

# À descoberta da Ria Formosa

**Edição**

**Jaime Aníbal | Ana Gomes**

**Isabel Mendes | Delminda Moura**



**UA Ig**

UNIVERSIDADE DO ALGARVE  
EDITORA



# À descoberta da Ria Formosa

## **Edição**

Jaime Aníbal  
Ana Gomes  
Isabel Mendes  
Delminda Moura

**Título:** À descoberta da Ria Formosa

**Editores:** Jaime Aníbal, Ana Gomes, Isabel Mendes, Delminda Moura

**Revisores Científicos:**

Élio Salvador Vicente, *Zoomarine – Mundo Aquático SA, Albufeira*

Hélder José Rodrigues Pereira, *Escola Secundária de Loulé*

Lúis Pereira, *Serviço de Apoio à Presidência, Município de Albufeira*

Cristina Veiga-Pires, *Universidade do Algarve/Centro de Ciência Viva do Algarve*

**Edição:** Universidade do Algarve Editora

**1ª Edição**

**Local de Edição:** Faro

**Data de Edição:** 2021

**Design Gráfico e Paginação:** João Correia

**Impressão:** Secção de Reprodução Documental da Universidade do Algarve

**ISBN:** 978-989-9023-64-2 (versão impressa)

**Depósito Legal:** 490200/21

**ISBN:** 978-989-9023-65-9 (versão eletrónica)

**DOI:** <https://doi.org/10.34623/nd9p-3s41>

**Disponível em:** <http://hdl.handle.net/10400.1/17221>



© Universidade do Algarve

Campus de Gambelas

8005-139 Faro

Portugal

Reservados todos os direitos

# Índice

---

Agradecimentos .....	5
Preâmbulo .....	7
Prefácio .....	9
1. Introdução .....	13
2. No âmago da Ria Formosa: praias lagunares e sapal .....	19
3. Qual a importância das trocas entre a Ria Formosa e o oceano adjacente para a produtividade biológica destes sistemas? .....	27
4. O destino das águas residuais humanas – o exemplo Algarvio da Ria Formosa .....	35
5. A importância do mundo invisível dos micróbios na Ria Formosa .....	47
6. De cliques a exuberâncias, de macroalgas a nutrientes: histórias de ritmos, equilíbrios e fotografias na Ria Formosa .....	57
7. Importância das plantas do sapal para reter os metais que chegam à Ria Formosa devido às atividades humanas .....	67
8. Os efeitos adversos da atividade humana na Ria Formosa .....	75
9. Energias limpas na Ria Formosa, o caminho da sustentabilidade .....	87
10. Os satélites como instrumentos de aprendizagem e auxílio da Ria Formosa .....	95
Glossário .....	105



# 3. Qual a importância das trocas entre a Ria Formosa e o oceano adjacente para a produtividade biológica destes sistemas?

Alexandra Cravo<sup>1</sup> & José Jacob<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CIMA – Centro de Investigação Marinha e Ambiental,  
Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal  
[acravo@ualg.pt](mailto:acravo@ualg.pt); [jjacob@ualg.pt](mailto:jjacob@ualg.pt)

## Resumo

A Ria Formosa é a lagoa costeira mais importante do sul de Portugal, com grande influência nas trocas de água e de matéria com o oceano adjacente, as quais controlam a produtividade biológica destes ecossistemas intimamente ligados. Neste capítulo são apresentadas as características geomorfológicas da Ria Formosa e as características dinâmicas que a tornam um sistema bastante produtivo e peculiar, com forte impacto no oceano adjacente. São ainda apresentadas, pela primeira vez, as trocas através das três barras do setor oeste da Ria Formosa, em condições de maior produtividade biológica, típicas de primavera, evidenciando a importância da interligação entre estes dois sistemas, particularmente num período sob afloramento costeiro.

## 3.1. Introdução

Uma lagoa costeira é um “corpo de água pouco profundo, ligado pelo menos intermitentemente ao oceano por uma ou mais barras restritas”. Estes são ecossistemas complexos e importantes, pois fornecem bens de alto valor para a sociedade,

nomeadamente alimentos, proteção contra tempestades e turismo, entre outros. Além disso, contribuem para a produtividade geral das águas costeiras, sustentando uma variedade de *habitats*, incluindo sapais, pradarias de ervas marinhas e/ou mangais, particularmente importantes para muitas espécies de peixes e moluscos (organismos de corpo mole, tais como chocos, polvos, amêijoas, berbigões).

