

À descoberta da Ria Formosa

Edição

Jaime Aníbal | Ana Gomes

Isabel Mendes | Delminda Moura



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

5. A importância do mundo invisível dos micróbios na Ria Formosa

Pedro J. Mendes¹, Helena M. Galvão¹, Sandra M. Caetano¹, John D. Icely¹ & Alice Newton¹

¹ CIMA – Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal
pamendes@ualg.pt; hgalvao@ualg.pt; smcaetano@ualg.pt; jicely@ualg.pt; anewton@ualg.pt

5.1. Qual o papel dos micróbios nos fluxos de energia no mar?

Com o desenvolvimento da microscopia de epifluorescência e técnicas sensíveis de radioisótopos na década de 1970, a abundância e atividade de microrganismos pôde ser observada e estudada em águas marinhas. Estas observações resultaram num novo conceito de rápida transferência e reciclagem de matéria orgânica através de um ciclo microbiano, o "microbial loop", ilustrado na Figura 5.1.

O carbono (C) entra nesse ciclo ao ser convertido em matéria orgânica por microrganismos fotossintéticos (a chamada produção primária), com perdas por exsudação de matéria orgânica dissolvida (MOD), que é incorporada por bactérias heterotróficas. Os organismos heterotróficos necessitam de consumir matéria orgânica, ao contrário dos organismos autotróficos, que a produzem através da fotossíntese ou da quimiossíntese. Os protistas fagotróficos (microrganismos compostos de uma única célula sem núcleo, que devoram as suas presas inteiras), por sua vez, ingerem protistas autotróficos e bactérias. Quando um organismo devora outro, o processo leva necessariamente a perdas de matéria orgânica dissolvida, que retorna ao ciclo. A isto chama-se "alimentação desleixada". A matéria orgânica dissolvida é remineralizada por todos os microrganismos, transformando-se em nutrientes inorgânicos dissolvidos, que são absorvidos por microrganismos

vírus) promovem fluxos biogeoquímicos (fluxos de elementos químicos entre a água, sedimento e atmosfera, mediados por organismos) libertando tanto MOD como matéria orgânica particulada.

5.2. Comunidade fitoplanctónica

Fitoplâncton é um termo generalista para a comunidade de microrganismos fotossintéticos que habitam as águas superficiais e varia em tamanho entre 0,2 e 230 micrómetros, ou milésimos de milímetro (Caixa 5.1). Produz mais de metade do oxigénio contido na atmosfera e constitui a base de todas as teias alimentares em águas superficiais.

O sistema lagunar da Ria Formosa (Figura 5.2), no Algarve, fazendo fronteira com o Oceano Atlântico, é o mais sudoeste dos sistemas lagunares europeus. Tem uma amplitude de maré que varia entre 1,3 metros nas marés mortas e 3,4 metros nas marés vivas, ou seja, um regime mesomareal. Com uma rede de sapais, areais, e canais de maré de importância ecológica reconhecida internacionalmente, a Ria Formosa é também de importância nacional para a indústria pesqueira e da aquacultura.

Este estudo apresenta dados sobre a produção primária e bacteriana na Ria Formosa, assim como informação sobre a estrutura da comunidade fitoplanctónica, em três estações de amostragem, representando diferentes zonas do sistema lagunar: a barra artificial aberta em 1997, antes deste estudo (B na Figura 5.2), um canal de maré principal (P na Figura 5.2) e um canal de maré secundário (R na Figura 5.2), que drena uma zona de sapal e o efluente da Estação de Tratamento de Água Urbana de Faro.

Caixa 5.1 – Quais são as gamas de tamanhos de plâncton microbiano?

Existem 4 classes de tamanho de plâncton microscópico:

1. Ultra ou virioplâncton (<0,2 micrómetro): vírus e bactérias muito pequenas
2. Picoplâncton (0,2 – 2 micrómetro): bactérias heterotróficas e autotróficas (fotossintéticas)
3. Nanoplâncton (2 – 20 micrómetro): nanoflagelados heterotróficos e autotróficos, pequenas diatomáceas
4. Microplâncton (20 – 200 micrómetro): diatomáceas, dinoflagelados, cílios.

