculado o peso médio dos juvenis presentes no desmame 2, para que seja possível calcular a quantidade de ração que lhes é fornecida, tendo em conta a densidade populacional que o tanque possui. Todos os dias os tanques do desmame 1 e 2 são limpos com a ajuda de uma escova e retirados (com ajuda de um camaroeiro) os peixes mortos, começando o registo destes no desmame 2. A limpeza do filtro central, a troca do mesmo e os acertos no caudal são efetuados de acordo com o Protocolo de Produção do Desmame. Realizam-se também, diariamente, análises da qualidade da água, incluindo a determinação da salinidade, da amónia, dos nitritos, do potencial redox, da transmitância, da alcalinidade, entre outros. A medição do oxigénio é feita várias vezes ao dia (exceto aos tanques que estão a ser alimentados apenas com a artémia).

Zona de Alimento Vivo

A alimentação fornecida nas fases larvares é considerada um período crítico em aquacultura. Para que uma espécie de zooplâncton seja adequada para a produção em aquacultura, é necessário que seja bem representativa em vários fatores como: ter um tamanho adequado à dimensão da boca da larva para cada estado de desenvolvimento; possua uma flutuabilidade e uma movimentação adequada permitindo a sua captura pelas larvas, devido à sua capacidade de natação ainda ser muito reduzida; apresente uma fácil produção em cativeiro em densidades elevadas, com um ciclo de vida rápido e uma boa resistência ao manuseio; apresente um valor nutritivo adequado ou a possibilidade da transformação de perfil nutricional, através de uma tecnologia de “bio encapsulação”, garantindo que haja um fornecimento constante de alimento, sem que haja falhas que levem mortalidades elevadas na produção. Os principais organismos utilizados como alimento vivo no cultivo larvar de peixes marinhos e que apresentam uma eficácia maior em todos os aspetos importantes acima referidos são os rotíferos (*Brachionus plicatilis*) e artémia (*Artemia spp.*). Um dos fatores mais importantes deve-se à facilidade de produção destes organismos com uma elevada biomassa. No entanto, estes organismos não possuem todos os requisitos nutricionais essenciais às larvas, sendo necessário o seu enriquecimento com microalgas e emulsões (Ferreira, 2009).

Sala de Rotíferos (*Brachionus plicatilis*)

Os rotíferos (Figura 20) são pequenos metazoários, que apesar de não serem uma espécie que se encontra em grandes quantidades no zooplâncton marinho, é bastante utilizada em aquacultura, pois apresenta características ideais para a alimentação das

primeiras fases larvares. Apresentam uma dimensão pequena (120-300 µm), uma mobilidade bastante reduzida com uma natação lenta, uma possibilidade de cultura em elevadas concentrações e a possibilidade da manipulação do seu perfil nutricional, através de variadas técnicas (Ferreira 2009). São utilizados entre o dia 3 depois da eclosão, após o gasto das reservas vitelinas, até ao dia 5/6 até que as larvas tenham a dimensão necessária para se alimentarem de artémia.



Figura 20: Larva marinha, rotíferos e artémia (FAU, 2019)

O ciclo de vida dos rotíferos *Brachionus plicatilis* é na maior parte do tempo assexuado, por via partenogénica, isto é, as fêmeas (partenogénicas) formam ovos diploides, não fecundados, que dão origem a novas fêmeas (Ferreira, 2009). Este ciclo pode ser interrompido através da alteração de fatores de origem exógena (temperatura, alimentação, densidade de população, etc.) ou endógena (idade), resultando na reprodução sexuada. Na produção em grande escala, a reprodução assexuada é a que se utiliza na maior parte do tempo, sendo a mais rápida e eficiente (Ferreira, 2009).

Na Safistela existem 4 tanques cilindro-cónicos de 600 L (Figura 21) para o cultivo/manutenção de rotíferos e um tanque de 200 L exclusivo para o enriquecimento, todos eles com arejamento, uma saturação de oxigénio de 80-100 %, temperatura constante 26 °C e uma salinidade idêntica à do mar. A temperatura é mantida constante, através da utilização de resistências que possuem termostatos, e são colocadas difusoras de ar e de oxigénio nos tanques, que permitem distribuição uniforme de rotíferos e do seu alimento pelo tanque.

Existem diferentes fases ao longo do ciclo da produção. É mantida uma cultura de manutenção durante o tempo em que não são utilizados rotíferos para alimentar larvas. Todos os dias são recolhidas amostras de água de cada tanque para estimar os milhões

de rotíferos presentes no meio, para posterior cálculo da quantidade de alimento necessário a fornecer aos meios. Os rotíferos são alimentados, 5 vezes ao dia, em horários estipulados pela empresa, com produtos comerciais à base de algas e leveduras.

