

Relatório de estágio empresarial na SEAentia

Diogo Marques Alves

[2022]

Relatório de estágio empresarial na SEAentia

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Aquacultura

Dissertação realizada sob a orientação da Especialista Teresa Maria Coelho Baptista e supervisão do Professor João Rito

[2022]

Título: Relatório de estágio empresarial na SEAentia

Copyright © Diogo Marques Alves

Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar – Peniche

Politécnico de Leiria

2022

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

Agradecimentos

Com a entrega e apresentação deste relatório de estágio, termina mais uma fase da minha vida, sendo provavelmente também o fim do ciclo de formação acadêmica. Muitas pessoas, direta ou indiretamente, contribuíram para eu chegar aqui, e por isso, quero deixar um grande agradecimento a todos os que fizeram parte desta jornada.

Quero deixar um especial obrigado à professora Teresa Baptista, pela disponibilidade e paciência que teve durante estes últimos dois anos e ter contribuído numa grande medida para a elaboração deste documento.

Um obrigado também especial ao João Rito e ao Nuno Leite, por terem proporcionado a oportunidade de estagiar numa empresa pioneira de aquacultura como a SEAentia.

Quero agradecer também às pessoas maravilhosas que acolheram um forasteiro no grupo de amigos, numa época em que era norma as pessoas distanciarem-se umas das outras. Sim, vocês sabem quem são Carolina, Beatriz, Henrique e Patrícia!

Ao meu caro amigo Carlos Estevão Simonka pelo apoio, revisão e sugestões feitas a este trabalho e por ter contribuído com as suas piadas para melhorar um pouquinho o dia-a-dia.

À Daniela Santos, por estar sempre presente, e pelo maravilhoso gosto musical e playlists bem escolhidas (ou então não) que me proporcionou.

À Patrícia Canhão, por ser uma grande amiga e uma colega de casa espetacular, sabendo que posso contar sempre com ela e por ser sincera e verdadeira sempre que é necessário.

Ao Henrique Ribeiro, por toda a amizade e companheirismo que tivemos nestes dois anos de mestrado e que iremos continuar por muitos mais.

E à minha família, muito especialmente aos meus pais e aos meus avós, porque sem eles, não tinha conseguido fazer o mestrado, focando-me exclusivamente nele.

Um obrigado a todos!

Resumo

O presente relatório, refere-se às atividades desenvolvidas ao longo do estágio curricular durante o segundo ano do mestrado em Aquacultura da Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar do Politécnico de Leiria. O estágio curricular foi desenvolvido em contexto empresarial, na entidade SEAentia-Food, Lda, nas instalações da empresa em Peniche, Portugal.

Este relatório expõe o funcionamento de uma empresa que opera em Sistema de Recirculação de Aquacultura (RAS), as rotinas que são necessárias fazer e as atividades que foram sendo desenvolvidas ao longo dos meses de estágio.

O estágio realizado foi uma experiência enriquecedora que permitiu aprofundar os meus conhecimentos teóricos e ter a oportunidade de adquirir experiência prática, bem como desenvolver competências profissionais e pessoais.

Palavras-Chave:

Argyrosomus regius, RAS , corvina, Aquacultura, bem-estar animal

Abstract

This report refers to the activities developed during the curricular internship of the second year of the Masters in Aquaculture at the School of Tourism and Maritime Technology. The curricular internship was developed in a business context, at the entity SEAentia-Food, Lda, at the company's facilities in Peniche, Portugal.

This report exposes the functioning of a company that operates a Recirculating Aquaculture System (RAS), the routines that need to be done, and the activities that have been developed over the months of the internship.

The internship was an enriching experience, which allowed me to deepen my theoretical knowledge and have the opportunity to acquire practical experience, as well as develop professional and personal skills.

Keywords:

Argyrosomus regius, RAS, Corvina, Aquaculture, animal welfare

Índice

Introdução.....	1
Enquadramento e Objetivos	1
Aquacultura a Nível Mundial.....	1
Aquacultura em Portugal.....	3
Aquacultura de Corvina.....	5
Principais vantagens e desafios na produção de Corvina.....	7
Aquacultura em RAS.....	7
Princípios básicos de funcionamento de um RAS	8
Estágio na SEAentia-Food, Lda.....	12
Informações gerais.....	12
Instalações.....	13
Circuito Hidráulico	15
Rotinas	22
Manutenções.....	23
Sistema de filtração da entrada.....	23
Sistema de filtração do RAS.....	24
Tanques	24
Outras manutenções.....	25
Análises de Qualidade de água	27
Biometrias.....	30
Calibrações.....	33
Enriquecimento ambiental.....	36
Projetos de Investigação.....	38
Projeto MP-RAS	39
Projeto “Cultivo de Corvina em RAS”.....	41
Sugestão de melhoria de processos	43
Captação de água	43
Alimentação das corvinas	43
Análise Crítica e considerações finais	46
Bibliografia	48
Anexos.....	51

Anexo I.....	51
Anexo II.....	52

Índice de Figuras

Figura 1– Capturas de pescado mundiais e produção em aquacultura (Fonte: FAO, 2022)	2
Figura 2-Tipos de estabelecimentos de aquacultura em Portugal (Fonte INE/DGRM 2020)	4
Figura 3-Composição da produção aquícola de Portugal em águas salobras e marinhas em 2017 (Fonte: INE,2018)	5
Figura 4-Esquema simplificado de produção em RAS. Modificado de Ahmed & Turchini (2021). ..	9
Figura 5- Fatores que influenciam o balanço energético nos peixes. Modificado de FAO 2021	11
Figura 6-Localização da empresa "SEAentia" no mapa de Portugal (Google Earth Pro,2022).	12
Figura 7-Planta térrea dos 3 armazéns adjacentes do edifício	13
Figura 8-Parte exterior traseiras do edifício, com sistema de armazenamento de água, garrafas de oxigénio líquido, e gerador de emergência.	14
Figura 9- Sistema de filtração de entrada de água nas instalações. Nº1 Filtro de areia; Nº2 Filtro de cartuxo; Nº3 Filtro de luz ultravioleta; Nº4- Membrana de ultrafiltração	15
Figura 10-Sistema de entrada da água na sump, com o cilindro do permutador de calor à esquerda	16
Figura 11-Imagem exemplificativa do efeito "chávena de chá"	17
Figura 12-Filtro de tambor. (1) Fotografia do tambor filtrante. (2) visão lateral do conjunto do biofiltro, (3) é o botão que permite ligar e desligar ou meter em automático o equipamento; (4) é a bomba que faz o filtro de tambor funcionar.....	18
Figura 13-Biofiltro MBBR e biobolas usadas	19
Figura 14-Desgaseificador usado na SEAentia	20
Figura 15-Cone de oxigénio usado nas instalações. Local onde é inserido o oxigénio proveniente das garrafas do exterior.	21
Figura 16- Gerador de ozono.	22
Figura 17--Bomba de arejamento, usada no biofiltro, desmontada	26
Figura 18-Membrana de uma bomba de arejamento	26
Figura 19-Sistema central de controlo da Oxyguard e painel de controlo do fluxo de oxigénio	27
Figura 20-Sonda multiparamétrica com medição de salinidade, saturação de oxigénio e pH	28
Figura 21-Kit de TAN da "sera" para análises químicas de controlo dos parâmetros de água	29
Figura 22-Kit em pó de reagente para nitritos e nitratos.....	30
Figura 23-Preparação do material para a biometria	31
Figura 24-Plano e construção de uma das redes divisórias	32
Figura 25-Atualização do material para a biometria, já com o balde dos 20L	33
Figura 26-Calibrador usado para separar as corvinas dentro de cada um dos lotes	35
Figura 27-Calibrador já em funcionamento com corvinas dentro	35
Figura 28-Peça de PVC usada para enriquecimento ambiental	37
Figura 29-Solução arranjada para fazer flutuar o material na coluna de água.....	38
Figura 30-Material usado na filtração de água para o projeto MP-RAS	40
Figura 31-Primeira amostragem do meu estágio para o projeto de investigação "Cultivo de Corvina em RAS"	41
Figura 32-Imagem representativa da disposição dos tubos por onde sai o alimento a fornecer	44

Índice de siglas e acrónimos

TAN - *Total ammonia nitrogen* – Conteúdo total de azoto sob a forma de amónia (NH_3 e NH_4^+);

RAS - Sistema de aquacultura em recirculação

FCR - índice de conversão alimentar

Introdução

Enquadramento e Objetivos

O objetivo do estágio descrito neste relatório foi adquirir conhecimentos, tanto práticos como teóricos, sobre o funcionamento e o quotidiano de uma empresa de aquacultura. Foi realizado no âmbito da unidade curricular de Dissertação/Projeto ou estágio curricular do 2.º ciclo do Mestrado em Aquacultura do Instituto Politécnico de Leiria na Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar de Peniche. O estágio teve como duração mínima 1620 horas de trabalho, tendo a unidade curricular uma creditação final de 60 créditos ECTS e teve início no dia a 1 de setembro de 2021 e terminou no dia 29 de junho de 2022.

O estágio foi realizado na empresa SEAentia, que está sediada no Parque Tecnológico de Cantanhede, Núcleo 04 Lote 2, 3060-197, Cantanhede, mas que as instalações de produção se encontram no Porto de Pesca de Peniche, Armazém dos Aprestos n. 4, 2520-630 Peniche.

O objetivo desta empresa é produzir corvina (*Argyrosomus regius* (Asso 1801)), em RAS, pioneiro, para esta espécie, a nível mundial. A SEAentia tem também como objetivo uma produção de forma sustentável e dentro das normas éticas de bem-estar animal, dando a possibilidade de rastrear todo o processo desde a produção até ao consumidor final. O estágio teve a supervisão do professor João Rito.

Aquacultura a Nível Mundial

A população mundial tem vindo a aumentar ao longo do tempo, estimando-se que em 2050 o planeta ultrapasse os 9 mil milhões de pessoas (FAO, 2022). O aumento da população levará à sobre-exploração dos recursos alimentares e conseqüente decréscimo de fontes proteicas e nutricionais, exigindo assim, a necessidade de desenvolver sistemas para produção sustentável de alimentos (FAO, 2022).

A aquacultura tem sido o sector de produção alimentar que mais tem crescido nos últimos anos (FAO, 2022). Esta atividade consiste na criação de espécies organismos aquáticos, tais como peixes, moluscos, crustáceos, anfíbios e algas (Pillay e Kutty, 2005). Dependendo do país e das suas condições naturais, a aquacultura pode ser realizada em jaulas, mar aberto ou lagoas, ou em tanques (Almeida et al., 2009). Os organismos podem ser criados em água doce, salobra ou salgada, tendo muitas vezes os parâmetros de água

controlados, para otimizar o seu desenvolvimento (temperatura, oxigenação, entre outros) (Pillay e Kutty, 2005).

A aquacultura, tem vindo a desenvolver-se um pouco por todo o mundo. Em 2020, foram produzidas 88 milhões de toneladas de pescado em aquacultura com um valor estimado de € 263 mil milhões (FAO, 2022). Incluindo todo o pescado e outros produtos provenientes de captura (Fig. 1), a aquacultura foi responsável por 49 por cento da produção total e 56 por cento dos peixes usados para consumo humano (FAO, 2022).

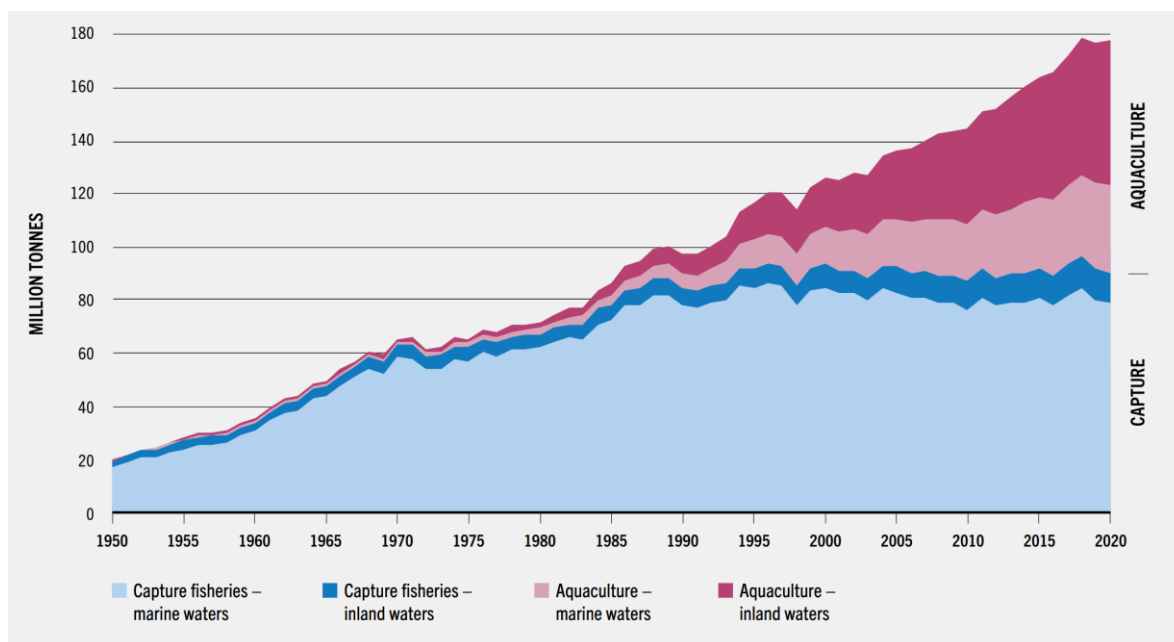


Figura 1 - Capturas de peixe mundiais e produção em aquacultura (Fonte: FAO 2022)

O consumo global de peixe tem aumentado a uma taxa anual média de 3% (entre 1961 e 2019), tendo tido um crescimento que corresponde quase ao dobro da taxa de crescimento populacional a nível mundial (FAO, 2022).

