

# MICROORGANISMOS

## NA DÉCADA DAS CIÊNCIAS DO OCEANO



# 17 SETEMBRO 2024

Coordenação: Isabel Sá-Correia, Tina Keller-Costa, Maria Salomé Pais



20  
24



*Título:* Microrganismos na Década das Ciências do Oceano  
*Edição:* Academia das Ciências de Lisboa  
*Data de edição:* 2024  
*DOI:* <https://doi.org/10.58164/jqak-m572>

# Programa

- 14h00 Abertura**  
José Luís Cardoso | Presidente da Academia das Ciências de Lisboa (ACL).  
Maria Salomé Pais | Presidente do Instituto de Altos Estudos da ACL.
- 14h10 A Sociedade Portuguesa de Microbiologia: Ao Serviço dos Microbiólogos e da Sociedade**  
Jorge Pedrosa | Presidente da Sociedade Portuguesa de Microbiologia (SPM).
- 14h20 O Dia Internacional do Microrganismo**  
Isabel Sá-Correia | Academia das Ciências de Lisboa (ACL); iBB e LA i4HB, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.
- 14h30 Micróbios e a Educação em Saúde | EstudoEmCasaApoia e o Projecto 'Marinheiros da Esperança'**  
Margarida França | Presidente do Conselho de Administração da Unidade de Saúde da Região de Aveiro, EPE  
Cláudia Torres | EstudoEmCasaApoia
- 14h40 Micróbios Marinhos e a Década das Nações Unidas das Ciências de Oceano para o Desenvolvimento Sustentável**  
Luís Menezes Pinheiro | Universidade de Aveiro, Comité Nacional para a Década das Nações Unidas das Ciências do Oceano para o Desenvolvimento Sustentável (2021-2030), Comité Português para a COI/UNESCO.  
Ricardo Serrão Santos | Academia das Ciências de Lisboa (ACL); OKEANOS-Universidade dos Açores; Membro do ex-"Grupo de Planeamento Executivo" para a Década das Nações Unidas das Ciências dos Oceanos para o Desenvolvimento Sustentável.
- 14h50 Os Segredos do Microbioma em Ambientes Marinhos Extremos: Potenciais Inovações em Biotecnologia e Astrobiologia**  
Alexandre S. Rosado | Biological and Environmental Sciences and Engineering Division, KAUST, King Abdullah University of Science and Technology, Kingdom of Saudi Arabia.
- 15h10 Microrganismos Marinhos: Pilares da Saúde dos Oceanos e dos Recifes de Coral**  
Tina Keller-Costa | Seminário de Jovens Cientistas da ACL; iBB e LA i4HB, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.
- 15h30 Cianobactérias, da Origem da Vida ao Conceito de Uma Só Saúde: O Exemplo da LEGE\_CC**  
Vitor Vasconcelos | Presidente da Direção do CIIMAR; Faculdade de Ciências, Universidade do Porto.
- 15h50 Produção Comercial de Microalgas para Alimentos, Rações e Suplementos Dietéticos**  
João Navalho | Presidente da NECTON - Companhia Portuguesa de Culturas Marinhas SA e da AllMicroalgae SA.
- 16h10 As Pontes do Mundo Microscópico Marinho na Ciência, Indústria e Política**  
Helena Vieira | Cátedra ERA CHAIR; CESAM, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro.
- 16h30 Discussão em Mesa Redonda - Os Microrganismos Num Oceano em Alteração: Da Conservação dos Ecossistemas a Economia Circular**  
Moderação - Rodrigo Costa | iBB e LA i4HB, Instituto Superior Técnico, Universidade  
Envolverá todos os palestrantes da parte marinha: Alexandre Rosado, Helena Vieira, João Navalho, Luís Menezes Pinheiro, Ricardo Serrão Santos, Tina Keller-Costa, Vítor Vasconcelos.



20  
24



COMITÉ PORTUGUÊS PARA A COI  
PORTUGUESE COMMITTEE FOR THE COI  
COMITÉ PORTUGUÊS PARA A COI

# Índice

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b><i>A Sociedade Portuguesa de Microbiologia: Ao Serviço dos Microbiólogos e da Sociedade</i></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>3</b>  |
| Jorge Pedrosa   Presidente da Sociedade Portuguesa de Microbiologia (SPM).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |           |
| <b><i>O Dia Internacional do Microrganismo</i></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>13</b> |
| Isabel Sá-Correia   Academia das Ciências de Lisboa (ACL); iBB e LA i4HB, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |
| <b><i>Micróbios e a Educação em Saúde   EstudoEmCasaApoia e o Projecto ‘Marinheiros da Esperança’</i></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>23</b> |
| Margarida França   Presidente do Conselho de Administração da Unidade de Saúde da Região de Aveiro, EPE<br>Cláudia Torres   EstudoEmCasaApoia                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |
| <b><i>Micróbios Marinhos e a Década das Nações Unidas das Ciências de Oceano para o Desenvolvimento Sustentável</i></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>29</b> |
| Luís Menezes Pinheiro   Universidade de Aveiro, Comité Nacional para a Década das Nações Unidas das Ciências do Oceano para o Desenvolvimento Sustentável (2021-2030), Comité português para a COI/UNESCO.<br>Ricardo Serrão Santos   Academia das Ciências de Lisboa (ACL); OKEANOS-Universidade dos Açores; Membro do ex-"Grupo de Planeamento Executivo" para a Década das Nações Unidas das Ciências dos Oceanos para o Desenvolvimento Sustentável. |           |
| <b><i>Os Segredos do Microbioma em Ambientes Marinhos Extremos: Potenciais Inovações em Biotecnologia e Astrobiologia</i></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>37</b> |
| Alexandre S. Rosado   Biological and Environmental Sciences and Engineering Division, KAUST, King Abdullah University of Science and Technology, Kingdom of Saudi Arabia.                                                                                                                                                                                                                                                                                |           |
| <b><i>Microrganismos Marinhos: Pilares da Saúde dos Oceanos e dos Recifes de Coral</i></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>43</b> |
| Tina Keller-Costa   Seminário de Jovens Cientistas da ACL; iBB e LA i4HB, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |
| <b><i>Cianobactérias, da Origem da Vida ao Conceito de Uma Só Saúde: O Exemplo da LEGE_CC</i></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>52</b> |
| Vítor Vasconcelos   Presidente da Direção do CIIMAR; Faculdade de Ciências, Universidade do Porto.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |           |
| <b><i>Produção Comercial de Microalgas para Alimentos, Rações e Suplementos Dietéticos</i></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>60</b> |
| João Navalho   Presidente da NECTON - Companhia Portuguesa de Culturas Marinhas SA e da AllMicroalgae SA.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |           |
| <b><i>As Pontes do Mundo Microscópico Marinho na Ciência, Indústria e Política</i></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>64</b> |
| Helena Vieira   Cátedra ERA CHAIR; CESAM, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |           |
| <b><i>Mesa Redonda</i></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>72</b> |
| Rodrigo Costa   Professor Associado, Departamento de Bioengenharia, Instituto Superior Técnico (IST), Universidade de Lisboa; Membro do Conselho Editorial da revista Scientific Reports, Embaixador da ISME em Portugal                                                                                                                                                                                                                                 |           |

## Jorge Pedrosa

Presidente | Sociedade Portuguesa de Microbiologia  
Escola de Medicina / ICVS / Universidade do Minho



*Jorge Pedrosa é licenciado em Bioquímica (1994) e doutorado em Ciências Biomédicas (2000).*

*J. Pedrosa é Professor Catedrático e Investigador Sénior no Instituto de Investigação em Ciências Vivas e Saúde (ICVS), Laboratório Associado ICVS/3Bs, UMinho, e os seus interesses de investigação estão relacionados com as interações hospedeiro-patogénico, incluindo na infeção por micobactérias virulentas. Colabora com uma rede de instituições em projetos de investigação clínica em Portugal, Europa, EUA e África.*

*J. Pedrosa foi responsável pela orientação de 18 doutoramentos, publicou mais de 80 artigos em revistas especializadas, coordenou equipas em vários projetos de I&D nacionais e europeus e foi responsável pela organização de mais de 20 conferências internacionais e cursos avançados.*

*J. Pedrosa é Presidente da Sociedade Portuguesa de Microbiologia, Presidente da B. ACIS | Associação Ciência Inovação e Saúde, Coordenador da Equipa de Investigação InflammSignal | ICVS, Coordenador do Biobanco de Biomedicina do Minho (MinhoMedBiobank) e membro dos Conselhos Diretivos das seguintes instituições de investigação clínica: Centro Académico Clínico 2CA- Hospital de Braga e; Centro de Medicina Digital P5.*

*J. Pedrosa recebeu vários prémios científicos, incluindo: em 1989, o Prémio de Ciência "Boa Esperança"; em 1994, o Prémio "PFIZER"; em 2006, o Prémio "Excelência em Imunologia Mário Arala Chaves"; e em 2010, o Prémio de Ciência Pulido Valente.*

## *A Sociedade Portuguesa de Microbiologia: Ao Serviço dos Microbiólogos e da Sociedade*

A Sociedade Portuguesa de Microbiologia (SPM) representa uma comunidade científica aberta, dinâmica e altamente internacionalizada, que promove em Portugal a investigação científica, a inovação, o ensino/divulgação e a atividade profissional relacionada com os microrganismos.

Ao longo da sua existência, esta Sociedade científica tem vindo a projetar a microbiologia Portuguesa a nível internacional, assim como a fortalecer interações em Portugal, não apenas entre os seus sócios, e entre eles e diversos parceiros institucionais, mas também com o público em geral.

Neste enquadramento, são abaixo identificadas as principais atividades da SPM, com ênfase para as atividades de divulgação e de promoção da literacia científica em microbiologia – queremos, desta forma, contribuir para a construção de uma Sociedade Científica cada vez mais aberta e mais participada!

### **Dia Internacional do Microrganismo (IMD)**

O Dia Internacional do Microrganismo (IMD), que é o mote para esta nossa presença neste evento promovido pela Academia de Ciências de Lisboa, foi lançado em Portugal pela anterior Direção da SPM, encabeçada com grande entusiasmo pela Prof. Isabel Sá Correia. O IMD é uma iniciativa que tem tido um notável sucesso, e que tem contado ao longo dos últimos 8 anos com numerosas parcerias nacionais, que, para além de envolverem a academia e os centros de investigação, sob o patrocínio da Comissão Nacional da UNESCO, contaram com a colaboração de outras instituições, tais como a Agência Ciência Viva, a Ordem dos Biólogos, a Sociedade Portuguesa de Ecologia e, desde 2022, a Academia de Ciências de Lisboa.

Como é também internacionalmente reconhecido, esta iniciativa original da SPM projetou-se de forma notável além-fronteiras. De facto, cumprindo um dos principais objetivos da SPM ao lançar o IMD, as atividades têm vindo a ser alargadas a diversos países europeus, com o envolvimento de Sociedades Internacionais de Microbiologia e de outras entidades, sob o chapéu integrador da FEMS (Federação Europeia de Sociedades de Microbiologia), além de outras parcerias intercontinentais, designadamente com países da América Latina.

Com a internacionalização do IMD, na sequência das atividades pioneiras da Prof. Isabel Sá Correia e dos seus colegas, a FEMS assumiu um papel na centralidade ao nível internacional, continuando a SPM a participar neste âmbito, para além de fazer a promoção do IMD em Portugal, apoiando e divulgando as iniciativas que por todo o país sinalizam este dia, em diversas instituições de ensino superior, centros de investigação e instituições ligadas à promoção e divulgação da ciência.

### **Site da SPM**

No âmbito da estratégia de abertura da SPM a um público tão vasto quanto possível, promovendo e divulgando as atividades relacionadas com os microrganismos e as suas utilizações, a Sociedade

disponibiliza um site bilingue (português/inglês) de acesso aberto ([www.spmicrobiologia.pt](http://www.spmicrobiologia.pt)), que conta com um número crescente de seguidores em todo o mundo.

No site SPM, têm vindo a divulgar-se eventos científicos e notícias científicas, assim como entrevistas com microbiólogos Portugueses ou a trabalhar em Portugal, em formato de *podcast*.

Com o objetivo de veicular iniciativas de divulgação da SPM, temos vindo a promover o envolvimento de jovens microbiólogo(s), com a responsabilidade de divulgar temas de investigação em microbiologia, nomeadamente através das redes sociais, assim como fazer a ponte com os meios de comunicação social – voluntários são muito bem-vindos!

### **Concurso Nacional de Comunicação em Microbiologia e Interação com a Comunidade Escolar**

Desde setembro de 2019, na sequência da criação do IMD, a SPM decidiu também lançar um concurso aberto que concilia a comunicação escrita com imagem, de forma a expressar um conceito ou uma aplicação em microbiologia. Esta iniciativa é mais uma forma de incentivar o gosto pela comunicação na área da Microbiologia, bem como de dar a conhecer a um público tão alargado quanto possível os microrganismos, as suas aplicações e as implicações da sua atividade, objetivos que são nucleares para a SPM.

Nesta iniciativa de sucesso, pode concorrer-se individualmente ou em grupo, nas categorias designadas “GERAL” ou “JÚNIOR”, conforme o público-alvo dos trabalhos (resumo de 300 palavras e imagem). Os trabalhos são posteriormente avaliados por um júri composto por microbiólogos e por membros da comunidade, incluindo como especialistas em comunicação, sendo os que se destacam premiados e publicados no sítio de internet da SPM, contribuindo para a preparação de e-books e outros suportes de divulgação e formação disponíveis gratuitamente num site criado pela SPM <https://cartoonmicrobiologia.com/>.

Temos também a aspiração de vir a aprofundar ainda mais as atividades de interação com as camadas mais jovens da população, no que respeita aos microrganismos e aos seus impactos para a sociedade, nomeadamente lançando formatos inovadores de atividades junto estudantes de escolas, a partir do primeiro ciclo – uma vez mais, aproveitamos esta oportunidade para dizer que estamos abertos à colaboração de voluntários que a nós se queiram juntar.

### **Eventos científicos**

Para o avanço da ciência e da tecnologia na área da microbiologia, um processo em progresso constante, é fundamental a partilha das novas descobertas, que têm como veículo, não apenas as publicações científicas, mas também a promoção de encontros científicos. Neste sentido, para além de dar apoio à divulgação ou participação de jovens investigadores portugueses em eventos organizados por entidades congéneres ao nível internacional, incluindo através de cartas de apoio a pedidos de financiamento a entidades internacionais, a SPM tem vindo a promover em Portugal a organização de eventos científicos de grande impacto.

De entre estes eventos, destaca-se, pelo seu impacto e continuidade, o MICROBIOTEC. O MICROBIOTEC é coorganizado, bianualmente, entre a SPM e a SPBT (Sociedade Portuguesa de Biotecnologia), e tem registado elevados níveis de participação, com cerca de 500 participantes (em

2019 organizado pela universidade de Coimbra <https://microbiotec19.net/en/>; em 2021, em plena pandemia COVID-19, em formato online, pela Universidade Nova de Lisboa <https://microbiotec21.organideia.pt/>; e, em 2023, na Universidade da Beira Interior <https://microbiotec23.organideia.com/>), promovendo a apresentação/discussão de trabalho científico de elevada qualidade científica em microbiologia e biotecnologia, e representando, adicionalmente, uma importante contribuição para fomentar pontes entre diferentes áreas científicas/tecnológicas.