Para manter a produção/manutenção constante de rotíferos são feitos pequenos ciclos de cultivo com uma duração de 3 dias, ou seja, um tanque quando inoculado encontra-se na idade zero do cultivo, este vai crescendo até à idade 3, dia no qual se faz a troca do meio de cultura. Estes são filtrados através de um coletor, que possui uma malha que os aprisiona e que vai permitir ainda a saída de outros microrganismos mais pequenos e de partículas em suspensão, evitando assim a contaminação do meio. Seguidamente é realizada uma lavagem e contagem do número de milhões de rotíferos disponíveis. A partir deste, é inoculado um novo tanque, com o valor estipulado de acordo com o Protocolo de Cultivo e Enriquecimento da Sala de Rotíferos. A isto designa-se de bipartição do meio de cultura, isto é, na altura em que é necessária a utilização de rotíferos para a alimentação larvar, dividem-se os rotíferos de um tanque para vários, para que seja possível fazer uma recolha diária e constante destes.



Figura 21: Sala dos rotíferos (fotografia tirada por Tiago Foz)

Caso hajam larvas que no dia seguinte sejam alimentadas com rotíferos, é retirado também desse filtrado, a quantidade necessária de rotíferos que será colocada a enriquecer durante 24 horas com um produto de enriquecimento formulado com ácidos gordos essenciais, nutrientes e vitaminas proporcionando um valor nutricional adequado às larvas de linguado. Após enriquecidos são filtrados, lavados e feita uma contagem para determinar a concentração. De seguida, são armazenados em frio a uma temperatura constante de 4°C de modo a baixar o metabolismo para que não percam as suas propriedades até que sejam fornecidos às larvas.

Nesta sala ainda são realizadas várias rotinas como a lavagem e desinfecção de tanques, chão e pedilúvios e feito o controlo de oxigénio nos tanques e da temperatura utilizando um oxímetro.

Sala de Artémia (*Artemia spp.*)

A *Artemia spp.* é um crustáceo braquiópode, possui uma ampla distribuição geográfica podendo ser encontrada em todos os continentes, em salinas ou lagos salgados (acima dos 70 ppm de salinidade onde não existem predadores). Na época das chuvas torna-se relativamente comum a presença dos seus ovos junto à margem, arrastados pelo vento. Os cistos que são largados pelas fêmeas, que são ovos em estado de dormência (cistos de diapausa) com cerca de 200-300 µm de diâmetro, só eclodem 24 horas depois quando introduzidos em água e com as condições do meio adequadas de modo a obter uma elevada taxa de eclosão. Para que haja a eclosão dos ovos, basta que ocorra a reidratação dos mesmos. A dimensão da Artémia varia entre 0,45 mm (náuplio) e 1,5 cm (adulto) (Ferreira, 2009).

Os náuplios de *Artemia spp.* são recolhidos de lagos salgados ou salinas, depois têm de ser desinfetados e comercializados a seco (Sorgeloos et al., 2001). Os cistos recolhidos têm a forma bicôncava e possuem propriedades higroscópicas, quando são colocados em água novamente, aumentam de volume ficando com uma forma esférica (Ferreira, 2009). A produção da artémia inicia-se com a incubação de cistos em tanque cilindro-cônicos (Figura 22) de 600 ou 300 L, dependendo da quantidade necessária para alimentar as larvas, sendo que esta deve ser realizada sobre as condições que se descrevem de seguida, para assegurar uma máxima taxa de eclosão.



Figura 22: Sala de artémia (fotografia tirada por Pedro Ramos)

Os níveis de oxigénio são medidos regularmente e devem ter valores acima de 5 mg/L, para isso deve ser realizado um arejamento contínuo e forte, a temperatura da água é mantida constantemente a 29 °C, com recurso a resistências com termostatos individuais

colocados em cada tanque, salinidade entre os 20 e os 32 usp, o pH deve ser 8 ou superior (consegue-se estes valores com a introdução de hidróxido de sódio, isto é, soda cáustica) e cada tanque tem uma iluminação individual garantindo uma intensidade luminosa alta, com cerca de 2000 lux durante todo o processo. Além disso a densidade dos cistos não deve ultrapassar os 2 g/L (Ferreira, 2009).

Após 24 horas, os náuplios de Artémia estão prontos para serem recolhidos e separados dos cistos. É desligada a resistência, a difusora, e arejamento, deixando repousar um pouco para conseguir fazer uma pequena purga para retirar os cistos que ficam no fundo do tanque. Desliga-se também a luz devido às larvas apresentarem fototropismo positivo e assim, estas não se concentram na superfície facilitando a saída destas pelo fundo do tanque. Os cistos de artémia comercializados são envolvidos num material não tóxico que apresenta magnetismo. Depois da eclosão, os náuplios são passados pelo Sep-Art, uma estrutura que possui um conjunto de discos constituídos por um material que apresenta magnetismo, aprisionando os cistos e deixando passar os náuplios de artémia (INVE Aquaculture, 2019). Estes náuplios são recolhidos para um coletor, lavados com água salgada e transferidos para um outro tanque para o enriquecimento.