A China, além de ser o maior produtor mundial de peixe, é também o principal exportador desde 2002 e, desde 2011, o terceiro maior país importador em termos de valor. A Noruega foi o segundo maior exportador (desde 2004), seguido pelo Vietname (desde 2014), Índia (desde 2017), Chile e Tailândia (FAO, 2022).

A grande diversidade climática e condições ambientais no nosso planeta, deram origem a um rico e diversificado portfólio de espécies cultivadas, bem como a diferentes tipos de produção aquícola (FAO, 2022). Foram produzidas em 2018 cerca de 622 espécies diferentes sendo os peixes, o grupo mais produzido, seguindo-se moluscos bivalves e, por

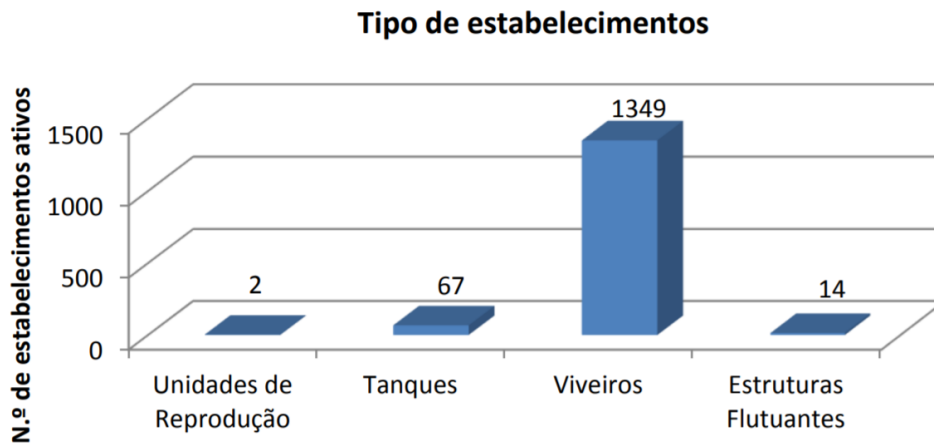
último os crustáceos. Apesar da grande diversidade nas espécies cultivadas, a produção em aquacultura a nível de volume é dominada por um pequeno número de espécies (FAO, 2022).

Aquacultura em Portugal

A aquacultura em Portugal, tem uma elevada importância no setor estratégico do governo português, sendo uma importante alternativa às tradicionais formas de abastecimento de pescado (DGPA, 2017).

Adicionalmente, a aquacultura portuguesa encontra-se bem posicionada, por vários aspetos: já existe um grande mercado bem estabelecido, e com elevado consumo de pescado, existem excelentes condições geográficas e climatéricas e por último, o mercado comunitário encontra-se altamente deficitário em produtos de pesca (DGPA, 2017).

A aquacultura em Portugal, passou por três períodos bastante distintos. Até meados da década de 70 do século XX, o maior volume de produção era dominado por mugilídeos, que são espécies com baixo valor comercial. Cerca de uma década mais tarde, esse período caracterizou-se pelo súbito aumento das pisciculturas de águas interiores, nomeadamente de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e pelo cultivo em águas salobras de moluscos bivalves, nomeadamente amêijoas (Veneridae). Por fim, já na década de 90 do século passado, observou-se uma modernização dos processos de aquacultura marinha, e a produção passou a centrar-se mais fortemente em espécies como robalo (*Dicentrarchus labrax*) e dourada (*Sparus aurata*) e mais recente, espécies bentónicas como o pregado (*Scophthalmus maximus*) e o linguado (*Solea senegalensis*) (DGRM, 2021). A aquacultura em Portugal caracteriza-se por ter um elevado número de pequenas instalações produtoras (Fig. 2), ocorrendo predominantemente em zonas como rias (Aveiro, Formosa) e estuários.



Fonte: INE/DGRM

Figura 2-Tipos de estabelecimentos de aquicultura em Portugal (Fonte INE/DGRM 2020)

Nos últimos 30 anos, a produção aquícola em Portugal aumentou de 4 457 toneladas em 1990, para aproximadamente 28 toneladas em 2018 (OCDE, 2021).

A amêijoia e o pregado foram as principais espécies produzidas em 2017, seguindo-se o mexilhão, a ostra, a dourada e o robalo. Com menos expressão, aparecem o berbigão (*Cerastoderma edule*) e o linguado. A produção de moluscos bivalves representou 57,3% da produção aquícola total e aumentou cerca de 12% em 2017 (Fig.3). As amêijoas mantêm-se a espécie mais relevante com uma produção de 3 887 toneladas, seguida dos mexilhões com 1722 toneladas e das ostras (*Magallana gigas* e *Crassostrea gigas*) com 1 185 toneladas, sendo que registaram aumentos de produção de 4,6%, 16,8% e 17% respetivamente (Dgrm 2017; Dgrm 2018).

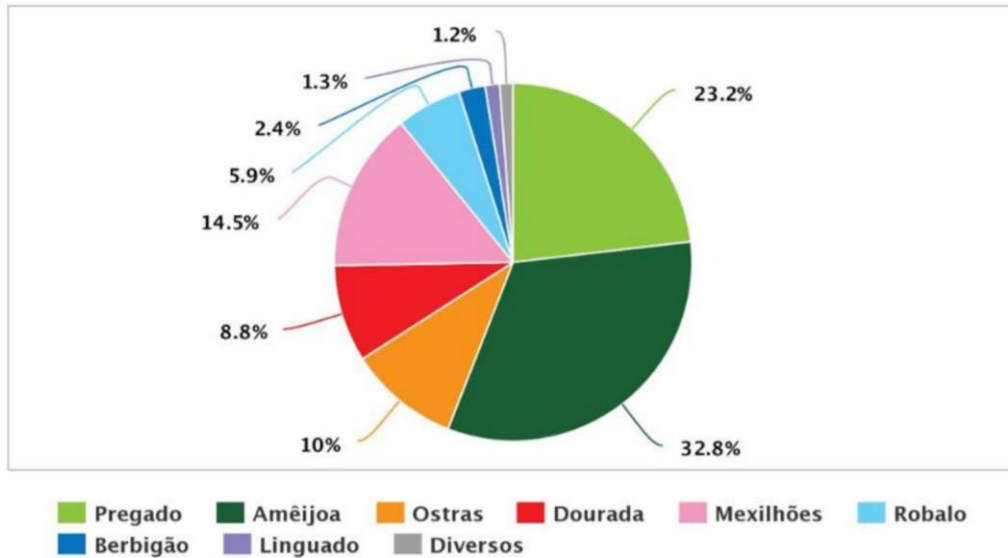


Figura 3 - Composição da produção aquícola de Portugal em águas salobras e marinhas em 2017 (Fonte: INE,2018)

Aquacultura de Corvina

A maioria da aquacultura de corvina provém de uma produção intensiva, podendo ser feito tanto em tanques *inland* como em jaulas flutuantes. As instalações de produção são poucas e distribuem-se principalmente no sul da França (Camargue, Cannes e Córsega), Itália (La Spezia e Orbetello) e mais recentemente em Espanha (FAO,2021).

A aquacultura desta espécie começou em França e Itália no final dos anos 90. Já em Espanha, a produção apenas começou em meados do ano de 2004, seguindo-se a Grécia e Turquia em 2007 (Monfort, 2010). Em Portugal começou-se a produzir corvina, em sistemas multitróficos, nunca antes tendo sido explorada a produção de corvina intensiva no nosso país (FAO, 2021).

O total de produção aquícola desta espécie passou de apenas algumas toneladas no início do século para cerca de 4000 toneladas em 2008 (FAO, 2012) tendo-se produzido em 2019 mais de 10 mil toneladas deste peixe apenas em países Europeus (OCDE, 2021).

A nível de técnicas de crescimento, nos países onde já se produz corvina de forma intensiva estas são semelhantes às utilizadas na produção de robalo e de dourada. Na produção em tanques *inland*, esta é realizada principalmente em tanques circulares ou retangulares tendo uma coluna de água de pelo menos 1 metro e um volume total a rondar

os 500 m³. Normalmente os tanques são forrados com um tecido de PVC de forma a evitar abrasões na pele dos peixes (FAO, 2021). O cultivo desta espécie é feito normalmente a uma densidade de 50 peixes por metro cúbico de água, quando estes têm um peso aproximado de 100 g (FAO, 2021).

Com uma densidade de produção normal (50 peixes por m³), as corvinas atingem os 800 - 1 200 g em menos de 24 meses. Muitas vezes continua a alimentar-se os peixes, até estes atingirem 2 000 -3 000 g que é o tamanho mais favorável para produzir filetes, trazendo assim um maior valor ao produto final (FAO, 2021).

Outro método de cultivo também usado é em jaulas circulares ou quadrangulares com volumes que variam entre os 500 e os 1 000 metros. Nos últimos anos, começou-se a usar uma nova técnica de produção no mar, jaulas submersas com cerca de 2000 metros cúbicos em que se aplica uma baixa densidade de produção. Esta nova técnica permitiu verificar melhores resultados em termos de taxa de crescimento e índice de conversão alimentar (em inglês *food conversion ratio*, FCR) FCR, quando comparado com o método produção mais comumente usado em mar aberto (FAO, 2021).

Tal como a maioria das outras espécies de peixes, é necessário fornecer alimentação contínua para que ocorra desenvolvimento e crescimento das corvinas. Esta, a nível de formulação, é semelhante à usada em outras espécies marinhas cultivadas no Mediterrâneo, apresentando diferenças principalmente no teor proteico. São normalmente usados alimentos com um conteúdo proteico variando entre os 45 - 48% e 20 - 24% de lípidos. Em produções *inland*, as corvinas são alimentadas 2 a 3 vezes ao dia, enquanto em jaulas marinhas, é costume apenas alimentarem-se uma vez por dia (FAO, 2021).

A nível de captura e abate, esta pode ser feita durante todo o ano. As corvinas provenientes de aquacultura são principalmente vendidas frescas. São normalmente vendidas já sem a parte da cabeça, podendo ser evisceradas ou não dependendo da demanda do mercado. Poucos peixes são vendidos com tamanho inferior a 1 kg; mais de 50% são vendidas com peso variável entre 1 e 2 kg, sendo a restantes comercializadas com pesos superiores aos 2kg (Monfort, 2010).

Principais vantagens e desafios na produção de Corvina

A corvina é uma espécie com muitas vantagens para ser produzida em aquacultura. As principais vantagens centram-se numa grande capacidade de crescimento num curto período, podendo facilmente atingir os 2,5kg em menos de 24 meses. Têm uma elevada taxa de conversão alimentar, sendo, portanto, necessário fornecer pouca quantidade de alimento para que elas cresçam (quando comparado com outras espécies do Mediterrâneo). São bastante resistentes a fatores ambientais adversos e a condições de stress. Graças ao seu tamanho e à sua morfologia, é possível processar corvinas numa grande variedade de produtos, como filetes, com ou sem pele, lombos, postas, entre outros. Outra grande vantagem é a sua carne ser branca e saborosa, com uma textura firme, e apresentar um perfil nutricional bastante interessante bem como um baixo teor de gordura (Monfort, 2010).

Mas também apresentam alguns desafios, sendo o mais proeminente ser um peixe desconhecido no mercado europeu, com a exceção das cidades piscatórias, pois estas estão habituadas ao consumo desta espécie proveniente do setor das pescas (Monfort, 2010).

