

FORWARD



Desenvolvimento Sustentável de Aquacultura
em Sistemas Costeiros – Gestão Integrada da
Ria Formosa, Portugal

J.G. FERREIRA, C. SAUREL, J.P. NUNES, L. RAMOS, J.D. LENCART E SILVA, F. VAZQUEZ,
Ø. BERGH, W. DEWEY, A. PACHECO, M. PINCHOT, C. VENTURA SOARES,
N. TAYLOR, W. TAYLOR, D. VERNER-JEFFREYS, J. BAAS, J.K. PETERSEN,
J. WRIGHT, V. CALIXTO, M. ROCHA

2012



<http://polislitoralriaformosa.pt>



<http://coexistproject.eu>

FRAMEWORK FOR RIA FORMOSA WATER
QUALITY, AQUACULTURE, AND RESOURCE
DEVELOPMENT

ISBN: 978-972-99923-3-9

AUTORES: J.G. Ferreira, C. Saurel, J.P. Nunes,
L. Ramos, J.D. Lencart e Silva, F. Vazquez,
Ø. Bergh, W. Dewey, A. Pacheco, M. Pinchot,
C. Ventura Soares, N. Taylor, W. Taylor,
D. Verner-Jeffreys, J. Baas, J.K. Petersen,
J. Wright, V. Calixto, M. Rocha

FOTOGRAFIA PRINCIPAL:
Helen Mildmay-White, www.mildmayimages.com

DESIGN & LAYOUT:
Martin Rästa, www.baas.ee

No decurso da última década tornou-se claro que a sustentabilidade da aquacultura é uma questão multifacetada, com áreas que vão bem para além da produção, e que abrangem os domínios da ecologia, governança, e receptividade social.

Durante este mesmo período registaram-se melhoramentos significativos nos diferentes tipos de modelos matemáticos usados para avaliação de alguns componentes da capacidade de sustentação. A actual geração de modelos não só é melhor e mais fácil de utilizar, como também a natureza ubíqua da computação móvel promete uma divulgação e acesso impensáveis há bem poucos anos.

Em paralelo, tanto a Europa como a América do Norte compreenderam que os produtos aquáticos que consomem são predominantemente importados da China, Sudeste Asiático, e dos países latino-americanos. Uma parte importante destes produtos têm origem na aquacultura. Dado que as pescas estão estagnadas ou em contracção a nível mundial, a aquacultura promete fornecer os bens alimentares de origem aquática necessários para um planeta em crescimento, cuja população deverá atingir nove biliões no ano 2050.

À semelhança de muitas outras actividades, a aquacultura tem frequentemente sido desenvolvida de forma insustentável, de tal forma que nos países ocidentais existe frequentemente uma forte oposição à sua

expansão. Na prática, essas nações importam o pescado e exportam tanto as externalidades negativas como o emprego — ambas as exportações são insustentáveis.

Acresce que uma actividade equilibrada de aquacultura pode contribuir em muito para a gestão integrada de zonas costeiras; a remoção de partículas por parte de bivalves tais como a ostra, o mexilhão, e a amêijoia, têm um efeito benéfico directo nos sintomas de eutrofização, limitando o crescimento de algas, e a ocorrência de fenómenos de anóxia. Após décadas de controlo de emissão de nutrientes, com custos significativos, verifica-se hoje que em alguns casos essas medidas estão ainda longe de conduzir à recuperação dos ecossistemas costeiros.

Este livro leva a cabo uma análise destes desafios para a Ria Formosa, um ecossistema no sul de Portugal, que conjuga a tradição com a inovação. A aquacultura de moluscos bivalves é praticada há vários séculos, mas existe uma necessidade premente de um novo paradigma de gestão, que permita harmonizar os seus múltiplos usos. Incluem-se nesta lista o turismo, as áreas protegidas, e os parques aquícolas em 'offshore', entre muitos outros.

O programa POLIS LITORAL Ria Formosa P6 (contrato nº 101/10/CN003) financiou o projecto FORWARD (Framework for Ria Formosa Water Quality, Aquaculture and Resource Development), e os resultados

desse projecto formam a base deste livro. O trabalho agora descrito tem uma forte componente quantitativa, mas reconhece as limitações das ferramentas de modelação num tema tão complexo como a capacidade de sustentação para a aquacultura.

Em comparação com os ecossistemas dos países em vias de desenvolvimento, onde os dados existentes são frequentemente limitados, a Ria Formosa pode ser considerada como bem estudada. Contudo, os dados por si só são de parca utilidade — os dados são caros, mas é a informação que fornece o valor acrescentado.

O nosso objectivo foi utilizar as ferramentas disponíveis, tanto qualitativas como quantitativas, para efectuar uma avaliação integrada do estado e do futuro da aquacultura num sistema extremamente complexo, frágil,

e belo. Esperamos que algumas das lições que aprendemos sejam úteis em outras partes do mundo, onde aquicultores e gestores ambientais se debatem diariamente com os desafios da sustentabilidade.

O caminho que nos conduz dos dados ao conhecimento passa sempre pela informação, e a publicação do livro FORWARD em português e inglês torna essa informação acessível a um público mais vasto, por exemplo nos países da América do Sul e América Central, e em partes significativas da África subsariana. As ferramentas para a determinação da sustentabilidade da aquacultura não são um exclusivo dos países desenvolvidos, mas sim um bem comum que terá de ser utilizado em benefício de todos, para que o enorme fosso na produção, que já existe, não seja também acompanhado por um défice crescente de informação.

EQUIPA FORWARD



A equipa FORWARD, com colegas do IPIMAR e representantes dos diversos actores da Ria Formosa.

J.G. FERREIRA

Centro de Mar e Ambiente (IMAR), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal

C. SAUREL

Centro de Mar e Ambiente (IMAR), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal

J.P. NUNES

CESAM, Universidade de Aveiro, Portugal

L. RAMOS

Administração de Região Hidrográfica do Tejo, Portugal

J.D. LENCART E SILVA

CESAM, Universidade de Aveiro, Portugal

F. VAZQUEZ

Centro de Mar e Ambiente (IMAR), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal

Ø. BERGH

Institute of Marine Research, Bergen, Noruega

W. DEWEY

Taylor Shellfish Ltd, Washington, E.U.A.

A. PACHECO

Universidade do Algarve, Portugal

M. PINCHOT

Taylor Shellfish Ltd, Washington, E.U.A.

C. VENTURA SOARES

Instituto Hidrográfico, Portugal

N. TAYLOR

CEFAS, Reino Unido

W. TAYLOR

Taylor Shellfish Ltd, Washington, E.U.A.

D. VERNER-JEFFREYS

CEFAS, Reino Unido

J. BAAS

Universidade de Bangor, Reino Unido

J.K. PETERSEN

Danish Shellfish Centre, Dinamarca

J. WRIGHT

Universidade de Bangor, Reino Unido

V. CALIXTO

POLIS Ria Formosa, Portugal

M. ROCHA

Cooperativa Formosa, Olhão, Portugal



3	 	PREFÁCIO
5	 	EQUIPA FORWARD
11	 	SUMÁRIO EXECUTIVO
12		AQUACULTURA NA EUROPA E NO MUNDO
12		A CAPACIDADE DE SUPORTE E A ABORDAGEM ECOSSISTÉMICA
13		MODELAÇÃO MATEMÁTICA E ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE
14		PRODUÇÃO E VALOR DA AQUACULTURA
17		PRÁTICAS DE CULTURA
19		SEMENTES, JUVENIS E DOENÇAS
20		MORTALIDADE DAS AMÊIJOAS
21		ESTUDOS DE CAMPO E MODELAÇÃO MATEMÁTICA NO FORWARD
21		PROCESSOS À ESCALA LOCAL
22		CARGAS DA BACIA HIDROGRÁFICA
23		TROCAS DE ÁGUA E CONECTIVIDADE HIDRODINÂMICA
23		MODELAÇÃO ECOLÓGICA
25		MODELOS À ESCALA DO SISTEMA
28		MODELOS À ESCALA LOCAL
29	 	O PROJECTO FORWARD
29		A AQUACULTURA NA EUROPA E NO MUNDO
30		A CAPACIDADE DE SUPORTE E A ABORDAGEM ECOSSISTÉMICA
30		O PROGRAMA POLIS
30		A RIA FORMOSA
31		RECURSOS HÍDRICOS E AQUACULTURA EM PORTUGAL
32		OBJECTIVOS E ÂMBITO DO ESTUDO
34		REFERÊNCIAS-CHAVE
35	 	AQUACULTURA NA RIA FORMOSA
35		CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÓMICA
36		LICENCIAMENTO DE AQUACULTURA
36		PRODUÇÃO
36		PRÁTICAS DE CULTURA DE BIVALVES
38		PROBLEMAS ASSOCIADOS À AQUACULTURA
38		PROBLEMAS ASSOCIADOS ÀS PRÁTICAS DE CULTURA
40		INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES NÃO-INDÍGENAS
40		MORTALIDADE DA AMÊIJOA BOA
41		REFERÊNCIAS-CHAVE

43	FERRAMENTAS
43	FERRAMENTAS DE APOIO
43	BASE DE DADOS
43	TRABALHO DE CAMPO E DE LABORATÓRIO
44	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA
44	FERRAMENTAS DE GESTÃO
44	MODELOS
50	SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA
50	REFERÊNCIAS-CHAVE
51	ANÁLISE DE SUSTENTABILIDADE
51	EQUILÍBRIO ECOLÓGICO
52	EXPERIÊNCIAS DE CAMPO
53	CRESCIMENTO INDIVIDUAL DE BIVALVES
53	PERÍODO DE REFERÊNCIA DA MODELAÇÃO
54	HIDROLOGIA
60	CIRCULAÇÃO
62	‘UPSCALING’
62	CAPACIDADE DE SUPORTE À ESCALA DO SISTEMA
64	CAPACIDADE DE SUPORTE À ESCALA LOCAL
64	AQUACULTURA EM MAR ABERTO
66	AQUACULTURA EM TERRA
66	EQUILÍBRIO SOCIAL E GOVERNANÇA
66	PARTICIPAÇÃO PÚBLICA
68	LIMITAÇÕES DE ACESSO AO MERCADO
68	DIMENSÃO E NÚMERO DE LOTES, GOVERNANÇA, E MECANIZAÇÃO
69	AUSÊNCIA DE CERTIFICAÇÃO
69	SEMENTE, JUVENIS E DOENÇAS
70	HARMONIZAÇÃO DE USOS MÚLTIPLOS
70	PLANEAMENTO ESPACIAL MARINHO
71	INTERACÇÃO ENTRE AQUACULTURA E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA
71	REFERÊNCIAS-CHAVE
73	PILARES DE DESENVOLVIMENTO FUTURO
73	OPTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO À ESCALA DO VIVEIRO
74	LIGAÇÕES ENTRE AQUACULTURA NA RIA FORMOSA E EM ‘OFFSHORE’
76	AQUACULTURA MULTITRÓFICA INTEGRADA EM VIVEIROS EM TERRA
77	INTEGRAÇÃO VERTICAL DA ACTIVIDADE DE AQUACULTURA
77	CENTROS DE DEPURAÇÃO
77	CERTIFICAÇÃO
77	CÓDIGOS DE CONDUTA
78	PRINCÍPIOS BASE PARA A CERTIFICAÇÃO
79	CONTROLO DE DOENÇAS
80	GOVERNANÇA

80	RESTRUTURAÇÃO DOS LOTEAMENTOS
80	MELHORAMENTO DAS PRÁTICAS DE GESTÃO
82	PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES DO FORWARD
84	REFERÊNCIAS-CHAVE
85	CASOS DE ESTUDO
86	CASO DE ESTUDO 1: HIDRODINÂMICA E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS
86	BARRAS DE MARÉ
87	PADRÕES DE CIRCULAÇÃO DA ÁGUA E DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS
88	EVOLUÇÃO MORFODINÂMICA EM RESULTADO DA INTERVENÇÃO HUMANA
90	CONCLUSÕES
92	REFERÊNCIAS-CHAVE
93	CASO DE ESTUDO 2: AQUACULTURA OFFSHORE EM ARMONIA
94	MONOCULTURA DE MEXILHÕES
95	AQUACULTURA MULTITRÓFICA INTEGRADA
96	BENS E SERVIÇOS DO ECOSISTEMA EM IMTA
98	REFERÊNCIAS-CHAVE
99	CASO DE ESTUDO 3: DOENÇAS: LIÇÕES DA ESCÓCIA, NORUEGA E CHILE
99	SUSCEPTIBILIDADE DOS HOSPEDEIROS
101	PROPAGAÇÃO DE PATOGÊNICOS
102	BIOSSEGURANÇA
103	POUSIO E O PRINCÍPIO 'TUDO DENTRO TUDO FORA'
104	REFERÊNCIAS-CHAVE
105	CASO DE ESTUDO 4: TAYLOR SHELLFISH: UM NEGÓCIO, UMA COMUNIDADE
105	PRODUÇÃO DE SEMENTES EM MATERNIDADES
108	A POSSE DA ORLA COSTEIRA, UM INSTRUMENTO ESSENCIAL
108	OS ESFORÇOS DE RELAÇÕES PÚBLICAS MOSTRAM O CAMINHO
109	COMO APRENDER COM OS ERROS
109	APROVEITAR AS OPORTUNIDADES DE CRESCIMENTO
111	GESTÃO DA EMPRESA
112	FUNÇÕES EXECUTIVAS PARA OS MELHORES TRABALHADORES
112	MARCOS A ASSINALAR NOS ESTABELECIMENTOS DE CULTURA
114	MARCOS A ASSINALAR NA POLÍTICA PÚBLICA
114	AGRADECIMENTOS



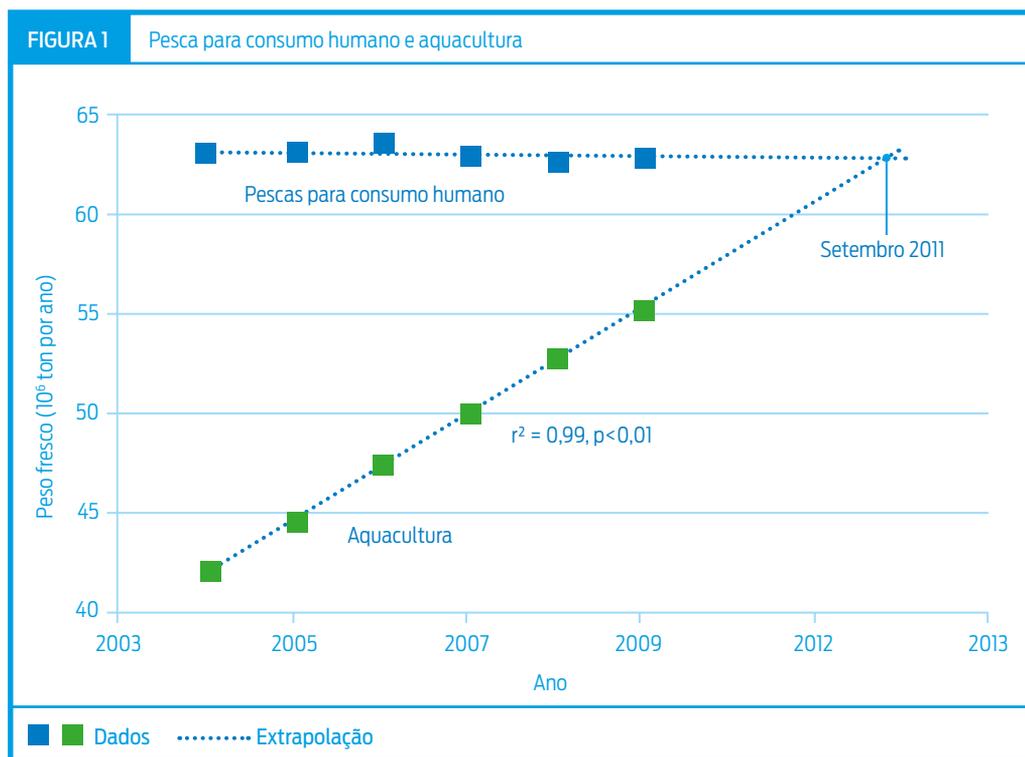
SUMÁRIO EXECUTIVO

O projecto FORWARD (Framework for Ria Formosa Water Quality, Aquaculture and Resource Development) foi realizado com o objectivo de valorizar as actividades ligadas à aquacultura de bivalves e peixes na Ria Formosa, e de obter um melhor conhecimento das interacções entre a produção aquícola e as alterações ambientais.

O livro FORWARD foi escrito em português e inglês de forma a permitir uma divulgação internacional que ilustre o empenho das autoridades Portuguesas em promover o uso sustentável da Ria Formosa, e demonstrar o

estado da arte na gestão integrada de sistemas costeiros.

O trabalho descrito neste livro aborda as perspectivas de desenvolvimento sustentável da aquacultura na Ria Formosa, uma área que tem sido utilizada para a colheita de bivalves selvagens desde os tempos da ocupação da Península Ibérica pelos Mouros, há mais de mil e trezentos anos, e para o cultivo de amêijoas nos últimos dois séculos (Fig. 3). Neste sumário executivo, são feitas vinte e três recomendações, cada uma com base num diagnóstico.



AQUACULTURA NA EUROPA E NO MUNDO

Os dados do último relatório da FAO sobre pescas e aquacultura, publicado em 2010, assinalam um marco fulcral na relação entre as duas actividades: a aquacultura, com cerca de sessenta milhões de toneladas de produção anual, igualou a pesca, sendo a tendência de agora em diante para um aumento da aquacultura e uma estabilização ou redução da pesca.

A projecção de dados na Fig. 1 indica que esse ponto seria atingido em Setembro de 2011, considerando a fracção de pescado utilizada para consumo humano. Uma parte das pescas (entre 25-30%) é utilizada para outros fins, incluindo a produção de rações para aquacultura. Na agricultura este ponto crítico, i.e. onde a produção agrícola ultrapassou a caça, foi atingido há 10 000 anos, no período neolítico.

A CAPACIDADE DE SUPORTE E A ABORDAGEM ECOSISTÉMICA

O conceito de capacidade de suporte em aquacultura, que se baseia nos quatro pilares da sustentabilidade (Fig. 2) foi adaptado para incluir a governança, que é considerada mais importante do que o elemento físico, que em muitos aspectos faz parte da componente produção.

A governança está por outro lado claramente em falta no modelo original, e a qualidade das regras e regulamentos, do envolvimento dos parceiros e da gestão pela comunidade, constituem frequentemente a diferença entre uma aquacultura sustentável e uma bomba relógio ambiental.

O grosso dos projectados trinta milhões de toneladas por ano de produtos aquáticos adicionais necessários para alimentar o planeta até ao ano 2050, quando se espera que a população mundial atinja os nove mil

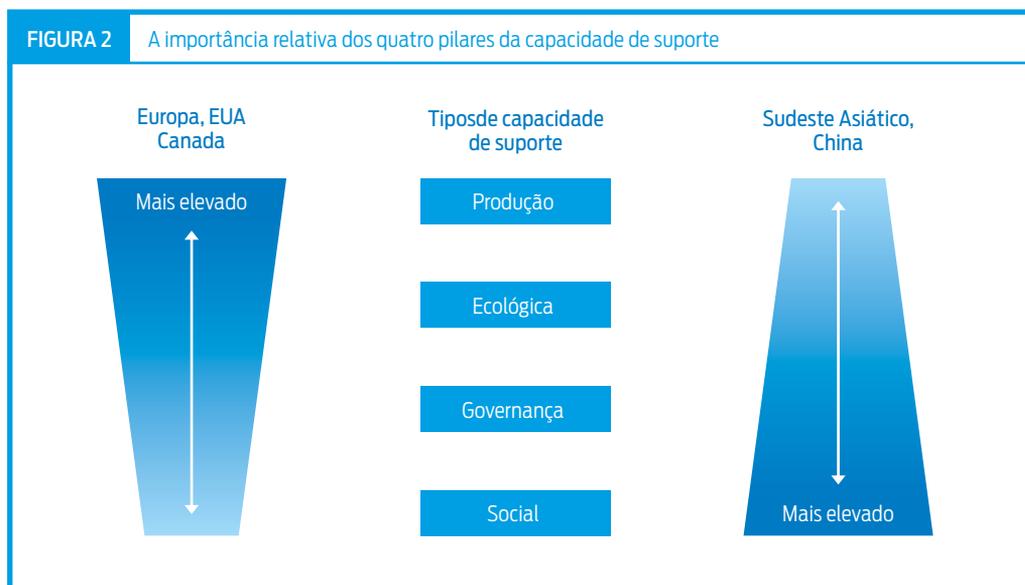




Figura 3. A Amêijoas Boa aqui mostrada com 35 mm, tamanho considerado comercial

milhões, será indubitavelmente cultivado nos países em desenvolvimento, principalmente na Ásia mas também na América do Sul e, potencialmente, em África.

Na Europa, o crescimento anual da aquacultura diminuiu 1%, em parte devido a factores de mercado, mas também ao facto de a indústria estar sujeita a uma regulamentação restritiva e de ser dada particular importância ao desenvolvimento sustentável. Legislação ambiental recente, tal como a Directiva-Quadro da Água (DQA 2000/60/CE) e a Directiva-Quadro da Estratégia Marinha (DQEM 2008/56/CE) da União Europeia promoveram, implicitamente, os três objectivos da Abordagem Ecosistémica à Aquacultura (EAA) da FAO, nomeadamente (i) bem-estar humano; (ii) bem-estar ecológico; e (iii) integração multisectorial.

MODELAÇÃO MATEMÁTICA E ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE

Dois dos pilares ilustrados na Fig. 2, produção e ecologia, são passíveis de modelação matemática mas os outros dois não. Para os primeiros, a equipa do FORWARD combinou diferentes modelos matemáticos para análise da sustentabilidade (Fig. 4) e este conjunto foi posteriormente aplicado a uma série de questões, tal como descrito mais adiante neste livro.

As questões relacionadas com a doença, que se enquadram precisamente entre a produção e a ecologia e que são extremamente difíceis de simular, constituem um enorme desafio em aquacultura e incluem frequentemente um elemento significativo de má governança, tal como a transferência de animais infectados para áreas não contaminadas.

Diagnóstico: Actualmente, dois dos principais componentes da capacidade de suporte, os aspectos social e de governança (Fig. 2), não são passíveis de modelação matemática, embora sejam fundamentais na gestão da aquacultura. A sua importância no desenvolvimento sustentável da aquacultura na Ria Formosa tornou-se evidente durante a primeira metade dos dois anos do projecto FORWARD – estes aspectos correspondem potencialmente a mais de 50% do problema.

Recomendações: O diálogo entre as partes interessadas, a compreensão dos termos e dos conceitos e o simples facto de as opiniões se poderem manifestar durante o processo de tomada de decisão, são importantes contribuições para gerar consensos. Uma governança adequada desempenha um papel fundamental num futuro sustentável para a aquacultura na Ria Formosa.

As questões sociais e de governança são descritas abaixo, juntamente com propostas para uma melhor gestão.

A parte final do sumário executivo apresenta uma descrição geral dos resultados para os modelos de simulação aplicados no FORWARD. Estes podem ser utilizados para apoiar a gestão participada, providenciando por exemplo dados quantitativos sobre cenários de desenvolvimento; contudo, a componente social tem frequentemente fortes aspectos emocionais. A aplicação de modelos de simulação *per se* é necessária mas não é suficiente para abordar o problema na sua globalidade.

PRODUÇÃO E VALOR DA AQUACULTURA

Diagnóstico: As estimativas sobre a produção actual das principais espécies cultivadas, a amêijoia do Algarve ou Amêijoia Boa, *Ruditapes decussatus*, são variáveis. Os dados estatísticos de desembarque vão desde as estimativas oficiais de cerca de 2000 toneladas por ano até aos dados não oficiais que apontam para mais do dobro deste número – cinco mil toneladas é um número frequentemente citado. A produção pode também

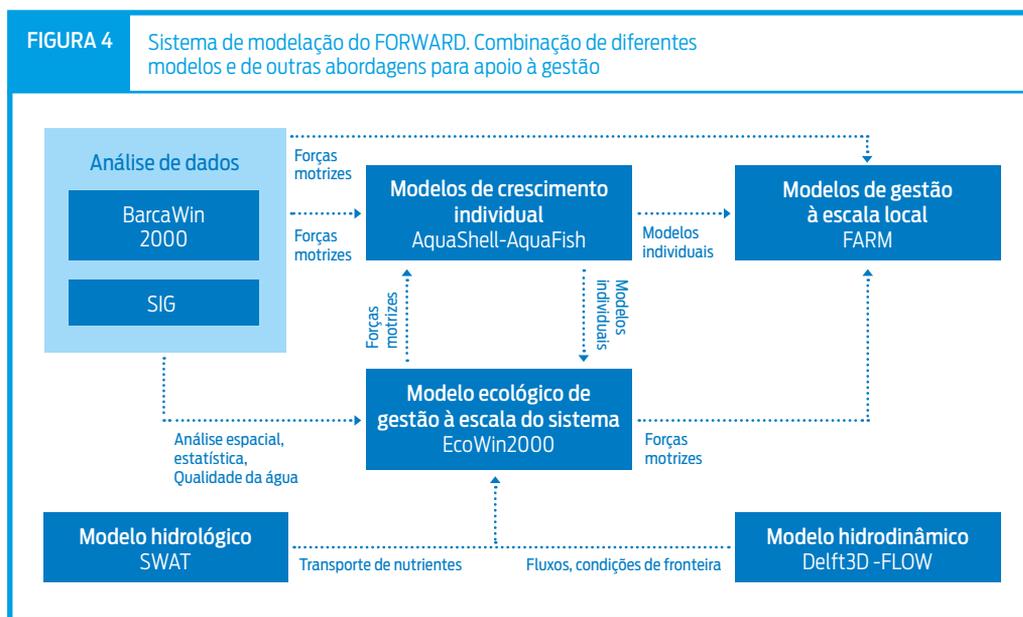


FIGURA 5 Imagem do SIG para a gestão dos lotes



■ Exemplo das concessões. Número: 735 / Concessão: 704/90 / Área (ha): 0,4

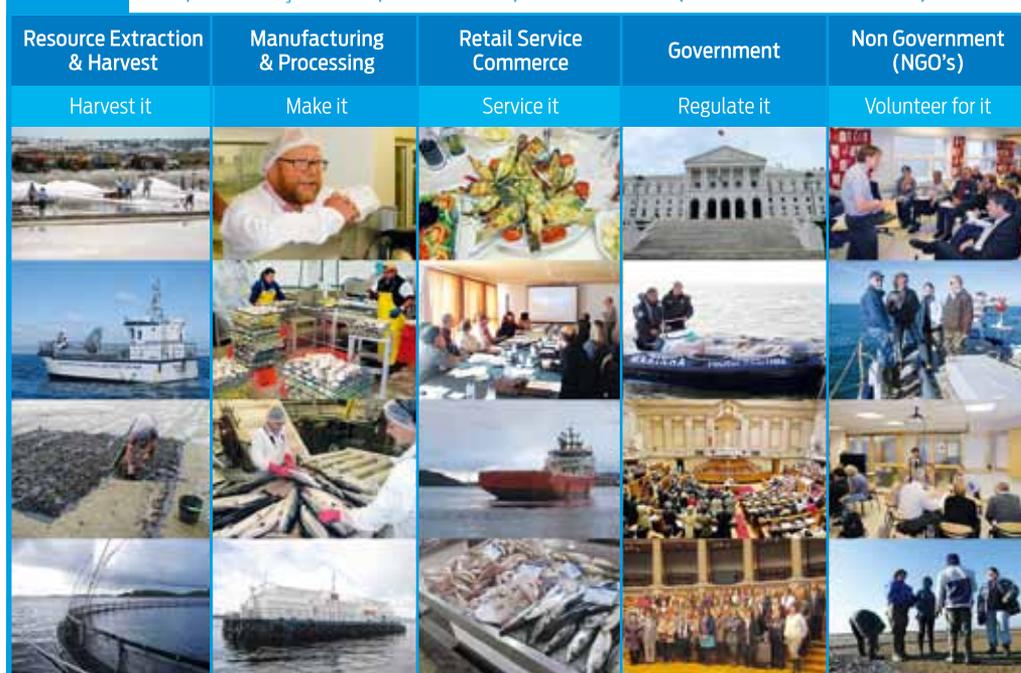
ser calculada a partir da área licenciada, utilizando um Sistema de Informação Geográfica, ou SIG (Fig. 5), e simulada através da utilização de modelos ecológicos.

A Amêijoia Boa é um produto de elevado valor, em contraste com espécies como a Amêijoia japónica (*Ruditapes philippinarum*), atingindo um preço mínimo na produção de 10 € kg⁻¹. Em consequência, a primeira receita anual de venda, para uma produção de amêijoas de 5000 toneladas por ano, é de 50 milhões de euros. As discussões com as associações profissionais durante o FORWARD sugeriram que entre 20 000 a 40 000 pessoas podem estar activamente envolvidas na actividade, o que corresponderia a uma receita bruta anual de 1250-2500 € per capita, o que não é credível.

Foi utilizada uma abordagem alternativa, considerando um salário médio por maré de cerca de 50 € (Tabela 17), o que corresponde a um rendimento mensal de 750-1000 € *per capita*. Um cálculo feito com estes números coloca a mão-de-obra entre as 4000 e as 6000 pessoas. A população combinada da região (Faro, Olhão e Tavira) é de cerca de 125 000 habitantes, o que faz com que cerca de 4% da população activa possa estar directamente empregada na aquacultura de amêijoas, e a receita de primeira venda corresponda a 2,5-7,5% do PIB local, dependendo da estimativa de desembarques utilizada.

Recomendações: É importante uma melhor análise sócio-económica, de forma a determinar o papel da aquacultura de amêijoas, quer em termos das pessoas envolvidas quer

FIGURA 6 Compartimentação do PIB por diferentes tipos de actividades (cortesia de Patrick Marshall)



da sua importância económica, incluindo multiplicadores de emprego, mercados, etc. É também importante analisar o PIB global de Ria Formosa, incluindo capturas de pesca, aquacultura, extracção de sal e turismo. Uma análise por sector (Fig. 6) seria extremamente útil.

Diagnóstico: De acordo com a Directiva da UE relativa às Águas Conquícolas (2006/113/CE), as águas da Ria Formosa são classificadas como Classe B; como tal, os produtos conquícolas da Ria Formosa necessitam de uma depuração adicional antes que possam ser comercializados. Actualmente existem seis depuradoras que desempenham frequentemente um papel de intermediário, o que pode ser uma barreira no que respeita à venda do produto, dado que o certificado de depuração é uma parte essencial do procedimento de venda.

Recomendações: O papel dos centros de depuração necessita de ser clarificado; a depuração tornar-se-á desnecessária à medida que a qualidade da água da Ria Formosa for melhorando até atingir a Classe A, mas o certificado de depuração pode tranquilizar o consumidor como uma garantia adicional de salvaguarda da saúde humana. A administração pública necessita de assegurar que os viveiristas de amêijoas e de ostras têm um acesso sem barreiras às instalações de depuração, a um preço justo, e que não são de forma alguma coagidos a vender o seu produto às depuradoras.

Diagnóstico: Embora a Amêijoas Boa, ou do Algarve, seja um produto de elevado valor, não há nenhum reconhecimento específico da origem das amêijoas, tal como existe para as regiões vinícolas em toda a Europa e para produtos alimentares como o queijo.

Recomendações: A marca Ria Formosa deve ser promovida, talvez como um subconjunto da marca Algarve. A imagem de marca deve estar em evidência na embalagem, com um logótipo apropriado. A Europa não pode competir em volume no mercado da aquacultura, daí que devam ser colocados produtos regionais de elevado valor sublinhando a sua origem, padrões de qualidade e preocupações no que respeita à sustentabilidade.

PRÁTICAS DE CULTURA

Diagnóstico: A existência de muitos viveiristas, e de lotes de pequena dimensão, dificulta a gestão dos bancos licenciados. Parte das práticas de cultura consideradas indesejáveis do ponto de vista dos valores naturais está relacionada com a percepção pelos aquicultores de que cada lote corresponde a uma área que deve ser espacialmente preservada, cuja produção deve ser maximizada, e cujo valor negocial de transpasse se encontra directamente relacionado com esses dois factores. Em consequência, essas áreas são claramente demarcadas através da colocação de separadores tais como tijolos, ferros, ou outros objectos. Esses marcos desempenham o duplo papel de identificar os lotes e de evitar a erosão dos bancos intertidais.

Quaisquer zonas de poças dentro dos viveiros são consideradas indesejáveis pelos produtores. Essas poças formam-se naturalmente devido à distribuição irregular dos bancos de areia, mas dado que os aquicultores pretendem maximizar a área de cultivo, e como a água nas poças formadas na baixa-mar pode facilmente tornar-se hipóxica ou anóxica, resultando em mortalidades elevadas de animais, é prática comum aterrar essas zonas provocando um nivelamento do terreno e canalizando a água para canais de drenagem, à semelhança do que é usual em agricultura.

Recomendações: Reestruturar o sistema de licenciamento a fim de reduzir o número de

títulos de utilização e aumentar a área dos lotes. Isto deve ser feito gradualmente, à medida que expiram os prazos das actuais licenças, e ser amplamente discutido com as associações do sector. Lotes com maiores áreas serão menos vulneráveis à erosão marginal em relação à totalidade da área do lote e as perdas de substrato numa parte do lote podem ser compensadas pela deposição de sedimentos noutras partes do mesmo lote. Isto irá eliminar a obrigação de utilização de objectos, tais como tijolos, para tentar consolidar o substrato. Dado que estes objectos são também utilizados para delimitar pequenas parcelas, isto irá tornar-se desnecessário. Em lotes maiores, deverá ser desencorajado o aterro de poças, dado que são elementos naturais do ecossistema. Lotes maiores irão reduzir os custos de capital e irão potencialmente permitir um aumento do grau de mecanização, reduzindo os custos com a mão-de-obra. Uma redução do número de interlocutores pode também melhorar a eficácia na tomada colectiva de decisões.

Diagnóstico: A mistura de animais de diferentes classes anuais (coortes) nas parcelas é a regra na prática da cultura. Isto tem várias consequências, incluindo (i) constante renovação do sedimento pelos produtores; (ii) redução das possibilidades de mecanização da colheita; (iii) mortalidade de animais maiores, mais frágeis, no período após a desova, que pode causar a morte a classes mais recentes (animais mais pequenos) devido à decomposição orgânica. Há opiniões divergentes sobre a cultura combinada de classes de idade. Por exemplo, em Puget Sound, EUA, alguns aquicultores preferem a co-cultura defendendo que alguns dos produtos de eliminação das amêijoas de maior dimensão são utilizados como alimento para os animais mais pequenos. Outros, contudo, usam a colheita mecanizada de áreas separadas por classes de idade para reduzir os custos com a mão-de-obra e aumentar os lucros.

Recomendações: Os aquicultores devem ser encorajados a fazer *experiências* com estratégias de culturas alternativas, incluindo a colheita mecanizada. Isto deve ser acompanhado por trabalhadores de extensão dos centros de investigação das pescas, e devem ser testados de forma precaucionária. A legislação deve ser adaptada de forma adequada de modo a explorar esta possibilidade, e os lotes não podem ter menos que uma determinada dimensão. Meio hectare (5000 m²) parece ser a dimensão mínima para uma parcela ser cultivada em áreas dedicadas por classe anual.

Diagnóstico: As práticas de cultura de amêijoas na Ria Formosa variam grandemente e a globalidade da indústria beneficiaria com uma abordagem mais moderna do cultivo, nos moldes e requisitos estabelecidas por retalhistas tais como a 'Walmart' ou 'Wholefoods'. As associações de produtores, os gestores locais e as agências governamentais estão empenhados em estabelecer um programa de certificação para a aquacultura.

Recomendações: O projecto FORWARD investigou as várias opções e propôs que a Global GAP fosse seleccionada como organismo de certificação. Esta opção teve como base o tipo de oferta de produto, o preço e a acessibilidade. Foi registado e desenvolvido um sítio 'web' (<http://goodclam.org/>) para permitir às associações de produtores completar e submeter os documentos de certificação. Uma inspecção posterior, a ser feita pela agência de certificação, irá identificar as deficiências e depois de isto estar ultimado será possível certificar uma área de cultura. As associações de produtores devem preparar-se para a certificação orientando os seus membros para práticas de cultivo mais sustentáveis. Os produtores individuais irão beneficiar do aumento no reconhecimento da qualidade, e toda a comunidade irá beneficiar de um maior reconhecimento da

qualidade, da certificação da marca e numa participação mais significativa na cadeia de valor. A indústria necessita de ser estimulada para atingir este objectivo afastando-se de algumas práticas tradicionais; este é um importante papel de extensão para as agências locais de investigação pesqueira.

Diagnóstico: Informações fornecidas pelos viveiristas envolvidos no FORWARD referem que o cultivo de ostras em algumas partes da Ria Formosa é feito inicialmente em tabuleiros, até que os animais tenham atingido cerca de 3 cm de comprimento. A seguir a esta fase, as ostras são colocadas no sedimento para crescimento. Os produtores relatam que (i) o crescimento das ostras é bastante mais lento se os animais permanecerem nos tabuleiros à medida que aumentam em tamanho; (ii) a cultura de amêijoas envolve uma preparação adequada do sedimento que só está pronto para o plantio ('cozido') após terem passado algumas semanas e ter havido uma alteração da sua cor.

Em ambos os casos isto sugere que é necessário um abastecimento alimentar bentónico adequado para um crescimento bem sucedido. As concentrações de microfitobentos são elevadas nos espriados de maré onde a aquacultura se realiza – acima de 200 mg de clorofila m⁻², enquanto as algas presentes na coluna de água (pelágicas) alcançam valores de 0-1 mg de clorofila m⁻³. É provável, dadas estas concentrações de alimento nos sedimentos, que o microfitobentos seja uma fonte importante de alimento para os bivalves cultivados.

Recomendações: Embora existam vários estudos publicados sobre a dinâmica do microfitobentos na Ria Formosa, a tónica tem sido posta na utilização de nutrientes e nos sintomas de eutrofização. Paralelamente existem trabalhos sobre isótopos naturais para caracterizar as fontes de alimentação dos bivalves. É necessário promover estudos

que permitam clarificar a importância relativa das microalgas bêntónicas e pelágicas no crescimento das amêijoas e das ostras.

SEMENTES, JUVENIS E DOENÇAS

Diagnóstico: As fontes de semente são um problema tanto para o cultivo de ostras como para o de amêijoas. Existem bancos de semente naturais para a Amêijoia Boa mas, actualmente, não existem disponíveis quaisquer instalações para maternidades ou incubadoras ('nurseries'). A semente de ostras, em particular, é fornecida por maternidades francesas, irlandesas, e de outros países. Não existem estimativas das densidades de Amêijoia Boa no banco natural da Ria Formosa, o que torna impossível avaliar a sustentabilidade da apanha.

Recomendações: Melhorar o acesso às sementes e aos juvenis, através do desenvolvimento de regras mais flexíveis associadas a uma implementação rigorosa.

Avaliar a densidade e biomassa de Amêijoia Boa no banco natural, de forma a assegurar uma apanha sustentável de semente.

As maternidades são caras, na ordem de 100 000-1 000 000 €, e podem ser um risco comercial quando o recrutamento natural é elevado, excepto quando a jusante existe um claro mercado para exportação de semente. Modelos de financiamento públicos e privados têm sido usados com sucesso para o estabelecimento de maternidades. Deve ser efectuado um estudo de viabilidade económica que tenha em consideração as necessidades, os mercados e o financiamento.

As incubadoras, por outro lado, têm um custo muito inferior (10 000-100 000 €) e permitem a compra de semente mais pequena, e por isso mais barata, que é, posteriormente, criada e vendida para crescimento. Nos Estados Unidos, os sistemas flutuantes, ou FLUPSY (Fig. 7) que têm esta finalidade têm sido muito bem sucedidos.



Figura 7. A FLUPSY utilizada pela Taylor Shellfish Ltd., Shelton, Washington, EUA.

Diagnóstico: A importação de semente proveniente de áreas contaminadas pode levar ao aparecimento de doenças tais como o *Herpes*.

Recomendações: Estabelecimento de controlos veterinários rigorosos e de rastreabilidade para evitar uma futura proliferação de doenças de bivalves resultantes da importação de semente contaminada. Unir a indústria no que se refere à compreensão e às abordagens à doença. Deve ser criado um grupo de peritos para aconselhamento sobre doenças, incluindo centros de investigação pesqueira e profissionais de veterinária. Deve ser criado um esquema de monitorização de doenças, integrado e transparente, que envolva as partes interessadas. A utilização de semente criada em maternidades seguras tem de ser o procedimento padrão. Deve ser desenvolvida investigação no que se refere à gestão de agentes patogénicos.

MORTALIDADE DAS AMÊIJOAS

Os produtores encurtam frequentemente o ciclo de produção de amêijoas devido a problemas de mortalidade, limitando o mesmo a um máximo de dois períodos de verão, perdendo-se assim o valor acrescentado de animais maiores (20-30 g de peso fresco), que seriam colhidos no terceiro ano. Esta mortalidade pode ser resultante de uma série de razões, provavelmente combinadas, que até à data não foram sistematicamente analisadas.

Diagnóstico: A mortalidade elevada é comum durante o verão. Uma combinação de baixas concentrações de oxigénio dissolvido durante os meses mais quentes, a perda de resistência resultante da desova e fortes sintomas de doença das brânquias devido ao protozoário patogénico *Perkinsus marinus* parecem, aparentemente, combinar-se para causar esta elevada mortalidade. É possível que a elevação da cota de cultivo através da aplicação de sedimentos também contribua para uma

mortalidade mais elevada, devido ao aumento do tempo de exposição na baixa-mar.

Recomendações: Análises regulares das escalas temporal e espacial de mortalidade, para construir um padrão de ocorrência pluri-anual (5-10 anos). Análises antes, durante e pós mortalidade, de temperatura, oxigénio dissolvido, estado fisiológico (maturidade das gónadas e desova) e níveis de *Perkinsus*. Estudo das correlações, tendências e interdependências, e desenvolvimento de sistemas de monitorização de alerta precoce e de modelos de previsão para aconselhamento dos viveiristas e formação das associações de produtores. Este sistema deve ser implementado na 'web' e não ser necessariamente livre de custos. Isto permitirá a antecipação da colheita e a redução da densidade de animais, evitando um 'feedback' positivo da hipóxia resultante da decomposição da matéria orgânica proveniente dos animais mortos. Estudo comparativo da mortalidade a várias cotas de cultivo.

