

## **Estágio curricular na SEAentia**

Daniela da Costa Jerónimo

Leiria, setembro de 2025

## **Estágio curricular na SEAentia**

Mestrado em Aquacultura

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Aquacultura

Dissertação realizada sob orientação da Especialista Teresa Maria Coelho

Baptista e supervisão de Ana Pedroso de Lima Costa

Leiria, setembro de 2025

## Agradecimentos

Ser ilhéu é um privilégio, mas vem com desafios, o maior deles, a saudade de casa e dos nossos. Cada despedida trouxe-me coragem para nunca desistir e transformou a saudade em motivação para seguir em frente. Antes de começar esta aventura falaram-me de aquacultura (obrigada, mãe!), e desde então fiquei fascinada. Ao longo do meu percurso académico, dediquei-me muito e encontrei satisfação em cada aprendizagem. Todas as decisões que tomei foram como uma bússola que me guiou até ao destino certo, culminando naquele momento que foi a cereja no topo do bolo.

Agradeço a todos os professores que contribuíram para a minha formação, assim como à instituição que me acolheu e proporcionou todas as condições para alcançar este objetivo.

À equipa da SEAentia- João Rito, Nuno Leite, Ana, Diogo, Nuno Coriel e Patrícia- agradeço de coração por me terem acolhido tão bem. Este estágio confirmou a minha paixão por esta área, permitiu-me crescer a nível profissional e pessoal, mas também o privilégio de sentir, desde o primeiro dia que fazia parte de algo maior e verdadeiramente inspirador.

Obrigada ao meu companheiro Francisco, por todas as noites de estudo, motivação mútua e apoio nos momentos em que mais precisei. A tua presença tornou esta caminhada muito especial.

À minha família, e em especial aos meus pais, obrigada pelo apoio incondicional, pela confiança e por me terem dado asas para voar, mantendo sempre as raízes bem firmes. Ao meu irmão, cúmplice e melhor amigo, que sempre soube dizer as palavras certas nos momentos certos, obrigada por me fazeres sentir acompanhada nesta jornada.

Dedico este relatório às mulheres da minha família, presentes e ausentes, que nunca deixaram de sonhar, mesmo perante desafios. Foram elas que me ensinaram a coragem de começar do zero, a importância de seguir sonhos e que casa não são apenas paredes e teto, mas momentos, amor e pessoas que nos fazem sentir bem. Este relatório é tão meu como vosso.

*“Devemos plantar o mar e criar os seus animais, utilizando o mar como cultivadores em vez de caçadores. É disto que caracteriza a civilização: o cultivo a substituir a caça.”*

*– Jacques-Yves Cousteau*

## Resumo

Este relatório foi elaborado no âmbito do Mestrado em Aquacultura, da Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar, do Politécnico de Leiria. O estágio curricular decorreu em contexto empresarial, nas instalações da SEAentia-Food, Lda, em Peniche, e num total de 1620 horas. Teve como objetivo aplicar os conhecimentos adquiridos durante o curso, bem como desenvolver novas competências técnicas e profissionais. O conteúdo deste relatório encontra-se estruturado em capítulos que abordam o enquadramento da aquacultura a nível mundial e nacional, a caracterização da empresa, as atividades desenvolvidas durante o estágio, projetos de investigação associados e sugestões de melhoria. O estágio proporcionou uma experiência prática enriquecedora em RAS e projetos de investigação onde desempenhei tarefas que me permitiram adquirir novas competências técnicas. Esta experiência permitiu ainda aperfeiçoar a gestão de tempo, autonomia nas rotinas e reforçar competências transversais como comunicação, espírito crítico e resolução de problemas, fundamentais na atuação profissional no setor aquícola.

Palavras-Chave: Produção sustentável, Corvina, RAS, Bem-estar animal

## Abstract

This report was elaborated as part of the master's degree in Aquaculture at the School of Tourism and Marine Technology, Polytechnic Institute of Leiria. The curricular internship took place in a business setting at the facilities of SEAentia-Food, Lda, in Peniche, with a total duration of 1620 hours. Its purpose was to apply the knowledge acquired throughout the course while also developing new technical and professional skills. The content of this report is divided into chapters that address the global and national aquaculture framework, the characterisation of the company, the activities carried out during the internship, associated research projects, and suggestions for improvement. The internship provided an enriching practical experience in RAS and research projects where I performed tasks that allowed me to acquire new technical skills. This experience also allowed me to improve my time management, autonomy in routines, and strengthen my soft skills, such as communication, critical thinking, and problem-solving, which are fundamental to professional performance in the aquaculture sector.

Keywords: Sustainable production, Corvina, RAS, Animal welfare

# Índice

<b>Enquadramento e objetivos</b> .....	1
<b>Introdução</b> .....	1
Aquacultura a nível mundial.....	2
Aquacultura em Portugal.....	3
<b>Corvina- Biologia da espécie</b> .....	7
<b>Aquacultura de corvina</b> .....	7
<b>Aquacultura em RAS</b> .....	11
Breve história .....	11
Princípios básicos do funcionamento .....	11
Principais vantagens e desafios.....	12
Mitigação das limitações do RAS.....	13
<b>Estágio na SEAentia</b> .....	14
Informações gerais.....	14
Instalações .....	15
Circuito hidráulico.....	18
Qualidade da água.....	26
Enriquecimento ambiental .....	27
Rotinas.....	28
Rotinas diárias .....	29
Rotinas semanais .....	30
Rotinas mensais.....	36
Manutenção.....	39
Sistema de filtração de entrada de água .....	39
Sistema de filtração RAS .....	40
<b>Projetos de investigação</b> .....	42
SEA2SEE.....	43
BlueAquaEdu.....	43
LowTrophAqua- Vertical Fish .....	45
<b>Sugestão de melhoria</b> .....	46
Captação de água .....	46
Alimentação das corvinas.....	47
Enriquecimento ambiental .....	47

<b>Análise crítica .....</b>	<b>48</b>
<b>Referências.....</b>	<b>50</b>

# Índice de figuras

FIGURA 1: CAPTURA DE PESCADO E PRODUÇÃO AQUÍCOLA A NÍVEL MUNDIAL, EM MILHÕES DE TONELADAS (FONTE: FAO, 2024). .....	3
FIGURA 2: PRODUÇÃO DE AQUACULTURA POR TIPO DE ÁGUA E REGIME (FONTE: INE, 2024). .....	5
FIGURA 3: VOLUME DE PRODUÇÃO AQUÍCOLA DE PEIXES MARINHOS E MOLUSCOS EM ÁGUAS DE TRANSIÇÃO E MARINHAS (FONTE: INE, 2024). .....	6
FIGURA 4: CICLO DE VIDA DE CORVINA PRODUZIDA EM AQUACULTURA (FONTE: FAO, 2025) .....	9
FIGURA 5: LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA SEAENTIA (FONTE: GOOGLE MAPS) .....	14
FIGURA 6: CORVINA PROVENIENTE DE SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA (FONTE: SEAENTIA) .....	15
FIGURA 7: PLANTA ILUSTRATIVA (PISO TÉRREO) DOS TRÊS ARMAZÉNS ADJACENTES DAS INSTALAÇÕES. A PLANTA NÃO ESTÁ À ESCALA (FONTE: SKETCHUP) .....	15
FIGURA 8: ALIMENTADORES AUTOMÁTICOS SITUADOS NO PISO SUPERIOR DO ARMAZÉM. ....	16
FIGURA 9: ZONA EXTERIOR DAS INSTALAÇÕES COM ALGUNS DOS COMPONENTES ESSENCIAIS NO SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA. ....	18
FIGURA 10: SISTEMA DE FILTRAÇÃO DA ENTRADA DE ÁGUA COM (Nº 1) FILTRO DE AREIA, (Nº 2) FILTRO DE CARTUCHO, (Nº 3) LÂMPADA ULTRAVIOLETA E (Nº 4) MEMBRANA ULTRAFILTRAÇÃO.....	19
FIGURA 11: AREIA DE VIDRO USADA NO FILTRO DE AREIA. ....	19
FIGURA 12: ESQUEMA SIMPLIFICADO DO CIRCUITO HIDRÁULICO DO SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA NA SEAENTIA. ....	20
FIGURA 13: COMPONENTE DE UM TANQUE DE PRODUÇÃO (A) TUBO DE ENTRADA DE ÁGUA NO TANQUE (B) DRENO CENTRAL SITUADO NO FUNDO E (C) CAIXA LATERAL DO TANQUE COM DOIS TUBOS DE PVC. ....	21
FIGURA 14: COMPONENTES DA FILTRAÇÃO MECÂNICA (A) VISÃO GERAL DO FILTRO DE TAMBOR (B) MALHA DO FILTRO DE TAMBOR E ASPERSORES (C) BOMBA DOS ASPERSORES. ....	22
FIGURA 15: FILTRAÇÃO BIOLÓGICA COM (A) BIOFILTRO MBBR E (B) <i>MEDIA</i> UTILIZADA. ....	23
FIGURA 16: COMPONENTES ESSENCIAIS PARA OZONIZAR A ÁGUA NO LOCAL COM (A) CONCENTRADOR DE OZONO E GERADOR DE OXIGÉNIO (B) ENTRADA DE OZONO PELO VENTURI. ....	24
FIGURA 17: DESGASEIFICADOR, SITUADO NA PARTE FINAL DO BIOFILTRO .....	25
FIGURA 18: CONE DE SATURAÇÃO DE OXIGÉNIO .....	26
FIGURA 19: CENTRAL DE CONTROLO COM (A) VISÃO GERAL DO OXYGUARD E (B) ECRÃ PRINCIPAL. ....	27
FIGURA 20: ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL SUSPENSO USADO NOS TANQUES DE PRODUÇÃO.....	28
FIGURA 21: MANUTENÇÃO DAS SONDAS DE OXIGÉNIO COM (A) MEMBRANA INTERNA DANIFICADA E (B) CALIBRAÇÃO NO OXYGUARD. ....	29
FIGURA 22: RAÇÃO USADA NA SEAENTIA.....	30
FIGURA 23: PROCEDIMENTO DE BACKWASH DO FILTRO DE AREIA (A) PAINEL DE CONTROLO DO SISTEMA DE FILTRAÇÃO (B) VÁLVULA MULTÍVIA.....	31
FIGURA 24: LIMPEZA FILTRO DE TAMBOR (A) SIFONAGEM DA CAIXA LATERAL (B) PAINEL DE CONTROLO.....	32
FIGURA 25: LIMPEZA DO ESCUMADOR DE PROTEÍNAS (ANTES E DEPOIS).....	33
FIGURA 26: LIMPEZA DE COMPONENTES DOS TANQUES DE PRODUÇÃO (A) GRELHA DE OXIGÉNIO E (B) ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL. ....	34
FIGURA 27: SUBSTITUIÇÃO DE UM BLOCO DE OXIGÉNIO, COM O AUXÍLIO DA GRUA.....	35
FIGURA 28: MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA (A) PELO ESPETROFOTÓMETRO E RESPECTIVOS REAGENTES (B) MEDIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CO <sub>2</sub> DISSOLVIDO. ....	36
FIGURA 29: PROCEDIMENTO PRÉVIO REALIZADO NAS BIOMETRIAS (A) MESA USADA NA AMOSTRAGEM (B) ZONA DO <i>IKEJIME</i> . ....	37
FIGURA 30: PROCEDIMENTO DE BIOMETRIAS (A) PREPARAÇÃO DA DORNA (B) CORVINAS NA DORNA APÓS PESAGEM (C) DIVISÓRIA USADA NOS TANQUES COM FORMATO QUADRADO. ....	37
FIGURA 31: MANUSEAMENTO DE CORVINAS COM PESO SUPERIOR A 2,5 KG (A) RECOLHA DE SANGUE (B) ZONA DE RECUPERAÇÃO.....	38
FIGURA 32 LIMPEZA INTERNA DO FILTRO DE AREIA .....	39

FIGURA 33: LIMPEZA DE BOMBA HIDRÁULICA SITUADA NO PORTO DE PESCA.....	40
FIGURA 34: MANUTENÇÃO AREJAMENTO (A) INTERVENÇÃO INTERNA NO EQUIPAMENTO (B) REINSTALAÇÃO DE UM AREJAMENTO NOVO NO SISTEMA.....	41
FIGURA 35: SUBSTITUIÇÃO DA MALHA DO FILTRO ROTATIVO.....	42
FIGURA 36: VISITA A UMA AQUACULTURA OFFSHORE (FONTE: BLUEAQUAEDU).....	44
FIGURA 37: ENSAIO REALIZADO NUM SISTEMA DE CULTIVO COM POLIQUETAS E ANFÍPODES (A) TANQUES CULTIVO ANTES DA INOCULAÇÃO (B) AMOSTRAGEM FINAL DOS INDIVÍDUOS.....	46

## Índice de siglas e acrónimos

CO<sub>2</sub>- Dióxido de carbono

FCR- Índice de Conversão alimentar

I&D- Investigação e desenvolvimento

IMTA- Sistema multitrófico integrado

MBBR- *Moving Bed Bioreactor*

RAS- *Recirculating Aquaculture System*

UV- Radiação Ultravioleta

## Enquadramento e objetivos

Este relatório foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular de estágio, do 2º ciclo do mestrado de Aquacultura, lecionado pelo Instituto Politécnico de Leiria, na Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar em Peniche. A duração total do estágio foi de 1620 horas, e decorreu entre 23 de setembro de 2024 e 9 junho de 2025.

O estágio na SEAentia teve como principal objetivo a aplicação prática dos conhecimentos e competências teóricas adquiridos ao longo do curso, num contexto empresarial. O estágio foi realizado com a supervisão de Ana Pedroso de Lima Costa.

## Introdução

A aquacultura consiste na criação de organismos aquáticos como peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios e plantas aquáticas (Pillay & Kutty, 2005) em ambientes de água doce, salobra ou salgada. Estudos sugerem que a aquacultura possa ter surgido por volta de 4000 a.C. em diferentes regiões do mundo, inicialmente com foco na captura de organismos aquáticos para consumo (Pillay & Kutty, 2005; Rogers, 2024). Registos históricos relatam a prática de cultivo de peixes no Egito, aproximadamente 2500 a.C., e posteriormente na China (Rocha et al., 2022). Contudo, relatos históricos sugerem que a criação de peixes em viveiros também ocorreu na Mesopotâmia, apesar dos seus registos não serem muito claros. Ainda assim, só nos últimos 50 anos é que a aquacultura foi reconhecida como uma atividade socioeconómica importante (Tavares, 2017), contribuindo positivamente para a sustentabilidade, através da segurança alimentar, conservação de ecossistemas marinhos e criação de postos de trabalho (Finegold, 2009).

A aquacultura pode ser classificada em regime extensivo, semi-intensivo ou intensivo de acordo com o controlo do cultivo, densidades do mesmo e tipo de alimentação fornecida. Desta forma, os sistemas intensivos são geralmente caracterizados por uma elevada intervenção humana e controlo das condições de cultivo, de forma a otimizar a performance dos indivíduos. Os organismos podem ser

cultivados em diferentes tipos de ambiente como no mar em regime *offshore*, em lagoas, tanques de terra ou tanques *indoor*, dependendo do objetivo e condições do cultivo.

O presente estágio foi realizado numa aquacultura cujo regime é intensivo e no qual integra um sistema de recirculação de água, denominado de RAS (*Recirculating Aquaculture System*).

## Aquacultura a nível mundial

O aumento da população mundial contribui para a sobre-exploração dos stocks selvagens, o que gera impactos negativos nos ecossistemas marinhos. Estima-se que em 2050 a população mundial atinja 9,7 mil milhões de habitantes, um aumento de 1,7 mil milhões em relação ao ano 2022 (Food and Agriculture Organization [FAO], 2024). Este cenário reforça a importância de desenvolver alternativas mais sustentáveis e eficazes, com o objetivo de suprir o fornecimento de proteínas de origem aquática. A aquacultura é um dos setores alimentares que mais tem crescido nas últimas décadas, com elevado potencial para responder à procura do mercado. Para além de contribuir na preservação dos recursos marinhos, este setor fornece produtos de alta qualidade, geralmente mais acessíveis do que os provenientes da pesca (Institut de Recherche pour le Développement [IRD], 2020). A produção de organismos aquáticos em ambiente controlado aumenta a eficiência produtiva e garante um fornecimento contínuo e estável de produtos aquícolas no mercado. Para além de impulsionar o desenvolvimento económico e a criação de postos de trabalho, a aquacultura promove práticas de produção sustentáveis.

Segundo a FAO (2024), a produção mundial de animais aquáticos entre 2020 e 2022 aumentou 4%, registando um novo máximo alcançado de 185 milhões de toneladas (peso vivo equivalente). Os países que produziram mais produtos aquáticos foram os asiáticos (sendo a China o maior produtor e exportador) com 70%, seguidos da Europa e América Latina (9% cada), América do Norte (3%) e por fim a Oceânia (1%) (FAO, 2024).

Pela primeira vez na história, o cultivo de organismos aquáticos ultrapassou a produção por captura (Figura 1), atingindo 94 milhões de toneladas, (51%), enquanto as pescas registaram apenas 91 milhões de toneladas (49%). Contudo, nos últimos 3 anos

tem sido observado uma diminuição ligeira (0,2%) na produção pesqueira relativamente à produção aquícola.