Numa lagoa, a quantidade e a qualidade da água são influenciadas pelo volume que a lagoa perde ou ganha devido às trocas com o oceano, escoamento superficial, evaporação, precipitação e águas subterrâneas. A troca lagoa-oceano é promovida principalmente pelas marés, responsáveis pelo balanço hídrico da lagoa. (Caixa 3.1). A magnitude da entrada de água devido às marés e os padrões de circulação/hidrodinâmica são propriedades físicas essenciais que controlam o tempo de permanência da água e a sua composição química dentro da lagoa. As zonas interiores das lagoas geralmente apresentam baixas descargas, devido às trocas restritas com o oceano. No entanto, a renovação da água aumenta perto das barras, dependendo da dimensão e forma da lagoa, das características da ligação com o oceano, da altura das marés e do fluxo de água doce.

### **Caixa 3.1 – Sabe o que são as marés?**

A maré é um movimento periódico de subida e descida da água, resultante da combinação de forças de atração gravitacional exercidas pela Lua e pelo Sol sobre a Terra em rotação, e das forças centrífugas geradas na rotação da Terra em torno do centro de massa do sistema Terra-Lua-Sol. Além das forças gravitacionais e centrífugas, quando queremos entender e estudar a maré, devemos considerar duas forças adicionais, que atuam sobre os corpos em movimento na Terra: a força de Coriolis, que é uma força inercial devido à rotação da Terra em torno de seu eixo, e a força de atrito devido ao movimento da água em relação às suas fronteiras.

As lagoas e os oceanos adjacentes são ecossistemas intimamente ligados, onde os processos de interação com o oceano aberto, ao nível físico, químico e biológico, são fundamentais para o funcionamento de ambos os ecossistemas. As características da água não são controladas apenas pelos ciclos das marés, mas também por outros processos relevantes em águas costeiras, como o afloramento costeiro (Caixa 3.2). remineralização na coluna de água, interação entre a água e os

sedimentos no fundo, escoamento terrestre e descargas pontuais de águas residuais. A disponibilidade de nutrientes, o tempo de permanência da água dentro da Ria Formosa relativamente elevado e a penetração da luz nesta lagoa pouco profunda proporcionam uma elevada produtividade biológica na coluna de água, especialmente na primavera e no outono, e suporta taxas de produção biológica elevadas em comparação com outros ecossistemas aquáticos. Nos sistemas onde a influência das marés é relevante, ocorre uma elevada renovação e circulação da água na lagoa, contribuindo para evitar processos de enriquecimento de nutrientes.

### **Caixa 3.2 – Sabe o que é afloramento costeiro e porque é importante?**

O afloramento costeiro é um fenómeno oceanográfico que envolve o movimento de água de níveis mais profundos, mais fria, em direção à superfície do oceano, em resposta a ventos que sopram paralelamente à costa, mais frequentemente em direção ao equador, substituindo a água de superfície mais quente, geralmente pobre em nutrientes. O movimento das águas de superfície dirigido para o largo leva ao abaixamento do nível do mar ao longo da costa. A água aflorada, rica em nutrientes, estimula o crescimento de produtores primários, como o fitoplâncton. Assim, as zonas de afloramento podem ser identificadas por temperaturas mais baixas e concentrações de clorofila *a* (pigmento fotossintético presente em todos os produtores primários indicador de biomassa fitoplanctónica) mais elevadas na superfície do mar.

Os processos e mecanismos acima referidos devem ser compreendidos, para se poder entender como as mudanças presentes e futuras afetarão o comportamento das lagoas costeiras, que em última análise afetarão a sociedade. Independentemente dos avanços da observação dedicada aos processos que ocorrem nas lagoas costeiras, ainda existe uma grande lacuna na quantificação das trocas de matéria (água, compostos dissolvidos e particulados) entre a lagoa e o oceano adjacente, o que é fundamental para entender melhor o funcionamento desses ecossistemas.

Na Ria Formosa, a lagoa costeira mais importante do sul de Portugal, as trocas de água e de compostos dependem principalmente da interação com o oceano, através da influência das marés, e da morfologia dos canais dentro da Ria. Na secção 3.2 apresentam-se as características geomorfológicas da Ria Formosa.