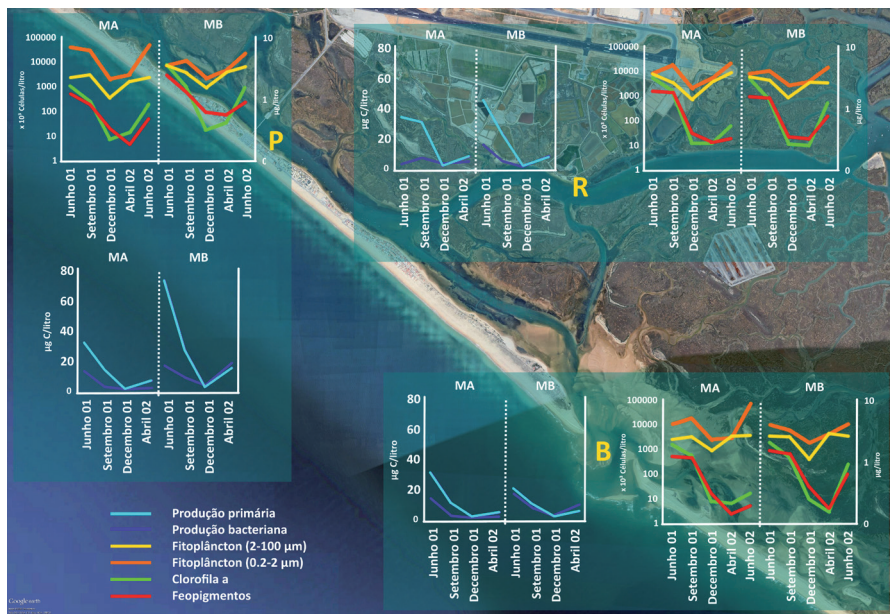


Figura 5.2. Localização das estações de amostragem (P- Ponte, B- Barra, R- Ramalhete) e respetiva variação sazonal de fitoplâncton de duas frações de tamanho diferentes (0,2-2 micrómetros e 2-100 micrómetros), Pigmentos fotossintéticos (clorofila e feopigmentos), produção bacteriana (PB), produção primária (PP).

A estratégia de amostragem visou avaliar a dinâmica microbiana durante condições extremas de maré ao longo do ano: as marés mortas próximas ao solstício de verão (junho) e inverno (dezembro) e as marés vivas durante os equinócios do outono (setembro) e da primavera (abril), entre 2001 e 2002. As amostras de água foram colhidas durante o dia na maré alta, vazante média, maré baixa e enchente média das estações Barra, Ponte e Ramalhete (B, P e R na Figura 5.2).

Nas contagens microscópicas, as células fitoplânctónicas foram separadas em duas frações de tamanho medidas em micrómetros, ou milésimos de milímetro: 0,2-2 micrómetros - picoplâncton (cianobactérias e picoflagelados); 2-200 micrómetros - nanoplâncton e micropoplâncton pequeno (nanoflagelados, dinoflagelados, diatomáceas e alguns ciliados autotróficos (ver fotomicrografias na Figura 5.1B). Os volumes celulares para determinação de biomassa, foram medidos seguindo as fórmulas da Caixa 5.2.

Caixa 5.2 – Como é determinado o volume e conteúdo de carbono das células fitoplanctônicas?

Os biovolumes são calculados com base em formas tridimensionais predefinidas e respectivas fórmulas geométricas. As medidas das dimensões lineares são feitas com uma escala micrométrica calibrada na ocular do microscópio. O conteúdo de carbono (CC) é estimado a partir do volume celular médio usando equações não lineares. A biomassa total é calculada multiplicando o CC pela abundância.