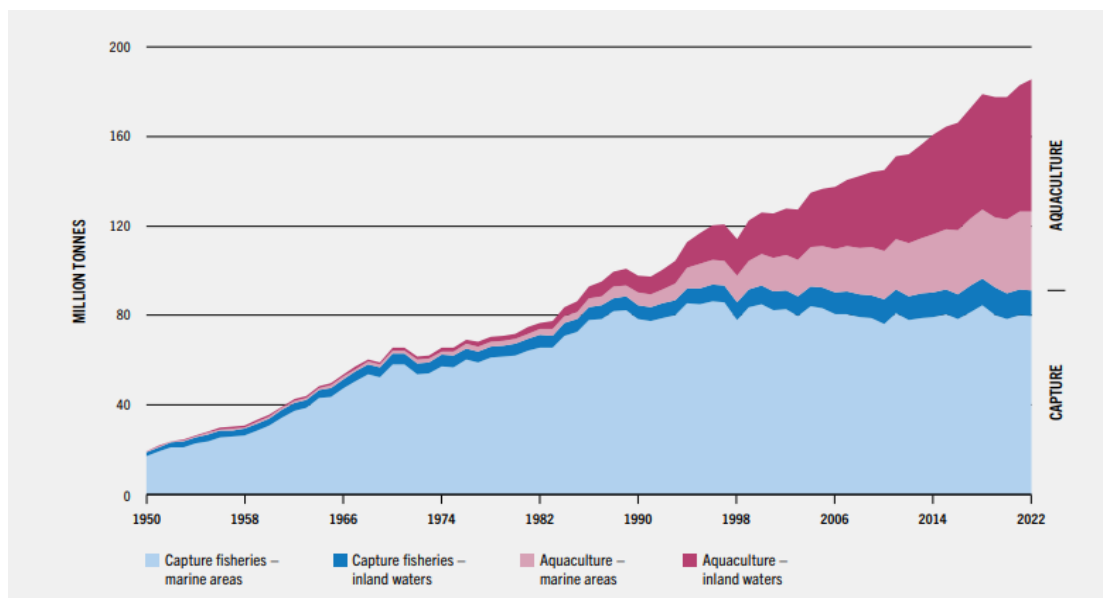


Figura 1: Captura de peixe e produção aquícola a nível mundial, em milhões de toneladas (Fonte: FAO, 2024).

Em relação a 2020, a produção em aquacultura aumentou 7,6%, com 6,7 milhões de toneladas, devido principalmente à Ásia, cuja contribuição foi de 5,9 milhões de toneladas (87,9%) (FAO, 2024). Por outro lado, a Europa registou um aumento de 232 100 toneladas (7,1 %) em 2022, relativamente aos 3,3 milhões de toneladas registados em 2020. Os peixes ósseos foram o grupo de organismos mais cultivados e que representou 3,9 milhões de toneladas, o que equivale a 58,1% do total, seguidos pelos crustáceos (24,6 %), moluscos (15,6 %) e entre outras espécies (1,8%) (FAO, 2024).

Nos últimos 60 anos, tem-se observado que o consumo global de alimentos provenientes de ambientes aquáticos cresceu a uma taxa superior à do crescimento populacional. Isto resultou num aumento médio de 1,4% ao ano no consumo per capita, que em 2021 foi de 20,6 kg de peixe por pessoa (FAO, 2024).

## Aquacultura em Portugal

Portugal tem uma posição geográfica privilegiada e uma vasta extensão do território marítimo, sendo o 20º país com a maior Zona Económica Exclusiva (ZEE). Há muitos séculos que a pesca desempenha um papel fundamental na cultura e na

economia do país, principalmente nas zonas costeiras, onde o consumo de pescado é mundialmente reconhecido, tanto pela quantidade como pela diversidade de produtos (Almeida et al., 2015; Instituto Nacional de Estatística [INE], 2024). O consumo per capita em 2022 foi cerca de 55 kg, posicionando Portugal como o maior consumidor de pescado na União Europeia (European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products [EUMOFA], 2024).

Acredita-se que a aquacultura em Portugal continental foi praticada durante centenas de anos, em que cultivavam juvenis de peixes em salinas ou viveiros, até obterem um tamanho adequado para consumo (Rocha et al., 2022). Inicialmente, na década de 1980 a aquacultura centrou-se na produção de truta arco-íris de água doce e moluscos bivalves em zonas intertidais, e posteriormente, com os avanços tecnológicos, passou a focar-se nas espécies marinhas (Rocha et al., 2022). Durante a década de 1990 a aquacultura apresentou um progresso significativo, com a criação de dourada (*Sparus aurata* (Linnaeus, 1758)) e robalo europeu (*Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758)), e mais recentemente com a introdução de novas espécies como o pregado (*Scophthalmus maximus* (Linnaeus, 1758)) e o linguado (*Solea senegalensis* (Kaup, 1858)) (Bernardino, 2000).

A aquacultura nos arquipélagos tem um desenvolvimento limitado. Na Madeira este setor contribui para a economia do arquipélago, porém nos Açores a atividade permanece em fases iniciais de investigação e inovação (Fernández-Palacios et al., 2023; Rocha et al., 2022). Contudo, têm sido implementados apoios no desenvolvimento do setor no arquipélago açoriano, com o objetivo de promover a comercialização de produtos aquícolas e diminuir a pressão nos ecossistemas marinhos da região.

Em 2022 a produção aquícola total alcançou 18 822 toneladas, representando um aumento de 4,8% face ao ano anterior (Figura 2). As vendas geraram uma receita de 159,8 milhões de euros, o que representou um crescimento de 1,7% em comparação com os 157,1 milhões de euros em 2021 (INE, 2024). Apesar deste aumento, a quantidade de produtos vendidos sofreu uma diminuição de 8,2%, que corresponde a 16 166 toneladas em 2022. A produção em águas marinhas e de transição representou 97,8% do total com 18 408 toneladas, sendo o regime extensivo (48,1%) o mais

predominante, seguido do regime intensivo (34%) e do semi-intensivo (17,9%) (Figura 2). A predominância do regime extensivo deve-se ao facto de grande parte da produção em Portugal se concentrar no cultivo de espécies de baixo nível trófico, como bivalves. Estes organismos beneficiam de sistemas de produção que dependem de recursos naturais como o fitoplâncton, para a sua alimentação, tornando esta produção mais económica e ecologicamente mais eficiente.

Em relação a 2021, o regime semi-intensivo foi o único a registar um aumento, devido ao licenciamento de novas unidades de produção neste regime (INE, 2024). A produção de aquacultura em águas interiores foi exclusivamente realizada em regime intensivo, com 414 toneladas (Figura 2).

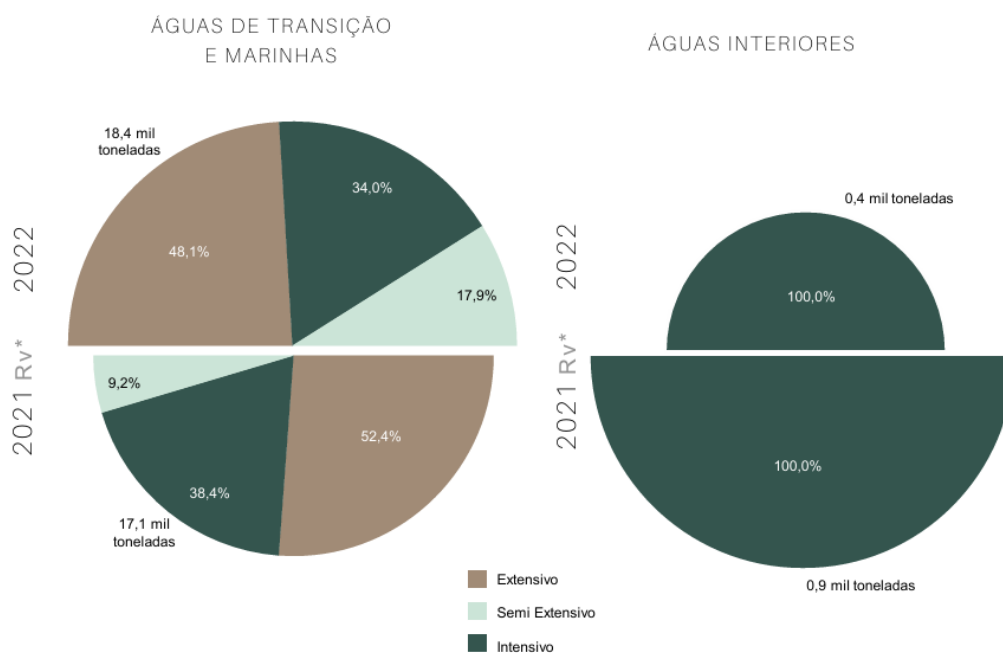


Figura 2: Produção de aquacultura por tipo de água e regime (Fonte: INE, 2024).

A produção de peixes em águas marinhas e de transição alcançou 8 257 toneladas em 2022 (aumento de 4,4%), o que representou 43,9% da produção total (INE, 2024). As espécies de peixes marinhos que se destacaram, pelo aumento de produção total, foram a dourada (3 352 toneladas) e o robalo (1 481 toneladas), ao contrário do pregado, que sofreu uma diminuição de 13,1% (3 074 toneladas) (Figura 3). Já a produção de truta foi realizada exclusivamente em regime de águas interiores, registando 414 toneladas (2,2% da produção total) (Figura 3). Em relação aos moluscos, a produção foi de 10 151

toneladas, um aumento de 11,3% (53,9% da produção total). Em 2022, o molusco mais produzido foi a amêijoas com 4 346 toneladas, correspondendo a um aumento de 21,2% face a 2021, seguido dos mexilhões com 3 189 toneladas (aumento de 4,8%) e das ostras com 2 465 toneladas (aumento de 7,5%) (Figura 3). No final de 2022 foram contabilizados 1 290 estabelecimentos licenciados em águas do interior, marinhas e de transição, um aumento de 38 unidades de produção em relação ao ano anterior (INE, 2024).

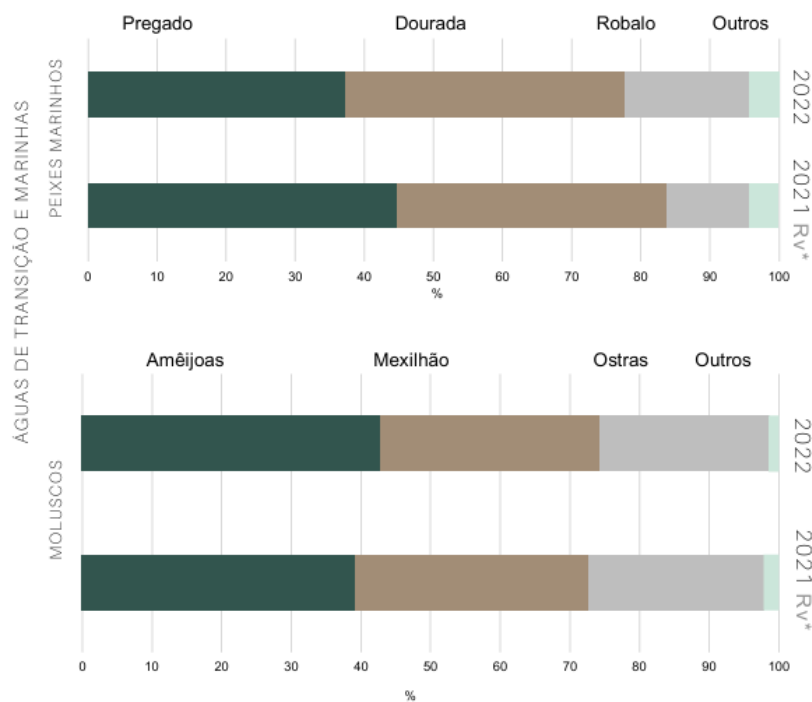


Figura 3: Volume de produção aquícola de peixes marinhos e moluscos em águas de transição e marinhas (Fonte: INE, 2024).

Com o aumento da procura de produtos aquícolas, torna-se essencial promover a diversificação das espécies utilizadas na aquacultura, tanto em Portugal como na Europa. O projeto DIVERSIFY foi desenvolvido com este objetivo, focando-se em espécies como o alabote do Atlântico (*Hippoglossus hippoglossus*), cherne (*Polyprion americanus*), corvina (*Argyrosomus regius* (Asso,1801)), lírio (*Seriola dumerili*), lúcio-perca (*Sander lucioperca*) e a tainha (*Mugil cephalus*), que se destacam pela elevada taxa de crescimento e grande potencial para a produção de novos produtos com valor acrescentado (Mylonas et al., 2019).

## Corvina- Biologia da espécie

A corvina, é um peixe que pertence à família Sciaenidae e distribui-se pela costa ocidental da África, Nordeste Atlântico, Mar Negro e Mar Vermelho (EUMOFA, 2022; FAO, 2025). Por ser uma espécie pelágica com tendência demersal, pode ser encontrada em águas pouco profundas, desde as zonas costeiras até 350 metros de profundidade, geralmente com fundos, lodosos ou rochosos (Cárdenas, 2011).

Por ser robusta e ágil, pode, por vezes ser confundida com o robalo devido às semelhanças na morfologia externa; no entanto consegue atingir maiores dimensões na fase adulta (Cárdenas, 2011). De acordo com o FishBase (n.d.), a corvina pode alcançar 2,3 metros de comprimento e cerca de 100 kg, embora os indivíduos capturados para fins comerciais não ultrapassem os 2 metros ou 50 kg (FAO, 2025).

A temperatura da água é um fator determinante no ciclo de vida da corvina, influenciando diretamente a migração reprodutiva, taxas de crescimento e os hábitos alimentares (FAO, 2025; EUMOFA, 2022). Por ser uma espécie euritérmica, tolera variações de temperatura, no entanto a faixa considerada ótima para o seu crescimento situa-se entre 17 °C e os 21 °C (Cárdenas, 2011; FAO, 2025).

Em ambiente natural, a maturação sexual ocorre quando os indivíduos atingem cerca de 70 cm de comprimento total, o que corresponde, em média, a 2 anos para os machos e 3 anos para as fêmeas (EUMOFA, 2022). Os estuários são habitats essenciais para a reprodução e o desenvolvimento inicial da espécie, antes de esta migrar para as zonas costeiras e atingir a fase juvenil. A dieta é composta inicialmente por pequenos crustáceos e peixes demersais, evoluindo mais tarde para peixes pelágicos e cefalópodes (FAO, 2025).

## Aquacultura de corvina

A produção de corvina é relativamente recente no mediterrâneo (Cárdenas, 2011; Carvalho et al., 2018), no entanto o cultivo foi introduzido na Europa no final dos anos 90 (Duncan et al., 2013). A primeira comercialização foi registada em 1997, na França, e ao longo da década de 2000, a produção expandiu-se para alguns países

européus, bem como para a Turquia e Egipto (FAO, 2025; Monfort, 2010). O cultivo deste organismo passou de 231 toneladas em 2002, para aproximadamente 56 mil toneladas em 2019. Nesse ano, 68% da produção global desta espécie provinha de aquacultura, sendo a Espanha, o Egipto, a Turquia e a Grécia os principais produtores (EUMOFA, 2022).

O cultivo deste organismo realiza-se normalmente em tanques de terra, e mais recentemente em regime *offshore* (EUMOFA, 2022). Sob condições controladas, o ciclo de vida requer diferentes etapas e técnicas de cultivo adequadas, para garantir o desenvolvimento saudável e otimizar a produção. De acordo com Schiavone et al. (2012), a maturação dos indivíduos ocorre precocemente, dificultando a indução de desova sem uso de hormonas exógenas (Duncan et al., 2012; Mylonas et al., 2013). Além disso, foram observadas disfunções reprodutivas nas fêmeas (Mylonas et al., 2010; Mylonas & Zohar, 2009), possivelmente associadas a condições de cultivo inadequadas, qualidade da água ou stress fisiológico (Schreck, 2010). Estudos mais recentes demonstraram progressos significativos no desenvolvimento de protocolos eficazes para a reprodução e desova, assim como novas estratégias de seleção genética dos reprodutores e fertilização *in vitro* (Mylonas et al., 2016, 2017).

Muitos produtores recorrem a maternidades para obtenção de alevins, que normalmente são entregues com um peso entre 3 a 20 g. Consoante o cultivo, são mantidos em pequenos tanques ou jaulas *offshore*, a uma densidade de 300 a 350 indivíduos por m<sup>3</sup> durante 3 meses até obterem 100 g. A taxa de sobrevivência nesta fase é de 80% (EUMOFA, 2022; FAO, 2025). A engorda geralmente é realizada em tanques circulares ou retangulares de 500 m<sup>3</sup> e cerca de 1 metro de profundidade, revestidos com tecido PVC para prevenir possíveis abrasões na pele. Numa densidade de 50 indivíduos por m<sup>3</sup>, a corvina pode atingir entre 800 e 1200 g em 24 meses (Figura 4), com a possibilidade de continuar a alimentação até 2-3 kg (FAO, 2025). A engorda realizada em *offshore* recorre a jaulas de 500 a 1000 m<sup>3</sup> e, mais recentemente, a jaulas submersas com maior capacidade volumétrica (2000 m<sup>3</sup>). Nestas últimas, a densidade de cultivo é mais reduzida, cerca de 10 a 15 indivíduos por m<sup>3</sup> (EUMOFA, 2022), o que contribui para melhores taxas de crescimento e uma maior eficiência alimentar (FAO, 2025), expressa por uma taxa de conversão alimentar (FCR) mais reduzida.