Aquacultura em RAS

Breve história do RAS

O RAS é uma forma de produção relativamente recente neste mercado em crescimento, tendo surgido na década de 50 no Japão (Murray et al., 2014). Nos anos 70, do século XX, um programa de investigação alemão demonstrou a viabilidade de produção intensiva de carpa comum em RAS, tendo sido investigado e desenvolvido mais profundamente este sistema de produção pelo Instituto de Aquacultura Dinamarquês, anos mais tarde (Goldman, 2016). Já o primeiro RAS comercial foi construído em 1980 (Warrer-Hansen, 2015). Nos últimos 25 anos, relatou-se um crescente aumento de empresas e instituições a contruir e operar RAS, particularmente nos países nórdicos, começando também a existir também este tipo de sistemas em outros países europeus (Dalsgaard et al., 2013, Nielsen et al., 2020). Inicialmente, os sistemas de produção RAS foram desenvolvidos para permitir cultivar peixes em locais onde as condições ambientais não fossem adequadas ou dificultariam a produção de organismos, tais como escassez de água e/ou má qualidade e condições climatéricas desfavoráveis (Murray et al., 2014). Além

destes fatores supramencionados, o RAS também tem sido usado com os peixes reprodutores, de forma a controlar as suas condições e fomentar ou não a reprodução dos mesmos, bem como manter e aumentar a sobrevivência larvar (Malone, 2013).

Princípios básicos de funcionamento do RAS

O RAS é essencialmente uma tecnologia usada na criação de peixes ou outros organismos aquáticos em instalações de terra *indoor*, usando um reaproveitamento da água da produção. A tecnologia tem como base o uso de filtros tanto mecânicos como biológicos, de forma a tratar a água através da remoção dos resíduos do metabolismo e/ou alimentares, antes de a água voltar ao sistema de produção. Com este sistema, é possível chegar a um reaproveitamento de até 90% da água usada na produção e pode ser usado em praticamente todas as espécies produzidas em aquacultura (Martins et al., 2010; van Rijn, 2013; Murray et al., 2014; Bregnballe, 2015).

Os nutrientes provenientes da produção podem ser usados como fertilizantes agrícolas ou usados como subprodutos da produção, produzindo assim espécies de menor nível trófico que vão ser uma mais valia económica associada à produção aquícola (Bregnballe, 2015).

Inicialmente, este tipo de sistema foi desenvolvido para produzir espécies de água doce, mas também foi e continua a ser adaptado para a produção de espécies tanto estuarinas como marinhas (Helfrich & Libey, 1991). O RAS pode ser categorizado em cinco vertentes: (1) Maternidade e desenvolvimento, (2) Reprodução, (3) Crescimento e desenvolvimento a longo prazo, (4) Crescimento e desenvolvimento a curto prazo e (5) exibição (Yanong, 2012).

Permite ter um maior controlo sobre a produção, sendo que a produtividade deste tipo de sistema depende das espécies cultivadas, da densidade de *stock* usada, da alimentação fornecida (quantidade e qualidade), do tempo do ciclo de vida da espécie cultivada e outros aspetos relacionados com a gestão do sistema. Comparado com outros sistemas de produção, o RAS permite produzir numa área menor, uma quantidade muito maior de organismos (O'Shea et al., 2019).

Desafios do RAS

Apesar da enorme potencialidade que este sistema de produção tem em aquicultura, o seu uso é mínimo quando se fala em produção em grande escala a nível mundial (Waite et al., 2014). As razões são inúmeras, variando desde sociais a económicas, passando também por desafios na parte tecnológica (Fig 4).

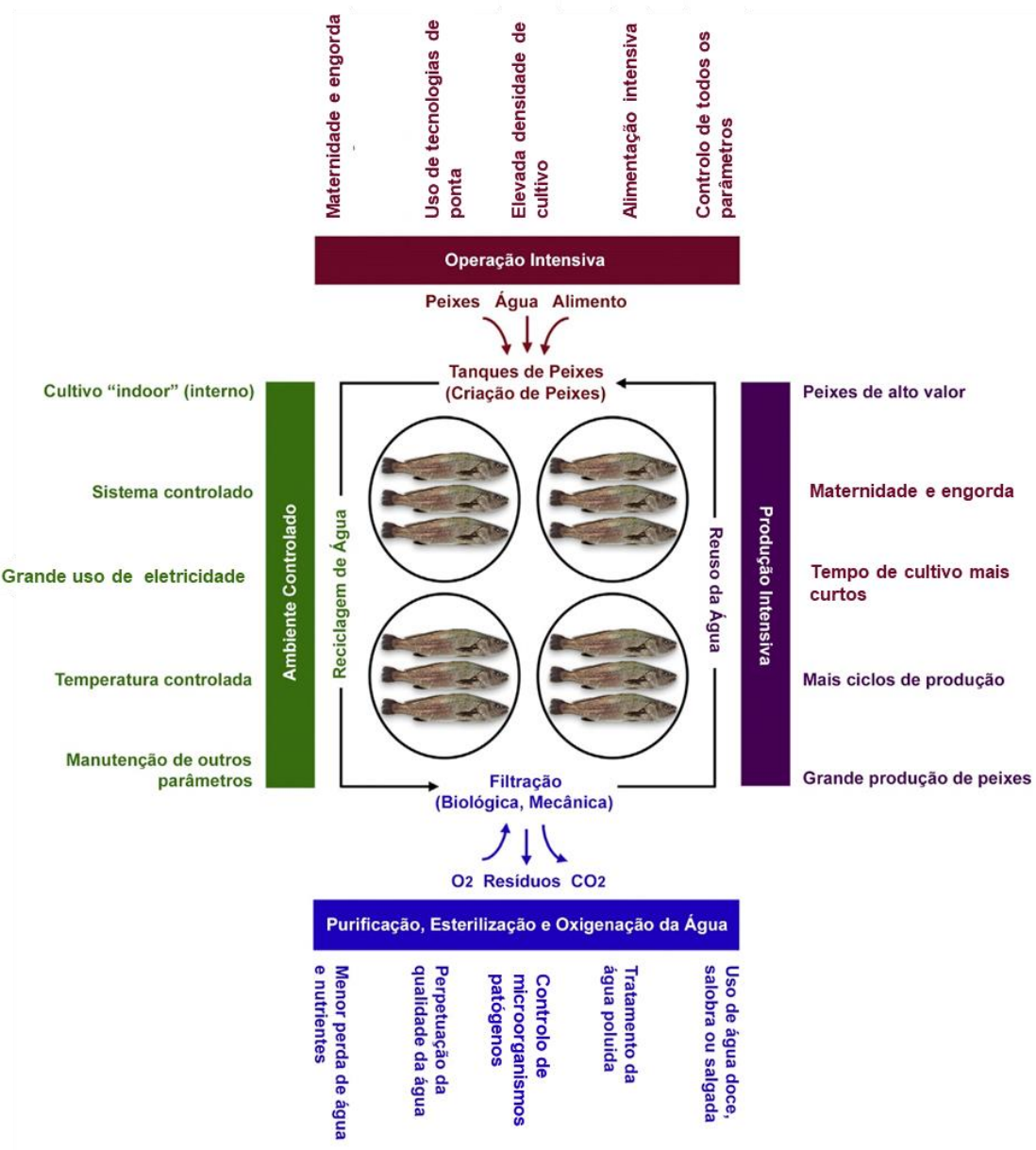


Figura 4 - Esquema simplificado de produção em RAS. Modificado de Ahmed & Turchini (2021).

A maior parte da aquacultura global é feita por pequenas e médias empresas, muitas vezes com recursos financeiros limitados. O RAS, tendo custos de instalação avultados, impede para muitas empresas, migrar para esta forma de produção. Consequentemente, a nível mundial, a maioria dos principais sistemas RAS localizam-se em países desenvolvidos pois por norma, apenas estes têm uma capacidade económica e tecnológica que permite instalar este tipo de tecnologias (Ahmed & Turchini, 2021).

Neste tipo de produção, são usados equipamentos tecnológicos e sofisticados como por exemplo: reguladores de temperatura da água, filtração, unidades de esterilização, sensores e sistemas de monitorização e outras formas de controlo das instalações e da qualidade água, sendo tudo isto um grande esforço financeiro que mais uma vez a maioria das empresas não o consegue fazer (O'Shea et al., 2019).

Adicionalmente, um RAS, já depois de construído, continua a apresentar grandes custos, nomeadamente a nível de eletricidade e manutenção do sistema e portanto viabilidade económica de um sistema destes requer um longo período de retorno, em média de 8 anos (Badiola et al., 2012). O uso de energias renováveis associadas ao RAS, pode ajudar a minimizar o impacto que este tipo de sistema exerce sobre os recursos naturais e também ajudar a reduzir um dos maiores custos associados a produção em aquacultura com este tipo de sistema (Leingang, 2021).

Outros problemas podem surgir a operar um RAS, que podem causar a inviabilidade do mesmo. Qualquer erro mecânico ou mesmo humano, pode levar à perda potencial de stock e consequentemente de capital (Bregnballe, 2015).

Outros benefícios do RAS incluem a capacidade de localizar a aquacultura perto dos centros populacionais, a capacidade de controlar a temperatura e todos os parâmetros de água, durante todo o ano e evitar eventos climáticos extremos que possam pôr em risco as instalações e consequentemente a produção. Estes sistemas possibilitam a criação de peixes em qualquer clima e em qualquer parte do mundo pois possibilitam otimizar o controlo da temperatura para espécies de água quente e água fria. Para além disso, como a água é recirculada, os custos de aquecimento e arrefecimento são mais reduzidos. Outra grande vantagem é não ser necessário usar qualquer tipo de medicamentos ou químicos para tratar doenças, pois toda a água que entra na instalação passa por um complexo sistema de filtração, eliminando assim a fonte de doenças externas. Adicionalmente, tendo todas as condições ótimas asseguradas as espécies produzidas vão canalizar praticamente

toda a energia para o crescimento em vez de a desperdiçarem na homeostase (Fig. 5) (Bregnballe, 2015).

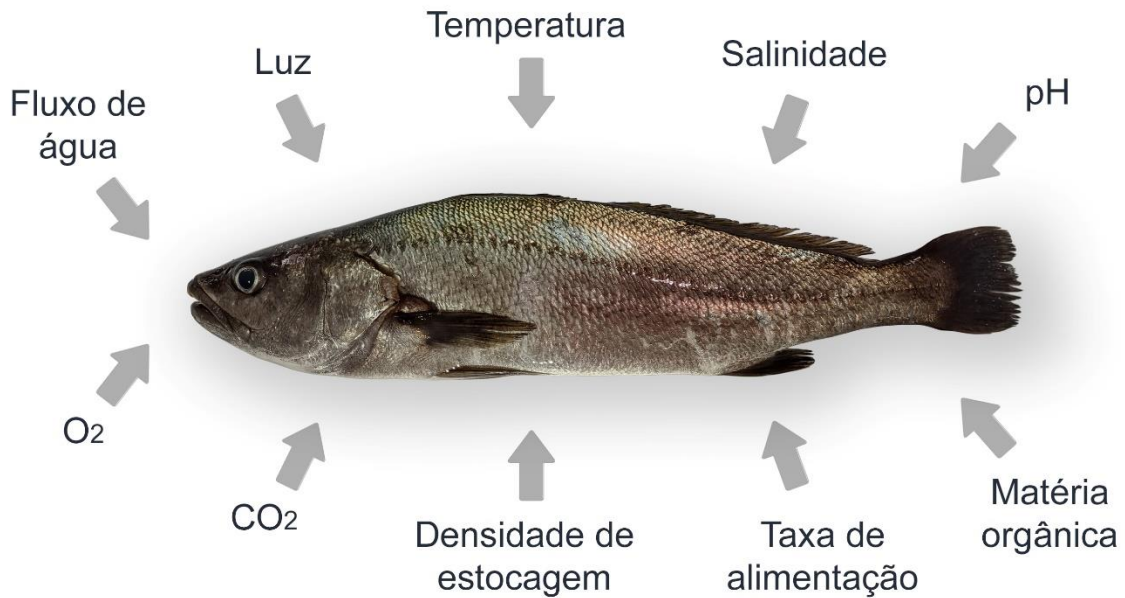


Figura 5 - Fatores que influenciam o balanço energético nos peixes. Modificado de FAO 2021

Este controlo total dos parâmetros de água otimiza o crescimento das espécies em cultivo, permitindo assim obter melhores resultados de *performance* quando comparado com os sistemas de produção mais tradicionais (Leingang, 2021).

Estágio na SEAentia-Food, Lda

Informações gerais

A empresa, sediada em Cantanhede, no Biocant, tem as suas instalações no Porto de Pesca de Peniche (Fig. 6).