Para determinar o número total de bactérias e biomassa bacteriana um mínimo de 300 bactérias heterotróficas (sem a presença de pigmentos fotossintéticos) e 25 campos de visão foram contados. As dimensões celulares de 50 bactérias selecionadas aleatoriamente, foram medidas em cada amostra.

A abundância de fitoplâncton, mostrou diferenças significativas entre a maré alta e a maré baixa. A Figura 5.2 mostra que as flutuações sazonais na abundância de fitoplâncton não foram tão acentuadas como com a clorofila e feopigmento (dois grupos de pigmentos fotossintéticos estudados) com concentrações no inverno abaixo da metade das concentrações de verão.

Relativamente às variações na abundância de diferentes grupos fitoplanctônicos, as cianobactérias (bactérias fotossintéticas) foram os organismos mais numerosos em todas as estações de amostragem, tanto na maré alta como na maré baixa; os picoflagelados (tamanho menor que 2 micrómetros) foram mais numerosos que os nanoflagelados (menores que 20 micrómetros) na Ponte, mas menos numerosos na Barra e Ramalhete; os dinoflagelados (protistas fotossintéticos ou heterotróficos) e os ciliados (protozoários revestidos de cílios) foram os grupos menos abundantes. A variabilidade geral foi maior na maré alta que na maré baixa para cianobactérias, picoflagelados, dinoflagelados e ciliados. Pelo contrário, os nanoflagelados e as diatomáceas, variaram mais na maré baixa.

Relativamente às flutuações sazonais, típicas nos grupos fitoplanctônicos, os números baixaram no inverno e aumentaram durante a primavera-verão, principalmente para cianobactérias e picoflagelados; dinoflagelados e ciliados apareceram geralmente em números baixos, sem qualquer padrão sazonal ou espacial evidente. Uma comparação de abundância sazonal de grupos fitoplanctônicos e clorofila

mostrou correlações nas três estações de amostragem, enquanto as diatomáceas pareceram ter uma correlação mais significativa com feopigmentos.

Relativamente à biomassa dos diferentes grupos fitoplanctónicos, as diatomáceas (protistas fotossintéticos com frústulas de sílica) exibiram a maior biomassa média em todas as estações de amostragem; a biomassa média de dinoflagelados e nanoflagelados foi semelhante entre si; as cianobactérias foram sempre o grupo mais abundante, mas, devido ao pequeno tamanho das células, apresentaram baixa biomassa; os picoflagelados apresentaram a menor biomassa.

Várias tendências podem ser verificadas com base na análise microscópica da comunidade fitoplanctónica:

- a) Geralmente, a abundância de fitoplâncton foi maior durante a maré alta do que durante a maré baixa, mas a biomassa total média foi, durante a maré alta, metade do valor durante a maré baixa. Isto foi devido à alta variabilidade abundância de picofitoplâncton e explica a falta de correlação entre a biomassa derivada da clorofila e a biomassa derivada da análise microscópica, resultando numa sobrestimação do teor de carbono na fração de menor tamanho (0,2–2 micrómetros). De facto, a biomassa observada foi 5,5 vezes maior que a biomassa calculada, resultando numa proporção C:Chl (razão entre carbono e clorofila) de 275 em vez da proporção clássica de 50;
- b) Os padrões sazonais na estrutura da comunidade fitoplanctónica incluíram uma florescência (ou "bloom") de verão, de cianobactérias oceânicas, na Barra. Houve também uma predominância de diatomáceas bentónicas durante o verão. Espécies de dinoflagelados e ciliados (principalmente *Myrionecta rubra*) que ocorrem durante os "blooms" de verão na Barra, foram tipicamente oceânicas e pareciam ter sido transportadas para a costa;
- c) Houve uma correlação significativa entre os padrões sazonais de clorofila e abundância e biomassa de diatomáceas. De facto, as diatomáceas contribuíram com uma média geral de 53% da biomassa fitoplanctónica e 35% da biomassa total durante a maré baixa;
- d) Os dinoflagelados grandes, foram geralmente mais abundantes durante a maré alta nas 3 estações de amostragem, contribuindo com uma média geral de 35% para a biomassa total durante a maré alta e apenas 16% durante a maré baixa. Os nanoflagelados (2–20 micrómetros) contribuíram com uma média geral de 25% para a biomassa total do fitoplâncton, independentemente da maré.