Embora a corvina seja tradicionalmente cultivada em regimes extensivos e semi-intensivos, nos últimos anos, tem-se verificado um crescente interesse em adaptá-la a produções mais intensivas. Apesar disso, esta prática não se encontra amplamente estabelecida, mantendo-se em fases iniciais de implementação.

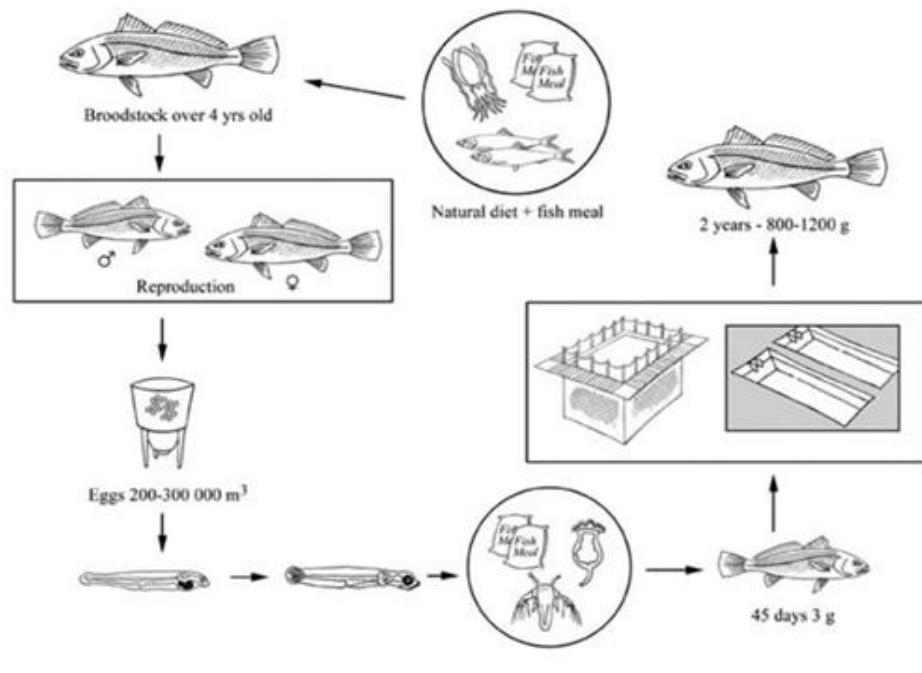


Figura 4: Ciclo de vida de corvina produzida em aquacultura (Fonte: FAO, 2025)

A corvina tem hábitos alimentares e requerimentos nutricionais semelhantes a outras espécies de peixes do Mediterrâneo, sendo alimentada com uma ração extrudida com 45 a 48% de proteína e 20 a 24% de lípidos (EUMOFA, 2022). O regime alimentar varia consoante a fase do ciclo, as condições e o tipo de cultivo utilizado. Durante a engorda em tanques, são efetuadas múltiplas administrações de ração (cerca de 2 a 3 vezes por dia), enquanto no *offshore* esta prática geralmente passa a uma única administração (FAO, 2025). A frequência de administrações diárias influencia diretamente o controlo da ingestão alimentar e o crescimento dos indivíduos cultivados. A administração única, apesar de implicar menor esforço logístico e simplicidade operacional, pode resultar numa ingestão de alimento menos homogénea entre os indivíduos e num controlo mais limitado do consumo. Por sua vez, a distribuição fracionada da ração ao longo do dia assegura uma distribuição mais uniforme do alimento e melhora a eficiência produtiva de cada lote.

As patologias observadas no cultivo de corvina têm sido descritas ao longo dos anos (Soares et al., 2018; Ternengo et al., 2010) e incluem protozoários como (*Amyloodinium ocellatum*), bactérias (*Vibrio anguillarum*), parasitas trematódeos (*Gyrodactylus* sp.), e outros parasitas (*Sciaenacotyle panceri*, *Diplectanum sciaenae*, *Philometra* sp.) (EUMOFA, 2022). A prevenção de parasitas consiste no controlo de densidade e da qualidade da água, enquanto o aparecimento de infeções bacterianas pode ser controlado com a administração de antibióticos formulados na ração (Monfort, 2010). Outra patologia relevante é a granulomatose sistémica (SG) que afeta os rins, fígado e baço. Estudos no âmbito do projeto DIVERSIFY associam esta doença a possíveis desequilíbrios metabólicos, ou nutricionais, e apontam para o potencial da otimização da formulação de rações na dieta como estratégia preventiva (Mylonas et al., 2017).

A corvina destaca-se na aquacultura pelo crescimento rápido, cerca de 2,5 kg em 24 meses, e pela eficiente conversão alimentar (FCR entre 0,9 e 1,2), consoante a qualidade da ração e condições de cultivo (Monfort, 2010). Estes valores refletem a otimização de crescimento desta espécie ao longo dos anos, evidenciando a sua elevada eficiência produtiva. No que toca à produção, e por ser naturalmente resiliente (Duncan et al., 2012), a corvina adapta-se rapidamente às condições em cativeiro, e tem uma fecundidade elevada (Abellén Martínez & Arnal Atarés, 2013). Do ponto de vista comercial, o produtor obtém um bom rendimento de processamento, resultando num produto final de excelente textura e sabor, cuja carne magra e de alta qualidade se caracteriza por um elevado teor de proteína e baixo teor de lípidos, podendo ainda ser processado de diferentes formas (Mylonas et al., 2017). De acordo com Monfort (2010), a crescente procura por produtos mais convenientes, como porções e filetes prontos a cozinhar, evidencia um futuro promissor para esta espécie.

Apesar de todas as vantagens descritas, o cultivo desta espécie enfrenta alguns obstáculos, como variação genética limitada dos reprodutores e a ocorrência de patologias (Mylonas et al., 2017). A forte dependência do fornecimento de alevins persiste como uma prática recorrente no setor, condicionando o crescimento da produção. A nível comercial, a corvina permanece pouco conhecida nas regiões onde a captura proveniente da pesca não tem relevância, o que limita a visibilidade e conhecimento do produto entre os compradores e consumidores (Monfort, 2010).

# Aquacultura em RAS

## Breve história

O RAS consiste num sistema de cultivo intensivo que reutiliza a água através de um processo de filtração mecânica, biológica e química (Murray et al., 2014). Este tipo de produção é geralmente realizada em armazéns, permitindo controlar as condições de cultivo, otimizar a gestão de matéria orgânica descartada (efluente) e reduzir significativamente o consumo de água (EUMOFA, 2020). Neste sistema de recirculação, apenas uma pequena percentagem de água nova, previamente tratada, é inserida no cultivo (Chun et al., 2018).

Segundo Murray et al. (2014), as primeiras investigações sobre RAS foram realizadas no Japão, na década de 1950, com destaque no desenvolvimento de biofiltros para produção de carpas. Até ao final de 1980, a produção comercial com esta tecnologia aumentou tanto em volume como diversidade de espécies, destacando-se a Dinamarca como país pioneiro no cultivo de enguias em ambiente controlado (Gupta et al., 2024; Martins et al., 2005).

## Princípios básicos do funcionamento

Os componentes fundamentais de um RAS incluem tanques de produção, sistemas de filtração mecânica e biológica (biofiltro), equipamentos de desinfecção (radiação ultravioleta (UV) ou o ozono), degaseificação de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), escumadores de proteína e sensores para monitorização dos parâmetros físico-químicos da água (Gupta et al., 2024). Além disso, este sistema necessita de tubagens e bombas hidráulicas, para movimentar a água entre diferentes pontos das instalações e luz artificial nos tanques (EUMOFA, 2020). Apesar da configuração destes componentes possa variar entre sistemas, a sua presença é essencial para assegurar a eficiência do cultivo (Aich et al., 2020).

## Principais vantagens e desafios

Ao longo das últimas décadas, a aplicação de RAS tem promovido práticas mais sustentáveis na produção aquícola (Neethu et al., 2020), ao assegurar mais controlo sobre o cultivo e uma capacidade de gestão eficiente do volume de efluente descartado, quando comparado com sistemas mais convencionais (Ativie, 2024; Bregnballe, 2022). Por se tratar de um sistema fechado, permite garantir um controlo ambiental, prevenindo fugas para os ecossistemas (Zohar et al., 2005). A monitorização da qualidade da água garante a biossegurança no cultivo, reduzindo o aparecimento de patógenos e minimiza a necessidade de utilizar antibióticos, ou produtos químicos na água (Bögner et al., 2021; Gupta et al., 2024). Além disso, o RAS demonstra elevada versatilidade, sendo adaptável a ambientes com diferentes salinidades (Helfrich & Libey, 2000) e inclui variantes como a aquaponia, em que o cultivo de plantas está integrado na produção de peixes (Goddek et al., 2019).

Apesar das suas vantagens reconhecidas, o RAS ainda enfrenta várias limitações a nível social, económico e tecnológico. Sendo uma tecnologia relativamente recente no setor aquícola, a aceitação social continua a ser um fator determinante para a sua expansão no mercado (Ahmed & Turchini, 2021). Um dos principais desafios está relacionado com o elevado investimento inicial em infraestruturas tecnologicamente avançadas, que operam com engenharia complexa, e que exigem mão de obra qualificada (Midilli et al., 2012; Murray et al., 2014). Além disso, existe uma grande dependência energética, uma vez que o funcionamento contínuo de bombas hidráulicas, sistemas de filtração e sensores de monitorização resulta em custos operacionais elevados, quando comparado com sistemas extensivos (Ayuso-Virgili et al., 2023; Badiola et al., 2018). Em média, o retorno do investimento inicial pode demorar até oito anos (Badiola et al., 2012), o que tende a desmotivar possíveis investidores.

A nível tecnológico, o principal desafio é o design das instalações adequadas ao organismo a ser produzido. Muitos produtores iniciaram atividade com sistemas de pequena escala e com pouco planeamento, o que levou à reestruturação e reconfigurações do mesmo (Gupta et al., 2024; Badiola et al., 2012). A procura por consultoria e aconselhamento aumentou significativamente, sobretudo em países como

a Dinamarca, Holanda e Noruega, reconhecidos pela sua experiência e conhecimento em sistemas de recirculação em aquicultura (Gupta et al., 2024).

## Mitigação das limitações do RAS

A mitigação destes desafios deve ser abordada, principalmente nos países em desenvolvimento, onde a falta de recursos e conhecimento sobre RAS limita a sua implementação e expansão no setor (Ahmed & Turchini, 2021). Desta forma, é essencial promover a contratação de mão de obra não só especializada, como também incentivar a formação prática de outras competências essenciais e relacionadas com a indústria (Atvie, 2024). A nível económico, a integração de energia renovável no RAS é uma solução promissora e que promove mais eficiência energética e redução de custos a longo prazo (Badiola et al., 2018). Embora o volume de efluente gerado num RAS seja inferior ao dos sistemas extensivos, a sua concentração em matéria orgânica é mais elevada, pelo que uma gestão inadequada deste subproduto pode provocar impactos negativos no ambiente. Para mitigar estes riscos, a água do cultivo é recirculada e tratada antes do descarte, prevenindo a contaminação do meio ambiente. No entanto, estudos recentes demonstram o potencial de valorização do efluente descartado através da produção de organismos de baixo nível trófico, como microalgas, poliquetas e insetos (Gómez et al., 2023; Rossi et al., 2023), digestão anaeróbia (Choudhury et al., 2023), recuperação de nutrientes (Schleyken et al., 2024) e compostagem para uso agrícola (Pérez-San Martín et al., 2024). Ainda assim, são necessárias mais investigações científicas e ajustes na legislação de forma a implementar estas práticas de forma segura e eficaz ao converter o efluente descartado num recurso útil, economicamente viável e com aplicações sustentáveis, como na agricultura ou produção de biogás (Gupta et al., 2024).

Os benefícios associados à integração do RAS na produção têm impulsionado a indústria aquícola, especialmente em vários países da União Europeia. Com o objetivo de reforçar a sustentabilidade no setor, a Comissão Europeia tem adotado estratégias de apoio institucional e financeiro, destinadas ao desenvolvimento de projetos inovadores e à construção de novas infraestruturas aquícolas (Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos [DGRM], 2021).

# Estágio na SEAentia

## Informações gerais

A SEAentia é uma start-up que utiliza tecnologia inovadora, num sistema de recirculação para produzir corvina. Fundada em 2017 com sede no Biocant (núcleo 04 Lote 2, 3060-197, Cantanhede), iniciou um projeto piloto em 2021 com foco na aquacultura sustentável. As instalações estão localizadas no Porto de Pesca de Peniche (Figura 5) (Armazém dos aprestos nº 6, 2520-630- Peniche).



Figura 5: Localização geográfica da SEAentia (Fonte: Google maps)

Este projeto-piloto de aquacultura foi desenvolvido com o intuito de avaliar a viabilidade da produção de corvina em RAS pela primeira vez a nível mundial, que haja conhecimento (Figura 6). Para além de recolher dados de crescimento e performance da espécie, promove também investigação relevante não só para o próprio projeto de produção de corvina à escala industrial, mas igualmente para a sustentabilidade e desenvolvimento do setor, em parceria com entidades externas. Todos os alevins cultivados até à data foram provenientes da EPPO (Estação Piloto de Piscicultura de Olhão), do IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera).

Durante os últimos 4 anos a SEAentia validou a prova de conceito, com resultados muito positivos, e recolheu dados zootécnicos essenciais na preparação da fase comercial.

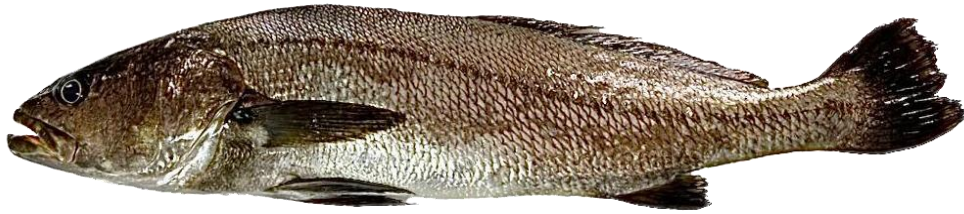


Figura 6: Corvina proveniente de sistema de recirculação de água (Fonte: SEAentia)

## Instalações

A produção de corvina na SEAentia é realizada no interior de três armazéns de aprestos, inicialmente renovados e reconfigurados para responderem às necessidades do sistema de recirculação. Cada armazém é composto por um rés-do-chão, e um primeiro andar. O sistema de recirculação foi desenhado para a área disponível e montado pela consultora holandesa, *Landing Aquaculture*. A Figura 7 representa a zona de produção e alguns dos componentes que constituem o sistema de filtração da água.

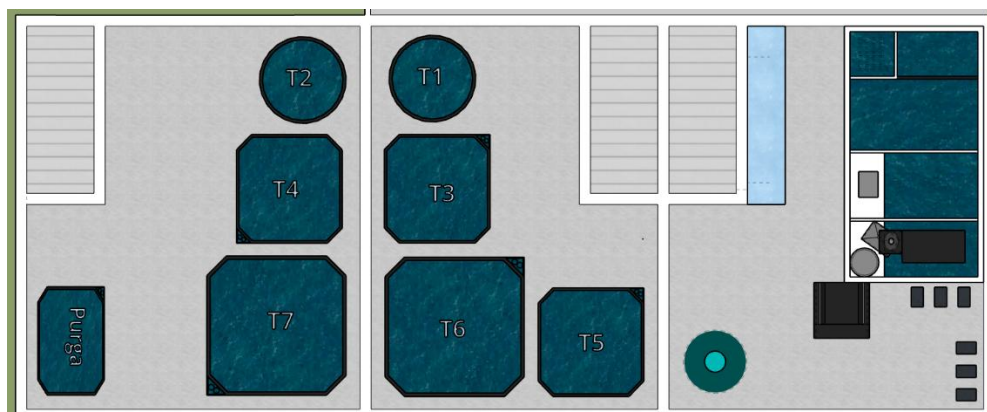


Figura 7: Planta ilustrativa (piso térreo) dos três armazéns adjacentes das instalações. A planta não está à escala (Fonte: SketchUp)

Os tanques de produção estão numerados de T1 a T7 e são compostos por diferentes capacidades, de forma a acompanhar o crescimento dos peixes. Os tanques T1 e T2, com 1,2 m<sup>3</sup>, destinam-se a indivíduos entre 5 g e 150–200 g, enquanto os tanques T3, T4 e T5, com 5 m<sup>3</sup>, são utilizados para peixes com peso entre 150 g e 700–1400 g. Já os tanques T6 e T7, com 10 m<sup>3</sup>, recebem os peixes a partir dos 700–1400 g até cerca de 3500 g, sendo o objetivo final de produção atingir aproximadamente 2,5 kg por indivíduo. Para além destes, existe ainda um tanque de depuração com 5 m<sup>3</sup>, que não

está integrado no RAS e cuja função é isolar os indivíduos antes da colheita, permitindo a limpeza do trato digestivo.