Durante este processo de enriquecimento é administrado um produto comercial de acordo com o protocolo da empresa, a temperatura é mantida nos 25 °C, e as restantes condições muito semelhantes às da eclosão. Terminadas as 24 horas, a artémia enriquecida é recolhida para um coletor, faz-se uma lavagem com água salgada para retirar produtos resultantes do metabolismo e o excesso de gordura dos produtos de enriquecimentos (Villanueva e Alonso, 2014). À posteriori é realizada uma contagem para se certificar a quantidade esperada de artémia necessária para alimentar as larvas dos alevins.

Finalizado o processo de bio encapsulação, os náuplios de artémia são armazenados em frio, numa temperatura a rodar os 4 °C, de modo a evitar o seu crescimento minimizando a perda de valor nutritivo até serem fornecidos às larvas, bem como reduzir o crescimento bacteriano (Ferreira, 2009).

No final da recolha da artémia eclodida e da artémia enriquecida, é necessário lavar e desinfetar todos os tanques utilizados, coletores, difusoras, tubos de arejamento e o restante material utilizado, bem com o chão desta sala de acordo com o Plano de Higienização da Sala de Alimento Vivo. Posteriormente, é necessário preparar os tanques para serem utilizados no dia seguinte. As outras rotinas que são realizadas neste local, são o controlo de oxigénio nos tanques e temperatura, utilizando um oxímetro, é feito o ajuste de pH pela adição de Hidróxido de sódio e ainda é preparada a quantidade correta de enriquecimento para fornecer à artémia, sendo este fornecido várias vezes ao dia.

Zona da Nursery

Esta zona é composta por 56 tanques “raceways” (Figura 23) de 11 m de comprimento, contendo cerca de 15 cm de coluna de água. Os tanques estão divididos em 4 patamares subdivididos em duas secções, a norte e a sul. Os animais apresentam cerca de 1 g de peso e permanecem nesta zona até atingirem cerca de 7 g, por volta dos 140 dias, após a eclosão, consoante o tamanho do peixe aquando a triagem. Trata-se de um estágio intermédio entre o Desmame e a Zona de Pré- Engorda. Nesta zona, é utilizado um regime de recirculação de água (RAS).



Figura 23: Zona da Nursery (fotografia tirada por Tiago Foz)

A alimentação é fornecida por alimentadores automáticos e a quantidade de ração é estipulada pela empresa de acordo com a biomassa de cada tanque, sendo necessário determinar o peso médio de cada tanque periodicamente de modo a ajustar a quantidade de ração a fornecer, de acordo com o Protocolo de Produção da Nursery. Esta varia de tamanho consoante o peso médio do peixe, sendo que os “pellets” vão desde os 800 μm até aos 1500 μm . Durante este período é utilizada iluminação de baixa intensidade, para mimetizar as condições que existem no meio natural, visto que o linguado é um animal bentónico e que muitas vezes se enterra no substrato.

Para as triagens, os peixes, quando atingem cerca de 5 gramas e possuem cerca de 150 dias após a eclosão, são retirados do tanque, realizando um cerco, com o auxílio de uma rede apropriada para facilitar a captura dos peixes e encaminhados para uma calibradora, onde são previamente selecionados os peixes que se encontram com sintomatologia anormal, com deformações ou despigmentados, isto feito de forma manual. Os restantes peixes seguirão para uma área da máquina onde serão separados por tamanhos e contados mecanicamente. Os peixes de pequenas dimensões são descartados, devido à

sua baixa capacidade de crescimento. O processo é finalizado com a transferência dos peixes para os tanques de destino e lavagem dos tanques que ficaram vazios. Nesta fase de produção apenas é realizada uma triagem.

Como rotina diária é feita uma limpeza dos tanques usando escovas, sendo limpa a saída de água com mais cuidado, pois é a zona onde se acumula mais ração e dejetos dos animais. Durante este processo é também realizada a recolha de animais mortos ou com sintomatologia anormal, registando sempre o número retirado em cada tanque. Estes dois processos apresentam uma enorme importância, pois como se utiliza um regime de recirculação de água, todo o material que se encontra em decomposição nos tanques, deteriora a qualidade da água do sistema. O material utilizado é lavado e desinfetado bem como o chão e pedilúvios de acordo com o Plano de Higienização da Nursery.

Quando os peixes atingem um valor de crescimento de cerca de 7 g os grandes e 4 g os médios (após triagem) são transferidos para a Zona de Pré-Engorda onde irá terminarem o seu ciclo de produção na Safistela, sendo encaminhado depois para as engordas do restante Grupo Sea8.