Esta estratégia de articulação com sociedades científicas congéneres da SPM está agora a ser aprofundada ao nível internacional, nomeadamente através da organização de um novo tipo de reunião, denominado MICROBIOLOGY 202(X), um simpósio online bianual que decorre inteiramente por participação remota (online), nos anos alternados com o Microbiotec. Este simpósio tem como objetivo proporcionar uma oportunidade para jovens microbiólogos discutirem microbiologia em língua portuguesa, melhorando simultaneamente as suas capacidades de comunicação, bem como contribuir para a criação de oportunidades de *networking*. Nesta estratégia de articulação com sociedades científicas congéneres, a Sociedade Brasileira de Microbiologia (SBM) coorganizou a primeira edição em 2022, MICROBIOLOGIA2022 <https://microbiologia2022.wordpress.com/>, que envolveu jovens de Portugal, Brasil, Cabo Verde, Guiné-Bissau, Espanha e Finlândia. Este ano coorganizaremos com a SBM o Microbiologia2024, entre 25 e 25 de Novembro e, desde já, desafiamos os jovens microbiólogos a participar! (<https://microbiologia2024.com/>)

Neste capítulo, é também relevante referir que a SPM promove a organização de mais um novo tipo de reunião, o MICROSUMMITpt, também nos anos alternados com o Microbiotec, envolvendo entidades do mundo produtivo com ligação à microbiologia, tais como *start-ups*, laboratórios de análises, indústrias de base bio, etc – com o objetivo de aproximar a academia e o setor empresarial, criando oportunidades para transferência de conhecimento, co-criação, ou promoção de emprego para microbiólogos. Especialistas, com reconhecida atividade na ligação academia-empresa, partilham as suas visões e experiência, enquanto empreendedores são desafiados a apresentar as suas ideias inovadoras. A primeira edição, MICROSUMMIT22, decorreu na Universidade Católica Portuguesa, no Porto, contando com dois simpósios temáticos, um focado em empreendedorismo e outro em parcerias universidade-empresa.

Este ano organizaremos o MICROSUMMIT24 no dia 16 de Novembro, no Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, e, desde já, convidamos todos os interessados em participar! <https://x.com/SPMicrobiologia/status/1818903825559732477>

## **Interações com organizações internacionais**

Para finalizar, e conforme referido no início deste resumo, é importante reforçar que os avanços da ciência e tecnologia não se atingem de forma isolada, mas sim em redes de investigação e de divulgação que são de âmbito global.

No âmbito internacional, o reconhecimento da SPM é expresso pelo facto de ser um membro ativo da FEMS (Federação das Sociedades Europeias de Microbiologia), da IUMS (União Internacional de Sociedades Microbiológicas), da ALAM (Associação Latino-Americana de Microbiologia) e da ESCMID (Sociedade Europeia de Microbiologia Clínica e Doenças Infecciosas).

Neste contexto, tem particular relevância a interação com a FEMS, que tem vindo a consolidar-se nos últimos anos, incluindo no apoio à organização de reuniões científicas propostas pelos sócios da SPM, nomeadamente no âmbito das oportunidades de apoio financeiro da FEMS, assim como nas atividades

conjuntas relacionadas com o IMD, com o objetivo de tornar, cada vez mais, este Dia (17 de setembro) numa celebração em todos os continentes.

### **Considerações finais**

A SPM representa uma comunidade vibrante, que congrega um conjunto de sócios que detém um leque alargado de competências nas diversas áreas da microbiologia, com impacto ao nível internacional. Uma das formas de colocar essas competências ao serviço da nossa sociedade, para além de contribuir para os avanços no conhecimento, através da investigação científica e tecnológica e da partilha e divulgação dos avanços científicos em microbiologia, é contribuir para atividades de formação avançada e para a promoção de literacia científica, quer da população em geral, quer de públicos específicos, sobretudo nos âmbitos nacional e lusófono.

Nesse âmbito, a SPM está aberta a novas oportunidades, no sentido de promover ou colaborar com entidades que desenvolvam atividades de literacia em temas emergentes da microbiologia, assim como em temas transversais com relevância para os microbiólogos. É, por isso, um privilégio participar uma vez mais nesta iniciativa da Academia de Ciências de Lisboa.

## Jorge Pedrosa

President of Portuguese Microbiology Society,  
ICVS/ICVS-3B'S – Minho University



*Jorge Pedrosa holds a degree in Biochemistry (1994) and a PhD in Biomedical Sciences (2000).*

*J. Pedrosa is a Full Professor and Senior Researcher at the Live and Health Sciences Research Institute (ICVS), ICVS/3B's Associate Laboratory, UMinho, and his research interests are related with host-pathogen interactions, including against infection by virulent mycobacteria. He collaborates with a network of institutions on clinical research projects in Portugal, Europe, USA and Africa.*

*J. Pedrosa has been responsible for the supervision of 18 PhDs, published more than 80 articles in peer-review journals, coordinated teams in several national and European R&D projects and was responsible for the organization of more than 20 international conferences and advanced courses.*

*J. Pedrosa is the President of the Portuguese Society of Microbiology, President of B. ACIS | Associação Ciência Inovação e Saúde, Coordinator of the InflammaSignal Research Team | ICVS, Coordinator of the Biobank of Biomedicine Minho (MinhoMedBiobank) and member of the Direction Boards of the following clinical research institutions: Clinical Academic Center 2CA– Braga Hospital and P5 Digital Medicine Center.*

*J. Pedrosa was the recipient of several scientific awards, including in 1989 the Science Award “Boa Esperança”; in 1994 the “PFIZER” award; in 2006 the “Excellence in Immunology Mário Arala Chaves” award; and in 2010, the Pulido Valente Science Award.*

## *Portuguese Society of Microbiology: At the Service of Microbiologists and Society*

The Portuguese Society of Microbiology (SPM) embodies an open, dynamic and highly internationalised scientific community that promotes research, innovation, teaching/dissemination and professional activities related to microorganisms in Portugal.

Throughout its existence, this scientific society has been promoting the Portuguese microbiology internationally, as well as strengthening interactions in Portugal, not only between its members, and between them and various institutional partners, but also with the general public.

In this context, the SPM's main activities are identified below, with an emphasis on dissemination activities and the promotion of scientific literacy in microbiology – thus, we contribute to an increasingly open and participatory scientific society!

### **Internacional Microorganism Day (IMD)**

The International Microorganism Day (IMD), the reason for our presence at this event promoted by the Academy of Sciences of Lisbon, was launched in Portugal by the previous SPM Direction Board, coordinated with great enthusiasm by Prof. Isabel Sá Correia. This has been a very successful initiative, involving several national partnerships over the last eight years, such as the Ciência Viva Agency, the Association of Portuguese Biologists, the Portuguese Ecology Society and, since 2022, the Academy of Sciences of Lisbon, in addition to academic institutions and research centres, under the patronage of the UNESCO National Commission.

As internationally recognised, this original SPM initiative has a remarkable impact across borders. In fact, in fulfilment of one of SPM's main objectives when launching IμM, the activities have been extended to several European countries, with the involvement of International Microbiology Societies and other entities, under the umbrella of FEMS (European Federation of Microbiology Societies), as well as within intercontinental partnerships, namely with Latin American countries.

With the internationalisation of the ImM, following the pioneering initiative of Prof. Isabel Sá Correia and colleagues, FEMS has taken on a central role but SPM continues participating internationally, as well as promoting the ImM in Portugal, supporting and publicising the initiatives that take place throughout the country to mark this day, in several higher education institutions, research centres and institutions linked to the promotion and dissemination of science.

### **SPM Site**

As part of the SPM's strategy of opening up to a wide audience, promoting and publicising activities related to microorganisms and their uses, the Society provides a bilingual (Portuguese/English) open access website ([www.spmicrobiologia.pt](http://www.spmicrobiologia.pt)), with a growing number of followers worldwide.

The SPM site has been spreading information on scientific events and scientific news, as well as interviews with Portuguese microbiologists or microbiologists working in Portugal, in a podcast format.

With the aim of promoting SPM dissemination initiatives, we have been promoting the involvement of young microbiologist(s), with the responsibility of spreading research topics in microbiology, namely through social networks, as well as bridging the gap with the media - volunteers are very welcome!

### **National Competition for Communication in Microbiology and Interaction with the School Communities**

Since September 2019, following the creation of the IMD, the SPM has also decided to launch an open competition that combines written communication with images, in order to express a concept or application in microbiology. This initiative is another way of encouraging the communication around the subjects of microbiology, as well as making microorganisms, their applications and the implications of their activity, known to a wide audience, which are core objectives for the SPM.

In the scope of this successful initiative, applications may be individual or as a group, in both the "GENERAL" or "JUNIOR" categories, depending on the target audience (300-word summary and image). The applications are assessed by a jury made up of microbiologists and members of the community, including communication experts, and the selected applications are awarded and published on the SPM website, also contributing to the publication of e-books, all formats being already available free of charge on a website created by SPM <https://cartoonmicrobiologia.com/>.

We also aspire to further develop our interaction activities with the younger segments of the population with regard to microorganisms and their impact on society, namely by launching innovative formats for activities with school students, from primary school onwards - once again, we would like to take this opportunity to emphasise that we are open to the collaboration of volunteers who would like to join.

### **Scientific Events**

For the advancement of science and technology in the field of microbiology - a process in constant progress - it is essential to share the new discoveries, namely through scientific publications, but also to promote scientific meetings. Therefore, in addition to supporting the participation of young Portuguese researchers in events organised by international organisations, including through letters of support for funding requests to international organisations (such as FEMS), the SPM has been promoting the organisation of high-impact scientific events in Portugal.

Among these events, the MICROBIOTEC stands out for its impact. The MICROBIOTEC is co-organised biannually between the SPM and the SPBT (Portuguese Society of Biotechnology) with a high level of participation, around 500 participants (in 2019 organised by the Universidade de Coimbra <https://microbiotec19.net/en/> ; in 2021, during the COVID-19 pandemic, in online format, by the Universidade Nova de Lisboa <https://microbiotec21.organideia.pt/>; and, in 2023 by the Universidade da Beira Interior <https://microbiotec23.organideia.com/>), promoting the presentation/discussion of high-quality scientific work in microbiology and biotechnology, and also representing an important contribution to fostering bridges between different scientific/technological areas.

This strategy of bridging with the SPM's sister scientific societies is now being further developed at the international level, namely through the organisation of a new type of meeting, MICROBIOLOGY 202(X), a biannual online symposium that takeplace entirely by remote attendance (online), in alternating years with the Microbiotec. This symposium aims to provide an opportunity for young microbiologists

to discuss microbiology in Portuguese language while improving their communication skills, as well as contributing to the creation of networking opportunities. As part of this strategy of liaising with similar scientific societies, the Brazilian Society of Microbiology (SBM) co-organised the first edition in 2022, MICROBIOLOGIA2022 <https://microbiologia2022.wordpress.com/> , which involved young scientists from Portugal, Brazil, Cape Verde, Guinea-Bissau, Spain and Finland.

<https://microbiologia2024.com/>

This year we will co-organize Microbiologia2024 with SBM, between November 25th and 25th and, from now on, we challenge young microbiologists to participate! (<https://microbiologia2024.com/> )

In this subject, it is also worth mentioning that the SPM is promoting the organisation of a new type of meeting, MICROSUMMITpt, also in the years alternating with Microbiotec, involving entities from the productive world with links to microbiology, such as start-ups, laboratories, bio-based industries, etc - with the aim of bringing together academia and the business sector, creating opportunities for knowledge transfer, co-creation, or job promotion for microbiologists. Experts, with recognised activity in the academia-business interface, share their visions and experience, while entrepreneurs are challenged to present their innovative ideas. The first edition, MICROSUMMIT2022, took place at the Portuguese Catholic University in Porto, with two thematic symposia, one focussing on entrepreneurship and the other on university-company partnerships.

This year we will organize MICROSUMMIT24 on November 16th, at Instituto Superior Técnico, University of Lisbon, and we invite everyone interested to participate!  
<https://x.com/SPMicrobiologia/status/1818903825559732477>

### **Interactions with international organisations**

Lastly, as mentioned at the beginning of this summary, it is important to emphasise that the advances in science and technology are not achieved alone, but within networks of research and dissemination. At the international level, the SPM's recognition is expressed by the active participation in FEMS (Federation of European Microbiology Societies), IUMS (International Union of Microbiological Societies), ALAM (Latin American Association of Microbiology) and ESCMID (European Society for Clinical Microbiology and Infectious Diseases).

Of particular importance in this context is the interaction with FEMS, which has been consolidated in recent years, including through the support for the organisation of scientific meetings proposed by SPM members, particularly in the context of FEMS' financial support opportunities, as well as joint activities within the framework of the ImM, with the aim of making this day (September 17) a celebration on all continents.

### **Final considerations**

The SPM represents a vibrant community that brings together a group of members with a wide range of skills in different areas of microbiology, with an international impact. One of the ways to put these skills at the service of the society, in addition to contributing to advances in knowledge through scientific and technological research, is to contribute to advanced training activities and promotion of scientific literacy, both for the general population and specific audiences, especially at the national level and among Lusophone countries.

In this context, the SPM is open to new opportunities to promote or to collaborate with organisations that develop literacy activities on emerging topics of microbiology, as well as on cross-cutting topics of

relevance to microbiologists. It is therefore our privilege to take again part in this initiative of the Academy of Sciences of Lisbon.

## Isabel Sá-Correia

### Isabel Sá-Correia

Academia das Ciências de Lisboa;

iBB-Instituto de Bioengenharia e Biociências, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa; SPM-Sociedade Portuguesa de Microbiologia, Conselho Consultivo e anterior Presidente (2009-2020);

[isacorreia@tecnico.ulisboa.pt](mailto:isacorreia@tecnico.ulisboa.pt)



*Isabel Sá-Correia é Professora Catedrática Distinta (jubilada) do Instituto Superior Técnico, e Professora Emérita da Universidade de Lisboa. Fundadora da área científica e pedagógica de Ciências Biológicas do Instituto Superior Técnico, coordenou, até à sua jubilação, o grupo de Ciências Biológicas no Departamento de Bioengenharia e no Instituto de Bioengenharia e Biociências (iBB), a cuja direção pertenceu. Licenciada em Engenharia Química pelo IST, a sua atividade académica evoluiu para as Ciências Biológicas, desenvolvendo investigação nas áreas de Microbiologia Molecular e Celular, Diversidade Microbiana, e Genómica Funcional e Comparativa com impacto em Biotecnologia Microbiana e Saúde Humana. Integra as listas dos cientistas mais citados ao longo da carreira a nível mundial (Stanford Univ.; áreas: Microbiologia; Bioquímica e Biologia Molecular). Foi Presidente da Sociedade Portuguesa de Microbiologia (SPM) e delegada nacional ao Conselho da FEMS (Federation of European Microbiological Societies) (2009-2020). Foi fundadora e organizadora do Dia Internacional do Microrganismo (<https://www.internationalmicroorganismday.org/>), promovido pela SPM durante a sua Presidência. É Sócia Efetiva da Academia das Ciências de Lisboa (Classe de Ciências-Ciências Biológicas).*

## *O Dia Internacional do Microrganismo*

A compreensão do papel que os microrganismos desempenham nas nossas vidas é essencial para estimular o interesse e o apreço da sociedade pela ciência microbiológica, aumentar o número de estudantes, investigadores e outros profissionais atraídos pela microbiologia, permitir a tomada de decisões, políticas e individuais, mais informadas e adequadas [1-5]. Por isso, a vasta comunidade associada à microbiologia interiorizou bem a necessidade de aumentar a literacia em microbiologia garantindo que os microrganismos tenham o seu dia, um dia em que sobre eles possam recair todas as atenções, por todo o mundo [3]. Ao longo da palestra, procurei dar uma ideia do historial e conquistas desse dia, o Dia Internacional do Microrganismo/International Microorganism Day.