Em aquacultura, a acumulação de compostos de natureza lipofílica nos tecidos do peixe pode causar alteração no sabor e odor do produto final, os chamados *off-flavours*. Segundo a revisão realizada por Noguera et al. (2024), compostos como geosmina (GSM) e o 2-metilisborneol (MIB) tendem a acumular-se nos depósitos de gordura visceral. Estes compostos são produzidos por cianobactérias presentes na água do cultivo. Contudo, análises sensoriais e provas cegas realizadas na corvina produzida na SEAentia indicaram a ausência de *off-flavours*, possivelmente devido ao controlo rigoroso da qualidade da água e ao baixo teor de lípidos dos indivíduos, não tendo sido necessária a utilização do tanque de depuração.

Todos os tanques têm luminárias com intensidade reduzida, controlada por um fotoperíodo, de forma a replicar as condições naturais do habitat da corvina. Para além da iluminação, os tanques também estão equipados com grelhas de oxigénio de emergência e sondas especializadas de oxigénio dissolvido. Já os tanques de produção têm alimentadores automáticos (Figura 8), instalados no piso superior, cada um conectado com um tubo PVC, que encaminha os *pellets* para os tanques. Os tanques com 1,2 m<sup>3</sup> são os únicos cujo alimentador situa-se no local.



Figura 8: Alimentadores automáticos situados no piso superior do armazém.

Na unidade de filtração de entrada de água e sistema de recirculação encontram-se grande parte dos componentes essenciais para o tratamento da água do cultivo, bem como armários para equipamento individual usado diariamente nas rotinas operacionais. No primeiro andar existe uma sala multifunções, escritório e laboratório. A sala multifunções possui espaço suficiente para armazenamento, e no escritório realizam-se atividades técnico-científicas e de apoio à produção.

O laboratório é constituído por equipamentos essenciais para recolha de amostras e análise de água do cultivo. Nesta sala podemos encontrar equipamentos de análise e medição de amostras como um espectrofotómetro da Hach (Lange DR 3900), uma sonda multiparamétrica da HACH (HQ- Series Multi) com sensor de oxigénio (LDO) e um medidor de CO<sub>2</sub> da *Oxyguard*. Este aparelho mede a quantidade de CO<sub>2</sub> em mg/L e não necessita de uma calibração regular. O laboratório também provém de um microscópio ótico da Leica (DM500) e um estereoscópio da Motic (SMZ-171) que são essenciais na observação de amostras. Já para a preparação das mesmas existe uma centrífuga da VRW (MicroStar 12), um vórtex da Ahn (myLab VT-02), um agitador magnético da Ibx instruments (HO1 SERIES), uma balança Kern (572-57) e uma balança de precisão da Kern (572-32). No que toca a equipamentos de refrigeração e armazenamento existe um frigorífico com arca congeladora (- 20 °C) da LG (Thin Q LC Inverter Linear) e uma máquina de fazer gelo da Maxima (M-ICE 30FW). Para além de todos os equipamentos mencionados anteriormente, existe uma variedade de material de uso geral e essencial num laboratório como micropipetas da Nichiryo (Nichipet Premium) com 4 volumes diferentes (0,5 a 10 µL, 10 a 100 µL, 100 a 1000 µL e 1 a 10 mL) e respetivas pontas, Pipetas de Pasteur, goblets de vidro e plástico, provetas, tábuas e cestos. Para o descarte de reagentes tóxicos existem quatro recipientes da Stericycle (10 L), próprios para armazenar substâncias perigosas, garantindo uma gestão de resíduos segura e eficiente.

No exterior das instalações (Figura 9), e por detrás dos armazéns, existem quatro infraestruturas de apoio do sistema. Um gerador de energia abastecido com combustível fóssil, e que é automaticamente ativado quando ocorre uma falha de eletricidade. Para além do gerador, existem dois blocos de oxigénio gasoso comprimido, e que é inserido na água do cultivo conforme necessidade do sistema. Este oxigénio encontra-se

armazenado em alta pressão, normalmente a 200 bar. À direita dos blocos de oxigénio, estão instalados dois depósitos de água: um com 5m<sup>3</sup>, destinado à água tratada após passar pelo sistema de filtração (*Water treated*), e outro com 2m<sup>3</sup>, com a água não tratada (*Raw treatment*). Por último, uma bomba de calor, responsável pela regulação térmica da água do cultivo, e que permite aquecer ou arrefecer a água, geralmente mantida a 25 °C.



Figura 9: Zona exterior das instalações com alguns dos componentes essenciais no sistema de recirculação de água.

## Circuito hidráulico

O volume total de água na SEAentia é de aproximadamente 65 m<sup>3</sup>, dos quais 5 a 7% são renovados diariamente. O circuito hidráulico divide-se em duas fases principais: a filtração da água de entrada e a filtração da água em recirculação. A água utilizada no cultivo provém do porto de pesca, pelo que necessita de uma filtração rigorosa antes de ser introduzida no sistema. Para tal, uma bomba hidráulica submersa numa caixa, a poucos metros da costa, encaminha a água do mar para o depósito de água não tratada. A água é então bombeada para o interior das instalações passando pelo sistema de filtração (Figura 10), antes de ser encaminhada para o depósito de água tratada e, posteriormente, consoante a necessidade de renovação, conduzida para o sistema.



Figura 10: Sistema de filtração da entrada de água com (n° 1) Filtro de areia, (n° 2) Filtro de cartucho, (n° 3) Lâmpada ultravioleta e (n° 4) Membrana ultrafiltração.

A primeira etapa do processo corresponde à filtração mecânica. Inicialmente, a água atravessa o filtro de areia (n° 1), que remove as partículas de maior dimensão, incluindo pequenos organismos oportunistas e possíveis micropásticos. Estes filtros utilizam areia de vidro com diferentes granulometrias (Figura 11), o que aumenta a eficiência de retenção. Seguidamente, a água passa pelo filtro de cartucho (n° 2), capaz de reter partículas superiores a 1  $\mu\text{m}$ .

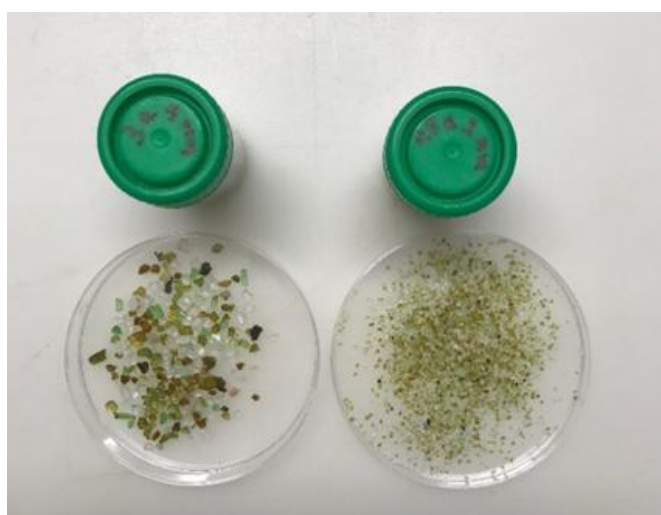


Figura 11: Areia de vidro usada no filtro de areia.

Posteriormente, ocorre a desinfecção por radiação ultravioleta (n° 3). Este processo reduz a carga microbiológica proveniente do mar pelos danos provocados no

DNA, e previne posteriormente a propagação de patógenos no sistema. A água circula no interior do equipamento, exposta à radiação UV, cuja eficácia pode ser reduzida em condições de elevada turbidez ou presença de matéria orgânica particulada (Huguenin & Colt, 2002). Por este motivo, a filtração mecânica prévia constitui uma etapa crítica para otimizar a eficácia da desinfecção por UV.

A última etapa é a ultrafiltração (n° 4) realizada através de uma membrana com porosidade de 0,02  $\mu\text{m}$ , capaz de reter bactérias e outras partículas de pequenas dimensões. Tanto na radiação UV como na ultrafiltração, a água circula com o fluxo reduzido, garantindo maior tempo de exposição, e conseqüentemente, maior eficiência de tratamento. Concluído o processo de filtração, a água é encaminhada para o depósito de água tratada localizado no exterior das instalações. Sempre que necessário, a água é bombeada desse reservatório para o sistema, após passar pelo permutador de calor.

Relativamente ao RAS, o circuito hidráulico promove a recirculação e o tratamento contínuo da água, de forma a manter as condições adequadas ao cultivo de corvina. A Figura 12 apresenta um esquema simplificado dos principais componentes desse sistema.

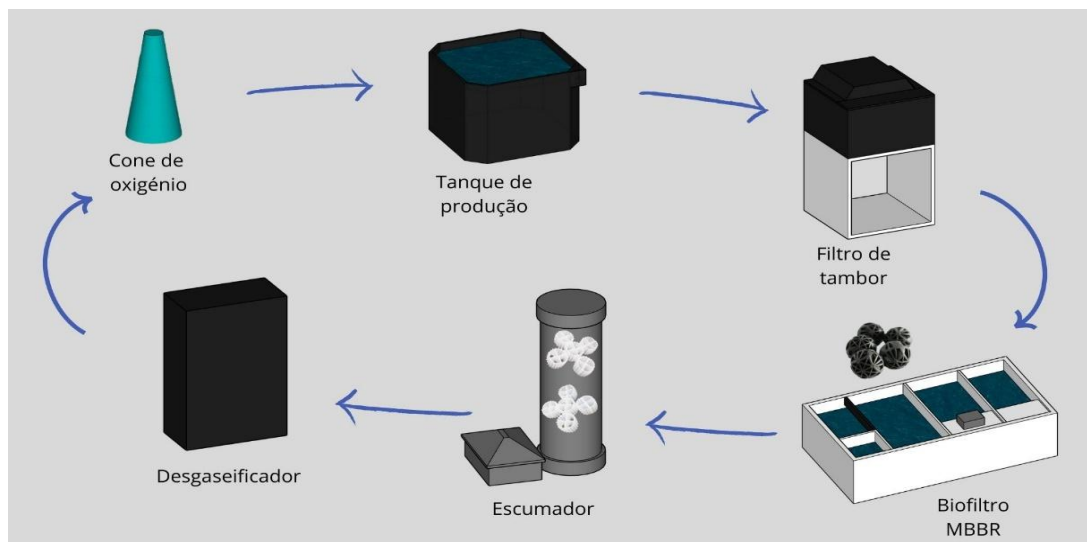


Figura 12: Esquema simplificado do circuito hidráulico do sistema de recirculação de água na SEAentia.

A entrada de água nos tanques é realizada por um tubo PVC situado verticalmente à parede do tanque (Figura 13 A), e que tem orifícios por onde a água flui.

Ao sair dos orifícios, a água sai com pressão suficiente para formar um fluxo constante rotativo no tanque. A saída da água, por sua vez, é realizada no fundo, por um dreno central (Figura 13 B) que permite criar um efeito *tea-cup* (movimento espiral da água). Este fenómeno surge com a combinação do fluxo horizontal, de entrada de água, e o fluxo descendente em direção ao dreno central. Devido ao efeito *tea-cup*, a água juntamente com fezes, e ração não consumida são encaminhadas do dreno para a caixa lateral do tanque.

Neste compartimento existem dois tubos (Figura 13 C), um que vem do dreno central e outro tubo que encaminha a água diretamente para o filtro de tambor. A caixa lateral nos tanques previne a formação de um vórtex, e mantém o nível da água nos tanques constante. O design hidráulico na SEAentia permite que a água, por diferença de níveis, escoe por gravidade até à unidade de filtração do RAS.

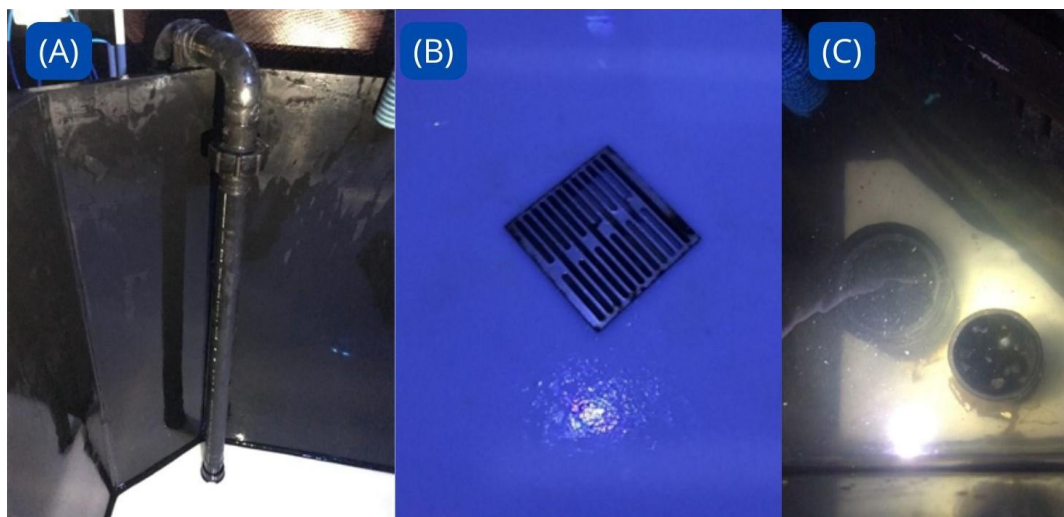


Figura 13: Componente de um tanque de produção (A) tubo de entrada de água no tanque (B) dreno central situado no fundo e (C) caixa lateral do tanque com dois tubos de PVC.

O tratamento da água inicia-se com a filtração mecânica (Figura 14), responsável pela remoção de sólidos suspensos. A água proveniente dos tanques, constituída de fezes e ração não consumida, entra na caixa lateral do filtro de tambor, onde permanece até que o nível de água suba. Nesse momento, o sensor flutuante aciona a rotação da malha de 60  $\mu\text{m}$ . Durante a rotação, os sólidos retidos na malha são removidos por aspersores sob pressão, e encaminhados para o tubo de descarte, enquanto a água filtrada avança para a etapa seguinte.

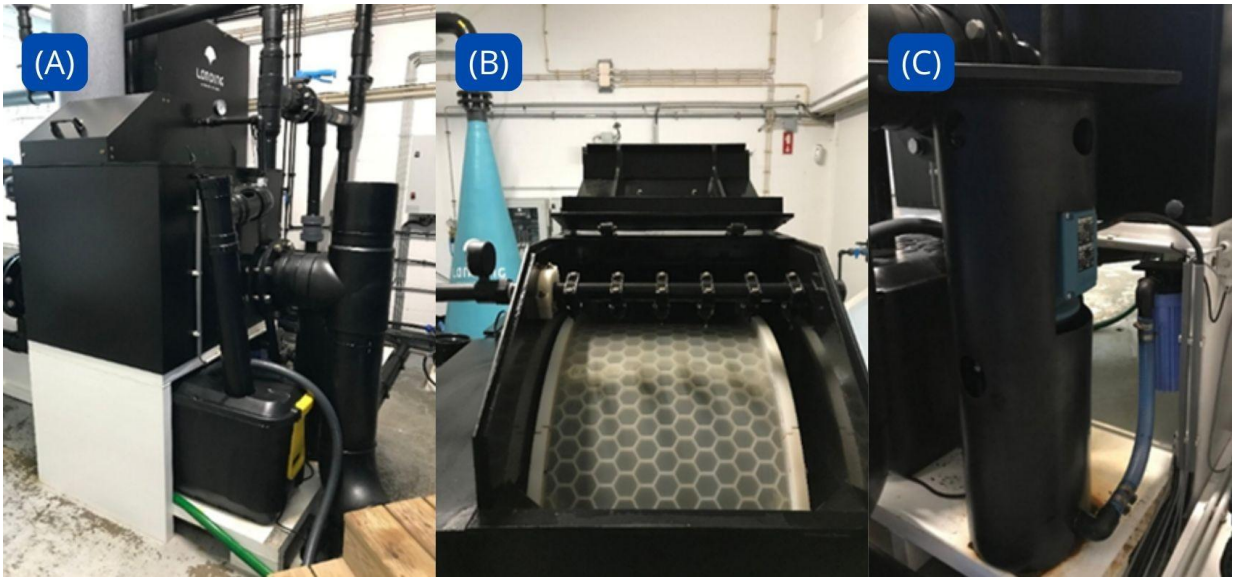


Figura 14: Componentes da filtração mecânica (A) visão geral do filtro de tambor (B) malha do filtro de tambor e aspersores (C) bomba dos aspersores.

Posteriormente, a água passa pela filtração biológica, destinada à realização do ciclo do azoto. No biofiltro (Figura 15 A), as bactérias nitrificantes convertem a amónia em nitritos (*Nitrosomonas*) e, posteriormente, em nitratos (*Nitrospira*) (Suurnäkki et al., 2020). A *media* (suporte biológico para fixação de bactérias benéficas) utilizada no biofiltro (Figura 15 B) desempenha um papel fundamental no processo de nitrificação.

