

Otimização e Ergonomia do cultivo multitrófico de ostra-do-pacífico (*Magallana gigas*) em tanques de terra

Ernesto São Simão, Lda., 181, 4470-216 Maia, Portugal. *

Resumo

A ostreicultura tem assumido crescente relevância na aquacultura, destacando-se a produção da ostra-do-pacífico (*Magallana gigas*) pelo seu elevado potencial comercial. O presente estudo avaliou a otimização do cultivo desta espécie em tanques de terra multitróficos sob regime semi-intensivo, na unidade de aquacultura FigueiraFish, da Figueira da Foz, Portugal. Foram estabulados 4000 juvenis de *M. gigas* durante oito meses, submetidos a quatro tratamentos distintos de frequência de viragem: duas vezes por semana (2x, 10h emersão p/semana), uma vez por semana (1x, 5h emersão p/semana), quinzenal (15/15, 5h a cada 2 semanas) e um grupo controlo sem viragem (control, 0h). Avaliaram-se parâmetros biométricos - peso, comprimento, largura e altura -, mortalidade e índice Imai-Sakai. Os resultados revelaram aumento significativo ($p < 0,05$) do peso médio em todos os setores, atingindo calibres comerciais em apenas 6–7 meses, com maior desempenho nos grupos controlo e 15/15 (> 86 g). A mortalidade foi significativamente superior nos tratamentos 1x ($26,8 \pm 13,5\%$) e 2x ($23,2 \pm 14,0\%$), em comparação ao controlo ($11,1 \pm 8,4\%$), sugerindo que exposições mais frequentes ao ar podem aumentar o stress fisiológico. Embora não tenham sido observadas diferenças estatísticas no índice Imai-Sakai entre os setores ($p = 0,095$, $\alpha = 0,05$), verificaram-se tendências morfológicas distintas: ostras imersas apresentaram maior crescimento em altura, enquanto ostras de viragens frequentes exibiram conchas mais polidas e uniformes, mas de menor peso. Conclui-se que a integração de ostras nos tanques da FigueiraFish é promissora para uma produção multitrófica, sendo recomendada a adoção de regimes de imersão prolongada durante o crescimento inicial, seguidos de rotações moderadas, para otimização da qualidade da concha e redução de bioincrustações.

Palavras-chave: aquacultura; IMTA; *Magallana gigas*; ostreicultura; ergonomia

1. Introdução

A aquacultura é um dos setores alimentares que mais tem crescido globalmente, procurando responder às necessidades atuais de consumo de produtos do mar (Diana et.al., 2013). A aquacultura de moluscos bivalves tem uma importância expressiva na produção controlada de maricultura (Mizuta & Wikfors, 2019), e a ostra-do-Pacífico (*Magallana gigas*, Thunberg, 1793) é a espécie de molusco bivalve com maior expressão na aquacultura, atingindo produções de mais de 640 000 toneladas em 2023, em todo o mundo (FAO, 2025a). Esta espécie detém uma grande capacidade de tolerância a parâmetros ambientais e cresce rapidamente, o que a torna uma espécie com potencial de exploração comercial em várias regiões do mundo (Miossec et.al., 2009).

Embora o crescimento destas espécies em sistemas de aquacultura possa seguir práticas históricas e geracionais dos ostreicultores (Chuko et.al., 2025), são reconhecidas três vertentes de produção de ostras: cultivo no fundo (“*on-bottom*”), cultivo intertidal (“*off-bottom*”) e cultivo vertical em suspensão (“*suspended*”) (FAO, 2005b). O cultivo no fundo consiste na colocação das ostras no fundo da área de cultivo, em profundidades de 5-10m; a cultura intertidal consiste na colocação das ostras em cestos ou malhas de plástico em mesas (treliças) em zonas entremarés; enquanto no cultivo vertical em suspensão, as ostras são geralmente coladas em cordas, utilizando compósitos de cimento, e dispostas em zonas de maior hidrodinamismo (FAO, 2005b, Buestel et.al., 2009, Bordignon et.al., 2020). Atualmente, a técnica de cultivo intertidal tem-se tornado na prática de cultivo mais utilizada pelos ostreicultores, pois esta permite um melhor controlo sobre a produção, compartimentar a produção em várias unidades de cestos ou sacos, melhorando igualmente o acesso ao stock e manejo, evita a predação por organismos bentónicos e permite o acesso das ostras a zonas da coluna de água com maior concentração de alimento (Comeau, 2013, Walton et.al., 2013).

Uma outra vertente de produção consiste na combinação de várias espécies num único sistema de produção aquícola, aproveitando os recursos gerados por cada nível trófico como sustento adicional para os níveis adjacentes. Esta prática, designada como aquacultura multitrófica integrado (IMTA) (Chopin et.al., 2001), tem sido admitida como uma forma de cultivo que promove uma maior sustentabilidade da prática de aquacultura, promovendo um maior aproveitamento dos nutrientes do meio e evitando fenómenos de eutrofização (Cunha et.al., 2019). Para além de uma prática ambientalmente mais consciente, a IMTA permite diversificar e fomentar o negócio aquícola (Granada et.al., 2016), adicionando espécies de dietas complementares e que possam melhorar a qualidade de cultivo (Cunha et.al., 2019).

Atualmente, em Portugal, existem algumas empresas que se dedicam a um cultivo de espécies marinhas sob regime multitrófico, tais como a empresa ALGAplus (criação IMTA de macroalgas marinhas, dourada e robalo), e Pescargarve (através do projeto AQUADIVERSIFY, criação combinada de douradas, robalo, macroalgas e pepinos-do-mar). Para além destas empresas, salienta-se o projeto europeu INNOAQUA (<https://innoaquaproject.eu/>, acedido a 12/09/2025), que propõe a criação de um sistema inteligente de adaptação e monitorização em tempo real IMTA, para a produção combinada de linguados e macroalgas, em parceria com empresas aquícolas. Como se pode constatar, o cultivo multitrófico em Portugal encontra-se ainda numa fase inicial de desenvolvimento, sendo a sua implementação maioritariamente impulsionada por projetos de investigação e inovação, e por um número reduzido de empresas pioneiras. Apesar do reconhecido potencial desta abordagem para aumentar a eficiência na utilização de recursos, reduzir os impactes ambientais da aquicultura e diversificar a produção aquícola (Granada et.al., 2016, Cunha et.al., 2019), a sua adoção em larga escala continua limitada por desafios de natureza técnica, económica e regulamentar. Entre estes desafios destacam-se a seleção das combinações de espécies mais adequadas às condições ambientais nacionais, a otimização das densidades de cultivo e dos fluxos de nutrientes entre níveis tróficos, a demonstração da viabilidade económica dos sistemas e a adaptação do enquadramento legal às especificidades da produção multitrófica (Barrington et.al., 2009, Robinson et.al., 2011, Rocha et.al., 2022).

O cultivo de ostras em território português é focado em três espécies: ostra-do-pacífico, (*Magallana gigas*), *Ostra-plana* (*Ostrea edulis*) e *ostra-portuguesa* (*Magallana angulata*) (Oliveira et.al., 2013), estando o cultivo focado principalmente em aquaculturas de regimes extensivos e semi-intensivos (Rocha et.al., 2022). Em 2023, a produção combinada das três espécies mencionadas de ostra ultrapassou 2700 toneladas, o que representou um aumento de 11% face ao ano precedente (DGRM/INE, 2024). A principal forma de produção de ostras em Portugal consiste em cultivo intertidal (Brito et.al., 2023), localizadas em zonas estuarinas e sistemas lagunares costeiros, ao longo da costa (Rocha et.al., 2022). Apesar de Portugal ser um dos países com maior consumo per-capita de moluscos bivalves, existe ainda amplo potencial de expansão e valorização do setor (Oliveira et.al., 2013). De acordo com o Decreto-Lei n.º 92/2019, de 10 de julho, foi criado um regime excecional para a produção de espécies usadas na aquicultura, destacando para o efeito o Plano de Ação para o Controlo da ostra-do-pacífico [*Crassostrea (Magallana) gigas*] em Portugal Continental (Decreto-Lei n.º 92/2019). Com base neste plano, todas as unidades ostreícolas que cultivem ostra-do-pacífico estão obrigadas a utilizar exclusivamente indivíduos triplóides. Esta limitação de cultivo surge pela decisão

governamental de evitar dispersões genéticas dos stocks de maternidade que afetem a biodiversidade autóctone (Brianik & Allam, 2023).

A exposição ao ar e o maneo contínuo das ostras são práticas admitidas pelos ostreicultores como essenciais para promover uma melhor qualidade de bivalve (Chuko et.al., 2024, Chuko et.al., 2025). A exposição das ostras a períodos de emersão estimula a remoção de organismos bioincrustantes e potenciais organismos patogénicos (Fitridge et.al., 2012, Evans et.al., 2019). A ação sinérgica de maneo e emersão permite aos produtores otimizar a forma da ostra e controlar o tempo de comercialização (Chuko et.al., 2024). No entanto, um maneo mais intenso, agressivo e pouco cuidado das ostras poderá provocar danos na concha, aumentar o stress fisiológico e aumentar a mortalidade (Bodenstein et.al., 2021, Chuko et.al., 2025).