Diagnóstico: O crescimento excessivo de algas oportunistas, tal como a alga verde *Ulva*, e de angiospérmicas marinhas, tal como a *Zostera*, podem reduzir drasticamente as concentrações de oxigénio dissolvido durante o período nocturno em baixa-mar. O crescimento das plantas é estimulado por três factores: (i) a existência de substrato adequado, tal como o calhau rolado aplicado nos viveiros para estabilizar o sedimento; (ii) a amónia libertada pela excreção das amêijoas e os nutrientes dissolvidos libertados pelo sedimento; (iii) condições óptimas de luminosidade, em particular na baixa-mar. A mortalidade, tanto das amêijoas como das plantas, ocorre pela falta de oxigénio resultante da decomposição orgânica de qualquer delas ou por colmatação.

Recomendações: Deve ser implementado o corte mecânico regular das algas, em

particular em períodos de máximo crescimento. No caso da *Zostera*, essa remoção deverá ser analisada à luz do estatuto de conservação e da espécie em presença. A aplicação de substratos artificiais, como o calhau rolado, deve ser desencorajada, em parte pelo trabalho de extensão para demonstrar os seus efeitos potenciais como núcleos para crescimento de plantas. Alguns dos problemas descritos anteriormente, relacionados com o tamanho dos lotes, são um incentivo para a aplicação de calhau rolado e de outros materiais.

Diagnóstico: Do ponto de vista de poluição, as preocupações dos aquicultores são a contaminação fecal e as cargas orgânicas. Existe a percepção de que a falta de tratamento de esgotos, e o funcionamento deficiente de estações de tratamento de águas residuais (ETAR), são as principais razões dos problemas de poluição. Contudo, cerca de 50% da carga de azoto¹ que chega à Ria através da bacia hidrográfica tem origem em poluição difusa, ou seja, a diminuição dessa carga não poderá ser conseguida através de estações de tratamento de águas residuais. O mesmo se aplica (qualitativamente) à entrada de microrganismos entéricos, cujas fontes são animais e humanas.

Durante os períodos de elevada pluviosidade, que acontecem esporadicamente, podem ocorrer sobrecargas da rede de esgotos, o que conduz à descarga de efluentes para a rede de águas pluviais. Simultaneamente, o escoamento difuso para a massa de água aumenta. Dada a natureza torrencial destes episódios e a raridade da sua ocorrência, a mortalidade de amêijoas e de ostras seria, quando muito, devida a uma baixa súbita da salinidade, que é, contudo, difícil de observar. Dado que estes episódios ocorrem com muito pouca frequência e estão confinados aos meses de Outono

e de Inverno, é altamente improvável que os animais cultivados morram de hipóxia associada ao enriquecimento orgânico ou a descargas de nutrientes. Contudo, é altamente provável que ocorra durante estes episódios uma elevada contaminação microbiana das ostras e das amêijoas.

Recomendações: Identificação de episódios de mortalidade durante/após períodos de elevada precipitação. Condicionamento ou interdição de colheita durante e após episódios de chuva torrencial e de tempestade, ou depuração adicional, para assegurar que a qualidade microbiológica é adequada. Utilização de indicadores microbiológicos adequados para fazer a distinção entre fontes pontuais e difusas, de forma a determinar acções de gestão apropriadas. Os microrganismos candidatos podem incluir o enterovírus bovino (BEV), conjugado com abordagens mais sofisticadas tais como perfis de resistência a antibióticos para estreptococos fecais e coliformes fecais.

Tendo como base a compartimentação entre fontes pontuais e difusas, podem ser optimizadas medidas correctivas com uma maior incidência na melhoria das práticas agrícolas.

ESTUDOS DE CAMPO E MODELAÇÃO MATEMÁTICA NO FORWARD

A última parte deste capítulo identifica os principais resultados da aplicação de diversos tipos de modelos matemáticos. No que se refere à Fig. 4, analisam-se os resultados e as recomendações obtidos a partir dos modelos, tanto à escala local como do sistema, tendo em conta a bacia, a área da Ria Formosa e a zona 'offshore'.

Processos à escala local

Os processos físicos e biológicos que ocorrem à escala do lote, próximos dos bancos de

¹ Nitrogénio em português do Brasil.

amêijoas, determinam, em conjunto, as condições suportadas pelos animais cultivados, em particular no que se refere à disponibilidade de alimento. Foram efectuadas uma série de experiências para estudar estes processos.

Diagnóstico: A densidade de bivalves poderá ser excessiva em relação à baixa concentração de alimento na água, particularmente durante a vazante. A disponibilidade de alimentos na coluna de água sobre os bancos de amêijoas aumenta durante a enchente e diminui durante a vazante, quando a água previamente filtrada pelas amêijoas passa novamente sobre os viveiros. Não existem diferenças no alimento disponível entre viveiros onde se aplica calhau rolado e os restantes.

As descargas de nutrientes para a Ria Formosa não conduzem a biomassas elevadas de fitoplâncton dentro da Ria, porque o tempo de residência da água é curto de mais para a formação dum 'bloom'. Os efeitos da descarga de nutrientes sobre a produção primária são três: (i) exportação de nutrientes dissolvidos para a água costeira a jusante da Ria, o que promove o crescimento do fitoplâncton nessas zonas. Esse fitoplâncton é transportado para dentro da Ria na enchente, servindo de alimento aos bivalves; (ii) desenvolvimento de 'blooms' de macroalgas oportunistas, tais como *Ulva*, que estando fixas ao substrato não são afectadas pelo curto tempo de residência da água; (iii) desenvolvimento de microfítobentos nas zonas intertidais, incluindo viveiros. Dado que estas algas estão dentro do sedimento, são muito menos sensíveis ao curto tempo de residência. As elevadas concentrações referidas sugerem que poderão ser uma fonte importante de alimento para os bivalves.

Recomendações: Deverão ser feitos ensaios em parcelas experimentais, com base nos resultados dos modelos, a fim de avaliar

os efeitos do alimento disponível sobre a produção e mortalidade de amêijoas. Estas experiências deverão considerar classes diferentes de idade (coortes) e ter uma duração alargada (cerca de um ano) para incluir o período de Verão, quando os animais estão mais frágeis.

Cargas da bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica da Ria Formosa é uma fonte de nutrientes para a Ria, principalmente de origem antropogénica. As cargas são pontuais (ETAR) e difusas (fertilização agrícola). A quantidade de nutrientes e o período de tempo em que entram na Ria poderá ter consequências para a actividade de aquacultura.

Diagnóstico: as principais fontes de nutrientes para a Ria são, em partes equivalentes, as cargas de ETAR (45% N, 32% P) e as fontes difusas de origem agrícola (55% N, 68% P). O sistema de ETAR tem sofrido importantes melhorias e pode considerar-se adequado. As cargas difusas têm como principal via de entrada os aquíferos contaminados pelas actividades agrícolas, entrando na Ria através dos sedimentos (41% N, 47% P); os processos associados são ainda pouco conhecidos. Uma outra via de entrada são as linhas de água (14% N, 21% P), a qual ocorre em períodos de tempo limitados, na sequência de chuvadas intensas geradoras de caudais elevados, durante os quais se tornam a fonte dominante de nutrientes.

Recomendações: o enfoque no estudo e controle de cargas da bacia hidrográfica deve passar das ETAR para a parte agrícola. Os processos de contaminação difusa são ainda pouco conhecidos, sendo necessária mais informação, nomeadamente: medição de concentrações de nutrientes nas linhas de água em períodos de caudal de ponta, estudo de processos de contaminação dos aquíferos, e do transporte destes para a Ria.

Trocas de água e conectividade hidrodinâmica

As trocas de água entre a Ria Formosa e o oceano e a conectividade entre regiões dentro da Ria afectam a qualidade ambiental do ecossistema, por exemplo a concentração de oxigénio e a disponibilidade de alimento para os bivalves. A abordagem do modelo hidrodinâmico tridimensional inclui, pela primeira vez, o efeito de circulação da plataforma continental interna na conectividade entre o oceano e a Ria e entre as células central e oriental da Ria.

Diagnóstico: O elevado escoamento superficial de água doce e os ventos de leste transportam a água sobre a plataforma continental interior a partir da célula oriental da Ria para a região de influência da célula ocidental. Em condições de vento de leste foi observada uma mistura completa da coluna de água na isóbata dos 20m, criando as condições para uma percentagem mais elevada de reincorporação da água da Ria previamente descarregada e, conseqüentemente, tempos de descarga mais longos.

Recomendações: A batimetria utilizada para o modelo tridimensional foi a melhor disponível para o projecto FORWARD mas, dada a natureza da movimentação de sedimentos na Ria Formosa, a utilização de uma batimetria actualizada para simular a circulação da água é de grande importância. Devem ser feitas provisões financeiras para a actualização periódica da batimetria da Ria Formosa, a ser realizada por um organismo credenciado. Os custos serão da ordem dos 500 000 € pelo que, se tivermos em consideração um período de amortização de 10 anos, será necessária uma dotação anual de 50 000 € (Tabela 20). Este é um montante razoável (0,1%) num contexto dos 50 milhões de euros de receitas de aquacultura.

Diagnóstico: Observa-se uma conectividade entre diferentes partes da Ria Formosa através da plataforma continental, partes essas cuja ligação pelo interior da Ria é limitada devido ao assoreamento. Verifica-se ainda um aumento do tempo de residência da água na plataforma interior em condições específicas de caudal fluvial e de vento.

Recomendações: Estes dois aspectos convidam a estudos detalhados sobre propagação de organismos patogénicos entre áreas de aquacultura, e entre essas áreas e habitats sensíveis naturais, tais como zonas de 'nursery' de peixes e bancos naturais de semente de bivalves.

Modelação ecológica

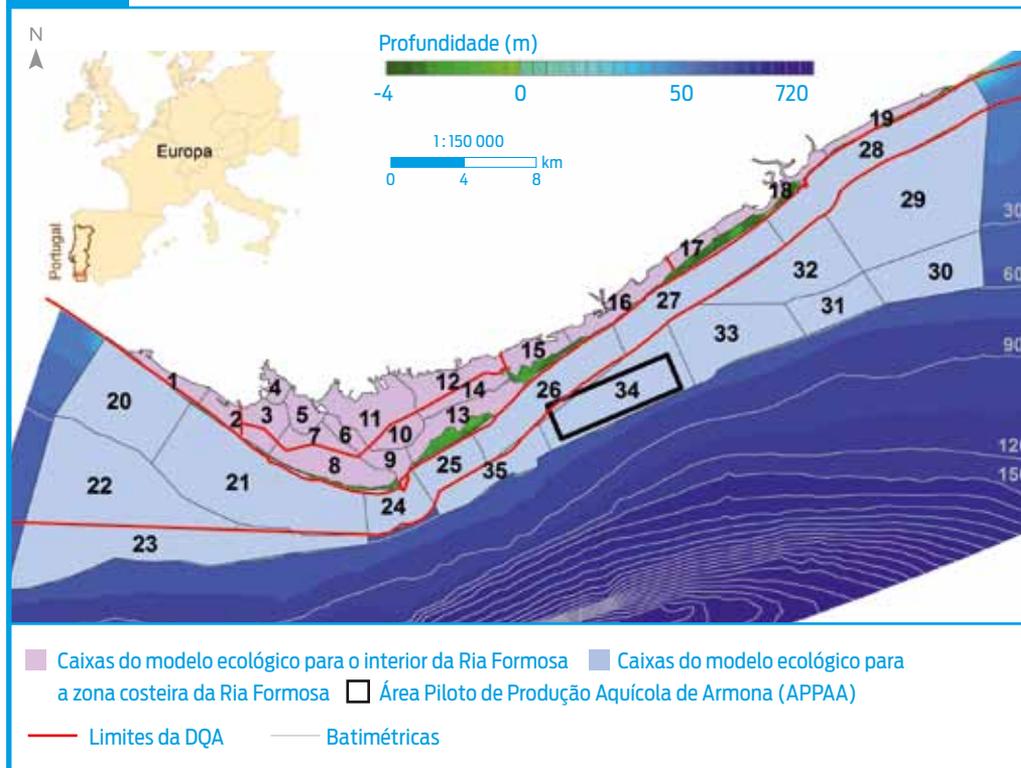
O modelo ecológico EcoWin2000 foi aplicado a uma área extensa, que inclui a Ria Formosa e a zona marinha contígua. O domínio do modelo foi dividido em 35 caixas (Fig. 8). Os resultados dos modelos de bacia hidrográfica e de circulação foram combinados com dados ambientais, bem como modelos individuais de crescimento de bivalves e de peixes, de forma a simular o comportamento ecológico à escala do sistema.

Paralelamente foram desenvolvidos modelos à escala local para análise da aquacultura à escala dos viveiros. A utilização complementar dos diferentes modelos disponibiliza um leque de instrumentos para analisar diferentes problemas (Fig. 4) e para lidar com diferentes escalas espaciais e temporais.

Foram desenvolvidos modelos de crescimento individual para duas espécies de bivalves cultivados na Ria Formosa, a Amêijoia Boa, *Ruditapes decussatus*, e a ostra do Pacífico, *Crassostrea gigas*. Esta última é cultivada conjuntamente com a ostra portuguesa, *C. angulata*, e embora a espécie local tenha um crescimento mais lento não foi

FIGURA 8

Divisão do sistema em 35 caixas, utilizando critérios tais como a aquacultura, o planeamento espacial marinho, qualidade da água, e limites de massas de água (Directiva-Quadro da Água - UE)



possível desenvolver dados específicos do crescimento das espécies para modelação — no FORWARD, ambas as espécies de ostras utilizam o mesmo modelo. Em paralelo foi desenvolvido um modelo de crescimento do mexilhão do Mediterrâneo, *Mytilus galloprovincialis*, dado que é uma espécie com potencial relevância na área de cultura 'offshore' da Armona (APPAA).

Todos estes modelos têm como base a estrutura de modelação AquaShell. A Fig. 9 mostra uma simulação do crescimento individual do mexilhão do Mediterrâneo, para um período de cultura com início no final de Março e com uma duração de apenas um ano. Os factores ambientais para a simulação do crescimento são retirados do

quarto ano do modelo ecológico à escala do sistema, considerando a cultura de bivalves em regime normal nas águas interiores da Ria Formosa.

O modelo de crescimento individual também fornece uma descrição completa dos efeitos ambientais (Tabela 1), que é traduzida nos modelos à escala do sistema e em modelos à escala local para analisar o impacto dos diferentes tipos, áreas e práticas de aquacultura.

Foi adoptada uma abordagem semelhante para os peixes, em especial para a dourada *Sparus aurata*. Esta espécie é importante a nível local, tanto para a pesca como para o cultivo. Existem alguns tanques de cultura

em terra, embora existam conflitos entre as partes interessadas no que respeita à descarga do efluente para a Ria, e o licenciamento seja muito limitado. Além disso, alguns dos viveiros de dourada localizados em terra encerraram devido à concorrência das pisciculturas do Mediterrâneo oriental, que produzem actualmente cerca de 130 000 toneladas por ano.

Modelos à escala do sistema

Diagnóstico: O modelo ecológico EcoWin2000 (E2K), foi configurado e validado para condições padrão, ou seja uma colheita de amêijoas de cerca de 2300 toneladas por ano. Existe uma grande variação no crescimento individual das amêijoas e no rendimento por unidade de área na Ria Formosa. A parte oriental

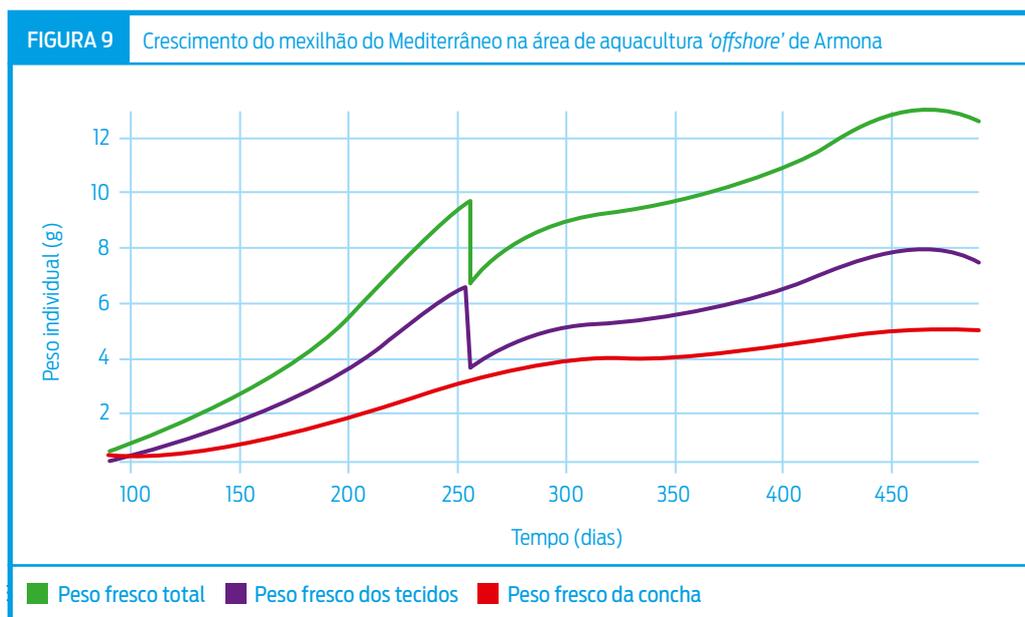


TABELA 1 Balanço de massa para o crescimento de um mexilhão com dimensão de mercado (6 cm)

Parâmetro (unidades)	Valor
Produção de biomassa (g de peso fresco)	12
Filtração de água (m ³)	29,7
Remoção de fitoplâncton (mg chl m ⁻³)	21
Remoção de matéria orgânica particulada (MOP) detritica (g m ⁻³)	122
Remoção total de MOP (g m ⁻³)	125
Desova (g MOP m ⁻³)	0,5
Biodeposição de MOP (g m ⁻³)	50
Excreção de amónia (µM m ⁻³)	11 946

da Ria é potencialmente a mais produtiva, seguida pela área central próxima da barra da Armona (Fortaleza) e pela área de Faro. Foram feitas simulações em que para além do alimento disponível na coluna de água, foi disponibilizado microfitobentos — uma adição muito conservativa aumenta a colheita anual de amêijoas para 6700 toneladas, sendo perfeitamente razoável admitir valores de cerca do dobro, considerando as concentrações de microfitobentos medidas na Ria Formosa.

Recomendações: Uma vez instalado, o modelo E2K é simples (tipo Excel) e rápido (cerca de 35 minutos para simular 10 anos). Os gestores locais deverão receber formação para a utilização do modelo, com a finalidade de testar as várias alternativas de cultivo, incluindo a redução da densidade de semente em áreas de menor rendimento. Para otimizar a aplicação do E2K, como já referido anteriormente, é fundamental estudar o papel do microfitobentos na alimentação de amêijoas e ostras.

Diagnóstico: Uma simulação genérica da cultura de mexilhão para a área de aquacultura 'offshore' da APPAA aponta para uma colheita de quase 13 000 toneladas por ano. Isto sugere que a aquacultura de bivalves aparenta ser viável, pelo menos do ponto de vista do crescimento.

Recomendações: Uma aplicação detalhada do modelo ecológico pode proporcionar uma análise mais específica por lote e pode ser utilizada para testar interações entre os lotes no que se refere à depleção de alimentos. Esta análise estará disponível no final do projecto COEXIST², em 2013.

Diagnóstico: A inclusão de mexilhões na área de aquacultura em 'offshore' irá influenciar o

desempenho dos viveiros de bivalves dentro da Ria Formosa, no que respeita à produção. O cenário de produção de mexilhões na APPAA deverá reduzir a disponibilidade de alimento nos bancos de amêijoas, com um declínio previsível de 120 toneladas anuais na produção. Isto seria equivalente a uma perda na primeira venda de cerca de 1 200 000 €, que poderá ser compensada pela comercialização de mexilhões.

Recomendações: É importante a sensibilização das partes interessadas para esta opção. Os resultados de um modelo devem sempre ser encarados como um apoio à tomada de decisão, não como uma verdade absoluta. Apesar desta ressalva, o modelo ecológico é sem dúvida suficientemente sensível à introdução de uma grande área de cultivo na zona ao largo dos bancos de amêijoas da Ria Formosa e fornece uma avaliação de primeira ordem do seu impacto. Aconselha-se a realização de trabalho que integre a componente de piscicultura. Isto está para além do âmbito do FORWARD, mas irá ajudar a compreender (i) qual o papel que a aquacultura multitrófica integrada (IMTA) desempenha no atenuar da depleção de alimentos para os bivalves co-cultivados; (ii) em que medida as perdas de rações usadas na piscicultura e os desperdícios dos próprios peixes podem ser relevantes como fonte de alimento para os bivalves na Ria.

Diagnóstico: Do ponto de vista da produção a cultura de amêijoas no interior da Ria e a cultura de mexilhões em 'offshore' podem coexistir.

Recomendações: Deve ser efectuada uma avaliação rigorosa das implicações das doenças das duas áreas de cultivo e as suas interações. Há trabalho em curso no

² O projecto COEXIST foi financiado pelo 7º Programa-Quadro da Comunidade Europeia (FP7/2007-2013), contrato nº 245178. Mais informação em <http://www.coexistproject.eu>



projecto COEXIST com modelos que visam ajudar a informar sobre esta questão, e que podem ser integrados no modelo à escala do sistema EcoWin2000 caso a investigação seja bem sucedida. A relevância das ameaças de potenciais doenças tanto (i) dentro da área costeira interior (onde o *Perkinsus* parece já ser endémico) e dentro da área 'offshore' (onde o co-cultivo em proximidade requer uma política de controlo das doenças, clara, adequada e rigorosamente aplicada); e (ii) entre as duas áreas, não pode ser subestimada.

Diagnóstico: O modelo EcoWin2000 simula adequadamente a produção, embora a componente mortalidade precise de ser melhorada. Isto deve-se em grande parte à insuficiência dos dados sobre mortalidade, juntamente com o facto (referido anteriormente) de os períodos e causas dos

episódios de mortalidade serem insuficientemente compreendidos. Os modelos que utilizam uma escala espacial alargada, e até mesmo os modelos que utilizam uma malha mais fina, não são capazes de reproduzir eventos hipóxicos de escala fina, susceptíveis de ser a causa de episódios de elevada mortalidade das amêijoas.

Recomendações: Uma melhor compreensão da mortalidade, utilizando abordagens baseadas no risco, tal como acima recomendado, pode resultar em ferramentas que podem ser integradas no modelo E2K (ou outros) para desencadear episódios de mortalidade e reproduzir os padrões observados. Nenhum modelo será capaz de prever um episódio de mortalidade de amêijoas, e.g., no prazo de um ano, porque muito depende da temperatura da água, do crescimento das amêijoas num dado ano, e de outros factores que são

dependentes do tempo ou que se apoiam em opções sociais e são, por natureza, imprevisíveis. Contudo, qualquer modelo que possa simular condições típicas e testar estratégias de mitigação, tais como o antecipar da colheita, será de grande valor tanto para gestores como para viveiristas.

Modelos à escala local

Diagnóstico: A simulação da produção de amêijoas em áreas intertidais é uma forma prática de avaliar a adequação de uma zona para cultivo. As simulações à escala local de culturas em tanque podem ajudar na determinação da densidade da cultura de peixes e nas combinações adequadas de peixes e de bivalves na aquacultura multitrófica integrada (IMTA). O modelo de cultura de peixes em tanques foi validado utilizando dados cedidos pelo Instituto de Investigação das Pescas e do Mar (IPIMAR). Para dois tanques idênticos, a biomassa individual após 134 dias de cultivo era de 303 ± 69 g (medida) e 277 g (simulada); após 246 dias de cultivo os peixes pesavam em média 367 ± 51 g (medidos) comparado com 396 g (simulados).

Recomendações: O modelo FARM (Farm Aquaculture Resource Management) está disponível para os gestores locais de recursos hídricos e da pesca e, através destes, para as associações de produtores, para utilização pelos viveiristas. O modelo pode ser aplicado à aquacultura em terra, costeira, ou em 'offshore'. O forçamento ambiental, quer para os modelos de bivalves quer para os de peixes, pode ser obtido quer a partir dos dados existentes (ver a secção base de dados no capítulo Ferramentas) quer a partir de simulações, utilizando o modelo à escala do sistema.

O livro FORWARD está organizado em cinco capítulos, concebidos para poderem ser lidos de forma autónoma, permitindo focar

aspectos específicos do trabalho que possam ser de maior interesse. Contudo, o todo é inquestionavelmente maior que a soma das partes. Apresenta-se de seguida uma breve descrição dos capítulos e conteúdos.

Depois de uma análise geral o leitor é convidado a saber mais sobre a aquacultura na Ria Formosa e a rever o conjunto de ferramentas desenvolvidas e aplicadas no FORWARD; o capítulo seguinte aborda a sustentabilidade e inclui componentes naturais, sociais e de governança. São aqui apresentados os principais resultados dos modelos. O capítulo final é dedicado à gestão e às recomendações. O livro fica completo com uma série de quatro casos de estudo, que incidem sobre: (i) dinâmica de sedimentos, um aspecto essencial de um sistema de ilhas barreira; (ii) a produção e os impactes no ambiente de uma área de 15 km² de IMTA situada na zona 'offshore' da Ria Formosa; (iii) doenças na aquacultura e os ensinamentos retirados de outras partes do mundo; (iv) o lado empresarial da aquacultura, com ênfase na integração vertical.



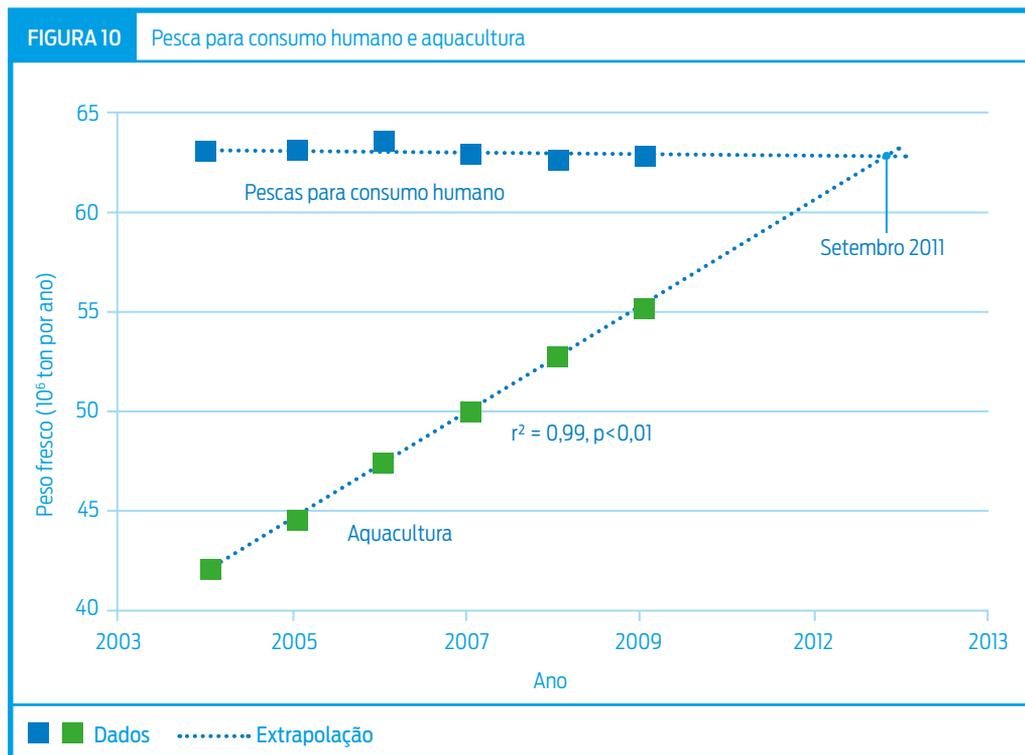
A AQUACULTURA NA EUROPA E NO MUNDO

O trabalho descrito no livro FORWARD aborda as perspectivas para um desenvolvimento sustentável da aquacultura na Ria Formosa, uma área que tem sido utilizada para a colheita de bivalves selvagens desde os tempos da ocupação da Península Ibérica pelos Mouros, há mais de mil e trezentos anos, e para o cultivo de amêijoas nos últimos dois séculos.

Os dados do último relatório da FAO sobre pescas e aquacultura, publicado em 2010,

assinalam um marco fulcral na relação entre as duas actividades: a aquacultura, com cerca de sessenta milhões de toneladas de produção anual, igualou a pesca, sendo a tendência de agora em diante para um aumento da aquacultura e uma estabilização ou redução da pesca.

A projecção de dados na Fig. 10 indica que esse ponto seria atingido em Setembro de 2011, considerando a fracção de pescado utilizada para consumo humano. Uma parte das pescas (entre 25-30%) é utilizada para outros fins, incluindo a produção de rações para aquacultura. Na agricultura este ponto



crítico, i.e. onde a produção agrícola ultrapassou a caça, foi atingido há 10 000 anos no período neolítico.

A CAPACIDADE DE SUPORTE E A ABORDAGEM ECOSISTÉMICA

O conceito de capacidade de suporte em aquacultura, que se baseia nos quatro pilares da sustentabilidade (Fig. 2), foi adaptado para incluir a governança, que é considerada mais importante do que o elemento físico, que em muitos aspectos faz parte da componente produção. A governança está por outro lado claramente em falta no modelo original, e a qualidade das regras e regulamentos, do envolvimento dos parceiros e da gestão pela comunidade, constituem frequentemente a diferença entre uma aquacultura sustentável e uma bomba relógio ambiental.

O grosso dos projectados trinta milhões de toneladas por ano de produtos aquáticos adicionais necessários para alimentar o planeta até ao ano 2050, quando se espera que a população mundial atinja os nove mil milhões, será indubitavelmente cultivado nos países em desenvolvimento, principalmente na Ásia mas também na América do Sul e, potencialmente, em África.

Na Europa, o crescimento anual da aquacultura diminuiu 1%, em parte devido a factores de mercado, mas também ao facto de a indústria estar sujeita a uma regulamentação restritiva e de ser dada particular importância ao desenvolvimento sustentável. Legislação ambiental recente, tal como a Directiva-Quadro da Água (DQA; 2000/60/CE) e a Directiva-Quadro da Estratégia Marinha (DQEM; 2008/56/CE) da União Europeia promoveram, implicitamente, os três objectivos da Abordagem Ecosistémica à Aquacultura (EAA) da FAO, nomeadamente (i) bem-estar humano; (ii) bem-estar ecológico; e (iii) integração multisectorial.

O PROGRAMA POLIS

O projecto FORWARD (Framework for Ria Formosa water quality, aquaculture, and resource development) faz parte de um conjunto de planos, da responsabilidade da Sociedade Polis Litoral Ria Formosa S.A. - Sociedade para a Requalificação e Valorização da Ria Formosa (polislitoralriaformosa.pt/), especificamente do P6 – Plano de valorização e gestão sustentável das actividades ligadas aos recursos da Ria.

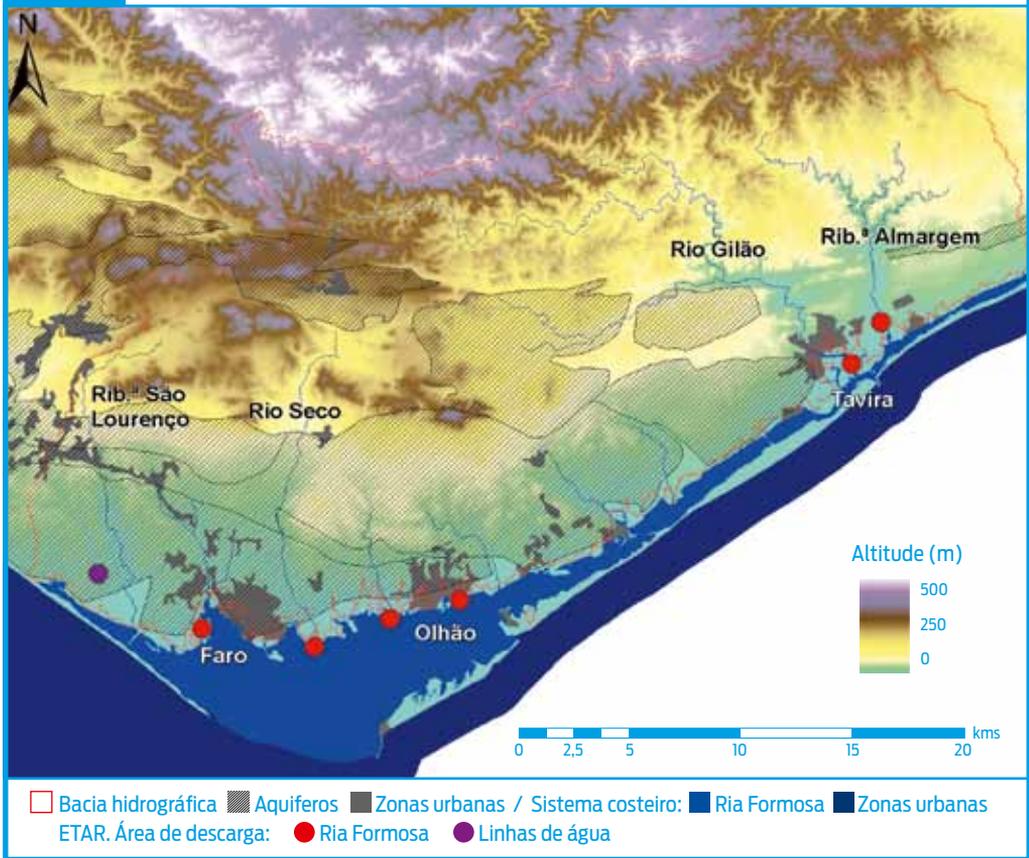
O Instituto de Investigação das Pescas e do Mar (IPIMAR), desenvolveu simultaneamente outra componente do Projecto P6 que abrange componentes relativos à qualidade ambiental e sustentabilidade dos recursos biológicos da Ria Formosa.

A RIA FORMOSA

A Ria Formosa (36° 95' 87" a 37° 17' 53"N e 8° 04' 97" a 7° 51' 69" W) é um sistema dinâmico e complexo, situado na região do Algarve, no sul de Portugal continental (Fig. 11), com uma extensão de cerca de 55 km. A Ria ocupa uma área de 184 km² no litoral do Sotavento (leste) Algarvio e é composta nos seus limites de terra por duas penínsulas (Cacela e Ancão) e cinco ilhas (Culatra, Barreta, Armona, Tavira e Cabanas), formando um sistema lagunar de características únicas. Estas ilhas, por sua vez, são separadas por diferentes barras de maré que formam canais dendríticos. O volume da Ria Formosa varia entre 45-210 X 10⁶ m³, a altura de maré entre 0,9-3,0 m. A temperatura da água oscila entre 13-23°C e a salinidade é de cerca de 36 psu.

A Ria Formosa é simultaneamente uma reserva natural, a zona de aquacultura mais produtiva de Portugal, e sede de um conjunto de outras actividades económicas, que é fundamental conciliar de forma sustentável.

FIGURA 11 Ria Formosa e bacia hidrográfica associada



A bacia hidrográfica que envolve a Ria Formosa tem uma área de cerca de 745 km² e apresenta uma grande complexidade no espaço, podendo identificar-se duas grandes unidades espaciais, a serra e o barrocal. A serra apresenta um clima mais húmido, solos pobres e um substrato geológico pouco permeável, estando coberta por matos mediterrânicos e uma agricultura menos intensiva, e é drenada pelos principais rios da região: o Rio Gilão e a Ribeira de Almargin. O barrocal apresenta um clima mais seco, com solos mais férteis e um substrato geológico bastante permeável, com vários aquíferos; isto permite a coexistência de pomares de sequeiro com pomares e hortas

de exploração intensiva, irrigados a partir de águas subterrâneas.

A região é drenada por pequenas ribeiras com regime torrencial. As cidades de Faro, Olhão e Tavira são os principais centros de actividade económica e turística, interagindo também com a Ria através da descarga de efluentes a partir de Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR).

RECURSOS HÍDRICOS E AQUACULTURA EM PORTUGAL

O domínio público hídrico compreende o domínio público marítimo, o domínio público

lacustre e fluvial e o domínio público das restantes águas. O domínio público marítimo pertence ao Estado.

As utilizações privativas dos recursos hídricos do domínio público para a prática da aquacultura estão sujeitas à obtenção de licença prévia, cujo prazo máximo é de 10 anos. No entanto, caso os investimentos a efectuar não possam ser amortizados neste período de tempo, pode ser considerada a celebração de um contrato de concessão, cujo prazo máximo pode atingir 75 anos.

OBJECTIVOS E ÂMBITO DO ESTUDO

O projecto FORWARD teve início em Janeiro de 2010, uma duração de dois anos, e abrange a totalidade da área da Ria Formosa (Fig. 11).

O FORWARD conjugou estudos de campo, experiências de laboratório, e modelos matemáticos. Foram desenvolvidos modelos para as cargas da bacia hidrográfica que afluem à Ria Formosa, incluindo os efeitos da agricultura e dos efluentes, as trocas de água com o mar, a interacção com os sedimentos e o crescimento e produção de amêijoas e de outras espécies. O planeamento espacial marinho de outras actividades afins, incluindo a produção de sal, foram também modeladas com SIG. Estas actividades tiveram como suporte medições directas, ensaios *in situ* em viveiros, e outros dados complementares.

As ferramentas fornecidas pelo FORWARD permitem analisar e otimizar a capacidade de suporte da Ria Formosa, tanto à escala local como para o sistema como um todo. Para além de apoiar decisões sobre a capacidade de suporte de diferentes zonas da Ria, permitindo reduzir a mortalidade dos animais cultivados e harmonizar esta actividade com outros usos da Ria, os produtos do FORWARD poderão também ser usados pelos produtores e associações profissionais

para a optimização das práticas de produção aquícola no sentido de maximizar os lucros da actividade.

Principais contributos do FORWARD para a gestão da Ria

Melhor compreensão dos processos que impulsionam a aquacultura na Ria Formosa, tanto em terra como na massa de água;

Integração do planeamento espacial marítimo, dos modelos dinâmicos à escala do sistema e à escala local e dos aspectos sociais;

Análise das oportunidades e limitações da gestão que resultam dos elementos naturais, sociais e de governança;

Definição de um quadro para melhorar a sustentabilidade da utilização dos recursos naturais, tendo em conta as potenciais interacções entre a cultura em *'offshore'* e a cultura tradicional de amêijoas e ostras na parte costeira.

Os dois capítulos que se seguem descrevem a aquacultura na Ria Formosa e passam em revista o conjunto de ferramentas desenvolvidas e aplicadas neste projecto; O capítulo seguinte debruça-se sobre a sustentabilidade e inclui as componentes natural, social e de governança. É aqui que são apresentados os principais resultados dos modelos. O capítulo final é dedicado à análise da gestão e às recomendações. O livro fica completo com uma série de quatro casos de estudo, que incidem sobre: (i) dinâmica de sedimentos, um aspecto essencial de um sistema de ilhas barreira; (ii) a produção e os impactes ambientais de uma área de 15 km² de aquacultura multitrófica integrada (IMTA) situada na zona *'offshore'* da Ria Formosa; (iii) doenças na aquacultura e os ensinamentos retirados de outras partes do mundo; (iv) o lado empresarial do negócio da aquacultura, com ênfase na integração vertical.

TABELA 2 'Outputs' do projecto FORWARD			
Tipo de 'output'	Detalhes	Objectivos	Produto
Dados Experimentais e de campo	Medições de fina escala efectuadas nos bancos de bivalves	Melhor compreensão da disponibilidade de alimento	Livro FORWARD
	Práticas de cultura para a aquacultura	Essencial para simulações correctas do cultivo tanto à escala do sistema como à escala local	Folhas de cálculo (ver capítulo Aquacultura na Ria Formosa)
Bases de Dados	Bases de dados relacionais com dados históricos e dados de qualidade da água recolhidos pelo IPIMAR	Consolidar e tornar os dados disponíveis para os utilizadores finais, explorar para calibração e validação de modelos	Base de dados relacional BarcaWin2000 (histórico e projecto FORWARD)
Modelos			
Sistemas de Informação Geográfica (GIS)	'Layers' de GIS para a qualidade da água, usos, política e legislação	Seleccionar áreas apropriadas para o cultivo, i.e. aplicar o princípio 3 (equilíbrio multisectorial) da Abordagem Ecosistémica de Aquacultura (EAA)	'Layers' ArcGIS e sitio 'web' dedicado em http://goodclam.org/gis
Bacia hidrográfica	Modelo para a drenagem da bacia	Permitir aos gestores explorar diferentes cenários de uso do solo e de descarga de efluentes, especialmente para cumprimento das directivas da UE	Ferramenta de avaliação do solo e da água (SWAT), e formação. Adequado para gestores
Hidrodinâmica e circulação de água	Modelo para o domínio alargado, incluindo a área IMTA em 'offshore' da Armona	Apoiar a gestão integrada da zona costeira, analisar a conectividade hidrodinâmica e.g. do ponto de vista das doenças	Modelo ecológico Delft3D calibrado e validado, formação. Adequado para técnicos especializados
Crescimento de bivalves e de peixes	Modelos para Amêijoia Boa, Amêijoia japónica, ostra do Pacífico, mexilhão do Mediterrâneo e dourada	Fornecer ferramentas para fácil avaliação do crescimento individual. Avaliação rápida do crescimento e dos efeitos ambientais. Adequado para os produtores e gestores	Modelos WinShell e WinFish, simulando o crescimento individual e os efeitos ambientais para bivalves e peixes
Aquacultura à escala do sistema	Modelo para o domínio alargado, incorporando espécies cultivadas, descargas de terra, circulação	Avaliar a produção do sistema, os efeitos ambientais e a capacidade ecológica de suporte. Análise de cenários	Modelo ecológico EcoWin2000 calibrado e validado, formação. Adequado para gestores
Aquacultura à escala do viveiro	Modelo para cultura de bivalves em mar aberto em zonas intertidais ou IMTA nos lotes em 'offshore' da Armona	Avaliar a produção, efeitos ambientais e económicos à escala do lote	Modelo FARM para peixes e bivalves cultivados. Adequado para os produtores e gestores
	Modelo para monocultura e IMTA em terra	Avaliar a produção, efeitos ambientais e económicos à escala do viveiro	Modelo FARM para peixes e bivalves cultivados. Adequado para os produtores e gestores

REFERÊNCIAS-CHAVE

Ferreira, J.G., Aguilar-Manjarrez, J., Bacher, C., Black, K., Dong, S.L., Grant, J., Hofmann, E., Kapetsky, J., Leung, P.S., Pastres, R., Strand, Ø. & Zhu, C.B. 2012. Progressing aquaculture through virtual technology and decision-support tools for novel management. In R.P. Subasinghe, J.R. Arthur, D.M. Bartley, S.S. De Silva, M. Halwart, N. Hishamunda, C.V. Mohan & P. Sorgeloos, eds. *Farming the Waters for People and Food*. Proceedings of the Global Conference on Aquaculture 2010, Phuket, Thailand. 22–25 September 2010. pp. 643–704. FAO, Rome and NACA, Bangkok.