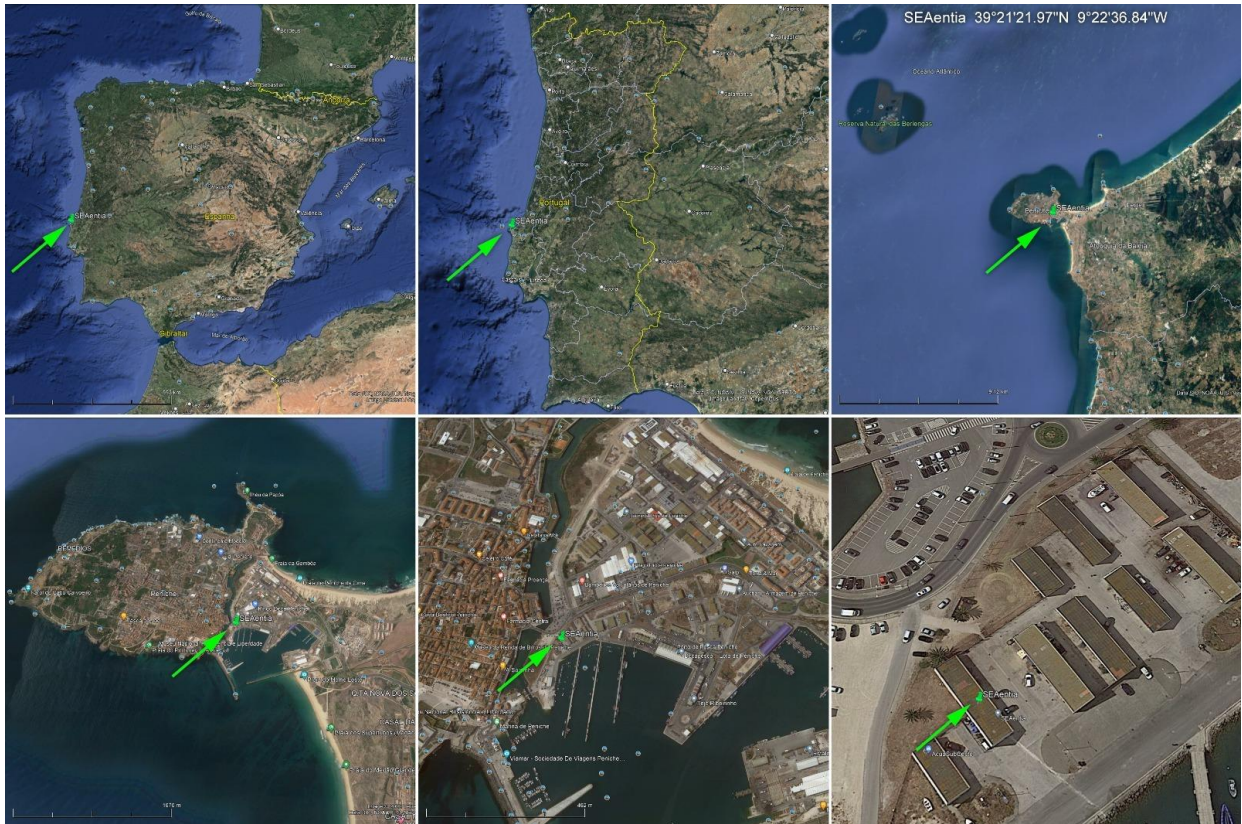


Figura 6 - Localização da empresa "SEAentia" no mapa de Portugal (Adaptado de Google Earth Pro, 2022).

A empresa iniciou a atividade *in situ* em janeiro de 2021, como uma prova de conceito de produção de corvina em sistema de recirculação de água, um projeto pioneiro, tanto para a espécie cultivada, como para o método de cultivo. A empresa tem como

objetivo a recolha de dados do crescimento de *Argyrosomus regius* para posteriormente aumentar a produção para larga escala.

As instalações da empresa, ocupam 3 armazéns adjacentes, ligados interiormente entre si, (Fig. 7) no Porto de Pesca de Peniche. Neles está toda a maquinaria associada ao sistema de recirculação de água, os tanques de produção, um escritório, um laboratório e uma sala de multifunções, tendo o sistema de produção sido desenhado para o máximo aproveitamento do espaço.

As corvinas que estão a ser produzidas, tiveram origem na EPPO (Estação Piloto de Piscicultura de Olhão - IPMA) e foram transportadas em diversos lotes até às instalações.

Instalações

A figura seguinte representa a planta do edifício, pois apesar de serem 3 armazéns estão conectados entre si, funcionando apenas como um (Fig. 7).

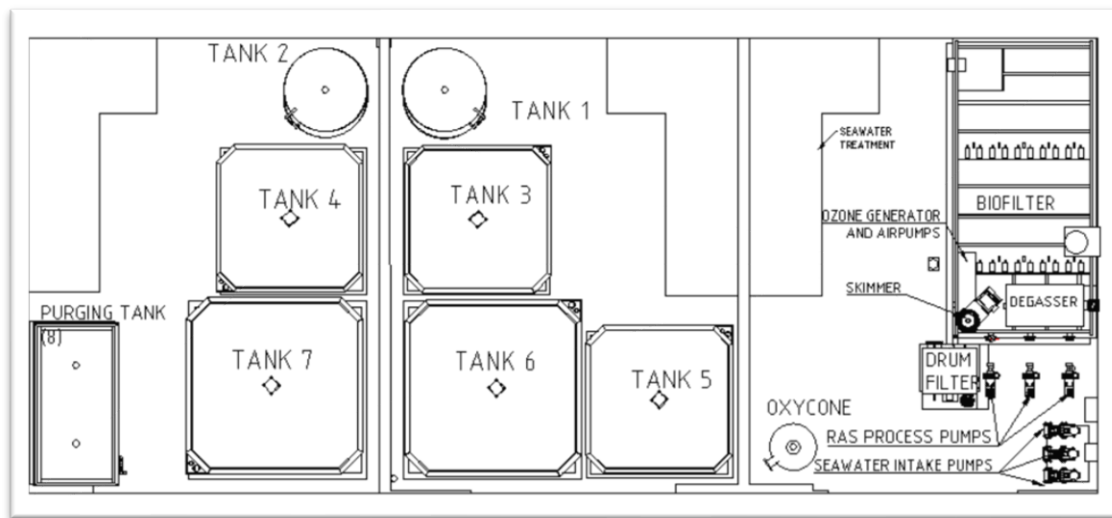


Figura 7 - Planta térrea dos 3 armazéns adjacentes do edifício

No primeiro armazém, no rés do chão (lado direito do esquema) encontra-se todo o sistema de tratamento de água. No andar de cima, situa-se o escritório.

Nos armazéns confinantes, denominados armazém 5 e 4, é onde estão os tanques de produção. São 7 tanques de produção com volumes diferentes (2 tanques de 10m³, 3

tanques de 5 m³ e 2 tanques de 1,8 m³) e um tanque que poderá vir a ser usado como purga de 5 m³ e que não tem ligação ao restante RAS. Estes armazéns, são iluminados artificialmente, com uma luz de cor púrpura, de forma a replicar as condições do seu habitat natural.

No 1º andar, encontra-se o laboratório, com o equipamento necessário para a realização de análises de água e amostragens dos peixes e ao lado, uma sala de reuniões, que serve também para alguns arrumos da empresa.

Atrás dos armazéns, existe um cercado onde está o gerador de abastecimento de energia a combustível fóssil e onde se encontram as garrafas de oxigénio líquido que abastecem a produção (Fig. 8). Nesta zona é onde também se encontra um depósito para a água que é captada diretamente do mar e um depósito para a água totalmente filtrada pelo sistema que está no rés do chão do armazém 6.



Figura 8 - Parte exterior traseiras do edifício, com sistema de armazenamento de água, garrafas de oxigénio líquido, e gerador de emergência.

O laboratório

O laboratório presente nas instalações, apesar de pequeno, tem todo o material necessário para fazer amostragens aos organismos produzidos e análises para o controlo da qualidade de água.

Alguns do material mais relevante, incluindo todos os reagentes químicos que são usados, são um espectrofotómetro da Hach (Lange DR 3900), 4 micropipetas da Frilabo com volumes diferentes (100-1000 µL; 0.5-10 µL; 10-100 µL; 1-10 mL), um microscópio (Leica), uma lupa (Motic), uma centrífuga (Microstar12), duas balanças (Kern 572) um frigorífico combinado com arca congeladora de -20°C (LG) e uma máquina de fazer gelo (Maxima). Também aqui estão presentes o material de vidro e plástico, como gobelets, provetas, pontas de micropipetas entre outros necessários ao uso quotidiano de um laboratório.

Circuito Hidráulico

A água salgada que entra nas instalações é proveniente diretamente do Porto de Pesca. Uma bomba revestida a titânio, com um crivo para retenção de resíduos ou organismos vivos, empurra a água para o depósito (*Raw Seawater*) que se encontra nas traseiras do edifício. Daí, é puxada por outra bomba, sendo forçada a passar pelo sistema de filtração (Fig. 9), que irá tratar a água em diferentes etapas.



Figura 9 - Sistema de filtração de entrada de água nas instalações. N^o1 Filtro de areia; N^o2 Filtro de cartucho; N^o3 Filtro de luz ultravioleta; N^o4- Membrana de ultrafiltração

Primeiramente, a água passa por uma filtração mecânica, através de um filtro de areia (nº1). Todas as partículas sólidas grosseiras ficam retidas neste ponto. Seguidamente a água é encaminhada para um filtro de cartucho (nº2) (também funciona como filtração mecânica) para eliminar todos os resíduos sólidos mais finos que tenham passado através da filtração anterior. Depois deste processo efetuado, a água passa através de um filtro de luz ultravioleta (nº3), para tentar eliminar possíveis microrganismos que venham no fluxo de água. Por fim, a água passa por uma membrana de ultrafiltração (nº4), que tem a capacidade de filtrar todos os microrganismos e partículas superiores a 0.02 μm . A água é então direcionada outra vez para fora das instalações para ser armazenada num depósito de 5 m³ (*Seawater Treated*) até ser necessário a sua introdução no sistema.

Quando necessária, a água é introduzida na *sump* (parte final do biofiltro, onde já não existem biobolas) depois de passar no permutador de calor (Fig. 10). Daqui é encaminhada para os tanques de produção, através de um tubo que vai junto a parede lateral exterior, sendo depois distribuída por todos os tanques.



Figura 10 - Sistema de entrada da água na *sump*, com o cilindro do permutador de calor à esquerda

Ao entrar em cada um dos tanques, a água é introduzida perto do topo da coluna de água por um tubo que sobe pela parede lateral do mesmo. A água é libertada através de pequenos orifícios, para sair com maior pressão. Já a saída de água do tanque, é feita pelo fundo e lateralmente, através de uma *sidewall box*. Os tanques ao operar com um constante fluxo rotativo, formam um vórtex no centro no fundo da coluna de água. Este fluxo da água rotativo garante que as fezes dos peixes e a ração não consumida, seja encaminhada para o dreno central devido ao efeito “da chávena de chá” (Fig. 11). Através deste efeito, as partículas na água migram para o centro e o fundo do tanque, em vez de ser empurradas para as paredes do tanque. Este fenómeno acontece porque a rotação da água cria um vórtice secundário perpendicular ao eixo principal de rotação. A água que sai então do tanque pelo fundo e seguidamente pela saída lateral vai então em direção ao sistema de tratamento da água da produção.

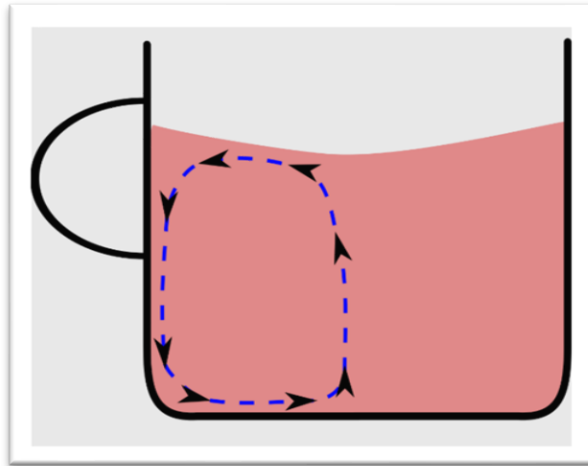


Figura 11 - Imagem exemplificativa do efeito "chávena de chá"

Esta água, é canalizada para um filtro de tambor (Fig. 12) de forma a fazer a sua limpeza mecânica e assim remover os resíduos sólidos presentes na mesma. Este processo de transporte dos tanques até ao filtro de tambor é feito exclusivamente por gravidade.



Figura 12 - Filtro de tambor. (1) tambor filtrante; (2) visão lateral do conjunto do biofiltro; (3) botão que permite ligar e desligar ou meter em automático o equipamento; (4) bomba que faz o filtro de tambor funcionar.

Nem toda a matéria orgânica é removida no filtro mecânico. As partículas mais finas passam por esta limpeza juntamente com os compostos dissolvidos na água, como fosfatos e nitrogénio. A quebra de matéria orgânica (as partículas finas) e amónia é um processo biológico realizado pelas bactérias presentes no biofiltro. Este biofiltro, usa uma tecnologia especial denominada *moving-bed bioreactor* (MBBR) (Fig. 13). Esta tecnologia de biofiltro é amplamente usada no tratamento de águas residuais e em aquacultura pela sua simplicidade, necessitando de pouca manutenção e sendo bastante eficaz na remoção de TAN (é a quantidade total de nitrogénio nas formas de NH_3 e NH_4^+ presente na água).