O Dia Internacional do Microrganismo nasceu em Portugal em 2017 pela iniciativa de um grupo de professores e investigadores em microbiologia, com o apoio de associações nacionais relacionadas com as ciências da vida e divulgação de ciência [1]. Desde a primeira hora que a Sociedade Portuguesa de Microbiologia (SPM) [S1] acarinhou esta atividade tendo promovido a sua internacionalização, primeiro na Europa (2018) e depois no resto do mundo [3]. Para essa atividade de internacionalização, contou com a colaboração de prestigiadas sociedades científicas internacionais com destaque para a FEMS (Federação das Sociedades Europeias de Microbiologia), [3], [5]. O Dia Internacional do Microrganismo tornou-se uma plataforma internacional para a divulgação e celebração da microbiologia e seus atores: os microrganismos e os microbiólogos. As celebrações decorrem, presentemente, de forma descentralizada pelo mundo com a coesão e a identidade conferidas pelo logótipo, as mascotes, e ilustrações várias, que se mostram sem seguida. Estes elementos identificadores foram criados e produzidos em Portugal tendo-se tornado a imagem de marca do Dia Internacional do Microrganismo, a par do seu *website* [S2-S4].



O dia 17 de setembro foi o dia escolhido para comemorar, deste modo, a microbiologia e evidenciar o papel que uma multidão invisível de seres vivos, muito diversos, desempenha nas ciências da vida, no nosso dia a dia, e num vasto leque de atividades profissionais e oportunidades de carreira. Celebra

o dia de 1683 em que o comerciante holandês Anton van Leeuwenhoek, sem fortuna ou graus académicos, enviou, à *Royal Society*, uma carta em que descrevia, primorosamente, a primeira observação de bactérias vivas presentes na placa dentária. Tal feito resultou do aperfeiçoamento que realizou de um sistema de lentes óticas que tornou possível ampliações extraordinárias para a época. Este improvável cientista lançou as bases da microbiologia ao observar a vida microscópica [3]. Que referência melhor para marcar uma atividade de divulgação da microbiologia!

O arranque do Dia Internacional do Microrganismo foi em 2017 no Pavilhão do Conhecimento, em Lisboa, tendo reunido numerosos membros da comunidade científica e académica de todo o País, incluindo jovens investigadores e algumas empresas com atividade relacionada com a Microbiologia [1], [5]. Em 2018, as comemorações foram estendidas à Europa fruto de uma campanha de contactos que levei a cabo, enquanto Presidente da SPM e delegada nacional do Conselho da *FEMS*. A edição de 2019 já se estendeu à América do Sul e contou com uma forte presença nas redes sociais e a disponibilização de um novo *website* do IMD [5], [S2-S7]. Pelo mundo, foram organizadas diversas animadas e imaginativas atividades por muitos milhares de professores, investigadores, estudantes e outros profissionais da Microbiologia. Essas combinaram laboratórios abertos, exposições em que os visitantes de todas as idades, nomeadamente crianças, puderam ver fazer ou fazer as suas próprias experiências com microrganismos e degustar alimentos de origem microbiana, ações de formação de professores, debates e palestras sobre tópicos de impacto social e temas quentes da microbiologia moderna [1]-[5]. Registos das comemorações havidas em Portugal em Instituições de ensino superior e centros de investigação, centros ciência viva, escolas de ensino primário, médio e secundário estão disponíveis no blog, em português, do *website* bilingue do IMD [S3], no Twitter, Facebook e Instagram, e no canal da plataforma Youtube, com a identidade unificada @IntMicroDay [5], [S5-S7]. Nas redes sociais, a informação sobre o IMD é partilhada usando a *hashtag* #InternationalMicroorganismDay.

Durante a pandemia, as animadas e interativas atividades presenciais deixaram de ser possíveis. Na organização das edições de 2020 e 2021, a SPM colaborou com a *FEMS* numa transmissão através da internet, durante as 24 horas do dia (gravações disponíveis no Youtube [S8] [S9]). O programa destas maratonas de microbiologia foi preenchido com palestras, debates e vídeos sobre temas atuais e importantes de microbiologia em que participaram convidados de todo o mundo. Muitos milhares de espetadores espalhados pelo mundo estiveram online, mostrando o alcance do IMD.

Em 2022, foi já possível reiniciar as animadas atividades presenciais, sempre a re-inventarem-se. A partir desta edição, a *FEMS* passou a centralizar a divulgação das atividades planeadas e das realizadas por todo o mundo. Tal como em 2023, o programa internacional planeado para as comemorações de 2024 encontra-se disponível no *website* do IMD [S10] e é impressionante o número e a diversidade de Países que aderiram. Por ordem alfabética (do nome em inglês), há informação disponível sobre as atividades em: Angola, Argentina, Bélgica, Brasil, Bulgária, Canadá, Cabo Verde, China, Colômbia, Croácia, República Dominicana, Estónia, Equador, Egito, Gana, Grécia, Índia, Indonésia, Irão, Itália, Japão, Macau, México, Moçambique, Nigéria, Macedónia do Norte, Paraguai, Filipinas, Polónia, Portugal, Sérvia, Espanha, África do Sul, Turquia, Ucrânia, Reino Unido, EUA. As atividades planeadas em Portugal estão também a ser divulgadas pela SPM no seu *website* [S1 e S11].

A colaboração ativa da Academia das Ciências de Lisboa (ACL), através do seu Instituto de Altos Estudos, nas atividades do Dia Internacional do Microrganismo teve início em 2022. Nesse ano, as comemorações do Dia arrancaram a 16 de setembro, na ACL, com um colóquio subordinado ao tema MICRORGANISMOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. É possível assistir à gravação desta sessão

(presencial e Zoom) no YouTube da ACL [S12]. No final do dia, foi lançado, na ACL, o livro digital “Comunicação de Ciência em Microbiologia”(S13), uma iniciativa da SPM que também colaborou na organização do colóquio. Em 2023, de novo, o Instituto de Altos Estudos da ACL, em colaboração com a SPM, organizou, no dia 18 de setembro, uma tarde de divulgação da Microbiologia sobre o tema: A VIDA NO NOSSO PLANETA DEPENDE DOS MICRORGANISMOS. O livro (digital) de resumos alargados foi publicado pela ACL [5] e a gravação da sessão também se encontra disponível (S14).

Em 2024, o Instituto de Altos Estudos da ACL, em colaboração com a Sociedade Portuguesa de Microbiologia (SPM), o Comité Nacional para a Década do Oceano (CNDO) e o Comité Português para a Comissão Oceanográfica Intergovernamental (CP-COI), organiza, no dia 17 de setembro, uma tarde de divulgação da Microbiologia sobre o tema: MICRORGANISMOS NA DÉCADA DAS CIÊNCIAS DO OCEANO. Esta sessão, em língua portuguesa, reconhece, para a sustentabilidade do planeta, a urgência de uma gestão das atividades relacionadas com o oceano, durante a ‘Década do Oceano,’ proclamada pelas Nações Unidas. Tal como as outras, esta sessão é mista (presencial, na ACL, e na plataforma Zoom) e a sua gravação ficará disponível no YouTube da ACL.

É com orgulho que nos juntamos a todos os que, pelo mundo, celebram o Dia Internacional do Microrganismo, esta plataforma mundial que nasceu em Portugal para aumentar a literacia em Microbiologia e sobre os microrganismos. Incentivar a comunicação e a popularização do conhecimento científico sobre os micróbios vem permitir à sociedade compreender melhor o modo como a diversidade microbiana pode afetar a nossa saúde, qualidade de vida, ambiente e o desenvolvimento de uma bioeconomia sustentável. Desde modo, vem facilitar a tomada de decisões. quer políticas quer individuais, mais esclarecidas e adequadas.

## Referências:

- [1] Sá-Correia, I., Microbiologia para Todos: A Importância da Literacia em Microbiologia, Em: MEMÓRIAS DA ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA, MEMÓRIAS DA ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA, XLVIII, 2022, pp 143-155 <https://we.tl/t-oqe1w4m8Hr>
- [2] Sá-Correia, I., Por que razão os microrganismos têm o seu dia internacional? **Jornal i online**, 14 de setembro de 2021  
[https://ionline.sapo.pt/artigo/746282/por-que-razao-os-microrganismos-t-m-o-seu-dia-internacional-?seccao=Opinioao\\_i](https://ionline.sapo.pt/artigo/746282/por-que-razao-os-microrganismos-t-m-o-seu-dia-internacional-?seccao=Opinioao_i)
- [3] Sá-Correia, I., Uma plataforma mundial para a divulgação da Microbiologia com origem em Portugal, **Jornal i online**, 13 de setembro de 2022 [https://ionline.sapo.pt/artigo/780815/uma-plataforma-mundial-para-a-divulgacao-da-microbiologia-com-origem-em-portugal?seccao=Opinioao\\_i](https://ionline.sapo.pt/artigo/780815/uma-plataforma-mundial-para-a-divulgacao-da-microbiologia-com-origem-em-portugal?seccao=Opinioao_i)
- [4] Sá-Correia, I., A vida no nosso planeta depende dos microrganismos, **Jornal i online**, 12 de setembro de 2023  
<https://ionline.sapo.pt/2023/09/12/a-vida-no-nosso-planeta-depende-dos-microrganismos/>
- [5] Vários autores, Livro de resumos alargados no âmbito da sessão(em 18/09/2024) A vida no nosso planeta depende dos microrganismos”, [Academia das Ciências de Lisboa](https://doi.org/10.58164/qvp9-dq06) (ed), 01/10/2023  
<https://doi.org/10.58164/qvp9-dq06>, 77pp

## Sítios na Internet

- [S1] [www.spmicrobiologia.pt](http://www.spmicrobiologia.pt)
- [S2] <https://www.internationalmicroorganismday.org/>
- [S3] <https://www.internationalmicroorganismday.org/portuguese-blog>
- [S4] <https://www.internationalmicroorganismday.org/blog/here-are-some-of-the-people-behind-imd>
- [S5] <https://twitter.com/intmicroday>
- [S6] <https://facebook.com/intmicroday>
- [S7] <https://instagram.com/intmicroday>
- [S8] <https://www.youtube.com/playlist?list=PLaBp7JEYEInzScAQd5U7WDYG4XykuD2Ba>
- [S9] [https://www.youtube.com/channel/UCaBLEoxM1V82rS2geNXA\\_fa](https://www.youtube.com/channel/UCaBLEoxM1V82rS2geNXA_fa)
- [S10] <https://www.internationalmicroorganismday.org/programme>
- [S11] <https://spmicrobiologia.wordpress.com/category/dia-internacional-do-microrganismo/>
- [S12] <https://www.youtube.com/watch?v=4nFPU30uo3g&t=2251s>
- [S13] [https://spmicrobiologia.files.wordpress.com/2022/09/ebook\\_spm.pdf](https://spmicrobiologia.files.wordpress.com/2022/09/ebook_spm.pdf)
- [S14] <https://www.youtube.com/watch?v=hOQqn-G8I18>

## Isabel Sá-Correia

Academy of Sciences of Lisbon;  
iBB-Institute for Bioengineering and Biosciences,  
Instituto Superior Técnico, University of Lisbon; SPM-  
Portuguese Society of Microbiology, Advisory Board and  
former SPM President (2009-2020)  
[isacorreia@tecnico.ulisboa.pt](mailto:isacorreia@tecnico.ulisboa.pt)



*Isabel Sá-Correia is Distinguished Full Professor (retired) at Instituto Superior Técnico and Emerita Professor at the University of Lisbon. Founder of the scientific and pedagogical area of Biological Sciences at Instituto Superior Técnico, until her retirement she coordinated the Biological Sciences area in the Department of Bioengineering and the Institute for Bioengineering and Biosciences (iBB), to whose directive board she belonged. With a degree in Chemical Engineering from IST, her academic activity evolved into Biological Sciences, developing research in the areas of Molecular and Cellular Microbiology, Microbial Diversity and Functional and Comparative Genomics with an impact on Microbial Biotechnology and Human Health. She is included in the lists of the most cited scientists throughout their careers worldwide (Stanford Univ.; areas: Microbiology; Biochemistry and Molecular Biology). She was President of the Portuguese Society of Microbiology (SPM) and national delegate to the Council of FEMS (Federation of European Microbiological Societies) (2009-2020).*

*She was founder and organizer of the International Microorganism Day (<https://www.internationalmicroorganismday.org/>), promoted by SPM during her Presidency. Professor Sá-Correia is a permanent member of the Academy of Sciences of Lisbon (Biological Sciences).*

## *The International Microorganism Day*

Understanding the role that microorganisms play in our lives is essential to stimulate society's interest and appreciation for microbiological science, to increase the number of students, researchers and other professionals attracted to microbiology, and to enable more informed and appropriate political and individual decision-making [1-5]. Therefore, the vast community associated with microbiology has well internalized the need to increase literacy in microbiology ensuring that microorganisms have their own day, a day when all the attention can fall on them, all over the world [3]. Throughout the talk, I tried to give an idea of the history and achievements of this day, the International Microorganism Day.

The International Microorganism Day was created in Portugal in 2017 by a group of professors and researchers in microbiology, with the support of national associations related to life sciences and science dissemination [1]. From the very beginning, the Portuguese Society of Microbiology (SPM) [S1] has embraced this activity and promoted its internationalization, first in Europe (2018) and then in the rest of the world [3]. For this internationalization activity, the collaboration of prestigious international scientific societies, notably FEMS (Federation of European Microbiological Societies), is acknowledged [3], [5]. The International Microorganism Day has become an international platform for the dissemination and celebration of microbiology and its actors: microorganisms and microbiologists. The celebrations currently take place in a decentralized manner around the world, with the cohesion and identity conferred by the logo, mascots, and various illustrations, as shown below. These identifying elements were created and produced in Portugal and have become the brand image of the International Microorganism Day, along with its website [S2-S4].



September 17th was the day chosen to celebrate microbiology and highlight the role that an invisible multitude of very diverse living beings plays in the life sciences, in our daily lives, and in a wide range of professional activities and career opportunities. It commemorates the day in 1683 when the Dutch merchant Anton van Leeuwenhoek, without a fortune or academic degrees, sent a letter to the Royal

Society in which he exquisitely described the first observation of living bacteria present in dental plaque. This feat was the result of his improvement of a system of optical lenses that made possible extraordinary magnifications for the time. This unlikely scientist laid the foundations of microbiology by observing microscopic life [3]. What better reference to mark an activity to promote microbiology!

The International Microorganism Day kicked off in 2017 at the *Pavilhão do Conhecimento* in Lisbon, bringing together numerous members of the scientific and academic community from all over the country, including young researchers and some companies with activities related to Microbiology [1], [5]. In 2018, the celebrations were extended to Europe as a result of a contact campaign that I carried out as President of the SPM and national delegate to the FEMS Council. The 2019 edition has already extended to South America and featured a strong presence on social media and the launch of a new IMD website [5], [S2-S7]. A variety of lively and imaginative activities were organized by many thousands of professors, researchers, students and other microbiology professionals around the world. These activities combined open laboratories, exhibitions where visitors of all ages, especially children, could see or do their own experiments with microorganisms and taste foods of microbial origin, teacher training activities, debates and lectures on topics of social impact and hot topics in modern microbiology [1]-[5]. Records of the celebrations held in Portugal in higher education institutions and research centers, science centers, primary, middle and secondary schools are available on the blog, in Portuguese, on the bilingual IMD website [S3], on Twitter, Facebook and Instagram, and on the YouTube channel, with the unified identity @IntMicroDay [5], [S5-S7]. On social media, information about IMD is shared using the hashtag #InternationalMicroorganismDay.

During the pandemic, lively and interactive face-to-face activities were no longer possible. In organizing the 2020 and 2021 editions, SPM collaborated with FEMS to broadcast the events 24 hours a day over the internet (recordings available on YouTube [S8] [S9]). The program of these microbiology marathons was filled with lectures, debates and videos on current and important topics in microbiology, with the participation of guests from all over the world. Many thousands of participants from around the world were online, demonstrating the reach of IMD.