Food and Agriculture Organization, 2011. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2010*. Fisheries Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 218 pp.

Peterson, C.H., Costa-Pierce, B.A., Dumbauld, B., Friedman, C., Hofmann, E.E., Kite-Powell, H., Manahan, D., O'Beirn, F., Paine, R.T., Thompson, P., Whitlatch, R., 2010. *Ecosystem Concepts for Sustainable Bivalve Mariculture*. Committee on Best Practices for Shellfish Mariculture and the Effects of Commercial Activities in Drakes Estero, Pt. Reyes National Seashore, California. National Academy of Sciences. 2010. <http://www.nap.edu/catalog/12802.html>



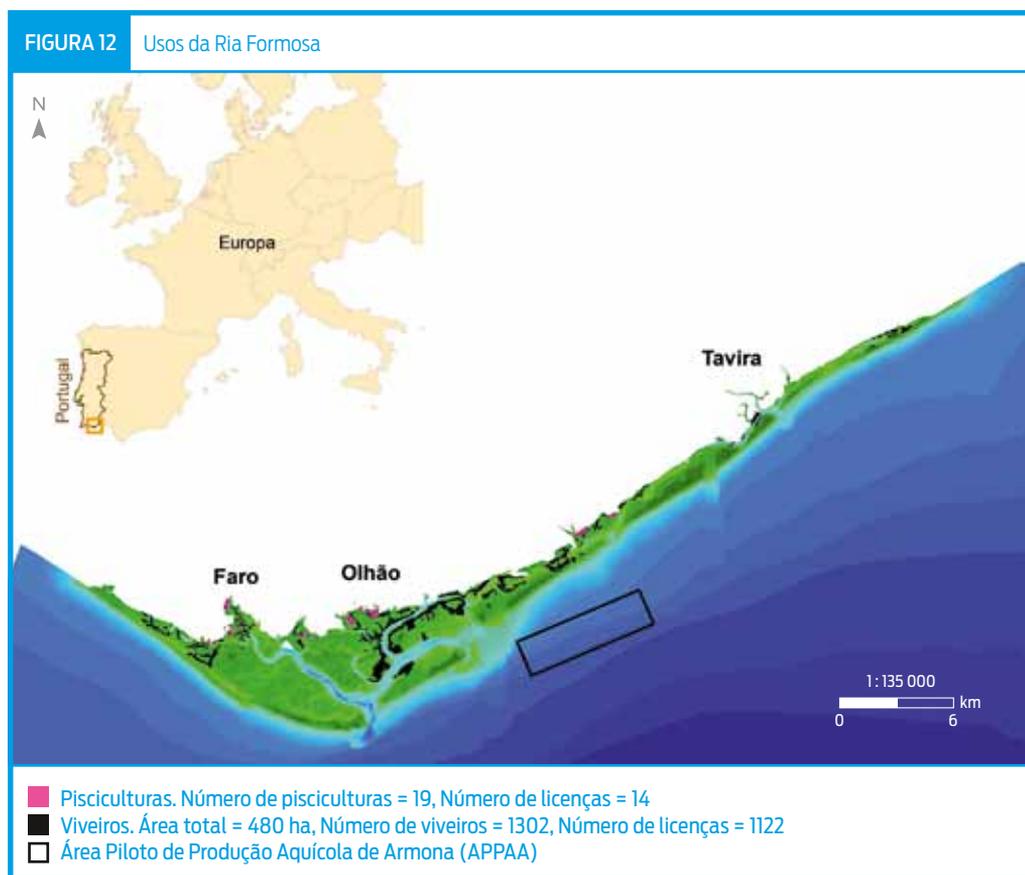
AQUACULTURA NA RIA FORMOSA

CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÓMICA

Os recursos do sistema lagunar são uma importante fonte de receita para uma grande parte da população residente na área da Ria Formosa. Uma das actividades mais importantes é a aquacultura, tanto de bivalves como de peixes. Esta assume, por isso, um papel muito importante relativamente à produção e em especial ao número de viveiros em actividade. A grande maioria dos produtores dedica-se à moluscicultura. Em 2001

existiam 1245 viveiros dos quais 1224 eram viveiros de bivalves. Em 2010 foram contabilizados 1264 viveiros, ou seja, o padrão manteve-se inalterado.

Existe também uma actividade paralela de apanha livre de moluscos bivalves, que envolve um número não quantificado de habitantes da região. Esta actividade, cujo volume é desconhecido, poderá envolver desempregados e indivíduos em risco de exclusão social, tendo por isso um potencial valor social.



Contudo, é desregulada, e por isso afecta a competitividade da aquacultura legalizada.

Licenciamento de aquacultura

Em Portugal a prática da aquacultura requer a obtenção de um título de utilização dos recursos hídricos, sendo a entidade competente para a sua emissão a Administração da Região Hidrográfica (ARH) correspondente (no caso da Ria Formosa, a ARH do Algarve), e de uma licença para o exercício da actividade, sendo, neste caso, a Direcção-Geral das Pescas e Aquacultura, a entidade responsável pela sua emissão.

No sentido de simplificar procedimentos e facilitar a vida dos aquicultores, foi estabelecido o princípio do 'balcão único'. Com esta medida os utilizadores passaram a ter apenas um interlocutor no desenrolar de todo o processo de licenciamento.

Produção

A aquacultura na Ria Formosa representa 41% da produção portuguesa (Tabela 3) e é composta por moluscicultura, actividade preponderante, e piscicultura.

A moluscicultura na Ria Formosa constitui uma das actividades de maior significado económico, no quadro da exploração dos recursos vivos naturais. As principais espécies são a Amêijoia Boa (2100 t ano⁻¹) e a ostra (183 t ano⁻¹) cultivadas na zona intertidal da Ria (Fig. 12). Os valores referidos são os que constam das estatísticas, no entanto são frequentemente referidos valores muito superiores: ~5000 t ano⁻¹ para a Amêijoia Boa e ~2000 t ano⁻¹ para a ostra.

A piscicultura é feita principalmente em tanques na zona costeira (Fig. 12). As principais espécies criadas são a dourada (*Sparus aurata*), o robalo (*Dicentrarchus labrax*) e a corvina (*Argyrosomus regius*). Na zona 'offshore', em frente à Barra Grande de Olhão situa-se a Área Piloto de Produção Aquícola de Armona (APPAA, Fig. 12), que tem uma área total de 1440 ha dividida em 60 lotes para produção de peixe (70%) e bivalves (30%).

Práticas de cultura de bivalves

Diferentes espécies de bivalves (amêijoas, berbigões e ostras) podem ser cultivadas em regime misto nos viveiros (Fig. 12), embora a maioria seja de monocultura de amêijoas,

TABELA 3 Produção declarada de peixes e bivalves em 2010 na Ria Formosa			
Espécie	Produção (toneladas)	Valor (1000' €)	Preço 1 ^{ra} venda (€ kg ⁻¹)
Amêijoia Boa (<i>Ruditapes decussatus</i>)	2100	19 851	9,5
Ostra (<i>Crassostrea gigas/angulata</i>)	183	329	1,8
Berbigão (<i>Cerastoderma edule</i>)	221	135	0,6
Total bivalves	2504	20 315	
Dourada (<i>Sparus aurata</i>)	178	820	4,6
Robalo (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	170	1099	6,5
Corvina (<i>Argyrosomus regius</i>)	9	43	4,8
Total peixes	357	1963	
Total aquacultura	2861	23 430	

TABELA 4 Prática de cultura para a Amêijoia Boa

	Semente	Colheita
Área de cultura		460 ha
Habitat	Bancos de recrutamento natural na Ria Formosa	Sedimentos intertidais, areias finas e médias, 10-12cm profundidade
Habitat modificado		Adição de areia ou calhau
Origem de semente	Recrutamento natural	
Densidade (ind. m ⁻²)	300-1500 ou 1 kg m ⁻²	100-150 ³ ou ~1-2 kg m ⁻²
Tamanho (mm)	10-20	30-35
Peso fresco total (g)	1,5-2,5	6-13
Peso seco partes moles (g)	0,003-0,09	0,3-0,4
Mortalidade (% ind.)	30-50	
Ciclo de cultura (ano)		2
Período colheita		Todo o ano (+ Verão e Natal)
Colheita (mês)		18-24
Reprodução (mês)		Março-Out. (1º ano de vida)
Desova – criação (mês)	Abril-Outubro	
Produção (t ano ⁻¹)		2000-5000 ⁴
Primeira venda (€ kg ⁻¹)	3-5	10-13
Volume de negócio (milhões €)		20-65
População envolvida		10 000

sendo uma pequena área destinada à monocultura de ostras.

Cultura de Amêijoia Boa

A Tabela 4 ilustra a incerteza que continua a existir em termos de produção e valor da actividade de aquacultura de Amêijoia Boa.

A qualidade da água da Ria Formosa está classificada como classe B, o que exige a depuração dos bivalves antes da sua comercialização e consumo. A produção da Amêijoia Boa (Tabela 4) depende da disponibilidade de sementes (juvenis). As sementes provenientes do recrutamento no meio natural são apanhadas em



Figura 13. Bancos naturais para a colheita da semente na Ria Formosa.

3: Taxa de mortalidade de 50%

4: Produção real poderá ser ainda maior



Figura 14. Faca de mariscar para colheita de amêijoas.

bancos arenosos (Fig. 13), mediante licença, sendo as sementes para uso pessoal ou para venda. Os viveiros são na sua maioria pequenos (Fig. 36) e são modificados pelos produtores que lhes adicionam areia recolhida na Ria Formosa e/ou calhau rolado (~0,5 cm de diâmetro). Os produtores utilizam ancinhos, motocultivadoras e arados para remover algas (e.g. *Ulva*) e fanerogâmicas (*Zostera* spp.) e nivelar o solo. As amêijoas juvenis e as amêijoas adultas são cultivadas conjuntamente, sem separação de classes anuais.

O apanhador de amêijoas, que utiliza uma faca especial de mariscar, separa as amêijoas juvenis dos animais com tamanho adequado para a comercialização.

Cultura de ostras

O recrutamento natural da ostra portuguesa (*Crassostrea angulata*) não é suficiente para

aquacultura e destina-se normalmente ao consumo próprio dos produtores.

Semente da ostra do Pacífico (*Crassostrea gigas*) proveniente do estrangeiro (e.g. França) é introduzida na Ria Formosa. As ostras são inicialmente cultivadas em tabuleiros, sendo posteriormente transferidas para o fundo (Tabela 5).

PROBLEMAS ASSOCIADOS À AQUACULTURA

Problemas associados às práticas de cultura

Algumas das práticas correntes de cultura na Ria Formosa não estão em conformidade com as regras estabelecidas pelo Parque Natural da Ria Formosa (Tabela 6).

TABELA 5 Prática de cultura para a ostra		
	Sementeira	Colheita
Área de cultura		Desconhecida (~8 ha?)
Habitat	Zona intertidal natural inferior	Zona intertidal natural baixa
Habitat modificado		Sacos a 20 cm do fundo (tabuleiros), transferência para o sedimento
Origem de semente	Maternidade e recrutamento natural (França)	
Densidade (ind. m ⁻²)	1000-1200 ou 350- 600/saco	400 ou ~200 / saco
Tamanho (mm)	5-20	40-80
Peso fresco total (g)	0,8-1,1	35-50
Peso seco carne (g)	0,01-0,03	0,7-1,1
Mortalidade (% ind.)	5-10	30-40
Ciclo de cultura (ano)		1
Período colheita		Todo o ano (+ Verão e Natal)
Colheita (mês)		10-15
Reprodução (mês)		Fev-Outubro (1º ano de vida)
Desova – criação (mês)	Abril-Outubro	
Produção (t/ano)		2000
Venda (€)	0,013 - 0,02 (por unidade)	3 (por kg)
Volume de negócio (€)		7 000 000
População envolvida		100 (muito inferior à da amêijoia)

TABELA 6 Práticas de cultura que violam as regras do Parque Natural da Ria Formosa	
Prática	Observações
Entulho e outros depósitos	Utilização de entulhos ou terra no Parque Natural da Ria Formosa
Aplicação de areia para nivelamento	Adição de areia para nivelar os terrenos e evitar poças de água estagnada na baixa-mar. Esta prática modifica o nível do solo acima da baixa-mar média. É também proibida a compactação dos terrenos de cultura
Aplicação de calhau rolado para protecção	Adição de calhau rolado aos lotes para evitar a erosão e reduzir a predação
Delimitação de lotes	Uso de materiais para delimitar os terrenos de cultivo como tijolos, tubos de plástico, ou telhas
Vedações	Adição de materiais para proteger da erosão os terrenos adjacentes aos canais de navegação
Mecanização	Proibida a utilização de equipamento mecanizado excepto quando especificamente autorizado
Apanha não licenciada	As sementes apanhadas sem licença têm uma repercussão negativa na economia local. A apanha recreativa (com ou sem licença) é também uma preocupação para os produtores, sendo removidas, todos os anos, toneladas de amêijoas da Ria Formosa



Figura 15. Doença das brânquias (nódulos brancos) causada por *Perkinsus*.

Introdução de espécies não-indígenas

Existem vários problemas potenciais associados à introdução de espécies não-indígenas, entre os quais a adaptação e a propagação de novas espécies que competem com as espécies nativas, a hibridização entre as espécies introduzidas e as nativas, o transporte de elementos patogénicos e de doenças através do transporte/relocalização das sementes e das amêijoas, e a contaminação cruzada entre as diferentes espécies de bivalves.

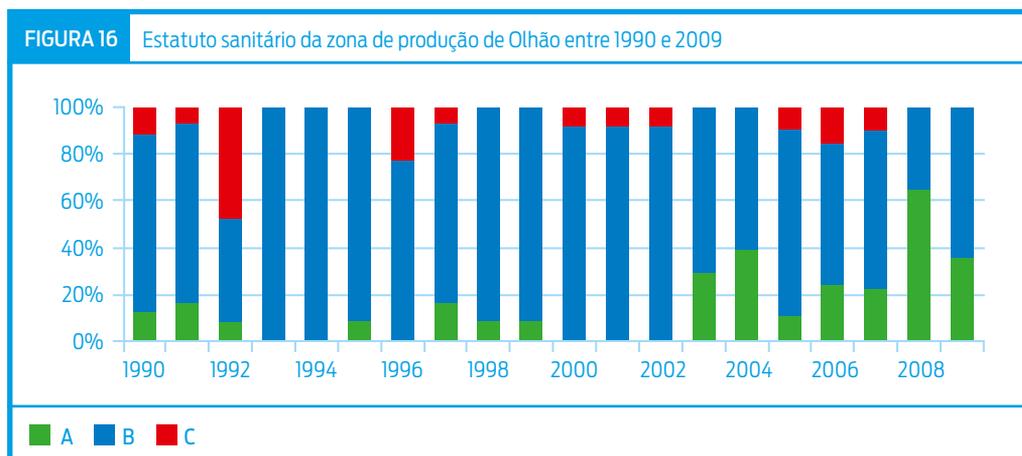
Uma das maiores preocupações para a cultura de Amêijoia Boa é a introdução de

sementes da espécie exótica Amêijoia japónica. Foram introduzidas na Ria Formosa grandes quantidades de semente desta espécie nos finais de 1980 e entre 2002-2004 e cerca de 635 t em 2006. As duas espécies são facilmente distinguíveis mas a espécie nativa é considerada de melhor qualidade e tem, de longe, maior valor comercial.

O parasita *Perkinsus* pode ser transportado pelas sementes. A introdução da ostra do Pacífico pode também ter trazido alguns parasitas para a Ria Formosa, e.g. o cópode *M. ostreae*. Presentemente, o recrutamento natural da ostra é composto pela ostra nativa *C. angulata* juntamente com *C. gigas* e alguns híbridos das duas espécies, o que inviabiliza a certificação da espécie portuguesa.

Mortalidade da Amêijoia Boa

A taxa de mortalidade da Amêijoia Boa é muito elevada (até 80-90%) durante os meses de verão. Esta mortalidade resulta, aparentemente, do 'stress' fisiológico da amêijoia devido à infecção com o protozoário *Perkinsus atlanticus* e da diminuição das reservas energéticas em fim de desova, junto com cofactores ambientais em condições



desfavoráveis: temperaturas entre 15-20° C, menor oxigenação, salinidades superiores a 18 psu e degradação do substrato. O parasita provoca lesões nas brânquias (Fig. 15) que diminuem a taxa de respiração.

As descargas provenientes das estações de tratamento de águas residuais (ETAR), a erosão resultante da navegação, e a sedimentação resultante da falta de circulação de água devida à modificação da batimetria na Ria Formosa são causa de grande preocupação para os produtores.

A percepção dos viveiristas é de que a mortalidade dos animais cultivados e as quedas de produção nas últimas décadas estão, por um lado, associadas a descargas de nutrientes e coliformes pelas ETAR e, por outro, à deficiente circulação da água devido a assoreamento.

Contudo, a evolução do estatuto sanitário da zona de produção de Olhão entre 1990 e 2009 (Fig. 16), indica um aumento da percentagem

de zonas classificadas como Classe A, ou seja, onde a produção pode ser consumida sem depuração prévia.

REFERÊNCIAS-CHAVE

Ferreira, J.G., A. M. Nobre, T. C. Simas, M. C. Silva, A. Newton, S. B. Bricker, W. J. Wolff, P.E. Stacey, A. Sequeira, 2006. A methodology for defining homogeneous water bodies in estuaries – Application to the transitional systems of the EU Water Framework Directive. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66 (3/4), 468-482.

Leite R.B., Afonso, R. and M.L. Cancela. 2004. *Perkinsus sp.* infestation in carpet-shell clams, *Ruditapes decussatus* (L), along the Portuguese coast. Results from a 2-year survey. *Aquaculture* 240: 39–53.

Nobre, A.M., J.G.Ferreira, A.Newton, T.Simas, J.D.Icely, R.Neves, 2005. Management of coastal eutrophication: Integration of field data, ecosystem-scale simulations and screening models. *Journal of Marine Systems*, 56 (3/4), 375-390.



FERRAMENTAS

Neste capítulo são apresentadas as ferramentas que foram desenvolvidas e/ou utilizadas no projecto FORWARD (Fig. 17).

FERRAMENTAS DE APOIO

Base de dados

A base de dados relacional foi criada com o 'software' Barcawin2000 (B2K). Contém dados de qualidade da água recolhidos pelo IPIMAR, bem como dados históricos obtidos ao longo da última década em projectos de investigação europeus e nacionais (cerca de 10 anos de dados, com 97 000 registos).

O 'software' permite ao utilizador extrair, em formato Excel, conjuntos de dados individualizados no espaço ou no tempo, para posterior processamento.

A base de dados B2K foi utilizada no FORWARD para definir condições iniciais no modelo ecológico EcoWin2000 (E2K), efectuar a calibração e validação do modelo e extrair dados para correr os modelos de aplicação local.

Trabalho de campo e de laboratório

Experiências de pequena escala (Fig. 19) foram realizadas para uma melhor compreensão do sistema da Ria Formosa, a fim de reduzir a incerteza. Os resultados das experiências foram introduzidos nos modelos matemáticos. As relações entre as componentes da capacidade de suporte, nomeadamente a hidrodinâmica, as fontes de alimentação e o comportamento animal, foram medidas com instrumentos especializados. Efectuaram-se medições

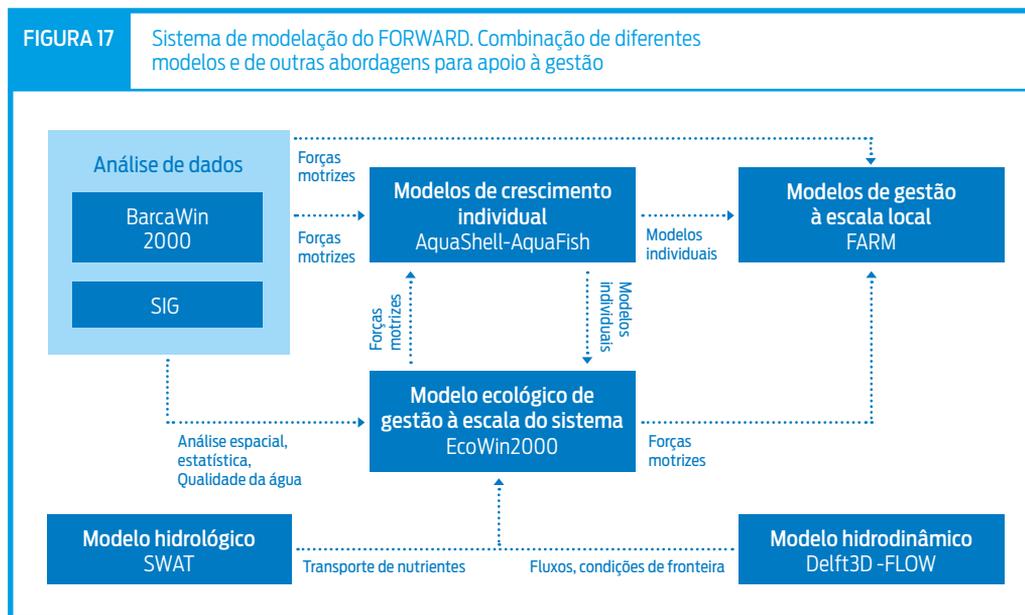




Figura 18. Base de dados BarcaWin2000 para o projecto FORWARD

fisiológicas (taxa de filtração, relações morfométricas), físicas (velocidade, turbulência, ressuspensão), e biológicas (quantidade e tipo de alimento acima dos viveiros) durante vários ciclos de maré e em diferentes tipos de substrato.

Identificação de actividades, suporte ao planeamento espacial e geração de batimetria;

Cálculo de áreas e definição de fronteiras das caixas do modelo E2K.

Sistemas de Informação Geográfica

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) serviram de base para a integração da informação espacial do sistema. Todos os dados foram georeferenciados no sistema de projecção de Gauss-Kruger relativo ao Datum Lisboa.

O SIG foi utilizado para:

| Visualização espacial de dados;

FERRAMENTAS DE GESTÃO

Modelos

As seguintes ferramentas de modelação foram utilizadas no projecto FORWARD: modelo de cargas da bacia hidrográfica SWAT, modelo de circulação hidrodinâmica, modelos de crescimento individual (AquaShell para bivalves, AquaFish para peixes), modelo ecológico (escala do sistema) EcoWin2000, e o modelo de escala local FARM, para aquacultura em terra, costeira, e 'offshore'.



Figura 19. Local onde as experiências a pequena escala foram realizadas. Destaque para os equipamentos utilizados no decorrer dos trabalhos.

TABELA 7 Principais 'layers' produzidos ao longo do projecto FORWARD		
Dados	Tipo de mapa	Modelo de dados
Batimetria	Imagem (raster)	Grelha
Actividades	Vectorial	Polígonos e linhas
Caixas do modelo	Vectorial	Polígonos
Linha de costa	Vectorial	Polígonos e linhas
Massas de água da DQA	Vectorial	Linhas
Estações de monitorização	Vectorial	Pontos

SWAT

O modelo SWAT—Soil and Water Assessment Tool—analisa os impactos humanos nas bacias hidrográficas. O modelo simula processos de crescimento da vegetação, hidrologia, erosão do solo, transporte de nutrientes

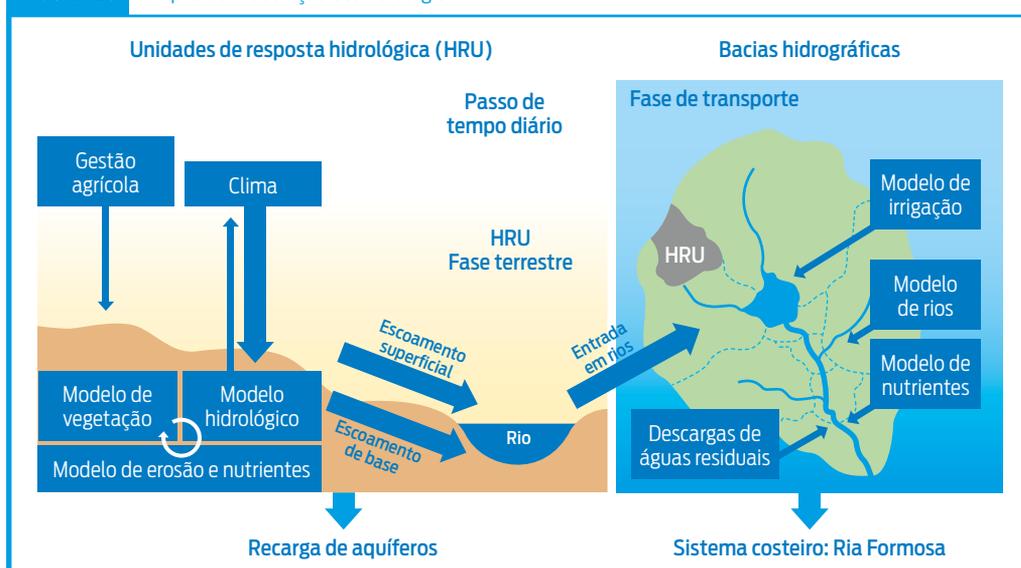
e de pesticidas, uso agrícola do solo e as descargas das estações de tratamento de águas residuais (ETAR).

Permite ainda analisar diferentes tipos de cenários para a gestão do uso dos solos, gestão dos recursos hídricos e cenários climáticos.

TABELA 8 Síntese das ferramentas aplicadas no FORWARD

Nome	Descrição	Nível de uso
Barcawin2000 (B2K)	'Software' de base de dados relacionais. Contem dados de qualidade da água	Conhecimento técnico mínimo. Fácil utilização
Trabalho de campo e de laboratório	Medições físicas, biológicas, e fisiológicas durante vários ciclos de maré e diferentes substratos.	Utilizadores avançados. Equipa numerosa e material especializado
Sistemas de Informação Geográfica (SIG)	'layers' de SIG para a qualidade da água, usos, política e legislação	Utilizador avançado
Soil and Water Assessment Tool (SWAT)	Analisa os impactes humanos nas bacias hidrográficas. Cenários para a gestão do uso dos solos, dos recursos hídricos e cenários climáticos	Utilizador avançado. Dados específicos necessários
Delft3D-FLOW	Modelo hidrodinâmico tridimensional. Simulações de correntes, transporte sedimentar, ondas, qualidade da água, morfologia e ecologia dos locais	Utilizador avançado Dados específicos necessários
AquaShell, AquaFish	Modelos de crescimento individual de bivalves e de peixe, e efeitos ambientais sobre as espécies.	Conhecimento técnico mínimo
FARM	Avaliação da produção aquícola, efeitos ambientais e economia à escala local	Conhecimento técnico mínimo
EcoWin2000 (E2K)	Avaliação da produção do sistema, os efeitos ambientais, e capacidade de suporte ecológica. Análise de cenários	Utilizador avançado

FIGURA 20 Etapas de modelação ecohidrológica



Delft3D-FLOW

O modelo hidrodinâmico tridimensional Delft3D-FLOW simula as correntes, o transporte sedimentar, as ondas, e a morfologia. A grelha de cálculo apresenta resoluções de 30 m nos estreitos (e.g. Barra do Farol, Fig. 21) e nas zonas de maiores gradientes da batimetria, uma resolução de 100 m no interior da Ria e de 500 m ao largo, com 33 000 pontos de cálculo e 7 camadas verticais. O domínio do modelo estende-se por 80 km na direcção este-oeste e por 12 km a sul da Barra do Farol.

Modelos de crescimento individual

AquaShell

O modelo de crescimento individual para a Amêijoia Boa foi desenvolvido a partir do modelo genérico de bivalves AquaShell. Este modelo utiliza uma abordagem de balanço energético, e funções que representam a fisiologia dos bivalves. O modelo integra as principais componentes físicas e biogeoquímicas, a alometria, e fornece resultados

sobre a produção e efeitos ambientais, tanto na coluna de água como nos sedimentos.

AquaFish

O modelo de crescimento individual AquaFish tem como base o balanço energético e utiliza uma lógica semelhante (i.e. máxima simplicidade) à do modelo individual desenvolvido para bivalves.

Em contraste com a aquacultura de bivalves, que extrai da água matéria orgânica produzida naturalmente, os peixes são alimentados (com ração seca granulada no Ocidente, mas no Sudeste Asiático são frequente alimentados com peixes sem valor comercial); um dos indicadores chave da piscicultura é o rácio de conversão alimentar, ou FCR, pelo que o alimento fornecido tem que ser tido em conta no modelo.

Outra das diferenças fundamentais na simulação da alimentação é o facto da abordagem com base na concentração, como é habitualmente utilizada nos modelos de

FIGURA 21 Grelha de cálculo: a barra do Farol como exemplo de uma área de alta resolução

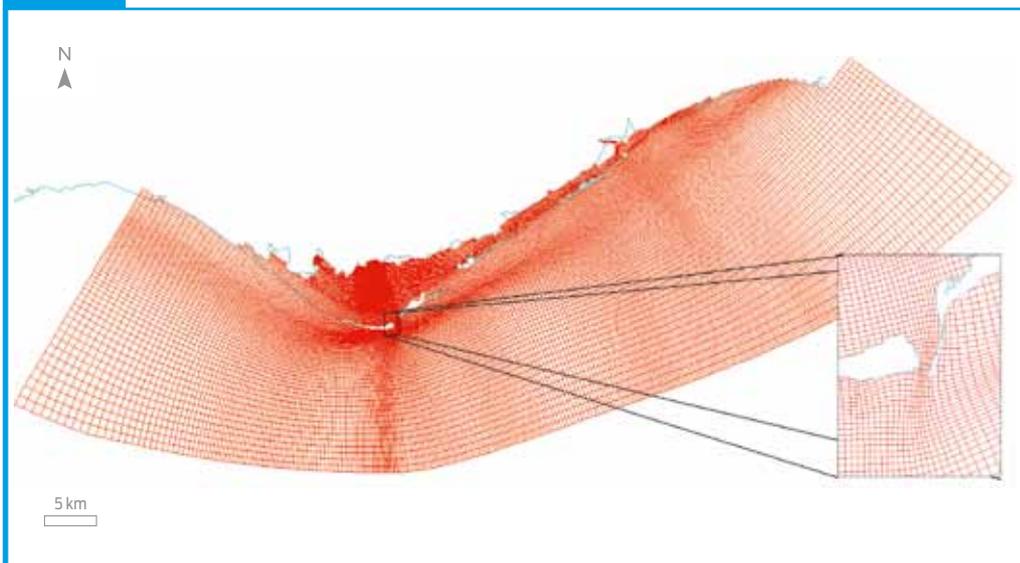
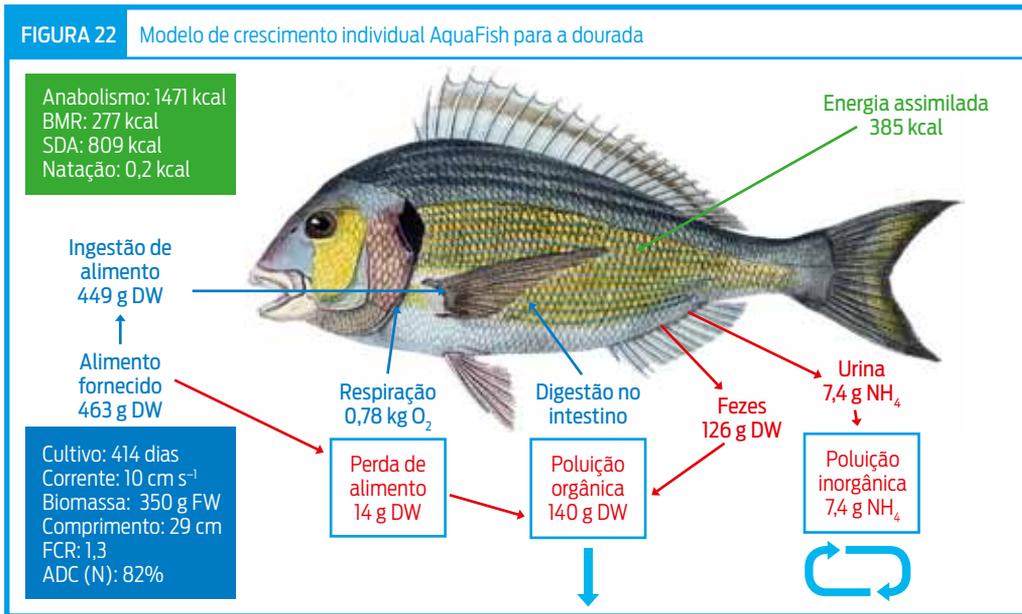


FIGURA 22 Modelo de crescimento individual AquaFish para a dourada



bivalves, não ser adequada, dado que a dourada (e outras espécies de peixes tal como o salmão e o robalo) comem uma 'refeição'; A melhor forma de compreender esta questão será considerando que as douradas selvagens se alimentam de presas individuais tais como mexilhões, crustáceos e pequenos peixes. A Fig. 22 ilustra os tipos de resultados que podem ser obtidos com o modelo.

EcoWin2000

O EcoWin2000 (E2K) é um modelo ecológico para sistemas aquáticos, tendo por base a programação orientada por objectos. Resolve a hidrodinâmica e a biogeoquímica, e pode ainda incluir a análise da dinâmica das populações das espécies escolhidas.

O EcoWin2000 é composto por duas partes essenciais: i) a parte central - o módulo que é responsável pela comunicação entre os diferentes objectos, a 'interface' com o utilizador, produção dos resultados do modelo, e as tarefas normais de manutenção; e ii) os



Figura 23. Corrida do modelo EcoWin2000 (E2K) para simulação do ecossistema da Ria Formosa.

objectos 'ecológicos'. Cada objecto agrupa um número determinado de variáveis de estado ou funções forçadoras, e esta abordagem torna fácil construir novos objectos feitos por medida para um ecossistema específico.

O modelo EcoWin2000 tem sido utilizado para estudos de poluição, eutrofização, e sustentabilidade de aquacultura. Já foi aplicado em muitas partes do mundo, e é uma potencial ferramenta para apoiar a abordagem

FIGURA 24 Conceito geral do modelo FARM (aquacultura integrada multitrófica)

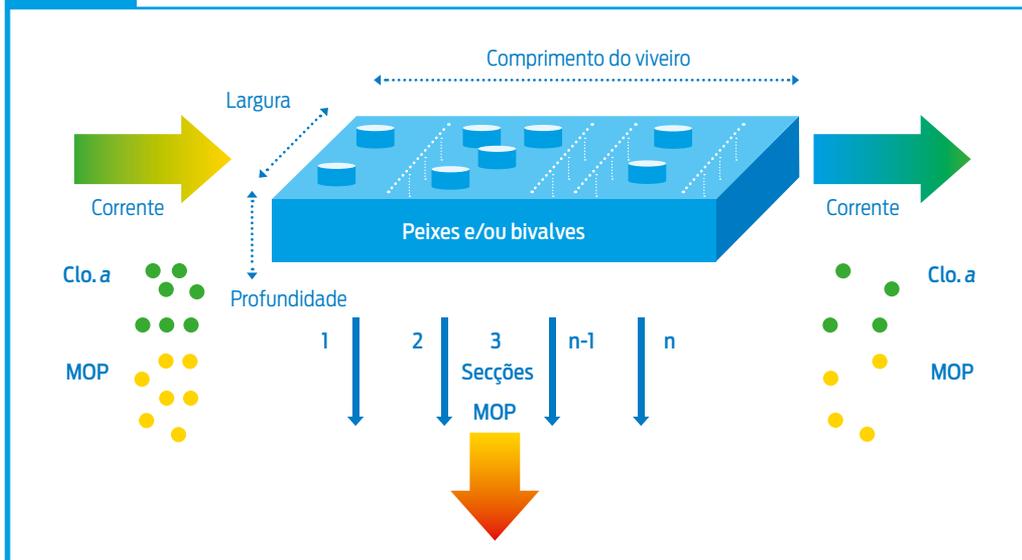
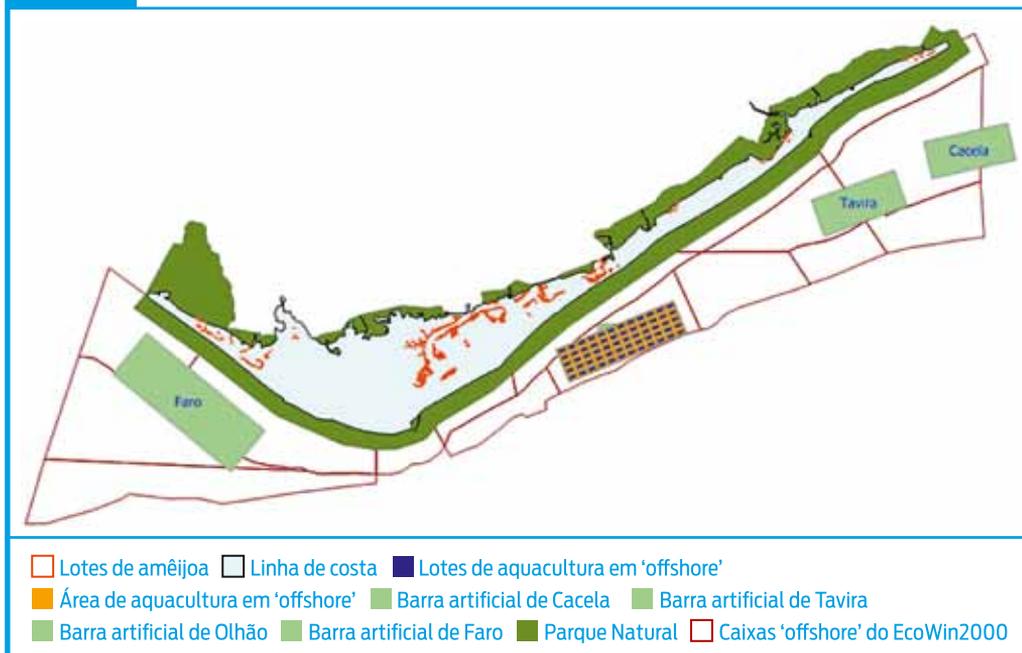


FIGURA 25 Sistema de gestão na internet onde se podem visualizar os diferentes usos da Ria Formosa, dados de campo, e modelos de simulação



ecossistémica à aquacultura (EAA), tal como recomendada pela FAO.

No projecto FORWARD, o E2K foi utilizado para implementar o modelo ecológico à escala da Ria e plataforma adjacente, com o objectivo de estimar a produção e simular cenários de gestão da Ria Formosa.

FARM

O modelo FARM (Farm Aquaculture Resource Management) (Fig. 24) simula a aquacultura à escala local, seja em terra, costeira ou 'offshore'.

O modelo pode ser aplicado a peixes e/ou bivalves, e combina modelos físicos e biogeoquímicos, modelos de crescimento de bivalves e peixes, e modelos de custo-benefício. Os efeitos ambientais são calculados quer a nível dos sedimentos, quer a nível de eutrofização na coluna de água. Este tipo de modelo é direccionado tanto para o produtor como para o gestor.

Sistema de Informação Geográfica

No projecto FORWARD o sítio da web goodclam.org/gis ilustra como as diferentes camadas podem ser agrupadas para fornecer resultados para os gestores e permitem detalhar aspectos específicos da Ria Formosa, incluindo dados medidos, usos e resultados da modelação.

REFERÊNCIAS-CHAVE

Boyd, C.E., 2009. Advances in technologies and practice for land-based aquaculture systems: ponds for finfish production. Chapter 32 in: Burnell, G & Allan, G (Eds) New technologies in aquaculture: Improving production efficiency, quality and environmental management. CRC/Woodhead Publishing, Oxford. P. 984-1009.

Dias J.M., Sousa, M., Bertin, X., Fortunato, A., Oliveira, A., 2009. Numerical modeling of the impact of the Ancão Inlet relocation (Ria Formosa, Portugal). Environmental Modelling & Software. 24, 711-725

Grant J, Bacher C. 1998. Comparative models of mussel bioenergetics and their variation at field culture sites. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 219 (1-2): 21-44.

Nunes J.P., Seixas J, Pacheco N.R.. 2008. Vulnerability of water resources, vegetation productivity and soil erosion to climate change in Mediterranean watersheds. Hydrological Processes 22 (16): 3115-3134.

McKindsey, C.W., Thetmeyer, H., Landry, T., Silvert, W., 2006. Review of recent carrying capacity models for bivalve culture and recommendations for research and management. Aquaculture 261, 451-462.