Recentemente, várias empresas internacionais têm desenvolvido equipamentos, como cestos e sacos inovadores, para a facilitação do cultivo e maneo de ostras. Salientam-se os cestos SEAPA© (Campbell & Gray, 2023), as unidades flutuantes OysterGro© (Comeau, 2013), os cestos Hexcyl© (Hensey, 2020) e os cestos Ortac Oyster System© (Brundu et.al., 2020). Estas estruturas foram desenvolvidas especificamente para melhorar a qualidade do stock de produção, promover ergonomia no trabalho ostrícola e redução do maneo das ostras, remover incrustações e promover o polimento da concha, através de rotações periódicas de equipamento (Comeau, 2013, Brundu et.al., 2020, Chuko et.al., 2025). Além do desenvolvimento tecnológico ao nível dos cestos e sacos, sistemas automatizados inovadores têm sido desenvolvidos para acelerar o processo de rotação. O sistema FlipFarm™, desenvolvido pela empresa neozelandesa FlipFarm Systems, Ltd., (<https://www.flipfarm.co.nz/pt>, acessido a 12/09/2025) surge como o sistema mais conhecido mundialmente para esse propósito. Neste sistema, os cestos Hexcyl© são unidos em série, munidos com flutuadores, onde uma armação acoplada a uma embarcação promove a rotação rápida das unidades flutuantes e expõe os cestos ao ar (Caffrey et.al., 2024). Outro sistema, recentemente desenvolvido, permite o cultivo vertical em suspensão, colocando as ostras em cestos dispostos em cadeia e acoplados a uma armação, cuja unidade é operada por energia solar. Este modelo de produção, designado *Solar Oyster Production System* (SOPS), desenvolvido pela empresa norte-americana Solar Oysters, LLC (<https://www.solaroysters.com/>, acessido a 12/09/2025), representa um significativo avanço tecnológico na otimização e automatização da produção de ostras, utilizando uma energia renovável para operar a movimentação de centenas de gaiolas, minimizando o trabalho humano (Caffrey et.al., 2024).

Para as espécies de ostras do género *Magallana*, é referido que o formato desejável consiste numa ostra alta, profunda e larga, assemelhando-se a uma 'lágrima'

(Handley, 2002). Ostras com formas achatadas e compridas são consideradas indesejáveis para o mercado (Kube et.al., 2011). De forma a produzir uma ostra mais valorizada pelo mercado, a rotação periódica dos cestos de ostras para posições de emersão tem sido uma prática debatida em literatura científica, quanto ao potencial de remoção de incrustantes e otimização do formato da ostra. Adicionalmente, um melhor aspeto da ostra valorizará o produto para os consumidores e torná-lo-á mais competitivo face ao mercado e poder ser vendido a preços mais elevados (Mizuta & Wikfors, 2019). Todavia, a rotação periódica e o efeito da exposição das ostras ao ar e à luz solar na taxa de crescimento e resposta fisiológica das ostras em regimes semi-intensivos de produção aquícola carece de alguma clarificação (la Peyre et.al., 2018, Chuku et.al., 2025). Igualmente, existe uma elevada quantidade de investigações e estudos dedicados à testagem de novas técnicas e sistemas para a otimização de moluscos bivalves (Comeau, 2013, Brundu et.al., 2020, Campbell & Gray, 2023, Mizuta & Wikfors, 2019).

A empresa Ernesto São Simão, Lda. (ESS) através da sua marca comercial Ergomarine (<https://ergomarine.pt/>, acedido a 12/09/2025), tem desenvolvido produtos e sistemas inovadores para a aquacultura marinha, com o objetivo de aumentar a produtividade e a sustentabilidade ambiental desta atividade em Portugal.

O presente estudo pretende demonstrar o desempenho e crescimento de espécimes de ostras-do-pacífico num tanque de terra multitrófico, com recurso a equipamento flutuante fornecido pela ESS. Durante 8 meses, foram avaliados e registados os parâmetros biométricos das ostras (comprimento, largura, altura e peso), bem como a mortalidade. São debatidas algumas metodologias que poderão otimizar e favorecer a qualidade das ostras no final do período de cultivo, bem como melhorar o maneio e ergonomia do trabalho de produção.

2. Materiais e Metodologia

2.1. Local de investigação

Os ensaios experimentais foram conduzidos em tanques de terra, pertencentes à empresa FigueiraFish-Produção e Comércio de Peixe, Lda., de dezembro de 2024 a julho de 2025 (8 meses). A unidade de aquacultura FigueiraFish fica situada na Figueira da Foz, no braço sul no estuário do rio Mondego (Figura 1). Com uma área de cerca de 18 ha, esta unidade dedica-se à produção de dourada e robalo em regime semi-intensivo.



Figura 1: Map da zona onde sita a FigueiraFish e tanque de terra onde foi efetuado o tratamento experimental (tracejado vermelho), na Figueira da Foz, Coimbra, Portugal. Mapas foram gerados com recurso à aplicação MapViewer™ do programa ArcGIS® da empresa Esri (<http://www.esri.com/>, acessado a 11/09/2025)

2.2. Tanque de cultivo

O tanque da FigueiraFish utilizado neste estudo possui 150m de comprimento e 40m de largura, está munido de alimentadores, programados para efetuar 5 alimentações por dia, e de dois arejadores elétricos (modelo YC 0.75), separados 40m entre si na água e ancorados à margem, que funcionam por acionamento eletrônico, em função do nível de oxigénio do tanque. Sendo tanques que operam em regime semi-intensivo, são efetuadas renovações de maré de acordo com a necessidade de produção. As comportas de entrada estão montadas de forma a promover a entrada de água estuarina a partir do fundo do tanque de terra, o que permite evitar entradas de água com elevada temperatura e controlar níveis de salinidade. O tanque de terra continha igualmente uma rede de cobertura para proteger a produção de predação por aves.

2.3. Ostras

Em dezembro de 2024, foram estabulados 4000 juvenis de *Magallana gigas* na FigueiraFish, contendo um peso médio inicial de 15g, e de 20 a 25mm de comprimento médio (T25/20). Os juvenis foram adquiridos à empresa Bivalvia (<https://www.bivalvia.pt/>), situada na Piscicultura da Meia-Légua, em Olhão, e transportados por camião frigorífico, devidamente acondicionados. Após um período de 1 mês de aclimação das ostras ao meio (de dezembro a janeiro), os ensaios experimentais começaram a ser realizados.

2.4. Unidades Flutuantes

Foram instaladas 80 unidades flutuantes, produzidas pela ESS. Cada unidade seria composta por quatro componentes distintas: a gaiola Ergomarine (malha de 14mm), utilizada para albergar as ostras, sendo construída em polietileno de alta densidade (PEAD) e com capacidade de 20L; a peça Ergoflip, fixada à gaiola através de abraçadeiras de plástico; o flutuador Ergofloat 7.5 seria colocado sobre a peça Ergoflip, de forma a poder promover a flutuabilidade da estrutura; por fim, de forma a acoplar o flutuador à gaiola, foram utilizados os Clipes de Flutuador (Fig2). A instalação da peça Ergoflip permite a rotação de cada gaiola individualmente, o que permite aos ostreicultores controlar os períodos de exposição das ostras ao ar

(rotação de 180°, para colocar gaiola em imersão ou emersão). Este sistema foi construído com base nas melhores práticas verificadas no mercado, tendo em consideração, principalmente o sistema FlipFarm™.

As unidades flutuantes foram instaladas junto da margem do tanque, de forma a poder facilmente se aceder ao equipamento. As estruturas foram posicionadas de forma paralela à entrada, aproveitando o efeito da ação dos arejadores para oxigenação dos bivalves. Um cabo de monofilamento, em poliamida, foi usado para ligar as 80 unidades flutuantes e para permitir o alinhamento sob tensão das estruturas. Para estabilizar a linha de monofilamento, dois cerra-cabos, munidos de parafusos inoxidáveis, foram colocados no início e no fim das gaiolas, respetivamente. A linha de monofilamento foi ancorada às extremidades das margens, através da colocação de duas estacas de aço inoxidável.

As estruturas foram instaladas de forma a constituírem sistemas flutuantes, colocados em tanques de terra onde já se desenvolvia a aquacultura de peixes. A intenção foi de aproveitar o *bloom* de fitoplâncton, gerado pelos nutrientes resultantes dos metabolismos dos peixes e pela decomposição das fezes e restos de ração, para servir de alimento às ostras.

2.4.1. Viragens

Os ensaios de viragem incidiram sobre a adoção de quatro diferentes sistemas, cada um composto por 20 gaiolas, e classificados de acordo com as diferentes frequências de rotação das gaiolas: duas viragens por semana (2x), uma viragem por semana (1x), uma vez a cada 2 semanas (15/15), e um setor de gaiolas sem rotação – grupo controlo (control). As gaiolas foram povoadas a uma densidade padronizada de 50 indivíduos, por cada gaiola. Etiquetas de duas cores (laranja e azul) foram colocadas nas unidades flutuantes, de forma alternada entre setores, para os poder diferenciar visualmente (Fig2).

Em todos os sistemas de amostragem, consoante a periodicidade mencionada anteriormente, cada unidade flutuante seria virada manualmente, expondo-as ao ar durante cinco horas, desde as 10h da manhã até às 15h da tarde. Desta forma, por semana, as ostras colocadas no setor de viragem 2x receberiam 10h de exposição ao ar e as ostras do setor 1x receberiam 5h. As ostras do setor 15/15 só se expunham 5h a cada duas semanas e as ostras do grupo controlo permaneceriam imersas (0h).