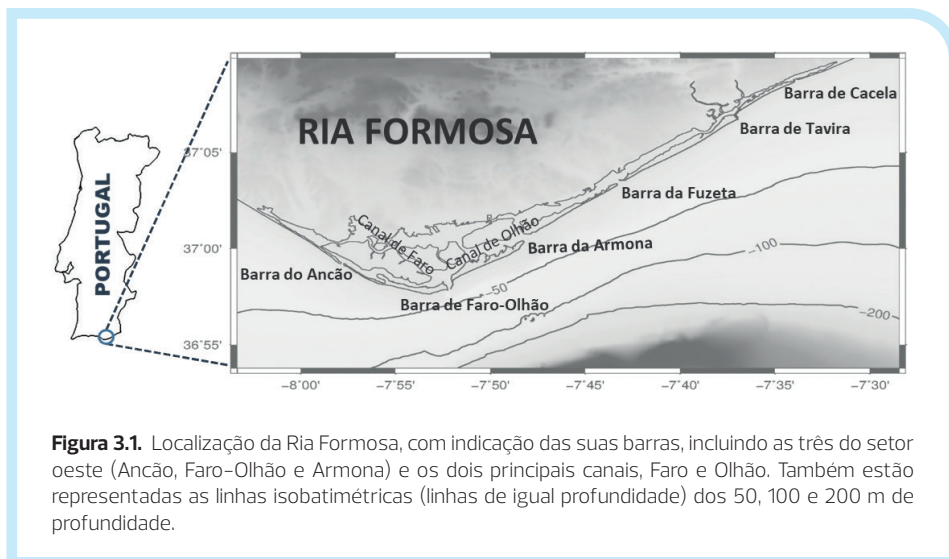
Na secção 3.3 enfatizam-se as características dinâmicas que fazem da Ria Formosa um sistema produtivo peculiar e uma das lagoas mais importantes de Portugal, apresentando pela primeira vez as trocas através das três barras do setor ocidental, representativas de condições de primavera em 2012, em maré viva e sob afloramento costeiro.

### 3.2. Características morfológicas da Ria Formosa

A Ria Formosa é um sistema lagunar costeiro pouco profundo, localizado na costa sul de Portugal (Figura 3.1), com a forma de um triângulo invertido, com cerca de 100 quilómetros quadrados, 55 quilómetros de comprimento, 6 quilómetros de largura máxima e uma profundidade média inferior a 2 m. É um sistema meso-mareal, isto é, com uma altura de maré média de aproximadamente 2 m, variando entre 1,5 e 3,5 m. É dominada pela componente semi-diurna da maré e possui seis ligações permanentes com o oceano (Ancão, Faro-Olhão, Armona, Fuseta, Tavira e Cacela), que proporcionam uma grande renovação da água. Essas seis barras delimitam três setores, do ponto de vista hidrodinâmico: o setor oriental, que inclui a barra de Cacela; o setor central que inclui as barras da Fuseta e de Tavira; e o setor ocidental, que é o mais importante em termos de circulação de água, abrangendo as barras do Ancão, de Faro-Olhão e da Armona. A Ria Formosa é bem misturada verticalmente devido à reduzida entrada de água doce e à predominância do forçamento da maré na circulação da água no seu interior.

O setor ocidental da Ria Formosa representa aproximadamente 90% do prisma de maré (volume de água que entra na Ria durante a maré enchente) de toda a lagoa. Este setor inclui três barras (Figura 3.1), a barra do Ancão no flanco oeste deste setor e as barras de Faro-Olhão e Armona no flanco leste, e vários canais e riachos. Os dois principais canais deste setor são o canal de Faro, que liga a barra de Faro-Olhão à cidade de Faro, e o canal de Olhão que liga a mesma barra à cidade de Olhão.

A barra do Ancão é uma pequena barra com um comportamento de migração cíclica para leste. A barra de Faro-Olhão foi aberta artificialmente e estabilizada com molhes no período 1929-1955, tendo capturado uma grande parte do prisma de maré da barra da Armona. A barra da Armona é a única barra estabilizada de forma natural da Ria Formosa, que tem vindo a estreitar ao longo do tempo e ainda não há evidências de que esta evolução tenha parado. Era a barra natural dominante no sistema, mas a evolução da barra de Faro-Olhão reduziu bastante o escoamento através da barra da Armona, resultando num deslocamento da dominância do prisma de maré da barra da Armona para a barra de Faro-Olhão.