Nesta fase, bactérias heterotróficas oxidam a matéria orgânica consumindo oxigénio e produzindo CO_2 , amónia e biomassa. Já as bactérias nitrificantes convertem amónia (substância tóxica) em nitritos e num segundo passo para convertem-no em nitratos. Este processo é denominado por ciclo do azoto.

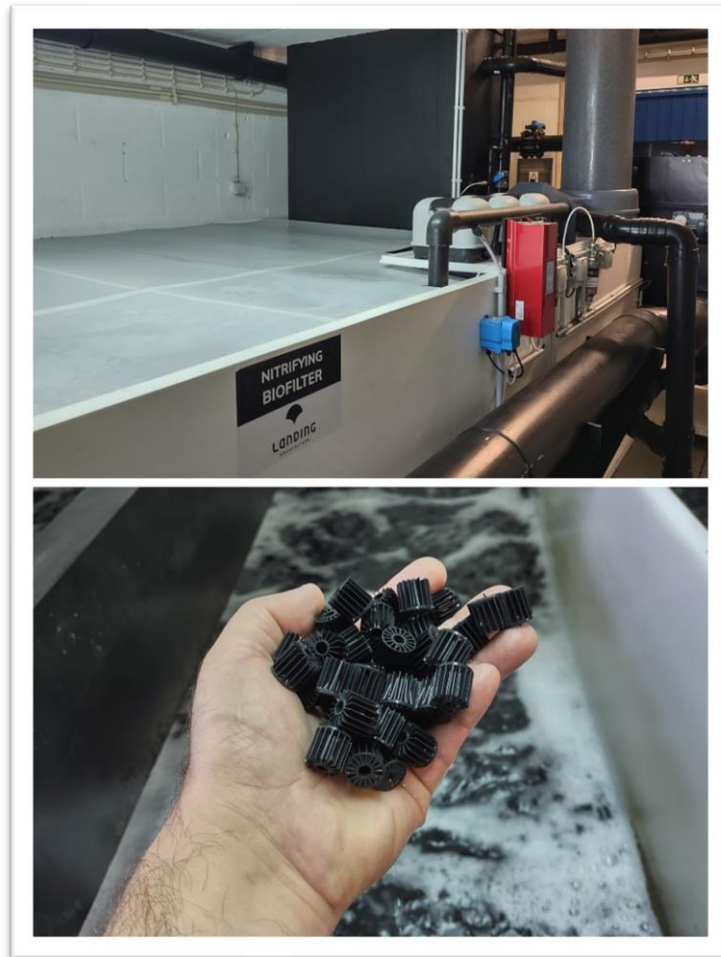


Figura 13 - Biofiltro MBBR e biobolas utilizadas no sistema.

Este biofiltro é subdivido em três partes, em que cada parte cria uma corrente de convecção nas biobolas, aumentando assim a eficiência do processo bacteriano de desnitrificação. No fim do processo de desnitrificação, o fluxo de água passa por um escumador de proteína para remover compostos orgânicos que podem se tornar tóxicos quando ficam acumulados no sistema.

Seguidamente, a água passa por um degaseificador (Fig. 14), removendo todos os gases presentes na água, seja dióxido de carbono, oxigénio entre outros possíveis gases que se formem pelo metabolismo dos organismos. O CO_2 é comumente um fator limitante em sistemas RAS. Este processo de degaseificação é feito injetando ar através de uma

cascata de água. O CO_2 , mais concentrado na água, passa para a corrente de ar, onde a concentração de CO_2 é menor, sendo depois descartado para fora das instalações.



Figura 14 - Desgaseificador usado na SEAentia.

A água tem então de ser outra vez enriquecida com oxigénio, para poder voltar a circular pelos tanques de produção. Para isso, é usado um cone de oxigénio (Fig. 15), em que no topo do mesmo, a água proveniente da *sump*, entra em alta velocidade, saindo por baixo a uma velocidade muito inferior. Neste processo é injetado oxigénio que vai ser misturado com a água que circula. Para facilitar este processo, o cone de oxigénio cria um borbulhar que ajuda a misturar o oxigénio introduzido com a água que aí circula. O nível de saturação de oxigénio pode ser controlado tanto no cone de oxigénio, como individualmente em cada um dos tanques, através de um sistema de válvulas, conforme seja necessário ajustar ao consumo da biomassa presente nos tanques.



Figura 15 - Cone de oxigénio usado nas instalações.

Ao longo do tratamento, também há a atuação de dois equipamentos muito importantes, para manter o bom funcionamento do biofiltro do sistema e da qualidade da água. Um deles é um ozonizador (Fig. 16). O ozono (O_3), é um poderoso oxidante geralmente conhecido como um agente desinfetante eficaz. Está provado que melhora eficientemente a qualidade da água no RAS oxidando completamente os nitritos, matéria orgânica, cor e partículas finas em suspensão. O ozonizador vai formar moléculas de O_3 (ocorre uma descarga elétrica nas moléculas de O_2 , formando-se a molécula de azoto) que por sua vez vão ser inseridas na água e se vão ligar aos compostos supracitados, oxidando-os.



Figura 16 - Gerador de ozono.

Outro equipamento também importante, é uma bomba peristáltica ligada a uma dorna com água e bicarbonato de sódio (NaHCO_3), que vai inserindo esta solução no sistema de forma a aumentar o pH quando necessário.

Com este sistema de limpeza físico e químico da água, há um aproveitamento de cerca de 90% da água utilizada, sendo os 10% restantes perdidos por evaporação e por pequenos processos de limpeza do sistema de filtração e manutenções do sistema.

Rotinas

Diariamente, para controlo e registo dos parâmetros indicativos do sistema de filtração, é feito o preenchimento de uma *checklist* (Anexo 1), onde são feitos os seguintes registos: funcionamento correto dos equipamentos (verificando-se se existe algum barulho anormal, ou se visivelmente exista algum mau funcionamento), pressão de cada um dos componentes do sistema (comparando-se com os valores de referência de cada um deles), nível de água nos tanques de armazenamento e avaliação visual da qualidade de água, verificando-se se tem alterações de cor, odor ou alguma outra característica que não seja normal do sistema.

Uma outra rotina diária passa pela verificação alimentadores automáticos. Caso os mesmos contiverem pouca ração será necessário abastecê-los. Toda a ração colocada nos alimentadores é pesada, de forma a saber-se com exatidão a quantidade de alimento fornecida a cada lote num determinado período de tempo.

A ração usada na SEAentia, é uma ração experimental, formulada especificamente para corvina e para ser usada em RAS. Usa ingredientes em grande parte sustentáveis, como microalgas e farinha de insetos. Adicionalmente também usa alguns subprodutos da indústria de salmão como fonte primária de farinha e óleo de peixe, que são ingredientes essenciais das rações.

Semanalmente, existe outra *checklist* (Anexo 2), que permite registrar, para controle futuro, quando foram feitas as manutenções aos sistemas de alarme, de filtração, a limpeza dos tanques e quando foram substituídas peças-chave para o correto funcionamento do sistema.

Manutenções

Sistema de filtração da água de entrada

Ao sistema de filtração é necessário fazer manutenções semanais. Começando pelo sistema de filtração da água de entrada, é necessário fazer um *backwash* ao filtro de areia, para o descolmatar, sendo essa água descartada automaticamente. Todo este processo é feito automaticamente, só tendo de ativar e desativar válvulas.

No ponto 2 do sistema de filtração (Fig. 9) o filtro de cartuxo, diariamente, tem de ser retirado e lavado manualmente. Uma vez por semana, é preciso substituir o filtro, sendo o antigo descartado.

A filtração por radiação ultravioleta não exige manutenção semanal, só é necessário substituir a lâmpada a cada 16 mil horas de funcionamento, informação esta que é registada pelo próprio equipamento. Já à membrana de ultrafiltração, é necessário fazer uma lavagem química, uma vez a duas vezes por semana, e que ocorre em duas etapas. A primeira é a lavagem com cloreto de sódio a 4%, juntando-se 300 mL desta solução a 6L de água doce.

Esta mistura fica entre 5 a 8 minutos dentro da membrana, sendo depois descartada e substituída por uma nova solução de peróxido de hidrogénio a 34%, em que se usa 34 mL desta solução em 6L de água. Coloca-se esta solução dentro da membrana e deixa-se atuar durante mais 5 a 8 minutos. Depois desse tempo, é feita uma lavagem abundante da membrana, com água, antes de ser reativado o sistema de filtração da água de entrada. A parte de canalização, válvulas e ligações também têm que ser limpas periodicamente para assegurar o seu bom funcionamento.

Sistema de filtração do RAS

A nível de manutenção do sistema de limpeza da água do sistema de produção, é necessário, pelo menos uma vez por semana, limpar alguns resíduos que o filtro de tambor acumula, pois nem toda a lama é descartada automaticamente. Adicionalmente, também é preciso lavar o filtro da bomba do filtro de tambor e limpar a malha do mesmo, semanalmente. Quando necessário, e se tiver com muita incrustação, a malha do filtro de tambor é limpa com uma solução de ácido muriático a 33% de volume, tendo de ter o cuidado de fazer esta limpeza com rapidez, pois é o filtro de tambor que controla o nível da água do sistema e se estiver muito tempo desligado, há o risco de haver transbordo dos tanques de produção.

Adicionalmente também são limpas as sondas que medem em tempo real os valores de oxigénio, temperatura, pH e potencial redox para que os valores lidos sejam sempre fiáveis.

Ao escumador de proteína também é necessário fazer uma limpeza, pelo menos uma vez por mês para garantir o seu bom funcionamento.

Também é necessário ir abastecendo a dorna de água com bicarbonato para o sistema ter sempre ativa a opção de utilizar esta solução para aumentar o pH.

Tanques

É necessário limpar os tanques semanalmente, pois há uma acumulação de biofilme e outros resíduos tanto nas paredes como na saída lateral de água. Quinzenalmente é também necessário limpar a grelha que fornece o oxigénio de emergência a cada tanque,

pois fica colmatada por biofilme, impedindo a saída das bolhas de ar geradas pelo sistema de emergência.

Outras manutenções

Sempre que necessário ou há avaria de algum equipamento, é necessário que o mesmo seja aberto para detetar a avaria avaliar a possibilidade de fazer a reparação. Outros trabalhos pontuais também são necessários fazer, caso surjam problemas no sistema.

Uma das várias situações que aconteceram, durante o período de estágio, foi o arejamento do biofiltro estar a perder diariamente potência. Para verificar qual era o problema, desconectaram-se e abriram-se as bombas de arejamento (Fig. 17). Além de muito sujas por dentro e com algum salitre acumulado, tinha havido um rompimento das membranas (Fig. 18), pelo que tiveram que ser substituídas. Depois de substituídas, o arejamento do biofiltro voltou a funcionar normalmente.