Figura 2: Componentes da estrutura flutuante Ergomarine utilizada neste estudo (em cima) e disposição das 80 unidades no tanque de terra da FFish (em baixo)

2.7. Parâmetros biométricos

Foram avaliados indicadores biométricos das ostras, incluindo peso, comprimento, largura e altura (Figura 3). Amostraram-se aleatoriamente 2 indivíduos das primeiras 10 gaiolas de cada série, para pesagem com uma balança digital (modelo JOCCA 7155B, com 1g de precisão) e medição individual de comprimento, largura e altura. Essa medição foi efetuada com um paquímetro de plástico, de 150mm, com 1mm de precisão. Posteriormente, a média de cada parâmetro seria calculado para cada setor.

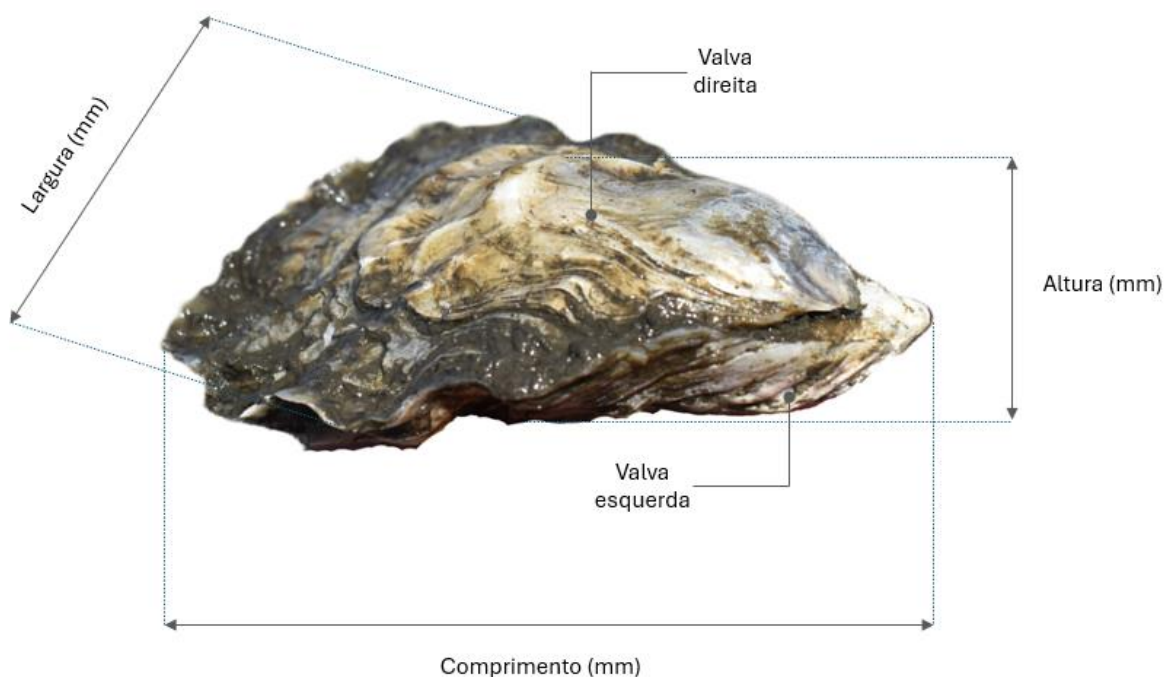


Figura 3: Parâmetros biométricos definidos para a medição das ostras-do-pacífico na FigueiraFish. A imagem representa um indivíduo adulto, cultivado a partir de juvenil (T25/20).

Em abril, após cerca de 5 meses de crescimento, foi efetuada a verificação de ostras mortas nas gaiolas, para aferição da taxa de mortalidade. A fórmula utilizada para averiguação da taxa de mortalidade é a seguinte:

$$M = 100 - (Nf \times 100 \div Ni)$$

sendo que Nf corresponde ao número de indivíduos final e Ni corresponde ao nº de indivíduos inicial.

2.8. Índice Imai-Sakai

Para quantificar a forma da concha, foi seguida uma fórmula similar à empregue por Imai & Sakai (1986), onde o dobro da altura de um espécime seria dividido pela soma do comprimento e da largura, multiplicando o valor obtido por 100. Este índice define a forma padronizada de uma ostra, cujo valor de referência admitido é de 40. Valores de índice acima de 40 ($I/S > 40$) representam uma ostra com bom valor comercial, arredondada e cheia, enquanto valores abaixo de 40 ($I/S < 40$) indicam ostras com menor valor, longas e achatadas.

Posteriormente, seria calculado o valor médio do índice para cada setor. O valor gerado foi utilizado para poder interpretar o desenvolvimento das ostras, ao nível das suas formas. A fórmula utilizada foi a seguinte:

$$I/S = (2 \times alt / (comp + larg)) \times 100$$

onde *comp* corresponde ao comprimento da ostra, *larg* à largura e *alt* à altura.

2.9 Análise de Dados

Os dados biométricos foram recolhidos e registados em folhas de campo. Posteriormente, os dados seriam transferidos para um ficheiro Microsoft® Excel® (versão 2507 Build 16. 0. 19029. 20136, 64-bit), onde seriam calculados os valores médios e desvios padrão para cada parâmetro. A análise estatística e a visualização dos resultados foram efetuadas com recurso ao programa RStudio (Versão RStudio 2025.05.01 + 513) e os resultados foram expressos como valor médio $\pm$ desvio padrão.

Foram efetuados testes de análise de variância (ANOVA) para a análise estatística do peso médio das ostras em cada setor, para os valores do Índice Imai-Sakai e para a taxa de mortalidade. Para a análise da mortalidade, foi efetuada uma análise de comparação entre grupos com base nos testes de Tukey HSD, considerando um nível de significância de $\alpha=0,05$.

3. Resultados

3.1. Peso médio

A Tabela 1 representa os valores do peso médio obtidos pelo procedimento experimental mencionado para as ostras de cada setor, em cada data de realização de amostragem. No total, foram realizados 6 eventos de amostragem, em datas definidas consoante a disponibilidade dos técnicos de campo.

O peso médio das ostras aumentou de forma significativa ($p < 0,05$) em todos os setores. Pode-se verificar que a partir de 06 de maio até ao último período de amostragem, as ostras dos setores 15/15, controlo e 2x demonstraram um aumento bastante acentuado, de $38,70 \pm 4,41\text{g}$, $45,6 \pm 6,18\text{g}$ e $28,25 \pm 4,98\text{g}$ para $89,75 \pm 15,10\text{g}$, $86,45 \pm 10,91\text{g}$ e $73,35 \pm 11,01\text{g}$, o que demonstra um incremento de $51,05\text{g}$, $40,85\text{g}$ e $45,10\text{g}$, respetivamente, num intervalo temporal de apenas 2 meses. Para o mesmo período, as ostras amostradas no setor 1x demonstraram um incremento menor quando comparado com os restantes setores, de $33,3\text{g}$, aumentando de $47,85 \pm 7,18\text{g}$ para $81,15 \pm 11,00\text{g}$. No entanto, com base na análise de variância (ANOVA), não se registaram diferenças significativas entre os setores ($p = 0,945$, $\alpha = 0,05$). Ao fim do período de amostragem as ostras do setor de viragem 15/15 demonstraram um peso médio mais elevado ($89,75 \pm 15,10\text{g}$), seguidas das do grupo controlo ($86,45 \pm 10,91$), 1x ($81,15 \pm 11,00\text{g}$) e 2x ($73,35 \pm 11,01\text{g}$).

Tabela 1: Peso médio de *Magallana gigas* em cada setor de viragem. Os valores estão expressos como valor médio (20 indivíduos medidos) $\pm$ desvio Padrão.

Data	Peso médio das ostras de cada setor (g)			
	control	15/15	1x	2x
2025_02_04	$14,65 \pm 3,30$	$14,75 \pm 3,48$	$14,65 \pm 2,48$	$18,55 \pm 3,19$
2025_02_18	$25,9 \pm 4,25$	$28,3 \pm 6,76$	$26,35 \pm 5,85$	$25,05 \pm 6,12$
2025_03_11	$35,5 \pm 7,74$	$33,65 \pm 7,30$	$28,5 \pm 6,03$	$29,9 \pm 7,38$
2025_05_06	$45,6 \pm 6,18$	$38,7 \pm 4,41$	$47,85 \pm 7,18$	$28,25 \pm 4,98$
2025_05_27	$68,85 \pm 8,44$	$63,9 \pm 7,13$	$58 \pm 10,69$	$52,55 \pm 10,16$
2025_07_02	$86,45 \pm 10,91$	$89,75 \pm 15,10$	$81,15 \pm 11,00$	$73,35 \pm 11,01$

3.2. Índice Imai-Sakai

A Tabela 2 representa os valores médios do Índice Imai-Sakai para cada setor. No final do período de amostragem, o setor 15/15 obteve o registo mais baixo, comparativamente aos restantes setores ($40,38 \pm 4,68$). Para o mesmo período, as outras medidas no setor 1x obtiveram o valor mais elevado de índice. No entanto, a 11 de março e 27 de maio, os resultados deste índice mostraram valores mais baixos para o setor 1x ($43,22 \pm 5,77$ e $41,51 \pm 4,79$, respetivamente) do que no controlo ($44,63 \pm 8,96$ e $43,56 \pm 6,11$, respetivamente). Com base na análise de variância, não foram detetadas diferenças significativas entre os setores ($p=0,095$, $\alpha=0,05$).

Tabela 2: Valores médios do Índice Imai-Sakai, para cada setor. Os valores estão expressos como valor médio (20 indivíduos medidos) $\pm$ desvio Padrão.