Zona de Pré-engorda

Esta secção é o último destino de todos os linguados da Safistela antes de saírem da empresa e foi a última a ser construída, apenas sendo implementada em 2020. É o fim da linha de produção de *Solea senegalensis* antes de partirem para as engordas do restante Grupo Sea8, Aquacria Piscícolas (localizada na Torreira, Aveiro) e Aquacria Arousa (Pontevedra, Espanha) antes de chegarem ao consumidor.

Esta zona em termos de funcionamento é uma cópia da Nursery, apenas com a diferença que trabalha com o peixe numa fase mais avançada do seu crescimento, digamos que é um estágio intermédio entre os juvenis e a engorda propriamente dita. É composta por dois andares com um total de 40 tanques (Figura 24), em formato “raceway”, distribuídos de igual forma pelos dois pisos. Os tanques têm cerca de 30 metros de comprimento, com a saída de água numa das extremidades e o sistema de filtragem e esgoto na outra, para assim o caudal fluir apenas numa direção. Contêm dois alimentadores automáticos, um no início do tanque e outro a meio para assim haver uma distribuição uniforme do alimento, sendo a quantidade de ração estipulada pela empresa de acordo com a biomassa de cada tanque. Prevê-se ainda a colocação de difusoras de oxigénio, em cada tanque, para o caso de haver alguma emergência ou falha no sistema de oxigenação. Toda esta área funciona em sistema fechado, ou seja, sistema de recirculação de água (RAS), sendo que o sistema de encontra no lado de fora das instalações. Há um sistema para cada um dos pisos, sendo

eles de igual funcionamento à exceção do sistema do piso superior ter uma bomba para conseguir elevar a água até à sua quota e assim descer pela gravidade.



Figura 24: Zona de pré-engorda

O peixe chega da Nursery com um intervalo de 4-7 gramas e 170 dias de desenvolvimento pós eclosão e é colocado num tanque previamente preparado para o receber. São alimentados exclusivamente com ração, variando esta no tamanho dos “pellets” desde 1500 μm até 1900 μm . O ambiente das instalações é de baixa luminosidade, como em todos os estágios de produção uma vez que o linguado é sensível à luz. Apenas é feita uma triagem para novamente homogeneizar a população em termos de crescimento e haver um controlo mais aprofundado das densidades. Cada tanque encontra-se composto com cerca de 20 000 - 25 000 mil peixes antes da triagem e depois divide-se em cerca de 20 000 os triados de menor tamanho e 17 000 os de grandes dimensões, isto é, vários tanques triados vão preencher dois tanques ou mais tanques (caso necessário) até perfazerem o número de médios (20 000) e de grandes (17 000). A triagem processa-se de igual forma como na Nursery, apenas com uma gama maior de intervalos de tamanho, tamanho esse calculado a partir da altura do lombo do peixe. É realizada também o cálculo dos pesos médios aquando a triagem de um tanque. Todos os peixes que apresentarem algum tipo de doença ou anormalidade são descartados, bem como os peixes de menores dimensões, uma vez que nunca irão conseguir acompanhar o desenvolvimento e acabariam por morrer. De frisar que todos os peixes descartados desde o primeiro dia de produção são depois congelados e recolhidos por uma empresa especializada em

resíduos, a Ambimed, que depois de os classificar, pode transforma-los em subprodutos ou, em caso de impossibilidade, serão incinerados.

Diariamente, procede-se à limpeza dos tanques utilizando escovas e faz-se a verificação de existência de peixes mortos ou com sintomatologia anormal, e caso existam, regista-se o número retirado de cada tanque. O material utilizado é lavado e desinfetado bem como o chão e pedilúvios de acordo com o Plano de Higienização da Pré-Engorda. São também medidos e controlados todos os parâmetros físico-químicos do sistema de modo a prevenir qualquer alteração no bom estado da água do mesmo. Estes parâmetros não diferem muito dos outros sistemas de RAS da empresa, a temperatura ronda os 17-20 °C, saturação de oxigénio no patamar dos 140, um pH neutro de 7,5, um potencial redox entre 150/250 mV e a salinidade de 35 usp, igual à do mar.

Quando o peixe atinge entre 10-20 g, acaba o processo de desenvolvimento dos juvenis e é transferido para as Engordas do grupo (Aveiro ou Espanha) sendo transportado num camião adequado para o efeito. Os peixes passam por um período de jejum antes do transporte para reduzir a quantidade de matéria orgânica excretada pelos peixes durante o transporte, para que a condição da água dos tanques se mantenha estável. A distribuição dos peixes é feita de igual forma entre os tanques do veículo de transporte, de modo a garantir uma biomassa constante e estável (Lekang, 2013). Termina assim o seu ciclo de produção na Safistela - Sustainable Aqua Farming Investments, S.A.