O biofiltro da SEAentia utiliza a tecnologia *Moving Bed Bioreactor* (MBBR), que injeta ar no meio e mantém a *media* em constante movimento. Esta dinâmica aumenta a eficiência na remoção de TAN (*Total Ammonia Nitrogen*), ao aumentar a área superficial disponível na *media* em movimento, contribuindo assim para a manutenção da qualidade da água. Além disso, o biofiltro está dividido em três zonas, formando correntes de convecção que intensificam a filtração biológica.



Figura 15: Filtração biológica com (A) biofiltro MBBR e (B) *media* utilizada.

Após a nitrificação, a água passa pelo escumador de proteínas, com o objetivo de remover compostos orgânicos potencialmente tóxicos, quando acumulados no sistema. O escumador é constituído por uma coluna de *media* e uma caixa na base, responsável pela recolha da espuma formada. A água entra pela parte superior do escumador e, durante a descida, é injetado ar, que promove a formação de espumas. Estas estruturas retêm resíduos hidrofóbicos, como proteínas e gorduras que são recolhidas na caixa e posteriormente descartadas. Estudos mostram que a eficácia da desnaturação das proteínas é maior na água salgada devido à maior tensão superficial, quando comparada com água doce (Jafari et al., 2022; Lekang, 2019).

Durante a passagem de água no escumador é realizada uma injeção de ozono. Este composto é um agente oxidante forte, geralmente usado como desinfetante, e que melhora a qualidade da água quando usado em sistemas de recirculação. Por ser instável, o ozono é produzido no local (Figura 16 A), ao contrário do oxigénio que pode ser transportado, e para esse efeito é necessário um concentrador de oxigénio, gerador de ozono, linha de transferência de gases, e um venturi. A formação do ozono no concentrador ocorre através de uma descarga elétrica nas moléculas de oxigénio. O ozono formado é posteriormente sugado pelo tubo de transferência até ao venturi no escumador (Figura 16 B), misturar-se com a água, e realiza uma reação oxidativa. A medição da concentração de ozono no sistema de recirculação é realizada por uma

sonda de potencial redox, situada na parte final do biofiltro. Estudos anteriores, realizados em escala piloto, comprovaram as vantagens de introduzir ozono durante a escumação, devido à remoção de carbono orgânico dissolvido e de sólidos suspensos e voláteis (Park et al., 2011).



Figura 16: Componentes essenciais para ozonizar a água no local com (A) concentrador de ozono e gerador de oxigénio (B) entrada de ozono pelo venturi.

Neste ponto do sistema, a água que sai do escumador continua saturada em  $\text{CO}_2$ , um fator limitante nos sistemas de recirculação devido ao seu efeito tóxico sobre os peixes, e por isso deve ser removido. A água entra no topo do degaseificador (Figura 17) e desce em cascata, enquanto o ar é forçado a circular em contracorrente, de baixo para cima, através de um extrator de ar. Este fluxo aumenta a troca gasosa e promove a remoção do  $\text{CO}_2$  dissolvido na água, que é expelido para o exterior das instalações através do sistema de ventilação. A concentração de  $\text{CO}_2$  na água após este procedimento é baixa, e por norma não excede os 20 mg/L.



Figura 17: Desgaseificador, situado na parte final do biofiltro

Antes de ser novamente introduzida nos tanques, a água é enriquecida com oxigénio proveniente dos blocos de oxigénio. As bombas hidráulicas encaminham a água em direção à parte superior do cone de saturação (Figura 18), onde entra a alta velocidade e, juntamente com a injeção de oxigénio forma um borbulhar na coluna de água. Este efeito promove a dissolução eficiente do oxigénio na água, e que posteriormente sai na parte inferior do cone, a uma velocidade reduzida.

Após o enriquecimento de oxigénio, a água regressa aos tanques, completando o circuito hidráulico do sistema de recirculação.



Figura 18: Cone de saturação de oxigénio

## Qualidade da água

A monitorização da qualidade da água é essencial na produção, pois garante o bem-estar dos indivíduos produzidos. Segundo Lindholm-Lehto (2023), a gestão da qualidade da água é particularmente crítica em sistemas onde a água permanece em recirculação. O excesso de matéria orgânica em suspensão na água pode favorecer o crescimento de bactérias e outros microrganismos. Alguns destes microrganismos podem induzir o *off-flavour* no produto final, enquanto outros podem estar associados ao aparecimento de patologias nos indivíduos cultivados (Lindholm-Lehto et al., 2019; Suurnäkki et al., 2020). Para além disso, a degradação da água pode inibir o crescimento dos organismos em cultivo, alterar o seu comportamento e causar stress fisiológico geral (Hjeltnes et al., 2012).

Na SEAentia, parâmetros como oxigénio dissolvido e temperatura dos tanques, pH e potencial redox no biofiltro, são monitorizados em tempo real, através de sondas especializadas, que enviam informação para a central de controlo (*Oxyguard*) (Figura 19). Este sistema de monitorização permite que, em cada 10 minutos, novos dados sejam

recolhidos pelas sondas e armazenados para posterior análise e otimização da produção. Para além disso, o *Oxyguard* realiza ajustes automáticos, quando são necessários e caso a situação exigir a presença de um operador, o sistema envia um alerta à equipa, garantindo uma resposta eficaz em casos críticos.

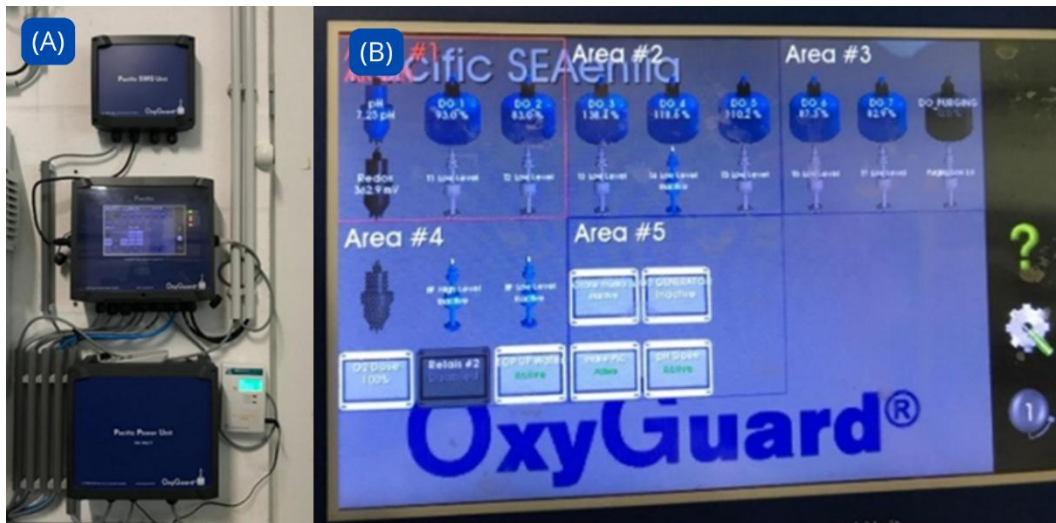


Figura 19: Central de controlo com (A) visão geral do *Oxyguard* e (B) ecrã principal.

A sonda multiparamétrica normalmente é usada para confirmar o oxigénio dissolvido, temperatura da água, e proceder à calibração da sonda de oxigénio dissolvido no *Oxyguard*. Para além disso também é utilizada durante biometrias, projetos de investigação e transporte de peixes.

Os compostos azotados dissolvidos na água, bem como a alcalinidade e os sulfuretos são determinados no laboratório, conforme o protocolo fornecido. Os kits de gotas são usados ocasionalmente em projetos de investigação e outras rotinas do sistema. Estes kits baseiam-se em medições colorimétricas o que lhes confere uma menor precisão, comparados com métodos laboratoriais padronizados.

## Enriquecimento ambiental

O enriquecimento ambiental consiste no fornecimento de um ou vários estímulos que permitem satisfazer as necessidades fisiológicas e comportamentais dos organismos produzidos, promovendo também o seu bem-estar (Arechavala-Lopez et al., 2022). A aplicação desta técnica melhora as condições de cultivo, mas também contribui para a

qualidade do produto final (Brydges & Braithwaite, 2009). Como diferentes espécies apresentam necessidades distintas, é fundamental conhecer a biologia do organismo, de forma a escolher o tipo de enriquecimento ambiental mais adequado. Estudos realizados na União Europeia mostram o crescente interesse dos consumidores perante questões de bem-estar e condições de cultivo (Eurogroup for Animals & Compassion in World Farming, 2018).

Na SEAentia desenvolveu-se um protótipo de enriquecimento ambiental, similar a um abrigo que posteriormente foi adaptado para se manter na coluna de água. O produto final resultou de tubos de PVC com formatos diferentes (Tê e cotovelo), com perfurações numa das faces e por onde passa um fio de algodão que fica pendurado no teto (Figura 20). Ao longo do estágio observou-se uma acumulação excessiva de matéria orgânica do seu interior, maioritariamente constituída por fezes e ração não consumida.



Figura 20: Enriquecimento ambiental suspenso usado nos tanques de produção.

## Rotinas

O bom funcionamento de um sistema de recirculação exige a execução regular de tarefas fundamentais para garantir o bem-estar dos organismos. Na SEAentia as rotinas e manutenção do sistema são divididas em diárias, semanais e mensais, cada

uma com objetivos específicos e distintos. As rotinas diárias focam-se na monitorização constante e possíveis ajustes de forma a garantir a estabilidade da qualidade da água e bem-estar animal. As rotinas semanais envolvem manutenções mais detalhadas e preventivas que evitam potenciais falhas e prolongam a vida útil do equipamento. Já as rotinas mensais envolvem avaliações específicas e essenciais, como a realização de biometrias, com o objetivo de acompanhar o crescimento e desenvolvimento das corvinas do cultivo.

## Rotinas diárias

Diariamente é realizada uma *checklist* que inclui uma verificação e registo dos parâmetros do sistema *Oxyguard*, controlo da pressão e funcionamento dos equipamentos, avaliação da turbidez da água e contabilização das mortalidades. As sondas de oxigénio são limpas com um pano próprio, enquanto as do pH e potencial redox com o esguicho de água destilada. Durante a limpeza, avalia-se o estado das sondas e procede-se à substituição da membrana caso esteja danificada (Figura 21 A). No *Oxyguard*, por vezes surgiam alarmes relacionados com sondas que ultrapassaram os limites críticos. Consoante a situação, é realizada uma calibração recorrendo à sonda multiparamétrica (oxigénio dissolvido), ou a soluções de calibração (pH e potencial redox), através do *Oxyguard* (Figura 21 B).



Figura 21: Manutenção das sondas de oxigénio com (A) membrana interna danificada e (B) calibração no *Oxyguard*.

Adicionalmente, o filtro de cartucho é limpo, ou totalmente substituído caso esteja muito colmatado. Já na caixa lateral dos tanques, limpa-se as paredes com uma escova própria e remove-se os resíduos sólidos em excesso. Diariamente adiciona-se bicarbonato de sódio ao biofiltro, em quantidade proporcional à ração fornecida, atuando como efeito tampão que contribui na estabilização do pH e eficiência da nitrificação.

Os alimentadores automáticos são reabastecidos com a ração correspondente a cada lote. Esta ração, formulada em parceria com a SPAROS, especificamente para corvina (Figura 22) cultivada em sistemas de recirculação, combina ingredientes de origem animal e vegetal (farinhas, óleos, vitaminas e antioxidantes), apresentando elevados teores de proteína e gordura para satisfazer as exigências nutricionais da espécie. Todos os parâmetros da *checklist* e quantidade de ração reabastecidas nos alimentadores são devidamente registrados. Qualquer anomalia no sistema ou mau funcionamento de equipamento é prontamente corrigido através das medidas necessárias.



Figura 22: Ração usada na SEAentia

## Rotinas semanais

No sistema de filtração da entrada de água, são realizadas manutenções ao filtro de areia e membrana de ultrafiltração. Ambos os equipamentos estão integrados a um

painel de controlo (Figura 23 A), desse sistema de filtração, e que deve ser desligado durante o procedimento de manutenção, de forma evitar falhas e manter a segurança.

O *backwash* do filtro de areia é realizado regularmente ao longo da semana, com o objetivo de desobstruir o seu interior. Este procedimento consiste no manuseamento da válvula multívia (Figura 23 B), numa dada sequência, para realizar a lavagem interna da areia de vidro e o descarte automático da água usada no processo. Já a membrana de ultrafiltração é limpa, uma vez por semana ou sempre que se verifica colmatação interna, identificada pelo aumento da pressão no manómetro. A limpeza da membrana consiste na introdução, em separado, de duas soluções (hipoclorito de sódio e peróxido de hidrogénio), que circulam no interior do equipamento durante alguns minutos. Após a lavagem, o circuito de água é novamente reiniciado no painel de controlo sem que haja contaminação da água pelos químicos utilizados neste procedimento.



Figura 23: Procedimento de backwash do filtro de areia (A) Painel de controlo do sistema de filtração (B) Válvula multívia.

Na filtração do RAS, muitos dos equipamentos são limpos semanalmente. A limpeza do filtro de tambor inicia-se com a remoção dos resíduos sólidos acumulados na caixa lateral, utilizando uma rede pequena e, posteriormente, sifonar os cantos da caixa com uma mangueira própria ao efeito (Figura 24 A). Para além disso, o sensor flutuante que controla a ativação da malha rotativa também é retirado e limpo com um pano. A malha do filtro de tambor é lavada com máquina de pressão durante o funcionamento

alternado, para facilitar a sua limpeza. Esta rotação alternada só é possível com o manuseamento no painel de controlo (Figura 24 B) a que este equipamento está ligado. Por fim, realiza-se a verificação dos aspersores e caso colmatados, procede-se à sua limpeza. A limpeza do filtro de tambor deve ser rápida e eficaz, para evitar transbordos de água nos tanques, ou falta de água no biofiltro.

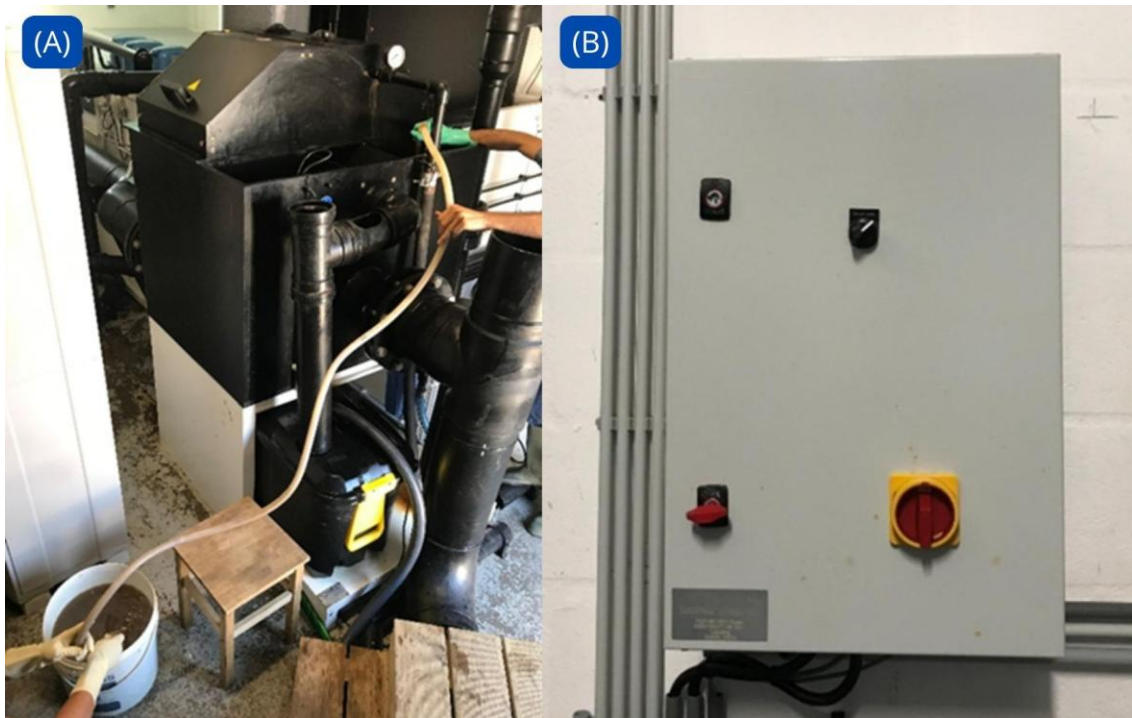


Figura 24: Limpeza filtro de tambor (A) sifonagem da caixa lateral (B) painel de controlo.

O biofiltro, apesar de permanecer em movimento, pode acumular excesso de biofilme nas paredes, o qual é removido com máquina de pressão e escovas. Durante a limpeza, é importante observar a presença de matéria orgânica suspensa excessiva na água, pois a sua passagem direta pode indicar uma possível rutura (ou múltiplas ruturas pequenas) na malha do filtro de tambor. Já o escumador necessita de uma limpeza quinzenal e consiste na remoção da espuma retida na caixa e biofilme, com água corrente e uma escova (Figura 25).