Data	Índice IMAI/SAKAI			
	control	15/15	1x	2x
2025_02_04	$40,58 \pm 8,90$	$39,48 \pm 6,79$	$43,99 \pm 6,81$	$48,21 \pm 9,73$
2025_02_18	$39,5 \pm 5,62$	$40,9 \pm 6,49$	$45,74 \pm 7,36$	$42,03 \pm 6,07$
2025_03_11	$44,63 \pm 8,96$	$42,31 \pm 5,78$	$43,22 \pm 5,77$	$44,98 \pm 6,86$
2025_05_06	$40,01 \pm 8,71$	$39,69 \pm 7,22$	$41,43 \pm 5,63$	$45,4 \pm 4,98$
2025_05_27	$43,56 \pm 6,11$	$42,47 \pm 7,03$	$41,51 \pm 4,79$	$41,11 \pm 4,82$
2025_07_02	$43,136 \pm 5,29$	$40,38 \pm 4,68$	$43,486 \pm 5,24$	$41,032 \pm 6,63$

As variações dos valores médios do Índice Imai-Sakai ao longo dos meses de estudo, são demonstradas na Figura 3. É possível observar que o grupo controlo (Figura 2a) demonstra uma tendência para os valores do índice aumentarem ao longo do tempo. Para o setor 15/15, o último valor do índice registado revelou uma ligeira diminuição face ao valor anterior ($40,38 \pm 4,68$ vs $42,47 \pm 7,03$). No entanto, segundo a reta regressão linear para este setor (Figura 2b), verifica-se uma tendência de aumento muito ténue do índice, com uma inclinação mínima (0,01). Para os setores 1x e 2x (Figura 2c e Figura 2d), observou-se uma tendência de diminuição do índice, visto que se obtiveram inclinações das retas negativas (-0,46 e -0,79, respetivamente).

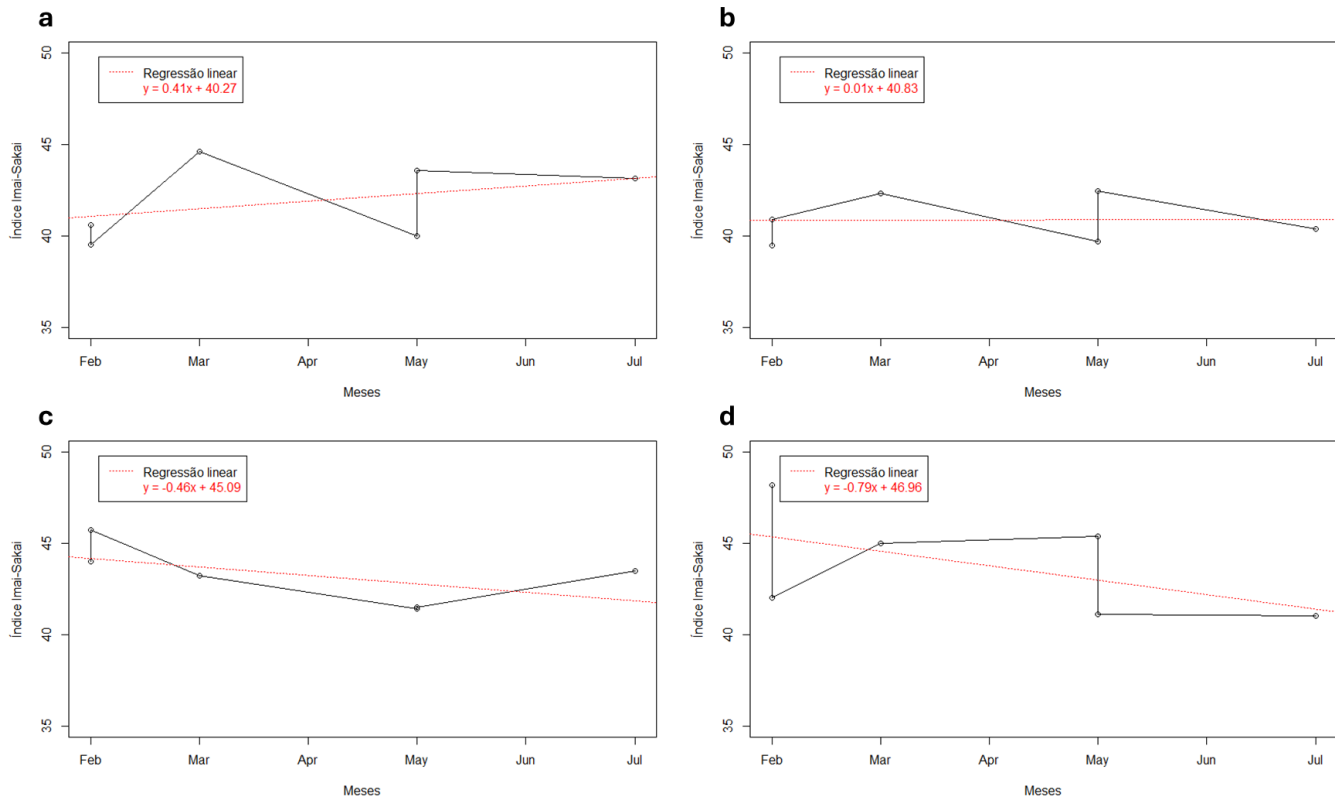


Figura 3: Variação do valor médio do índice Imai-Sakai para as ostras de cada setor: a) control; b) 15/15; c) 1x e d) 2x. Para cada gráfico, foi gerada uma reta de regressão linear, através da função “abline()” do programa R.

3.3. Mortalidade

A percentagem de indivíduos mortos registados em cada setor é demonstrada na Tabela 2. Registou-se maior mortalidade no setor 1x, sendo que a percentagem de mortalidade média registada foi superior a 25% ($26,8 \pm 13,5\%$), após 5 meses de crescimento. As ostras colocadas no grupo controlo (control) demonstraram a menor mortalidade média para este estudo ($11,1 \pm 8,4\%$). Adicionalmente, houve registo de uma gaiola no grupo controlo que não possuía ostras mortas e mantinha a totalidade de ostras vivas colocadas inicialmente (50 ostras).

Tabela 3: Percentagens de mortalidade média de ostras, obtidas em cada setor, expressas como média $\pm$ desvio padrão. É demonstrado igualmente a mortalidade mínima e máxima obtidas em cada setor.

Setor	Mortalidade Min (%)	Mortalidade Max (%)	Mortalidade Med (%)
control	0	40	$11,1 \pm 8,4$
15/15	2	40	$15,3 \pm 10,1$
1x	4	48	$26,8 \pm 13,5$
2x	2	56	$23,2 \pm 14,0$

A Figura 4 apresenta o número de espécimes mortos obtidos em cada setor. Para o grupo controlo (control), apenas se verificou uma gaiola com 40% de mortalidade (30 indivíduos vivos, no final), enquanto para o setor 2x, verificaram-se duas gaiolas com percentagens de mortalidade acima de 50%, registando-se apenas 23 (56% mortalidade) e 22 (54% de mortalidade) indivíduos vivos no final. Estes dois valores correspondem aos valores mais elevados de mortalidade obtido durante o período de amostragem. A realização de teste ANOVA demonstrou diferenças significativas da taxa de mortalidade entre os setores de viragem ($p=0,0015$, $\alpha=0,05$). Com recurso ao teste de Tukey HSD, verificaram-se diferenças significativas da mortalidade obtida entre os setores 1x e 2x face ao grupo controlo ($p=0,00030$ e $p=0,0078$, respetivamente, $\alpha=0,05$) e entre o setor 1x face a 15/15 ($p=0,013$, $\alpha=0,05$). Apesar de se ter obtido uma percentagem de mortalidade maior no setor 1x do que no setor 2x, esta diferença não traduziu diferenças significativas ($p=0,759$, $\alpha=0,05$). Igualmente, a comparação efetuada da mortalidade entre os setores control – 15/15 e 2x – 15/15 não evidenciaram diferenças significativas ($p=0,662$ e $p=0,145$, respetivamente, $\alpha=0,05$).

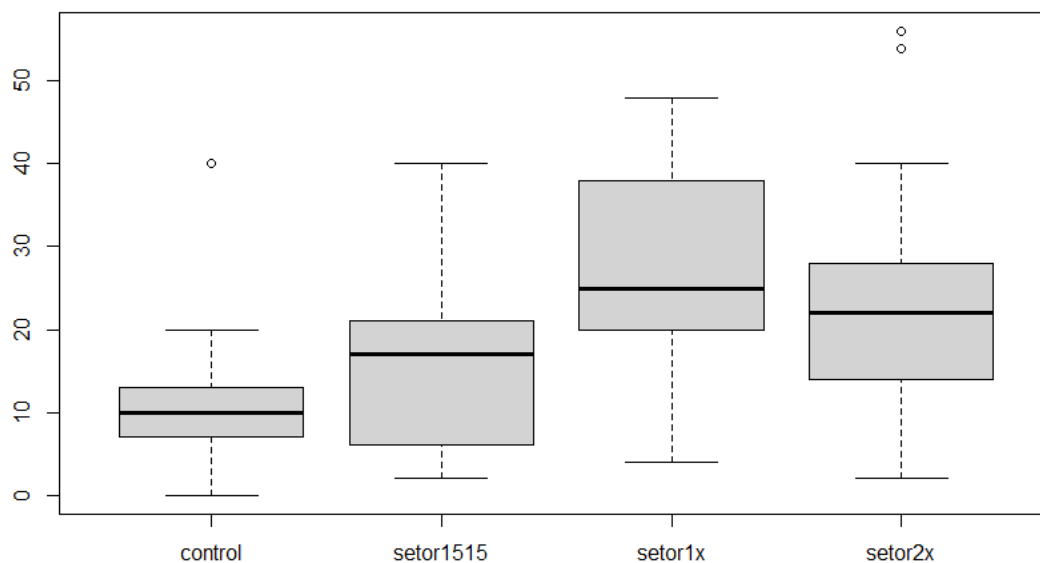


Figura 4: Mortalidade (em %) de ostras verificada, em cada setor de viragem.