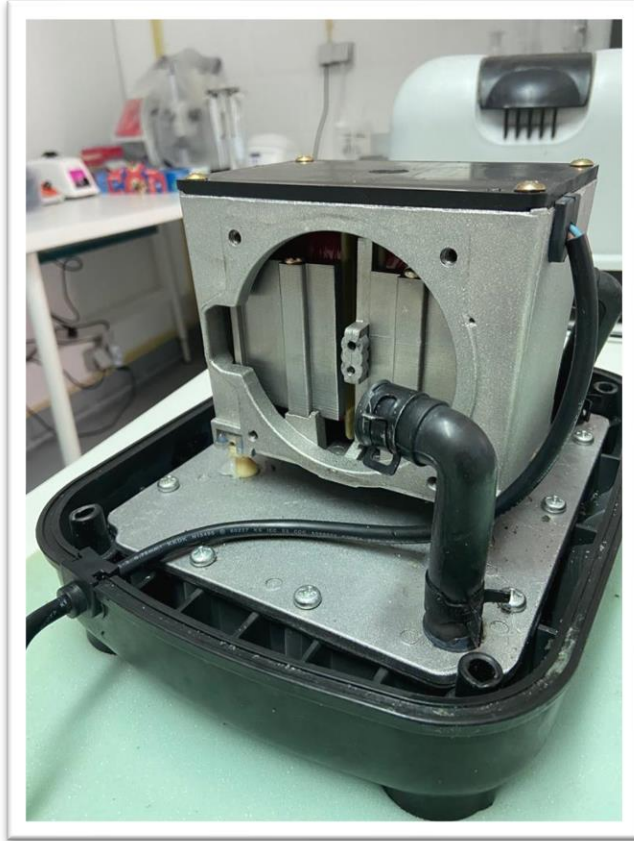


Figura 17 - Bomba de arejamento, usada no biofiltro, desmontada

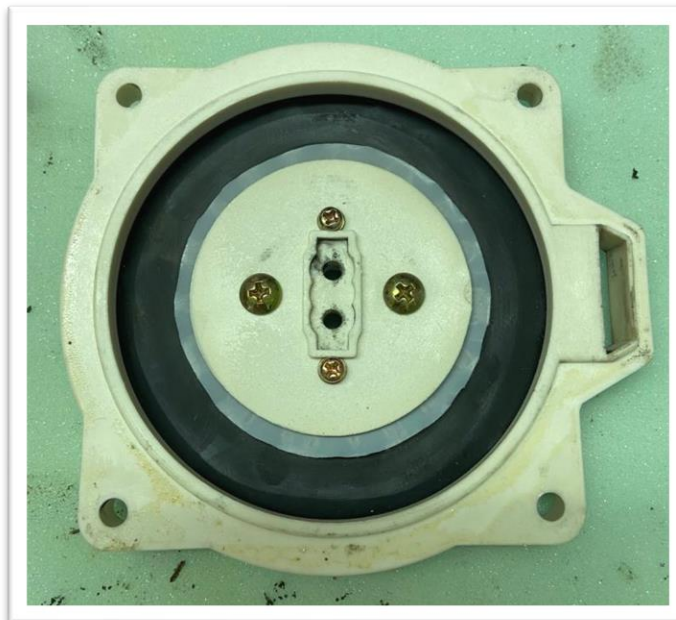


Figura 18 - Membrana de uma bomba de arejamento

Análises de qualidade de água

Monitorizar os parâmetros de água é vital para conhecer como está a saúde do sistema de produção. Estes parâmetros podem ser físicos, tais como temperatura, visibilidade, transparência e cor ou podem ser químicos, tais como o pH, o potencial redox, a alcalinidade, o oxigénio dissolvido e a amónia, nitritos e nitratos.

Na SEAentia, e usando um RAS, existem parâmetros que estão continuamente a ser medidos por sondas especializadas e enviados para a central de controlo, o *Oxyguard* (Fig. 19). Aqui é possível saber em tempo real, como está o pH do sistema (na *sump*), a temperatura e o oxigénio dissolvido em todos os tanques. Também é possível saber continuamente como está o nível de potencial redox no sistema, sendo uma das formas de controlo para ligar ou desligar o sistema de ozonação.



Figura 19 - Sistema central de controlo da Oxyguard e painel de controlo do fluxo de oxigénio

Apesar destes parâmetros estarem continuamente a ser medidos, a empresa possui uma sonda multiparamétrica (Hach, HQ Series Multi) (Fig. 20), que permite confirmar se os valores lidos continuamente pelas sondas estão corretos, ou se é necessário fazer uma calibração. Esta sonda também é usada, quando são feitas biometrias ou trabalhos de investigação, pois é necessário medir continuamente os níveis de oxigénio para assegurar o bem-estar dos organismos.



Figura 20 - Sonda multiparamétrica com medição de salinidade, saturação de oxigénio e pH

Para medir os níveis de amónia, nitritos e nitratos, este processo é feito manualmente.

Para a amónia, podem ser usados dois métodos, um colorimétrico, em que se usa um kit da Sera de NH_4/NH_3 (Fig.21), consoante o nível de amónia a cor varia e dá-nos a indicação do valor da mesma. Este teste permite detetar valores de amónia entre os 0 e os 4 mg/L, com um intervalo mínimo de leitura de 0,5mg/L. A principal vantagem deste kit é a sua rapidez, pois permite obter um valor de amónia em apenas 5 minutos. Um segundo método de deteção de amónia pode ser feito usando uma sonda da Hach (ISENH3181). Para medir com a sonda são usados 25mL da água a amostrar, acrescentando-se 0,5 mL de uma solução *Ammonia ISA solution* e um íman para agitar a solução. Depois deste processo feito, é só preparar a sonda, tirando-a da solução tampão onde fica armazenada, adicionar 11 gotas de *ammonia eletrode filling solution*, ligá-la à sonda multiparamétrica e efetuar a medição. No fim das medições efetuadas, é necessário lavar a sonda com água abundante, passar por água destilada e secá-la bem antes de a voltar a armazenar na solução tampão.



Figura 21 - Kit de TAN da Sera® para análises químicas de controlo dos parâmetros de água

Já para medir os nitritos (Fig. 22), usa-se um protocolo com base em espectrofotometria. Num gobelet, coloca-se 10 mL da água que se quer analisar. Adiciona-se uma saqueta de reagente para nitritos (PERMACHEM REAGENTS, Nitriver 5 nitrite reagente) e aguarda-se 20 minutos. Depois, faz-se um branco, também com 10 mL da água original, coloca-se nas cuvetes e introduz-se no espectrofotómetro da Hach Lange DR 3900. Primeiro a cuvete com o branco, para marcar o zero e depois a cuvete com a amostra de água contendo o reagente para os nitritos. O valor que é apresentado no espectrofotómetro, indica a quantidade de nitrogénio presente nos nitritos ($\text{NO}_2\text{-N}$). Para saber a concentração total de nitritos e poder comparar com os valores de referência para água salgada, é necessário multiplicar o valor obtido por 3,28443. Em casos excepcionais, quando a concentração de $\text{NO}_2\text{-N}$ é superior a 0,3 mg/L, é necessário fazer uma diluição de 1:10 com água ultrapura e voltar a ler no espectrofotómetro, pois a escala de leitura do mesmo é entre os 0 e os 0,3 mg/L.



Figura 22 - Kit em pó de reagente para nitritos e nitratos

Para a medição dos nitratos (Fig. 22), o processo é similar, também é usado um kit de nitratos da Hach (PERMACHEM REAGENTS, Nitriver 5 nitrate reagente) em pó fornecido em saquetas individuais. Depois de colocar o reagente, agitar durante 1 minuto e depois esperar 5 minutos antes de ler no espectrofotômetro.

Biometrias

Uma vez por mês, são feitas biometrias a cada um dos lotes de produção. Estas biometrias têm como objetivo avaliar o crescimento, principalmente através dos resultados do ganho em peso dos organismos, para analisar a sua curva de crescimento e se necessário ajustar a quantidade de ração fornecida tendo em conta o peso, quando comparado com a curva de crescimento *standard* de corvina em aquacultura.

Ao longo dos meses de estágio, este processo foi sendo otimizado, tornando-o mais rápido, diminuindo o tempo de contacto com os peixes e, conseqüentemente, o stress associado ao processo. Inicialmente, para todos os lotes exceto o primeiro (pelo facto de os peixes serem de maior dimensão) era usada uma dorna com água, retirada de um dos tanques e oxigenada por uma bomba de arejamento, para manter os peixes já pesados separados dos restantes, evitando assim a dupla pesagem do mesmo indivíduo (Fig. 23).

O processo então era feito da seguinte forma: primeiro os peixes eram capturados com uma rede, dependendo do seu tamanho, eram pesados em grupos de 1 a 6 peixes de cada vez. Depois eram transportados até a balança, com a tara previamente feita, onde tinha sido colocada uma tábua e um balde com água por cima. Registava-se o peso dos peixes que depois eram colocados na dorna. Quando se atingia cerca de 30% dos peixes pesados do lote em questão, voltava-se a colocar os peixes que estavam na dorna com os restantes e começava-se a biometria de um novo lote.



Figura 23 - Preparação do material para a biometria

Os peixes maiores, do primeiro lote, por já não caberem no balde usado para a pesagem, eram apanhados, transferidos para uma rede sem cabo e pesados numa balança que está presa ao teto. Depois desse processo feito, eram colocados na dorna.

Mais tarde, de forma a otimizar o processo, foram criadas divisórias amovíveis nos tanques (Fig. 24), feitas com PVC e rede que permitem separar os peixes dentro de cada tanque, não necessitando assim da dorna para fazer os lotes que estão nos tanques octogonais. Estas divisões, além de facilitarem o processo de captura e manuseamento dos peixes, também permitem não ter problemas com a oxigenação da água, que por ser

limitada e não recirculada na dorna, era necessário constantemente renovar para assegurar que os organismos tinham a concentração de oxigênio dissolvido ideal para o seu bem-estar.

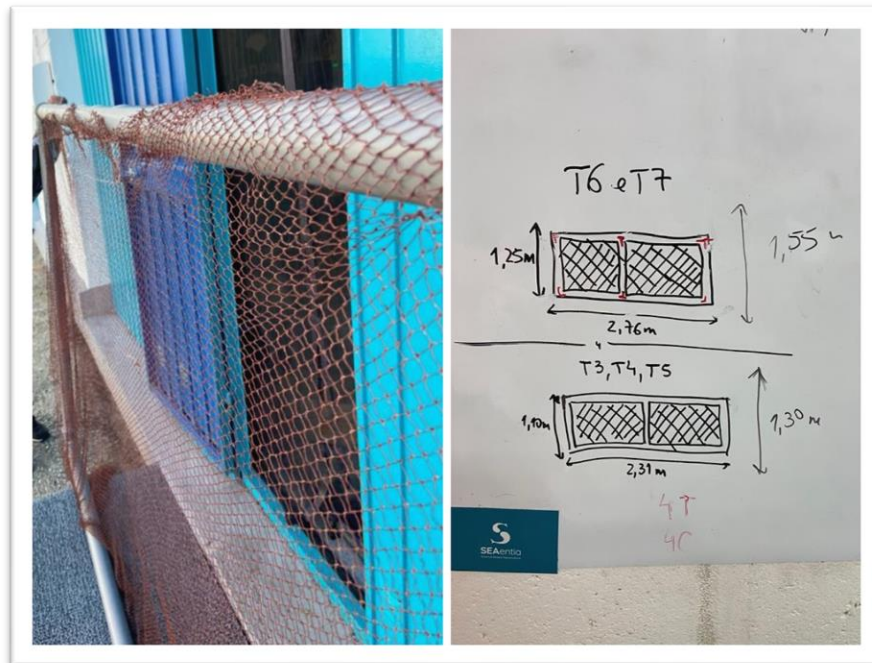


Figura 24 - Plano e construção de uma das redes divisórias

Depois destas divisórias construídas, o processo de biometria alterou-se, excluindo a colocação na dorna e passando diretamente para a metade do tanque que não tinha peixes. Além disso, depois da pesagem dos peixes do tanque estar concluída, só era necessário levantar a divisória e os peixes voltavam a misturar-se, não causando stress adicional quando eram devolvidos ao tanque.

Com o crescimento dos peixes e não sendo mais possível pesar todos no balde, também foi necessário pensar numa nova forma de pesá-los sem ser individualmente com a rede, como se fazia no lote 1 (que são os peixes de maiores dimensões existentes na SEAentia).

Para isso, usou-se um balde preto de 20L, amarrado com cordas à balança de teto (Fig.25). Esta alteração permitiu pesar mais do que um peixe simultaneamente, aumentando assim a eficácia do processo.



Figura 25 - Atualização do material para a biometria, já com o balde dos 20L

No fim da biometria, é calculado o peso médio dos peixes e é esse valor que vai ser utilizado no cálculo da curva de crescimento e da ração a fornecer aos peixes.

Calibrações

Numa produção intensiva de peixes, é necessário remover os indivíduos que, por questões genéticas ou por questões de aptidão, não crescem à mesma velocidade que os outros, mesmo consumindo os mesmos recursos. Portanto, é necessário fazer uma seleção em todo o lote e remover os 5 a 10% dos peixes mais pequenos e/ou mais magros. Esta triagem é importante pois permite a uniformidade de todo o pescado, essencial para a sua comercialização.

Para fazer esta calibração, utiliza-se um calibrador (Fig. 26 e 27), que é feito de madeira e tem barras em alumínio que podem ser reguladas para diferentes medidas de largura. O funcionamento deste engenho é simples. Os peixes que têm peso inferior, passam entre os tubos de alumínio, os maiores ficam retidos (Fig. 27). Com a ajuda da rede

divisória, vai-se colocando os peixes já calibrados e com o peso e/ou medidas certas de um lado do tanque e os por calibrar retiram-se do outro lado. Os restantes ficam presos na dorna, onde o calibrador se encontra a flutuar. Numa instalação de produção em grande escala estes peixes seriam abatidos antecipadamente, mas atualmente, na SEAentia, são colocados num tanque disponível.