Estas tendências são explicadas pelo regime hidrodinâmico da Ria Formosa. Na área ocidental do sistema lagunar, que inclui todas as estações de amostragem, 80% da troca de água ocorre através das barras de Faro–Olhão e Armona. A influência da barra artificial aberta em 1997 (estação Barra) é evidente. Água da enchente parece reduzir a entrada de água do canal do Ramalhete no canal principal, permitindo uma troca rápida e substancial de água entre as estações da Barra e Ponte durante o ciclo de maré. Isto reduz a troca de água entre a estação Ramalhete e as outras estações de amostragem. Esse hidrodinamismo explica a diferença entre a comunidade fitoplanctónica no Ramalhete, no canal secundário, e na Ponte e na Barra mais expostas à influência oceânica.

5.3. Fluxos de energia ou carbono

A produção primária de fitoplâncton e a produção bacteriana foram determinadas usando traçadores radioativos. A produção bacteriana foi determinada usando a incorporação pela comunidade bacteriana de um aminoácido (leucina) marcado com carbono-14. A produção primária foi determinada pela incorporação durante a fotossíntese de bicarbonato marcado com carbono-14.

A Figura 5.2 mostra a variação de indicadores típicos para análise de fluxos de carbono: o número total de bactérias, biomassa bacteriana, biomassa fitoplanctónica, produção bacteriana e produção primária fitoplanctónica. O crescimento bacteriano é calculado pela razão entre a produção e a biomassa bacterianas. O crescimento fitoplanctónico é calculado pela razão entre a produção e a biomassa fitoplanctónica. Foi também calculada a demanda bacteriana de carbono e a quantidade de carbono necessária para sustentar a comunidade bacteriana.

O número total de bactérias, biomassa bacteriana, produção bacteriana e demanda bacteriana de carbono foram consistentemente maiores ao longo do ano na maré baixa na Barra, com um padrão semelhante na Ponte, mas não no Ramalhete. Estes resultados indicam uma exportação constante da comunidade e atividade bacterianas dos canais de maré secundários para os canais de maré principais e zona costeira.

No verão e outono, a produção bacteriana no sistema lagunar foi superior à maioria dos valores publicados para outros estuários e sapais, e a comunidade bacteriana não parece estar limitada por alimento.

A produção e biomassa fitoplanctónicas foram consistentemente mais baixas na maré alta do que na maré baixa.

Na primavera, houve um aumento na produção primária e produção bacteriana, mas sem correlação significativa (Figura 5.2), sugerindo não haver acoplamento

entre produção primária e produção bacteriana na primavera. No entanto, a comunidade bacteriana parece estar fortemente limitada pela disponibilidade de carbono orgânico dissolvido.

A produção primária supriu quase 90% da demanda bacteriana de carbono no verão, cerca de 46% no outono, cerca de 12% no inverno e 18% na primavera. O restante carbono dissolvido teve que ser fornecido pela "alimentação desleixada" dos protistas, ou por fontes de origem terrestre, como esgotos não tratados ou escoamentos agrícolas. Em águas costeiras produtivas, 49% a 65% da produção bacteriana é consumida por protistas, e mais de 50% da biomassa das presas é perdida pela "alimentação desleixada", fornecendo o restante carbono dissolvido necessário para a demanda bacteriana de carbono. O papel das bactérias como consumidores de matéria orgânica dissolvida de origem terrestre só foi significativo durante as estações frias.

As variações anuais na razão entre a demanda bacteriana de carbono e a produção primária indicam que a Ria Formosa muda de um estado fortemente autotrófico no verão e outono para um estado heterotrófico no inverno e primavera, explicado pela limitação do fitoplâncton pela luz durante o inverno, enquanto no verão há um aumento da luz e da temperatura.