4. Discussão

O objetivo deste estudo consistiu numa otimização do modelo de produção de ostra-do-pacífico, com base na potencialidade do uso de tanques de terra multitróficos, de produção semi-intensiva, da FigueiraFish, e do equipamento flutuante utilizado. Na generalidade, todos os setores demonstraram um aumento do peso médio das ostras, ao longo do período de amostragem. Ao fim de 7-8 meses de cultivo, – isto é, a partir da colocação das ostras para cultivo, em dezembro – para os setores control, 15/15 e 1x, as ostras garantiram um aumento de crescimento do peso médio de cerca 6 vezes o valor inicial, alcançando o valor comercial de peso aceitável nesse espaço de tempo – 66-85g, calibre N°3 (Félix et.al., 2018). Para o mesmo período, as ostras do setor 2x cresceram cerca de 4 vezes face ao peso médio inicial. No entanto, mesmo que o peso médio das ostras do setor 15/15 foi superior face aos restantes, não se demonstraram diferenças significativas do peso médio entre os diferentes tratamentos de viragem das ostras ($p=0.945$, $\alpha=0,05$). Desta forma, não há evidência estatística de que o peso médio das ostras seja diferente entre os setores, o que sugere que a frequência de viragem não influenciou de forma clara o crescimento das ostras ao nível do peso.

Resultados obtidos por Chiefa et.al. (2025) demonstraram que as ostras-do-pacífico colocadas na baía estuarina de Valli di Comacchio, Itália, desde janeiro até julho de 2023, cresceram até ao valor comercial em apenas 5 meses, com $61.4 \pm 13.6g$ e $54.9 \pm 11.5g$ de peso médio, para ostras submetidas a períodos de imersão de 24h e 18h por dia, respetivamente. Em Bordignon et.al. (2020), demonstrou-se que ostras juvenis, de 6g de peso médio inicial, coladas em cordas na baía italiana de Sacca degli Scardovari, demoraram cerca de 8 meses a atingir o tamanho comercial ideal (calibre N°4, 46-65g) (Félix et.al., 2018). No presente estudo, ao fim de 6 meses, as ostras dos setores control e 1x alcançavam o mesmo calibre (Tabela 1), o que representa um crescimento mais rápido comparativamente com os resultados obtidos por Bordignon et.al. (2020). Em apenas 7-8 meses, os indivíduos juvenis de ostras do grupo controlo e setor de viragem 15/15 cresceram até ao calibre N°2 (86-110g); enquanto as ostras sujeitadas a 5h (setor 1x) e 10h de exposição semanal (setor 2x), cresceram até ao calibre N°3 (66-85g) (Félix et.al., 2018). Este estudo foi desencadeado num tanque de terra de aquacultura, no qual a introdução de ostras, animais filtradores, permitiu adotar uma estratégia de produção multitrófica integrada (IMTA). Tanques de terra praticados sobre regimes semi-intensivos promovem o desenvolvimento natural de organismos autotróficos, sendo estes fomentados pela quantidade de nutrientes e de nitrogénio dissolvido na água pelos excrementos dos peixes (Cunha et.al., 2019). Desta forma, nestes espaços poderão ser geradas condições ótimas para potenciar o crescimento IMTA de peixes, ostras e microalgas (Cunha et.al., 2019). Esta evidência poderá explicar o rápido crescimento das ostras neste estudo em apenas 7-8 meses, até ao calibre comercial. Perante estes resultados, é possível admitir que a FigueiraFish é um local promissor para a produção de ostras. Estudos adicionais deverão ser efetuados ao nível da composição bioquímica da água dos tanques da FigueiraFish, de forma a clarificar como a qualidade da água e a concentração de alimento poderá influenciar o crescimento dos bivalves.

As ostras que foram submetidas ao ritmo de viragem de 2x por semana (setor 2x) demonstraram um aumento de peso mais pequeno, quando comparado com os restantes setores. la Peyre et.al., (2017) demonstraram que ostras expostas a longos períodos de exposição ao ar, diariamente, detinham menor altura, indicando um menor crescimento dos espécimes durante o período de amostragem. Igualmente, em Chuko et.al., (2025), verificou-se que ostras submetidas a longos períodos de exposição tiveram crescimentos mais lentos. Os autores notaram igualmente que este regime de exposição provocou o desenvolvimento de ostras com valvas direitas mais amplas e alturas reduzidas, indicativas de uma supressão do desenvolvimento das conchas, devido a períodos curtos de alimentação. Neste estudo, apesar de não se terem verificado diferenças significativas entre os setores de viragem ($p = 0,095$),

através das equações de regressão linear, é possível observar uma tendência para valores inferiores para os setores 1x e 2x (Figura 3c e Figura 3d). Desta forma, os declives registados das retas de regressão dos dois setores de viragem (0,46 e 0,79, respetivamente) indicam que as ostras poderão tender a ficar achatadas, pouco altas e longas. O setor que demonstrou uma tendência de crescimento efetivo do índice foi o grupo controlo (control, Figura 3a), o que indica que as ostras tenderão a crescer em altura. Para as ostras do setor 15/15 (Figura 3b), a regressão linear sugere uma tendência global de estabilização (declive = 0.01), o que dificulta a interpretação de tendência positiva ou negativa. De forma a entender melhor como este índice poderá variar ao longo do tempo, salienta-se a necessidade de aumentar o número de amostragens e de registos biométricos.

Chuko et.al., (2025) verificaram que ostras submetidas a longos períodos de imersão e sem manuseio cresceram com lâminas marginais muito desenvolvidas, tendo os autores admitido a possibilidade de este crescimento derivar do rápido desenvolvimento de ostras juvenis, predominantemente imersas. Neste estudo, apesar de não se terem medido diretamente a porção marginal da ostra, vários relatos dos operadores da FigueiraFish, foram referidos acerca do aspeto geral das ostras de cada setor, referindo que as ostras dos setores 2x e 1x apresentavam-se com um aspeto mais uniformes e polidas, enquanto as ostras dos setores 15/15 e controlo eram mais ásperas ao toque, disformes e com porções marginais prolongadas, comumente apelidadas pelos produtores por “unhas” (Figura 5). No entanto, os operadores de campo não conseguiram diferenciar o aspeto das ostras dos setores 2x e 1x. Embora as ostras dos setores 1x e 2x tenham apresentado menor peso médio (Tabela 1), os produtores admitiram satisfação no aspeto geral das ostras deste setor, ao invés das ostras dos restantes setores, cujo valores de peso médio foram superiores. O rápido desenvolvimento das “unhas” produz um aspeto pouco apelativo da ostra (Figura 5a), o que por sua vez pode implicar uma ostra com menor valor comercial (Mizuta & Wikfors, 2019). Todavia, o surgimento de soluções tecnologicamente evoluídas para a aquacultura, tais como as soluções apresentadas por empresas como SEAPA, FlipFarm e ESS, não só permite tornar o trabalho dos operadores dos tanques ostricultura *in situ* e mais ergonómicos, visto que evitam a realização de esforços exacerbados do utilizador ao manejar a produção, como também podem contribuir para o polimento da ostra. No caso do equipamento da ESS, o movimento de rotação (180º) executado para promover a viragem dos equipamentos flutuantes, provoca pequenas colisões entre ostras e das ostras com o equipamento, podendo o movimento destas rotações partir as “unhas” de cada ostra colocada no equipamento (Figura 5b). Medições adicionais ao nível da porção marginal das ostras poderão servir para entender melhor o efeito da viragem sobre o polimento das ostras e quebra das “unhas”. A otimização deste trabalho de campo

pode potencializar igualmente o cultivo de ostras de melhor aspeto, e com valor acrescentado para o consumidor final (Mizuta & Wikfors, 2019).

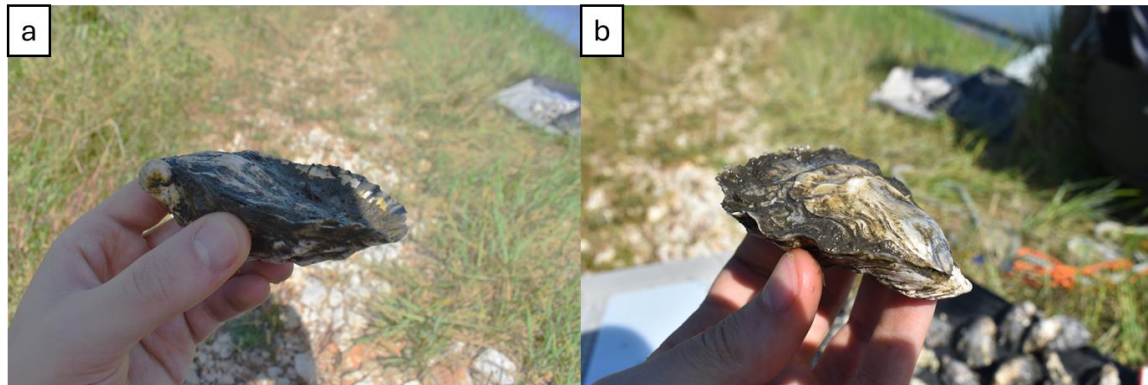


Figura 5: Aspeto morfológico de dois espécimes de ostras-do-pacífico, recolhidos para análise de parâmetro biométricos, percententes aos setores grupo controlo (em a)) e 2x (em b)). Em a), a ostra apresenta um elevado desenvolvimento marginal, e em b), apresenta-se uma ostra sem lâminas marginais (“unhas”), mas com menor altura.