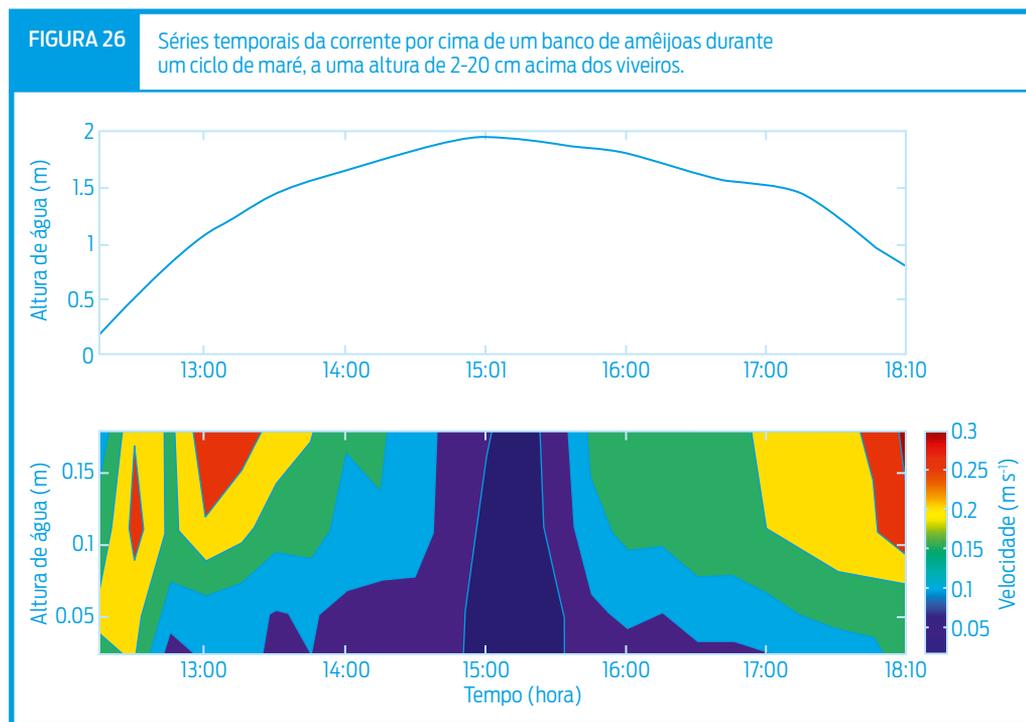
A Abordagem Ecosistémica para a Aquacultura (EAA) promovida pela FAO, estabelece que a aquacultura sustentável deve satisfazer as seguintes condições:

- | Equilíbrio ecológico;
- | Equidade social;
- | Harmonização de usos múltiplos.

A análise da sustentabilidade da aquacultura realizada pelo projecto FORWARD, e desenvolvida adiante, baseia-se neste enquadramento.

EQUILÍBRIO ECOLÓGICO

Os modelos aplicados no FORWARD (ver capítulo 'Ferramentas') foram implementados para simular as condições em que ocorre actualmente a aquacultura. A análise final depende da ligação entre vários modelos, mas os resultados dos componentes separados (incluindo ensaios de campo) são de grande valor.



Experiências de campo

As experiências foram realizadas instalando a instrumentação próximo dos bancos de amêijoas, nos viveiros da Fortaleza, Olhão, para estudar a hidrodinâmica de escala fina e o tipo e a quantidade de alimento disponível para as amêijoas e ostras.

A velocidade máxima registada na coluna de água acima do banco de amêijoas foi de $0,34 \text{ m s}^{-1}$. Os resultados obtidos fornecem informação acerca da velocidade vectorial nas áreas entre-marés (Fig. 26). A enchente ocorre no sentido sul-norte e a vazante no sentido inverso.

Foram medidas taxas de filtração de $1,23 \text{ L g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ para Amêijoas Boas, e de $2,7 - 3,8 \text{ L ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ para o berbigão. As medições morfométricas feitas durante o trabalho de campo foram

usadas para calibrar o modelo de crescimento individual.

A Amêijoas Boa alimenta-se de fitoplâncton, microfítobentos (associado ao fundo), e detritos. Durante a enchente, água do mar rica em algas entra na Ria e passa por cima dos viveiros. Consequentemente, na preia-mar verifica-se um pico de clorofila (Fig. 27) que diminui depois durante a vazante.

O perfil vertical de clorofila por cima de um viveiro mostra uma depleção do alimento perto do sedimento (Fig. 27). Durante ou próximo da viragem da maré parece haver uma ressuspensão de algas perto do leito. Este padrão é similar para a matéria orgânica particulada. A concentração de microfítobentos à superfície do sedimento é elevada, com valores de $4-8 \mu\text{g g}^{-1}$. Se considerarmos a existência de microfítobentos até uma

FIGURA 27 Perfil vertical de clorofila a por cima dos viveiros da Fortaleza, Ria Formosa, durante um ciclo de maré.

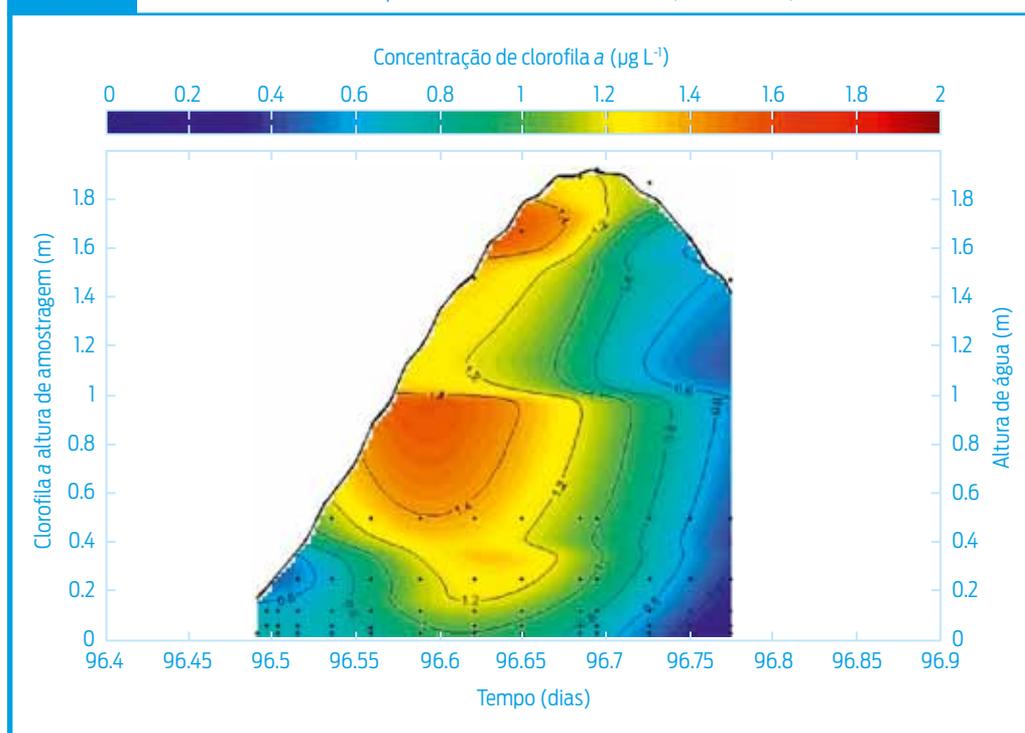
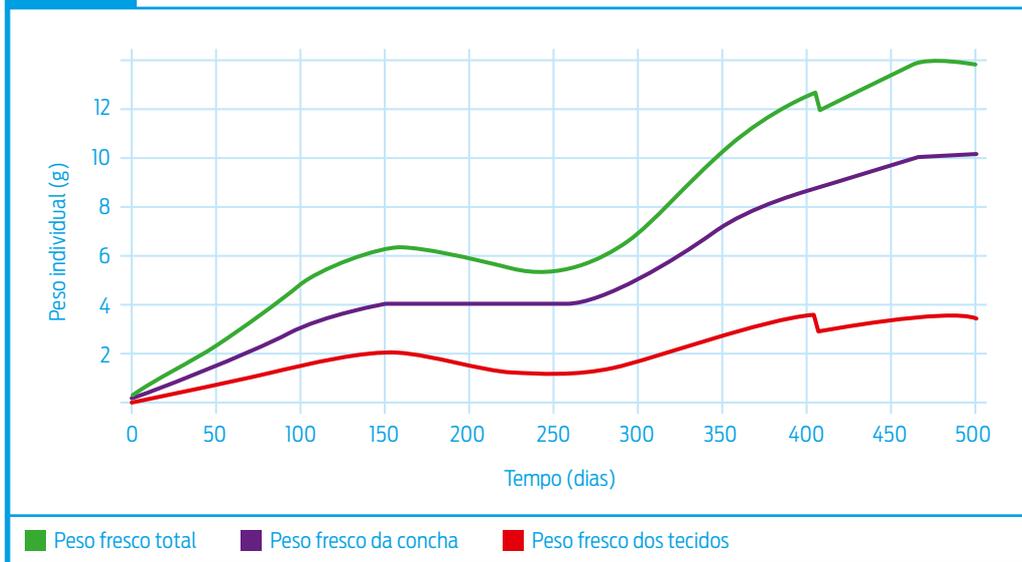


FIGURA 28 Crescimento individual de Amêijoia Boa (*Ruditapes decussatus*).



profundidade de sedimento de 2 mm, para uma densidade sedimentar de 2600 kg m^{-3} , a concentração de microfítobentos seria de $20\text{-}40 \text{ mg m}^{-2}$, uma ordem de grandeza acima da concentração de fitoplâncton ($1\text{-}2 \text{ mg m}^{-2}$ para uma profundidade de 1 m da coluna de água). Acresce que nem todo o fitoplâncton será acessível às amêijoas e ostras cultivadas.

Parece razoável assumir que o microfítobentos será uma fonte importante de alimento para os bivalves cultivados, e que isso poderá explicar a preparação dos lotes de cultivo de amêijoas – de acordo com os viveiristas o sedimento tem que mudar de côr ('cozer') antes do planteio, senão as amêijoas não sobrevivem. Poderá ainda explicar os relatos de transferência de ostras com cerca de 3 cm de comprimento dos tabuleiros para o sedimento quando começam a 'sujar', i.e. a produzir mais fezes e pseudofezes.

Crescimento individual de bivalves

Os modelos de crescimento individual de Amêijoia Boa e ostra foram desenvolvidos a

partir do modelo AquaShell. Foi adicionada uma componente alimentar facultativa de microfítobentos.

O modelo foi calibrado para *Ruditapes decussatus* (Amêijoia Boa), com base nos dados obtidos na literatura e nas campanhas e experiências efectuadas na área de Fortaleza – Olhão durante o projecto FORWARD (Outubro de 2010 e Abril de 2011). A Fig. 28 apresenta resultados da simulação do peso total e dos tecidos moles. Este modelo simula o crescimento e os impactes ambientais, tanto ao nível da coluna de água como no sedimento. O modelo individual foi integrado nos modelos ecológicos à escala do sistema (EcoWin2000) e escala local (FARM), permitindo simular a produção dos viveiros à escala da população, i.e., incidindo sobre a coorte comercializável.

Período de referência da modelação

O período de referência foi estabelecido para o ano hidrológico 2007/2008 (Outubro

a Setembro) com base no cruzamento de dados existentes. Por um lado, a base de dados meteorológica, necessária para forçar os modelos de bacia hidrográfica e circulação hidrodinâmica, possui os dados necessários entre 2001 e 2008. Por outro, os sistemas de estações de tratamento de águas residuais de Faro, Olhão e Tavira foram reconfigurados entre 2006 e 2007, pelo que a modelação deverá ser posterior a este período. O ano de 2007/2008 apresentou precipitações semelhantes à média entre 1981 e 2009, pelo que se pode considerar representativo em termos climáticos. O uso de um ano hidrológico completo permite simular o comportamento do sistema em época húmida (outono e inverno) e seca (primavera e verão).

Hidrologia

Modelação das cargas da bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica da Ria Formosa é uma fonte de nutrientes e de outros poluentes, provenientes maioritariamente das cargas directas de ETAR urbanas, e de cargas difusas, principalmente de áreas agrícolas. As cargas directas concentram-se em ETAR localizadas maioritariamente em torno das principais zonas urbanas (Fig. 11), e são relativamente constantes no tempo. As cargas difusas ocorrem por via superficial, através da rede hídrica, entrando na Ria através da foz das diferentes ribeiras, ou por via subterrânea através de lixiviação para os aquíferos e posterior transporte para a Ria, entrando de forma distribuída no espaço através dos sedimentos do fundo. Concentram-se na estação húmida (Outubro a Março) e, dentro desta, ocorrem principalmente em períodos de precipitação elevada.

A quantificação destas cargas focou-se em três metodologias: (i) quantificação directa das cargas das ETAR, (ii) modelação das cargas difusas a partir da rede hídrica, e (iii)

estimativa das cargas provenientes do aquífero a partir de medições efectuadas nos sedimentos da Ria Formosa.

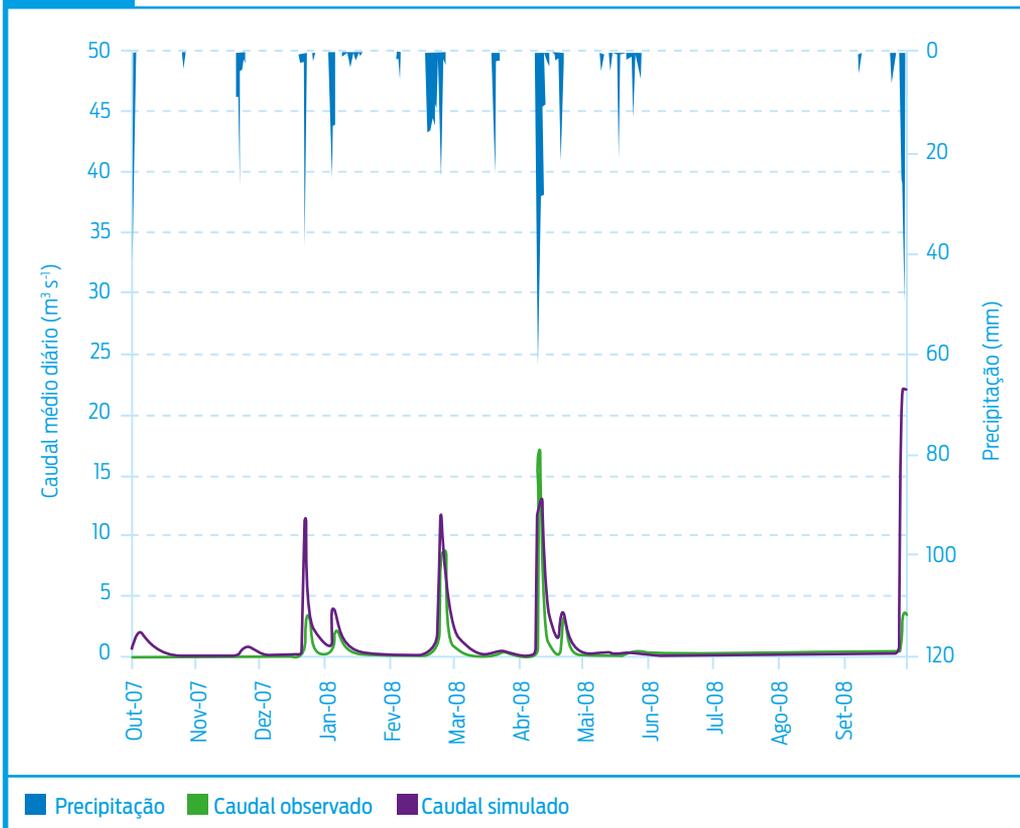
A estimativa de cargas pontuais a partir de ETAR considerou as principais estações (população projectada superior a 3000 habitantes, ou 1% da população projectada total na área de estudo) com descargas na Ria Formosa ou na bacia hidrográfica, operacionais durante o ano hidrológico 2007/08. Isto resultou na análise de 7 ETAR em 20, com 99% da população projectada (ilustradas na Fig. 11); destas, 6 descarregam directamente na Ria Formosa e uma descarrega numa linha de água afluente à Ria. As estimativas foram baseadas nas análises mensais de autocontrolo efectuadas aos efluentes, fornecidas pela ARH Algarve, que incluem vários parâmetros, nomeadamente caudal, sólidos suspensos, fósforo e azoto⁵. Salienta-se que a ETAR de Faro Noroeste foi substituída após o período de simulação, e que a nova ETAR apresenta uma redução importante da descarga *per capita*, o que leva a que os valores estimados representem uma sobre estimativa dos valores actuais.

A simulação de cargas de origem difusa foi efectuada através do modelo ecohidrológico SWAT—Soil and Water Assessment Tool. O modelo foi seleccionado pela sua capacidade de simular os principais processos hidrológicos na bacia hidrográfica da Ria Formosa, na sua componente superficial e subsuperficial (solo não-saturado e aquífero próximo). O modelo opera com um intervalo de tempo diário para um período multianual; é capaz de uma discretização ao nível das massas de água superficiais definidas na Directiva-Quadro da Água e suas bacias drenantes. É especialmente indicado para a simulação de cargas de água, sólidos, azoto e fósforo.

5 Nitrogênio em português do Brasil.

FIGURA 29

Comparação entre medições e observações no Rio Gilão para caudais diários (2007/2008; observações SNIRH para a estação hidrométrica da Bodega)



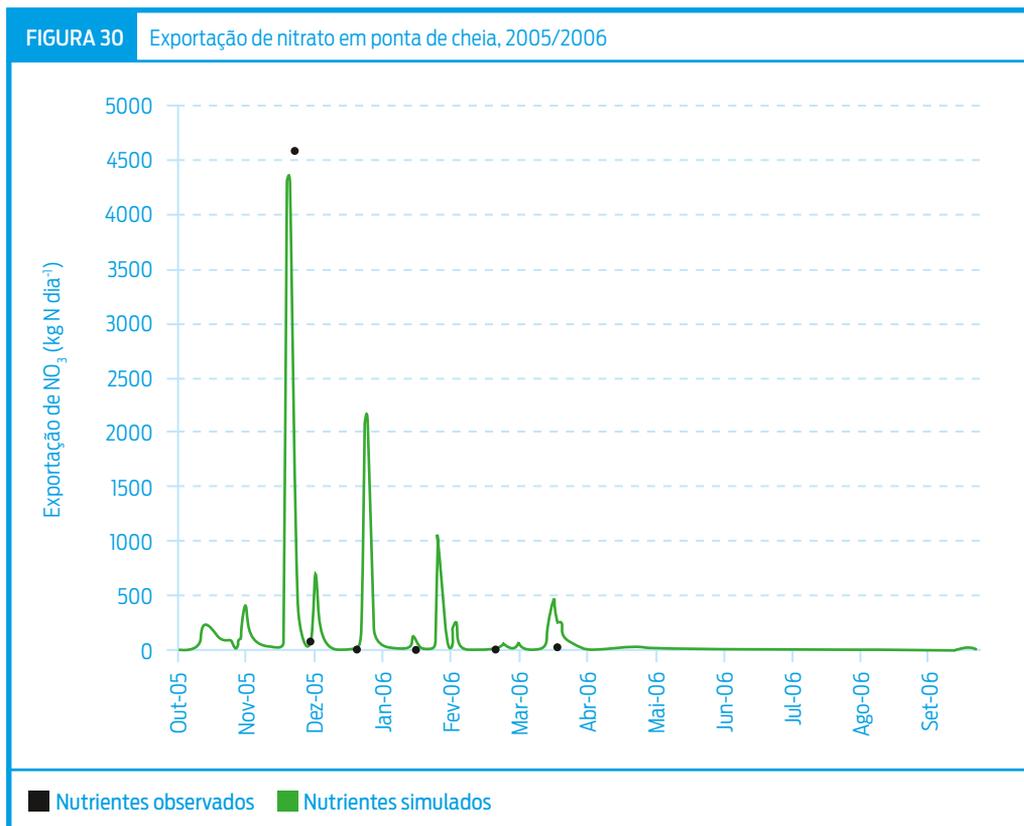
A aplicação do SWAT baseou-se na recolha de uma extensa base de informação, incluindo cartografia (modelo digital do terreno, rede hídrica, carta de solos, carta litológica, carta de usos de solo), meteorologia (redes SNIRH e GLOBALSOD), hidrometria (rede SNIRH) e qualidade da água (rede SNIRH e Universidade do Algarve). Estes dados sofreram uma pré-análise para exclusão de valores dúbios, estimativa de valores em falta, e cálculo de parâmetros relevantes.

O modelo foi aplicado de Outubro de 2001 a Setembro de 2008, período precedido de quatro anos de estabilização. Foram consideradas todas as sub-bacias hidrográficas

com área superior a 400 ha, valor que resultou de um compromisso entre simular a maior área possível e minimizar a complexidade do modelo. As bacias apenas foram consideradas até à zona de transição com a Ria Formosa, e excluem-se salinas e sapais costeiros, bem como parte das principais zonas urbanas.

A área de simulação resultante consiste em 19 bacias hidrográficas com descarga para a Ria Formosa, numa área de simulação de 637 km². Estas foram divididas em 50 sub-bacias, com área mediana de 9,4 km², procurando respeitar as massas de água doce definidas para a Directiva-Quadro da Água, bem como os

FIGURA 30 Exportação de nitrato em ponta de cheia, 2005/2006



pontos de transição entre diferentes substratos litológicos, os pontos de descarga das principais ETAR, e a localização de estações de medição hidrométrica e de qualidade da água.

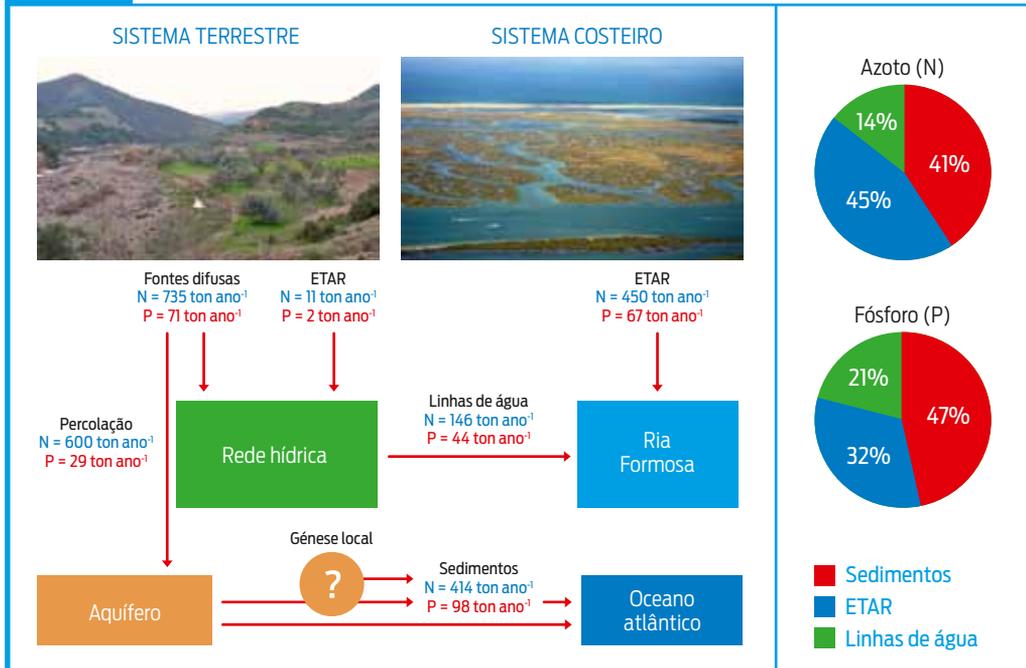
Esta área é dividida em Unidades de Resposta Hidrológica (URH): regiões com a mesma combinação de uso de solo, tipo de solo e declive, dentro de uma sub-bacia hidrográfica; o SWAT fornece resultados individuais de balanço de água e nutrientes para cada uma das URH. As classes de tipo e uso de solo foram agregadas por forma a simplificar a modelação, mantendo no entanto a representatividade do modelo para a área de estudo. As URH com área inferior a 100 ha foram integradas na URH mais próxima. No final, a bacia hidrográfica da Ria Formosa foi subdividida em 331 URH. Estas

foram parametrizadas em termos de culturas/espécies vegetais dominantes, práticas agrícolas (incluindo fertilização e irrigação), propriedades dos solos, e hidrogeologia, com base em adaptações anteriores do SWAT para bacias Mediterrânicas.

Os resultados do modelo foram avaliados para 11 estações hidrométricas da rede SNIRH e para 10 pontos de medição da qualidade da água, incluindo a rede SNIRH e os pontos de avaliação de nutrientes em ponta de cheia. A calibração focou-se na reprodução tanto dos caudais e nutrientes exportados anualmente, como nos picos de caudal e nutrientes em dias chuvosos, tendo havido um esforço para criar uma parametrização representativa para toda a bacia hidrográfica (incluindo ribeiros não instrumentados)

FIGURA 31

Estimativa de cargas de nutrientes para a Ria Formosa a partir de terra, para o ano hidrológico 2007-2008.



e evitar a sobrecalibração com dados hidrométricos existentes.

percolado é semelhante à observada nos aquíferos: ~10 mg N L⁻¹.

Os resultados mostram uma simulação adequada de caudais e exportação de nutrientes (Fig. 29 e Fig. 30), embora a avaliação do modelo para azoto e fósforo seja limitada pela baixa frequência da amostragem existente, que permite apenas uma avaliação da ordem de grandeza das exportações em períodos de caudais elevados.

Devido às incertezas associadas à transmissão de nutrientes do aquífero para a Ria Formosa, a estimativa das cargas a partir do aquífero foi baseada em medições de exportações de azoto e fósforo a partir dos sedimentos. Estas medições incorporam não só entradas do aquífero, mas também outras fontes, como a decomposição de matéria orgânica e a diagénese.

A falta de dados sobre exportação de nutrientes para os aquíferos limitou a avaliação destes resultados do modelo SWAT. Pode no entanto afirmar-se que os resultados simulados (Fig. 31) estão na ordem de grandeza correcta; as estimativas de exportação de 600 ton N/ano são próximas dos valores publicados de 700 ton N/ano, e a concentração simulada de NO₃ no caudal

Os resultados combinados da estimativa de cargas da bacia hidrográfica, através da avaliação de descargas de ETAR, aplicação do modelo SWAT, e análise de entrada de nutrientes a partir de sedimentos, são apresentados na Tabela 9. A origem dos nutrientes e o processo de transporte através da rede hídrica e dos aquíferos estão ilustrados na Fig. 31.

TABELA 9 Estimativa de cargas de nutrientes para a Ria Formosa no ano hidrológico 2007/2008.

Origem	N (ton/ano)	P (ton/ano)
ETAR (descarga directa)	450 (45%)	67 (32%)
Linhas de água	146(14%)	44 (21%)
Sedimentos	414 (41%)	98 (47%)
Total	1010	209

Deve notar-se a incerteza associada às transferências entre os aquíferos e os sedimentos, tanto devido a questões de escala temporal (os nutrientes percolados para os aquíferos podem levar vários anos a ser transportados para a Ria Formosa), como à interacção com outros factores, nomeadamente a génese de nutrientes nos sedimentos a partir de processos como a decomposição de matéria

orgânica e a diagénese. De qualquer forma, observa-se que as ETAR e os sedimentos são as principais fontes de nutrientes para a Ria Formosa, enquanto as linhas de água apresentam cargas de importância menor mas não desprezável.

No entanto, a perspectiva da importância das fontes de origem de nutrientes muda

FIGURA 32 Estimativa de cargas de azoto diárias para a Ria Formosa a partir de terra, para o ano hidrológico 2007/2008.

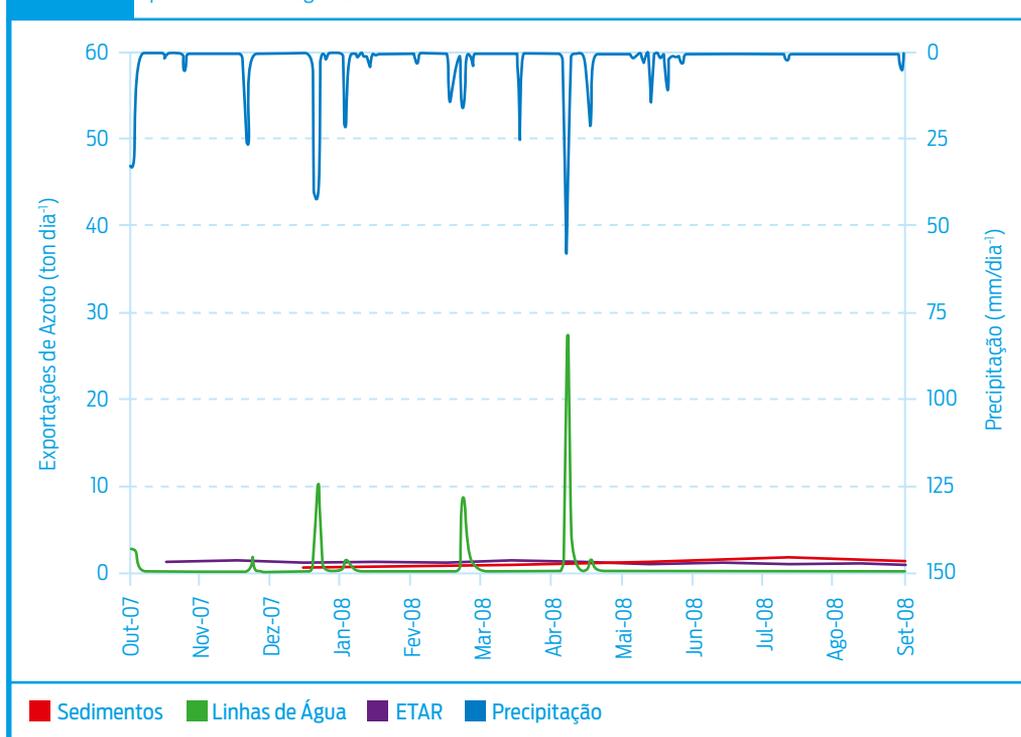


TABELA 10 Estimativa de cargas de nutrientes para a Ria Formosa entre 8 e 12 de Abril de 2008.		
Origem	N (ton)	P (ton)
ETAR (descarga directa)	7 (12%)	1 (4%)
Linhas de água	43 (78%)	19 (90%)
Sedimentos	5 (10%)	1 (5%)
Total	55	21

TABELA 11 Estimativa de cargas de nutrientes (toneladas) para a Ria Formosa, por zona geográfica.							
Período	Origem	Occidental		Central		Oriental	
		N	P	N	P	N	P
Anual	ETAR (descarga directa)	398	57	9	~0	43	6
	Linhas de água	34	12	20	9	92	22
8-12 Abril 2008	ETAR (descarga directa)	6	1	~0	~0	1	~0
	Linhas de água	5	3	11	6	27	10

TABELA 12 Aplicação do modelo SWAT – principais conclusões	
Diagnóstico	Detalhe
Em 2007/08, as ETAR foram fontes importantes de descarga de nutrientes na Ria Formosa, mas apenas contribuem com parte do total	45% azoto, 32% fósforo
Importante entrada dos sedimentos; a origem é incerta, mas parte poderá vir de aquíferos contaminados	41% azoto, 47% fósforo
A importância anual das fontes difusas é difícil de estimar; a contribuição via rios é menor mas importante, a contaminação de aquíferos é desconhecida	Rios: 14% azoto, 21% fósforo
Em períodos de caudal elevado, a importância dos rios é determinante	78% azoto, 90% fósforo de 8 a 12 Abril 2008

quando se analisam as cargas diárias (Fig. 32). Enquanto que as cargas diárias a partir de ETAR e sedimentos são relativamente constantes (0,7 a 1,8 t de azoto, e 0,1 a 0,6 t de fósforo), as entradas a partir de terra estão concentradas em períodos de precipitação e caudal elevados; geralmente são nulas, mas durante o período de máximo caudal observado (8 a 12 Abril 2008) atingem-se cargas diárias de 27 t de azoto e 15 t de fósforo. Durante este período as cargas terrestres a partir de linhas de água tornam-se dominantes (Tabela 10).

Em termos espaciais, existe uma diferença na concentração de cargas ao longo da Ria Formosa. A Tabela 11 apresenta as cargas de nutrientes para a Ria Formosa por região: ocidental (até Olhão), central (entre Olhão e Tavira), e oriental (a partir de Tavira). As linhas de águas e ETAR nestas regiões estão ilustradas na Fig. 11; assumem-se as entradas de sedimentos como sendo constantes. Conforme se pode observar, a nível anual a região ocidental da Ria é dominada pelas cargas das ETAR, enquanto que as

regiões central e oriental são dominadas pelas cargas das linhas de água, apesar das cargas das ETAR não serem desprezáveis. Já durante o período de caudal máximo, as cargas na região ocidental da Ria dividem-se equitativamente entre ETAR e linhas de água, enquanto nas regiões central e oriental as cargas das ETAR são desprezáveis.

As cargas de azoto e fósforo obtidas através da aplicação do SWAT foram utilizadas para as entradas de terra no modelo ecológico EcoWin2000. Dado que estas cargas são simuladas com base em factores como os usos do solo, o modelo SWAT permite ao gestor analisar alterações nos padrões agrícolas, descargas urbanas, e outros aspectos da gestão da bacia hidrográfica (Tabela 12).

Circulação

Modelação hidrodinâmica

A baixa profundidade da Ria Formosa, a sua estrutura de canais ramificada e a grande exposição à plataforma adjacente através das suas barras confere a este sistema uma elevada complexidade hidrodinâmica. Contudo, em termos de forçamento o sistema é relativamente simples, com a maré a dominar, podendo a Ria trocar entre 50–75 % do total do seu volume em água em cada ciclo de maré. Desta forma, os elementos essenciais a modelar dentro da Ria e nas

suas barras foram a resposta do sistema aos ciclos semi-diurnos e quinzenais de maré, assim como as correntes resultantes da interacção da maré com a batimetria.

Os fluxos com a atmosfera são pouco relevantes na regulação da temperatura e salinidade da Ria. Contudo, são importantes na simulação da temperatura no oceano adjacente à Ria.

O modelo de circulação foi implementado para a totalidade da Ria Formosa e plataforma adjacente, até à isóbata dos 30 m (Tabela 13). Uma vez optimizado o modelo, os resultados foram comparados com um novo conjunto de dados observados, permitindo assim aferir a validade do modelo em relação a um conjunto de dados não utilizados na calibração.

A calibração da maré foi feita tendo como referência a batimetria construída a partir das campanhas realizadas em 1979-1980 e as medições do nível da água realizadas durante o mesmo período.

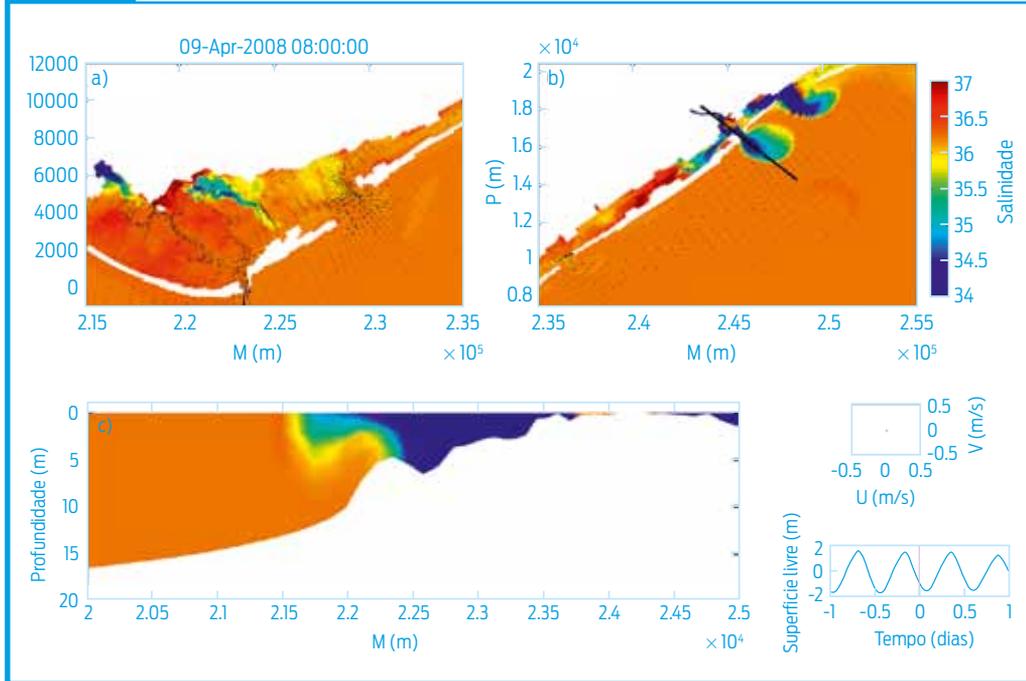
Foi feita a modelação do campo de densidade na plataforma continental, o que permitiu modelar fluxos na zona de concessões da APPA de Armona e a reincorporação na Ria da água previamente escoada pela maré. A maré foi forçada com o modelo de maré global FES2004, chegando em simultâneo a todas as fronteiras.

TABELA 13 Campanhas para elaboração das batimetrias.

Zona	Ano
Todo o domínio	1979-80
Canal Faro	2000
Canais secundários	2001
Barra Tavira	2001
Barra Fuzeta	2002

FIGURA 33

Modelo hidrodinâmico: salinidade em condições de precipitação intensa. a) distribuição horizontal na Fuzeta; b) distribuição horizontal em Tavira; c) distribuição vertical em Tavira (secção a negro em b).



A calibração centrou-se na modificação do parâmetro da rugosidade do fundo de Manning, de acordo com as características morfológicas da batimetria. Este é o principal parâmetro que afecta a propagação da onda de maré dentro da Ria, tendo sido alterado em classes de profundidade.

A viscosidade horizontal foi alterada localmente nas barras de Ancão, Farol e Tavira, de forma a eliminar as instabilidades locais na corrente, causadas pelas mudanças morfológicas bruscas nestas barras. O modelo representa adequadamente a maré na plataforma, no interior da Ria e nas barras de Ancão, Farol e Tavira (Fig. 33). Nas outras barras a natureza transitória da sua morfologia torna a solução do modelo inadequada para esses locais.

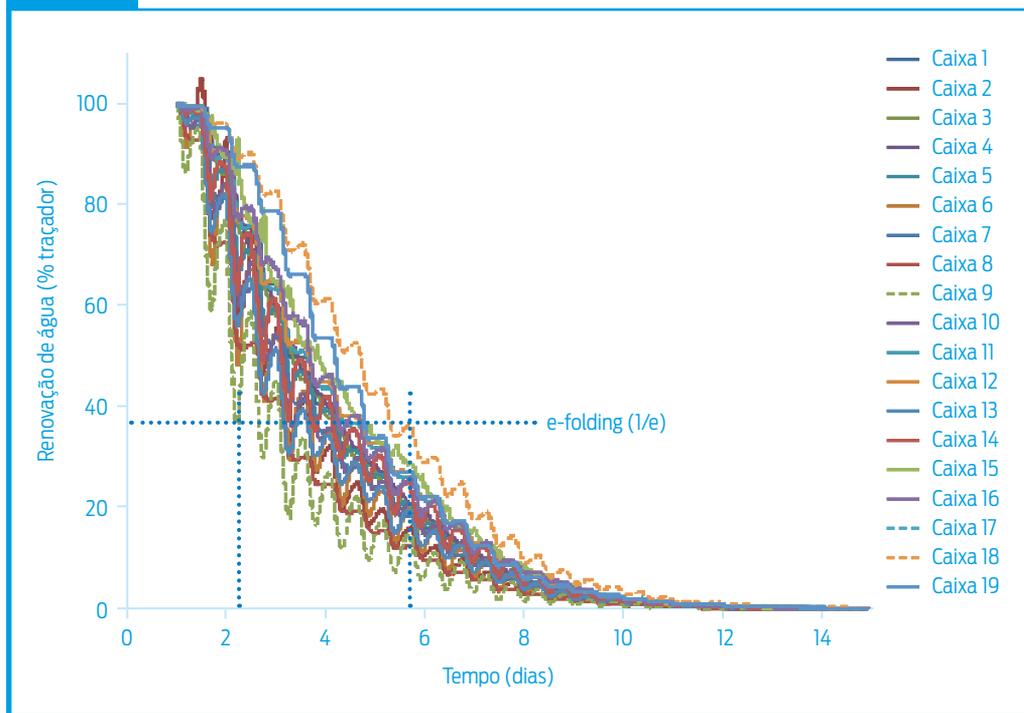
Para descrever a evolução da temperatura e salinidade nas fronteiras com o oceano

foram utilizados resultados de um modelo de escala regional. Para reduzir a complexidade da abordagem da modelação foi recolhido um único perfil vertical do ROMS (Regional Ocean Modelling System) que correu para o ano de 2001, sendo este perfil aplicado uniformemente em todas as fronteiras com as devidas interpolações entre as grelhas verticais dos dois modelos.

Elevados escoamentos de água doce, e ventos de leste, transportam água da zona nascente da Ria para poente, através da parte interior da plataforma continental. Em condições de levante, ocorre uma mistura completa da coluna de água até à isóbata de 20m, criando condições para a reincorporação de uma elevada fracção da água previamente escoada da Ria, ou seja, tempos de residência mais longos.

FIGURA 34

Tempo de residência (e-folding) estimado para cada caixa do modelo EcoWin2000 aplicado à Ria Formosa, com fluxos fornecidos pelo modelo hidrodinâmico (gama: 2-6 dias).



‘Upscaling’

Devido à complexidade da batimetria da Ria e da plataforma continental e a necessidade de resolver o modelo em várias camadas verticais, o modelo hidrodinâmico necessita de discretizar o espaço em cerca de 100 000 células de cálculo, chegando a resoluções de 100 m, o que limita o tempo de cálculo a um máximo de 30 segundos. A resolução do modelo ecológico a estas escalas não faz sentido visto as propriedades ecológicas simuladas serem aproximadamente uniformes à escala de um hectare e o ciclo de maré ser bem resolvido com passos temporais horários. O modelo ecológico também integra uma maior quantidade de variáveis de estado e uma corrida tipo simula um período de uma década. Assim, no modelo ecológico os fluxos do modelo hidrodinâmico

foram ajustados de forma a representar as trocas entre as caixas do modelo E2K, a escalas espacial e temporal relevantes para a ecologia.