Recirculating Aquaculture System – RAS

A aquacultura é o setor de produção animal que apresenta um maior crescimento a nível mundial, e sendo assim é necessário otimizar este processo de forma a aumentar a rentabilidade e a mitigar o impacto ambiental deste setor (Badiola et al., 2012; Bregnballe, 2015; Martins et al., 2010; Zhang et al., 2011). Os sistemas RAS (sistema de recirculação de água) foram desenvolvidos devido às crescentes regulamentações impostas a nações com acesso limitado a terra e água, dando importância a uma aquacultura sustentável (Martins et al., 2010, Zhang et al., 2011). Estes sistemas consistem na recirculação de água após um tratamento mecânico, biológico e químico (Bregnballe, 2015), permitindo que mais de 90% da água seja reutilizada (Badiola et al., 2012), existindo perdas apenas por evaporação e limpeza.

Uma utilização mais eficiente de água, um menor impacto ambiental (Zhang et al., 2011), controlo dos parâmetros de produção permitindo condições estáveis e ótimas ao peixe proporcionando uma redução do stress e do aparecimento de doenças, evidenciando um melhor crescimento (Bregnballe, 2015) são algumas das vantagens associadas a este sistema também utilizado na aquacultura Safiestela.

Modelo dos Tanques

Em aquacultura existem variadíssimos modelos de tanques que podem ser utilizados em sistema fechado, ou seja, sistema de recirculação de água. Para que seja feita uma escolha consciente e moderada do estilo de tanque a utilizar, há vários fatores que se tem de ter em conta como, a espécie alvo que se deseja produzir e todas as suas características físicas e morfológicas como o intervalo de tamanho do animal, o seu formato – se é fusiforme, achatado et cetera, tendo também em consideração a altura de água necessária e não descurando questões como a sua limpeza e manutenção. Após avaliação de todos estes fatores há um leque diversificado de tanques ajustáveis ao sistema.

No caso da produção de um peixe plano, como o linguado do senegal, *Solea senegalensis*, é necessário a utilização de um tanque com uma área de superfície grande, não sendo essencial apresentar uma profundidade elevada, nem uma renovação de água alta em comparação com outras espécies. Consoante o seu estágio de desenvolvimento e o seu ciclo de vida, a produção pode e deve ser feita em diferentes tanques, correspondendo assim às exigências do animal, para que o seu bem-estar seja assegurado e a produção seja assim maximizada.

Na Safistela são utilizados vários modelos, aos quais já mencionei ao longo do relatório, como tanques quadrangulares com uma altura de água elevada, no caso da Zona de Reprodutores, tanques quadrangulares com uma altura de água reduzida para a Zona de Desmame, tanques cónico-cilíndricos para as Salas de Incubação, Desenvolvimento Larvar, bem como toda a Zona do Alimento Vivo e por fim tanques “raceway”, na Zona da Nursery e Pré-Engorda, às quais darei uma maior ênfase.

Durante as fases de produção da Zona da Nursery e Pré-Engorda são utilizados tanques quadrados de fibra de vidro, com esquinas arredondadas, do tipo “raceway” e com uma altura de água entre os 30 e os 50 cm. A água é bombeada por um dos lados e recolhida no lado oposto para que assim o caudal seja uniforme e ajude a dispersar o alimento bem como levando os detritos para o filtro, apresenta uma coluna de água baixa e uma área de superfície grande, para assim se conseguir um bom rácio de número de peixes por m². O principal problema deste tipo de tanque, é a variação da distribuição de oxigénio pelas diferentes zonas, pelo que é necessário assegurar atenção para que não se criem zonas anóxicas no final do tanque, situação à qual se contraria com uma saturação de oxigénio elevada e/ou em caso de emergência com difusoras de oxigénio. Outra desvantagem para estes tanques é a sua baixa capacidade de autolimpeza, ao qual obriga a limpezas rotineiras na superfície do tanque por parte dos técnicos de produção (FAO, 2020).