In 2022, it was possible to restart the lively in-person activities, which are always reinventing themselves. From this edition onwards, FEMS has centralized the dissemination of planned activities and those carried out around the world. As in 2023, the international program planned for the 2024 celebrations is available on the IMD website [S10] and the number and diversity of countries that have joined is impressive. In alphabetical order, information is available on the activities in: Angola, Argentina, Belgium, Brazil, Bulgaria, Canada, Cape Verde, China, Colombia, Croatia, Dominican Republic, Ecuador, Estonia, Egypt, Ghana, Greece, India, Indonesia, Italy, Iran, Japan, Macau, Mexico, Mozambique, Nigeria, North Caledonia, Paraguay, Philippines, Poland, Portugal, Serbia, Spain, South Africa, Turkey, Ukraine, United Kingdom, USA. In Portugal, the planned activities are also being disseminated by SPM on its website [S1 and S11].

The active collaboration of the Academy of Sciences of Lisbon (ACL), through its Institute of Advanced Studies, in the activities of the International Microorganism Day began in 2022. That year, the celebrations of the Day kicked off on September 16, at the ACL, with a colloquium on the theme MICROORGANISMS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT. You can watch the recording of this session on the ACL YouTube channel [S12]. At the end of the day, the eBook “Science Communication in Microbiology” [S13] was launched at the ACL. This eBook was an initiative of SPM that also collaborated in the organization of the colloquium. In 2023, again, the ACL Institute of Advanced

Studies, in collaboration with SPM, organized, on September 18, an afternoon of dissemination of Microbiology on the theme: LIFE ON OUR PLANET DEPENDS ON MICROORGANISMS. The eBook of Proceedings was published by ACL [5] and the recording of the session is also available (S14).

In 2024, the ACL Institute of Advanced Studies, in collaboration with the Portuguese Society of Microbiology (SPM), the National Committee for the Ocean Decade (CNDO) and the Portuguese Committee for the Intergovernmental Oceanographic Commission (CP-IOC), organizes, on September 17, an afternoon to disseminate Microbiology on the theme: MICROORGANISMS IN THE DECADE OF OCEAN SCIENCES. This session, in Portuguese, recognizes the urgency of managing ocean-related activities for the sustainability of the planet, during the 'Ocean Decade,' proclaimed by the United Nations. Like the others, this session will be mixed (in person, at the ACL, and on the Zoom platform) and its recording will be available on the ACL YouTube channel.

We are proud to join all those around the world who celebrate the International Microorganism Day, a global platform that was created in Portugal to increase literacy in microbiology and microorganisms. Encouraging communication and the popularization of scientific knowledge about microbes will enable society to better understand how microbial diversity can affect our health, quality of life, the environment and the development of a sustainable bioeconomy. In this way, it will facilitate more informed and appropriate decision-making, both political and individual.

## References:

- [1] Sá-Correia, I., Microbiologia para Todos: A Importância da Literacia em Microbiologia, Em: MEMÓRIAS DA ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA, MEMÓRIAS DA ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA, XLVIII, 2022, pp 143-155 <https://we.tl/t-oqe1w4m8Hr>
- [2] Sá-Correia, I., Por que razão os microrganismos têm o seu dia internacional? Jornal i online, September,14, 2021  
[https://ionline.sapo.pt/artigo/746282/por-que-razao-os-microrganismos-t-m-o-seu-dia-internacional-?seccao=Opinioao\\_i](https://ionline.sapo.pt/artigo/746282/por-que-razao-os-microrganismos-t-m-o-seu-dia-internacional-?seccao=Opinioao_i)
- [3] Sá-Correia, I., Uma plataforma mundial para a divulgação da Microbiologia com origem em Portugal,Jornal i online, September,13, 2022 [https://ionline.sapo.pt/artigo/780815/uma-plataforma-mundial-para-a-divulgacao-da-microbiologia-com-origem-em-portugal?seccao=Opinioao\\_i](https://ionline.sapo.pt/artigo/780815/uma-plataforma-mundial-para-a-divulgacao-da-microbiologia-com-origem-em-portugal?seccao=Opinioao_i)
- [4] Sá-Correia, I., A vida no nosso planeta depende dos microrganismos, Jornal i online, September,12, 2023  
<https://ionline.sapo.pt/2023/09/12/a-vida-no-nosso-planeta-depender-dos-microrganismos/>
- [5] Several authors, eBook of Proceedings of the session “LIFE ON OUR PLANET DEPENDS ON MICROORGANISMS” on September18, 2023, [Academia das Ciências de Lisboa](https://doi.org/10.58164/qvp9-dq06) (ed), October,1, 2023  
<https://doi.org/10.58164/qvp9-dq06> ,77 pp

## Websites

- [S1] [www.spmicrobiologia.pt](http://www.spmicrobiologia.pt)
- [S2] <https://www.internationalmicroorganismday.org/>
- [S3] <https://www.internationalmicroorganismday.org/portuguese-blog>
- [S4] <https://www.internationalmicroorganismday.org/blog/here-are-some-of-the-people-behind-imd>
- [S5] <https://twitter.com/intmicroday>
- [S6] <https://facebook.com/intmicroday>
- [S7] <https://instagram.com/intmicroday>
- [S8] <https://www.youtube.com/playlist?list=PLaBp7JEYEInzScAQd5U7WDYG4XykuD2Ba>
- [S9] [https://www.youtube.com/channel/UCaBLEoxM1V82rS2geNXA\\_fa](https://www.youtube.com/channel/UCaBLEoxM1V82rS2geNXA_fa)
- [S10] <https://www.internationalmicroorganismday.org/programme>
- [S11] <https://spmicrobiologia.wordpress.com/category/dia-internacional-do-microrganismo/>
- [S12] <https://www.youtube.com/watch?v=4nFPU30uo3g&t=2251s>
- [S13] [https://spmicrobiologia.files.wordpress.com/2022/09/ebook\\_spm.pdf](https://spmicrobiologia.files.wordpress.com/2022/09/ebook_spm.pdf)
- [S14] <https://www.youtube.com/watch?v=hOQqn-G8l18>

## Margarida França

Presidente do Conselho de Administração da Unidade Local de Saúde da Região de Aveiro (ULS RA, E.P.E.);  
Centro Hospitalar do Baixo Vouga (CHBV), ex-Presidente (até 1 de janeiro de 2024);  
Jurista com formação em Administração Hospitalar

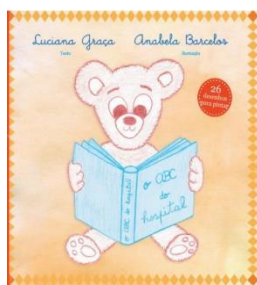


Sou a Margarida França, jurista e com formação específica em Administração Hospitalar, e presido ao Conselho de Administração da Unidade Local de Saúde da Região de Aveiro (ULS RA, E.P.E) que presta cuidados de saúde primários e hospitalares, servindo de referência a uma população de cerca de meio milhão de pessoas..

Até 1 de janeiro de 2024, presidia ao Centro Hospitalar do Baixo Vouga, que integrava apenas três hospitais, a saber: Hospital Infante D. Pedro (Aveiro), Hospital Conde de Sucena (Águeda) e Hospital Visconde de Salreu (Estarreja).

## ABC dos Micróbios – Coleção clipe da saúde

### Porque educar para a saúde é fundamental

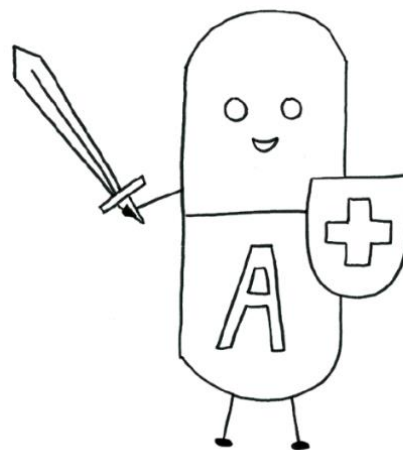
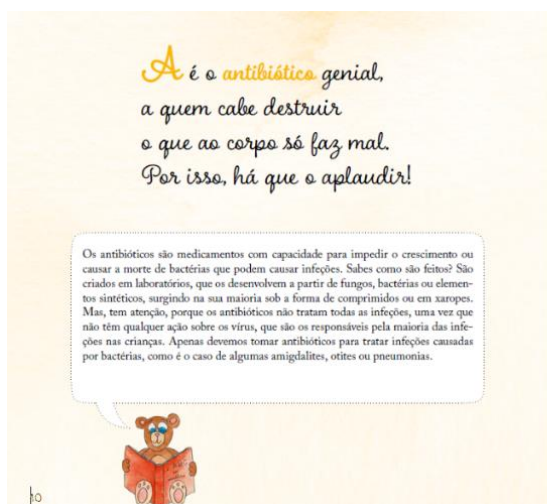
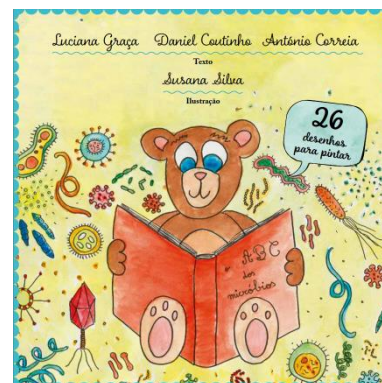


Ora, foi, justamente, no contexto hospitalar que nasceu a coleção CLÍPE DA SAÚDE, com o objetivo de contribuir para uma maior literacia em saúde junto das crianças. Assim, para além das inúmeras atividades que realizamos em contexto de pré-escolar e ensino básico, juntámos uma série de profissionais e utentes e criámos o primeiro livro do Clípe da Saúde: “O ABC DO HOSPITAL”.

A publicação revelou-se um imenso sucesso e decidimos continuar. Foi já este ano, enquanto Unidade local de Saúde (que para além dos três

hospitais supra-citados, integra todos os Centros de Saúde e Unidades de Saúde funcionais da área dos Cuidados de Saúde Primários, da Região de Aveiro) que lançámos o segundo volume, desta feita o ABC DOS MICRÓBIOS.

Recorrendo a uma métrica simples e com empenho abnegado dos profissionais - que escrevem e ilustram e ainda de uma Professora de Português, que leciona no Instituto Politécnico de Viana do Castelo, a Professora Luciana Graça – colocamos a nossa mascote, o ursinho Vouguinha, a percorrer de A a Z, os elementos mais significativos de cada tema. A cada letra corresponde uma ilustração própria (que as crianças são convidadas a colorir), bem, como uma quadra simples, à qual acresce uma explicação, também ela simples, de cariz mais científico.



Para além de acreditarmos que as instituições do SNS têm igualmente a nobre missão de educar, desde tenra idade, para a Saúde, acreditamos, sobretudo, que esta educação precoce trará ganhos significativos no médio/ longo prazo, na medida em que é da promoção de estilos de vida saudáveis e de conhecimentos científico que estamos a falar.

Na ULS RA, E.P.E. gostava muito de trabalhar em equipa e em constante contacto com a comunidade, seja ela regional ou nacional. Ora, em 2024, Aveiro foi a Cidade escolhida para celebrar o aniversário da Marinha Portuguesa e desta escolha resultou a entrada do Serviço de Pediatria para o Programa Marinheiros da Esperança, promovido por esta força Armada.



Aquando da preparação dos festejos, mostrámos o nosso ABC DOS MICRÓBIOS, que estávamos prestes a lançar e, automaticamente, foi-nos proposto que se trabalhasse, também no âmbito dos Marinheiros da Esperança, em colaboração

com o Comité Nacional para a Década dos Oceanos, um ABC DOS MICRÓBIOS MARINHOS, repto que aceitámos no imediato e no qual estamos já a trabalhar.

E como boas vontades somam boas vontades, depressa se juntou à nossa Coleção Clipe da Saúde, a equipa do Projeto Estudo em Casa – Apoia, do Ministério da Educação, que, de forma genial e rápida, transformou o ABC DOS MICRÓBIOS num conjunto de Recursos Pedagógicos que estão, via digital, acessíveis a todos.

#ESTUDOEmCasa @



Grupo Vocal pBp

Mais uma boa vontade, que faz do ABC DOS MICRÓBIOS uma publicação ainda mais atrativa e divertida, foi a intervenção do Coro pBp, que musicou todas as letras do livro. O resultado foi incrível e, para o conhecer, basta aceder a este QRCode.



A Unidade Local de Saúde da Região de Aveiro, E.P.E. vai continuar a trabalhar, de forma empenhada, na literacia para Saúde juntos de crianças e de adultos, sendo que estamos já a preparação o terceiro volume da Coleção Clipe da Saúde, que será o “ABC DAS DOENÇAS”.

## Margarida França

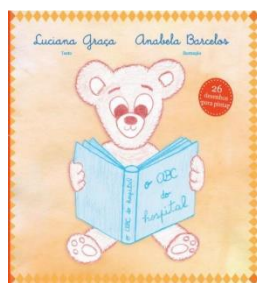
President of the Board of Directors of the Local Health Unit of the Region of Aveiro (ULS RA, E.P.E.);  
Centro Hospitalar do Baixo Vouga (CHBV), former President (until January 1, 2024);  
Jurist with training in Hospital Administration



*My name is Margarida França. I am a jurist with specific training in Hospital Administration, currently President of the Board of Directors of the Local Health Unit of the Region of Aveiro (ULS RA, E.P.E.) which provides primary and hospital health care services to a population of about half a million people. Until the 1<sup>st</sup> of January 2024, I was the president of the Centro Hospitalar do Baixo Vouga (CHBV), which was formed by three hospitals: Hospital Infante D. Pedro (Aveiro), Hospital Conde de Sucena (Águeda) and Hospital Visconde de Salreu (Estarreja).*

## *ABC of Microbes – Healthcare clip collection*

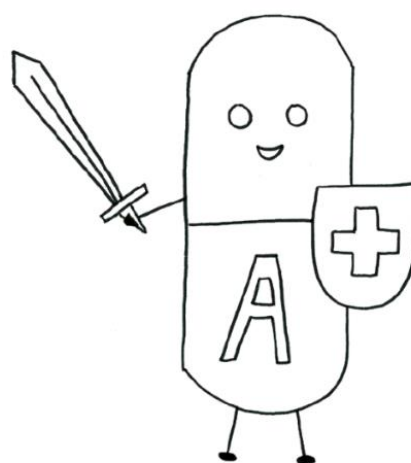
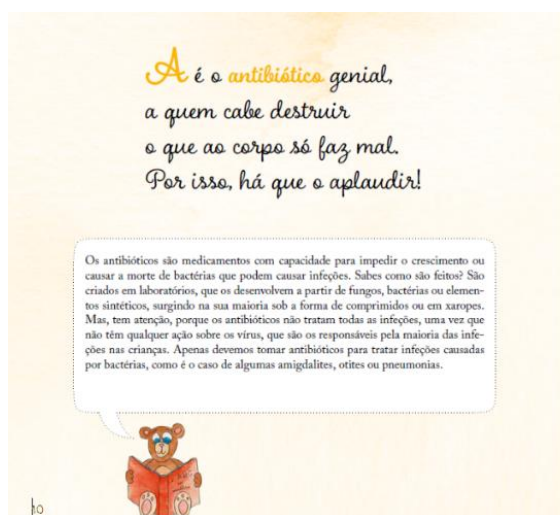
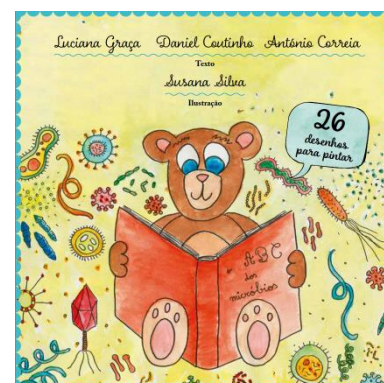
### *The reason why educating for health is essential*



It was precisely in this context that the Healthcare Clip Collection (“Coleção Clipes da Saúde”) was born, with the aim to contribute to greater health literacy among children. In addition to the numerous activities, we already carry out in the pre-school and basic education context, we brought together specific health professionals and patients to create the first book of the Healthcare Clip Collection with the title “ABC OF THE HOSPITAL”.