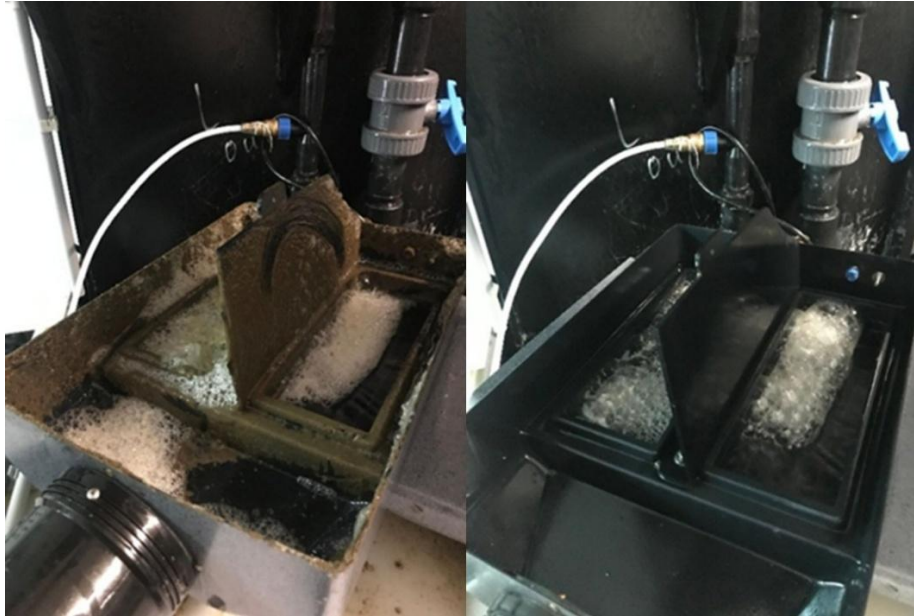


Figura 25: Limpeza do escumador de proteínas (antes e depois).

Nos tanques de produção são realizadas limpezas periódicas às tubagens de circulação da água, ao tubo de entrada de água, grelhas de oxigénio de emergência e enriquecimentos ambientais. As tubagens situadas na caixa lateral são limpas com uma mangueira de alta pressão, que percorre o circuito da água. O jato de água, durante este procedimento, remove depósitos de matéria orgânica depositada que possam eventualmente colmatar. Desta forma é possível manter o fluxo normal de água e garantir a eficiência do circuito hidráulico. Trata-se de uma tarefa que exige prática e familiaridade com o sistema, uma vez que as tubagens podem apresentar diferentes percursos e ramificações. Tanto as grelhas de oxigénio (Figura 26 A), como os tubos de entrada de água são retirados temporariamente do tanque, e limpos com a máquina de pressão. Já os enriquecimentos ambientais são retirados do tanque, e limpos com água corrente e uma esponja dedicada à limpeza do sistema (Figura 26 B).

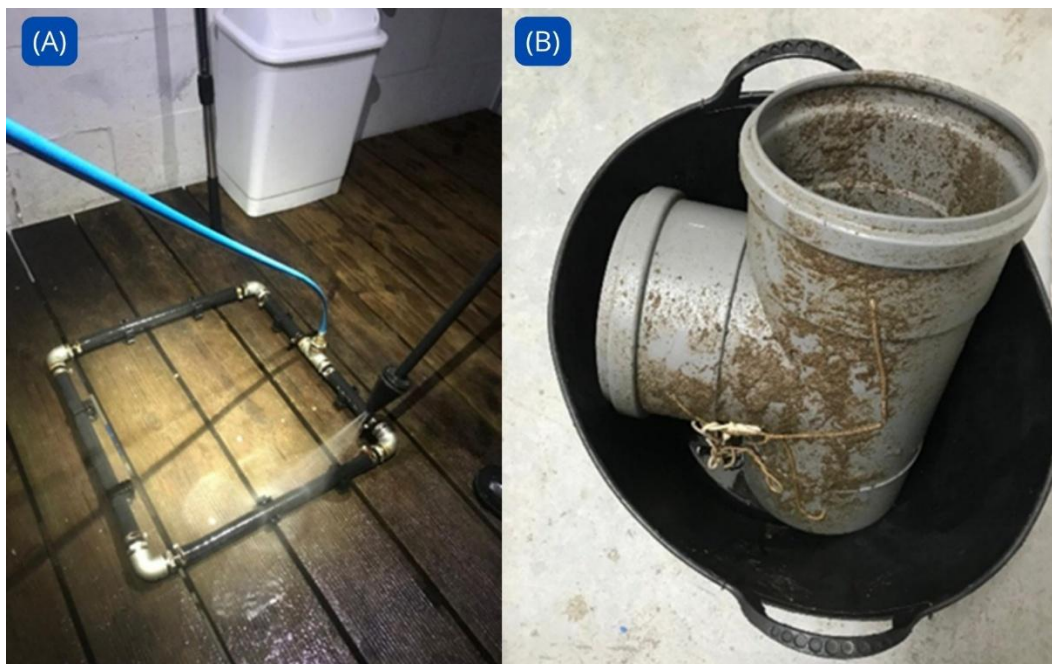


Figura 26: Limpeza de componentes dos tanques de produção (A) grelha de oxigénio e (B) enriquecimento ambiental.

No início de cada semana o gerador é testado e, se necessário, reabastecido. Este equipamento é essencial, especialmente num RAS, onde a maioria dos equipamentos depende de energia. A substituição dos blocos de oxigénio é realizada de forma alternada, ocorrendo quinzenalmente ou de acordo com o consumo registado ao longo da semana (Figura 27). Desta forma, assegura-se que a renovação do oxigénio decorra sem interrupções. O procedimento de substituição envolve o manuseamento de válvulas, a deteção de potenciais fugas, e o uso de uma grua (operada pelo fornecedor do equipamento).



Figura 27: Substituição de um bloco de oxigénio, com o auxílio da grua.

A análise da água é realizada duas vezes por semana, geralmente pelo mesmo operador. Parâmetros como amónia ( $\text{NH}_3$ ), nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) e sulfuretos ( $\text{S}_2^-$ ) são medidos por espectrofotometria, à exceção da alcalinidade. Adiciona-se às amostras de água uma saqueta com reagente, ou uma solução preparada, consoante o parâmetro a analisar (Figura 28 A). A alcalinidade, por sua vez, é quantificada por titulação.

Se o valor obtido ultrapassar os limites estabelecidos, o protocolo sugere a realização de uma diluição da amostra. A diluição realizada é de 1:10 ou seja, retira-se 1 mL da amostra de água e adiciona-se 9 mL de água ultrapura. O resultado da amostra é multiplicado pelo fator de diluição, que neste caso é de 10. Durante o estágio não foi necessário recorrer a diluições, dado que todas as leituras permaneceram dentro dos limites aceitáveis. Caso os valores continuem a ultrapassar limites aceitáveis, seria necessário identificar a origem do desequilíbrio, e corrigir os parâmetros da qualidade de água.

Em média, a análise da água demora cerca de 35 minutos para oito amostras de água, seguindo rigorosamente os protocolos estabelecidos. Adicionalmente, uma vez por semana mede-se a salinidade da água do sistema, com a sonda multiparamétrica, e o  $\text{CO}_2$  dissolvido com o respetivo medidor (Figura 28 B). Todos os resultados da qualidade da água são devidamente registados.



Figura 28: Monitorização da qualidade da água (A) pelo espectrofotómetro e respetivos reagentes (B) medição da concentração de CO<sub>2</sub> dissolvido.

## Rotinas mensais

Todos os meses são realizadas biometrias a todos os tanques de produção. Este procedimento consiste na pesagem da maior parte da biomassa do tanque, com jejum prévio e sem uso de anestesia. As biometrias têm como objetivo avaliar o desenvolvimento da corvina, de modo a analisar a curva de crescimento obtida em comparação com os valores de referência em aquacultura. Desta forma, é possível ajustar a quantidade de ração fornecida, ideal para cada lote tendo em conta a biomassa.

Ao longo do tempo este procedimento foi bastante otimizado, pelo que é executado com bastante eficácia. Na SEAentia, os tanques de produção têm formatos diferentes, e devido a isso, a preparação prévia e procedimentos variam. Em ambos os processos, prepara-se uma mesa com balança, tábuas, panos próprios, cestos desdobráveis, lanternas, folha de registo e equipamento de proteção individual (Figura 29 A), bem como uma zona destinada ao *ikejime* (insensibilização por espigagem) (Figura 29 B).

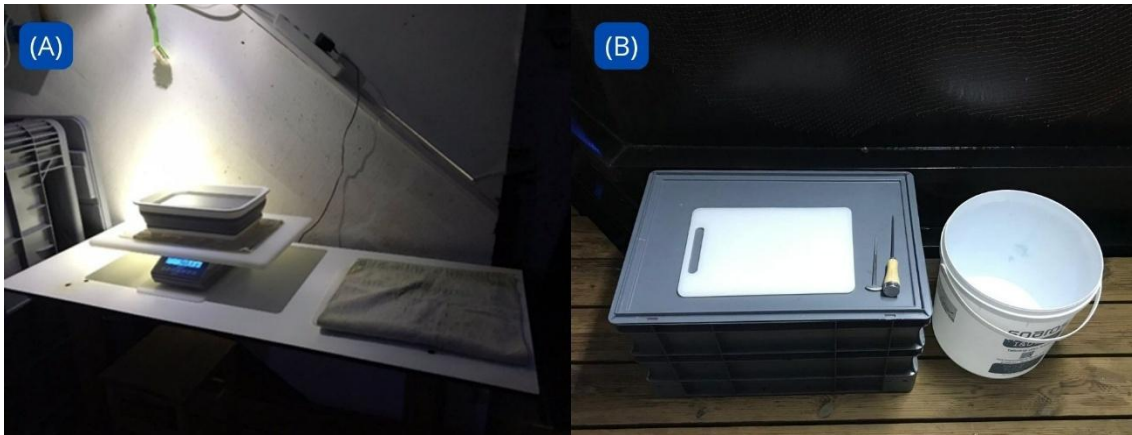


Figura 29: Procedimento prévio realizado nas biometrias (A) mesa usada na amostragem (B) zona do *ikejime*.

Nos tanques de 1,2m<sup>3</sup>, prepara-se previamente uma dorna com água do sistema (Figura 30 A), e coloca-se a grelha de oxigénio e a respetiva sonda de oxigénio no seu interior. Com um xalavar, recolhe-se as corvinas do tanque para o cesto, previamente tarado. Os indivíduos neste tanque não ultrapassam as 200 g, e por isso podem ser pesados em conjunto. Após a pesagem, as corvinas são colocadas na dorna onde permanecem até ao final da biometria (Figura 30 B). Todos os valores são devidamente registados na folha. Já nos tanques com formato quadrado, a separação dos indivíduos após a pesagem é realizada no próprio tanque com uma rede divisória (Figura 30 C). Ao concentrar a maioria dos peixes num lado do tanque, forma-se uma nova zona do cultivo onde os peixes são devolvidos após a pesagem.

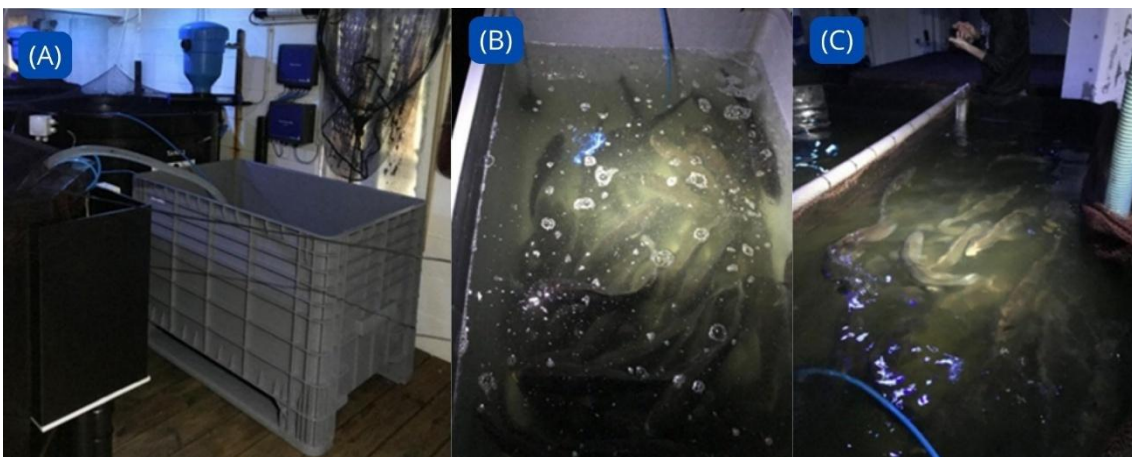


Figura 30: Procedimento de biometrias (A) preparação da dorna (B) corvinas na dorna após pesagem (C) divisória usada nos tanques com formato quadrado.

Durante as pesagens, e consoante o peso que possam apresentar, podem ser pesados em conjuntos menores, no cesto, ou individualmente, enrolados num pano húmido. Após a pesagem, as corvinas são devolvidas ao tanque, no lado oposto ao que foram recolhidas anteriormente.

Durante as biometrias realiza-se uma avaliação da morfologia externa de cada indivíduo. Caso o animal apresente deformações acentuadas ou lesões que comprometam o seu bem-estar, procede-se à técnica *ikejime*. Esta técnica consiste num método de eutanásia que envolve a destruição imediata do cérebro, através da introdução de um instrumento pontiagudo. Este procedimento não só promove uma morte rápida como também minimiza o stress e sofrimento animal. Todos os registos incluem o lote, número de indivíduos amostrados e respetivo peso (g).

As corvinas do primeiro lote apresentam mais do que 2,5 kg e por isso as biometrias não são realizadas mensalmente. Nestes casos, foram incluídas etapas adicionais como marcação de indivíduos, recolha de sangue e transferência do lote para outro tanque. A introdução de *PIT tags* é um procedimento rápido de executar, já a recolha de sangue (Figura 31 A) requer preparação prévia de zonas para anestesia, e recuperação (Figura 31 B).

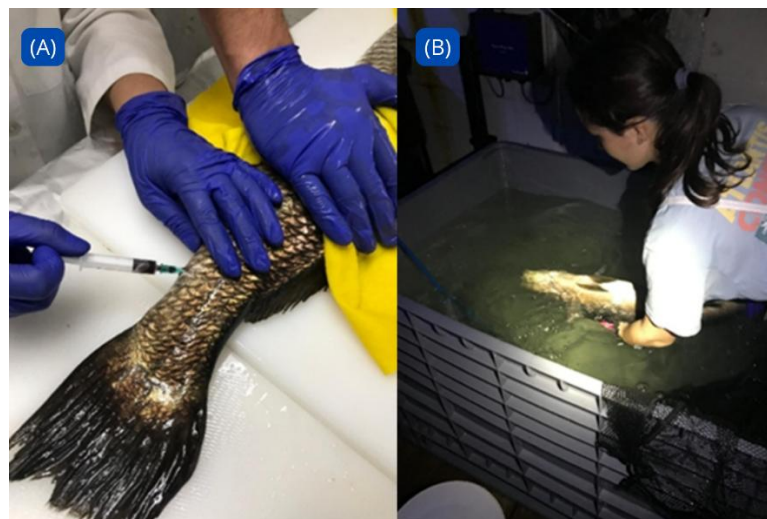


Figura 31: Manuseamento de corvinas com peso superior a 2,5 kg (A) recolha de sangue (B) zona de recuperação.

## Manutenção

Ao realizar manutenções periódicas de equipamentos essenciais num RAS, é possível prevenir falhas operacionais, assegurar a hidrodinâmica adequada e evitar a acumulação de resíduos que comprometam a qualidade da água. Além disso, estas limpezas prolongam a vida útil dos equipamentos, e evitam intervenções corretivas de maior urgência.

### Sistema de filtração de entrada de água

No sistema de filtração da água que entra nas instalações, realizaram-se diversas limpezas, destacando-se a limpeza interna do filtro de areia, das tubagens de água, e da bomba hidráulica situada no mar. A limpeza interna do filtro de areia consiste na lavagem da areia de vidro com água (Figura 32). Para retirar este equipamento do circuito de filtração é necessário desativar temporariamente o sistema no painel de controlo. Após a limpeza e antes de reativar a filtração, é necessário verificar se todas as mangueiras de entrada e saída de água estão devidamente colocadas.



Figura 32 Limpeza interna do filtro de areia

As tubagens por onde a água captada do mar percorre são limpas mensalmente, com uma mangueira de pressão com 20 metros. Esta limpeza consiste em desconectar a junção das tubagens e inserir a mangueira a jato no seu interior. A pressão do jato de

água no tubo permite desobstruir resíduos acumulados, como pequenos crustáceos e mexilhões, restabelecendo o fluxo normal da água.

A limpeza da bomba hidráulica responsável pela captação da água, realiza-se semestralmente, ou quando o fluxo hidráulico se encontra obstruído. Esta manutenção efetua-se no local, e por isso é necessária a preparação prévia da máquina de pressão, escovas de limpeza e chaves de ferramentas para retirar a bomba hidráulica da caixa (Figura 33). Tanto na limpeza das tubagens como da bomba hidráulica, desliga-se temporariamente o circuito de água no painel de controlo, até que o procedimento esteja concluído.