Remoção de Resíduos Sólidos

Os sólidos em suspensão são sinónimo de enormes impactos negativos nos sistemas de recirculação, como por exemplo, os resíduos acumulam-se nas brânquias dos peixes, dificultando as trocas de oxigénio com o exterior e facilitando a proliferação de microrganismos patogénicos (Timmons e Ebeling, 2010). Esta acumulação sucessiva, ao longo de vários ciclos de produção, pode pôr em causa também, o bom funcionamento do biofiltro, prejudicando a eficiência das bactérias nitrificantes ao facilitar o aparecimento de microrganismos heterotróficos (Zhang et al., 2011), sendo que um dos principais objetivos de qualquer sistema RAS é a remoção dos desperdícios orgânicos (Badiola et al., 2012). Durante todas as fases de produção, os sólidos em suspensão resultam das excreções produzidas pelos animais, do biofloc (bactérias vivas e mortas) e do alimento não ingerido. Ocorre a acumulação de matéria orgânica, com tamanhos que podem variar, entre alguns centímetros até aos micrómetros e que degradam a qualidade da água do sistema. A matéria orgânica encontra-se na água de diferentes formas, a matéria orgânica em suspensão (MOS) e a matéria orgânica dissolvida (MOD), sendo que o total de sólidos suspensos na água pode ser designado por (TSS), podem ser encontrados também nutrientes como o azoto (N) e o fósforo (P), e compostos orgânicos e inorgânicos específicos, como por exemplo medicamentos (Piedrahita, 2003). Para a redução destes compostos na água, é importante que se melhorem as técnicas de produção para que se consiga um fator de conversão alimentar (FCR) cada vez menor, resultando assim numa menor contaminação e concentração de TSS na água do sistema.

Para a remoção e eliminação destas partículas, é preciso utilizar os mecanismos apropriados consoante o tamanho das mesmas. Para a remoção das partículas suspensas de maiores dimensões, é utilizado um filtro de tambor rotativo, ou rotofiltro, (Figura 24) com uma malha, sendo este método o mais eficaz na remoção de grande quantidade de TSS (Jeffery et al., 2011). A água entra no tambor e passa pelas telas, sendo utilizada a força gravítica para forçar a água a transpor esta barreira. Os sólidos presentes na água ficam retidos na malha do tambor e, através da utilização de jatos de água, que realizam “backwash” removem-se os sedimentos da malha, que são posteriormente encaminhados para um tanque de resíduos. Para a remoção de resíduos sólidos, são também utilizados filtros de areia. A água ultrapassa a areia presente nos filtros, e a matéria orgânica que contém fica aprisionada nos sedimentos de sílica. Diariamente é feito um “backwash” manual, para remover a matéria orgânica presente no filtro de areia. Mesmo com a utilização dos métodos descritos em cima, partículas de menores dimensões podem continuar na água, maioritariamente devido à lixiviação de partículas maiores e por essa razão, o sistema começa a acumular espuma. Esta espuma resulta principalmente da

dissolução de proteínas, e é responsável pela degradação da água, favorecendo o desenvolvimento de agentes patogénicos no sistema. Para a remoção destas partículas, é utilizado um protein skimmer (Figura 25), a água é colocada numa coluna fechada, sendo injetado ozono para facilitar a formação de bolhas de ar que sobem ao longo da coluna e aprisionam a matéria orgânica presente na água, formando espuma no topo da coluna, que é posteriormente limpa com água (Timmons e Ebeling, 2010).



Figura 25: Filtro de tambor rotativo e biofiltro (fotografia tirada por Tiago Foz)

Filtração Biológica – Remoção de Compostos Azotados

Um dos grandes desafios da aquacultura é a oxigenação uma vez que em condições normais a concentração de oxigénio na água é de 100 %, mas com as atividades metabólicas dos animais, que aumenta durante o período de alimentação, este valor decresce (Zhang et al., 2011). Em “recirculating aquaculture system (RAS)” é crucial manter a saturação de oxigénio com uma taxa elevada, para que a performance de produção dos animais, bem como o seu bem-estar e funcionamento do biofiltro sejam maximizados. Esta concentração elevada de O_2 também vai assegurar que os níveis de CO_2 se mantenham baixos, pois a acumulação deste gás torna o ambiente tóxico tanto para os peixes como para as bactérias do biofiltro. Em sistemas de produção intensivas, devido a baixa renovação da água, é necessário utilizar mecanismos que mantenham os níveis de oxigénio elevados e os de dióxido de carbono baixo, para haver um equilíbrio químico e o método mais comum é a aerificação da água. Em recurso é possível utilizar, oxigénio no estado líquido (Figura 26) sendo que esta técnica é o que se pratica na Safistela (Bregnballe, 2015; Timmons e Ebeling, 2010; Zhang et al., 2011).



Figura 26: Zona de depósito de oxigénio líquido (fotografia tirada por Tiago Foz)

Outro grande desafio e problema que encontramos na aquacultura são as doenças, quer esta seja feita em regime intensivo como extensivo. Estas doenças podem ser desencadeadas por vírus, bactérias, fungos e parasitas. Em RAS, estas doenças podem ser prevenidas, por exemplo, com uma boa gestão da qualidade da água e apesar deste sistema apresentar uma renovação baixa de água, podem aparecer organismos patogénicos que provocam prejuízos enormes quando essa gestão é mal feita ou inexistente (Bregnballe, 2015; Timmons e Ebeling, 2010).