The publication of this book was a huge success, so we decided to carry on. Early this year, our Local Health Unit (which, in addition to the three hospitals mentioned above, now includes all the health centers and all the primary health care units of the Aveiro region) released the second book titled as “ABC OF THE MICROBES”.

Using a simple metric and an unselfish commitment by the group of health professionals involved (writing and illustrating the book) and a Portuguese language teacher from the Polytechnic Institute of Viana do Castelo, named Luciana Graça, our mascot teddy bear called “Vouguinha” appears throughout the book accompanying the most significant elements from A to Z. Each page has a letter with its own outlined illustration (which the children are invited to paint), a small poem and a simple scientific explanation.



We believe that the NHS institutions have the noble mission to educate children about healthcare beginning at a very tender age, since it is our belief that early education will bring significant medium-term long-term health gains, as it is all related to the promotion of healthy lifestyles and scientific knowledge.

In the Local Health Unit of the Region of Aveiro (ULS RA, E.P.E.), we value teamwork and being in constant contact with the regional or national community. In 2024, Aveiro was the chosen city to celebrate the Portuguese Navy anniversary. This event made it possible for the Pediatrics Service of the Hospital of Aveiro to join the “Sailors of Hope Program” (initiative that is promoted by the Portuguese Armed Force).



Our book “ABC OF THE MICROBES” (that was about to be released at the time) was presented during the preparation of these festivities and its huge success led us to be invited by the National Committee for the Decade of the Oceans, integrated in the “Sailors of Hope Program”, to participate in the making of a new

book entitled “ABC OF MARINE MICROBES”. We could not refuse such a wonderful opportunity and we accepted immediately.

As good will add up to other good wills, soon the “Home Study – Support Project” (“Estudo em casa – Apoia”), from the Ministry of Education, also joined our Healthcare Clip Collection team, and brilliantly transformed the book “ABC OF MICROBES” into various digital learning resources that are accessible to any person.

**#ESTUDOEmCASA**



Still, another good will, which makes “ABC OF MICROBES” an even more attractive and fun publication, was the intervention of the pBp Choir that wrote the music of all the lyrics of the book. The result is truly amazing. Get to know it, using our QRCode!



**Grupo Vocal pBp** The Local Health Unit of the Aveiro Region (ULS RA E.P.E.). will continue to work committed on contributing with healthcare literacy for children and adults. We are already preparing the third book of the Healthcare Clip Collection, which will be entitled as “ABC OF DISEASES”.

## Ricardo Serrão Santos

OKEANOS- Universidade dos Açores.  
Academia de Ciências de Lisboa. Membro do  
ex-"Grupo de Planeamento Executivo" da  
Década do Oceano



## Luís Menezes Pinheiro

Dep. Geociências e CESAM, Universidade de  
Aveiro. Comité Português para a  
COI/UNESCO e Comité Nacional para a  
Década do Oceano. Academia de Marinha.

*Ricardo Serrão Santos, Cientista Principal e Professor da Universidade dos Açores. Estuda a biodiversidade marinha e os ecossistemas oceânicos. Foi diretor, presidente e CEO em vários centros e institutos de investigação. Foi deputado do Parlamento Europeu [2014-2019] e ex-Ministro do Mar de Portugal [2019-2022]. Foi membro do "Grupo de Planeamento Executivo" para a Década das Nações Unidas da Ciência dos Oceanos para o Desenvolvimento Sustentável. RSS é membro do "Comité Éthique en Commun - INRAE-Cirad-Ifremer-IRD" e co-Presidente do Conselho Científico do Painel Internacional para a Sustentabilidade dos Oceanos [ International Panel of Ocean Sustainability (IPOS). Ricardo Serrão Santos é Membro Emérito da Academia de Marinha de Lisboa, Membro Efetivo da Academia das Ciências de Lisboa e Membro da Sociedade de Geografia de Lisboa*

*Luís Menezes Pinheiro, Doutorado em Geofísica Marinha (Imperial College). Professor Associado em Geologia e Geofísica Marinha e Investigador do Laboratório Associado CESAM (Univ. Aveiro). Presidente do Comité Português para a Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI/UNESCO) e Coordenador do Comité Nacional para a Década do Oceano das Nações Unidas. Presidente do Comité de Geociências Marinhas da Comissão de Exploração Científica do Mediterrâneo (CIESM/Mónaco). Coordenador da All-Atlantic Floating University Network. Participou em/coordenou mais de 50 cruzeiros de investigação e projectos de investigação nacionais e internacionais. Autor/co-autor de elevado número de publicações nacionais e internacionais. Membro Emérito da Academia de Marinha. Interesses de investigação: formação e evolução das bacias oceânicas, recursos e riscos marinhos, geologia de ambientes costeiros e lagunares.*

## *Micróbios Marinhos e a Década das Nações Unidas das Ciências do Oceano para o Desenvolvimento Sustentável*

A Década das Nações Unidas das Ciências do Oceano para o Desenvolvimento Sustentável (2021–2030), lançada e coordenada pela Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI/UNESCO) visa mobilizar a comunidade internacional global para reverter o atual estado de degradação do Oceano, proteger a vida marinha e ecossistemas e promover a utilização sustentável dos recursos do oceano, com base na melhor ciência disponível. Assim, coloca a saúde dos oceanos no centro das atenções. Sendo um conceito bastante global e multidisciplinar, a Década das Nações Unidas identifica os microrganismos marinhos como componentes críticos do ciclo dos nutrientes, da sequestração de carbono e da biodiversidade oceânica. Os microrganismos oceânicos são ecologicamente muito importantes, mas a sua diversidade, resiliência e resposta às alterações climáticas ainda são largamente desconhecidas. Estudos revelam que 32,44% da superfície do oceano mudará o seu microbioma – estrutural e funcionalmente, em 100 anos. Os decisores políticos poderiam contrabalançar estes efeitos com políticas climáticas eficazes, tornando a investigação microbiana parte integrante dos objetivos da Década.

Algumas iniciativas chave para mapear microbiomas marinhos e determinar quais os micróbios que respondem às mudanças climáticas incluem as da Rede de Biogeoquímica GOOS, do Projeto *Microbioma Oceânico Global* e da Expedição *Tara Oceans*. Os desenvolvimentos da genómica microbiana e do *Global Ocean Virome* também são importantes esforços para uma melhor compreensão de como os microrganismos podem ser adaptáveis e resilientes. Isto realça a importância das ligações com micróbios marinhos e a sua influência noutros sistemas ecológicos. Os avanços na genómica microbiana e os esforços de investigação do *Global Ocean Virome* melhoram ainda mais a nossa compreensão da adaptação e resiliência microbiana. A descoberta de que mais de 73% das funções centrais microbianas são partilhadas entre os microrganismos oceânicos e o microbioma intestinal humano sublinha as profundas ligações entre os micróbios marinhos e os sistemas ecológicos mais amplos.

Os micróbios marinhos também desempenham um papel importante nas soluções de biorremediação da poluição marinha, nomeadamente da contaminação do ambiente marinho com hidrocarbonetos de petróleo. Foi demonstrado que uma variedade de taxa microbianos, pertencentes a bactérias, fungos e microalgas, são capazes de degradar hidrocarbonetos e são, portanto, potencialmente úteis para a remediação de sedimentos marinhos contaminados (e.g. Dell’Anno, 2021). Portanto, os micróbios têm um papel importante para alcançar um Oceano Limpo, um dos resultados sociais desejados da Década dos Oceanos.

Um aspecto talvez menos conhecido ocorre em ambientes marinhos extremos associados ao escape de metano, como por exemplo em áreas de vulcanismo de lama, onde consórcios de bactérias sulfato-redutoras e archaeas que oxidam o metano (Boetius et al., 2000) são capazes de reduzir o sulfato e oxidar anaerobicamente o metano nos sedimentos marinhos, e precipitá-lo como carbonato (microbialito). Isto evita que o metano, um gás com efeito de estufa muito mais potente do que o CO<sub>2</sub>, escape para a hidrosfera e depois para a atmosfera, desempenhando assim um papel importante na regulação do clima, tendo em conta as enormes quantidades potenciais de metano nos sedimentos e rochas da crosta oceânica. Na zona do Golfo de Cádiz, por exemplo, uma extensa área de vulcanismo de lama e escape de gases (Pinheiro et al., 2003), foram encontradas grandes áreas de chaminés e crostas dolomíticas (Magalhães et al., 2004) (Fig.1).

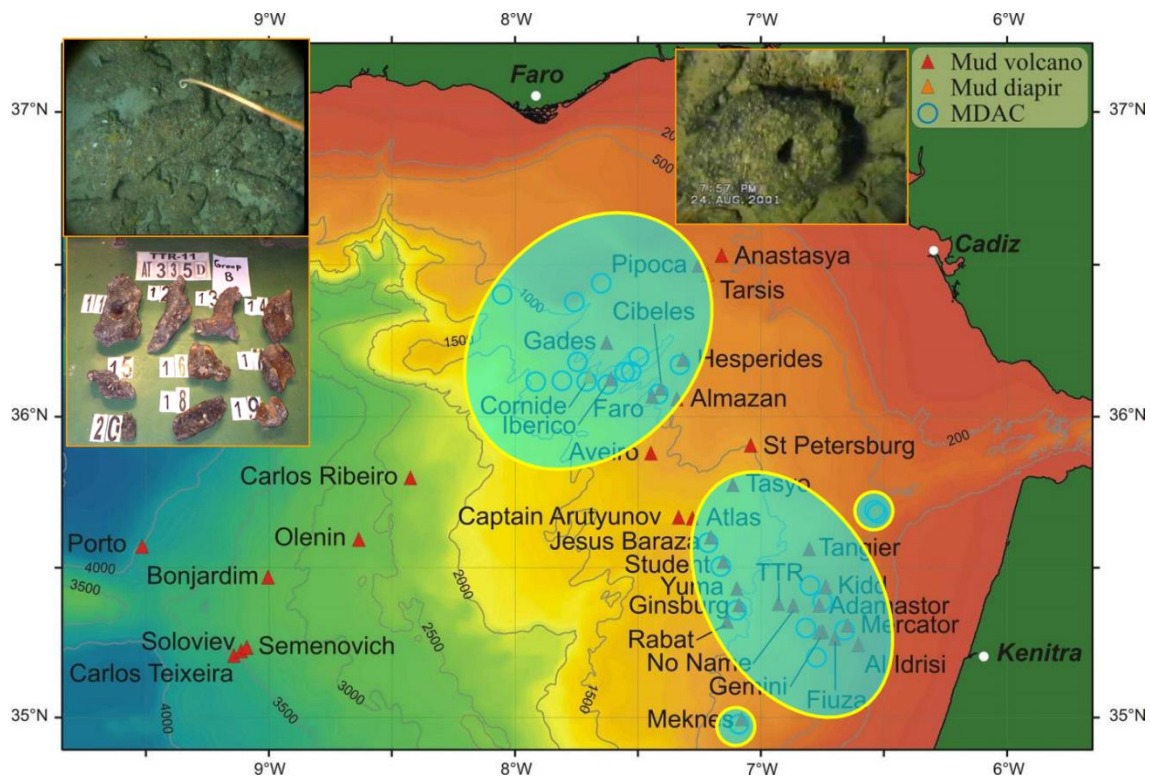


Figura 1. Golfo de Cádiz. Vulcões de lama (triângulos vermelhos), diapiros de lama (triângulos laranja) e campos de chaminés e crostas carbonatadas (dolomite e aragonite) (áreas sombreadas em azul), precipitadas por oxidação anaeróbica do metano por um consórcio de bactérias e archaeas (Magalhães, V. e Pinheiro, L.M., não publicado).

Estes campos de carbonatos autigénicos derivados de metano podem ser identificados como zonas de alta retrodispersão em imagens de sonar de varrimento lateral e foram amostrados no âmbito de vários cruzeiros de investigação realizados nesta área (ver Magalhães et al., 2012). Imagens de microscopia eletrónica dessas chaminés e crostas de dolomite (Fig. 2) revelam filamentos bacterianos sobre os cristais de dolomite, formando uma formação rochosa designada microbialito (Fig. 2). No Golfo de Cádiz, esta formação ocorre nos primeiros metros das camadas sedimentares superiores (Niemann et al., 2006).

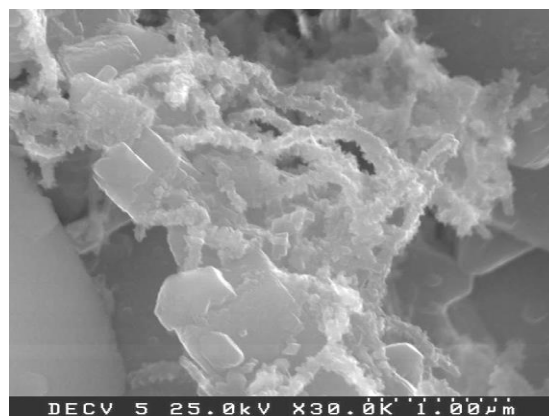


Figura 2. Filamentos bacterianos calcificados sobre cristais de dolomite. Golfo de Cádiz (Magalhães et al., 2012).

Os exemplos aqui referidos são apenas alguns que destacam claramente o papel fundamental que os micróbios desempenham no Oceano e o seu impacto na sua saúde, na regulação do clima e, portanto, na saúde e no bem-estar humanos. Alcançar o potencial transformador da oceanografia microbiana

para desenvolver soluções baseadas na natureza para a conservação, inovações biotecnológicas e gestão sustentável dos recursos oceânicos em resposta à aceleração das mudanças ambientais globais depende do avanço da investigação multidisciplinar e de uma forte colaboração internacional.

#### Referências:

Boetius, A., Ravenschlag, K., Schubert, C. J., Rickert, D., Widdel, F., Gieseke, A., Amann, R., et al. (2000). A marine microbial consortium apparently mediating anaerobic oxidation of methane. *Nature*, 407(6804), 623–6.

Dell’Anno, F., Rastelli, E., Sansone, C., Brunet, C., Ianora, A. and Dell’ Anno, A. (2021). Bacteria, Fungi and Microalgae for the Bioremediation of Marine Sediments Contaminated by Petroleum Hydrocarbons in the Omics Era. *Microorganisms* 2021, 9(8), 1695

Magalhães, V., L. M. Pinheiro, M. Ivanov, E. Kozlova, V. Blinova, J. Kolganova, C. Vasconcelos, J. A. McKenzie, S. M. Bernasconi, A. Kopf, V. Díaz-del-Rio, F. J. González and L. Somoza, and J. Gardner (2012). Formation processes of methane-derived authigenic carbonates from the Gulf of Cadiz. *Sedimentary Geology*, 243-244, 155-168. doi:10.1016/j.sedgeo.2011.10.013

Niemann, H., Duarte, J., Hensen, C., Omoregie, E., Magalhães, V., Elvert, M., Pinheiro, L.M., Kopf, A., and Boetius, A. (2006). Microbial methane turnover at mud volcanoes of the Gulf of Cadiz. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70 (21), 5336-5355.