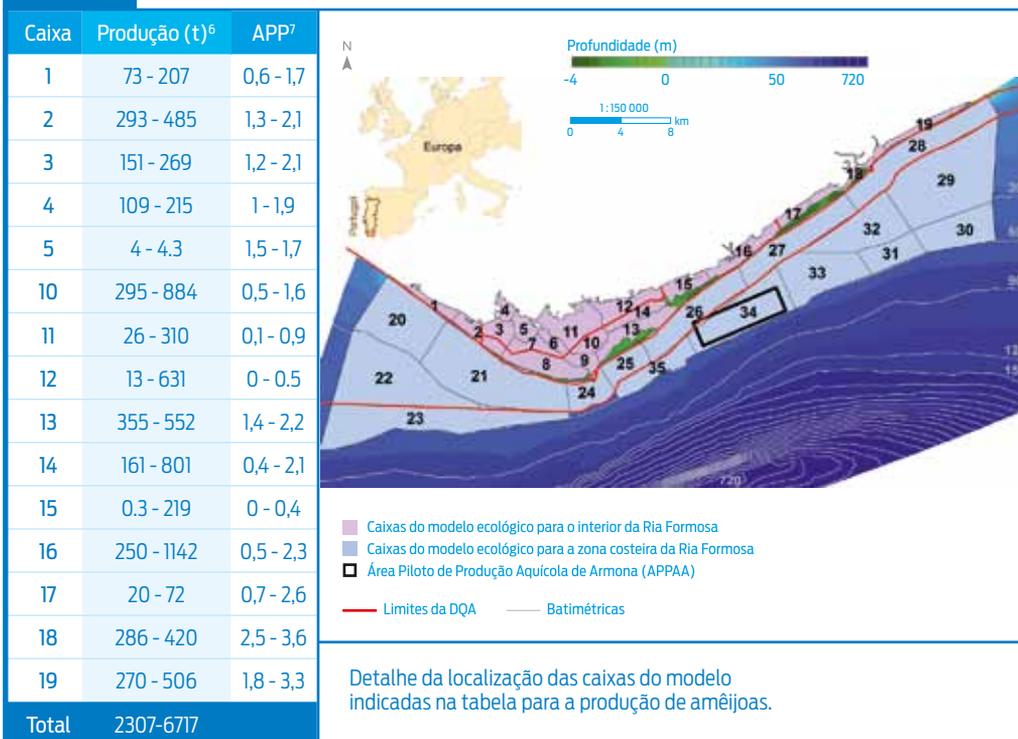
O balanço de massa anual de água foi conservado ao nível da caixa e do sistema. Os tempos de residência da água obtidos no modelo ecológico variam entre aproximadamente 2 e 6 dias, em diferentes partes da Ria Formosa (Fig. 34).

Capacidade de suporte à escala do sistema

A combinação de modelos para descarga de terra, circulação e crescimento de bivalves foi utilizada no quadro global do modelo ecológico EcoWin2000. Com base na calibração do actual modelo, calcula-se que a colheita anual de amêijoas na Ria seja de duas mil e trezentas

TABELA 14

Simulação no modelo E2K da produção e retorno do investimento (Produto Físico Médio ou APP) para a cultura de amêijoas na Ria Formosa



toneladas, o que está acima dos valores calculados a partir dos dados de desembarque das agências responsáveis pela pesca (Tabela 14). Estes resultados consideram só o alimento disponível na coluna de água, i.e. fitoplâncton e detritos orgânicos. O Produto Físico Médio, isto é, a razão entre o peso na colheita e o peso de semente, é um indicador da produtividade das diferentes áreas.

Outra abordagem para esta análise é comparar o peso atingido por um animal (Fig. 35) que funciona como indicador, e ajuda a identificar quais as áreas da Ria Formosa que têm melhor desempenho em termos de crescimento. Os resultados do modelo indicam que a parte

oriental da Ria é potencialmente a mais produtiva, seguida pela área central próxima da barra da Armona (Fortaleza) e pela área de Faro.

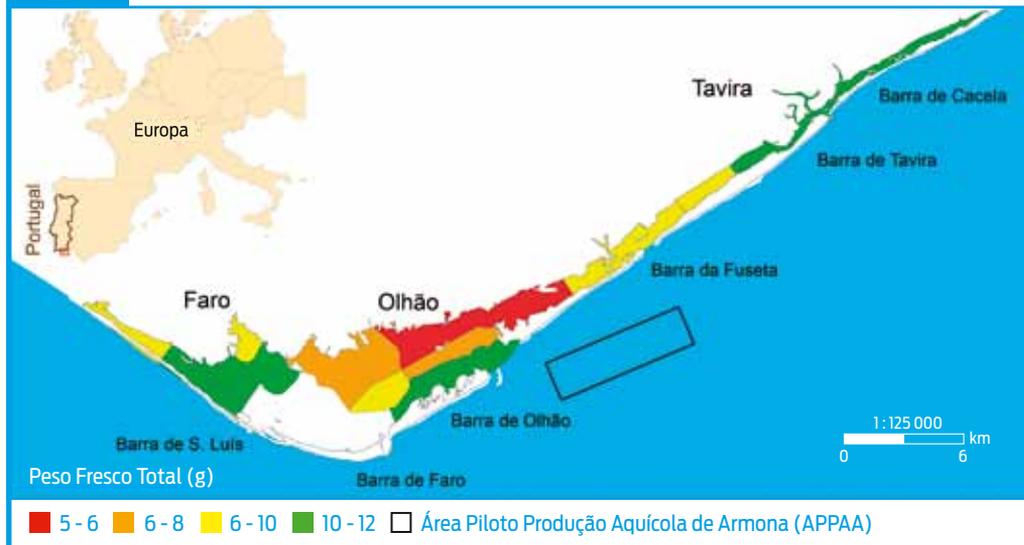
A simulação foi efectuada com toda a cultura de amêijoas existente no local, pelo que as variações do peso individual já reflectem a depleção de alimentos resultante do desenvolvimento actual da aquacultura. Contudo, no modelo é imposta uma taxa de mortalidade constante para os bivalves cultivados, sendo esta uma área a melhorar. A mortalidade elevada é comum durante o verão.

Uma combinação de baixas concentrações de oxigénio dissolvido durante os meses mais

6: Colheita de amêijoas só com fitoplâncton (esquerda), e adicionando microfítobentos (direita)

7: APP de amêijoas só com fitoplâncton (esquerda), e adicionando microfítobentos (direita)

FIGURA 35 Peso individual de Amêijoas Boas no fim de um ciclo de cultura



quentes, a perda de resistência resultante da desova e fortes sintomas de doença das brânquias devido ao protozoário patogénico *Perkinsus marinus* parecem combinar-se e causar esta elevada mortalidade. São necessários melhores dados para identificar os padrões de mortalidade anual típicos. Mais adiante são apresentadas sugestões sobre como atingir este objectivo. Foram feitas simulações em que para além do alimento disponível na coluna de água, foi disponibilizado microfítobentos — uma adição muito conservadora aumenta a colheita anual de amêijoas para 6700 toneladas, sendo perfeitamente razoável admitir valores de cerca do dobro, considerando as concentrações de microfítobentos medidas na Ria Formosa.

CAPACIDADE DE SUPORTE À ESCALA LOCAL

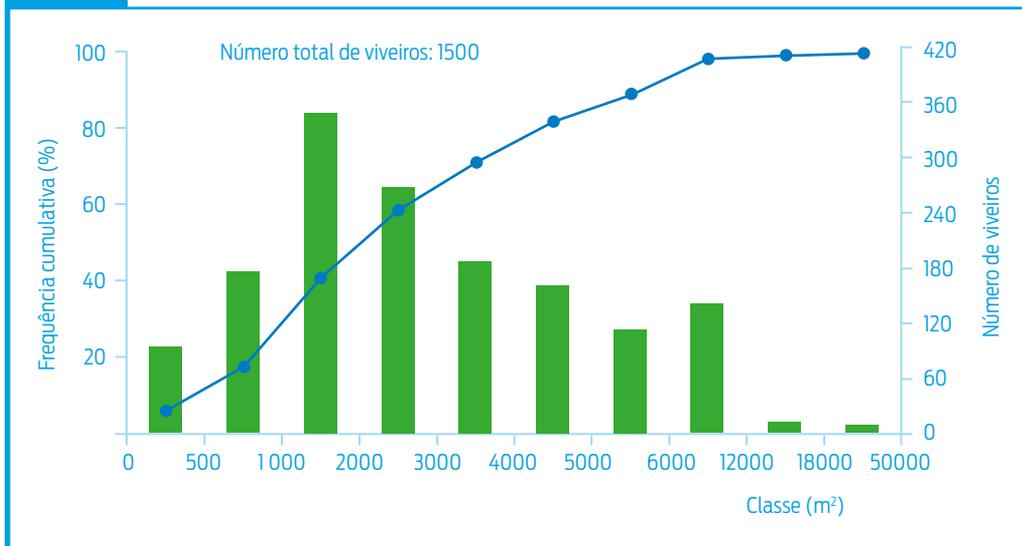
Aquacultura em mar aberto

Os modelos à escala local são vistos como um complemento dos modelos à escala do ecossistema, tal como descrito anteriormente.

Os modelos à escala do viveiro têm sido utilizados com frequência para escolha de locais e para efeitos de licenciamento mas a gestão integrada das zonas costeiras deve utilizar em primeiro lugar modelos à escala do sistema para avaliação da capacidade de suporte. A abordagem fragmentada da avaliação dos vários locais ignora as interações, por exemplo no que respeita à escassez de alimentos na cultura de bivalves.

Contudo, numa fase subsequente, os modelos à escala do viveiro fornecem uma avaliação mais detalhada e mais exacta da adequação do local, quer em termos de produção quer do impacto no ambiente. Ambos os tipos de modelos podem ser combinados para levar a cabo esta análise. O modelo à escala do sistema correu para um período de dez anos (com cultura completa de amêijoas e ostras) e os dados para o ano sete foram extraídos a cada 30 dias para correr o modelo FARM. Foi ainda analisada a distribuição de dimensões dos lotes a fim de seleccionar a área mediana de um lote (Fig. 36), juntamente com dados de entrada

FIGURA 36 Análise da distribuição de áreas de viveiros de Amêijoas Boa



complementares tais como velocidade da corrente e densidade de cultivo.

Como os dados de alimento fornecidos pelo modelo do ecossistema consideram a depleção de um cenário de cultura plena, foi considerada uma adição de microfitorbentos ao alimento de origem pelágica, utilizando um multiplicador de três.

A Tabela 15 apresenta uma análise da produção e dos impactos ambientais em três caixas do modelo (Tabela 14) seleccionadas devido ao desempenho diferenciado no que respeita ao crescimento animal.

O modelo à escala do viveiro (FARM) pode ser utilizado para avaliar a produção global, fornecendo uma comparação com a abordagem à escala do sistema. Se considerarmos a produção somada dos viveiros na Tabela 15, para uma área agregada de 6000 m², i.e. 9,2 toneladas, e um período de cultivo de 800 dias, estima-se que a produção global anual de amêijoas na Ria Formosa seja de 3200 t ano⁻¹. Embora este valor seja próximo dos valores obtidos com o modelo à escala do sistema, é meramente indicativo, dado que o modelo FARM não tem em consideração as interações entre os locais de cultivo.

TABELA 15 Comparação da produção de amêijoas e dos impactos ambientais num viveiro padrão (2 000 m², Fig. 36), em 3 locais diferentes, com uma densidade de cultivo de 500 indivíduos m⁻² e mortalidade de 30%

Caixa	TPP (toneladas)	APP	Lucro (k€)
14	1.8	1.2	10
15	0.1	0.1	-11
18	7.3	4.9	75

Aquacultura em terra

Foi desenvolvido um modelo à escala local para a aquacultura em terra, como um aperfeiçoamento do modelo FARM, a que se juntaram a diagénese de sedimentos, o arejamento natural e oxigenação artificial, e outros factores.

O modelo à escala individual AquaFish (Fig. 37) foi aplicado à dourada *Sparus aurata*, que é cultivada a nível local. O modelo simula explicitamente o comportamento alimentar com o consumo de oxigénio devido ao metabolismo basal, Acção Dinâmica Específica e natação, e outros aspectos do metabolismo dos peixes.

Obtém-se uma produção de 6,3 t em cada ciclo de 420 dias, usando 4 tanques com uma área total de 1 ha. Aplica-se uma captação diária de água de 3% do volume total e as externalidades ambientais do processo de cultivo incluem uma descarga para a Ria de 270 kg de amónia e de 7 kg de clorofila (algas).

A aplicação do modelo de eutrofização ASSETS ao ciclo de cultura demonstra que a entrada de água em estado *bom* (*sensu* DQA) se degrada para estado *mediocre* no escoamento. Isto é ilustrado pelo percentil 90 da clorofila, que aumenta de 8 para 49 $\mu\text{g L}^{-1}$, bem como pelo percentil 10 para o oxigénio dissolvido, que diminui de 6,3 para 2,3 mg L^{-1} .

EQUILÍBRIO SOCIAL E GOVERNANÇA

Participação pública

Actualmente, dois dos principais pilares da capacidade de suporte, os aspectos social e de governança, não são passíveis de modelação matemática, embora sejam fundamentais na gestão da aquacultura. A sua importância no desenvolvimento sustentável desta actividade na Ria Formosa tornou-se evidente ao longo do primeiro ano do projecto FORWARD, o que levou a uma ampliação do seu âmbito. Resolver parte de um problema é diferente de resolver o problema.

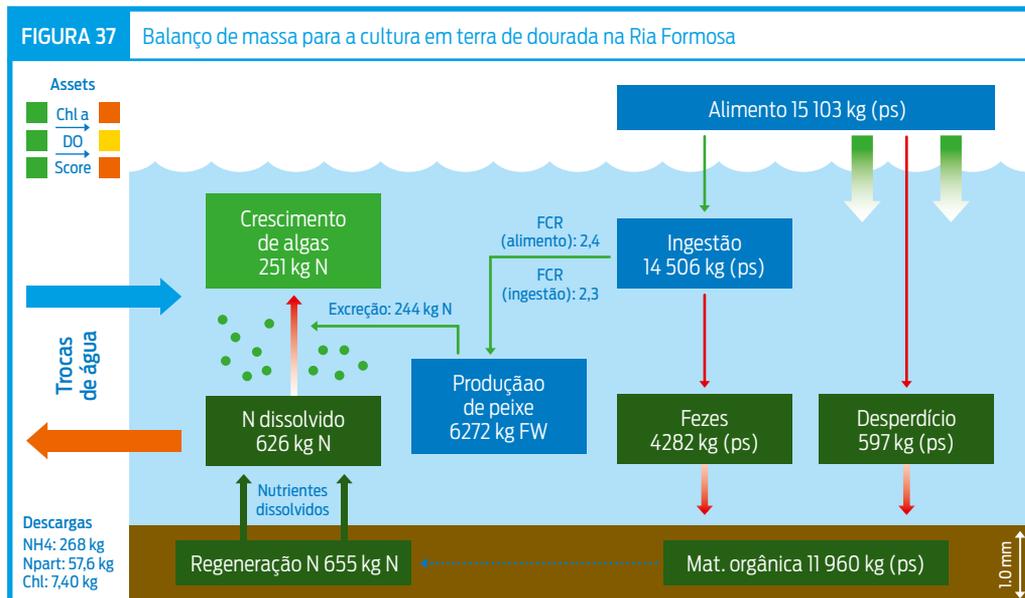


TABELA 16 Identificação das partes interessadas envolvidas no FORWARD

Critério de escolha	Entidades	Área de interesse
Mandato legal	Administração de Região Hidrográfica do Algarve (ARH) Instituto de Conservação da Natureza e Biodiversidade Direcção-Geral de Pescas e Aquicultura	Responsabilidades de gestão, incluindo o planeamento, licenciamento e fiscalização Responsabilidade de gestão da Área Protegida e competências delegadas pela ARH para licenciamento das aquaculturas Responsabilidades no licenciamento da actividade aquícola
Negócio/operadores (Critérios económicos e sociais)	Associações de aquicultores Outras associações	Envolvimento directo na actividade aquícola Ligação a outras áreas complementares ou potencialmente conflituosas
Outros (Valores, proximidade)	Universidade do Algarve Órgãos de informação	Informação e conhecimento sobre a Ria Formosa Informação ao público

TABELA 17 Dados financeiros sobre a produção de Amêijoia Boa

	Preço ou custo	Salário planteio	Manutenção e colheita	Colheita (kg/pessoa)
Areia	5-7 €/t*			
Calhau	14-15 €/t*			
Homem (por maré)		50-60 €	40-60 €	15
Mulher (por maré)		40 €	40-60 €	15
Apanhador com licença	12 €/kg			
Apanhador sem licença	8 €/kg			
Semente importada de: EUA, Marrocos, Tunísia	-8 €/kg			
Importada de Espanha	0,04 €/ind			

*Não incluindo o custo de mão de obra ~50 euros

Estes pilares, provavelmente corresponderão a mais de 50% do problema de gestão integrada da aquacultura na Ria Formosa. Para a análise destes componentes, foi decisivo o envolvimento das partes interessadas, desde o início do projecto.

O envolvimento destas entidades traduziu-se em:

Participação em reuniões periódicas para apresentação dos progressos do projecto (11 reuniões, incluindo 4 plenárias, o FORWARD International Workshop em parceria com o projecto COEXIST, e o 'workshop' de

apresentação final do FORWARD), com a possibilidade de apresentarem as suas preocupações e ideias e de serem parte activa nos debates;

- | Participação nos trabalhos de campo;
- | Análise dos textos produzidos pela equipa do FORWARD;
- | Artigos na imprensa, entrevistas;
- | Participação de elementos da equipa FORWARD em eventos locais.

O diálogo entre as partes interessadas, a compreensão dos termos e dos conceitos, e o simples facto de as opiniões se poderem manifestar durante o processo de tomada de decisão, são importantes contribuições para gerar consensos.

Esse diálogo permitiu, entre muitas outras informações, a obtenção de dados financeiros sobre a produção (Tabela 17). É curioso verificar a discrepância salarial entre os sexos para a colheita de semente, particularmente dado que o volume de apanha é idêntico.

A governança participada desempenha um papel fundamental num futuro sustentável para a aquacultura na Ria Formosa.

Limitações de acesso ao mercado

De acordo com a Directiva da EU relativa às Águas Conquícolas (2006/113/CE), as águas da Ria Formosa estão classificadas como Classe B; como tal, os produtos conquícolas da Ria Formosa necessitam de ser depurados antes que possam ser comercializados. Actualmente existem seis centros de depuração que desempenham frequentemente um papel de intermediário, o que pode ser uma barreira no que respeita à venda do produto, dado que o certificado de depuração é uma parte essencial do procedimento de venda.

Embora a Amêijoa Boa do Algarve seja um produto de elevado valor, não há nenhum reconhecimento particular da origem das amêijoas, tal como existe para as regiões vinícolas em toda a Europa e para produtos alimentares como o queijo, por exemplo.

A marca 'Ria Formosa' deve ser promovida, talvez como um subconjunto da marca 'Algarve'. A imagem de marca deve estar em evidência na embalagem, com um logótipo apropriado. A Europa não pode competir em

volume no mercado de aquacultura, daí que devam ser colocados produtos regionais de elevado valor, sublinhando a sua origem, padrões de qualidade e preocupações no que respeita à sustentabilidade.

Dimensão e número de lotes, governança, e mecanização

A existência de muitos viveiristas e de lotes de pequena dimensão dificulta a gestão dos bancos licenciados. Parte das práticas de cultura consideradas indesejáveis do ponto de vista dos valores naturais está relacionada com a percepção dos aquicultores de que cada lote corresponde a uma área que deve ser espacialmente preservada, cuja produção deve ser maximizada, e cujo valor negocial de trespasse se encontra directamente relacionado com estes dois factores. Em consequência, essas áreas são claramente demarcadas através da colocação de separadores, tais como tijolos, ferros, ou outros objectos. Esses marcos servem o duplo papel de identificar claramente os lotes e de evitar a erosão dos bancos intertidais.

Quaisquer zonas de poças dentro dos lotes são consideradas indesejáveis pelos viveiristas. Essas poças formam-se naturalmente devido à distribuição irregular dos bancos de areia, mas dado que os aquicultores pretendem maximizar a área de cultivo, e como a água nas poças formadas na baixa-mar pode facilmente tornar-se hipóxica ou anóxica, resultando em mortalidades elevadas de animais, é prática comum aterrar essas zonas provocando um nivelamento do terreno e canalizando a água para canais de drenagem, à semelhança do que é usual em agricultura.

Outra situação a merecer atenção é que a mistura de coortes nas parcelas é a regra na prática da cultura. Isto tem várias consequências, incluindo (i) constante renovação do sedimento pelos produtores; (ii) redução das

possibilidades de mecanização da colheita; (iii) mortalidade de animais maiores, mais frágeis, no período após a desova, que pode causar a morte a classes mais recentes (animais mais pequenos) devido à decomposição orgânica.

Há opiniões divergentes sobre a cultura combinada de classes de idade. Por exemplo, em Puget Sound, EUA, alguns aquicultores preferem a co-cultura defendendo que alguns dos produtos de eliminação das amêijoas de maior dimensão são utilizados como alimento para os animais mais pequenos. Outros, contudo, usam a colheita mecanizada de áreas separadas por classes de idade para reduzir os custos com a mão-de-obra e aumentar os lucros.

Seria interessante encorajar os produtores a fazer experiências com estratégias de culturas alternativas, incluindo a colheita mecanizada. Este processo deve ser acompanhado por trabalhadores de extensão dos centros de investigação das pescas, e devem ser testados de forma precaucionária. A legislação deve ser adaptada de forma adequada de modo a explorar esta possibilidade, e os lotes não podem ter menos que uma determinada dimensão. Meio hectare (5000 m²) parece ser a dimensão mínima para uma parcela ser cultivada em áreas dedicadas por classe anual.

Ausência de certificação

As práticas de cultura de amêijoas na Ria Formosa variam bastante e a globalidade da indústria beneficiaria com uma abordagem mais moderna do cultivo, nos moldes e requisitos estabelecidas por retalhistas tais como a 'Walmart' ou 'Wholefoods'. As associações de produtores, os gestores locais e as agências governamentais estão empenhados em estabelecer um programa de certificação para os produtos de aquacultura.

Semente, juvenis e doenças

As fontes de semente são um problema tanto para o cultivo de ostras como para o de amêijoas. Existem bancos de semente naturais para a Amêijoa Boa mas, actualmente, não existem disponíveis quaisquer instalações para maternidades ou incubadoras ('nurseries'). A semente de ostras, em particular, é fornecida por maternidades francesas, irlandesas, e de outros países. É muito importante melhorar o acesso às sementes e aos juvenis, através do desenvolvimento de regras mais flexíveis associadas a uma implementação rigorosa. Não existem estimativas das densidades de Amêijoa Boa no banco natural da Ria Formosa, o que torna impossível avaliar a sustentabilidade da apanha.

As maternidades são caras, na ordem de 100 000-1 000 000 €, e podem ser um risco comercial quando o recrutamento natural é elevado, excepto quando a jusante existe um claro mercado para exportação de semente. Modelos de financiamento públicos e privados têm sido usados com sucesso para o estabelecimento de maternidades. Deve ser efectuado um estudo de viabilidade económica que tenha em consideração as necessidades, os mercados e o financiamento. As incubadoras, por outro lado, têm um custo muito inferior (10 000-100 000 €) e permitem a compra de semente mais pequena, e por isso mais barata, que é, posteriormente, criada e vendida para crescimento. Nos Estados Unidos, os sistemas flutuantes, ou FLUPSY (Fig. 7), que têm esta finalidade, têm sido muito bem sucedidos.

A importação de semente proveniente de áreas contaminadas pode levar ao aparecimento de doenças tais como o *Herpes*, pelo que é fundamental evitar a importação deste tipo de 'stock' de semente. Justifica-se, por isso, o estabelecimento de controlos veterinários rigorosos e de uma prática de

rastreadabilidade que evite uma futura proliferação de doenças de bivalves resultantes da importação de sementes contaminadas.

É importante unir o sector no que se refere à compreensão e às abordagens à doença. A criação de um grupo de peritos para aconselhamento sobre doenças, que inclua os centros de investigação pesqueira e profissionais de veterinária, e de um esquema de monitorização da doença, integrado e transparente, que envolva as partes interessadas, pode ser o caminho adequado para atingir esse objectivo.

A utilização de semente criada em maternidades seguras tem de ser o procedimento padrão. Deve ser desenvolvida investigação no que se refere à gestão de agentes patogénicos.

Os produtores encurtam frequentemente o ciclo de produção de amêijoas devido a problemas de mortalidade, limitando o mesmo a um máximo de dois períodos de verão,

perdendo-se assim o valor acrescentado de animais maiores (20–30 g de peso fresco), que seriam colhidos no terceiro ano. Esta mortalidade pode ser resultante de uma série de razões, provavelmente combinadas, que até à data não foram sistematicamente analisadas.

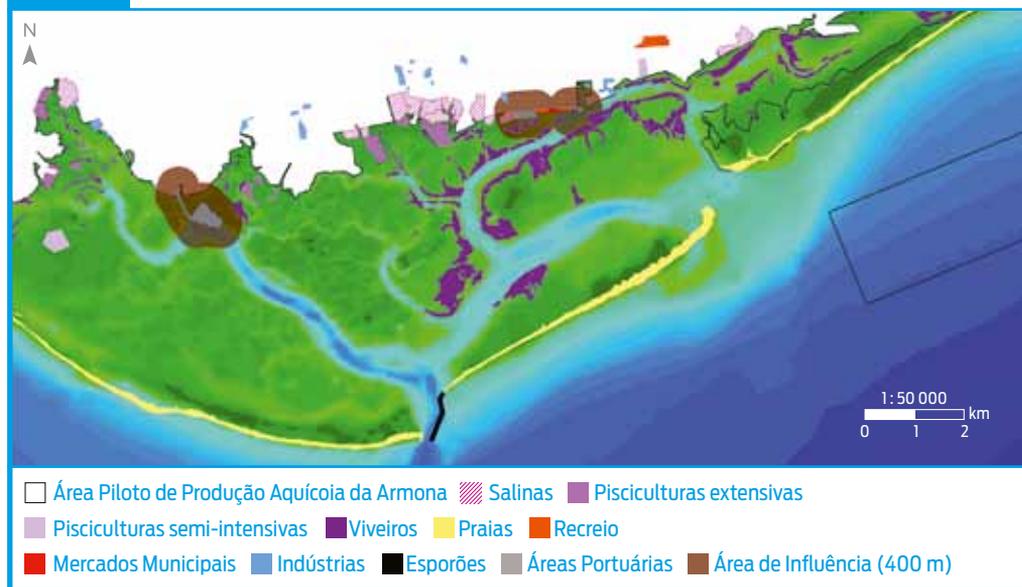
A mortalidade elevada é comum durante o verão. Uma combinação de baixas concentrações de oxigénio dissolvido durante os meses mais quentes, a perda de resistência resultante da desova e fortes sintomas de doença das brânquias devido ao protozoário patogénico *Perkinsus marinus* parecem, aparentemente, combinar-se para causar esta elevada mortalidade.

HARMONIZAÇÃO DE USOS MÚLTIPLOS

Planeamento Espacial Marinho

O planeamento espacial marinho é uma ferramenta desenvolvida para identificar as

FIGURA 38 Actividades existentes na Ria Formosa: zonas de transição e de segurança na envolvência dos portos, áreas de influência dos viveiros



múltiplas actividades humanas desenvolvidas nas zonas marinhas, como estas interagem entre si e com o ecossistema, identificando os seus possíveis conflitos e sinergias. Pretende assegurar os diferentes usos assim como planear o desenvolvimento de novas actividades, mas sem comprometer os serviços prestados pelos ecossistemas respeitando, deste modo, os objectivos ecológicos, económicos e sociais.

Interacção entre aquacultura e conservação da natureza

O mapa com as áreas de protecção total no parque natural da Ria Formosa mostra que alguns viveiros se localizam nessas áreas de protecção onde não é permitido qualquer tipo de uso, verificando-se pois um conflito de usos entre as áreas condicionadas e a actividade aquícola existente.

Para analisar as áreas de influência, traçaram-se zonas de não conflitualidade para os portos e marinas existentes na área (Fig. 38). Estas zonas são consideradas zonas de transição e de segurança para evitar conflitos entre a navegação comercial e lúdica e as diferentes actividades, assim como os processos de erosão e contaminação promovidos por estas actividades portuárias. Verifica-se que alguns viveiros se encontram muito perto desta zona tampão, podendo estar sujeitos a sofrer a influência das diferentes embarcações.

Qualquer uma destas situações deverá ser resolvida no âmbito das figuras de planeamento previstas na lei e que se aplicam a esta área costeira.

Os resultados de uma análise espacial, no contexto deste tipo de planeamento, podem ser conjugados com modelos ecológicos na exploração de cenários, que permitem prever a produção de diferentes espécies, bem

como a modificação das áreas e/ou práticas de cultura, tendo em conta zonas de exclusão definidas através de planeamento espacial marinho.

REFERÊNCIAS-CHAVE

Bricker, S.B., J.G. Ferreira, T. Simas, 2003. An Integrated Methodology for Assessment of Estuarine Trophic Status. *Ecological Modelling*, 169(1), 39-60.

Brito, A., Newton, A., Tett, P. and T.F. Fernandes. 2010. Sediment and water nutrients and microalgae in a coastal shallow lagoon, Ria Formosa (Portugal): Implications for the Water Framework Directive. *J. Environ. Monit.*, 12: 318-328. DOI: 10.1039/b909429f.

Dubert, J., Cordeiro, N., Nolasco, R. 2010. On the validation of a realistic model of mesoscale coastal circulation in the western Iberian Peninsula. EGU, Viena.

Ferreira, J.G., C. Saurel, J.M. Ferreira, 2012. Cultivation of gilthead bream in monoculture and integrated multi-trophic aquaculture. Analysis of production and environmental effects by means of the FARM model. *Aquaculture* 358-359 (2012) 23-34.

Lencart e Silva, J.D., Simpson, J.H., Hogueane, A.M., Harcourt-Baldwin, J-L. (2010). Buoyancy-stirring interactions in a subtropical embayment: A synthesis of measurements and model simulations in Maputo Bay. *African Journal of Marine Science*. 32, 1, 97-107. (DOI:10.2989/18142321003714609).

Lyard, F., Lefevre, F., Letellier, T. and O. Francis 2006. Modelling the global ocean tides: modern insights from FES2004. *Ocean Dynamics*, 56:394-415

Nunes J.P., Seixas J., Keizer J.J. *In press*. Modeling the response of within-storm runoff and

erosion dynamics to climate change in two Mediterranean watersheds: a multi-model, multi-scale approach to scenario design and analysis. *Catena*: In Press (DOI: 10.1016/j.catena.2011.04.001).

Simpson, J.H., Berx, B., Gascoigne, J. and C. Saurel 2007. Tidal advection and diffusion versus mussel filtration in a tidal channel. *Journal of Marine Systems*. 68: 556-558.

PILARES DE DESENVOLVIMENTO FUTURO

O estado da arte para análise da capacidade de suporte encontra-se representado na Fig. 39, sendo que a parte central mostra o modelo conceptual e os lados esquerdo e direito indicam, respectivamente, os factores limitantes nos países desenvolvidos e em vias de desenvolvimento.

O futuro da aquacultura sustentável na Ria Formosa depende de melhorias em todos estes componentes. Neste último capítulo do livro FORWARD identificam-se e discutem-se algumas das áreas que se afiguram críticas nos próximos vinte e cinco anos. Quando essas áreas são passíveis de modelação matemática, são dados exemplos. Quando não são, sugerem-se directrizes que devem ser integradas nas políticas.

OPTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO À ESCALA DO VIVEIRO

Os dados de modelos à escala do sistema podem fornecer as condicionantes ambientais para qualquer área da Ria Formosa. Estes dados podem depois ser usados para correr modelos de escala local como o FARM. Estes modelos podem ser utilizados para análise marginal, para determinar a densidade óptima de produção. Este tipo de análise é mostrada mais adiante, para a caixa 14 do modelo EcoWin2000 (Tabela 14 e Tabela 15), uma área de produtividade intermédia.

A análise marginal (Fig. 40) combina corridas sucessivas do modelo FARM utilizando densidades crescentes de sementes com os

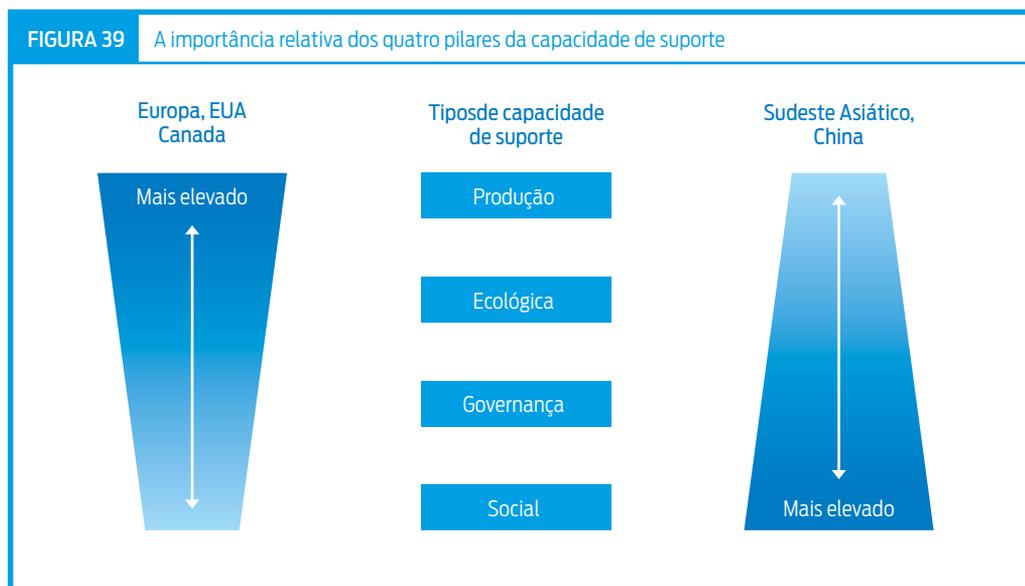
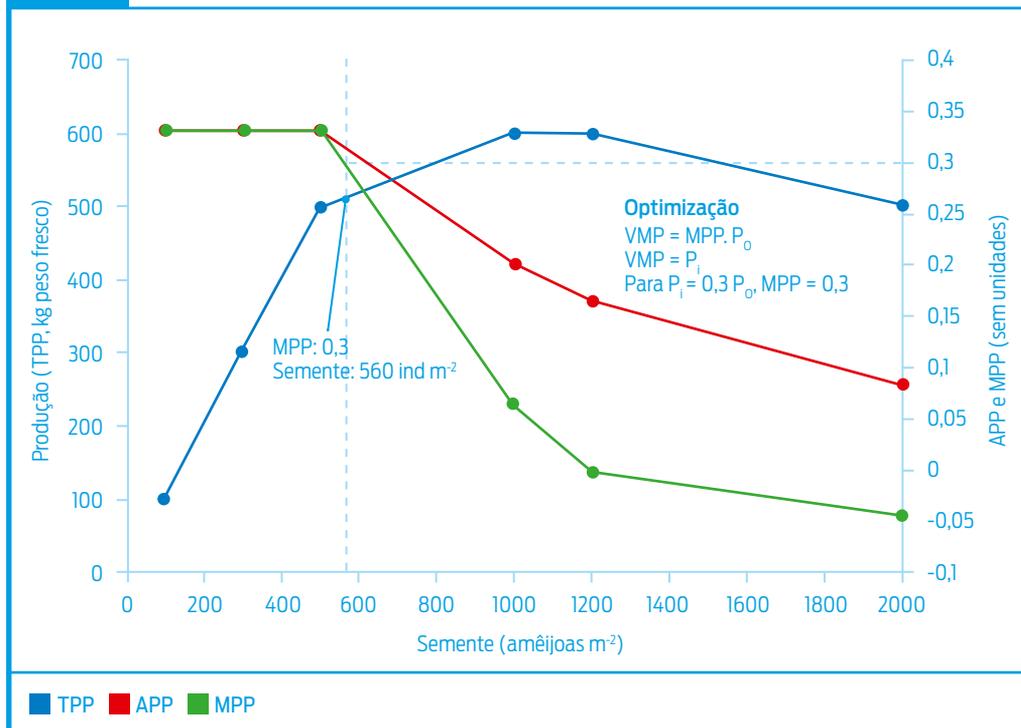


FIGURA 40 Análise marginal para a cultura de Amêijoas Boas, utilizando o modelo FARM



valores conhecidos para os custos das entradas (P_i) e saídas (P_o).

O Valor Marginal do Produto (VMP) é usado para calcular o produto marginal físico (primeira derivada da curva de produção) onde a maximização do lucro ocorre. Neste exemplo corresponde a uma densidade de semente de 560 indivíduos por metro quadrado.

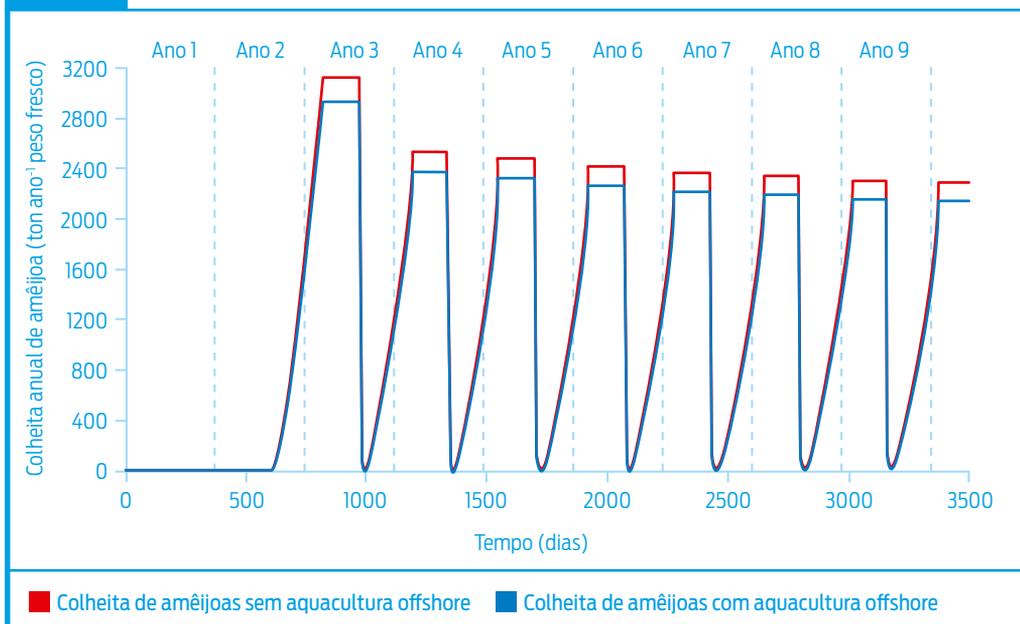
Contudo, ajustamentos às densidades de cultura devem ter em consideração os episódios de mortalidade. Para melhor compreender este fenómeno, será necessário desenvolver análises regulares de escalas temporais e espaciais da mortalidade para construir um padrão de ocorrência plurianual (5-10 anos). Análises de temperatura, de oxigénio dissolvido, do estado fisiológico (maturidade das gónadas e desova) e dos níveis de *Perkinsus*,

antes, durante e pós mortalidade, serão também da maior utilidade. Aconselha-se ainda o estudo de correlações, tendências e interdependências, e o desenvolvimento de sistemas de monitorização de alerta precoce e de modelos de previsão para aconselhamento dos viveiristas e das associações de produtores. Isto permitirá antecipar a colheita e reduzir a densidade de animais, evitando um feedback positivo da hipóxia resultante da decomposição da matéria orgânica proveniente dos animais mortos. Este sistema deve ser implementado na 'web' e não ser, necessariamente, livre de custos para o utilizador.

LIGAÇÕES ENTRE AQUACULTURA NA RIA FORMOSA E EM 'OFFSHORE'

A inclusão de mexilhões na área de aquacultura em 'offshore' irá influenciar o desempenho

FIGURA 41 Simulação (E2K) da colheita anual de amêijoas ao longo de um período de nove anos, com e sem o funcionamento da aquacultura 'offshore' da APPAA



dos viveiros de bivalves dentro da Ria Formosa, no que respeita à produção (Fig. 41).

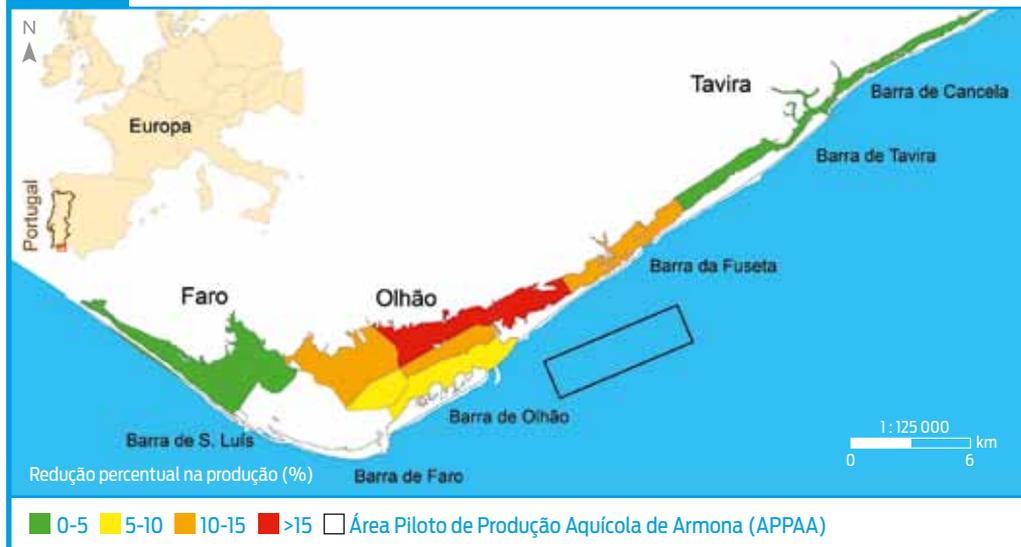
Uma simulação do cenário de produção de mexilhões em 30% da área de aquacultura 'offshore' da APPAA aponta para uma colheita de quase 13 000 toneladas por ano. Isto sugere que a aquacultura de bivalves aparenta ser viável, pelo menos do ponto de vista do crescimento.