Um dos métodos de tratamento de água utilizado em aquacultura, é a desinfecção por ultravioleta (UV), que consiste na utilização de radiação em comprimentos de onda específicos que destroem o ADN dos agentes patogénicos. Para que este método seja eficaz, é necessário assegurar que a filtração da água seja eficiente, pois a acumulação da matéria reduz a sua eficiência (Bregnballe, 2015). Este sistema está inserido individualmente nos sistemas de água na Zona de Desmame e na Zona de Reprodutores, porém há ainda um sistema de UV na captação de água, ou seja, toda a água que circula na instalação da Safistela passou por um tratamento pot ultravioleta.

Além do UV, que é um método extremamente dispendioso, um dos meios mais utilizados em sistemas fechados é a desinfecção por ozono. Este método é extramamete eficaz uma vez que o ozono apresenta uma forte capacidade de oxidação de matéria orgânica, destruindo com eficácia os microrganismos que estão presentes no meio e é também capaz de reduzir a matéria orgânica mais fina presente na água, que consegue passar através dos outros tratamentos de filtração, contribuindo para que a água do sistema se mantenha mais límpida (Bregnballe, 2015; Timmons e Ebeling, 2010). Porém são precisos muitos cuidados na instalação e utilização deste químico uma vez que o O^3 apresenta toxicidade elevada para os animais, podendo causar lesões graves nos mesmos,

apresenta também toxicidade para os trabalhadores, pelo que tem de ser instalado seguindo normas de segurança apropriadas.

Na Safistela o ozono é gerado in situ, num gerador (Figura 27), e é injetado na água onde permanece durante um período definido, oxidando os compostos orgânicos presentes na água e posteriormente é retirado da água utilizando uma torre de desgaseificação. Também é utilizado um destruidor de ozono que serve para destruir o ozono libertado no estado gasoso no cone do “skimmer” e evitar que este vá para o ar exterior, evitando assim que com as correntes de ar este possa chegar ao interior da instalação, o que seria um perigo para os trabalhadores. Para controlar este processo, é feito diariamente a análise do bromo (Br) presente na água, pois o ozono em água salgada reage com seus iões, formando oxidativos tóxicos para os peixes (Timmons e Ebeling, 2010).



Figura 27: Gerador de ozono (fotografia tirada por Tiago Foz)

Controlo e Análises da Qualidade da Água

Diariamente são feitas análises à qualidade da água de todo os sistemas na Safistela - Sustainable Aqua Farming Investments, S.A.. Para o desmame 1 é medida a temperatura, a salinidade, o pH bem com a transmitância ($\lambda 400$ e $\lambda 500$) que permite determinar a quantidade de sólidos em suspensão e assim verificar a eficiência do sistema de filtração. Para o desmame 2, para a nurse e para a pré-engorda é analisada a temperatura, a salinidade e o pH da água, assim como análises químicas à amónia e aos nitritos. Todos estes parâmetros são analisados através de um oxímetro, um refratómetro, uma sonda e um espectrofotómetro existentes no laboratório da empresa.

A amónia resulta do catabolismo das proteínas e também da decomposição das proteínas presentes nos restos de alimentos e fezes, esta é tóxica para os peixes, e deve ser inferior a 1 mg / L em tanques de cultura (Ajani et al., 2011). O nitrito é o produto intermédio da oxidação da amónia ao nitrato, também é tóxico, e o nível abaixo de 0,5 mg/L é,

geralmente, desejável em sistemas de cultivo de peixes (Ajani et al., 2011). O nitrato é o produto final da oxidação da amônia, este composto não é tóxico para a maioria das espécies de peixes, mesmo em concentrações tão altas quanto 200 mg/L (Dauda e Akinwole, 2015), e por isso este parâmetro não é analisado. É feita uma análise do bromo para controlar a presença de ozono na água salgada pois este reage com os seus iões formando oxidativos tóxicos para os peixes (Timmons e Ebeling, 2010). Também é analisada a transmitância e uma verificação do valor redox (que está disponível num painel de controlo), se o valor estiver abaixo ou acima do estipulado, é necessário verificar o sistema de ozono, uma vez que este influencia este parâmetro.

Conclusão

A realização deste estágio permitiu aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do mestrado, contribuindo para o desenvolvimento das capacidades técnicas no manuseio dos reprodutores, larvas e juvenis do linguado do senegal, de técnicas de produção de alimento vivo, artémia e rotíferos, usados na alimentação das larvas de linguado, bem como o desenvolvimento de competências do controlo da qualidade da água. Permitiu conhecer também as rotinas de todas as zonas de produção, acompanhando assim todo o ciclo de vida da espécie, bem como as áreas auxiliares desta mesma produção.