As diferenças na comunidade fitoplanctônica explicam as variações de produção primária na maré alta e maré baixa entre Ramalhete e outras estações. Além disso, a renovação da água é maior na Barra e Ponte do que no Ramalhete que, escoando uma ETAR (Figura 5.2), é consideravelmente mais vulnerável ao impacto humano. Quando o sistema lagunar muda de autotrófico para heterotrófico durante a estação fria, aumenta o papel das bactérias como consumidores de matéria orgânica dissolvida e remineralizadores, um importante processo de autodepuração em águas naturais.

5.4. Avaliação do estado trófico

Relatórios anteriores de eutrofização (medida de poluição por nutrientes e matéria orgânica) atribuíram à Ria Formosa um estado mau ou excelente, dependendo dos critérios de classificação.

Para reconciliar diferenças na avaliação do estado trófico em águas interiores e sistemas lagunares, foi proposta a medição da contribuição relativa dos componentes autotróficos e heterotróficos do pico-nano e microplâncton (0,2–200 micrômetros) para a produção aquática, que pode ser estimada através da comparação da produção bacteriana e da produção fitoplanctônica.

Usando a produção fitoplanctónica anual estimada na Ria Formosa, assumindo uma coluna de água bem misturada e eufótica, a Ria Formosa pode ser considerada eutrófica, um resultado que indica um elevado impacto humano.

Usando o Índice de Estado Trófico, baseado na concentração de clorofila, a Ria Formosa pode ser classificada como mesotrófica, atingindo um valor de 47 numa escala de 1-100, um resultado que indica pouco impacto humano.

Para a implementação da Diretiva-Quadro Água da União Europeia, foram determinadas condições de referências e valores de fronteira nas águas costeiras e de transição portuguesas, bem como em sistemas lagunares em locais de referência selecionados. O Estado Ecológico da Ria Formosa conforme o definido pela Diretiva-Quadro Água pode ser considerado "bom", ou pouco impactado.

Em conclusão, a avaliação da eutrofização, ou estado ecológico, no sistema lagunar da Ria Formosa produziu resultados ambíguos, se não contraditórios, ao utilizar diferentes índices e sistemas de classificação. Idealmente, a eutrofização deve ser determinada a partir de processos microbianos, em vez de stocks permanentes (valores pontuais de números ou biomassas).

Referências para leitura adicional

- Barbosa, A. B., 2010. Seasonal and interannual variability of planktonic microbes in a mesotidal coastal lagoon (Ria Formosa, SE Portugal) – Impact of climatic changes and local human influences. In: Kennish, M.J., Paerl, H.W. (Eds.) Coastal Lagoons: Critical Habitats of Environmental Change. CRC Press, pp. 334–366.
- Domingues, R.B., Guerra, C.C., Barbosa, A.B. & Galvão, H.M., 2015. Are nutrients and light limiting summer phytoplankton in a temperate coastal lagoon? *Aquatic Ecology* 49: 127–146.
<https://dx.doi.org/10.1007/s10452-015-9512-9>
- Domingues, R.B., Guerra, C.C., Barbosa, A.B., & Galvão, H.M., 2017. Will nutrient and light limitation prevent eutrophication in an anthropogenically-impacted coastal lagoon? *Continental Shelf Research* 141: 11–25.
<https://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2017.05.003>
- Fenchel, T., 2008. The microbial loop – 25 years later. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 366: 99–103.
<https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.07.013>
- Newton, A., Icely, J.D., Falcão, M., Nobre, A., Nunes, J.P., Ferreira, J.G. & Vale, C., 2003. Evaluation of eutrophication in the Ria Formosa coastal lagoon, Portugal. *Continental Shelf Research* 23: 1945–1961.
<https://doi.org/10.1016/j.csr.2003.06.008>

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 S₂AQUACOLAB. Este livro expressa o comprometimento da equipa na transferência do conhecimento científico para a sociedade.