Figura 26 - Calibrador usado para separar as corvinas dentro de cada um dos lotes

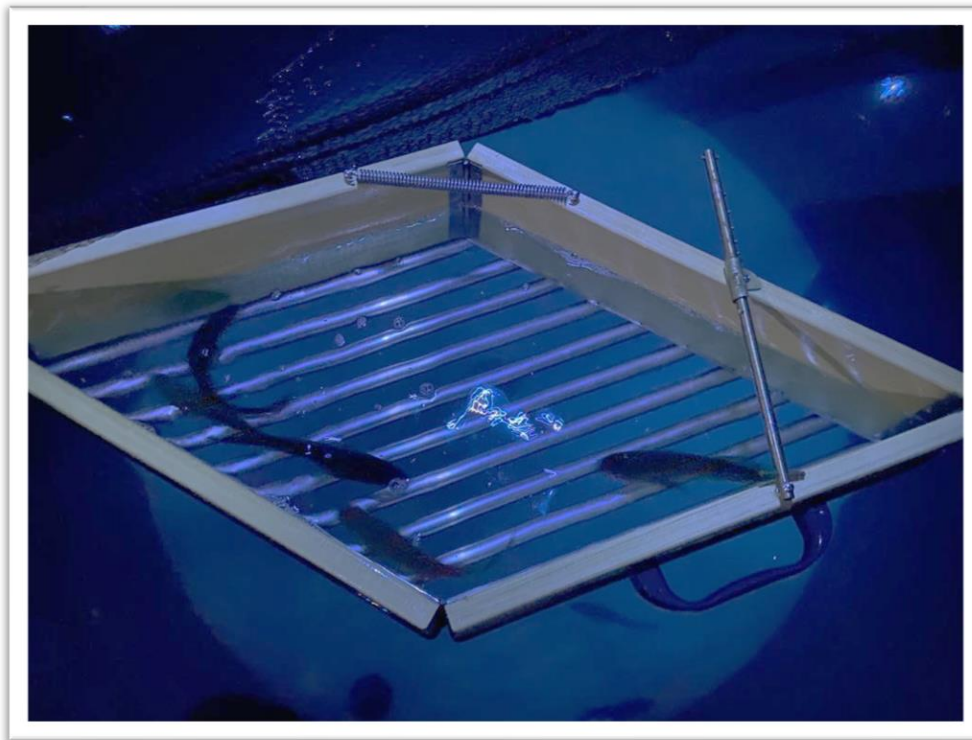


Figura 27 - Calibrador em funcionamento, com corvinas dentro

Enriquecimento ambiental

O enriquecimento ambiental é uma ferramenta que pode melhorar o bem-estar dos organismos em cativeiro. O seu principal objetivo é proporcionar uma nova estimulação sensorial e motora de forma a tentar satisfazer as necessidades comportamentais, fisiológicas, morfológicas e psicológicas, reduzindo o stress e a frequência de comportamentos anormais nos organismos. No contexto da aquacultura, o bem-estar animal ainda é um tópico relativamente recente e com pouca investigação desenvolvida. Durante muitos anos o bem-estar animal nesta área não era uma preocupação e consequentemente não se tentava adequar a forma de produção as necessidades dos organismos. Ao longo dos ciclos de produção numa aquacultura, muitas operações aquícolas podem promover o stress nos peixes. Assim, o uso de objetos para enriquecimento ambiental pode não apenas ajudá-los a lidar com esses eventos stressantes, mas também melhorar seu bem-estar geral (Arechavala-Lopez et al, 2022).

Em janeiro de 2022, inspirados pelo trabalho de enriquecimento ambiental feito por (Arechavala-Lopez et al. 2019) e (Arechavala-Lopez et al. 2022) com dourada (*Sparus aurata*) e observando o comportamento exploratório específico das corvinas, a SEAentia decidiu estudar formas de enriquecer ambientalmente os tanques, sem prejudicar a circulação de água ou a qualidade da mesma.

Começou-se por fazer com tubo de HDPE, pequenos esconderijos ou locais onde os organismos pudessem interagir. Logo percebemos que esta solução não seria muito eficaz pois este material é menos denso que a água do mar e, portanto, não afunda.

Depois desta solução descartada, decidiu-se usar T e cotovelos de PVC (Fig. 28), já que se trata de um material mais denso. Se permanecessem no fundo do tanque poderiam ser arrastados pela corrente (o que causaria um grande nível de stress aos organismos produzidos), ou pelo contrário, podiam ficar fixos no fundo do tanque, prejudicando o vórtex de água que se forma naturalmente, impedindo parte da remoção dos resíduos produzidos.



Figura 28 - Peça de PVC usada para enriquecimento ambiental

Para resolver esta questão, foram feitos 3 a 4 furos em cada uma das peças de PVC e passado um fio de algodão entre eles (Fig. 29). Foi necessário utilizar um fio de origem natural para não se introduzir material que se degrade e seja libertado para a água, como microplásticos, por exemplo.



Figura 29 - Solução arranjada para fazer flutuar o material na coluna de água

Posteriormente, foram suspensos estes tubos de enriquecimento nas calhas por onde passa a ligação elétrica e colocados dois por tanque em lados opostos, a cerca de trinta centímetros do fundo da coluna de água.

Nos primeiros dias, os indivíduos não interagiram com os tubos colocados, mas com o decorrer do tempo, os peixes foram-se adaptando, chegando mesmo a ver-se nas filmagens a rasparem propositadamente neles, como se tivessem a “coçar-se”.

Verificou-se também que este tipo de enriquecimento não trouxe nenhuma desvantagem, e, portanto, que o seu uso apenas trouxe benefícios para o bem-estar animal. Mais estudos seriam necessários, para verificar o efeito que este tipo de enriquecimento tem sobre o crescimento e o bem-estar das corvinas produzidas.

Projetos de Investigação

Durante a duração do estágio curricular, estiveram a decorrer dois projetos de investigação na SEAentia.

O projeto MP-RAS - *Minimizing microplastic contamination in onshore (RAS) meagre farming*, pretende avaliar a eficácia do sistema de filtração do RAS, comparando a presença de microplásticos na água usada para o abastecimento do sistema com a água em circulação no sistema, bem como nos peixes produzidos com peixes selvagens e de aquacultura *offshore*.- Este projeto foi realizado em parceria com o SINTEF (*Stiftelsen for industriell og teknisk forskning*) e com o IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera) tendo sido financiado pelo Programa de Crescimento Azul - EEA Grants Portugal.

O SINTEF é um instituto independente de investigação com mais de 2000 cientistas, fundado em 1950 e sediado na Noruega, que se especializa em desenvolver conhecimento prático que seja aplicável no quotidiano nas mais diversas áreas, desde energias renováveis, à indústria, passando pela saúde e bem-estar, materiais e biotecnologia. Trabalha tanto com o setor público como o privado.

O IPMA, é um instituto financiado em parte pelo estado português, que desenvolve conhecimento na área de aquacultura, aplicável ao setor produtivo sendo um pilar importante na formação científica e técnica, tanto ao nível profissional como universitário em Portugal.

O segundo projeto (Cultivo de corvina em RAS) teve relacionado com o melhoramento do protocolo de crescimento das corvinas produzidas. Além disso foram feitas análises sensoriais, estudada a composição nutricional e o stress dos organismos produzidos, bem como divulgação do produto para o consumidor final. Este projeto foi feito em parceria com MARE-IPLeiria e foi financiado pelo MAR 2020.

Projeto MP-RAS

As tarefas da SEAentia deste projeto foram divididas em duas grandes etapas de análise: análises da água e análises de corvinas produzidas nas instalações.

Para analisar o conteúdo de microplásticos na água do RAS, a recolha começa por ser feita nas instalações. Existiam quatro pontos de amostragem, havendo em dois deles apenas três recolhas (conforme o protocolo) e nos outros dois recolhas mensais (durante seis meses). Nos pontos de recolha (exterior, antes da filtração e imediatamente a seguir a filtração), fez-se com três condições diferentes (preia-mar, baixa-mar, e depois de

tempestade). Já os outros dois pontos, que foram feitos mensalmente, um era na entrada de água de um dos tanques e outro era imediatamente antes de entrar no filtro de tambor. Para fazer esta análise, eram recolhidos 10L de água e filtrados com um kitasato (Fig. 30) usando um filtro de 1,5 μm . É necessário ter o cuidado para tapar toda a água e equipamentos que estão a ser usados na filtração, para não ocorrer contaminação por microplásticos e ou fibras externas às presentes na água. Depois os filtros usados eram colocados num frasco e fechados. Posteriormente foram enviados para as instalações do SINTEF na Noruega, onde serão analisados para verificar a presença ou não de microplásticos, e caso existam a sua quantidade e diversidade.



Figura 30 - Material usado na filtração de água para o projeto MP-RAS

A segunda parte do projeto, é a análise dos microplásticos presentes nos peixes. Foram recolhidos duas vezes, um no início no projeto e outro no fim, 10 peixes (pertencentes ao mesmo lote) e foram congelados a -20°C . Estas amostras serão analisadas nas instalações do IPMA.

Com os dados fornecidos pelo SINTEF e pelo IMPA é possível saber com exatidão a quantidade de microplásticos que a corvina produzida em RAS tem, sendo também possível de comparar esses valores com outros métodos de produção ou de proveniência e/ou comparar também com outras espécies em produção.

Projeto “Cultivo de corvina em RAS”

Este projeto de investigação dividiu-se em cinco tarefas. A primeira foi otimização de protocolos de cultivo da corvina em RAS. O objetivo desta tarefa foi ajustar os parâmetros às necessidades específicas da corvina num cultivo em RAS, de forma a garantir o bem-estar animal e consequentemente maximizar o crescimento e a performance dos organismos.

A segunda foi a avaliação do nível de stress dos organismos em cultivo RAS, tendo-se quantificado os biomarcadores de stress.

A terceira tarefa desta parceria foi a avaliação do perfil nutricional da corvina produzida em aquacultura. Para isso foram medidos os níveis de aminoácidos (HPLC) e ácidos gordos essenciais (GC) das corvinas produzidas (Fig.31).



Figura 31 - Primeira amostragem do meu estágio para o projeto de investigação “Cultivo de Corvina em RAS”

A quarta tarefa foi a avaliação sensorial da corvina produzida em aquacultura. O objetivo desta proposta foi caracterizar sensorialmente a corvina proveniente de aquacultura em RAS, em jaulas em mar aberto e comparando com a corvina selvagem utilizando testes descritivos – Perfil Sensorial. Pretendeu-se também identificar potenciais diferenças de qualidade entre o pescado selvagem e o produzido em aquacultura através de testes discriminativos, bem como avaliar a aceitabilidade/preferência do consumidor pela corvina proveniente de aquacultura através de provas hedónicas.

A quinta e última tarefa foi elaborar uma brochura para corvina, contendo a biologia, conteúdo nutricional e algumas sugestões culinárias, com o objetivo de criar ferramentas de comunicação com o público sensibilizando-o para os produtos provenientes de boas práticas em aquacultura, neste caso de corvina produzida em aquacultura em RAS.

Destas tarefas, além da otimização dos processos de cultivo, estive presente na preparação e recolha de amostras para a tarefa do stress das corvinas e do perfil nutricional. Para fazer esta recolha, foram capturados dez indivíduos do lote dois, foram eutanasiados com uma concentração de 1mL (2-Phenoxyethanol, ≥99%, Sigma 77699-2.5L) por litro de água salgada, medidos e pesados, foi coletado sangue, e pesado o conteúdo visceral e o fígado de cada indivíduo. Do fígado foi aproveitada a parte do lóbulo esquerdo, e congelado em azoto líquido, para determinação de parâmetros de stress oxidativo. Seguidamente, foram feitos filetes do músculo do peixe para as análises dos aminoácidos e dos ácidos gordos essenciais e congelados a -20°C. Por fim, fez-se a centrifugação das amostras de sangue recolhidas para obter o plasma, depois foram colocadas em azoto líquido.

Estas amostras foram mantidas na arca de -80°C do edifício Cetemares e analisadas posteriormente.

Sugestão de melhoria de processos

Captação de água

A SEAentia, tal como qualquer outra empresa de aquacultura, tem a necessidade de captar água, para fornecer todo o sistema de produção dos organismos em cultivo. Neste caso, sendo uma empresa que trabalha em sistema de recirculação de água, o nível de filtração de água de entrada é muito superior aos outros sistemas de produção.

Aqui, a água é captada diretamente do Porto de Pesca, mais especificamente na zona onde estão os barcos. Esta água, tem muito mais contaminantes e muito mais matéria orgânica associada, o que faz com que o nível de manutenção dos equipamentos que fazem essa filtragem seja muito elevado.

Este processo poderia ser muito melhorado apenas pela construção de um furo para captação de água. Assim, a água captada para as instalações seria proveniente desse furo e não diretamente da água do porto de pesca. A vantagem principal ao usar este sistema, é que a água já vem pré-filtrada, o que exigiria muito menos do sistema de filtração, aumentando consequentemente a vida útil dos componentes e diminuindo a manutenção necessário aos mesmos. Outras vantagens também associadas a usar água diretamente de um furo, é que do ponto de vista microbiológico a água também é muito mais pura e a temperatura da mesma é mais quente e mais estável durante todo o ano, o que consequentemente traria vantagens para a SEAentia, pois reduziria o gasto energético que é necessário para aquecer a água até aos 25°C.