Destaco, pela positiva e pelo contributo que tiveram para o sucesso do estágio, a atitude pedagógica que todos os profissionais da empresa mantiveram, sempre me ensinando e até mesmo ouvindo todas as ideias que dava ao longo de todo este processo.

Por fim, este estágio proporcionou-me um conjunto de experiências e vivências enriquecedoras que contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional, e como prova do sucesso do estágio fui convidado para trabalhar na empresa logo no dia seguinte ao término deste estágio.

References

Ajani, E. K., Akinwale, A. O., Ayodele, I. A. 2011. Fundamentals of fish farming in Nigeria. Walecrown Publishers, Ibadan, Nigeria. 158.

Badiola, M., Mendiola, D., Bostock, J., (2012). Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. Aquaculture Engineering 51, 26–35.

Balon, E.K. 2004. About the oldest domesticates among fishes. Journal of Fish Biology. 65: 1–27.

Bardach, J.E., Ryther, J.H., McLarney, W.O. 1972. Aquaculture: The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms. John Wiley and Sons Inc., London.

Beveridge, M.C.M. (2004). Cage Aquaculture, Third edition, Blackwell Publishing, pp. 111-158.

Bjorndal, T., Guillen, J., Imsland, A., Oiestad, V., 2015. Sole: Production and markets. Globefish Research Programme, 118. Rome. FAO 2015. 72pp.

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.95pp.

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., 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

Carazo, I., Chereguini, O., Martín, I., Huntingford, F., Duncan, N. (2017). Reproductive ethogram and mate selection in captive wild Senegalese sole (*Solea senegalensis*). Spanish Journal of Agricultural Research, 14(4), 0401.

Costa-Pierce, B.A. 2002. Ecological Aquaculture: The Evolution of the Blue Revolution. Blackwell Science Ltd, Oxford.

Dauda, A. B., e 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. 1986. Quatre Soleidae de l'Estuaire du Tage. Reproduction el Croissance. Essai d'Élevage de *Solea senegalensis* Kaup1858. Thèse d'Étatès-Sciences Naturelles, Université de Bretagne Occidentale, France.

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

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.

FAO. (2020). The state of world fisheries and aquaculture. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*

FAU. 2019. Live feeds for marine fish larvae. Acedido em: 1 setembro, 2019, em: <https://www.fau.edu/hboi/aquaculture/Livefeeds%20Pompano%20workshop%20ARC2013.pdf>

Fernández-Díaz, C., Yýfera, 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: 2020, em: <http://www.fishbase.org/summary/Soleasenegalensis.html>

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 *Solea senegalensis*. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 13: 379-407.

INE e DGRM Instituto Nacional de Estatística e Direcção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos. 2019. Estatísticas da Pesca 2018. Lisboa, Portugal.

Lekang, O. I. 2013. Transport of live fish. *Aquaculture Engineering*. Chichester, UK: John Wiley e Sons: 328-338.

Martín, I., Gutierrez, J. R., Martos-Sitcha, J. A., Rasines, I., Rodríguez, C., Mancera, J. M., Chereguini, O. (2017). Prolonged emersion of *Solea senegalensis*, Kaup 1858, for its application in transport. *Aquaculture Research*, 48(7), 3393-3400.

Martins, C. I. M., Eding, E. H., Verdegem, M. C. J., Heinsbroek, L. T. N., Schneider, O., Blancheton, J. P., Roque d'Orbcastel, E., Verreth, J. A. J. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, 43(3): 83-93.

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.

Mozaffarian, D., Rimm, E. B. (2006). Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. *JAMA*, 296(15), 1885–1899.

OECD. 2019. "Fisheries: Production from aquaculture". OECD Agriculture Statistics (database). Acedido em 2020, em: <https://doi.org/10.1787/data-00225-en>

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 e Integrative Physiology*. 159(3): 291–295.

Pinto, W., Engrola, S., Conceição, L. E. 2018. Towards an early weaning in *Senegalese sole*: A historical review. *Aquaculture*. 496: 1-9.

Rabanal, H.R. 1988. History of Aquaculture. ASEAN/UNDP/FAO Regional Small-Scale Coastal Fisheries Development Project, Manila.

Rasines, I, 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 Biología de Organismos e Sistemas, Oviedo 3013

Rodríguez, R.B. 1984. Biología y cultivo de *Solea senegalensis* Kaup 1858 en Golfo de Cádiz. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla, España. 207.

Sorgeloos, P., Dhert, P., Candreva, P. (2001). Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. In *Aquaculture*. 200(1-2), 147-159.

Timmons, M. B., e Ebeling, J. M. (2010). *Recirculating aquaculture*. Ithaca, NY: Cayuga Aqua Ventures.

Villanueva, J. L. R., Alonso, J. B. P. 2014. Cultivo del lenguado senegalés (*Solea senegalensis*). Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Vol. 7.

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.