Figura 33: Limpeza de bomba hidráulica situada no porto de pesca.

## Sistema de filtração RAS

No sistema de filtração do RAS realizaram-se limpezas das bombas de circulação, situadas no final do biofiltro, recorrendo à máquina de pressão e escovas próprias. Já nos arejamentos do biofiltro, durante a realização da checklist, observou-se uma diminuição da intensidade da corrente de convecção da *media*, e conseqüentemente o sobreaquecimento do arejamento.

A manutenção deste equipamento consiste em desaparafusar a capa protetora, lavar o filtro interno com água e, antes da sua reintrodução, garantir que se encontra devidamente seco. Em alguns casos, verifica-se que a corrente de convecção não se restabelece após este procedimento, sendo então necessária uma intervenção interna no equipamento (Figura 34 A). Nestes casos, devido ao rompimento da membrana, procede-se à substituição total do arejamento e à respetiva reinstalação no circuito hidráulico do RAS (Figura 34 B).

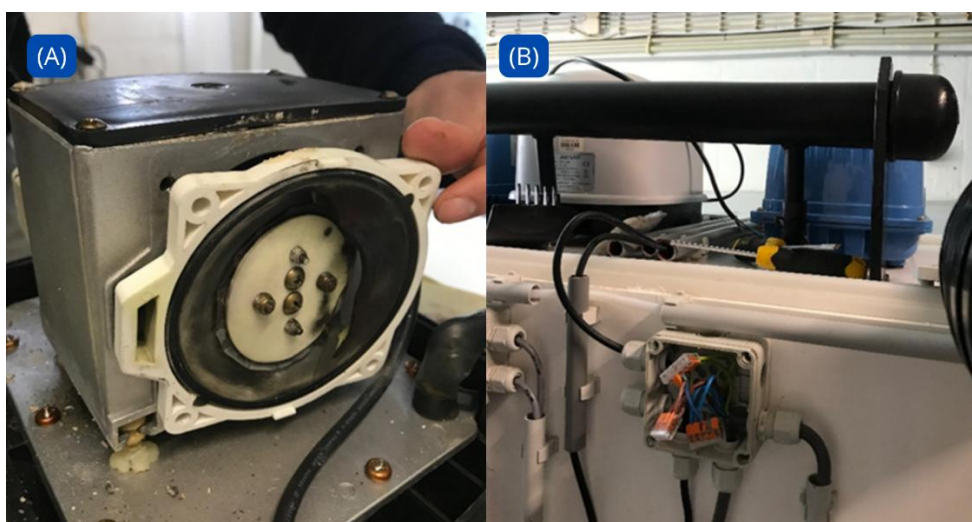


Figura 34: Manutenção arejamento (A) intervenção interna no equipamento (B) reinstalação de um arejamento novo no sistema.

No filtro de tambor substitui-se a bomba dos aspersores e a malha do tambor. Para ambas as manutenções, desliga-se temporariamente o funcionamento destes componentes no painel de controlo. A substituição da bomba dos aspersores implica a desconexão das ligações elétricas do equipamento e a sua remoção do sistema.

Durante o funcionamento normal do biofiltro, por vezes verifica-se a acumulação de sólidos suspensos na água, que pode estar associada à presença de rasgos na malha do tambor. Esses danos permitem a passagem de partículas para a etapa seguinte do circuito. Quando a malha apresenta múltiplos rasgos ou sinais evidentes de desgaste, efetua-se a substituição de acordo com o protocolo definido (Figura 35).



Figura 35: Substituição da malha do filtro rotativo.

A distribuição de gases como oxigénio e ozono no sistema realiza-se por tubagens específicas, que por vezes sofrem colmatações e comprometem a sua eficiência de atuação. Por vezes deteta-se no *Oxyguard* um alerta de oxigénio de emergência para vários tanques em simultâneo. A diminuição da quantidade de oxigénio dissolvido na água que entra nos tanques é causada pela colmatção da parte superior do cone de saturação, mais especificamente no tubo que fornece oxigénio puro. O procedimento de desobstrução do tubo consiste no manuseamento dos reguladores e, posteriormente, na sua desconexão do circuito. Com um instrumento pontiagudo retira-se o salitre acumulado, de forma a garantir que o oxigénio seja corretamente distribuído, durante a oxigenação da água.

Observa-se também a presença de água no interior dos tubos de distribuição de oxigénio do sistema de recirculação, nomeadamente grelhas dos tanques e no gerador de ozono. Para solucionar este problema, desconectam-se ambas as extremidades da linha de distribuição de oxigénio do circuito e expele-se a água da linha com uma máquina de compressão de ar. Desta forma, restabelece-se o fluxo normal de oxigénio nos equipamentos.

## Projetos de investigação

Durante a realização do estágio curricular, os projetos de investigação desenvolvidos pela SEAentia nesse período foram: SEA2SEE, BlueAquaEdu e Vertical

Fish. Estes projetos ilustram o compromisso da empresa com a segurança alimentar do produto final, economia azul e valorização trófica. Para o desenvolvimento de atividades de investigação e desenvolvimento (I&D), a empresa possui certificação da Agência Nacional de Inovação (ANI), entidade responsável em Portugal por reconhecer oficialmente as organizações competentes para realização de projetos de I&D. Esta certificação comprova a capacidade científica e técnica da SEAentia para assegurar resultados fiáveis.

## SEA2SEE

O projeto SEA2SEE é cofinanciado pela União Europeia, e tem como objetivo desenvolver a rastreabilidade de um produto aquícola, através da utilização de tecnologia inovadora baseada em blockchain. Desta forma, é possível aumentar a visibilidade do produto e fortalecer a confiança e a aceitação social relativamente a produtos aquícolas produzidos de forma sustentável. Este projeto conta com muitos parceiros, incluindo a SEAentia, onde os dados da sua produção são integrados num software de gestão e posteriormente registados numa plataforma blockchain. Isto permite que os consumidores possam rastrear um código de barras que fornece todas as informações do cultivo da corvina, desde condições de cultivo, processamento até chegar ao consumidor final.

No âmbito deste projeto, colaborei na recolha e tratamento de dados de biometrias realizadas mensalmente, os quais foram posteriormente integrados no programa associado ao estudo. Adicionalmente, recolheram-se também alguns peixes inteiros que podiam ser utilizados em análises laboratoriais ou em provas cegas de degustação, consoante os objetivos definidos em cada ensaio. Para tal, seleciona-se o indivíduo, com o peso pretendido para o estudo, e acondicionou-se numa caixa de esferovite previamente preparada com gelo, de modo a garantir uma conservação adequada até destino final.

## BlueAquaEdu

O projeto BlueAquaEdu é uma iniciativa financiada pela Comissão Europeia através do Fundo Europeu dos Assuntos Marítimos, das Pescas e da Aquacultura

(EMFAF) e que visa interligar a colaboração entre a indústria e o setor educativo. O principal objetivo consiste em incentivar jovens e estudantes na área da aquacultura, recorrendo a metodologias pedagógicas inovadoras. Para isso o projeto desenvolveu cinco programas de formação em aquacultura que incluem cultivo em *offshore* e sistemas de recirculação, bem como pós-colheita, cadeia de valor e valorização do subproduto.

Estas formações são lecionadas por mentores e experientes na área da aquacultura, através de uma plataforma digital com todos os módulos e material de formação essenciais a futuros profissionais, sendo realizadas em Portugal, França e Grécia. Ao longo do projeto, são organizados workshops, escolas de verão e bolsas, com o objetivo de promover o networking profissional e a partilha de conhecimento entre os participantes. O projeto está previsto terminar em março de 2026.

Durante o estágio participei na escola de verão realizada em Rhodes, na Grécia. Durante esta formação, acompanhei o programa definido pelo projeto e tive a oportunidade de visitar uma aquacultura *offshore* de dourada e robalo (Figura 36), pertencente a um dos parceiros do projeto, a LAMAR, assim como as suas instalações de processamento e expedição do produto final. Para além disso, colaborei com os restantes participantes na fase de teste e desenvolvimento do jogo educativo, fornecendo conteúdo relevante e cientificamente correto.



Figura 36: Visita a uma aquacultura *offshore* (Fonte: BlueAquaEdu).

## LowTrophAqua- Vertical Fish

O projeto VerticalFish insere-se no Pacto da Bioeconomia Azul, sendo financiado pelo Plano de Recuperação e Resiliência (PRR) no âmbito do programa *NextGenerationEU*. Esta iniciativa visa promover a inovação e práticas sustentáveis no setor aquícola, explorando novas possibilidades de produção baseadas na economia circular e eficiência produtiva. A SEAentia participa mais especificamente no LowTrophAqua, um dos segmentos do projeto dedicado ao desenvolvimento de sistemas modulares integrados numa estratégia de reaproveitamento de subprodutos de um RAS, como fonte de alimento para espécies de baixo nível trófico.

No âmbito experimental do projeto, procedeu-se ao cultivo em sistema de fluxo contínuo (*flow-through*) de minhoca nacional (*Hediste diversicolor*) e anfípodes (*Marinogammarus marinus*) utilizando água proveniente de uma aquacultura de recirculação de corvina. Foram montados nove tanques com três réplicas (Figura 37 A), e densidades de inoculação de poliquetas distintas (250, 500 e 1000 indivíduos por m<sup>2</sup>). O ensaio decorreu no exterior das instalações da SEAentia, ficando sujeito a variações de temperatura atmosférica e fotoperíodo natural. As atividades desenvolvidas durante o ensaio experimental incluíram amostragem e triagem de poliquetas e anfípodes, bem como a sua inoculação no sistema multitrófico integrado (IMTA). Para além disso, realizou-se a análise de composição aproximada, de proteínas e lípidos, de acordo com os protocolos laboratoriais fornecidos.

Embora a execução destas tarefas estivesse a cargo de outro aluno, que desenvolvia a sua tese no âmbito do projeto, foi possível colaborar nas atividades realizadas, incluindo amostragens (Figura 37 B), análises bio-químicas e algumas rotinas de manutenção do sistema.



Figura 37: Ensaio realizado num sistema de cultivo com poliquetas e anfípodes (A) tanques cultivo antes da inoculação (B) amostragem final dos indivíduos

## Sugestão de melhoria

As sugestões apresentadas neste capítulo têm como objetivo melhorar a eficiência operacional e facilitar a realização de tarefas do quotidiano na SEAentia.

### Captação de água

A principal fonte de captação de água manteve-se no Porto de Pesca, onde existe maior risco de presença de contaminantes. Contudo, durante o estágio realizou-se um furo de forma a reduzir a captação feita pelo mar. Apesar desta alternativa ter grande potencial, amostras de água do furo mostraram uma coloração térrea, associada ao tipo de solo, e valores de salinidade inferiores à da água do cultivo.

Tendo em conta as limitações encontradas, após a realização do furo, considera-se pertinente aprofundar a caracterização físico-química da água e definir estratégias que permitam a sua utilização de forma mais consistente. Ao monitorizar regularmente a salinidade da água do furo ao longo do ano, poderá ser possível avaliar a estabilidade desta fonte e fundamentar a sua eventual utilização total no sistema de recirculação.

## Alimentação das corvinas

O regime alimentar das corvinas encontra-se adaptado ao fotoperíodo programado, pelo que a administração da ração é realizada mais especificamente durante o dia (horas de luz). No entanto, seria pertinente avaliar o regime alimentar desta espécie, durante o período noturno e observar o desperdício alimentar. Desta forma é possível ajustar a quantidade ideal para cada lote e otimizar o crescimento da corvina a longo prazo.

Já os alimentadores automáticos apresentaram alguns problemas no seu funcionamento, nomeadamente não recebiam o sinal para desativar a mola. Com isto toda a ração armazenada era encaminhada pelo tubo e descartada na água dos tanques. Neste caso, os peixes não têm capacidade de ingerir a ração toda no momento o que acaba por degradar a qualidade da água rapidamente. Para além do descarte completo da ração, observou-se também que por vezes o alimentador automático não recebiam sinal, e acabavam por não fornecer a quantidade diária de alimento ao lote.

A distribuição de ração nos tanques é realizada num só ponto, o que poderá influenciar o consumo diário dos indivíduos. As corvinas mais aptas, ou que se encontram mais perto do ponto de distribuição acabam por ingerir mais, e posteriormente aumentar a discrepância entre indivíduos do mesmo lote. Deste modo, a implementação de mais pontos de distribuição ou substituição do atual sistema através um alimentador por demanda. Este tipo de alimentadores assegura uma homogeneidade do crescimento das corvinas, reduzindo potenciais desperdícios e impactos negativos na qualidade da água.

## Enriquecimento ambiental

Relativamente ao enriquecimento ambiental, verificou-se que o tubo de PVC usado durante o estágio demonstrou algumas desvantagens, uma vez que acumulava matéria orgânica. Apesar dos enriquecimentos físicos terem sido removidos temporariamente, considero que as condições de produção na SEAentia incorporam elementos de enriquecimento ambiental no próprio design do sistema. As luzes adaptadas com fotoperíodo estimulam os ritmos naturais dos indivíduos, enquanto a rotação da água nos tanques promove a natação contínua. Durante as rotinas, verificou-

se que as corvinas interagem com as sondas de oxigénio e outros elementos ocasionalmente inseridos no meio de cultivo, o que evidencia a capacidade de os organismos responderem a estímulos presentes no sistema.

Contudo, seria importante testar alternativas de enriquecimento mais dinâmicas, com diferentes materiais e formatos, ou até mesmo estímulos variados. Estas abordagens poderão contribuir no bem-estar animal e na eficiência do cultivo da SEAentia.

## Análise crítica

Este estágio permitiu aplicar de forma prática os conhecimentos adquiridos ao longo do mestrado, e consolidar a ligação entre componente teórica e envolvimento de rotinas numa aquacultura. Durante 9 meses, o contacto direto com sistemas de recirculação de água proporcionou uma experiência enriquecedora, através da realização de diferentes tarefas e procedimentos que consolidaram a minha experiência prática.

A gestão de tempo mostrou ser um desafio inicial, uma vez que as tarefas exigiam uma constante adaptação entre rotinas diárias, manutenções de equipamentos e resolução de situações de maior urgência. Rapidamente, este desafio tornou-se uma competência consolidada e que me permitiu assumir responsabilidades com mais autonomia e organização. A fase de crescimento e desenvolvimento em que a SEAentia se encontra, tornou a gestão de tempo e tarefas a serem realizadas mais relevante, o que me permitiu contribuir proactivamente no bom funcionamento do sistema de produção. A repetição das rotinas permitiu-me também aperfeiçoar a execução dos procedimentos e contribuir na sua melhoria, o que resultou numa realização progressivamente mais eficaz.

Para além disso, tive oportunidade de adquirir novas competências em áreas complementares, nomeadamente no manuseamento de equipamento elétrico, noções básicas de hidráulica aplicadas no RAS, e contacto com sistemas automatizados como o *Oxyguard*. Apesar de não fazerem parte da minha formação, considero estes

conhecimentos uma mais-valia para um profissional na área da aquacultura, sobretudo num contexto em que os sistemas de produção recorrem cada vez mais à tecnologia.

Paralelamente às rotinas na empresa, colaborei nos projetos de investigação associadas à SEAentia, no qual destaco com particular interesse o Vertical Fish, pelo grande potencial de valorização de um subproduto através de um cultivo de invertebrados, num IMTA. As tarefas realizadas ao longo do ensaio permitiram adquirir prática no manuseamento e monitorização do cultivo, assim como na execução de análises bio-químicas das amostras, essenciais para a obtenção de resultados experimentais. Esta experiência reforçou o meu interesse no desenvolvimento de estratégias de valorização, e permitiu também compreender a sua integração em sistemas circulares, evidenciando a relevância da combinação entre investigação científica e prática profissional no âmbito do projeto.

Considero que este estágio representou uma experiência marcante tanto na minha formação profissional como a nível pessoal, durante a qual pude desenvolver competências transversais essenciais como comunicação, resolução de problemas técnicos e espírito crítico. O contacto com tarefas desafiantes e tecnologias inovadoras no cultivo reforçou a minha motivação para explorar novas competências relacionadas com o RAS, e contribuir de forma ativa em iniciativas inovadoras no setor aquícola.