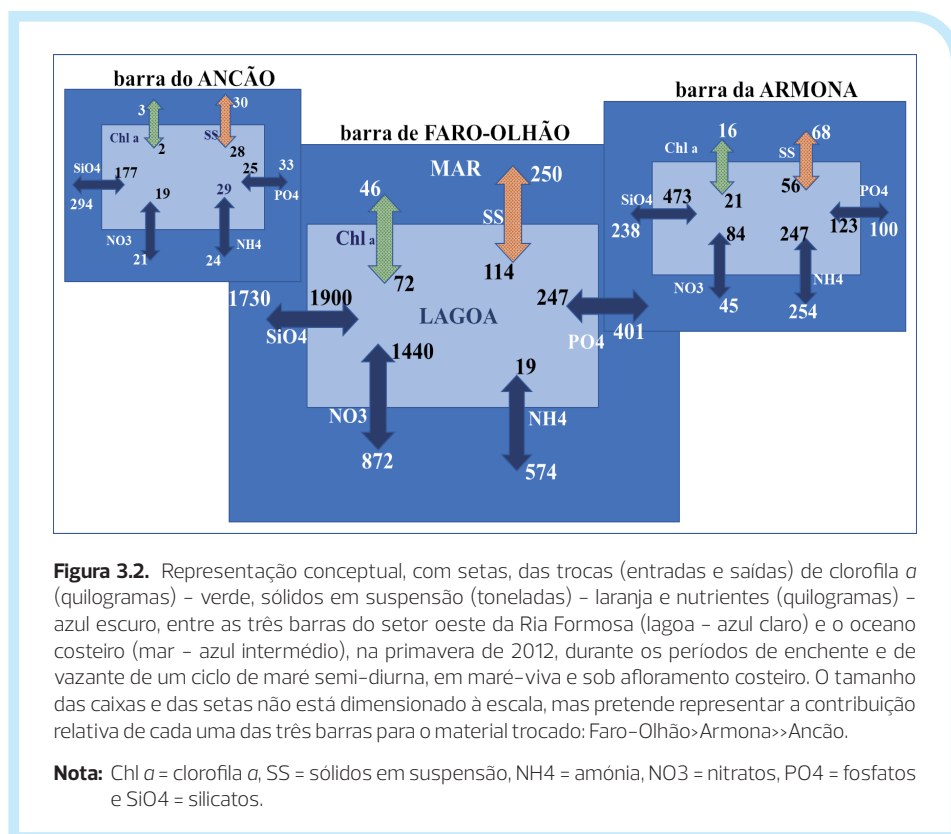
**Figura 3.1.** Localização da Ria Formosa, com indicação das suas barras, incluindo as três do setor oeste (Ancão, Faro-Olhão e Armona) e os dois principais canais, Faro e Olhão. Também estão representadas as linhas isobatimétricas (linhas de igual profundidade) dos 50, 100 e 200 m de profundidade.

### 3.3. Quantificação das trocas de massa através das principais barras da Ria Formosa na primavera de 2012, em maré viva e sob afloramento costeiro

Para ilustrar a magnitude das trocas de água, nutrientes, clorofila *a* e sólidos em suspensão nas três barras do setor oeste da Ria Formosa, foi selecionado o período da primavera, como representativo da estação mais produtiva em termos biológicos. Aqui, apresentamos o caso da primavera de 2012, considerando apenas as condições de maré viva, quando as trocas são máximas, sob o efeito de um evento de afloramento costeiro. As quantidades trocadas de nutrientes, clorofila *a* e sólidos em suspensão através dessas barras, observados durante os períodos de enchente e vazante, estão representados esquematicamente na Figura 3.2.

O balanço de massa de nutrientes, clorofila *a* e sólidos em suspensão estimado com base nas suas concentrações e no caudal de água trocada durante a enchente e a vazante, reflete o ritmo das marés a que está sujeito o volume de água que transporta esses compostos através das três barras (Ancão, Faro-Olhão e Armona). É importante salientar que esse período de amostragem foi realizado após um evento de afloramento costeiro, quando a água no oceano costeiro adjacente está, geralmente, enriquecida em nutrientes e clorofila *a*. Isso pode explicar os valores desses compostos transportados, muito mais elevados durante o período de enchente do que durante a vazante, principalmente na barra de Faro-Olhão. Durante esse

período, foram estimadas grandes quantidades de importação de nitrato (1,4 toneladas), revelando a ocorrência de um processo de nitrificação nas águas costeiras bem misturadas e oxigenadas, juntamente com a importação de clorofila *a* (72 quilogramas). Após eventos de afloramento costeiro ocorrem aumentos do crescimento do fitoplâncton, expressos pelo aumento de concentrações de clorofila *a*. No entanto, a quantidade de amónia, fosfato e sólidos em suspensão foi maior no período de vazante do que durante a enchente, sugerindo que os processos que ocorrem dentro da lagoa (decomposição de matéria orgânica, atividade biológica de organismos bentónicos, transporte de substâncias a partir dos sedimentos) prevalecem mesmo durante a ocorrência do afloramento, proporcionando a exportação desses compostos para o oceano costeiro adjacente.