A mortalidade revelou ser o parâmetro que mais diferiu entre os setores ($p=0,0015$, $\alpha=0.05$, Tabela 3). As percentagens de mortalidade de ostras verificadas para os setores 1x ($26,80 \pm 13,53\%$) e 2x ($23,90 \pm 14,04\%$) revelam alguma dificuldade dos juvenis triploides de *Magallana gigas* a sustentar os períodos de exposição ao ar (5h e 10h semanais, respetivamente). Resultados obtidos por Bordignon et.al. (2020), demonstraram igualmente percentagens de mortalidade bastante elevadas para ostras expostas a elevados períodos de dessecação (acima de 7h por dia). Em contrapartida, a mortalidade de ostras verificada em Chiefa et.al. (2025), contabilizando os dois regimes efetuados pelos investigadores, foi de apenas 10-12%, indicando que as ostras estariam adaptadas às condições do meio. Segundo este último artigo, os autores adquiriram as ostras a uma empresa da mesma região, distando cerca de 40km do local onde seriam efetuadas as amostragens, o que poderá explicar a adaptabilidade das ostras ao ambiente e, por consequência, menor mortalidade. Para este estudo, as ostras vieram da maternidade em Olhão, Faro, tendo sido transportadas, inicialmente, cerca de 520km para norte, via camião frigorífico, e, um dia a seguir, transportadas 85km para sul, para o local onde seriam realizados os ensaios. A elevada distância do transporte, bem como a elevada distância entre os dois meios de cultivo, poderá explicar a dificuldade de adaptação fisiológica de algumas ostras ao respetivo ambiente e ao tratamento experimental efetuado. Adicionalmente, foi contabilizado apenas cerca de um mês de adaptação das ostras ao meio. Em Bordignon et.al. (2020), os autores promoveram igualmente um período de aclimação de apenas 1 mês, semelhante ao presente estudo, para a adaptação das ostras às condições do meio, e as percentagens de mortalidade obtidas foram elevadas. No entanto, em Chuko et.al. (2025), as ostras foram inicialmente sujeitas a

um período de aclimação e adaptação ao novo meio de 5 meses, e os índices de sobrevivências das ostras, nos vários setores de emersão e manejo do estudo, não foram inferiores a 85%. As ostras-do-pacífico são espécies de moluscos bivalves que apresentam uma boa capacidade de adaptação a ecossistemas entremarés (la Peyre et.al., 2018) e a variações climáticas (Miossec et.al., 2009). No entanto, a adaptação das ostras a novos meios de cultivo poderá variar consoante vários fatores, desde a adaptação à temperatura e salinidade do novo meio (Bordignon et.al., 2020), como também à complexidade do desenho experimental (Chuko et.al., 2025). A perda de ostras devido a períodos muito quentes é um fenómeno bem reconhecido, na indústria ostrícola (Bodenstein et.al., 2021). Estudos têm demonstrado que há uma associação entre a mortalidade e agentes patogénicos, capacidade fisiológica do hospedeiro e fenómenos ambientais adversos (EFSA, 2010, Evans et.al., 2019, Green et.al., 2019). O stress fisiológico provocado por eventos de temperaturas elevadas pode afetar negativamente o metabolismo das ostras, diminuindo a energia disponível para o exercício de funções vitais, desta forma provocando mortalidades elevadas nas produções aquícolas (Green et.al., 2019). Todavia, apresentam-se casos de literatura científica que propõe uma metodologia com período de aclimação (Comeau, 2013, Bordignon et.al., 2020, Song et.al., 2021, Gerge et.al., 2023, Chuko et.al., 2025), como literatura que adota o procedimento experimental logo após colocação no meio (la Peyre et.al., 2017, Brundu et.al., 2020, Chiefa et.al., 2025). Para estes últimos casos, a razão pela adoção da realização do procedimento experimental seguida da colocação dos organismos no meio, poderá estar ligada à proximidade do local de origem das ostras ao novo meio, visto que estas já se encontram adaptadas ao local (Chiefa et.al., 2025). Para casos onde os autores praticaram um período de aclimação, a duração deste período igualmente poderá variar entre apenas algumas semanas (Comeau, 2013, Song et.al., 2021, George et.al., 2023), um mês (presente estudo, Bordignon et.al., 2020) ou até 5 meses (Chuko et.al., 2025). A razão pela adoção dos períodos de aclimação das ostras em literatura científica, bem como a duração necessária, necessita de esclarecimentos adicionais. No presente estudo, a adoção de apenas 1 mês como período de aclimação das ostras poderá não ter sido suficiente para as ostras se adaptarem adequadamente aos ritmos de viragem, visto que a mortalidade nestes setores foi significativamente mais elevada do que nos restantes setores (Figura 4). Estudos futuros deverão ser desenvolvidos de forma a clarificar o efeito da aclimação inicial na sobrevivência de ostras triploides aos ensaios experimentais.

A exposição das estruturas flutuantes ao ar e luz solar têm-se tornado práticas cada vez mais comuns no cultivo de bivalves, pois para além de poder trabalhar a concha dos bivalves (la Peyre et.al., 2017) e o músculo adutor (Song et.al., 2021), permite igualmente reduzir a colmatação da malha dos cestos e sacos por espécies

bioincrustantes (Figura 6) (Chuko et.al., 2025). Desta forma, é igualmente possível prolongar o prazo de utilidade dos materiais flutuantes (Mizuta & Wikfors, 2019). No contexto deste estudo, relatos de operadores de campo mencionaram uma menor colmatação das gaiolas colocadas nos setores de viragem semanal (Figura 6c, Figura 6d) e uma maior colmatação das gaiolas dos setores com maior tempo de imersão (Figura 6a, Figura 6b). Nestes últimos, os produtores verificaram uma proliferação bastante expressiva de espécies solitárias de ascídias (classe Ascideacea), que se ancoravam tanto na malha da gaiola, como na própria concha dos bivalves (Figura 7). Ao nível do equipamento, é possível que a incrustação (ou “*biofouling*”) acelere o desgaste e diminua a durabilidade do material (Fitridge et.al., 2012). Ao nível do produto aquícola, a existência de organismos incrustantes diretamente nas conchas das ostras poderá não só provocar uma competição indesejada por recursos, (Chuko et.al., 2025), como também provocar lesões ou danos estruturais nas ostras, forçando a alocação mais recursos energéticos para o restauro da concha, em detrimento do crescimento do organismo em si (Carroll et.al., 2015). Apesar de criar situações de stress nos bivalves (Song et.al., 2021), a exposição do material a períodos de emersão detém uma importância relevante na remoção de organismos incrustantes e na preservação do material de ostreicultura. Desta forma, a presença de *biofouling* verificada neste estudo para os setores de maior imersão, bem como a informação descrita em literatura científica, deve ser considerada pelos produtores aquando da decisão do ritmo de viragem que pretender executar na sua produção.

Em Chuko et.al. (2025) refere-se que, de forma a otimizar a produção de ostras, os ostreicultores poderão considerar colocar as ostras inicialmente em períodos de maior imersão, e assim que as ostras crescerem até ao tamanho ideal para comercialização, em termos do peso e formato arredondado, promover períodos de maior emersão, de forma a polir e fortalecer a concha do bivalve. Com base nos resultados obtidos neste estudo e nos relatos obtidos pelos operadores de campo e produtos da FigueiraFish, metodologias similares poderão ser empregues, visto que em apenas 7 meses as ostras do grupo controlo e setor 15/15 já tinham alcançado pesos médios comercialmente apreciáveis (Félix et.al., 2018). Quanto às ostras dos setores de viragens semanais (setores 1x e 2x), depois de se ter atingido os parâmetros de concha necessários, uma imersão mais prolongada das ostras poderia promover um incremento no peso das ostras, até se obter o valor ideal para comercialização (Chuko et.al., 2025).