Pinheiro, L.M., Ivanov, M., Sautkin, Akhmanov, G., Magalhães, V.H., Volkonskaya, A., Monteiro, J.H., Somoza, L., Gardner, J., Hamouni, N, Cunha, M. and the TTR10 Cruise party (2003). Mud volcanism in the Gulf of Cadiz: results from the TTR-10 cruise. *Marine Geology*, 195, 131-151

Shinichi Sunagawa 2015. Structure and function of the global ocean microbiome. *Science* (special edition: TARA Oceans). Vol 348, Issue 6237. 9pp

Vivien Marx 2022. Why the ocean virome matters. *Nature Methods*, vol. 19: 924–931

Zhenyan Zhang et al. 2024. Global biogeography of microbes driving ocean ecological status under climate change. *Nature Communications* | 15: 4657

## Ricardo Serrão Santos

OKEANOS- Universidade dos Açores.  
Academia das Ciências de Lisboa. Membro  
do ex-“Executive Planning Group” para a  
Década dos Oceanos da ONU.



## Luís Menezes Pinheiro

Dep. Geociências e CESAM, Universidade de  
Aveiro. Comité Português para a  
IOC/UNESCO e Comité Nacional para a UN  
Ocean Decade. Academia Naval.

*Ricardo Serrão Santos, Principal Scientist at Institute OKEANOS, University of the Azores. He studies marine biodiversity and ocean ecosystems. He was the director, chair and CEO at several research centres and institutes. He was a former member of the European Parliament [2014-2019] and a former Minister of the Sea of Portugal [2019-2022]. He was an “Executive Planning Group” member supporting the UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development. RSS is a “Comité Éthique en Commun - INRAE-Cirad-Iframer-IRD” member and Chair of the Scientific Council of the International Panel of Ocean Sustainability (IPOS). Ricardo Serrão Santos is an Emeritus Member of the Portuguese Navy Academy, a Full Member of the Portuguese Academy of Sciences and a Member of the Portuguese Geographic Society.*

*Luís Menezes Pinheiro, PhD in Marine Geophysics (Imperial College). Associate Professor in Marine Geology and Geophysics and Researcher at the CESAM Associated Laboratory (Univ. Aveiro). Chair of the Portuguese Committee for the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC/UNESCO) and Coordinator of the National Committee for the United Nations Ocean Decade. Chair of the Marine Geosciences Committee of the Scientific Exploration Commission of the Mediterranean (CIESM/Monaco). Coordinator of the All-Atlantic Floating University Network. Participated in/coordinated more than 50 research cruises and national and international research projects. Author/co-author of a large number of national and international publications. Emeritus Member of the Navy Academy. Research interests: formation and evolution of ocean basins, marine resources and risks, geology of coastal and lagoon environments.*

## *Marine Microbes and the United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development*

The UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021–2030) launched and coordinated by the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC/UNESCO) aims to mobilize the global international community to revert the present state of degradation of the Ocean, protect the marine life and ecosystems and promote the sustainable use of the Ocean resources, based on the best science available. It therefore places Ocean health at centre stage. As a rather global and multidisciplinary concept, the UN Decade identifies marine microorganisms as critical components of nutrient cycling, carbon sequestration and ocean biodiversity. Ocean micro-organisms are highly important ecologically, but their diversity, resilience and response to a changing climate are still much of an unknown. Studies find that 32.44% of the ocean's surface will change their microbiome—structurally and functionally, in 100 years. Policymakers could counterweigh these effects with effective climate policies, making microbial research integral to the goals of the Decade.

Some key initiatives mapping marine microbiomes and determining which microbes respond to climate change are those of the GOOS Biogeochemistry Network, the Global Ocean Microbiome Project, and the Tara Oceans Expedition. Developments in microbial genomics and the Global Ocean Virome also provide efforts for a better understanding of how adaptable and resilient micro-organisms can be. This highlights the importance of connections with marine microbes and their influence on other ecological systems. Advances in microbial genomics and the Global Ocean Virome research efforts further enhance our understanding of microbial adaptation and resilience. The discovery that over 73% of microbial core functions are shared between ocean microorganisms and the human gut microbiome underscores the profound connections between marine microbes and broader ecological systems.

Marine microbes also play an important role in bioremediation solutions for marine pollution, namely for contamination of the marine environment with petroleum hydrocarbons. It has been shown that a variety of microbial taxa, belonging to bacteria, fungi, and microalgae, are able to degrade hydrocarbons and are thus potentially useful for the remediation of contaminated marine sediments (e.g. Dell'Anno, 2021). Therefore, microbes have an important role to achieve a *Clean Ocean*, one of the desired societal outcomes of the Ocean Decade.

one aspect perhaps less known occurs in extreme marine environments associated with methane seepage, such as areas of mud volcanism, where a consortium of sulfate-reduction bacteria and methane oxidizing archaea (Boetius et al, 2000) are able to reduce sulfate and anaerobically oxidize methane in the sediments and precipitate it as a carbonate (microbialite). This prevents methane, a far more potent greenhouse gas than CO<sub>2</sub> to escape to the hydrosphere and then to the atmosphere, having therefore an important role in climate regulation, considering potential vast amounts of methane in the oceanic sediments and crustal rocks. In the area of the Gulf of Cadiz, in an extensive area of mud volcanism and gas seepage (Pinheiro et al., 2003), large areas of dolomite chimneys and crusts have been found (Magalhães et al., 2004) (Fig.1).

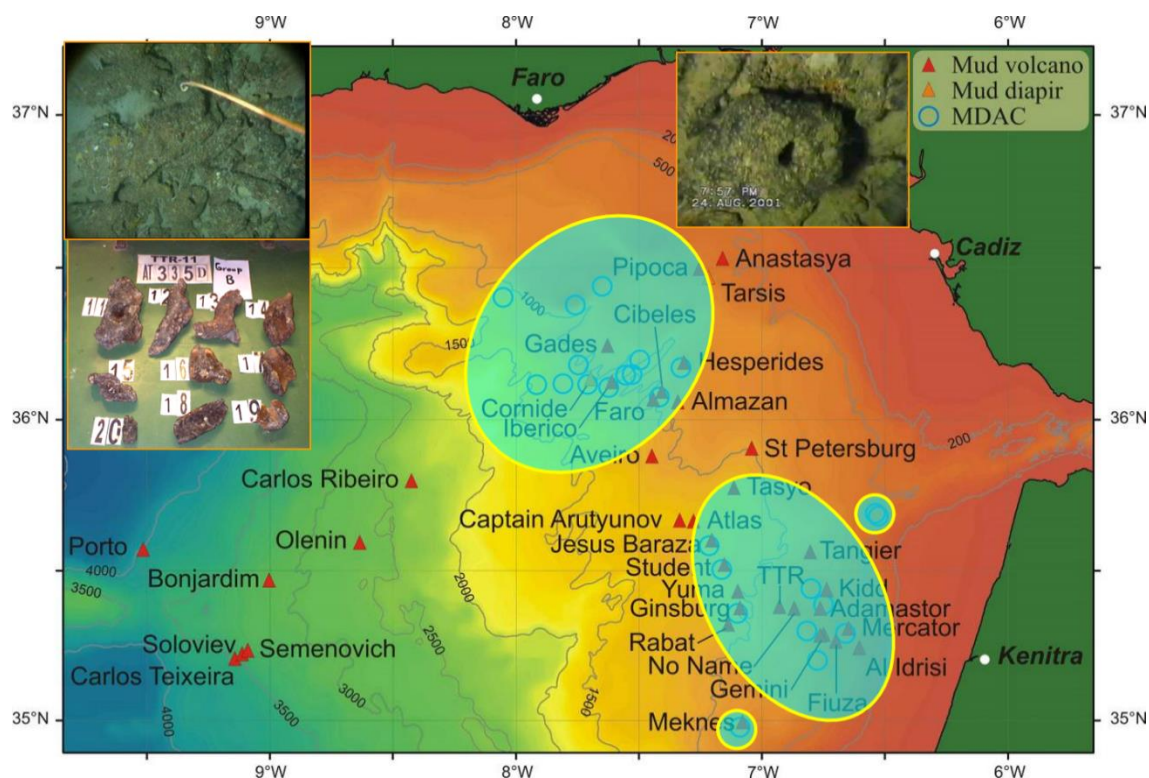


Figure 1. Gulf of Cadiz. Mud volcanoes (red triangles), mud diapirs (orange triangles) and fields of carbonate (dolomite and aragonite) chimneys and crusts (areas shaded in blue), precipitated by anaerobic methane oxidation by a consortium of bacteria and archaea (Magalhães, V. and Pinheiro, L.M., unpublished).

Such fields of methane-derived authigenic carbonates can be identified as high backscatter zones in sidescan sonar images and have been sampled in several research cruises (see Magalhães et al., 2012). Scanning electron microscope images of these dolomite chimneys and crusts (Fig. 2) reveal bacterial filaments over the dolomite crystals, forming a rock formation called microbialite (Fig. 2). In the Gulf of Cadiz, this formation takes place in the first meters of the upper sedimentary layers (Nieman et al., 2006).

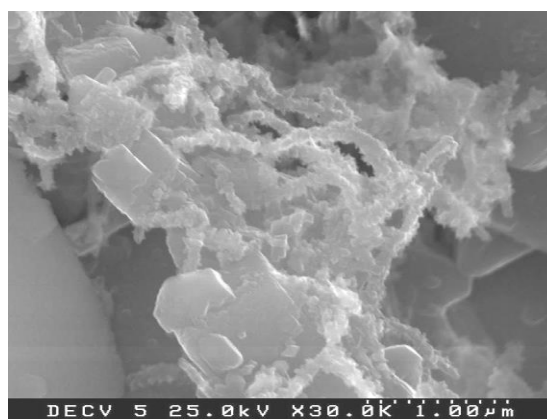


Figure 2. Calcified bacterial filaments over dolomite crystals. Gulf of Cadiz (Magalhães et al., 2012).

The examples presented here are just a few highlighting the key role that microbes play in the Ocean and their impact on Ocean health, climate regulation, and therefore in human health and well-being. Achieving the transformative potential of microbial oceanography to develop nature-based solutions for conservation, biotechnological innovations, and sustainable management of ocean resources in response to accelerating global environmental change hinges on advancing multidisciplinary research and international collaboration.

### Referências:

- Boetius, A., Ravensschlag, K., Schubert, C. J., Rickert, D., Widdel, F., Gieseke, A., Amann, R., et al. (2000). A marine microbial consortium apparently mediating anaerobic oxidation of methane. *Nature*, 407(6804), 623–6.
- Dell’Anno, F., Rastelli, E., Sansone, C., Brunet, C., Ianora, A. and Dell’ Anno, A. (2021). Bacteria, Fungi and Microalgae for the Bioremediation of Marine Sediments Contaminated by Petroleum Hydrocarbons in the Omics Era. *Microorganisms* 2021, 9(8), 1695
- Magalhães, V., L. M. Pinheiro, M. Ivanov, E. Kozlova, V. Blinova, J. Kolganova, C. Vasconcelos, J. A. McKenzie, S. M. Bernasconi, A. Kopf, V. Díaz-del-Río, F. J. González and L. Somoza, and J. Gardner (2012). Formation processes of methane-derived authigenic carbonates from the Gulf of Cadiz. *Sedimentary Geology*, 243-244, 155-168. doi:10.1016/j.sedgeo.2011.10.013
- Niemann, H., Duarte, J., Hensen, C., Omoregie, E., Magalhães, V., Elvert, M., Pinheiro, L.M., Kopf, A., and Boetius, A. (2006). Microbial methane turnover at mud volcanoes of the Gulf of Cadiz. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70 (21), 5336-5355.
- Pinheiro, L.M., Ivanov, M., Sautkin, Akhmanov, G., Magalhães, V.H., Volkonskaya, A., Monteiro, J.H., Somoza, L., Gardner, J., Hamouni, N, Cunha, M. and the TTR10 Cruise party (2003). Mud volcanism in the Gulf of Cadiz: results from the TTR-10 cruise. *Marine Geology*, 195, 131-151
- Shinichi Sunagawa 2015. Structure and function of the global ocean microbiome. *Science* (special edition: TARA Oceans). Vol 348, Issue 6237. 9pp
- Vivien Marx 2022. Why the ocean virome matters. *Nature Methods*, vol. 19: 924–931
- Zhenyan Zhang et al. 2024. Global biogeography of microbes driving ocean ecological status under climate change. *Nature Communications* | 15: 4657

## Alexandre Soares Rosado

KAUST King Abdullah University of Science and Technology,  
Kingdom of Saudi Arabia



*Prof. Alexandre Rosado tem uma carreira em microbiologia ambiental, com cargos anteriores na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), na Universidade da Califórnia - Davis, além de funções de liderança na Sociedade Brasileira de Microbiologia. Suas credenciais acadêmicas incluem um Bacharelado em Ciências Biológicas, um Mestrado em Microbiologia e um Doutorado em Microbiologia pela UFRJ e pela Wageningen University & Research (WUR), nos Países Baixos. Ele ingressou na KAUST no final de 2020 como Professor de Ciências Biológicas e Investigador Principal do MEGBLab. Ele estuda a diversidade microbiana, evolução e novos metabolismos microbianos utilizando abordagens convencionais e de multiômicas.*

## *Os Segredos dos Microbiomas em Ambientes Marinhos Extremos: Inovações em Biotecnologia e Astrobiologia*

Os manguezais ao longo da costa norte do Mar Vermelho na Arábia Saudita, especialmente *Avicennia marina* e *Rhizophora mucronata*, são ecossistemas críticos que prosperam sob condições extremas, como alta salinidade, variações de temperatura e sedimentos pobres em nutrientes. Esses ecossistemas fornecem serviços essenciais, incluindo sequestro de carbono, proteção costeira e habitat para a biodiversidade. No entanto, a poluição, as mudanças climáticas e as pressões antrópicas colocam esses ambientes em risco crescente, destacando a necessidade urgente de estratégias inovadoras de restauração e conservação.

Um fator chave para a resiliência dos manguezais reside em seus microbiomas complexos. As comunidades microbianas associadas às raízes, sedimentos e folhas dos manguezais desempenham papéis cruciais no ciclo de nutrientes, incluindo fixação de nitrogênio, solubilização de fosfato e fixação de carbono, permitindo que os manguezais sobrevivam em ambientes com limitação de nutrientes. Esses microrganismos também têm um grande potencial biotecnológico. Por exemplo, bioinoculantes derivados de microrganismos associados aos manguezais podem aumentar o crescimento e a resiliência dessas plantas, oferecendo novas ferramentas para a restauração de ecossistemas. Além disso, a descoberta de microrganismos capazes de degradar microplásticos nos sedimentos dos manguezais sugere soluções inovadoras para enfrentar a poluição marinha. Por meio de análises metagenômicas e culturas de enriquecimento, identificamos microrganismos que utilizam microplásticos sintéticos como fonte de carbono, revelando genes e enzimas-chave com potencial para acelerar a degradação de polímeros complexos.

Além dos ecossistemas costeiros, descobertas recentes no vulcão Hatiba Mons, na Fenda do Mar Vermelho, revelaram a existência de microrganismos únicos que prosperam em fontes hidrotermais. Essas bactérias termofílicas, isoladas de ambientes hidrotermais com temperaturas variando de 40°C a 120°C, exibem características genômicas notáveis, incluindo sistemas CRISPR, enzimas ativas em carboidratos (CAZy) e vias metabólicas secundárias. Cepas como *Geobacillus thermoleovorans* e *Thermicanus aegyptius* mostram grande potencial para aplicações biotecnológicas, desde a biorremediação e produção de bioenergia até o metabolismo de metais. Suas adaptações a essas condições extremas também oferecem insights valiosos para a astrobiologia, especialmente em relação a como a vida poderia sobreviver em ambientes extraterrestres.