Alimentação das corvinas

A alimentação diária das corvinas é feita usando um alimentador automático de mola, associado a um programa, onde é possível definir o número de tomas diárias de alimento a dar e quanto tempo a mola tem de funcionar para fornecer a ração pretendida.

No entanto este alimentador, possui a desvantagem de por vezes a mola não receber o sinal para parar, ficando a girar em contínuo. Ao acontecer isto, toda a ração é distribuída no tanque correspondente ao alimentador que não recebeu o sinal de parar.

Ao ser descarregada toda a ração do alimentador na água, e os peixes não tendo a capacidade de a ingerir por ser demasiada, esta vai alterar a qualidade de água, à medida

que se começa a degradar. Além disso, essa ração, já não pode ser aproveitada, sendo um prejuízo para a empresa.

Este problema poderia ser resolvido, utilizando outro sistema de alimentação automático como por exemplo por demanda.

Outro problema associado à alimentação, é a sua distribuição (Fig.32). A ração desce do alimentador por um tubo, sendo entregue apenas num ponto em cada tanque.



Figura 32 - Imagem representativa da disposição dos tubos por onde sai o alimento a fornecer

Esta situação acarreta um problema, pois apenas os peixes que se encontram mais perto ou estão mais aptos é que se conseguem alimentar. A longo prazo, vão ocorrendo discrepâncias de crescimento entre os peixes do mesmo lote. A nível industrial, o que se pretende é que dentro de um mesmo lote, os peixes tenham pesos muito similares, pois caso haja uma discrepância muito grande, esses peixes acabam por ser eliminados,

trazendo prejuízos a aquacultura, pois já houve um gasto de ração com os mesmos que acaba por não ser rentabilizado.

A solução para este problema, era a ração ser distribuída em mais pontos simultaneamente, pois assim garante que a maioria dos peixes tem oportunidade de se alimentar consistentemente, diminuindo essas possíveis discrepâncias de peso e tamanho entre indivíduos.

Análise crítica e considerações finais

Uma empresa, em qualquer que seja a sua área de atuação, tem prolemas no seu quotidiano. Aqui, nas instalações iniciais da SEAentia, foram surgindo problemas, alguns por vezes difíceis de solucionar, mas que tiveram extrema importância por terem acontecido nesta fase embrionária, permitindo à equipa aprender como agir em determinadas circunstâncias. Assim, caso aconteça um problema similar nas instalações produtivas futuras, já se tem o conhecimento para atuar e resolver com a maior brevidade possível, diminuindo os riscos de ocorrer problemas que comprometam a produção.

Também foi possível otimizar processos e verificar que certos objetos do quotidiano de uma aquacultura podem e devem ser repensados no futuro para garantir que funcionem de forma a ajude o operador a fazer um trabalho mais célere e melhor. Um exemplo disto, foi os depósitos de água não terem uma abertura acessível por baixo, um *bottom drain*, que permita escoar toda a água que contêm, o que dificulta a limpeza dos mesmos. Outra situação, foi devido ao pouco espaço físico das instalações e o facto de não haver tanques suficientes para dividir os peixes quando estamos a fazer biometrias, foi necessário criar divisórias que permita dividir a meio os tanques. No futuro, este processo tem ainda de ser mais otimizado, pois os tanques serão de maiores dimensões, o que dificultará este processo.

A nível pessoal, lidar com estes problemas que surgiram, também foi bastante enriquecedor pois deu-me conhecimentos práticos de como agir nas mais diversas situações. Isto é sempre uma mais-valia para quem quer trabalhar numa aquacultura pois é necessário conhecer e saber fazer um pouco de todas as áreas, desde aquacultura propriamente dita até canalização, passando por eletricidade e mecânica.

Ao longo dos meses de estágio, também aprendi na prática, que nem sempre há uma forma correta de fazer uma determinada tarefa. Em algumas situações, é necessário “pensar fora da caixa” e ver como é possível resolver um problema, com os materiais disponíveis ou que solução é possível criar para remediar o problema, até ser possível ter uma solução mais permanente.

No quotidiano da empresa, surgiram processos que por serem várias vezes repetidos, foi possível otimizá-los. Um exemplo são as análises de água, que com a prática e o conhecimento do tempo de reação dos reagentes químicos usados, foi possível intercalar os diferentes testes e fazer mais análises em simultâneo, de forma a acelerar o

processo final, o que no quotidiano da empresa, permitiu acelerar as tarefas de rotina e dar mais tempo para dedicar as outras tarefas que surjam fora da mesma.

Outro processo que também foi melhorado, foi a forma de fazer biometrias aos organismos em cultivo. A forma de captura, de pesagem e de transporte foi sendo alterada ao longo dos meses de estágio, para tornar o processo cada vez mais eficiente.

Considero que estagiar numa empresa como a SEAentia, pioneira na tecnologia RAS e na produção de corvina, foi bastante gratificante e que me deu uma valiosa formação prática, que sem dúvida, me ajudará no futuro. Associado a esta formação prática, também fui desenvolvendo *soft skills*, nomeadamente o trabalho em equipa, a resolução de problemas, a iniciativa e a tomada de decisões.

Bibliografia

Ahmed, N., & Turchini, G. M. (2021). Recirculating aquaculture systems (RAS): Environmental solution and climate change adaptation. *Journal of Cleaner Production*, 126604.

Almeida, A., Cunha, Â., Gomes, N. C., Alves, E., Costa, L., & Faustino, M. A. (2009). Phage therapy and photodynamic therapy: low environmental impact approaches to inactivate microorganisms in fish farming plants. *Marine drugs*, 7(3), 268-313.

Arechavala-Lopez, P., Cabrera-Álvarez, M. J., Maia, C. M., & Saraiva, J. L. (2022). Environmental enrichment in fish aquaculture: A review of fundamental and practical aspects. *Reviews in Aquaculture*, 14(2), 704-728.

Arechavala-Lopez, P., Diaz-Gil, C., Saraiva, J. L., Moranta, D., Castanheira, M. F., Nuñez-Velázquez, S., ... & Grau, A. (2019). Effects of structural environmental enrichment on welfare of juvenile seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture Reports*, 15, 100224.

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

Bregnballe, J. (2015). *A Guide to Recirculation Aquaculture An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems*.

Dalsgaard, J., Lund, I., Thorarinsdottir, R., Drengstig, A., Arvonen, K., & Pedersen, P. (2013). Farming different species in RAS in Nordic countries: Current status and future perspectives. *Aquacultural Engineering*, 53, 2-13. Doi: 10.1016/j.aquaeng.2012.11.008

DGPA (2017). *Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos e Instituto Nacional de Estatísticas. Estatísticas Da Pesca 2017*.

Dgrm (Direção geral de recursos naturais, Segurança e Serviços marítimos) 2017. *Estatísticas de Pesca 2017*. Instituto Nacional de Estatística. Disponível em: www.ine.pt

Dgrm (Direção geral de recursos naturais, Segurança e Serviços marítimos) 2018. *Estatísticas de Pesca 2018*. Instituto Nacional de Estatística. Disponível em: www.ine.pt

DGRM (2021). *Plano estratégico para a aquicultura portuguesa 2014-2020. Direção geral dos recursos marinhos*. Retrieved 2 of November 2021, from https://www.mar2020.pt/wp-content/uploads/2016/10/Plano_Estrategico_Aquicultura.pdf

FAO (Food and Agriculture Organization) 2021. *Argyrosomus regius*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Consultado em 3 Novembro 2021. Disponível em https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/en/en_me_agre.

FAO. 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome,FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

Goldman, J. (2016). So You Want to Be a Fish Farmer. *WORLD AQUACULTURE*, 25.

Google Earth Pro, 2022. Consultado em 23 de junho de 2022. Disponível em <https://earth.google.com>

Helfrich, L. A., & Libey, G. S. (1991). Fish farming in recirculating aquaculture systems (RAS). Virginia Cooperative Extension.

Kutty, M. N., & Pillay, T. V. R. (2005). Aquaculture: principles and practices. Aquaculture International.

Leingang, A. (2021). Top tips for setting up a recirculating aquaculture system (RAS). Retrieved 23 November 2021, from <https://thefishsite.com/articles/top-tips-for-setting-up-a-recirculating-aquaculture-system-ras><https://thefishsite.com/articles/top-tips-for-setting-up-a-recirculating-aquaculture-system-ras>

Malone, R. (2013). Recirculating aquaculture tank production systems. USDA, Southern Regional Aquaculture Center: Stoneville, MS, USA, 12.

Martins, C. I. M., Eding, E. H., Verdegem, M. C., Heinsbroek, L. T., Schneider, O., Blancheton, J. P., ... & Verreth, J. A. J. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural engineering*, 43(3), 83-93.

Monfort, M. C. (2010). Present Market Situation and Prospects of Meagre (*Argyrosomus regius*), as an Emerging Species in Mediterranean Aquaculture. Italy: FAO.

Murray, F., Bostock, J., & Fletcher, D. (2014). Review of recirculation aquaculture system technologies and their commercial application.

Nielsen,R, Guillen, Virtanen,J (2020). Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF)- The EU Aquaculture Sector –Economic report 2020 (STECF-20-12)

O'Shea, T., Jones, R., Markham, A., Norell, E., Scott, J., Theuerkauf, S., and T. Waters. 2019. Towards a Blue Revolution: Catalyzing Private Investment in Sustainable Aquaculture Production Systems. The Nature Conservancy and Encourage Capital, Arlington, Virginia, USA.

OCDE Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Económico 2021. Fisheries and Aquaculture in Portugal. Consultado em 23 de Novembro de 2021. Disponível em https://www.oecd.org/agriculture/topics/fisheries-and-aquaculture/documents/report_cn_fish_prt.pdf

Van Rijn, J. (2013). Waste treatment in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 53, 49-56.

Waite, R., Beveridge, M., Brummett, R., Castine, S., Chaiyawannakarn, N., Kaushik, S., ... & Phillips, M. I. C. H. A. E. L. (2014). Improving productivity and environmental performance of aquaculture. *WorldFish*.

Warrer-Hansen, I. (2015). A brief history of RAS: recirculating aquaculture systems have made steady progress, from early farmers to today's potential for salmon grow-out. *Fish Farmer*, 38(5), 22-25.

Yanong, R. P. (2012). Biosecurity in aquaculture, Part 2: Recirculating aquaculture systems. Retrieved November, 29, 2018.

Anexos

Anexo I

DAILY SYSTEM CHECKLIST		DATE:							
TASK		REMARKS							
Oxyguard monitoring system check (pH 7.0-7.5, DO 80%-100%)	Tank	1	2	3	4	5	6	7	
	✓ or X								
Oxygen cone pressure (0.1-0.25 bar) & bubble swarm check		Comments:							
Ozone alarm		Comments:							
Sump pH and Redox		pH:			Redox:				
Ozone generator operation		Comments							
Biofilter media fluidization		Comments:							
Protein skimmer foaming		Comments:							
Heat pump operation		Comments							
Sand filter pressure		Comments / backwash?							
Cartridge filter pressure		Comments / backwash?							
Pressure after UV		Comments							
Membrane pressure and flow		Comments:							
Drum filter manual back wash (7.0-8.0 bar)		Comments:							
Pumps running (rpm)		Comments:							
Membrane backwash		Comments:							
Water storage tank levels		Raw:			Treated:				
Tank water flow check		Comments:							
Water colour/odour change		Comments:							
Feeder program update		Comments:							
Oxygen rack pressure (bar)		Change to full rack when pressure reaches 10 bar + order replacement							
Fish feed ration	Tank	1	2	3	4	5	6	7	
	Weight (g):								
Hand feeding test and observation of normal behaviour	Tank	1	2	3	4	5	6	7	
	✓ or X								
Mortalities	Tank nr:	1	2	3	4	5	6	7	Purge
	Count:								
COMMENTS / REMARKS									

Anexo II

WEEKLY SYSTEM CHECKLIST		DATE:			
TASK	✓	REMARKS			
Backup generator start					
Protein skimmer cup cleaning					
Drum filter mesh check					
Check Drum Filter Probe					
Check filter below Drum Filter					
Treatment pump pressure check					
Top Up pump pressure check					
Sand filter backwash					
Cartridge filter wash / replacement					
UF Membrane chemical wash					
Emergency oxygen system check					
Valve cracking					
Tank sidewall box cleaning					
Tank/Oxygen probe brushing					
Oxygen grid cleaning					
Oxyguard data export					
Check pH and redox probes					
Shut off test heat pump					
Alkalinity test	Value:				
Nitrogen test	Parameter	Ammonia (NH3/NH4)	Nitrite (NO2)	Nitrate (NO3)	Salinity
	Value (mg/l):				
COMMENTS / REMARKS					