## Referências

- Abellén Martínez, E., & Arnal Atarés, I. (2013). Cultivo de esciénidos. I: La corvina. In S. Jerez Herrera, R. M. Cal Rodríguez, J. L. Rodríguez Villanueva, B. Fernández Souto, E. Pastor Gracia, A. Grau Jofre, M. Arizcun Arizcun, J. B. Peleteiro Alonso, M. Á. Bruzón Gallego, J. P. Cañavate Hors, F. de la Gándara García, A. Ortega García, M. Olmedo Herrero, J. R. Cejas Pulido, & S. Cárdenas Rojas (Eds.), *Diversificación de especies en la piscicultura marina española* (pp. 120–125). Fundación Observatorio Español de Acuicultura.
- Ahmed, N., & Turchini, G. M. (2021). Recirculating aquaculture systems (RAS): Environmental solution and climate change adaptation. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126604. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126604>
- Aich, N., Nama, S., Biswal, A., & Paul, T. (2020). A review on recirculating aquaculture systems: Challenges and opportunities for sustainable aquaculture. *Innovative Farming*, 5(1), 017–024. [https://www.researchgate.net/publication/344373746\\_A\\_REVIEW\\_ON\\_RECIRCULATING\\_AQUACULTURE\\_SYSTEMS\\_CHALLENGES\\_AND\\_OPPORTUNITIES\\_FOR\\_SUSTAINABLE\\_AQUACULTURE](https://www.researchgate.net/publication/344373746_A_REVIEW_ON_RECIRCULATING_AQUACULTURE_SYSTEMS_CHALLENGES_AND_OPPORTUNITIES_FOR_SUSTAINABLE_AQUACULTURE)
- 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. <https://doi.org/10.1111/raq.12620>
- Atvie, J. K. (2024). *Dimensioning, Design, and Evaluation of Small Scaled Single Unit Recirculating Aquaculture Systems for Educational Purposes* [Master's thesis, Norwegian University of Life Sciences]. <https://hdl.handle.net/11250/3148039>
- Ayuso-Virgili, G., Jafari, L., Lande-Sudall, D., & Lümmen, N. (2023). Linear modelling of the mass balance and energy demand for a recirculating aquaculture system. *Aquacultural Engineering*, 101, 102330. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2023.102330>
- Badiola, M., Basurko, O. C., Piedrahita, R., Hundley, P., & Mendiola, D. (2018). Energy use in Recirculating Aquaculture Systems (RAS): A review. *Aquacultural Engineering*, 81, 57–70. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.03.003>
- Badiola, M., Mendiola, D., & Bostock, J. (2012). Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. *Aquacultural Engineering*, 51, 26–35. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.07.004>
- Bernardino, F. N. V. (2000). Review of aquaculture development in Portugal. *Journal of Applied Ichthyology*, 16(4–5), 196–199.
- Bögner, D., Bögner, M., Schmachtl, F., Bill, N., Halfer, J., & Slater, M. J. (2021). Hydrogen peroxide oxygenation and disinfection capacity in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 92, 102140. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102140>

- Bregnballe, J. (2022). *A guide to recirculation aquaculture: An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems*. Food & Agriculture Organization. <https://openknowledge.fao.org/items/3d76803c-b3ee-421a-b07a-fa64e52fc6e3>
- Brydges, N. M., & Braithwaite, V. A. (2009). Does environmental enrichment affect the behaviour of fish commonly used in laboratory work? *Applied Animal Behaviour Science*, *118*(3–4), 137–143. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.02.017>
- Cárdenas, S. (2011). Crianza de la corvina (*Argyrosomus regius*). *Cuadernos de Acuicultura*, 12–57.
- Carvalho, M., Peres, H., Saleh, R., Fontanillas, R., Rosenlund, G., Oliva-Teles, A., & Izquierdo, M. (2018). Dietary requirement for n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids for fast growth of meagre (*Argyrosomus regius*, Asso 1801) fingerlings. *Aquaculture*, *488*, 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.01.028>
- Choudhury, A., Lepine, C., & Good, C. (2023). Methane and Hydrogen Sulfide Production from the Anaerobic Digestion of Fish Sludge from Recirculating Aquaculture Systems: Effect of Varying Initial Solid Concentrations. *Fermentation*, *9*(2), 94. <https://doi.org/10.3390/fermentation9020094>
- Chun, S.-J., Cui, Y., Ahn, C.-Y., & Oh, H.-M. (2018). Improving water quality using settleable microalga *Ettlia* sp. and the bacterial community in freshwater recirculating aquaculture system of *Danio rerio*. *Water Research*, *135*, 112–121. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.02.007>
- Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos. (2021). *Plano estratégico para a aquicultura portuguesa 2021-2030*. [https://www.dgrm.pt/documents/20143/45612/PT\\_PEA\\_2021\\_2030.pdf/37c9c077-f248-ff56-3de9-0ffe12c89f89](https://www.dgrm.pt/documents/20143/45612/PT_PEA_2021_2030.pdf/37c9c077-f248-ff56-3de9-0ffe12c89f89)
- Duncan, N. J., Estévez, A., Fernández-Palacios, H., Gairin, I., Hernández-Cruz, C. M., Roo, J., Schuchardt, D., & Vallés, R. (2013). Aquaculture production of meagre (*Argyrosomus regius*): hatchery techniques, ongrowing and market. In *Advances in Aquaculture Hatchery Technology* (pp. 519–541). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857097460.3.519>
- Duncan, N., Estévez, A., Porta, J., Carazo, I., Norambuena, F., Aguilera, C., Gairin, I., Bucci, F., Valles, R., & Mylonas, C. C. (2012). Reproductive development, GnRHa-induced spawning and egg quality of wild meagre (*Argyrosomus regius*) acclimatised to captivity. *Fish Physiology and Biochemistry*, *38*(5), 1273–1286. <https://doi.org/10.1007/s10695-012-9615-3>
- Eurogroup for Animals & Compassion in World Farming. (2018). *European Public Perceptions of Fish Welfare*. <https://www.eurogroupforanimals.org/library/european-public-perceptions-fish-welfare#:~:text=Facts%20and%20figures%20on%20European%20public%20perceptions%20of,Spain%2C%20Poland%2C%20Sweden%2C%20The%20Netherlands%2C%20and%20Czechia%20responded.>
- European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products. (2022). *Case study: Meagre in the EU*. Publications Office of the European Union. <https://eumofa.eu/documents/20178/495167/PTAT+Meagre+-+Final.pdf/d3482b31-c2c7-af25-69bd-56afadca7fa4?t=1648731831410>

- European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products. (2024). *THE EU FISH MARKET 2024*. <https://doi.org/10.2771/9420236>
- European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products. (2020). *Recirculating aquaculture systems*. <https://doi.org/10.2771/66025>
- Fernández-Palacios, Y., Kaushik, S., Abramic, A., Cordero-Penín, V., García-Mendoza, A., Bilbao-Sieyro, A., Pérez-González, Y., Sepúlveda, P., Lopes, I., Andrade, C., Nogueira, N., Carreira, G. P., Magalhães, M., & Haroun, R. (2023). Status and perspectives of blue economy sectors across the Macaronesian archipelagos. *Journal of Coastal Conservation*, 27(5). <https://doi.org/10.1007/s11852-023-00961-z>
- Finegold, C. (2009). The importance of fisheries and aquaculture to development. In *Fisheries, Sustainability and Development* (pp. 353–364). The Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry.
- FishBase. (n.d.). *Argyrosomus regius*. <https://www.fishbase.org/au/v4/summary/418>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2025). *Argyrosomus regius: Fichas técnicas de especies acuáticas*. [https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/argyrosomus\\_regius/en](https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/argyrosomus_regius/en)
- Food and Agriculture Organization. (2024). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024*. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>
- Goddek, S., Joyce, A., Kotzen, B., & Burnell, G. M. (2019). *Aquaponics food production systems: Combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future* (S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen, & G. M. Burnell, Eds.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6>
- Gómez, S., Lara, G., Hurtado, C. F., Espinoza Alvarado, R., Gutiérrez, J., Huechucóy, J. C., Valenzuela-Olea, G., & Turner, A. (2023). Evaluating the Bioremediation Capacity of the Polychaete *Perinereis gualpensis* (Jeldes, 1963) for Atlantic Salmon Aquaculture Sludge. *Fishes*, 8(8), 417. <https://doi.org/10.3390/fishes8080417>
- Gupta, S., Makridis, P., Henry, I., Velle-George, M., Ribicic, D., Bhatnagar, A., Skalska-Tuomi, K., Daneshvar, E., Ciani, E., Persson, D., & Netzer, R. (2024). Recent Developments in Recirculating Aquaculture Systems: A Review. In *Aquaculture Research* (Vol. 2024). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1155/are/6096671>
- Helfrich, L. A., & Libey, G. (2000). *Fish farming in recirculating aquaculture systems (RAS)*. Department of Fisheries and Wildlife Sciences, Virginia Tech.
- Hjeltnes, B., Baevefjord, G., Erikson, U., Mortensen, S., Rosten, T., & Østergård, P. (2012). *Risk assessment of recirculation systems in salmonid hatcheries*. <https://doi.org/10.01.12>
- Huguenin, J. E., & Colt, John. (2002). *Design and operating guide for aquaculture seawater systems*. Elsevier Science.
- Institut de Recherche pour le Développement. (2020). *Aquaculture: A key element to food security in Africa*. <https://en.ird.fr/aquaculture-key-element-food-security-africa>

- Instituto Nacional de Estatística. (2024). *Estatísticas da pesca: 2023*. <https://www.ine.pt/xurl/pub/439542305>
- Jafari, L., Jesus Gregersen, K. J., Vadstein, O., & Pedersen, L. (2022). Removal of microparticles and bacterial inactivation in freshwater RAS by use of foam fractionation, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and NaCl. *Aquaculture Research*, 53(9), 3274–3282. <https://doi.org/10.1111/are.15804>
- Lekang, O. (2019). *Aquaculture Engineering*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119489047>
- Lindholm-Lehto, P. (2023). Water quality monitoring in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture, Fish and Fisheries*, 3(2), 113–131. <https://doi.org/10.1002/aff.1102>
- Lindholm-Lehto, P. C., Suurnäkki, S., Pulkkinen, J. T., Aalto, S. L., Tirola, M., & Vielma, J. (2019). Effect of peracetic acid on levels of geosmin, 2-methylisoborneol, and their potential producers in a recirculating aquaculture system for rearing rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquacultural Engineering*, 85, 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2019.02.002>
- Martins, C. I. M., Eding, E. H., Schneider, O., Rasmussen, R., Olesen, B., Plesner, L., & Verreth, J. A. J. (2005). *Recirculation aquaculture systems in Europe*.
- Midilli, A., Kucuk, H., & Dincer, I. (2012). Environmental and sustainability aspects of a recirculating aquaculture system. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 31(4), 604–611. <https://doi.org/10.1002/ep.10580>
- Monfort, M. C. (2010). *Present market situation and prospects of meagre (*Argyrosomus regius*), as an emerging species in mediterranean aquaculture*. <https://www.fao.org/docrep/013/i1675e/i1675e.pdf>
- Murray, F., Bostock, J., & Fletcher, D. (2014). *Review of recirculation aquaculture system technologies and their commercial application*. <http://hdl.handle.net/1893/21109>
- Mylonas, C. C., & Zohar, Y. (2009). Controlling reproduction in aquaculture. In G. Burnell & G. Allan (Eds.), *New technologies in aquaculture: Improving production efficiency, quality and environmental management* (pp. 109–142). Woodhead Publishing.
- Mylonas, C. C., Fostier, A., & Zanuy, S. (2010). Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction. *General and Comparative Endocrinology*, 165(3), 516–534. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.03.007>
- Mylonas, C. C., Mitrizakis, N., Castaldo, C. A., Cerviño, C. P., Papadaki, M., & Sigelaki, I. (2013). Reproduction of hatchery-produced meagre *Argyrosomus regius* in captivity II. Hormonal induction of spawning and monitoring of spawning kinetics, egg production and egg quality. *Aquaculture*, 414–415, 318–327. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.09.008>
- Mylonas, C. C., Robles, R., Estévez, A., Papandroulakis, N. H., Fontaine, P., Norberg, B., Koven, B., & Gemma Tacken, G. (2017). New species for EU aquaculture: Exploring the biological and socio-economic potential of new/emerging candidate fish species for the expansion of the European aquaculture industry. *Aquaculture Europe*, 42(2), 7–28. [http://www.diversifyfish.eu/uploads/1/4/2/0/14206280/diversify\\_featured\\_article\\_aes\\_42\\_sept\\_2017.pdf](http://www.diversifyfish.eu/uploads/1/4/2/0/14206280/diversify_featured_article_aes_42_sept_2017.pdf)

- Mylonas, C. C., Robles, R., Tacke, G., Banovic, M., Krystallis, A., Guerrero, L., & Grigorakis, K. (2019). New species for EU aquaculture. *Food Science and Technology*, 33(2), 22–26. [https://doi.org/10.1002/fsat.3302\\_6.x](https://doi.org/10.1002/fsat.3302_6.x)
- Mylonas, C. C., Salone, S., Biglino, T., de Mello, P. H., Fakriadis, I., Sigelaki, I., & Duncan, N. (2016). Enhancement of oogenesis/spermatogenesis in meagre *Argyrosomus regius* using a combination of temperature control and GnRHa treatments. *Aquaculture*, 464, 323–330. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.07.006>
- Neethu, K., CP, B., Biju, I., Rekha, M., Suvana, S., & Vijayan, K. (2020). Recirculating aquaculture system: Concepts and designs. *Aqua C Spectrum*, 3, 33–37. <https://www.researchgate.net/publication/343375878>
- Noguera, P. M., Egiddi, M., Södergren, J., da Silva, M. R., Beauchamp, J., Petersen, M. A., Buettner, A., & Jørgensen, N. O. G. (2024). More than just geosmin and 2-methylisoborneol? Off-flavours associated with recirculating aquaculture systems. In *Reviews in Aquaculture* (Vol. 16, Issue 4, pp. 2034–2063). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/raq.12949>
- Park, J., Kim, Y., Kim, P.-K., & Daniels, H. V. (2011). Effects of two different ozone doses on seawater recirculating systems for black sea bream *Acanthopagrus schlegelii* (Bleeker): Removal of solids and bacteria by foam fractionation. *Aquacultural Engineering*, 44(1), 19–24. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.11.001>
- Pérez-San Martín, A., Tortosa, G., González, A., Cayunao, S., & Curaqueo, G. (2024). Drying treatment for sludges of the Chilean salmon farming industry and its potential as an agricultural soil amendment. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 70(1), 1–18. <https://doi.org/10.1080/03650340.2023.2282590>
- Pillay, T. V. R., & Kutty, M. N. (2005). *Aquaculture: Principles and practices* (2nd ed.). Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1007/s10499-007-9122-1>
- Rocha, C. P., Cabral, H. N., Marques, J. C., & Gonçalves, A. M. M. (2022). A Global Overview of Aquaculture Food Production with a Focus on the Activity's Development in Transitional Systems—The Case Study of a South European Country (Portugal). In *Journal of Marine Science and Engineering* (Vol. 10, Issue 3, p. 417). MDPI. <https://doi.org/10.3390/jmse10030417>
- Rogers, A. J. (2024). Aquaculture in the Ancient World: Ecosystem Engineering, Domesticated Landscapes, and the First Blue Revolution. *Journal of Archaeological Research*, 32(3), 427–491. <https://doi.org/10.1007/s10814-023-09191-1>
- Rossi, G., Ojha, S., Müller-Belecke, A., & Schlüter, O. K. (2023). Fresh aquaculture sludge management with black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae: investigation on bioconversion performances. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-48061-0>
- Schiavone, R., Zilli, L., Storelli, C., & Vilella, S. (2012). Changes in hormonal profile, gonads and sperm quality of *Argyrosomus regius* (Pisces, Scianidae) during the first sexual differentiation and maturation. *Theriogenology*, 77(5), 888–898. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.09.014>

- Schleyken, J., Gumpert, F., Tränckner, S., Palm, H. W., & Tränckner, J. (2024). Enhanced chemical recovery of phosphorus from residues of recirculating aquaculture systems (RAS). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 21(4), 3775–3788. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-05226-8>
- Schreck, C. B. (2010). Stress and fish reproduction: The roles of allostasis and hormesis. *General and Comparative Endocrinology*, 165(3), 549–556. <https://doi.org/10.1016/j.ygcn.2009.07.004>
- Soares, F., Roque, A., & Gavaia, P. J. (2018). Review of the principal diseases affecting cultured meagre (*Argyrosomus regius*). *Aquaculture Research*, 49(4), 1234–1248. <https://doi.org/10.1111/are.13613>
- Suurnäkki, S., Pulkkinen, J. T., Lindholm-Lehto, P. C., Tirola, M., & Aalto, S. L. (2020). The effect of peracetic acid on microbial community, water quality, nitrification and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) performance in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture*, 516, 734534. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734534>
- Tavares, J. M. M. (2017). *Importância dos fatores de manejo na sanidade da exploração piscícola* [Dissertação de mestrado, Universidade de Évora]. Repositório Digital de Publicações Científicas da Universidade de Évora. <http://hdl.handle.net/10174/22457>
- Ternengo, S., Agostini, S., Quilichini, Y., Euzet, L., & Marchand, B. (2010). Intensive infestations of *Sciaenocotyle panzerii* (Monogenea, Microcotylidae) on *Argyrosomus regius* (Asso) under fish-farming conditions. *Journal of Fish Diseases*, 33(1), 89–92. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2009.01094.x>
- Zohar, Y., Tal, Y., Schreier, H. J., Steven, C. R., Stubblefield, J., & Place, A. R. (2005). Commercially feasible urban recirculating aquaculture: addressing the marine sector. In *Urban aquaculture* (pp. 159–171). CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9780851998299.0159>