Os ambientes extremos da Arábia Saudita se estendem também às fontes termais e ao hipersalino Lago Rosa, ambos abrigando extremófilos com potencial significativo para aplicações em biorremediação e biolixiviação, incluindo o uso de regolito marciano. A alta salinidade e temperatura desses ambientes exercem pressões seletivas fortes, resultando em microrganismos com adaptações genéticas únicas. Esses extremófilos podem ser fundamentais para enfrentar desafios como a biolixiviação de metais no solo marciano e a remediação de compostos de perclorato, ambos críticos para futuras missões espaciais. O Lago Rosa, com suas condições hipersalinas semelhantes às encontradas em Marte, oferece um modelo natural para estudar a sobrevivência microbiana em ambientes extremos. Da mesma forma, a atividade geotérmica das fontes termais espelha as condições hidrotermais hipotetizadas para Marte, fornecendo análogos para a compreensão de possíveis formas de vida no planeta.

Ao integrar pesquisas sobre manguezais, fontes hidrotermais, fontes termais e ambientes hipersalinos, este estudo busca desbloquear o potencial biotecnológico e astrobiológico dos extremófilos. A resiliência e as vias metabólicas únicas dessas comunidades microbianas oferecem soluções promissoras para desafios globais como as mudanças climáticas, a poluição marinha e a exploração espacial. Explorar seus mecanismos de resposta ao estresse e inovações metabólicas pode levar a avanços em biorremediação, bioenergia e astrobiologia, avançando nosso entendimento sobre a vida em condições extremas — tanto na Terra quanto além dela.

## Alexandre Soares Rosado

KAUST King Abdullah University of Science and Technology,  
Kingdom of Saudi Arabia



*Dr. Alex Rosado has a career in environmental microbiology, with previous positions at the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), the University of California - Davis, and leadership roles in the Brazilian Society for Microbiology. His academic credentials include a BSc in Biological Sciences, an MSc in Microbiology, and a Ph.D. in Microbiology from UFRJ and Wageningen University & Research (WUR) in the Netherlands. He joined KAUST in late 2020 as Professor of Bioscience and the Principal Investigator of MEGBLab. He studies microbial diversity, evolution, and novel microbial metabolisms using conventional and multi-omics approaches.*

## *The Secrets of Microbiomes in Extreme Marine Environments: Innovations in Biotechnology and Astrobiology*

Mangroves along the Northern Red Sea coast of Saudi Arabia, particularly *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata*, represent critical ecosystems that flourish under extreme conditions—such as high salinity, temperature fluctuations, and nutrient-poor sediments. These ecosystems provide essential services, including carbon sequestration, shoreline protection, and habitat for biodiversity. However, pollution, climate change, and anthropogenic pressures pose increasing threats, highlighting the urgent need for innovative restoration and conservation strategies. A key factor in mangrove resilience lies in their intricate microbiomes. Microbial communities associated with mangrove roots, sediments, and leaves play crucial roles in nutrient cycling, including nitrogen fixation, phosphate solubilization, and carbon fixation, allowing mangroves to thrive in nutrient-limited environments. These microbes also hold significant biotechnological potential. For instance, bio-inoculants derived from mangrove-associated microbes could enhance growth and resilience, offering novel tools for ecosystem restoration. Furthermore, the discovery of microbes capable of degrading microplastics within mangrove sediments suggests new solutions for addressing marine pollution. Through metagenomic analysis and enrichment cultures, we have identified microbes that utilize synthetic microplastics as a carbon source, uncovering key genes and enzymes with potential to accelerate the breakdown of complex polymers.

Beyond coastal ecosystems, recent discoveries at the Hatiba Mons volcano in the Red Sea Rift have revealed unique microbial life thriving in hydrothermal vents. These thermophilic bacteria, isolated from vent environments with temperatures ranging from 40°C to 120°C, exhibit remarkable genomic traits, including CRISPR systems, carbohydrate-active enzymes (CAZy), and secondary metabolite pathways. Strains such as *Geobacillus thermoleovorans* and *Thermicanus aegyptius* show promise for biotechnological applications, from bioremediation and bioenergy production to metal metabolism. Their adaptations to such extreme conditions also offer valuable insights for astrobiology, particularly regarding how life might survive in extraterrestrial environments.

The extreme environments of Saudi Arabia extend to hot springs and the hypersaline Pink Lake, both of which harbor extremophiles with considerable potential for bioremediation and bioleaching applications, including the utilization of Martian regolith. The high salinity and temperature of these environments exert strong selective pressures, resulting in microbes with unique genetic adaptations. These extremophiles could be instrumental in addressing challenges such as bioleaching metals from Martian soil and remediating perchlorate compounds, both critical for future space missions. The Pink Lake, with its hypersaline conditions like those on Mars, offers a natural model for studying microbial survival in such extremes. Likewise, the geothermal activity of hot springs mirrors the hydrothermal conditions hypothesized to have existed on Mars, offering analogs for understanding potential life on the planet.

By synthesizing research from mangroves, hydrothermal vents, hot springs, and hypersaline environments, this study seeks to unlock the biotechnological and astrobiological potential of extremophiles. The resilience and unique metabolic pathways of these microbial communities offer promising solutions to global challenges like climate change, marine pollution, and space exploration. Exploring their stress response mechanisms and metabolic innovations could lead to breakthroughs in

bioremediation, bioenergy, and astrobiology, ultimately advancing our understanding of life in extreme conditions—both on Earth and beyond.

## Tina Keller-Costa

Seminário de Jovens Cientistas, Academia das Ciências de Lisboa  
iBB-Instituto de Bioengenharia e Biociências, Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa



*Dr. Tina Keller-Costa é Investigadora e Professora Auxiliar Convidada no Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa. É também membro do Seminário de Jovens Cientistas (Triénio 2024-2026) da Academia das Ciências de Lisboa. Estudou Biologia na Universidade Friedrich-Schiller de Jena, Alemanha, e escreveu a sua dissertação de mestrado sobre o microbioma de esponjas de água doce na Universidade de Groningen, nos Países Baixos. Possui um doutoramento em Biologia pela Universidade de Évora e pelo Centro de Ciências do Mar, em Faro, onde identificou a feromona masculina do peixe tilápia em colaboração com o Instituto Max Planck de Ecologia Química, na Alemanha.*

*A investigação atual da Tina baseia-se na diversidade, função e potencial biotecnológico dos microorganismos marinhos, especialmente aqueles que vivem em associação com corais, visando promover uma bioeconomia azul sustentável e um oceano saudável. Em colaboração com o Oceanário de Lisboa e o Centro de Investigação do Mar Vermelho da KAUST, na Arábia Saudita, a Tina estuda a resposta do microbioma dos corais ao estresse das mudanças climáticas, com ênfase no aumento das temperaturas da água do mar e no aparecimento de novos patógenos marinhos. A Tina está envolvida no 'Pacto da Bioeconomia Azul' de Portugal que, composto por mais de 80 entidades nacionais, incluindo 53 empresas, visa desenvolver o uso sustentável dos recursos marinhos em setores como aquacultura, alimentos, ração, têxteis, biomateriais e saúde humana. A Tina é autora de 45 publicações científicas em uma variedade de revistas líderes em sua área (Nature Microbiology, Microbiome, Current Biology, entre outros) e de 112 contribuições em diversas conferências científicas, tanto internacionais como nacionais.*

## *Microrganismos Marinhos: Pilares da Saúde dos Oceanos e dos Recifes de Coral*

Vivemos numa época caracterizada por mudanças climáticas sem precedentes. Desde a alteração dos padrões climáticos que causam secas que ameaçam a produção de culturas agrícolas, até ao aumento do nível do mar e inundações, passando por novas e emergentes doenças infecciosas, os impactos das mudanças climáticas são inúmeros e a uma escala global. Atualmente, estamos a atravessar o sexto evento de extinção em massa, com a perda de corais, morcegos, abelhas e anfíbios sendo os exemplos mais evidentes de uma perda da biodiversidade do Antropoceno. Estes eventos de extinção em larga escala prejudicam a resiliência, a funcionalidade e a estabilidade dos ecossistemas, o que afeta a existência humana. Sem um planeta saudável, a humanidade não consegue existir de forma saudável. Esta simples verdade é definida no conceito ‘Uma Só Saúde’ (em inglês: ‘One Health’), que reconhece que a saúde humana, a animal e a ambiental são interdependentes. O oceano cobre mais de 70% da superfície do nosso planeta, contendo 97% da água encontrada na Terra e constituindo mais de 90% do espaço habitável para a vida selvagem. O oceano produz pelo menos 50% do oxigénio da Terra, absorve 25% de todas as emissões de dióxido de carbono e captura 90% do calor excessivo gerado por estas emissões. Portanto, sem um oceano saudável, não pode haver um planeta Terra saudável. Além disso, o oceano é um dos recursos naturais mais valiosos da Terra contribuindo para a economia mundial, através de pescarias, transporte internacional e turismo. O setor da bioeconomia azul e da biotecnologia encontra-se entre os setores em maior expansão dentro da economia azul, baseando-se em biomassa renovável e organismos vivos, especialmente microrganismos como microalgas, bactérias e fungos, mas também em animais como esponjas marinhas e corais. Estes organismos produzem uma variedade de produtos e serviços cujas aplicações incluem novos alimentos, nutracêuticos, alimentos para animais, produtos farmacêuticos, cosméticos e químicos, e materiais e enzimas para processamento industrial sustentável. A bioeconomia azul desempenha um papel central no ‘Acordo Verde Europeu’ (European Green Deal), cujo objetivo é tornar a União Europeia climaticamente neutra e sustentável até 2050. Proteger o oceano e a vida marinha está também definido no Objetivo 14 (‘Vida na Água’) da lista de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ONU). Em sinal de reconhecimento do papel do oceano e das ciências marinhas num planeta sustentável, a ONU declarou esta década como a ‘Década dos Oceanos’, com o lema “a ciência de que precisamos para o oceano que queremos”. A investigação e inovação marinhas são essenciais para o desenvolvimento de estratégias para manter o oceano saudável e como um sistema de suporte de vida próspero.

### **Os microrganismos marinhos sustentam os ecossistemas marinhos e os recifes de coral**

Os microrganismos marinhos controlam a biogeoquímica do oceano e são o motor de importantes ciclos de nutrientes. Eles estão profundamente envolvidos na captura de carbono, na fixação de azoto, no ciclo do enxofre e na reciclagem de matéria orgânica. O fitoplâncton marinho - microalgas e bactérias capazes de fazer fotossíntese - são responsáveis pela maior parte do oxigénio produzido pelo oceano. Ademais, os animais e plantas marinhas vivem em simbiose com microrganismos altamente diversos e distintos que participam na nutrição, desintoxicação e, no caso de animais sésseis como esponjas marinhas e corais, na defesa química do seu hospedeiro contra predadores, bioincrustações e um crescimento excessivo por parte de outros organismos vizinhos. Estas interações simbióticas entre micro- e macrorganismos marinhos são cruciais para a saúde dos organismos e a base dos mais complexos ecossistemas marinhos – os recifes de coral. Repletos de vida, os recifes de coral sustentam

mais de 25% de todas as espécies marinhas, razão pela qual foram apelidados de ‘florestas tropicais dos oceanos’. Eles constroem estruturas tridimensionais complexas, que fornecem habitat e abrigo à vida marinha. Os recifes de coral são uma das maiores estruturas construídas pela vida selvagem na Terra, tão grandes, que podem ser vistos e monitorizados a partir do espaço. Além da sua importância ecológica, os recifes de coral fornecem a mais de 500 milhões de pessoas, anualmente, bens e serviços no valor de mil milhões de dólares, incluindo o fornecimento de alimentos e pesca comercial, turismo e proteção costeira contra tempestades. No entanto, os ecossistemas dos recifes de coral estão sob enorme stress a nível global e 50% dos recifes de coral já foram perdidos devido às mudanças climáticas. Estimativas preveem que, se o aquecimento global exceder 1,5°C, 70-90% dos corais de recifes serão perdidos, e que 99% estão em risco de serem perdidos se o aquecimento global exceder 2°C acima das temperaturas pré-industriais. A principal razão para esta perda é um fenómeno chamado branqueamento de corais, causado principalmente pelo aumento das temperaturas da água do mar, alta irradiação solar e poluição. Os corais são animais, parentes das anémonas-do-mar e das águas-vivas, que são formados por colónias compostas por múltiplos pólipos individuais interligados. Muitos corais segregam carbonato de cálcio para produzir um esqueleto rígido para proteção própria. Os corais saudáveis vivem em simbiose com uma miríade de microrganismos. Um grupo muito importante de microrganismos para os corais são as microalgas, mais precisamente a família de dinoflagelados fotossintéticos chamada Symbiodiniaceae. Estas microalgas vivem dentro das células do coral e são a principal fonte de alimento do mesmo. Através do fornecimento de hidratos de carbono provenientes da fotossíntese, estes pequenos seres microscópicos fornecem mais de 90% dos requisitos nutricionais do coral, em troca de metabolitos de resíduos inorgânicos do seu hospedeiro animal. Eles também conferem aos corais as suas cores características, que podem variar de tons acastanhados, azulados, roxos, avermelhados a esverdeados. No entanto, períodos prolongados de altas temperaturas causam stress térmico, ao qual as microalgas simbióticas respondem com a produção de substâncias prejudiciais, como moléculas de oxigénio reativo. Isto desencadeia a quebra da associação benéfica entre os corais e as Symbiodiniaceae, e os corais expulsam as células das microalgas dos seus corpos. À medida que as microalgas saem, os corais sofrem o fenómeno chamado branqueamento e o seu esqueleto de carbonato de cálcio branco torna-se visível. Sem estes simbióticos microbianos, o coral perde a sua fonte principal de alimento, torna-se mais suscetível a doenças e está condenado a morrer.

### **Microrganismos probióticos como remédio para os corais**

Cientistas de todo o mundo trabalham incansavelmente em busca de novas soluções para replantar e restaurar os recifes de coral e criar corais mais resilientes às mudanças climáticas. Investigações recentes demonstraram o potencial de intervenções baseadas na microbiota do coral (o conjunto de todos ou de muitos dos microrganismos que vivem naturalmente num coral), como a aplicação de probióticos, para proteger os corais e mitigar impactos ambientais negativos. De facto, as microalgas fotossintéticas não são os únicos aliados dos corais. Uma parceria duradoura com uma variedade de bactérias, arqueias, fungos, protistas e vírus contribui para a manutenção de um equilíbrio nos corais e melhora a aptidão deste hospedeiro animal. Estas diversas comunidades microbianas participam na reciclagem de nutrientes, proteção contra luz UV e fornecimento de vitaminas, e algumas até ajudam no desenvolvimento das larvas de coral. Analogamente à administração de probióticos em humanos, a microbiota do coral pode ser manipulado através da aplicação de microrganismos benéficos específicos, associados aos corais, que aumentam a resiliência do coral ao stress térmico e a ataques de patógenos. Vários estudos em condições de laboratório controladas já forneceram resultados promissores com diferentes tipos de corais e espécies de bactérias. A transplantação da microbiota

do coral usando corais selvagens resistentes ao calor como doadores também mostrou efeitos protetores nos corais, tais como o aumento da taxa de crescimento e a redução da taxa de mortalidade sob condições desafiantes de calor e de presença de patógenos. As intervenções baseadas no microbioma são promissoras porque podem atuar em curtos prazos e proporcionar aos corais algum tempo até que as mudanças climáticas desacelerem. Os cientistas marinhos estão também a testar a aplicação de probióticos de coral em recifes no oceano. A primeira vila de probióticos de coral subaquática do mundo foi inaugurada em 2022 no Mar Vermelho, na Arábia Saudita, a apenas 20 km da Universidade King Abdullah de Ciência e Tecnologia. É um laboratório natural subaquático permanente, projetado e estabelecido para desenvolver pesquisas relacionadas com os microbiomas dos recifes de coral e resolver os muitos desafios impostos pela aplicação de probióticos sob a superfície do oceano.