Contudo, o modelo indica que essa produção deverá reduzir a disponibilidade de alimento nos bancos de amêijoas da Ria, com um declínio previsível de cerca de 120 toneladas anuais na produção. Isto seria equivalente a uma perda na primeira venda de cerca de 1 200 000 €, que deverá ser compensada pela comercialização de mexilhões. Essa redução não ocorre de forma homogênea, sendo a zona de Olhão a mais penalizada (Fig. 42).

É muito importante que as partes interessadas sejam informadas das possíveis opções. Os resultados de um modelo devem ser sempre vistos como um apoio à tomada de decisão, não como uma verdade absoluta. Apesar desta ressalva, o modelo ecológico é sem dúvida sensível à introdução de uma grande área de cultivo na zona ao largo dos viveiros de bivalves da Ria formosa, e fornece uma avaliação de primeira ordem do seu impacto.

Aconselha-se a realização de trabalho que integre a componente de piscicultura. Isto está para além do âmbito do FORWARD, mas irá ajudar a compreender (i) qual o papel que a aquacultura multitrófica integrada (IMTA) desempenha no atenuar da depleção de alimentos para os bivalves co-cultivados; (ii) em que medida as perdas de rações usadas na piscicultura e os desperdícios dos próprios peixes podem ser relevantes como fonte de alimento para os bivalves na Ria.

FIGURA 42 Diferença na produção da Amêijoia Boa na Ria Formosa depois da introdução de mexilhões na APPAA



Do ponto de vista da produção, a cultura de amêijoas no interior da Ria e a cultura de mexilhões em 'offshore' podem coexistir, mas deve ser efectuada uma avaliação rigorosa das implicações das doenças das duas áreas de cultivo e as suas interacções. No projecto COEXIST está em curso investigação com modelos que visam ajudar a informar sobre esta questão, e que podem ser integrados no modelo à escala do sistema EcoWin2000.

A relevância das ameaças de potenciais doenças tanto (i) dentro da área costeira interior (onde o *Perkinsus* parece já ser endémico) e dentro da área 'offshore' (onde o co-cultivo em proximidade requer uma política de controlo das doenças, clara, adequada e rigorosamente aplicada); e (ii) entre as duas áreas, não pode ser subestimada.

A desova de bivalves cultivados na APPAA constitui uma preocupação adicional: pode levar ao aparecimento, dentro da Ria Formosa, de biomassas elevadas de espécies como o mexilhão, que competem por

alimento e espaço com amêijoas e ostras, e ao aumento de 'fouling' dos tanques-rede de cultivo de peixes, tanto dentro da APPAA como noutros locais. Os casos de estudo 2 e 3, apresentados na parte final do livro, contribuem para esta análise.

AQUACULTURA MULTITRÓFICA INTEGRADA EM VIVEIROS EM TERRA

Alguns aspectos de IMTA já foram referidos acima, no contexto da APPA de Armona. Outra área de aplicação de aquacultura multitrófica integrada é na optimização de tanques de piscicultura em terra, através da integração de bivalves.

A Tabela 18 ilustra as diferenças entre a monocultura de dourada e a policultura em IMTA com ostras. A cultura combinada de peixe e bivalves apresenta um conjunto de vantagens sobre a monocultura: o alimento disponível para as ostras aumenta significativamente em IMTA, sendo possível um acentuado aumento de produção — de 7 kg para quase

TABELA 18

Produção, impactes ambientais e receitas de diferentes tipos de cultura em terra simulados pelo modelo FARM

Indicador	Monocultura (Ostras)	Monocultura (Dourada)	Aquacultura integrada (Dourada + ostras)
Peso individual (g)	39	329	329 + 71
Produção (kg ciclo ⁻¹)	7	1860	1860 + 1423.5
APP	0,07	74	74 + 14
Produção primária (kg N ciclo ⁻¹)		201	61
Descargas para a Ria			
Amónia (kg ciclo ⁻¹)		97 (50%)	194
Clorofila (kg ciclo ⁻¹)		6,9 (500%)	1.4
ASSETS (eutrofização)			
PEQ removidos	3	-	6
Receita (euros)	155	9303	9303 + 4224

Notas: ciclo: 650 dias; área: 1 ha (4 tanques); captação: 150 m³ d⁻¹ (3% do volume); densidade de cultivo: 0.5 douradas m⁻², 5 ostras m⁻²

tonelada e meia. A receita aumenta cerca de 50%, devido à produção adicional de bivalves, mesmo sem ter em conta os serviços prestados ao ecossistema. O índice de eutrofização ASSETS passa de medíocre a razoável, e embora a emissão de amónia duplique em IMTA, devido à excreção das ostras, a emissão de algas (clorofila) no efluente reduz-se para 20% dos valores de monocultura de dourada.

INTEGRAÇÃO VERTICAL DA ACTIVIDADE DE AQUACULTURA

Centros de depuração

O papel dos centros de depuração necessita de ser clarificado. Previsivelmente a depuração tornar-se-á desnecessária à medida que a qualidade da água da Ria Formosa for melhorando e atingir a Classe A, mas o certificado de depuração pode contribuir para tranquilizar o consumidor dando uma garantia adicional de salvaguarda da saúde pública. A administração pública necessita de assegurar que os produtores de amêijoas e de ostras têm um acesso ilimitado às instalações de

depuração, a um preço justo, sem que isso os force a vender o seu produto às depuradoras.

Certificação

Os consumidores demonstram cada vez mais preocupações com a produção dos alimentos que consomem, nomeadamente com aspectos relativos à sua qualidade e segurança, mas também com os impactes ambientais, a responsabilidade social e o bem-estar animal. O desenvolvimento e implementação de um processo de certificação podem promover a confiança dos consumidores nos produtos da aquacultura e contribuir para melhorar as práticas de produção.

Códigos de conduta

Os códigos de boas práticas de gestão em aquacultura podem constituir-se como instrumentos de grande utilidade, que permitem assegurar que as explorações ou viveiros não produzem impactes negativos graves sobre o ambiente em que se desenvolvem.

A Estratégia de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura Europeia desenvolvida pela União Europeia em 2002, abordou esta temática. Nas acções propostas pela Estratégia incluem-se a elaboração de códigos de conduta transnacionais, por iniciativa das associações de aquicultores, devendo tomar como base o Código de Conduta da Pesca Responsável da FAO (1995), e a elaboração de códigos de boas práticas baseados nos códigos de conduta. Pretende-se com isto garantir aos consumidores que os produtos adquiridos a produtores e comerciantes que aderem a estes códigos cumprem normas de segurança e de respeito pelo ambiente.

A criação e implementação de códigos de conduta e de boas práticas constitui um passo no sentido da gestão responsável. Quando os seus princípios e normas incluem aspectos ambientais, sociais e económicos, a sua aplicação pode constituir uma boa base para a sustentabilidade das explorações aquícolas. Permitem atingir objectivos ambientais para a manutenção da qualidade da água e dos ecossistemas, e representam um benefício mútuo entre a produção aquícola e a protecção dos recursos naturais.

Princípios base para a certificação

A certificação deve ser transparente, proporcionando o acesso à informação e à participação de todas as partes interessadas; o processo de certificação deve beneficiar os produtores, proporcionando algum tipo de benefício económico, como recompensa para os seus esforços; a certificação deve ser voluntária e aberta a todos os produtores; a certificação deve ser multi-sectorial e apoiar-se em 3 pilares fundamentais:

| Aceitação ambiental

| Equidade social

| Viabilidade económica

Tendo em conta que cerca de 80% das amêijoas actualmente produzidas serão exportadas e que parece existir potencial para o crescimento do mercado de exportação, particularmente em valor, bem como de outras espécies, nomeadamente da ostra, poderá ser interessante aderir a processos de certificação a nível internacional, que potenciem a procura externa.

Num processo desta natureza é essencial a adesão dos viveiristas, e a colaboração convicta das respectivas associações. O processo iniciado durante o Projecto FORWARD deverá ter continuidade, dependendo, para isso, da adesão dos produtores e do encorajamento por parte das instituições públicas.

O projecto FORWARD investigou várias opções e propôs que a 'Global GAP' fosse seleccionada como organismo de certificação. Esta proposta teve por base o tipo de oferta de produto, o preço e a acessibilidade. Foi registado e desenvolvido um sítio (<http://goodclam.org/certify/>) para permitir às associações de produtores completar e submeter os documentos de certificação. Uma inspecção posterior, a ser feita pela agência de certificação, irá identificar as deficiências e só depois destas terem sido resolvidas será possível certificar uma área de cultura.

As associações de produtores devem preparar-se para a certificação orientando os seus membros para práticas de cultivo mais sustentáveis. Tanto os produtores individuais como a comunidade em geral beneficiarão de um maior reconhecimento da qualidade, da certificação da marca e numa participação mais significativa na cadeia de valor. A indústria necessita de ser estimulada para atingir este objectivo, afastando-se de algumas práticas tradicionais, sendo este um importante

papel de extensão para as agências locais de apoio e investigação das pescas.

CONTROLO DE DOENÇAS

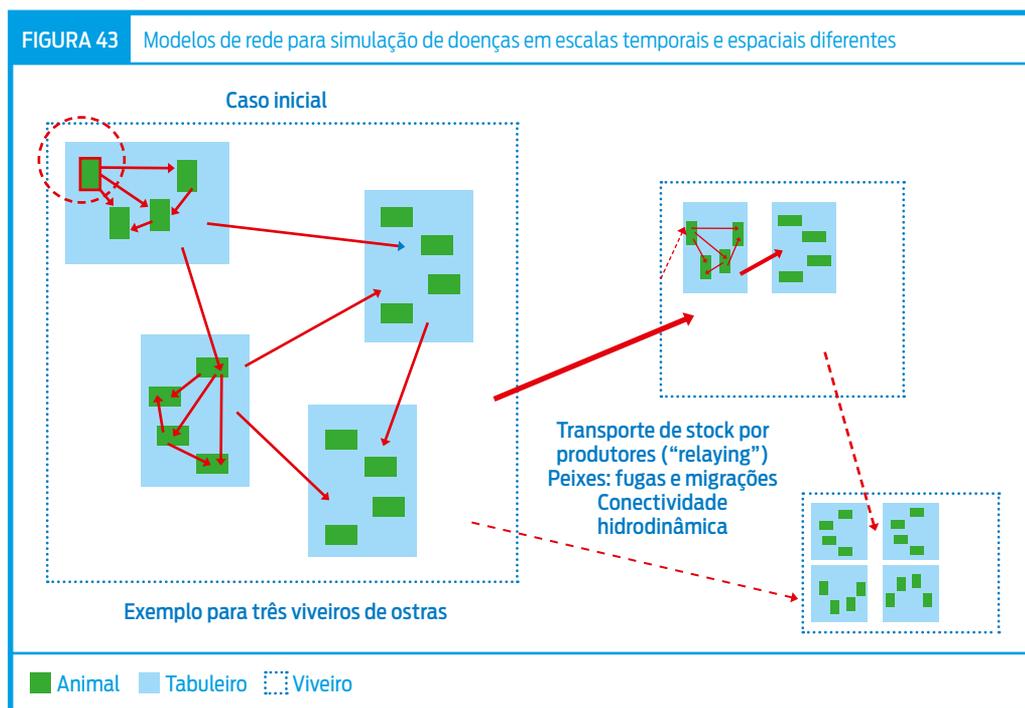
Ao determinar a capacidade de suporte das operações de aquacultura é importante assegurar que as práticas de produção e os sistemas de aquacultura numa exploração, zona de gestão, ou região, são resilientes aos efeitos da doença. A modelação fornece os meios para investigar as interacções que ocorrem entre os quatro pilares da capacidade de suporte e a propagação e instalação dos patogénicos; contudo, a maioria dos modelos actuais ignora a influência dos factores sociais e de governança sobre as doenças do meio aquático.

Vários modelos diferentes têm sido desenvolvidos para investigar a propagação e o impacto de patogénicos específicos: nos sistemas

aquáticos duas das abordagens mais comuns são: (i) modelos baseados em compartimentos; e (ii) modelos de rede (Fig. 43).

O principal objectivo destes modelos é, frequentemente, rastrear a doença através de uma população de animais, mas também têm sido utilizados para olhar para a propagação através de uma variedade de locais. Implementações simples são frequentemente tratáveis analiticamente, permitindo encontrar as condições em que os limites e o equilíbrio ocorrem, sem ser necessário correr simulações.

Uma das peças chave da informação que pode ser obtida a partir destes modelos é um máximo (susceptível) da capacidade de carga dos hospedeiros para a qual um patogénico não consegue subsistir. Estas capacidades de carga, usadas no contexto dos organismos patogénicos, são



frequentemente referidas como um limiar crítico e podem ser úteis para os gestores quer da vida selvagem quer das explorações, na prevenção da doença.

GOVERNANÇA

Reestruturação dos loteamentos

Torna-se necessário ponderar a reestruturação do sistema de licenciamento a fim de reduzir o número de títulos de utilização e aumentar o tamanho das unidades. Será uma prática a desenvolver gradualmente, à medida que expirarem os prazos das actuais licenças, e que deve ser amplamente discutida com as associações do sector.

Lotes com maiores áreas serão menos vulneráveis à erosão marginal, e as perdas de substrato numa parte do viveiro podem ser compensadas pela deposição de sedimentos noutras partes do mesmo viveiro. Desta forma diminuirá consideravelmente a necessidade de utilização de objectos tais como tijolos, para tentar consolidar o substrato. Lotes maiores irão também reduzir os custos de capital e irão potencialmente permitir um aumento do grau de mecanização, reduzindo os custos com a mão-de-obra. Uma redução do número de interlocutores pode também melhorar a eficácia na tomada colectiva de decisões.

Melhoramento das práticas de gestão

Entidades de gestão

As entidades mais directamente envolvidas na gestão da Ria Formosa, quer na área da água e sedimentos, protecção da natureza, ou regulamentação da actividade de aquacultura e pesca, deverão desenvolver uma maior proximidade com os utilizadores, promovendo uma maior participação nos processos de decisão.

Princípios para acção futura

Alterar o conceito de que a aquacultura é uma actividade nociva para o ambiente; a aquacultura, desde que respeite os princípios do desenvolvimento sustentável, contribui para a segurança alimentar, o crescimento económico, a criação de emprego, a recuperação de 'stocks' de pesca, e a conservação de espécies selvagens;

Desenvolver a actividade através de um melhor planeamento e ordenamento, tornando-a compatível com os demais usos da Ria Formosa;

Maximizar o potencial produtivo e melhorar o desempenho de uma actividade sustentável, capaz de tirar partido dos recursos naturais e das condições de desenvolvimento da produção aquícola da Ria Formosa;

Orientar a investigação aplicada para a inovação e o apoio técnico e científico ao desenvolvimento da actividade;

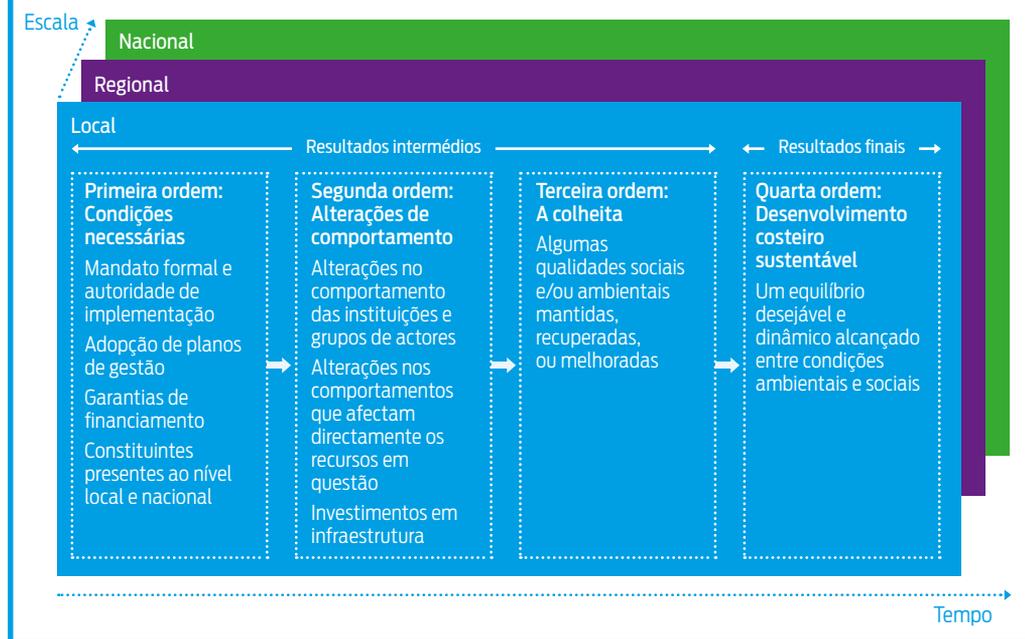
Melhorar a coordenação dos diversos instrumentos legais e financeiros, públicos e privados, que afectam o desenvolvimento sustentável do sector;

Assegurar uma melhor articulação entre os vários organismos da administração central e regional, nas áreas do ambiente e das pescas, de modo a estabelecer uma plataforma de diálogo entre os agentes do sector e a administração, e criar condições para ultrapassar os constrangimentos que se têm colocado ao desenvolvimento da actividade aquícola.

É essencial o reforço de parcerias entre o sector produtivo e as instituições de investigação com conhecimento especializado no domínio da aquacultura.

Estas parcerias deverão privilegiar domínios de actuação orientados sobretudo para o

FIGURA 44 As quatro ordens de resultados de governança costeira



aumento e diversificação da produção aquícola, para a inovação do processo produtivo, para a qualificação e promoção do produto, e para o melhoramento das práticas de cultura, de forma a contribuir para a sustentabilidade do sector.

Formação sobre aspectos técnicos e divulgação das tecnologias mais adequadas para diferentes necessidades do sector aquacultura, são também recomendadas.

Medidas para desenvolvimento da cultura de bivalves

Reavaliar as normas legislativas que regulam a actividade na Ria, de modo a conseguir maior flexibilidade e simultaneamente, maior nível de exigência no seu cumprimento;

Estudar um sistema de incentivos para que as poças e canais não sejam aterrados;

Limitar as densidades de cultura para evitar mortalidades elevadas;

Desenvolver ensaios de produção com e sem aplicação de calhau rolado;

Promover o envolvimento dos produtores, através das associações que os representam, de forma a obter um compromisso para a aplicação das normas a adoptar;

Considerar a constituição de um sistema de controlo/fiscalização de modo a avaliar o nível de cumprimento;

Introduzir maternidades e incubadoras para uso local;

Regulamentar o exercício da pesca lúdica na Ria Formosa, nomeadamente da colheita de bivalves, de modo a controlar a actual situação que é uma fonte de conflito com os viveiristas profissionais.

Principais conclusões e recomendações do FORWARD

A Tabela 19 sintetiza as principais conclusões e recomendações do projecto FORWARD.

Estes vinte e um pontos, que são desenvolvidos no sumário executivo e analisados em detalhe nos diferentes capítulos deste livro, consubstanciam os aspectos concretos que na opinião dos autores deverão formar

TABELA 19 Principais conclusões e recomendações do FORWARD	
Diagnóstico	Recomendação
Os aspectos social e de governança não são passíveis de modelação matemática.	Uma governança adequada é fundamental para um futuro sustentável da aquacultura na Ria Formosa.
Receitas de primeira venda calculada para uma produção de amêijoas de 5000 t por ano é de 50 milhões de euros.	Melhor análise sócio-económica, que analise o PIB da Ria Formosa, incluindo as capturas das pescas, aquacultura, extracção de sal e turismo.
Existem seis depuradoras, que desempenham um papel de intermediário, o que pode constituir um obstáculo à venda do produto, uma vez que o certificado de depuração é uma parte essencial do processo.	A Administração Pública deve assegurar que os produtores de bivalves têm acesso facilitado às depuradoras, a um preço justo, e que não são coagidos a vender-lhes o seu produto.
Não existe reconhecimento especial da origem das amêijoas.	A marca Ria Formosa deve ser promovida, talvez como um subconjunto da marca Algarve.
Existência de muitos viveiristas e de lotes de pequena dimensão dificulta a gestão dos bancos licenciados.	Reestruturação do processo de licenciamento de modo a reduzir o número de licenças e aumentar a área de cada.
A mistura de coortes nas parcelas é usual. As consequências incluem (i) constante remeximento do sedimento pelos viveiristas; (ii) redução das possibilidades de mecanização da colheita; (iii) mortalidade de animais maiores, mais frágeis, no período pós-desova pode causar a morte a classes mais novas (animais pequenos) devido à decomposição orgânica.	Os produtores devem ser incentivados a fazer experiências com estratégias alternativas de cultura, incluindo a colheita mecanizada. Tal deveria ser acompanhado por funcionários de extensão dos centros de pesca, e ser testado de forma preventiva.
Todo o sector beneficiaria da introdução de uma abordagem mais moderna na cultura de bivalves.	Sugere-se a escolha da 'Global GAP' como entidade para a certificação. Pormenores em http://goodclam.org/
O microfítobentos pode ser uma importante fonte de alimento para amêijoas e ostras.	É necessária mais investigação focada na questão das fontes de alimento, para esclarecer o papel relativo das algas pelágicas e bentónicas como motores do crescimento de amêijoas e ostras.
As fontes de semente são uma questão importante para a cultura de amêijoas e de ostras. Existem bancos naturais de sementes de Amêijoa Boa mas presentemente não existe qualquer infraestrutura de maternidade ou 'nursery' disponível. Não existem estimativas das densidades de Amêijoa Boa no banco natural da Ria Formosa, o que torna impossível avaliar a sustentabilidade da apanha.	Melhorar o acesso a sementes e juvenis, através do desenvolvimento de directrizes mais flexíveis associadas a uma melhor execução. O desenvolvimento de maternidades e especialmente de 'nurseries' deve ser analisado e, se possível, promovido. Avaliar a densidade e biomassa de amêijoa-boa no banco natural, de forma a assegurar uma apanha sustentável de semente.
A importação de sementes de ostras provenientes de áreas contaminadas, incluindo outros países, pode levar ao aparecimento de doenças como o <i>Herpes</i> .	Controlos veterinários rigorosos e rastreabilidade para evitar a proliferação de doenças devido à importação de sementes de bivalves contaminadas.
A combinação de oxigénio dissolvido baixo nos meses mais quentes, perda de resistência devido à desova, e os fortes sintomas de doença das brânquias devido ao protozoário patogénico <i>Perkinsus marinus</i> , parecem conjugar-se para causar elevada mortalidade no Verão.	Análises regulares da escala temporal e espacial de mortalidade, para estabelecer um padrão de ocorrência plurianual (5-10 anos). Ferramentas de previsão possibilitarão a colheita antecipada e a redução da densidade de animais, para evitar o aumento de hipóxia devido à decomposição resultante dos animais mortos.
O crescimento de algas oportunistas como a <i>Ulva</i> , e de agiospérmicas como a <i>Zostera</i> , podem reduzir drasticamente as concentrações de oxigénio nos viveiros durante a noite, especialmente no estofo de baixa-mar.	Deve ser implementado o corte mecânico regular para as algas, em particular em períodos de máxima biomassa. No caso da <i>Zostera</i> , essa remoção deverá ser analisada à luz do estatuto de conservação e da espécie em presença. A aplicação de substratos artificiais, como o calhau rolado, deve ser desencorajada.
Existe a percepção de que a falta de tratamento de esgotos, e o funcionamento deficiente de estações de tratamento de águas residuais, são as principais razões dos problemas de poluição. Contudo, cerca de 50% da carga de azoto que chega à Ria através da bacia hidrográfica tem origem em poluição difusa.	Identificação de episódios de mortalidade durante/após períodos de elevada precipitação. Condicionamento ou interdição de colheita durante e após episódios de chuva torrencial e de tempestade, ou depuração adicional, para assegurar que a qualidade microbiológica é adequada. Utilização de indicadores microbiológicos adequados para fazer a distinção entre fontes pontuais e difusas.

Diagnóstico	Recomendação
A densidade de bivalves poderá ser excessiva em relação à baixa concentração de alimento na água, particularmente durante a vazante. As descargas de nutrientes para a Ria não conduzem a biomassas elevadas de fitoplâncton dentro da Ria, porque o tempo de residência da água é curto de mais para a formação dum 'bloom'.	Deverão ser feitos ensaios em parcelas experimentais, com base nos resultados dos modelos, a fim de avaliar os efeitos do alimento disponível sobre a produção e mortalidade de amêijoas. Estas experiências deverão considerar diferentes classes etárias (coortes) e prolongarem-se durante um ano, de modo a incluir o período de verão, quando os animais estão mais frágeis.
As principais fontes de nutrientes para a Ria são, em partes equivalentes, as cargas de ETAR e os sedimentos do fundo da Ria, com um contributo menor mas importante do transporte pelas linhas de água. O sistema de ETAR tem sofrido importantes melhorias e pode considerar-se adequado.	O enfoque no estudo e controle de cargas da bacia hidrográfica deve passar das ETAR para a parte agrícola, medição de concentrações de nutrientes nas linhas de água em períodos de caudal de ponta, estudo de processos de contaminação dos aquíferos, e do transporte destes para a Ria.
O modelo ecológico EcoWin2000 (E2K), validado para condições padrão, prevê uma colheita total de amêijoas de cerca de 2300 toneladas por ano. Há uma grande variação no crescimento individual das amêijoas, e no rendimento por unidade de área dentro da Ria Formosa.	Uma vez instalado, o modelo E2K é simples (tipo Excel) e rápido a correr (cerca de 15 minutos para 10 anos). Os gestores locais devem receber treino para esta operação, com a finalidade de testar as várias alternativas de cultivo, incluindo a redução da densidade de sementes em áreas de menor rendimento.
A simulação da cultura de mexilhões para a área de aquacultura em 'offshore' da APPAA prevê uma colheita de cerca de 13 000 toneladas por ano.	A aplicação detalhada do modelo ecológico pode proporcionar análises mais específicas por viveiro, e ser usado para testar interações entre viveiros no que diz respeito à depleção dos alimentos.
A introdução de mexilhões na área de aquacultura em 'offshore' influencia a produção dos viveiros no interior da Ria Formosa, com um declínio anual previsível de 120 toneladas na produção de amêijoas.	É importante a sensibilização das partes interessadas para esta opção. Deve ser realizado trabalho adicional para a componente cultura de peixes.
A cultura de amêijoas na zona costeira e a cultura de mexilhões em 'offshore', do ponto de vista da produção, pode coexistir	Deve ser efectuada uma avaliação rigorosa das implicações das doenças das duas áreas de cultivo e as suas interações. A relevância das ameaças de potenciais doenças tanto (i) dentro da área costeira interior (onde o <i>Perkinsus</i> é já endémico) e dentro da área 'offshore' (onde o co-cultivo próximo requer uma política de controlo das doenças clara, adequada e rigorosa); e (ii) entre as duas áreas, não pode ser subestimada.
O modelo EcoWin2000 simula a produção de uma forma adequada, mas a componente mortalidade precisa ser melhorada. Isto deve-se sobretudo aos dados inadequados sobre mortalidade, a que acresce o facto de o calendário e as causas da mortalidade não são suficientemente compreendidos.	Melhor compreensão da mortalidade, usando metodologias de avaliação de risco, como recomendado anteriormente, pode conduzir a ferramentas que possam ser integradas com o modelo E2K (ou outros) para simular eventos de mortalidade e reproduzir padrões observados.
A simulação da produção de amêijoas em áreas intertidais é uma forma prática de avaliar a sua adequação. Simulações à escala local da cultura em tanques podem ajudar na determinação da densidade da cultura de peixes, e nas combinações adequadas de peixes e bivalves na cultura multitrófica integrada (IMTA).	O modelo FARM está disponível para os gestores locais de recursos hídricos e da pesca e, através destes, para as associações de produtores, para utilização pelos viveiristas. Tanto a cultura em terra como na Ria podem ser analisadas. As condicionantes ambientais, para os modelos de bivalves e de peixes, podem ser obtidas a partir dos dados existentes ou a partir de simulações utilizando o modelo à escala do sistema.

a base para uma gestão sustentável da Ria Formosa e da zona costeira adjacente.

A conjugação de uma análise ambiental rigorosa, sustentada pelo conjunto diverso de modelos matemáticos desenvolvidos e aplicados no FORWARD, com o desenvolvimento adequado dos aspectos de governança discutidos neste texto, permitirá à Ria Formosa evoluir no sentido de uma maior sustentabilidade, seguindo o modelo representado na Fig. 44.

A formação de técnicos da administração pública na utilização e exploração dos modelos ecológicos à escala do sistema e à escala local, bem como em outras ferramentas de modelação, é considerada fundamental para que o legado do FORWARD seja bem aproveitado.

Na Ria Formosa, como em qualquer outra parte do mundo, uma aquacultura mais sustentável depende de uma melhoria na utilização dos recursos, mais respeito pelo equilíbrio

ecológico do sistema, melhor equilíbrio social e uma governança plenamente participativa.

Muitas das lições deste projecto são relevantes para o desenvolvimento de uma aquacultura sustentável em Portugal, na Europa, e no mundo. Os resultados obtidos no projecto FORWARD, e detalhados nas páginas deste livro, fornecem um modelo para um futuro melhor.

REFERÊNCIAS-CHAVE

- Bitton, G., 2005. Review of indicator microorganisms and methodology for their detection. Stormwater Association U. Florida. http://www.florida-stormwater.org/Files_FSA%20Educational%20Foundation/Research_PathogensFSAMicrobialSourceTrackingReport.pdf.
- Bricker, S.B., J.G. Ferreira, T. Simas, 2003. An Integrated Methodology for Assessment of Estuarine Trophic Status. *Ecological Modelling*, 169(1), 39-60.
- Ferreira, J.G., A.J.S. Hawkins, S.B. Bricker, 2007. Management of productivity, environmental effects and profitability of shellfish aquaculture – the Farm Aquaculture Resource Management (FARM) model. *Aquaculture*, 264, 160-174.
- Inglis, G.J., Hayden, B.J., Ross, A.H., 2000. An Overview of Factors Affecting the Carrying Capacity of Coastal Embayments for Mussel Culture. National Institute of Water & Atmospheric Research (NIWA Client Report CHC00/69, Christchurch.
- Marshall, P.N., Capital EDC Economic Development Company “Ocean and Marinspace Industry Segments” 2009, Victoria, British Columbia, Canada.
- Nobre, A. M., Ferreira, J. G., Nunes, J. P., Yan, X., Bricker, S., Corner, R., Groom, S., Gu, H., Hawkins, A., Hutson, R., Lan, D., Lencart e Silva, J. D., Pascoe, P., Telfer, T., Zhang, X., Zhu, M., 2010. Assessment of coastal management options by means of multilayered ecosystem models. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 87, 43-62.
- Nunes, J.P., J. G. Ferreira, S. B. Bricker, B. O’Loan, T. Dabrowski, B. Dallaghan, A. J. S. Hawkins, B. O’Connor, T. O’Carroll, 2011. Towards an ecosystem approach to aquaculture: assessment of sustainable shellfish cultivation at different scales of space, time and complexity. *Aquaculture*, 315, 369-383.
- Olsen S.B., Tobey J., Hale L., 1998. A learning-based approach to coastal management. *Ambio* 17 (8).
- Olsen, S.B., 2003. Frameworks and indicators for assessing progress in integrated coastal management initiatives. *Ocean & Coastal Management* 46, 347-361.
- Pérez, O. M.; Telfer, T. C.; Ross, L. G. 2005. Geographical information systems-based models for offshore floating marine fish cage aquaculture site selection in Tenerife, Canary Islands. *Aquaculture Research* (36), pp. 946-961. doi:10.1111/j.1365-2109.2005.01282.x.
- Saurel C., Gascoigne J., Palmer M. and M.J. Kaiser 2007. In situ mussel feeding behaviour in relation to multiple environmental factors: regulation through food concentration and tidal conditions. *Limnology and Oceanography*, 52:1919-1929
- Silva, C., J.G. Ferreira, S.B. Bricker, T. A. DelValls, M.L. Martín-Díaz and E. Yañez 2011. Site selection for shellfish aquaculture by means of GIS and farm-scale models, with an emphasis on data-poor environments. *Aquaculture*, 318, 444-457.

Na parte final deste livro, como complemento do trabalho realizado no FORWARD, foram convidados especialistas para apresentar quatro breves casos de estudo. O objectivo foi discutir aspectos relevantes para a gestão da Ria Formosa, mas que são sem dúvida relevantes no contexto mundial de aquacultura. O primeiro caso de estudo examina as questões associadas ao transporte de sedimentos; o segundo apresenta resultados da aplicação de um modelo ecológico para

estudar a produção e potencial económico da zona 'offshore' de aquacultura de Armona. Segue-se uma análise dos problemas de doenças animais em aquacultura, e das lições aprendidas por exemplo na Escócia e no Chile. Finalmente, conta-se a história de uma grande empresa americana de cultura e comercialização de bivalves, que começou com uma pessoa em finais do século XIX, e hoje tem um volume de negócios anual de cinquenta milhões de dólares.

FIGURA 45 As barras da Ria Formosa e os principais canais adjacentes: (A) prisma de maré e (C) descargas de águas residuais durante as marés vivas; (B) prisma de maré e (D) descargas de águas residuais durante as marés mortas.



CASO DE ESTUDO 1: HIDRODINÂMICA E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

Barras de maré

A Ria Formosa é um sistema altamente dinâmico, constituído por várias barras de maré, caracterizado por uma rede complexa de canais naturais parcialmente dragados.

A forma da Ria Formosa dá origem a duas áreas diferentes resultantes da exposição à acção da ondulação: a parte oeste, que está sob a influência directa das condições dominantes da ondulação de SO, é mais turbulenta, enquanto a parte leste está directamente exposta apenas à ondulação de SE.

As várias barras de maré estão interligadas pela hidrodinâmica e por isso uma mudança morfológica numa dada barra pode modificar a circulação da água das outras barras e canais adjacentes. Estas mudanças são, de uma maneira geral, uma função do prisma de maré, que é uma medida das trocas de água através da barra. Quando uma nova barra é aberta e estabilizada, o seu prisma de maré irá aumentar até atingir um equilíbrio entre a secção transversal e o caudal que atravessa a barra.

Durante anos, ou mesmo décadas, podem ocorrer alterações morfológicas nas áreas adjacentes à nova barra e a resposta do ambiente costeiro aos processos de

estabilização através de intervenções de engenharia, pode estender-se muito para além da deriva para montante e jusante da barra. Num sistema de barras múltiplas as alterações podem ser mais dramáticas, porque ocorre uma alteração completa do campo de correntes, induzindo impactes de curto e longo prazos na circulação da água através das outras barras.

A existência e persistência de várias barras de maré nos sistemas costeiros é fundamental para a capacidade de desassoreamento, de navegabilidade e de estabilidade da praia/barreira, dado que estas dependem de factores que não se encontram nos sistemas de barra única.

A capacidade de um sistema de ilhas barreira para manter as várias barras de maré depende, em grande medida, do padrão de transporte de sedimentos existente na proximidade de cada barra. Quando a deriva do litoral é forte, os baixios retêm quantidades significativas de areia.

A combinação da interacção corrente-ondulação em situações de tempestade força alterações morfológicas de forma que a barra pode mover-se de uma condição essencialmente dominada pela maré para uma condição essencialmente dominada pela ondulação. Quando ocorrem estes fenómenos a maré pode não ter a capacidade para transportar

FIGURA 46 (A) A barra do Ancão em 2006, mostrando a posição da barra aberta (artificialmente realocada em 1997); (B) limites da campanha topo-batimétrica efectuada em 2006; e (C) Posição da nova barra (barra para leste) o que obrigou ao encerramento da outra barra após a tempestade ocorrida em Março de 2010

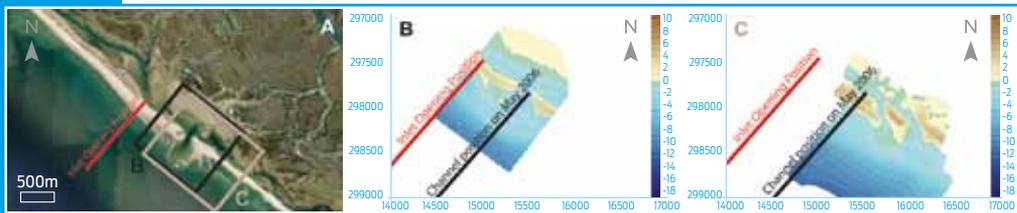
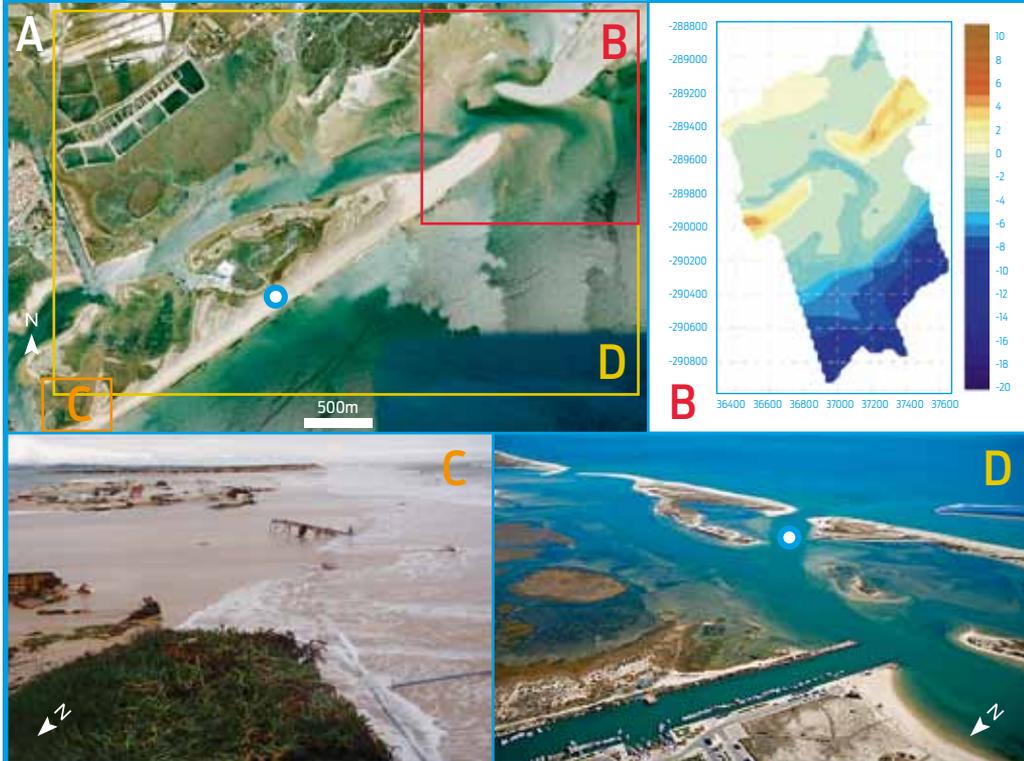


FIGURA 47

(A) Barra da Fuseta aquando das medições do prisma de maré (2006), mostrando os limites do levantamento topo-batimétrico efectuado em Maio de 2006; (B) a extrema erosão da barreira resultante da tempestade de 2 de Março de 2010 e da abertura de uma nova barra a Oeste; (C) encerramento artificial da aberta da nova barra e (D) a nova localização artificial (assinalada pela estrela); ainda assim, a antiga barra (medida neste estudo) continuava aberta e foi, posteriormente, encerrada de modo artificial pelas autoridades marítimas



a matéria para longe da parte de jusante da barra e, assim, a barra irá acumular areia devido à migração dos baixios para a margem.

Padrões de circulação da água e de transporte de sedimentos

As medições do prisma de maré, efectuadas entre 2006 e 2007 para cada uma das barras da Ria Formosa, revelaram um padrão claro de circulação entre as barras de Faro-Olhão e da Armona (Fig. 45).

As duas barras apresentam um comportamento dominado pela vazante (i.e. a

velocidade média mais elevada da vazante está associada a uma maré vazante de menor duração). Contudo, na barra de Faro-Olhão o prisma da enchente é consideravelmente mais elevado do que o prisma da vazante. O sentido do transporte de sedimentos está fortemente orientado para terra, como se pode comprovar pelas operações regulares de dragagem necessárias para assegurar a navegabilidade do canal. Em contraste, a barra da Armona é sempre dominada pela vazante e é capaz de lançar os sedimentos em direcção ao mar, em condições de bom tempo, sobretudo durante as marés vivas. Estas duas barras, que são as mais

importantes, representam quase 90% do prisma de maré total da Ria Formosa.

A interligação entre ambas as barras é especialmente activa durante as marés vivas, mas é reduzida durante as marés mortas, quando as barras drenam a bacia de uma forma mais autónoma.

Embora as maiores alterações morfológicas ocorram em situações de tempestade, a intercepção diária do transporte longitudinal de areias e o seu vaivém numa barra é orientada pela hidrodinâmica em situação de bom tempo. As estimativas do transporte de sedimentos obtidas em condições em que predomina o bom tempo mostram uma exportação líquida de sedimentos nas barras de Ancão, Armona, Fusetas e Tavira e uma importação líquida nas barras de Faro-Olhão e Lacém.

Apesar da capacidade das barras de depositar novamente os sedimentos no mar alto em condições de bom tempo, o fluxo líquido de entrada de sedimentos durante períodos alargados da interacção combinada corrente-ondulação, em situações de tempestade, pode diminuir a eficiência hidráulica dos canais. Eventos episódicos (i.e. tempestades) podem abrir barras naturais através do sistema, e há observações que mostram a capacidade do sistema em manter aquelas barras abertas por períodos de tempo variáveis. Isto aconteceu, recentemente, em duas das barras do sistema: Ancão (Fig. 46) e Fusetas (Fig. 47).

No primeiro local a migração foi forçada por mudança, com um encerramento natural da zona ocidental da barra e com a persistência da nova barra; no segundo local, uma abertura a oeste que se desenvolveu numa posição mais natural e mais favorável, o que obrigou a uma série de intervenções de engenharia no sistema.