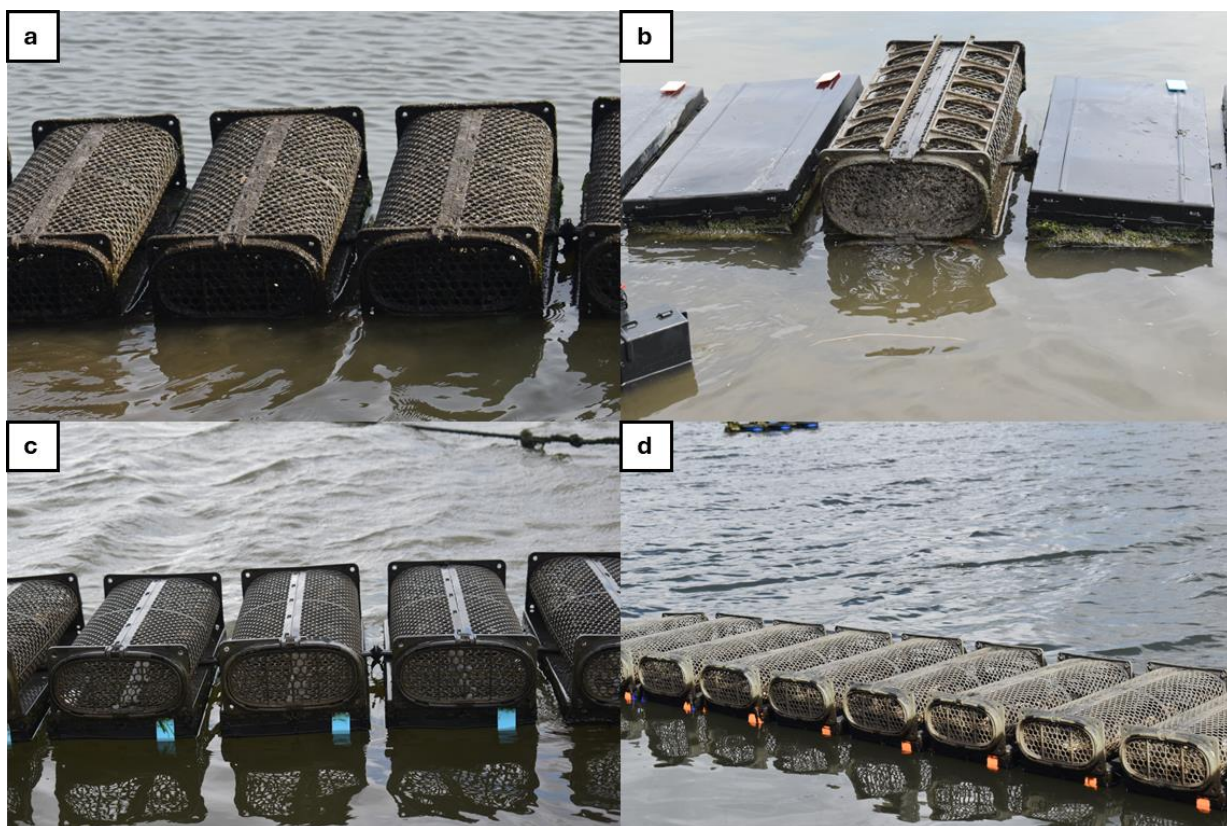


Figura 6: Nível de incrustação verificadas nas gaiolas de cada setor: a) grupo controle (control), exibindo malhas colmatadas com matéria orgânica e organismos incrustantes; b) setor 15/15, com malhas colmatadas e proliferação de ascídeas; c) setor 1x, exibindo malhas das gaiolas com pouca colmatção; d) setor 2x, com a malha das gaiolas sem colmatção.



Figura 7: Evidências de bioincrustação de ascídeas (classe Ascideacea) diretamente nas conchas de ostras (grupo controle).

5. Conclusão

Neste estudo, foi possível concluir que ostras totalmente imersas e expostas a curtos períodos de emersão (grupo controlo, setor de viragem 15/15), promoveram o desenvolvimento de ostras com maior peso médio ($86,45 \pm 10,91$ e $89,75 \pm 15,10$), enquanto ostras expostas 5h (setor de viragem 1x) e 10h semanais (setor de viragem 2x) demonstraram menor crescimento de peso médio ($81,15 \pm 11,00$ g e $73,35 \pm 11,01$ g). Em apenas 7-8 meses, as ostras de todos os setores detinham um peso médio adequado perante o valor comercial (Félix et.al., 2018). Como as ostras colocadas no grupo controlo e no setor 15/15 estavam mais tempo submersas, houve mais tempo para as ostras se alimentarem e crescerem. Os resultados obtidos neste estudo permitem admitir a FigueiraFish como local promissor para a produção de ostras e a prática de ostreicultura. Relatos empíricos dos ostreicultores revelaram que as ostras dos setores 2x e 1x manifestaram conchas mais polidas e apelativas, mas a mortalidade nestes setores foi mais elevada, enquanto as ostras dos setores 15/15 e controlo manifestaram menor mortalidade e apresentaram formatos arredondados e de maior altura, mas possuíam “unhas” bastante desenvolvidas e formatos disformes, sendo por isso admitidas como pouco apelativas. Neste estudo, a mortalidade verificada nos setores de viragens semanais manifestou-se como o parâmetro mais preocupante. De forma a poder otimizar a produção com base nos ritmos de viragem ensaiados e possibilitar a rentabilização e o sucesso do negócio, a mortalidade das ostras em tanques de terra deve ser retificada e minimizada (Bodenstein et.al., 2021).

A adoção de uma prática de ostreicultura que produza a melhor forma dos bivalves deverá ter em conta igualmente a acumulação de organismos incrustantes, indesejáveis para a otimização do crescimento das ostras e para a durabilidade do material (Fitridge et.al., 2012). A exposição ao ar é uma metodologia propícia para a redução dos *biofouling* nas estruturas, permitindo aumentar a durabilidade do material e remover competidores indesejáveis para as ostras (Chuko et.al., 2025). No entanto, períodos prolongados de emersão poderão provocar um stress marcado nos bivalves, obrigando fisiologicamente as ostras a alocar mais energia para o fortalecimento da concha do que propriamente o seu crescimento (Song et.al., 2021), ou causar mortalidades elevadas (Bordignon et.al., 2020). A hipótese de produção debatida em Chuko et.al. (2025) poderá ser igualmente considerada em futuros ensaios em ambientes semi-intensivos multitróficos: de forma a otimizar o modelo de produção de ostras com base na metodologia expressa neste artigo, a colocação das ostras em períodos de maior imersão poderá favorecer o crescimento rápido. Assim que as ostras atingirem o valor comercial de peso médio, metodologias de viragens mais frequentes poderão ser adotadas, de forma a trabalhar a concha e tornar a concha do bivalve mais atrativa para o mercado. Ostras que estiverem com boa forma de concha, por terem sido sujeitas a períodos de viragem sucessivas, poderão beneficiar de períodos de imersão mais prolongados, de forma a atingir o valor comercial pretendido. No entanto, futuras investigações deverão ser realizadas, de forma a contabilizar as características físico-químicas de cada local, pois a adoção de

metodologias de viragens e períodos de emersão/imersão dependerá das variações destes parâmetros e interações com a produção.

É amplamente defendido que a criação de ostras juntamente com peixes em tanques de terra semi-intensivos permite melhorar a qualidade da água, pois os bivalves ajudam a reduzir a turbidez, controlar as populações de fitoplâncton e regular níveis de oxigénio dissolvido (OD). Tanques de terra com melhor qualidade de água resultam igualmente em pescado de melhor qualidade e mais lucrativo (Tong et.al., 2025, Petrolia et.al., 2021, Cunha et.al., 2019, Ostroumov, 2005). Neste estudo, foi reportada uma melhoria na qualidade da água do tanque de terra onde as ostras foram inseridas, tendo os produtores da FigueiraFish observado uma diminuição da turbidez. Desta forma, o ensaio metodológico desenvolvido na FigueiraFish permite indicar que a combinação de ostras-peixe-microalgas não só será vantajosa para as espécies do tanque, como também poderá trazer maior lucro para a empresa aquícola. A adoção de uma prática otimizada de emersão/imersão das ostras irá favorecer o desenvolvimento de ostras com melhor aspeto e maior valor comercial.

Referências

Barrington, K., Chopin, T., e Robinson, S. (2009). Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters. Integrated mariculture: a global review. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 529, 7-46.

Bodenstein, S., Walton, W. C., & Steury, T. D. (2021). Effect of farming practices on growth and mortality rates in triploid and diploid eastern oysters *Crassostrea virginica*. *Aquaculture Environment Interactions*, 13, 33–40. <https://doi.org/10.3354/aei00387>

Bordignon, F., Zomeño, C., Xiccato, G., Birolo, M., Pascual, A., & Trocino, A. (2020). Effect of emersion time on growth, mortality and quality of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*, Thunberg 1793) reared in a suspended system in a lagoon in Northern Italy. *Aquaculture*, 528. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735481>

Brianik, J.C., & Allam, B. (2023). The need for more information on the resistance to biological and environmental stressors in triploid oysters. *Aquaculture*, 577, 739913. <https://doi.org/10.1016/j.AQUACULTURE.2023.739913>

Brito, A. C., Pereira, H., Picado, A., Cruz, J., Cereja, R., Biguino, B., Chainho, P., Nascimento, Â., Carvalho, F., Cabral, S., Santos, C., Palma, C., Borges, C., & Dias, J. M. (2023). Increased oyster aquaculture in the Sado Estuary (Portugal): How to ensure ecosystem sustainability? *Science of the Total Environment*, 855. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158898>

Brundu, G., Loi, B., Chindris, A., Graham, P., Bernabè, D., & Giménez Papiol, G. (2020). Rearing equipment on the quality aspects and growth performance of *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793): Implications for marketability. *Aquaculture Research*, 51(7), 2936–2947. <https://doi.org/10.1111/are.14632>

Buestel, D., Ropert, M., Prou, J., & Goulletquer, P. (2009). History, status, and future of oyster culture in France. *Journal of Shellfish Research*, 28(4), 813–820. <https://doi.org/10.2983/035.028.0410>

Caffrey, E., Patterson, J., Francis-Floyd, R., & Yanong, R. P. E. (2024). Current Aquaculture of the Eastern Oyster *Crassostrea virginica* and Its Potential for Innovative Technology in Florida. *EDIS*, 2024(4). <https://doi.org/10.32473/edis-fa265-2024>

Campbell, B. & Gray, M.W. (2024). Evaluating the influence of cage motion on the growth and shell characteristics of oysters (*Crassostrea virginica*) among several gear types. *Aquaculture*, 579. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740223>.