Comparando as três barras, as trocas de nutrientes, clorofila *a* e sólidos em suspensão foram 10 a 100 vezes mais elevadas na barra de Faro-Olhão do que nas

outras duas barras. Este facto pode ser explicado pela secção mais larga e mais profunda da barra de Faro-Olhão, traduzida numa maior área. O volume de água transportado através da barra de Faro-Olhão é cerca de 2 vezes maior que o volume transportado através da barra da Armona e cerca de 20 vezes maior que o transportado através da barra do Ancão, a barra mais estreita e menos profunda do setor ocidental da lagoa.

As situações de afloramento costeiro ocorrem episodicamente e, como tal, pode-se prever uma importação de nutrientes e clorofila *a* do oceano costeiro para o interior da Ria Formosa durante esses períodos, o que contribuirá para estimular a produtividade biológica ao longo de toda a cadeia trófica.

### **3.4. Importância das barras da Ria Formosa nas trocas com o oceano adjacente**

A Ria Formosa é um sistema complexo, cujas trocas através das três barras pode mudar ao longo do tempo, devido à variabilidade das alturas das marés, alterações nos padrões de circulação e hidrodinâmicos, interconetividade entre as barras e seus canais principais, mudanças nas condições meteorológicas e ambientais e aos processos oceanográficos que ocorrem na zona costeira adjacente, como os eventos episódicos de afloramento costeiro referidos.

Os efeitos das marés sentidos no interior da Ria Formosa, acoplados aos eventos de afloramento, podem importar material do oceano costeiro capaz de fertilizar ainda mais este sistema, aumentando a sua produtividade biológica, particularmente na primavera. No entanto, devido a processos internos acoplado interações entre a água e os sedimentos, a Ria Formosa geralmente exporta material (nutrientes e sólidos em suspensão que incluem matéria orgânica), principalmente através da barra de Faro-Olhão, contribuindo também para fertilizar e aumentar a produtividade biológica do oceano.

### **3.5. Lições aprendidas sobre o papel das barras da Ria Formosa nas trocas com o oceano adjacente**

A Ria Formosa é um ecossistema lagunar bastante produtivo, cuja dinâmica depende das trocas com o oceano ao longo dos ciclos de maré. As trocas que são estabelecidas entre a Ria Formosa e o oceano adjacente, através das principais barras, são extremamente importantes, controlando a produtividade biológica destes dois sistemas intimamente ligados. A Ria Formosa é responsável pela fertilização da

zona costeira adjacente através da exportação de material dissolvido e particulado. Contudo, pode também ser fertilizada a partir da importação do mesmo tipo de material do oceano, particularmente quando ocorrem eventos episódicos de afloramento costeiro, que enriquecem as águas em nutrientes.

### **Agradecimentos**

Os autores gostariam de agradecer a toda a equipa técnica e colaboradores das campanhas do projeto COALA, bem como o apoio logístico dos Capitães dos Portos de Faro e de Olhão.

Este trabalho foi financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) através do projeto ref. PTDC/MAR/114217/2009-COALA.

### **Referências para leitura adicional**

Barbosa, A.B., 2010. Seasonal and inter-annual variability of planktonic microbes in a mesotidal coastal lagoon (Ria Formosa, SE Portugal): impact of climatic changes and local-human influences, in: H. Paerl, M. Kennish, Eds., Coastal Lagoons: critical habitats of environmental change, CRC Press, Taylor & Francis Group, Marine Science Book Series, Boca Raton, pp. 335-366.

Cravo, A., Cardeira, S., Pereira, C., Rosa, M., Alcântara, P., Madureira, M., Rita, F., Correia, C., Rosa, A. & Jacob, J., 2019. Nutrients and chlorophyll-a exchanges through an inlet of the Ria Formosa Lagoon, SW Iberia during the productive season – unravelling the role of the driving forces. *Journal of Sea Research*, Vol. 144, 133-141, <https://doi.org/10.1016/j.seares.2018.12.001>

Fabião, J., Rodrigues, M., Fortunato, A.B., Jacob, J. & Cravo, A. 2016. Water exchanges between a multi-inlet lagoon and the ocean: the role of forcing mechanisms. *Ocean Dynamics* 66 (2), 173-194. <http://dx.doi.org/10.1007/s10236-015-0918-7>



CIMA – Centro de Investigação Marinha e Ambiental é um dos centros de investigação da Universidade do Algarve. É uma Unidade de Investigação multidisciplinar que desenvolve a sua atividade científica em áreas de vanguarda, assumindo a literacia científica e a disseminação do conhecimento como missões de extrema importância. O CIMA é membro do Laboratório Associado ARNET e do Laboratório Colaborativo S<sub>2</sub>AQUACOLAB. Este livro expressa o comprometimento da equipa na transferência do conhecimento científico para a sociedade.