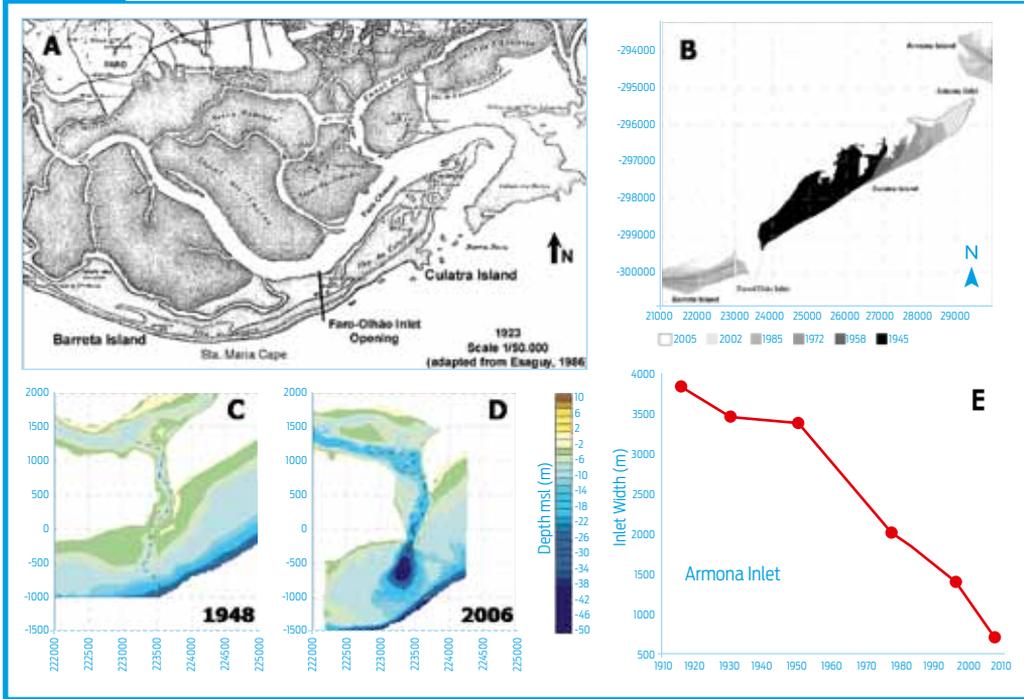
Evolução morfodinâmica em resultado da intervenção humana

As actividades humanas na Ria Formosa provocaram alterações na zona costeira adjacente. Uma análise da evolução da área, desde o século XIV até à actualidade, demonstra que embora o sistema, historicamente, tenha respondido às perturbações tanto naturais como artificiais, com mudanças acentuadas na morfologia global, sempre se mantiveram 4 a 7 barras.

A mais recente grande alteração ao sistema resultou da abertura da barra de Faro-Olhão, que capturou um amplo prisma de maré da barra da Armona que era, anteriormente, a barra natural dominante no sistema. A abertura da barra de Faro-Olhão ilustra os efeitos imprevisíveis da intervenção antropogénica.

A barra de Faro-Olhão, que é a barra mais importante do sistema da Ria Formosa, foi aberta, artificialmente, em 1929, no local da antiga Barra do Bispo (Fig. 48A), aproximadamente 2 km a leste do Cabo de Santa Maria. O objectivo foi assegurar a manutenção da profundidade das vias navegáveis de acesso ao canal (i.e. Canal de Faro, Fig. 48A) que conduz às duas áreas mais populosas, Faro e Olhão. Foram construídos dois molhes para proteger o canal de acesso da deriva litoral dominante de oeste para este e para melhorar os aspectos relacionados com a navegação, em particular a profundidade e a orientação do Canal de Faro. Contudo, a distância entre os molhes (160m) revelou-se demasiado estreita e a barra não ficou em situação de equilíbrio. A abertura da barra de Faro-Olhão, a sua estabilização e o processo de desassoreamento relacionado com a evolução da secção transversal da barra para a estabilidade (Fig. 48C&D), reduziram substancialmente o caudal na barra de Armona, resultando num desvio da dominância do prisma de maré da Armona para Faro-Olhão.

FIGURA 48 (A) Detalhe da localização da barra artificialmente aberta de Faro-Olhão (antes da abertura, sobreposição sobre uma carta de 1923); (B) Evolução da Ilha da Culatra de 1945 a 2009; (C) Canal da barra de Faro-Olhão em 1948 e (D) em 2006. Sistema de coordenadas: Datum 73, Grelha Militar portuguesa, que mostra a acentuada desobstrução da entrada da barra; (E) evolução da largura da barra de Armona



As barras, em especial aquelas que não estão limitadas por molhes, têm uma elevada capacidade de captura de sedimentos transportados na deriva litoral. Para uma barra como a da Armona, que tinha, habitualmente, um prisma de maré de $\sim 9 \times 10^6 \text{ m}^3$, a redução de cerca de 75% desse caudal resultou num excesso de sedimentos. A perda da corrente de vazante sobre os baixios permitiu que a ondulação e as correntes da enchente empurrassem os baixios para terra. Isto, por sua vez, forneceu os sedimentos necessários para aumentar a Ilha da Culatra (Fig. 48B) e para reduzir a largura da barra de Armona (Fig. 48E).

Uma análise do balanço de sedimentos mostra que o desenvolvimento da barra de Faro-Olhão ocorreu em três fases:

1. Uma fase inicial de retenção dos sedimentos (1929-1962), quando a barra começou a reter os sedimentos transportados ao longo da margem, construindo deltas de vazante e enchente, e o canal aprofundou à medida que foi evoluindo para alcançar uma secção transversal equilibrada (Fig. 46 B);
2. Uma fase intermédia (1962-1978), durante a qual ambos os deltas acumularam sedimentos, aproximadamente à mesma taxa, e em que ocorreram modificações significativas em ambas as barreiras, com a ilha da Barreta, localizada a Oeste, a registar uma acreção significativa e o processo de desassoreamento da barra a intensificar-se;

3. Uma fase recente (1978-2001), caracterizada pela evolução de ambas as linhas de costa em resposta à presença da barra e devido à intensificação drástica do desassoreamento da entrada da barra (Fig. 46C). As fortes correntes de vazante desta barra actuam como uma verdadeira barreira para o transporte de sedimentos ao longo da margem, o que aumenta a retenção de areia da deriva a montante do molhe ocidental e aumenta a capacidade de retenção de toda a faixa submarina entre a praia e a zona de rebentação. A análise do balanço de sedimentos indica também que, cinquenta anos após a sua abertura, a barra atingiu o equilíbrio no que respeita à sua secção transversal. Contudo, foram necessários cerca de 70 anos para alcançar o equilíbrio com a linha de costa adjacente e a largura da barra da Armona foi grandemente reduzida.

Mais recentemente, nos anos de 1990, duas barras, a do Ancão (1996, Fig. 46) e a da Fuzeta (1999, Fig. 47), foram realocizadas. A realocização de uma barra é uma técnica suave de gestão costeira que, quando aplicada em barras migratórias, envolve a abertura artificial de uma nova barra de maré ao longo da rota de migração histórica da barra. A realocização da barra do Ancão foi um sucesso e a barra ainda mantém a sua capacidade de remoção de sedimentos enquanto continua a deslocar-se.

Desde a sua abertura, a barra já se deslocou cerca de 1400m (~90m/ano até 2010). Ao contrário, a realocização da barra da Fuzeta não teve sucesso dado que o enchimento e a meanderização do canal ocorreram após a sua abertura. A Fig. 47 mostra uma tempestade que atingiu a ilha de Armona, a cerca de 1000 m a oeste da barra. Tanto a barra nova como a antiga tiveram que ser fechadas artificialmente, tendo sido aberta uma nova barra, com uma localização mais favorável, que, até à data (início de 2012), está a funcionar bem.

No interior do sistema de ilhas barreira, o canal principal (Faro) tem vindo a alargar e a aprofundar nas áreas onde ocorreu a maioria das operações de dragagem, em particular desde os anos oitenta. Esta intensificação teve como resultado o alargamento do canal, a leste da migração, bem como o seu aprofundamento, e a perda de zonas de sapal. O reforço das dragagens aumentou o potencial hidráulico do canal mas pode ser responsável pelo assoreamento dos canais secundários, alterando o fornecimento de oxigénio e os fluxos de nutrientes, e afectando actividades económicas tais como a pesca (incluindo bivalves) e a aquacultura. Dado que o Canal de Faro está ligado hidrodinamicamente às barras de Ancão e Armona, qualquer melhoria na sua hidrodinâmica pode ter impactes nas barras vizinhas (i.e. perda de eficiência e de enchimento).

Conclusões

A abertura de barras de maré e o reajustamento subsequente do prisma de maré são responsáveis por importantes alterações ao longo das zonas costeiras adjacentes, em particular nos sistemas de barras múltiplas. O processo é mais evidente quando há molhes envolvidos na estabilização da barra, uma vez que estes perturbam os padrões naturais de migração da barra e têm impacte no balanço global de sedimentos das células costeiras envolvidas. Na maioria das zonas costeiras afectadas por trabalhos de engenharia é difícil recolher conjuntos de dados históricos de forma a analisar a evolução da linha de costa e os impactes da engenharia costeira. Assim, a estabilidade da barra tem, habitualmente, como base o sistema hidráulico da barra, i.e., analisa a evolução da área da secção transversal. Embora isto seja importante para o estudo da estabilidade localização/geometria de uma barra, estas análises devem ser completadas com ferramentas tais como o balanço de sedimentos.

O caso da barra de Armona salienta a importância que os deltas de vazante têm na retenção de sedimentos transportados na deriva litoral e em libertá-los novamente durante os períodos de maior ondulação. Assim, em particular em sistemas de barras múltiplas como a Ria Formosa, a ligação da morfologia e da hidrodinâmica deve ser alargada a todas as barras, de forma a compreender a estabilidade de todo o sistema, com base na distribuição do prisma de maré ao longo do tempo, e os padrões de circulação da barra e a sua influência nas vias e na magnitude do transporte de sedimentos. O equilíbrio a longo prazo do armazenamento de sedimentos nos deltas de vazante deve ser considerado ao analisar-se o equilíbrio possível dos sistemas de barras múltiplas. Assim, uma avaliação completa da estabilidade dos sistemas de barras requer um estudo detalhado da ligação entre as ilhas barreira, a barra e o delta de vazante, incluindo o efeito da ondulação sobre o delta e na zona costeira adjacente e, em particular, o seu papel na agitação e no transporte de sedimentos.

A gestão dos aspectos de engenharia, ambientais e socio-económicos de ambientes complexos, como é o caso da Ria Formosa, requer um programa integrado de gestão costeira, com representação de todas as partes envolvidas. O conhecimento avançado da dinâmica costeira e a observação dos impactes causados pelas actividades costeiras (e.g. portos, abertura e manutenção de barras/canais, obras de defesa costeira) revelam os indicadores costeiros importantes que devem ser incluídos no processo de tomada de decisão. Na Ria Formosa há uma necessidade urgente de aplicar acções de gestão de sedimentos que afectem a remoção, transporte e depósito de sedimentos. As acções comuns incluem dragagem e colocação, construção de estruturas que dispersem ou captem sedimentos, desvio de areias das barras e protecção contra a erosão de

bancos, linhas de costa, leitos marinhos e fundos de canais. Estas acções consistem, essencialmente, na coordenação das actividades de dragagem na zona costeira com o objectivo de reter areia no sistema litoral, de forma a conseguir processos mais equilibrados do sistema natural, bem como a reduzir os custos de futuros projectos associados à manutenção de canais. Um programa integrado de gestão costeira deverá:

1. Executar uma análise pormenorizada do balanço de sedimentos com base nos novos dados topo-batimétricos; quantificar, em particular, os sedimentos armazenados nos deltas de vazante e compreender como é que esses sedimentos podem ser movidos através do aumento da agitação marítima.
2. Definir novos indicadores com base na quantificação do prisma de maré através das barras, relacionando as alterações no prisma de maré devidas a dragagem e as alterações no fluxo de nutrientes e de fornecimento de oxigénio.
3. Planear as dragagens dos canais navegáveis a fim de repor as condições de equilíbrio do sistema, promovendo a capacidade de desassoreamento das barras e da navegabilidade dos canais. As acções prioritárias de dragagem devem ser planeadas após fortes tempestades, em particular nas barras de Ancão, Armona e Fuseta e canais adjacentes;
4. Quantificar os défices de sedimentos nos sectores costeiros e a vulnerabilidade costeira aos processos de erosão e definir as áreas de gestão de riscos associadas aos riscos das barras;
5. Analisar os dados e a informação relativa às características ecológicas, físicas e químicas dos locais que deverão ser dragados, a fim de minimizar os impactes sobre o meio envolvente (e.g. equipamento utilizado, calendarização e período de dragagem)

TABELA 20 Trabalho de campo e custos estimados para implementar o plano costeiro de gestão de sedimentos da Ria Formosa

Descrição da tarefa	Período (ano)	Custos (euros de 2012)
Levantamento topográfico e hidrográfico completo do sistema da Ria Formosa (realizado com uma eco-sonda multifeixes LIDAR)	12	350 k€
Levantamento hidrográfico completo de todas as barras e dos canais interiores (realizado com uma eco-sonda multifeixes)	6	120 k€
Levantamentos hidrográficos das barras e dos principais canais de circulação da água (realizado com uma eco-sonda multifeixes). Estes levantamentos devem ser realizados com maior frequência nas novas barras abertas naturalmente e/ou artificialmente (cada 6 meses até que a barra atinja a estabilidade da secção transversal)	3	75 k€
Quantificação da evolução do prisma de maré e dos padrões hidrodinâmicos (ADCP—Acoustic Doppler Current Profiler, medições da corrente) para ciclos completos de maré viva e de maré morta	6	15 k€ por amostragem (todas as barras)

6. Repor os sedimentos resultantes da manutenção da navegabilidade da barra nos sectores costeiros com défice de sedimentos, ou utilizá-los na alimentação de praias, na recuperação da beira-mar e/ou do habitat.

7. Executar uma monitorização de longo prazo dos processos de desvio dos sedimentos, antes da abertura de uma nova barra.

A Tabela 20 apresenta três níveis para o planeamento e execução de um plano costeiro de gestão de sedimentos na Ria Formosa. Este plano permitirá estabelecer as acções prioritárias no que refere à operação de dragagem e ao reforço dos sectores costeiros. Deve seguir-se uma estratégia de ‘construir com a natureza’, i.e. alimentação com areia e recuperação dos ambientes costeiros (e.g. sistemas dunares, zonas entre marés e sapais) devem ser parte da estratégia para combater a erosão.

Esta abordagem estratégica evita as estruturas de engenharia pesada (e.g. molhes) que irão, inevitavelmente, desviar os sedimentos costeiros e causar problemas de erosão.

Referências-chave

Pacheco, A., Ferreira, Ó., Williams, J.J. 2011. Long-term Morphological Impacts of the Opening of a New Inlet on a Multiple Inlet System. *Earth Surface Processes and Landforms* 36, 1726-1735.

Pacheco, A., Ferreira, Ó., Williams, J.J., Garel, E., Vila-Concejo, A., Dias, J.A. 2010. Hydrodynamics and Equilibrium of a Multiple Inlet System. *Marine Geology* 274, 32-42.

Pacheco, A., Vila-Concejo, A., Ferreira, Ó., Dias, J.A., 2008. Assessment of Tidal Inlet Evolution and Stability Using Sediment Budget Computations and Hydraulic Parameter Analysis. *Marine Geology* 247, 104-127.

Pacheco, A., Carrasco, A.R., Vila-Concejo, A., Ferreira, Ó., Dias, J.A. 2007. A coastal management program for channels located in backbarrier systems. *Ocean & Coastal Management* 50 (1-2), 119-143.

Vila-Concejo, A., Matias, A., Pacheco, A., Ferreira, Ó., Dias, J.A., 2006. Inlet hazard determination in the Ria Formosa barrier island system (Portugal). *Continental Shelf Research* 26, 1045-1060.

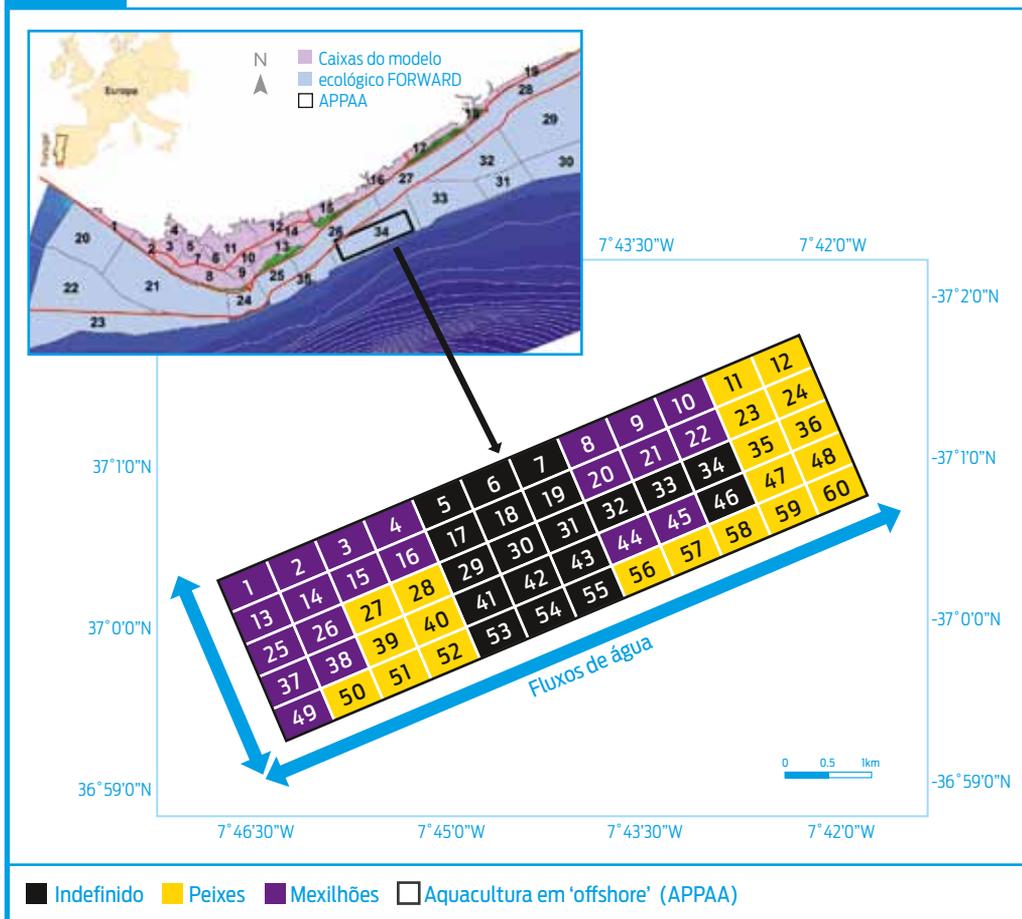
CASO DE ESTUDO 2: AQUACULTURA 'OFFSHORE' EM ARMONIA⁸

O projecto COEXIST (www.coexistproject.eu/), da União Europeia, utiliza vários casos de estudo para testar diferentes metodologias de harmonização das pescas, aquacultura e de outras actividades no espaço marítimo europeu. Um desses casos de estudo inclui a Área Piloto de Produção Aquícola de Armonia

(APPAA), localizada em 'offshore' (batimétrica dos 30 m), em frente à Barra Grande de Olhão, Ria Formosa, no sudeste de Portugal.

A APPAA (Fig. 49) é uma área de 15 km² definida pelo Governo Português para aquacultura multitrófica integrada (IMTA). Este parque aquícola contém 60 lotes, cada um com uma área de cultivo de 80 000 m²; um máximo de 70% dos lotes serão usados para

FIGURA 49 Área Piloto de Produção Aquícola de Armonia (APPAA), ao largo de Armonia, Ria Formosa, com 60 lotes de produção



⁸ A investigação que conduziu a estes resultados foi financiada pelo projecto COEXIST do 7º Programa Quadro da União Europeia (FP7/2007-2013) através do contrato nº 245178. Esta publicação reflecte as opiniões dos autores, não cabendo à União Europeia qualquer responsabilidade pelo uso que possa ser feito desta informação.

o cultivo de peixe, e um mínimo de 30% para bivalves. O modelo ecológico EcoWin2000 foi aplicado no âmbito do projecto COEXIST para simular a produção, o desempenho económico e os efeitos ambientais da APPAA.

Apresentam-se a seguir alguns resultados para monocultura de mexilhão (*Mytilus galloprovincialis*) e para aquacultura multitrófica integrada com dourada (*Sparus aurata*).

Monocultura de mexilhões

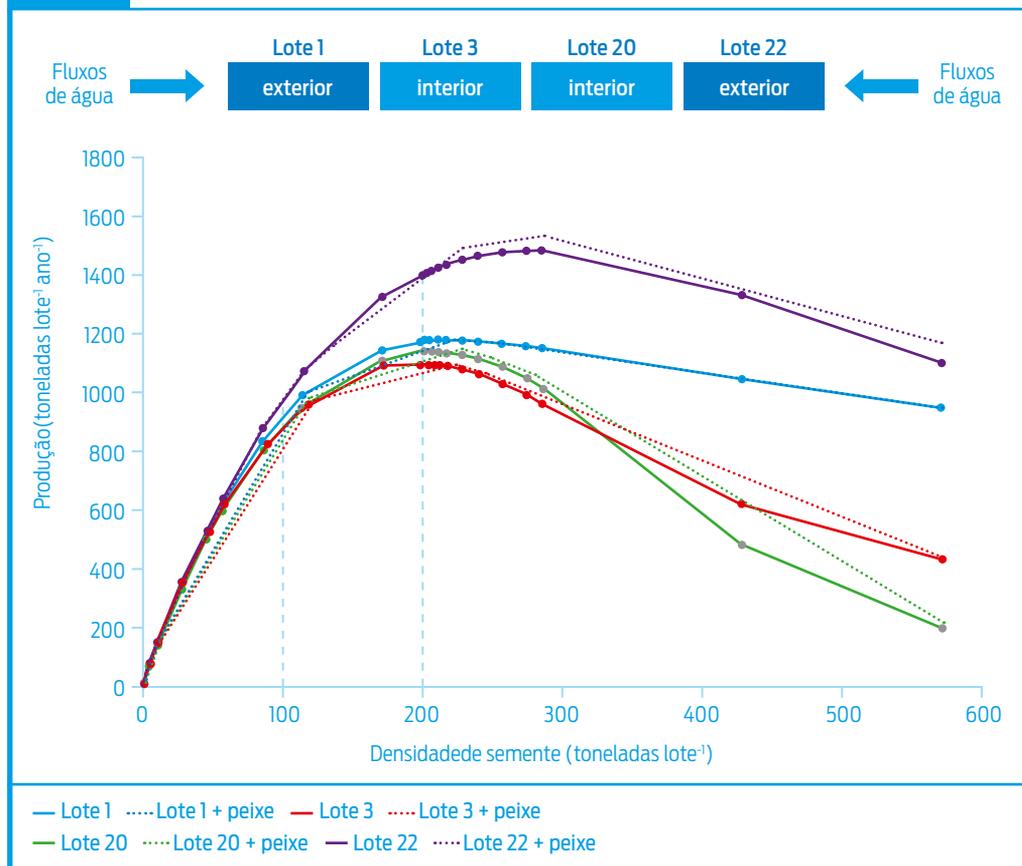
A produção de mexilhão em monocultura foi simulada para 21 lotes, com base nas licenças

concedidas pelo governo (Fig 49). Foi simulado um período de quatro anos, usando velocidades de correntes fornecidas pelo modelo hidrodinâmico e parâmetros relacionados com a alimentação (temperatura, salinidade, clorofila a, detritos orgânicos). A Fig. 50 apresenta os resultados para quatro lotes, para diferentes densidades de semente.

A produção máxima para os lotes nas extremidades da APPAA pode atingir cerca de 1500 toneladas por lote (260 toneladas por hectare), enquanto que nos lotes interiores não ultrapassa 1100 toneladas por lote (200 toneladas por hectare). Nas fronteiras do

FIGURA 50

Produção anual de mexilhão com diferentes densidades de cultura em monocultura ou em cultura multitrófica com peixe, exemplo de quatro lotes (ver Fig. 49).



modelo, o lado sudeste (lote 22) recebe mais alimento, o que explica a produção mais elevada. A depleção de alimento começa a afectar a colheita quando a densidade de semente é superior a 100 toneladas (17,5 toneladas por hectare). Com densidades acima de 200 toneladas (35 toneladas por hectare) a produção nos lotes interiores é progressivamente reduzida, embora continue ainda a aumentar nos lotes exteriores da APPAA.

A Fig. 51 mostra uma análise marginal para determinar o lucro ideal para os lotes. No lote 1, para um Produto Físico Marginal (MPP) de 0,3 (custo da semente $P_i = 0,36 \text{ €/kg}$ e preço da colheita $P_o = 1,08 \text{ €/kg}$) a densidade de semente necessária para optimização do lucro é de 37,1 toneladas por hectare.

O lucro máximo é atingido a uma densidade ligeiramente inferior à produção máxima. A

densidade de optimização depende da posição do lote na APPAA – no exemplo dos lotes da Fig. 51, varia entre 7000 e 9600 indivíduos m^{-2} (i.e. 35 - 48 toneladas por hectare).

Para uma densidade óptima de 37,1 toneladas por hectare, a produção total simulada de mexilhão é de 36 000 toneladas por ano, que corresponde a um rendimento bruto de 38,8 milhões de euros.

Aquacultura multitrófica integrada

O modelo ecológico foi corrido para um período de simulação de crescimento de três anos, com diferentes densidades de mexilhão, colocados em 21 lotes, bem como 20 lotes de cultura de douradas (Fig. 52).

As condições ambientais utilizadas para correr o modelo são idênticas ao cenário de

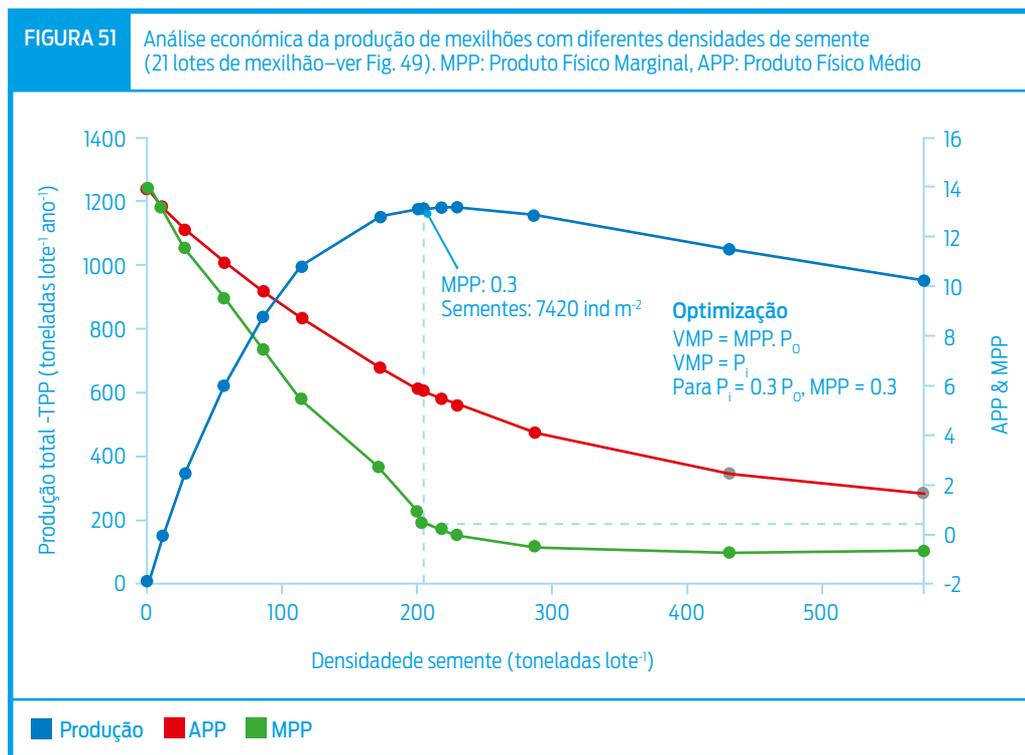
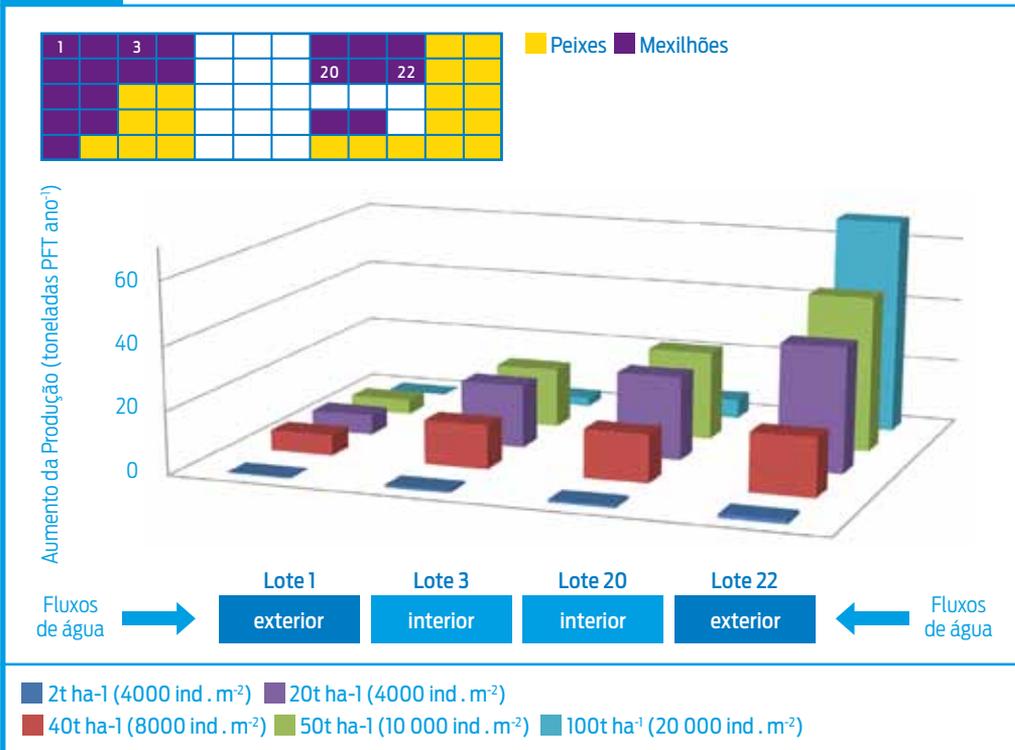


FIGURA 52 Produção em lotes de mexilhão com diferentes densidades de semente, em IMTA com douradas (20 lotes a amarelo)



monocultura de mexilhão. Foram simuladas cinco densidades diferentes de sementes: 2, 20, 40, 50 e 100 toneladas por hectare e vinte lotes de dourada. A descarga de matéria orgânica particulada a partir da cultura de peixe foi simulada como uma entrada contínua, utilizando uma densidade de 400 peixes por m², o que corresponde a 4% da ocupação de um lote.

A Fig. 52 indica que a produção de mexilhão é menor nos lotes interiores (3 e 20) e maior nos exteriores (1 e 22), com ou sem peixe, devido à redução de alimento no interior da APPAA. A produção de mexilhão é sempre maior no lote 22, devido à conjugação da matéria orgânica proveniente da cultura de peixe nos lotes adjacentes com condições

de fronteira favoráveis. Com uma densidade máxima de semente de 100 toneladas por hectare (Fig. 52), a produção de bivalves no lote 22 atinge 68 toneladas por ano, mais 6% do que em monocultura.

A cultura em IMTA parece favorecer o crescimento de mexilhões, que reutilizam a matéria orgânica proveniente da cultura de peixe como uma fonte de alimento. Contudo, o aumento percentual da produção por lote é relativamente baixo.

Bens e serviços do ecossistema em IMTA

A Tabela 21 apresenta o balanço anual de bens e serviços fornecidos ao ecossistema pelos mexilhões na APPAA em aquicultura

TABELA 21 Bens e serviços ambientais prestados pelos bivalves na APPA

Item	Valor
Bens	
Produção de mexilhão	
Colheita (t ano ⁻¹)	9512
Valor (milhares de euros)	10 273
Serviços	
Carbono (bruto)	
Remoção de POM detritico (t C ano ⁻¹)	5157
Remoção de fitoplâncton (t C ano ⁻¹)	1318
Remoção total de POM (t C y ⁻¹)	6476
Azoto (líquido)	
Remoção de POM detritico (t N ano ⁻¹)	802
Remoção de fitoplâncton (t N ano ⁻¹)	205
Remoção total de POM (t N ano ⁻¹)	1007
Serviços prestados ao ecossistema ⁹	
Habitantes-Equivalente (PEQ) ¹⁰	243 030
Valor da externalidade* (milhares de euros)	7 290
Total bens e serviços (milhares de euros)	17 563

multitrófica. A aplicação do modelo Ecowin2000 a este tipo de IMTA indica que há benefícios ambientais do co-cultivo, conseguidos através da reutilização de azoto e fósforo a partir de detritos orgânicos, tanto para a produção de mexilhão como para mitigar o impacto ambiental de monocultura de peixes.

No cenário IMTA, o aumento total da produção de mexilhão é de 53 toneladas por ano, correspondente a cerca de 59 000 euros. Esta não é uma alteração significativa em relação à monocultura, mas os mexilhões proporcionam um serviço ambiental importante. A remoção total de matéria orgânica

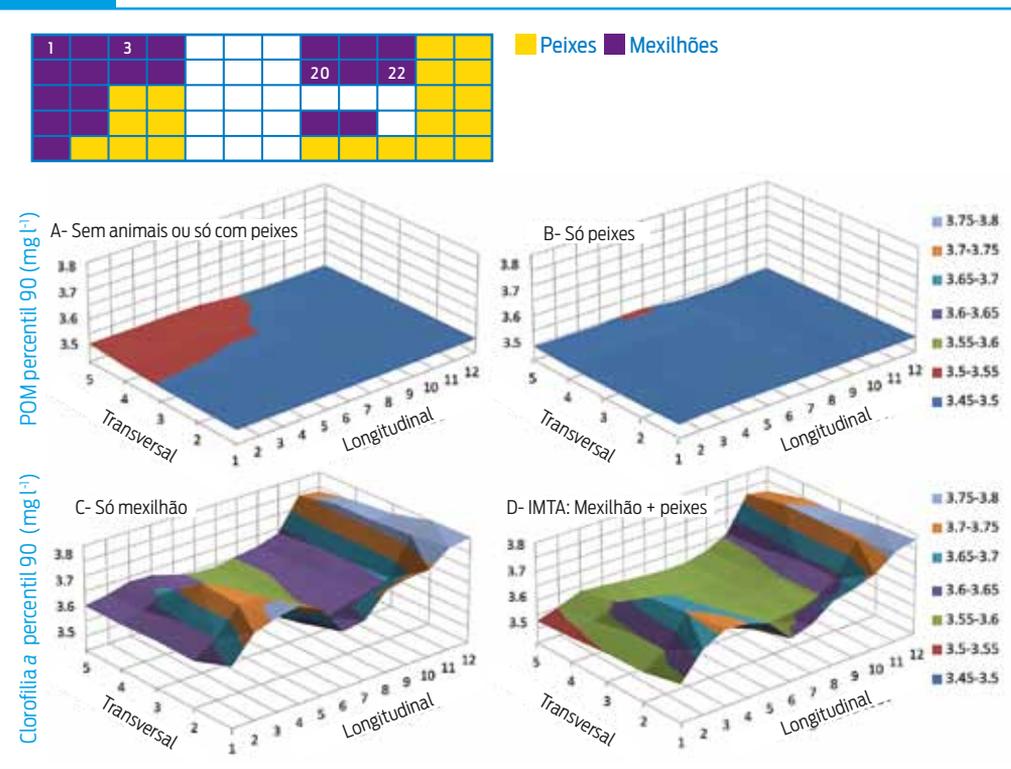
particulada (POM) corresponde a quase 6500 toneladas de carbono, e pouco mais de 1000 toneladas de azoto por ano, para uma densidade de semente de 2 toneladas por hectare nos 21 lotes. Através do modelo, determina-se que a remoção de azoto corresponde a cerca de 10% da produção total de mexilhão.

A remoção anual de azoto por mexilhões corresponde a 240 000 habitantes-equivalente (PEQ) por ano, ou seja, a uma externalidade positiva anual que excede 7 milhões de euros por ano (Tabela 21). Neste caso, não se trata do custo de substituição de remoção de

⁹: Calculada só para detritos, assumindo que são provenientes da piscicultura

¹⁰: 1 Habitante-Equivalente (PEQ) : 30 € ano⁻¹

FIGURA 53 Disponibilidade de alimento na APPAA em diferentes combinações de aquacultura (densidade de mexilhão: 2 t ha⁻¹).



nutrientes em terra, mas de um serviço ainda mais valioso – a matéria orgânica em excesso devida à piscicultura na APPAA, proveniente tanto de alimento não consumido como de matéria fecal, corresponde a poluição difusa, e conduz a bem conhecidos impactos ambientais locais agudos. É particularmente difícil efectuar o controle na fonte, ou a remediação após a descarga. IMTA é uma alternativa prática, e em períodos de escassez de fitoplâncton, pode ser um contributo importante para a produção de bivalves.

O efeito de diferentes combinações de cultura (monocultura e IMTA) na APPAA como um todo encontra-se representado na Fig. 53, que usa o percentil 90 de clorofila como um indicador de disponibilidade de alimento. O aumento

de alimento disponível na fronteira nascente (direita) é notório, particularmente em IMTA.

Cenários alternativos podem ser testados com o modelo EcoWin2000 através de diferentes combinações de espécies, densidades, e localizações dentro da APPAA. Estes cenários fornecem informação sobre produção, serviços ambientais, e sustentabilidade económica e ambiental da aquacultura, e contribuem para uma tomada de decisão mais rigorosa.

Referências-chave

Costa-Pierce, B.A., 2010. Sustainable ecological aquaculture systems: the need for a new social contract for aquaculture development. *Mar. Tech. Soc. J.* 44, 88–112.

Lindahl, O., Hart, R., Hernroth, B., Kollberg, S., Loo, L., Olrog, L., Rehnstam-Holm, A., 2005. Improving marine water quality by mussel farming: a profitable solution for Swedish Society. *Ambio* 34, 131–138.

Lindahl, O., Kollberg, S., 2009. Can the EU agri-environmental aid program be extended into the coastal zone to combat eutrophication? *Hydrobiologia* 629 (1), 59–64.

CASO DE ESTUDO 3: DOENÇAS: LIÇÕES DA ESCÓCIA, NORUEGA E CHILE¹¹

Qualquer produção de animais para consumo humano é influenciada pela doença como um risco, como um factor limitativo e como um factor que pode reduzir a qualidade e segurança do produto. A criação de um número elevado de animais da mesma espécie, em espaços limitados, favorece a instalação e a propagação dos patogénicos, i.e., vírus, bactérias e parasitas capazes de utilizar os animais criados como hospedeiros. Contudo, isto não é uma relação directa dado que há diversos factores que influenciam o equilíbrio. O risco e o impacto dos patogénicos podem ser aumentados ou reduzidos devido a um vasto leque de modulações biológicas e de outras práticas de gestão, destacando-se a importância de compreender a dinâmica da ecologia das relações hospedeiro-parasita.

No meio aquático as doenças podem propagar-se a partir dos animais selvagens para os de cultura e vice-versa. Devido à densidade artificialmente elevada dos hospedeiros em aquacultura há um risco de proliferação e de reforço da virulência dos patogénicos nas populações em cativeiro, o que por sua vez faz aumentar o desafio da pressão sobre os animais selvagens. No mar, as correntes são



Figura 54. O piolho do salmão num peixe infectado.

bons vectores para a propagação de muitos patogénicos e muitos parasitas revelam notáveis adaptações a este ambiente.

Neste caso de estudo pretendem elucidar-se alguns aspectos-chave das doenças na aquacultura: a susceptibilidade dos hospedeiros, a propagação dos patogénicos, regimes de gestão, pousio, e o princípio ‘tudo dentro, tudo fora’. A produção anual de salmão na Noruega encontra-se perto de um milhão de toneladas. A produção na Escócia é de 160 000 toneladas, e o Chile produzia cerca de 280 000 toneladas por ano, antes do aumento de piolho do salmão (*Caligulus*) em finais de 2006, seguido de uma epidemia de anemia infecciosa em 2007. A compreensão das doenças, impactes, e medidas tomadas pelos gestores ambientais e pela indústria é um ensinamento importante para evitar a repetição de erros do passado.

Susceptibilidade dos hospedeiros

A susceptibilidade de qualquer hospedeiro individual a um patogénico, num local e tempo específicos, é influenciada pela complexa inter-relação entre a genética do

¹¹: A investigação que conduziu a estes resultados foi financiada pelo 7º Programa Quadro da União Europeia (FP7/2007-2013) através do contrato nº 245178. Esta publicação reflecte as opiniões dos autores, não cabendo à União Europeia qualquer responsabilidade pelo uso que possa ser feito desta informação.

hospedeiro e a do patogénico e o ambiente em que o hospedeiro vive.

Está há muito estabelecido que os diferentes 'stocks' de animais aquáticos selvagens e cultivados podem variar enormemente na resistência à doença. Por exemplo, os 'stocks' de Salmão Atlântico (*Salmo salar*) do mar Báltico e do Atlântico Norte diferem muito entre si no que respeita à sua susceptibilidade relativa ao parasita monogenético *Gyrodactylus salaris*. A introdução na Noruega de estirpes do Báltico do Salmão Atlântico, portadoras do patogénico, proporcionaram provavelmente a oportunidade para *G. salaris* se propagar ao Salmão Atlântico selvagem aí existente, com consequências catastróficas para os 'stocks' em vários rios.

Do mesmo modo, está actualmente bem estabelecido que diferentes famílias de Salmão Atlântico mostram diferenças marcantes na sua susceptibilidade ao patogénico viral Vírus da Necrose Infecciosa, estando esta variação amplamente explicada pelas diferenças relativamente pequenas na genética dos hospedeiros.