Carroll, J. M., O'Shaughnessy, K. A., Diedrich, G. A., & Finelli, C. M. (2015). Are oysters being bored to death? Influence of *Cliona celata* on *Crassostrea virginica* condition, growth and survival. *Diseases of Aquatic Organisms*, 117(1), 31–44. <https://doi.org/10.3354/dao02928>

Chiefa, F., Tedeschi, P., Cescon, M., Costa, V., Aguiari, L., & Pasti, L. (2025). Comparative analysis of two different immersion times in the farming systems for *Ostrea edulis* and *Magallana (Crassostrea) gigas* in a brackish basin of Valli di Comacchio (northern Italy). *Aquaculture*, 598. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.742009>

Chopin, T., Buschmann, A. H., Halling, C., Troell, M., Kautsky, N., Neori, A., Kraemer, G. P., Zertuche-González, J. A., Yarish, C., & Neefus, C. (2001). Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: A key toward sustainability. In *Journal of Phycology* (Vol. 37, Issue 6, pp. 975–986). <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.2001.01137.x>

Chuku, E. O., Rust, S. A., Smith, G. G., Mazumder, D., & Trotter, A. J. (2024). Discovering a model Pacific oyster for sustainable aquaculture production and sales optimisation in southern Australia. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1440214>

Chuku, E. O., Smith, G. G., Mazumder, D., Rust, S. A., & Trotter, A. J. (2025). Effect of intertidal air exposure and handling husbandries on shell development, meat condition and survival of farmed Pacific oysters (*Magallana gigas*, Thunberg 1793). *Aquaculture*, 605. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2025.742530>

Comeau, L. A. (2013). Suspended versus bottom oyster culture in eastern Canada: Comparing stocking densities and clearance rates. *Aquaculture*, 410–411, 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.06.017>

Cunha, M. E., Quental-Ferreira, H., Parejo, A., Gamito, S., Ribeiro, L., Moreira, M., Monteiro, I., Soares, F., & Pousão-Ferreira, P. (2019). Understanding the individual role of fish, oyster, phytoplankton and macroalgae in the ecology of integrated production in earthen ponds. *Aquaculture*, 512. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734297>

Decreto-Lei n.º 92/2019 (2019). *Diário da República*, 1ª Série, N.º 130, 3428 – 3442. <https://files.diariodarepublica.pt/1s/2019/07/13000/0342803442.pdf>

DGRM/INE. (2024). Estatísticas da Pesca 2024. Lisbon: Instituto Nacional de Estatística. 113 pp.

Diana, J. S., Egna, H. S., Chopin, T., Peterson, M. S., Cao, L., Pomeroy, R., Verdegem, M., Slack, W. T., Bondad-Reantaso, M. G., & Cabello, F. (2013). Responsible aquaculture in 2050: Valuing local conditions and human innovations will be key to success. *BioScience*, 63(4), 255–262. <https://doi.org/10.1525/bio.2013.63.4.5>

EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) (2010). Scientific Opinion on the increased mortality events in Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). *EFSA Journal*, 8(11), 60 pp. <https://doi.org/10.2903%2Fj.efsa.2010.1894>

Evans, O., Kan, J. Z. F., Pathirana, E., Whittington, R. J., Dhand, N., & Hick, P. (2019). Effect of emersion on the mortality of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) infected with Ostreid herpesvirus-1 (OsHV-1). *Aquaculture*, 505, 157–166. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.02.041>

FAO. (2025a). FishStat: Global aquaculture production 1950–2023. In: FishStat] [Accessed on 29 of August 2025]. Available at: www.fao.org/fishery/en/statistics/software/fishstatj

FAO. (2025b). *Magallana gigas*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Helm, M.M. In: *Fisheries and Aquaculture*. Updated 2006-06-08 [acedido a 12 de setembro, 2025]. https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/crassostrea_gigas

Félix, F., Gonçalves, J., Hinzmann, M. & Vaz-Pires, P. (2018). Manual de boas práticas na ostreicultura em Portugal. <https://www.researchgate.net/publication/323749135>

Fitridge, I., Dempster, T., Guenther, J., & de Nys, R. (2012). The impact and control of biofouling in marine aquaculture: A review. *Biofouling*, 28(7), 649–669. <https://doi.org/10.1080/08927014.2012.700478>

George, M. N., Cattau, O., Middleton, M. A., Lawson, D., Vadopalas, B., Gavery, M., & Roberts, S. B. (2023). Triploid Pacific oysters exhibit stress response dysregulation and elevated mortality following heatwaves. *Global Change Biology*, 29(24), 6969–6987. <https://doi.org/10.1111/gcb.16880>

Granada, L., Sousa, N., Lopes, S., & Lemos, M. F. L. (2016). Is integrated multitrophic aquaculture the solution to the sectors' major challenges? – a review. In *Reviews in Aquaculture* (Vol. 8, Issue 3, pp. 283–300). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1111/raq.12093>

Green, T. J., Siboni, N., King, W. L., Labbate, M., Seymour, J. R., & Raftos, D. (2019). Simulated marine heat wave alters abundance and structure of *Vibrio* populations associated with the Pacific Oyster resulting in a mass mortality event. *Microbial ecology*, 77(3), 736-747. <https://doi.org/10.1007/s00248-018-1242-9>

Handley, S. (2002), Optimizing intertidal Pacific oyster (Thunberg) culture, Houhora Harbour, northern New Zealand. *Aquaculture Research*, 33: 1019-1030. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2002.00762.x>

Hensey, S.M., (2020). Improving the (off)-Bottom Line: Assessing the Costs and Benefits of Different Culture Techniques on an Alabama Commercial Oyster Farm. *Auburn University*.

Imai T. & Sakai, S. (1961). Study of breeding of Japanese oyster *Crassostrea gigas*. *Tohoku Journal of Agriculture Research* 12:125–171.

Kube, P., Cunningham, M., Dominik, S., Parkinson, S., Finn, B., Henshall, J. et. al., (2011). Enhancement of the Pacific oyster selective breeding program. CSIRO Marine and Atmosphere Research. Fisheries Research and Development Corporation and Seafood. *CRC Final Report*, Project No 2006/2007.

la Peyre, J. F., Casas, S. M., & Supan, J. E. (2018). Effects of controlled air exposure on the survival, growth, condition, pathogen loads and refrigerated shelf life of eastern oysters. *Aquaculture Research*, 49(1), 19–29. <https://doi.org/10.1111/are.13427>

Miossec, L., Le Deuff, R-M., & Goulletquer, P. (2009). Alien species alert: *Crassostrea gigas* (Pacific oyster). ICES Cooperative Research Report No. 299. 42 pp. <https://www.researchgate.net/publication/40229531>

Mizuta, D. D., & Wikfors, G. H. (2019). Seeking the perfect oyster shell: a brief review of current knowledge. In *Reviews in Aquaculture* (Vol. 11, Issue 3, pp. 586–602). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1111/raq.12247>

Oliveira, J., Castilho, F., Cunha, Â., & Pereira, M. J. (2013). Bivalve harvesting and production in Portugal: An overview. *Journal of Shellfish Research*, 32(3), 911–924. <https://doi.org/10.2983/035.032.0334>

Ostroumov, S. (2005). Suspension-feeders as factors influencing water quality in aquatic ecosystems. In Richard F. Dame & Sergej Olenin (Eds.), *The comparative roles of suspension-feeders in ecosystems* (pp. 147–164). Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-3030-4_9

Petrolia, D., Walton, W. & Cebrian, J. (2021). Oyster Economics: Simulated Costs, Market Returns, and Nonmarket Ecosystem Benefits of Harvested and Non-Harvested Reefs, Off-Bottom Aquaculture, and Living Shorelines. Mississippi State University - Department of Agricultural Economics. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3792245>

Robinson, S. M. C., Martin, J. D., Cooper, J. A., Lander, T. R., Reid, G. K., Powell, F., e Griffin, R. (2011). The role of three dimensional habitats in the establishment of integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) systems. *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada*, 109(2), 23-29.

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). MDPI. <https://doi.org/10.3390/jmse10030417>

Song, H., Wei, L., Zhong, M., Chen, X., Xie, C., Chen, X., Wang, X., Huang, B., Liu, Y., Zhang, M., Qi, Y., & Wang, X. (2021). Ambient ultraviolet B radiation induced valve behavioral acclimation of Pacific oyster which resulted from the different response strategies of smooth and striated adductor muscles. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 228. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113035>

Tong, F., Feng, X., Yuan, H., Chen, Y., & Chen, P. (2025). Oyster Aquaculture Impacts on Environment and Microbial Taxa in Dapeng Cove. *Microorganisms*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/microorganisms13112480>

Walton, W.C., Davis, J.E., Supan, J. (2013). Off-Bottom Culture of Oysters in the Gulf of Mexico. Southern Regional Aquaculture Center.

Agradecimentos

Os autores expressam agradecimento à empresa FigueiraFish – Produção e Comércio de Peixe, Lda., pela parceria estabelecida, cedência das instalações e condições criadas para execução do trabalho de campo, bem como pelo apoio técnico prestado. Um especial reconhecimento é devido aos operadores aquícolas da FigueiraFish, cuja colaboração no maneo e acompanhamento experimental foi determinante para o desenvolvimento da investigação e realização deste estudo. Este artigo foi desenvolvido no âmbito do projeto Biomarine, financiado pelo programa regional Norte2030 (NORTE2030-FEDER-00516900), da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDR Norte).