A variação à susceptibilidade da doença é, frequentemente, um factor que afecta a selecção das espécies. Por exemplo, uma das razões por que o Salmão Atlântico, por oposição ao salmão nativo *Onchorynchus* spp., é cultivado em tanques-rede ao largo da costa ocidental do Canadá é que esta espécie é menos susceptível à Corinebacteriose, que é endémica nos 'stocks' de salmão selvagem aí existentes. Tal como a variação na genética do hospedeiro, que afecta a susceptibilidade à doença, diferentes estirpes de patogénicos podem também apresentar diferenças acentuadas na virulência. Por exemplo a bactéria patogénica *Yersinia ruckeri* é a causadora da Doença Entérica da Boca Vermelha na truta arco-íris e noutras espécies de salmonídeos. Contudo, só alguns dos serótipos provocam

doenças graves na truta arco-íris, com outros subtipos a afectar em especial o Salmão Atlântico. As bactérias e os vírus também têm propensão para sofrer recombinações genéticas incluindo, em particular no caso das bactérias, uma capacidade para adquirir elementos genéticos que conferem uma aptidão aumentada (e.g. virulência acrescida, resistência aos antibióticos, etc.). Isto proporciona um mecanismo através do qual estes podem evoluir rapidamente para causar níveis agravados da doença em espécies previamente susceptíveis, doença em espécies ou estirpes de hospedeiros anteriormente resistentes, bem como iludir as estratégias de controlo (quimioterapia, imunoprofilaxia, etc.)

Além de ser influenciada pela variação genética a nível do hospedeiro e/ou do patogénico, a susceptibilidade à doença é afectada pelo ambiente. Por exemplo, há muito que está estabelecido que muitas doenças são mais frequentes em certas épocas do ano do que em outras. As doenças são muitas vezes dependentes da temperatura, com exemplos de doenças que são mais frequentes em temperaturas mais elevadas (e.g. *Lactococcus garvieae* que afecta a truta arco-íris, *francisellosis* no bacalhau) e outras que só surgem tipicamente quando as temperaturas caem abaixo de um determinado limiar (e.g. vírus koi herpes em *Cyprinus carpio* e em variantes ornamentais e *francisellosis* na tilápia). Isso resulta frequentemente da relação entre a capacidade de sobrevivência e reprodução de um determinado patogénico numa determinada gama de temperaturas e a capacidade relativa do hospedeiro para dar uma resposta imunológica eficaz que seja, ela própria, também tipicamente dependente da temperatura.

Relacionado com isto, a idade, os antecedentes do estado imunitário e as condições gerais do hospedeiro são factores cruciais que irão afectar a sua susceptibilidade. Tipicamente, o

'stress' aumenta a susceptibilidade dos peixes à doença, com a libertação de cortisol resultando na supressão do sistema imunitário. Os alevins que ainda não atingiram a maturidade do sistema imunitário podem ser muito mais susceptíveis, havendo muitos exemplos de doenças, tal como a NPI na truta arco-íris, que afectam normalmente os juvenis.

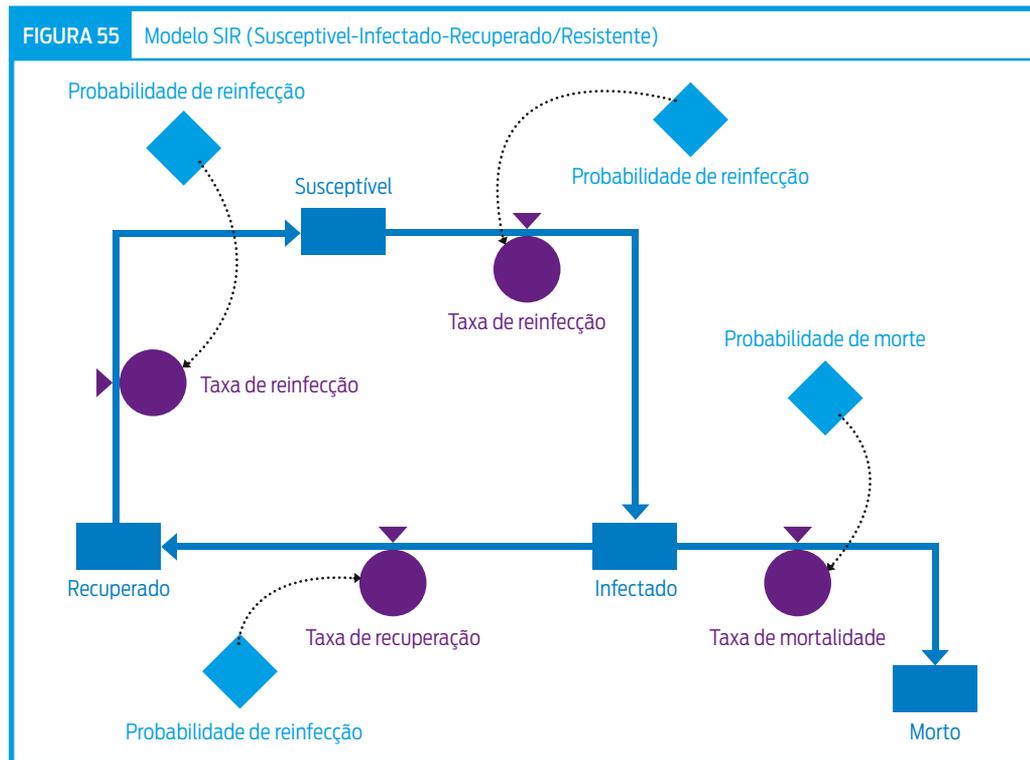
Alterações no estado fisiológico, e.g., transferência de juvenis de Salmão Atlântico, da água doce para a água do mar, podem também resultar num aumento da susceptibilidade a doenças tais como a NPI. Os peixes que já estiveram expostos a agentes patogénicos também podem ser protegidos de exposições subsequentes. Outro factor óbvio que poderá afectar a capacidades dos animais cultivados em aquacultura de resistir aos patogénicos é se estes foram medicados. Isto pode incluir tanto a imunoprofilaxia,

onde os peixes são imunizados através da vacinação contra doenças específicas, como a quimioterapia, onde os peixes são tratados com químicos (aqui incluindo os antibióticos).

Propagação de patogénicos

Os patogénicos podem ser espalhados por organismos selvagens, organismos que escaparam de pisciculturas, transporte de organismos cultivados, transporte de equipamento ou de pessoal, águas de lastro de navios ou pelas correntes de água. Embora as doenças sejam um factor limitativo importante em aquacultura, a modelação de doenças está, actualmente, subutilizada. As duas abordagens comuns são os modelos baseados em compartimentos e os modelos de rede.

Os modelos baseados em compartimentos assumem que os indivíduos atravessam uma



série de estados, de *susceptível a infectado* e potencialmente de volta – ou a *resistente* (Fig. 55). Entre a informação fornecida pelo modelo, está um máximo (susceptível) de capacidade de carga do hospedeiro para a qual um patogénico não consegue subsistir, frequentemente referido como o limiar crítico N_r . Em aquacultura, a razão N_r / N , onde N é a população total, pode ser manipulada aumentando a resistência através da reprodução selectiva, melhoria da biossegurança (ver abaixo) ou imunoprofilaxia, tendo assim a gestão melhorada o potencial para aumentar a densidade máxima desta na qual as espécies podem ser criadas de forma segura no que respeita ao risco de proliferação do patogénico.

Os modelos de rede têm em conta os contactos entre populações e indivíduos que presentemente se efectivam incluindo, por exemplo, dados sobre o movimento das populações, correntes de água ou vectores

de transferência. Pode obter-se muita informação útil bastando para tal examinar as propriedades da rede *per se*, sem a parâmetrização de uma doença específica.

Os modelos hidrodinâmicos têm sido aplicados para monitorizar a propagação de agentes patogénicos nos sistemas costeiros. Estes modelos foram aplicados, em particular, ao piolho do salmão. Ao esclarecer sobre o potencial das larvas do piolho do salmão se propagarem a grandes distâncias, os modelos forneceram resultados úteis para melhoria da legislação e da gestão, acentuando a necessidade de medidas antiparasitárias sincronizadas em grandes zonas de gestão.

Biossegurança

A aplicação da biossegurança em aquacultura é uma responsabilidade partilhada. Particulares, autoridades governamentais



Figura 56. Imagem de uma exploração norueguesa típica. Cada rede sustém cerca de mil toneladas de peixe. A escolha adequada do local, medidas de biossegurança e monitorização ambiental garantem que o peixe se mantém livre de doenças e que é cultivado com os mais elevados padrões de sustentabilidade.

e locais e empresas de produção de aquacultura desempenham papéis diferentes na implementação. Em resumo, a biossegurança pode incluir medidas práticas e medidas legislativas de controlo, diagnóstico adequado e métodos de detecção para doenças infecciosas, métodos de desinfecção e de erradicação dos patogénicos, fontes de 'stock' altamente fiáveis e melhores práticas de gestão.

O Plano de Medidas de Biossegurança para Peixes (Finfish Biosecurity Measures Plan) produzido pelo CEFAS (UK), identifica diversas medidas para a implementação da biossegurança a nível da exploração. De notar que muitas das medidas são igualmente relevantes a diferentes níveis de governança.

1. Nomeação de um gestor para a biossegurança
2. Nomeação dos contactos para os cuidados veterinários incluindo, se possível, especialistas em doenças dos peixes
3. Proporcionar a formação de pessoal sobre a gestão da saúde dos peixes e o reconhecimento das doenças das espécies em causa
4. Identificação dos riscos de contrair e propagar doenças através da circulação
5. Identificação dos riscos de contrair e propagar doenças como resultado dos procedimentos locais
6. Medidas de limitação do risco
7. Monitorização do plano
8. Planeamento de contingência

Documentação e formas bem definidas de reportar são medidas fundamentais no plano. Além disso, o plano sublinha a necessidade de competência, tanto no que respeita aos contactos para os cuidados de saúde veterinários como para o pessoal do estabelecimento em geral. A monitorização é necessária dado que a biossegurança e a

saúde dos peixes são uma batalha contínua sem vitória final. Além do mais, são necessárias medidas de limitação dos riscos e um plano de contingência de forma a limitar os surtos de doenças.

É conveniente salientar que a biossegurança se destina mais à profilaxia, i.e., prevenção da doença, do que ao tratamento. Embora muitas doenças possam ser tratadas, os químicos utilizados estão frequentemente associados a efeitos ambientais negativos, a uma diminuição do bem-estar animal e a custos elevados. Assim, deve ser dada maior relevância à prevenção através de medidas tais como as medidas de biossegurança acima referidas e, se possível, à imunoprofilaxia. Refira-se que sem vacinas e sem medidas de biossegurança possivelmente não existiria uma indústria de aquacultura de salmonídeos. É provável que outros sectores da indústria aquícola venham a implementar medidas similares.

Pousio e o princípio 'tudo dentro tudo fora'

O pousio obrigatório das explorações de aquacultura foi implementado em algumas partes da indústria aquícola. O princípio tem como base a remoção dos hospedeiros, suprimindo assim a possibilidade de proliferação dos patogénicos à custa dos seus hospedeiros. No caso dos agentes patogénicos obrigatórios isto bloqueia efectivamente a proliferação do patogénico. Contudo, este não é o caso para os agentes patogénicos facultativos, que podem sobreviver no ambiente, independentes dos hospedeiros. O efeito do pousio também é limitado quando os hospedeiros estão presentes no ambiente envolvente ao sítio de aquacultura. Este não é o caso na parte da aquacultura industrial onde o pousio é mais comum, as maternidades em terra. A desinfecção e a secagem das maternidades são feitas como rotina após um ciclo de produção. Isto está incluído no

princípio do pousio e reduz a abundância de patogénicos a zero ou próximo antes do início do próximo ciclo.

Nas explorações que utilizam tanques-rede o sistema não pode ser manipulado a este extremo. No caso do piolho do salmão no norte da Europa, os salmonídeos selvagens constituem uma possibilidade para a reserva natural de parasitas persistir. Contudo, na Noruega e na Escócia o número de salmonídeos em viveiro (Salmão Atlântico e truta arco-íris) supera largamente o número de salmonídeos selvagens (Salmão Atlântico e truta do mar), pelo que a redução quantitativa dos hospedeiros durante o pousio implica que o número de piolhos do salmão selvagem, bem como de outros parasitas, seja reduzido. Dado que os patogénicos são propagados pelas correntes e pelos vectores, o pousio e outras medidas de higiene nas explorações individuais podem não ser suficientes.

O piolho do salmão, em particular, está do ponto de vista evolutivo bem adaptado às condições hidrográficas dos fiordes, em que existe uma camada de água doce e salobra muito dinâmica sobre a água salgada. Ao deslocar-se nesta camada as larvas do piolho do salmão podem ser transportadas, infectando os salmões selvagens e de cultura em grandes áreas. Por esta razão, existe actualmente uma tendência para desenvolver legislação e procedimentos de gestão no sentido de serem obrigatórios tratamentos antiparasitários sincronizados, abate de peixes, seguidos de pousio e de repovoamento de todos os viveiros em zonas de gestão que integram vários municípios, ou até mesmo países.

Após o período de pousio as explorações de aquacultura são repovoadas com uma nova geração de peixes. Nas explorações de salmão isto é feito seguindo o princípio 'tudo dentro-tudo fora'. Após a chegada de novos juvenis, não são permitidas novas chegadas

até ao final do ciclo de produção, quando os peixes podem ser abatidos e uma nova sequência de pousio seguida por outro repovoamento pode ser efectuada.

O princípio 'tudo dentro-tudo fora' bloqueia na prática a transferência de patogénicos entre os ciclos de produção, dado que não é permitido qualquer contacto entre gerações. Além do mais, durante o período de pousio, as populações de patogénicos ficam sem hospedeiros ou só com as populações de hospedeiros selvagens, reduzindo assim o seu número. Os princípios não têm sido aplicados da mesma forma a outras espécies, para além dos salmonídeos. Por exemplo, nas explorações de bacalhau as gerações estão habitualmente misturadas. Além disso, a utilização do bodião como peixe-limpador contra o piolho do salmão, introduziu diversos problemas, dado que as espécies de bodião têm períodos de geração diferentes dos salmonídeos. O transporte do bodião entre regiões também constituiu um risco de transmissão de doenças. A crescente industrialização do sector, incluindo zonas de gestão mais alargadas, a melhoria do controlo sanitário incluindo também a aquacultura de bodião, pode melhorar a biossegurança.

Referências-chave

- Anon. 2009. Finfish Biosecurity Measures Plan. Cefas, Weymouth, Dorset, U.K. 26 pp.
- Davies, R.L. 1991. Virulence and serum-resistance in different clonal groups and serotypes of *Yersinia ruckeri*. *Veterinary Microbiol.* 29, 289-297.
- Ferreira J.G., Grant J., Verner-Jeffreys D., Taylor N., 2012. Modelling frameworks for determinations of carrying capacities for an Ecosystems Approach for Aquaculture. In: Meyers R. (ed.) *Encyclopedia of sustainability science and technology*. ISBN 1441908528, Springer, 14919 pp.

Houston, R.D., Haley, C.S., Hamilton, A., Guy, D.R., Mota-Velasco, J.C., Gheyas, A.A., Tinch, A.E., Taggart, J.B., Bron, J.E., Starkey, W.G., McAndrew, B.J., Verner-Jeffreys, D.W., Paley, R.K., Rimmer, G.S.E., Tew, I.J., Bishop, S.C., 2009. The susceptibility of Atlantic salmon fry to freshwater Infectious Pancreatic Necrosis is largely explained by a major QTL. *Heredity* 105, 318-327.

Johansen, L.H., Jensen, I., Mikkelsen, H., Bjørn, P.A., Jansen, P.A., Bergh, Ø., 2011. Disease interaction and pathogens exchange between wild and farmed fish populations with special reference to Norway. *Aquaculture* 315:167-186.

Krkosek, M., 2010. Host density thresholds and disease control for fisheries and aquaculture. *Aquaculture Environment Interactions* 1:21-32.

Murray, A.G., 2009. Using simple models to review the application and implications of different approaches used to simulate transmission of pathogens among aquatic animals. *Preventive Veterinary Medicine* 88:167-177.

Sakai, M., S. Atsuta, M. Kobayashi. 1991. Susceptibility of five salmonid fishes to *Renibacterium salmoninarum*. *Fish Pathology*. 26(3):159-160.

Sniesko, S.F., 1974. The effect of environmental stress on the outbreaks of infectious disease of fishes. *J. Fish Biol.*, 6, 197-208.

Werkman, M., Green, D.M., Murray, A.G., Turnbull, J.F., 2011. The effectiveness of fallowing strategies in disease control in salmon aquaculture assessed with an SIS model. *Preventive Veterinary Medicine* 98:64-73.

CASO DE ESTUDO 4: TAYLOR SHELLFISH: UM NEGÓCIO, UMA COMUNIDADE

J.Y. Waldrip, após ter tentado estabelecer-se como rancheiro juntamente com o herói do oeste dos EUA Wyatt Earp, mudou-se para

o oeste do estado de Washington, nos anos de 1880, onde se deixou fascinar pelo cultivo de ostras em Puget Sound. Waldrip criou um legado que desde há mais de 100 anos tem sido gerido pela sua família e à frente do qual estão actualmente a quarta e a quinta gerações, e que se tornou no maior produtor de bivalves dos Estados Unidos. Este caso de estudo apresenta uma visão da história de sucesso dos Estabelecimentos de Cultura de Bivalves Taylor (<http://www.taylorshellfishfarms.com/>).

A quarta geração da família Taylor, Bill e Paul Taylor e o seu cunhado Jeff Pearson, são, tal como J.Y. Waldrip, modernos pioneiros do cultivo de bivalves. A família Taylor comercializou a produção de bivalves e criou mercados para bivalves de elevada qualidade, a uma escala nunca antes imaginada na indústria de bivalves nos EUA. Fizeram mais nas últimas três décadas pela modernização e crescimento desta indústria na região Noroeste do Pacífico dos EUA do que qualquer outra família dedicada ao cultivo de moluscos bivalves. Actualmente, a Taylor Shellfish Farms emprega cerca de 480 pessoas, nos 4450 ha de zona entre-marés e nas instalações de processamento na região de Puget Sound, na costa de Washington (EUA), na Colômbia Britânica (Canada) e em Fiji.

Produção de sementes em maternidades

Antes dos anos de 1970 os produtores de bivalves na região Noroeste do Pacífico contavam com a importação de sementes de ostra do Pacífico (*Crassostrea gigas*) a partir do Japão, ou apanhavam sementes em baías específicas onde as ostras do Pacífico se tinham instalado. A amêijoia japónica (*Ruditapes philippinarum*) era outra das principais espécies comercializadas e os produtores contavam com o recrutamento natural. Sendo espécies introduzidas, o recrutamento da ostra do Pacífico e da amêijoia-japonesa era esporádico e pouco fiável.



Figura 57. Waldrip a construir diques para ostreicultura.

No início dos anos de 1980, Bill e Paul Taylor (quarta geração) optaram por expandir o negócio que o seu pai e tio tinham gerido, através da retoma de áreas de cultivo de ostras e de amêijoas arrendadas a outras companhias, e do aumento da produção. Reconheceram rapidamente que necessitavam de uma fonte de sementes segura. Isto tornou-se dolorosamente evidente no seguimento da mortalidade massiva de amêijoas em 1980. Desenvolveram uma relação de trabalho com a maternidade de bivalves de Whiskey Creek, localizada na costa do Oregon, quer para a semente de amêijoas quer para a semente de ostras.

Em 1989 a companhia construiu a sua primeira maternidade na Baía de Dabob, em Washington, a fim de garantir um fornecimento estável de sementes de ostra e de amêijoas, o que também permitiu à companhia diversificar as espécies de moluscos

cultivados e o tipo de semente produzido. A diversificação assegurou a estabilidade. Cultivar várias espécies protegeu a companhia das quebras de procura e de preços para qualquer das espécies. Ao centrarem-se nas espécies mais rentáveis melhoraram a rentabilidade o que permitiu o financiamento da investigação e a obtenção de novos desenvolvimentos na produção. Após dominar a produção de sementes de ostra e de amêijoas em maternidade, a companhia expandiu as suas operações a fim de incluir a produção de sementes de mexilhão do Mediterrâneo (*Mytilus edulis*), e do taralhão ou 'geoduck' (*Panopea abrupta*).

Enquanto a maternidade da Baía de Dabob foi construída para fornecer sementes à companhia Taylor, estes tornaram-se no principal fornecedor de sementes de amêijoas, de ostra, de mexilhão e de 'geoduck' para toda a indústria de cultivo de bivalves

da costa oeste da América do Norte. A companhia tem uma equipa para a maternidade, que se reúne com regularidade, a fim de programar a produção e planear o desenvolvimento da infra-estrutura para satisfazer a necessidade de sementes, interna e externa. Deste esforço resultou a instalação de uma grande *nursery* flutuante (FLUPSY) na baía de Oakland, em Shelton, Washington, de uma incubadora/maternidade em Kona, Havai, de uma FLUPSY em Desolation Sound, na Colômbia Britânica e a aquisição de uma maternidade, de grandes dimensões, de moluscos bivalves na Baía de Humboldt, Califórnia. Estas instalações estão em crescimento e em alteração constantes, à medida que a tecnologia para o cultivo de algas, de larvas e de sementes se desenvolve e a procura continua a crescer.

As capacidades das incubadoras Taylor foram de grande utilidade durante a década de oitenta quando os mercados se viraram para as ostras individuais para o comércio das ostras frescas, tendo estado concentrados nas ostras de conserva, de meados dos anos vinte até aos anos setenta. A incubadora, juntamente com o aumento de capacidade da maternidade, permitiu à companhia acompanhar a procura do mercado bem como a produção de uma diversidade de espécies de ostras incluindo *Crassostrea gigas*, *C. virginica*, *C. sikamea*, *Ostrea lurida* e *O. Edulis*, bem como a produção de ostras triploídes estéreis para um melhor rendimento e comercialização no verão. Em colaboração com o 'Programa Moluscos Reprodutores' no Hatfield Marine Science Center, em Oregon, entre outros, a Taylor Shellfish participou também activamente no desenvolvimento de programas de reprodução para a melhoria dos 'stocks' de ostras e de amêijoas. Esta será uma área de crescente atenção nos anos futuros, na medida em que a companhia reconhece os benefícios de investigação nesta área.

Em meados dos anos de 1990, a Taylor percebeu que a produção em maternidades na região noroeste do Pacífico estava limitada pela falta de luz solar durante o inverno, necessária para o crescimento de algas para alimentação dos seus animais, e pela água fria que necessitava de aquecimento para aumentar o metabolismo para alimentação das sementes. Disto resultou uma escassez de sementes no início do verão e de um excedente no final do verão. Em 1995 abriram outra incubadora, em Kona, Havai, uma região mais quente e mais soalheira, o que permitiu melhorias drásticas da produção, resultando num efeito de onda de choque para toda a indústria. O ter sementes disponíveis na primavera e no início do verão permitiu aos produtores aproveitar a estação de crescimento do verão, permitindo uma redução de até um ano no tempo necessário para colocação no mercado. A oferta de sementes provenientes da instalação de produção distante funciona porque podem ser transportados milhões de animais de uma forma economicamente viável quando atingem um tamanho de 0.25 mm a 15 mm. A instalação da Taylor em Kona revolucionou a produção de bivalves na costa oeste dos EUA.

As maternidades foram fundamentais para o sucesso da Taylor, mas são também extremamente caras e muito instáveis. Cada sítio é único. A química da água varia, assim como a flora e a fauna bombeadas para dentro das instalações. Apesar da atenção prestada a estes detalhes por dois investigadores doutorados e por vários técnicos, a produção pode, por motivos muitas vezes inexplicáveis, ser extremamente variável. Recentemente, a Taylor e outros produtores constataram que a acidificação do oceano tem impactos na produção de semente de ostra, o que levou a um novo enfoque na monitorização e na adaptação da estratégia de desenvolvimento. A companhia mantém, para a maternidade, um programa de saúde de

elevado nível e a um patologista contratado para certificar a saúde dos seus 'stocks'. Um historial de saúde limpo é fundamental para manter a produção e a capacidade de envio de sementes através das fronteiras nacionais e internacionais.

A posse da orla costeira, um instrumento essencial

Ao contrário da maioria das regiões costeiras dos Estados Unidos, onde os terrenos para aquacultura têm de ser arrendados ao governo, o Estado de Washington permite a posse das zonas de espraído cultivados.

No século XIX, houve uma pesca desenfreada de *Ostrea lurida*, a ostra nativa do Noroeste dos EUA. Contudo, tal como aconteceu com muitas actividades de pesca, a tragédia dos comuns resultou no esgotamento dos recursos de ostras. Pouco depois de Washington se tornar um estado, algumas das primeiras leis aprovadas pela legislatura foram relativas às ostras, numa tentativa de recuperar o recurso. Estas leis protegiam as ostreiras como 'reservas de ostras' e ofereciam para venda zonas de espraído improdutivas, com o objectivo do cultivo da ostra nativa. Qualquer outro uso que não o cultivo de ostras resultava na reversão do direito de propriedade para o estado. As leis foram posteriormente alteradas a fim de permitir a cultura de outras espécies de bivalves e, durante um certo período de tempo, a aquisição de direitos de reversão.

O direito de propriedade é uma razão fundamental para que Washington lidere actualmente a aquacultura de bivalves nos Estados Unidos. Uma das razões é que o sector bancário é relutante em conceder empréstimos para aquacultura, ainda mais quando a propriedade onde a actividade se deverá instalar é arrendada sem garantia de renovação do arrendamento. O direito de

propriedade forneceu à Taylor e a outros produtores de bivalves uma vantagem que lhes permitiu pedir empréstimos para a aquisição de semente ou de recursos necessários à expansão os seus negócios. Também transformou os produtores de bivalves em fervorosos defensores da qualidade da água e deu-lhes uma voz mais eficaz nesta batalha. Por exemplo, utilizaram com sucesso a lei de invasão de propriedade para obrigar à redução da poluição, quando bactérias fecais provenientes do mau funcionamento dos sistemas de esgoto locais ou do escoamento das águas residuais de origem agrícolas contaminaram os seus viveiros de bivalves e tiveram impactes nas suas explorações. A Taylor e a associação de produtores têm uma equipa que se dedica a trabalhar com os governos locais, estatais e federais a fim de assegurar que existem leis adequadas no que respeita às águas pluviais e às águas provenientes das fossas sépticas e regulamentos que protejam os seus viveiros e que estão a ser efectivamente aplicados.

Os esforços de relações públicas mostram o caminho

Durante os anos de 1980 a Taylor Shellfish cresceu rapidamente mas, por vezes, não deu a devida atenção aos requisitos regulamentares. Em 1993 foi constituída uma equipa de relações públicas que se dedicou ao seu cumprimento. Bill Dewey desempenhou, desde aquela época, as funções de gestor de relações públicas. O departamento de relações públicas, constituído por uma equipa de cinco pessoas, assegura que a companhia está a cumprir os regulamentos em vigor e que faz o licenciamento das operações em curso e obtém a autorização para novas instalações.

A equipa colabora de modo proactivo nos debates sobre política local, estadual, federal e internacional, leis e regulamentos que têm impacto sobre a companhia e sobre a

indústria em geral. A Taylor Shellfish também apoia activamente os candidatos políticos que os irão representar positivamente em questões de importância para a empresa e para a indústria. Dois dos membros da equipa de relações públicas dedicam-se a actividades de sensibilização e educação. A equipa procura oportunidades nos meios de comunicação escritos e televisivos. Além da sua equipa de relações públicas a tempo inteiro, o orçamento da Taylor Shellfish destina anualmente um milhão de dólares para advogados e consultores para dar apoio nos licenciamentos e em questões de política geral bem como no esforço de promoção dos produtos e com os meios de comunicação. Embora os esforços dos relações públicas beneficiem a companhia, a maioria é feita em coordenação com e num esforço para beneficiar toda a indústria.

Como aprender com os erros

A família Taylor come, dorme e respira moluscos bivalves, num esforço para desenvolver e melhorar o modo como os cultivam e processam. Os lucros retornam para a companhia de forma a aumentar e a melhorar a produção, e a Taylor experimenta, de forma continuada, novas técnicas e tecnologias. Para cada êxito existem múltiplos insucessos. Bill Dewey diz que mede o sucesso das empresas de aquacultura de bivalves que visita pelo tamanho dos seus montes de cascas, e que a Taylor tem o maior que ele alguma vez viu. A empresa não tem medo de tentar e de falhar e não é raro isso acontecer em grande escala, mas os sucessos ultrapassam os falhanços. Os seus trabalhadores são bem compensados e o bom desempenho é premiado o que assegura que eles atraem e mantêm uma equipa talentosa.

Aproveitar as oportunidades de crescimento

Muitos dos estabelecimentos de cultura de bivalves que se localizam na região

Noroeste do Pacífico dos EUA são multigeracionais. Nos Estados Unidos é necessário um planeamento cuidadoso e muitos recursos para passar com sucesso um negócio de uma geração para outra devido aos consideráveis impostos sucessórios cobrados pelo governo federal. A questão do imposto juntamente com o facto de a cultura de bivalves ser um trabalho duro em que as futuras gerações podem não estar interessadas tem como resultado o aparecimento periódico para venda de companhias de bivalves. A Taylor, actualmente reconhecida como um comprador qualificado, é frequente ser abordada com oportunidades de compra de explorações, com garantias de que os vendedores estão a passar a companhia para alguém que sabe como dirigir com sucesso um estabelecimento de cultura de bivalves. Nos EUA, as leis sobre a sucessão também se aplicam à família Taylor mas esta família está determinada a passar o negócio de família para a quinta geração, que já ocupa posições de gestão na companhia. A família participa activamente, com advogados e consultores, no planeamento do património a fim de assegurar uma transição harmoniosa.

Enquanto a companhia se debate para obter licenças para novos estabelecimentos no estado de Washington (15 anos e custos superiores a 1 milhão de dólares para estudos, recursos, etc., para licenciamento de uma aquacultura de um hectare para mexilhão), a empresa aproveitou a abundância de estabelecimentos de cultura disponíveis para venda na Colômbia Britânica, Canadá. Nos últimos 8 anos foram investidos cerca de 15 milhões de dólares na compra de estabelecimentos canadianos. As suas explorações na Colômbia Britânica incluem, actualmente, cerca de 100 hectares de aquacultura e uma instalação de processamento que, conjuntamente, empregam cerca de 100 pessoas.

Nos anos de 1990 a Taylor lançou-se na cultura de pérolas negras em Fiji. Actualmente, com dois estabelecimentos de cultura, o J. Hunter Pearls é o maior e o mais prestigiado produtor de pérolas de Fiji, sendo ainda uma parte muito importante da família Taylor.

No final dos anos de 1990 a Taylor reconheceu o potencial do cultivo de 'geoduck' (taralhão, *Panopea abrupta*). Estes bivalves (Fig. 58), que levam cerca de 6 anos a atingir a dimensão de mercado de 1 kg, eram recolhidos nas zonas subtidais por mergulhadores desde o início da década de setenta. Em 2000, a maternidade de Quilcene, em Washington, foi alargada a fim de permitir uma maior

produção de semente de 'geoduck'. Com este alargamento e esforços consideráveis de investigação e desenvolvimento das metodologias na maternidade e no cultivo, a Taylor tornou-se o principal produtor mundial de 'geoduck' cultivado. Quando a companhia iniciou o cultivo de 'geoduck', estes eram vendidos a \$15-20 USD kg⁻¹, sendo que actualmente são vendidos a \$65 USD kg⁻¹.

Em 1997, após anos a vender produtos para a Ásia, a Taylor comprou uma companhia de distribuição por grosso em Hong Kong, a fim de poder ter um melhor controlo do marketing e das vendas dos seus produtos perecíveis. Isto teve um efeito drástico na forma como os



Figura 58. Geoduck (taralhão) de seis anos de idade, com o sifão estendido.

chineses vêm e compram os bivalves e teve um impacto positivo no mercado asiático de bivalves. Actualmente, a Taylor vende directamente para restaurantes e hotéis e administra balcões de venda de marisco a retalho em Hong Kong e no sul da China, por via de estabelecimento de retalho com a marca Taylor Finefoods Ltd. A evolução do mercado de ostras de conserva para as ostras individuais ('specialty singles') nos anos de 1980, exigiu não só alterações significativas nas infra-estruturas de produção de semente, como anteriormente referido, mas também exigiu novos estabelecimentos de processamento.

A Taylor concluiu em 2006 uma instalação de último modelo para processamento, com

cerca de 1850 m², inteiramente dedicada a 'specialty singles'. Esta instalação inclui equipamento de medição automática e de calibração, uma linha de congelamento por azoto líquido, para acomodar o mercado emergente para as ostras congeladas abertas em meia-concha ('half-shell', Fig. 59), e um armazém para congelamento, com 750 m² com capacidade para armazenar 850 paletes de produto.

Gestão da empresa

A comissão executiva da Taylor Shellfish Farms é composta pelos membros da quarta geração, Bill (presidente), o seu irmão Paul Taylor (Director de Operações) e o seu



Figura 59. Ostras abertas em meia-concha e congeladas para exportação.

cunhado Jeff Pearson (Director Financeiro). Bill supervisiona a transformação, o marketing e a política pública. Paul supervisiona a produção dos viveiros e a sua manutenção. Jeff Pearson entrou para a companhia em 1990. Devido à prática e ao conhecimento de Jeff em finanças, este supervisiona a contabilidade e as vendas. Esta equipa de liderança tem tido uma actuação muito eficaz no crescimento da companhia.

Na dependência da equipa familiar de gestão executiva existe uma meia dúzia de chefes de divisão que supervisionam os viveiros em zonas intertidais (expostas na maré baixa), os viveiros em zonas subtidais (culturas suspensas em águas profundas), processamento, relações públicas e o cultivo de 'geoduck'. Abaixo dos chefes de divisão existem numerosos gestores de viveiro. Nos últimos anos a Taylor Shellfish mudou da gestão de operações de cultivo por espécies para gestores que supervisionam os estabelecimentos de cultura, isolados ou por grupos. Cada estabelecimento de cultura tem o seu orçamento próprio. Os gestores dos estabelecimentos de cultura participam na preparação do orçamento e são recompensados com base no seu desempenho. É dada autonomia aos gestores e estes são incentivados a desenvolver as culturas mais rentáveis e a fazer experiências com a aplicação de novas tecnologias e métodos capazes de melhorar a eficiência, a qualidade e o rendimento.

Funções executivas para os melhores trabalhadores

Na região Noroeste do Pacífico dos EUA não existem escolas nem programas que dêem formação sobre o cultivo de bivalves. Normalmente, a Taylor e os outros produtores escolhem os trabalhadores que demonstram interesse e vontade em aprender e melhorar. O cultivo bem sucedido de bivalves implica um sexto sentido, que é raro

entre trabalhadores médios. Os gestores são aqueles que se interessam pelas taxas de crescimento, de sobrevivência, pelas práticas predatórias e por outros detalhes que são críticos para se conseguir, com sucesso, criar bivalves.

Estes observam e controlam os predadores, fazem a manutenção da cultura e do equipamento utilizado no cultivo, medem o crescimento, inventariam as culturas, monitorizam a sobrevivência, etc. A maioria dos estabelecimentos de cultura da Taylor está localizada em zonas de espraiado e estão apenas expostos na baixa-mar, pelo que os gestores têm que compreender as marés e estabelecer, em conformidade, o horário de trabalho. Muitas destas competências só surgem através da prática e seriam difíceis de aprender na escola, mesmo se houvesse oferta de aulas.

A Taylor Shellfish promoveu os super-trabalhadores com competências e intuição para o cultivo de bivalves e proporcionou-lhes escolarização adicional a fim de lhes ensinar matemática, informática e de desenvolver qualidades pessoais o que lhes permite serem gestores eficazes.

Marcos a assinalar nos estabelecimentos de cultura

Pioneiro na utilização de incubadoras para sementes de amêijoia em grande escala comercial; Concretizaram uma visão para a comercialização de ostras individuais e para a produção e venda de ostras sob a forma de produtos especializados; Modificaram a percepção e construíram o mercado para o 'Mexilhão Mediterrânico'; Desenvolveram a produção comercial e o marketing de 'geoduck', tornando-a na mais rentável das espécies cultivadas em zonas intertidais; Revolucionaram a produção de sementes em incubadora e o calendário de cultivo, com a mudança para a produção durante o inverno em Kona, Havai.

CRONOGRAMA DA TAYLOR SHELLFISH FARMS

1980s	▶ a quarta geração volta da universidade e começa a trabalhar no negócio de família
1980	▶ início da compra de “larvas com olhos” para o estabelecimento artificial de ostras
1980	▶ início do cultivo das áreas de terreno destinadas à sementeira de amêijoas após mortalidade maciça
1981-83	▶ Recuperação de viveiros, construção de instalações para descascue, escritórios, e sala de gelo
1986-87	▶ aquisição da Ellison Oyster Company
1987-88	▶ aquisição dos viveiros Dosewallips no canal Hood, Puget Sound, EUA
1989	▶ construção da maternidade de Quilcene na Baía de Dabob
1989	▶ astribos instauram um processo para definir os direitos do tratado sobre os terrenos de cultura de bivalves
1991	▶ aquisição à família Steele da Samish Farm (Rock Point), Puget Sound, EUA
1994	▶ litígio sobre os direitos do tratado tribal em tribunal
1994-95	▶ pairam nuvens sobre o negócio a medida que avança em tribunal a batalha sobre os direitos do tratado
1995	▶ aplicação da ordem de execução do Juíz Rafeedie sobre os direitos do tratado
1995	▶ início da procura de outros locais com água mais quente e mais soalheiros para maternidade
1996	▶ Associam-se a Lee Hanson num novo projecto de maternidade em Kona, Havai
1996	▶ primeiro plantio comercial de “geoduck” (taralhão)
1996	▶ construído armazenamento em meio húmido para amêijoas, mexilhões e ostras
1997	▶ centro de distribuição e retalho em Hong Kong
1998	▶ aquisição de 2400 ha na Baía de Willapa, Washington, EUA
1999	▶ fundaram o estabelecimento Fiji Black Pearls
2000	▶ expansão da maternidade de Quilcene na Baía de Dabob a fim de produzirem “geoduck”
2002	▶ aquisição da Okeover Inlet, British Columbia, Canada, para cultivo de mexilhão
2006	▶ conclusão das instalações de processamento para ostras simples, com uma linha de congelação
2007	▶ aquisição da empresa Fanny Bay Oyster, em Baynes Sound, British Columbia, Canada
2007	▶ assinam o acordo de \$33 milhões de direitos do tratado
2008	▶ conclusão da expansão da incubadora (Flupsy) na baía de Oakland
2008	▶ conclusão da expansão da maternidade no Havai
2009	▶ adquiriram Maricultura Kuiper
2010	▶ pedido de planeamento/autorização para uma grande expansão da Flupsy da Maricultura Kuiper
2011	▶ abrem, na baixa de Seattle, uma loja de retalho no Mercado de Melrose
2011	▶ concepção e construção de uma máquina de tecnologia de ponta para colheita de amêijoas

Marcos a assinalar na política pública

Negociaram um acordo tribal em Washington, no valor de \$33 milhões, a fim de beneficiar os produtores, as tribos indígenas americanas e os cidadãos de Washington; Lideraram o envolvimento da indústria de bivalves, a nível da política pública estatal, nacional e global durante os últimos 15 anos; Procuram, sem descanso, a próxima revolução para o cultivo de bivalves, a mudança para a terceira fase de certificação sustentável; Participaram na actualização das políticas dos EUA para a aquacultura e lideraram o estabelecimento e o lançamento de iniciativas relativas aos bivalves a nível do estado de Washington e a nível nacional.

Actualmente, o negócio da família Taylor continua a crescer, através da adição de

novas áreas de cultivo, aumento da produção de sementes, processamento e capacidade de venda e todo o trabalho necessário para o crescimento do mercado de bivalves de alta qualidade, para que todos os produtores sejam beneficiados e o ambiente protegido. Em anos recentes as atenções voltaram-se novamente para a expansão da produção de sementes, com a expansão quer da incubadora de Kona quer da FLUPSY da baía de Oakland, e a aquisição recente da Maricultura Kuiper, na Califórnia, com capacidade para maternidade de bivalves. Simultaneamente, a companhia tem estado a trabalhar na construção de novos mercados através da certificação sustentável, da promoção de uma política ambiental e de uma visão continuada a longo prazo, para a prosperidade da sua família, dos seus empregados e para as comunidades onde vivem e trabalham.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho deve muito ao empenhamento e esforço de um conjunto de organizações e pessoas. Pela parte do POLIS, agradecemos à Eng. Valentina Calixto, Dr. João Alves, e todos os que apoiaram o estudo. Na ARH Algarve, destacam-se o Eng. Paulo Cruz, e Dr. Alexandre Furtado. O apoio entusiástico dos produtores é aqui reconhecido, incluindo na Cooperativa Formosa, o Sr. Augusto da Paz, e a Dra. Marta Rocha. Agradecemos a participação e intervenção nas reuniões de trabalho da Associação Portuguesa de Aquacultores, das Associações de viveiristas VIVMAR, da Fuzeta, e das Associações de Moradores da Ilha da Culatra e dos Hangares, e do Sindicato dos Trabalhadores de Pesca do Sul. O IPIMAR desenvolveu em paralelo o projecto QUASUS, e a equipa FORWARD exprime aqui o seu

reconhecimento pela excelente colaboração que existiu com a equipa liderada pelo Eng. Carlos Vale. Finalmente, agradecemos ao Parque Natural da Ria Formosa, à Direcção-Geral das Pescas e Aquicultura, e à Comissão de Acompanhamento da Universidade do Algarve. As experiências de pequena escala contaram com a participação de investigadores da Universidade de Bangor e do Danish Shellfish Institute. A versão portuguesa do livro foi revista pela Dra. Samara Eschrique, e parcialmente traduzida pela D. Madalena Mesquita. O FORWARD agradece ainda à família Russo e ao Sr. Seródio pela utilização de áreas de viveiro para essas experiências, bem como à Universidade do Algarve pelo empréstimo de equipamento científico.