### Investigação do microbioma de corais em Portugal e no Instituto Superior Técnico

A diversidade de corais não está limitada às regiões tropicais, e nem todos os corais segregam o típico esqueleto de carbonato de cálcio. Na verdade, os corais podem ser encontrados em todos os mares principais, com algumas espécies ocorrendo até no Ártico ou no mar profundo, a mais de 3000 metros de profundidade. As águas de Portugal são ricas num grupo de corais amplamente distribuído, os octocorais. Um deles é o precioso coral vermelho, explorado para o fabrico de jóias desde a antiguidade. Entre eles estão também os corais intitulados de gorgónias, ou leques-do-mar, que dão origem a algumas das florestas subaquáticas de Portugal, os 'jardins de gorgónias', que também florescem com vida marinha.

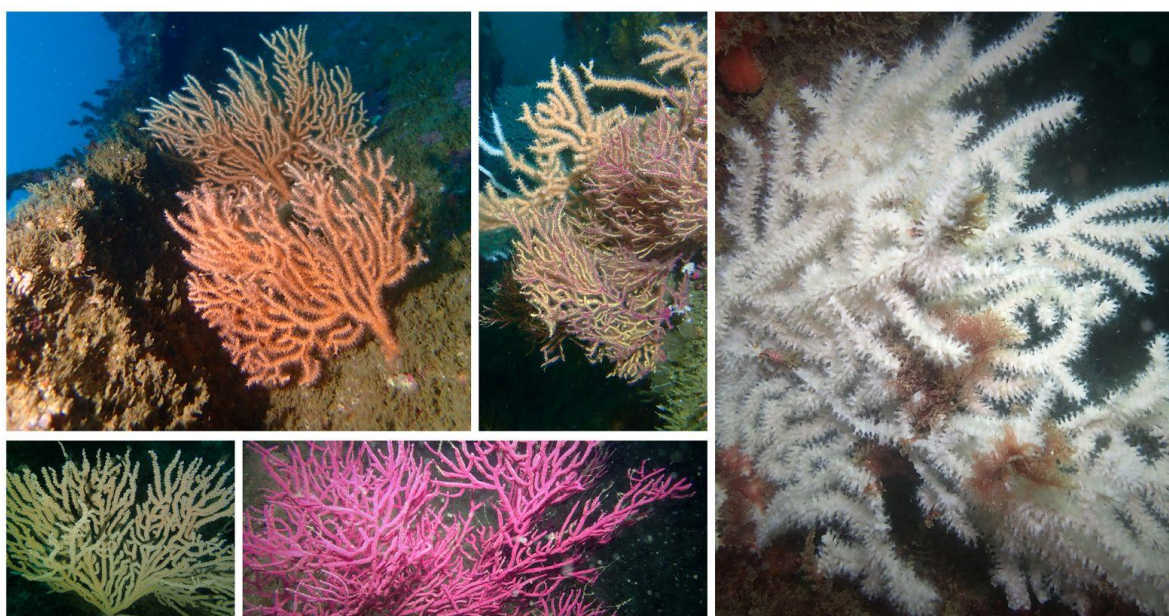


Imagem: Corais gorgónias (leques-do-mar) da costa de Portugal. Fotografias tiradas nos "Jardins de Gorgónias" ao largo de Sesimbra. Fotografias: Patricia Espírito-Santo.

Os octocorais e seus parceiros microbianos são produtores prolíficos de moléculas bioativas de interesse para a bioeconomia azul. As bioatividades desses compostos variam de propriedades antitumorais, antibióticas, antifúngicas e anti-inflamatórias a propriedades anti-incrustantes, indicando um vasto potencial para aplicações farmacêuticas e biotecnológicas. No Instituto Superior

Técnico, investigamos as comunidades de microrganismos marinhos que vivem em simbiose com os octocorais, incluindo os das águas de Portugal. Estudamos a função ecológica dos simbiontes dos octocorais, bem como os mecanismos moleculares das interações coral-micróbio. Investigamos a resposta dos octocorais e da sua microbiota aos fatores de stress causados pelas mudanças climáticas, como o aumento das temperaturas da água e os patógenos fúngicos, bem como formas de mitigar os impactos negativos resultantes. Além disso, procuramos novas moléculas bioativas produzidas por estes micróbios - que no futuro podem entrar na cadeia de descoberta de novos medicamentos ou ser de interesse para a aquacultura ou a indústria marítima. Também exploramos certas enzimas de degradação de polímeros produzidas pelos microrganismos associados aos octocorais, que podem ajudar no processamento e reciclagem de resíduos de marisco. Com a nossa investigação sobre os microrganismos associados aos octocorais, procuramos contribuir para uma bioeconomia azul sustentável e promover a saúde dos corais e dos oceanos. Trabalharemos para ajudar manter a boa parceria entre os corais e os seus microrganismos benéficos para que os nossos filhos e netos ainda possam contemplar com admiração a impressionante beleza dos corais e da vida marinha que sustentam.



Imagem: Isolados bacterianos associados a animais marinhos, como gorgónias, em Portugal.  
Fotografias: Sandra Silva e Joana Couceiro.

## Tina Keller-Costa

Young Scientists Seminar, Academy of Sciences of Lisbon  
iBB-Institute for Bioengineering and Biosciences,  
Instituto Superior Técnico of the University of Lisbon



*Dr. Tina Keller-Costa is a Research scientist and Invited Assistant Professor at the Instituto Superior Técnico of the University of Lisbon. She is also a member of the Young Scientists Seminar (Triennium 2024-2026) at the Academy of Sciences of Lisbon. She studied Biology at the Friedrich-Schiller University of Jena, Germany, and wrote her master's thesis on the microbiome of freshwater sponges at the University of Groningen in the Netherlands. She holds a Ph.D. in Biology from the University of Évora and the Centre of Marine Sciences in Faro, where she identified the male fish pheromone of tilapia in collaboration with the Max Planck Institute for Chemical Ecology in Germany.*

*Tina's current research is focused on the diversity, function, and biotechnological potential of marine microorganisms, especially those that live in association with corals, with the aim of promoting a sustainable blue bioeconomy and a healthy ocean. In collaboration with the Lisbon Oceanarium and the Red Sea Research Center at KAUST in Saudi Arabia, she studies the response of coral microbiomes to climate change stressors, with a focus on increased seawater temperatures and the emergence of new marine pathogens. Tina is also involved in Portugal's 'Blue Bioeconomy Pact,' which consists of over 80 national entities, including 53 companies, and aims to develop the sustainable use of marine resources in sectors such as aquaculture, food, feed, textiles, biomaterials, and human health. She has authored/co-authored 45 scientific publications in leading journals in her field, including Nature Microbiology, Microbiome, Current Biology, and made ca. 112 contributions to scientific conferences.*

## *Marine Microorganisms: Pillars of Ocean and Coral Reef Health*

Marine microorganisms control the biogeochemistry of the ocean and are the engine of major nutrient cycles. They are heavily involved in carbon sequestration, nitrogen fixation, sulphur cycling and the recycling of organic matter. Oceanic phytoplankton - drifting microalgae and bacteria that can photosynthesize - are responsible for most of the oxygen produced by the ocean. Moreover, marine animals and plants live in symbiosis with highly diverse and distinct microorganisms that participate in nutrition, detoxification, and, in case of sessile animals such as marine sponges and corals in the chemical defence of their host against predators, fouling and overgrowth by other organisms. Such symbiotic relationships between marine micro- and macro-organisms are crucial for organism health and at the essence of the most complex of all marine ecosystems – the coral reefs. Teaming with life, coral reefs support over 25% of all known marine species, wherefore they are also called the ‘rainforests of the sea’. They build most complex 3-dimensional structures which provide habitat and shelter for marine wildlife. Coral reefs are indeed among the greatest structures that have been built by wildlife on earth, so large they can even be seen and monitored from space. In addition to their immense ecological importance, coral reefs supply over 500 million people with goods and services worth billions of dollars annually, including the provision of food and commercial fisheries, tourism, and coastal protection from storms and waves. However, coral reef ecosystems are under immense stress globally and nearly 50% of coral reefs have already been lost due to climate change. Recent estimations predict that, if global warming exceeds 1.5°C, 70–90% of reef corals will be lost, and 99% are at risk to be lost if global warming exceeds 2°C above pre-industrial temperatures. The major reason for this loss is a phenomenon called coral bleaching, caused mainly by increased seawater temperatures, high solar irradiation, and pollution. Corals are animals, relatives of sea anemones and jellyfishes, and are formed of colonies consisting of many individual polyps that are all interconnected. Many corals secrete calcium carbonate to produce a hard skeleton for their protection. Healthy corals live in tight association (symbiosis) with myriad microorganisms. One very important group of microorganisms for corals are microalgae, precisely the photosynthetic dinoflagellate family called Symbiodiniaceae. These microalgae live inside the coral cells and are the coral’s primary food source. Through the supply of carbohydrates from photosynthesis, these microscopic fellows provide more than 90% of the coral’s nutritional requirements, in exchange for inorganic waste metabolites from their animal host. They also give corals their characteristic colours which may vary from brownish, bluish, purplish, reddish to greenish. However, extended periods of high temperature cause heat stress to which the microalgae symbionts respond with the production of harmful substances such as reactive oxygen molecules. This triggers the breakdown of the beneficial association between corals and Symbiodiniaceae and the corals expel the microalgae cells from their bodies. As their microalgae partners leave, the coral bleaches and its white calcium carbonate skeleton underneath becomes visible. Without these microbial symbionts, the coral loses its major source of food, is more susceptible to disease, and left to die.

### **Probiotic microorganisms to improve coral health**

Scientists around the world work tirelessly on finding new solutions to replant and restore coral reefs and create corals more resilient to climate change. Recent research indicated the potential of microbiome-based interventions, such as probiotics, to protect corals and mitigate negative environmental impacts. Indeed, the photosynthetic microalgae are not the only allies of corals. An

enduring partnership with a variety of bacteria, archaea, fungi, protists, and viruses contributes to the maintenance of an equilibrium in corals and enhances the fitness of the animal host. These diverse microbial communities participate in nutrient recycling, UV-light protection, and vitamin supply and some even help in coral larvae development. Analogous to the administration of probiotics in humans, the coral microbiota (the collection of all or many microorganisms that naturally live in a coral) can be manipulated through the application of specific, beneficial coral-associated microorganisms which increase coral resilience to temperature stress and pathogen attacks. Several studies under controlled laboratory conditions have already provided promising results with different types of coral and bacterial species. Transplantation of the coral microbiota using thermo-resistant donor corals from the wild has also shown protective effects on coral, such as increased growth and reduced mortality rates under heat and pathogen challenges. Microbiome-based interventions are promising because they could act on short timescales and buy corals some time until climate change has been slowed down. Marine scientists are now testing the application of coral probiotics in the ocean on coral reefs. The world's first underwater coral probiotics village was inaugurated in 2022 in the Red Sea in Saudi Arabia just 20 km off the King Abdullah University for Science and Technology. It is a permanent natural underwater laboratory designed and established to develop coral microbiome research in the natural habitat and to solve the many engineering-related challenges imposed by probiotics application beneath the wild ocean surface.

### Coral microbiome research in Portugal and at Instituto Superior Técnico

The diversity of corals is not tied to tropical regions and not all corals secrete the typical calcium carbonate skeleton. Indeed, corals can be found in all major seas with some species even occurring in the Arctic, or in the deep sea in over 3000 m depth. Portugal's waters are rich in a certain, widely distributed group of corals – the so-called octocorals. One of them is the precious red coral, *Corallium rubrum*, exploited for the making of jewellery since antiquity. Among them are also the gorgonian corals, or sea fans, that give rise to some of Portugal's underwater forests, the 'gorgonian gardens', which too flourish with marine wildlife.

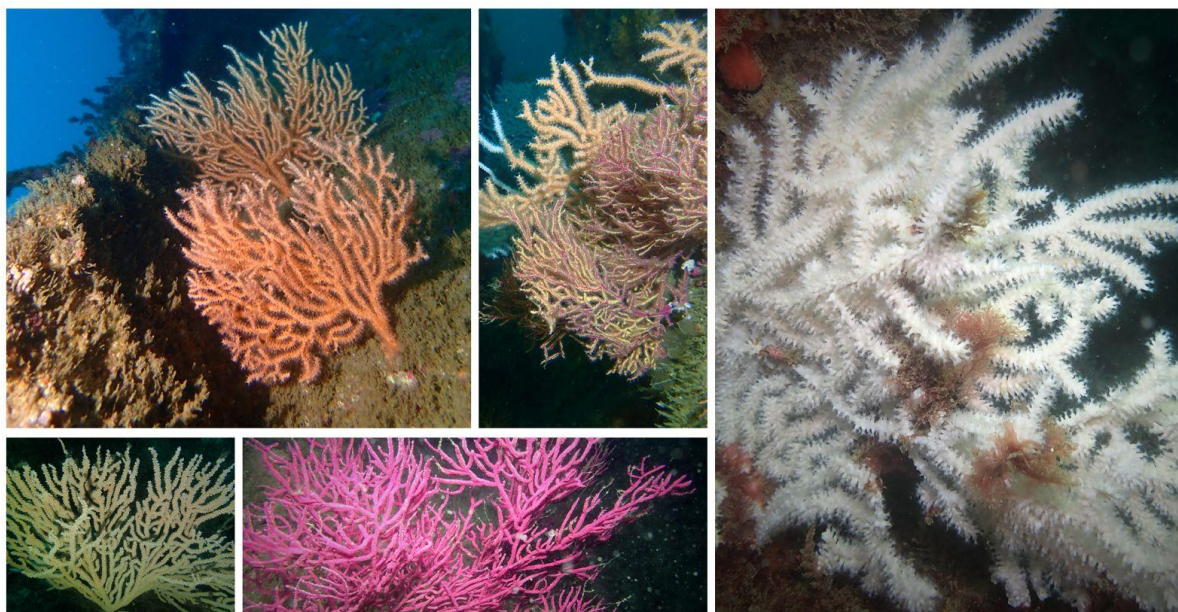


Image: Gorgonian corals (sea fans) from the coast of Portugal. Photographs taken in the Gorgonian Gardens off the coast of Sesimbra. Photo credit: Patricia Espírito-Santo.

Octocorals and their microbial partners are prolific producers of bioactive molecules of interest to the blue bioeconomy. The bioactivities of these compounds range from antitumoral, antibiotic, antifungal, and anti-inflammatory to antifouling properties, indicating vast potential for pharmaceutical and biotechnological applications. At Instituto Superior Técnico, we investigate the communities of marine microorganisms that live in symbiosis with octocorals from Portuguese waters. We study the ecological role of octocoral symbionts as well as the molecular mechanisms of coral-microbe interactions. We investigate the response of octocorals and their microbiota to climate change stressors, such as increased water temperatures and fungal pathogens, as well as ways to mitigate the resulting negative impacts. In addition, we look for novel bioactive molecules from these microbes – which in the future may enter the marine drug discovery pipeline or be of interest for aquaculture or the maritime industry. We also explore certain polymer degrading enzymes produced by the microorganisms associated with octocorals which could help in the processing and upcycling of seafood waste. With our research on octocoral-associated microorganisms, we thrive to contribute to a sustainable blue bioeconomy and to promote coral and ocean health. To ensure that our children and grandchildren can continue to marvel at the astonishing beauty of corals, we must preserve the vital partnership between corals and their beneficial microorganisms.



Image: Bacterial isolates associated with marine animals such as gorgonian corals in Portugal. Photo credits: Sandra Silva and Joana Couceiro.

## Vítor Vasconcelos

Professor Catedrático Faculdade de Ciências da  
Universidade do Porto e  
Presidente da Direção do CIIMAR



*Doutorado em Biologia pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP), Porto. Professor Catedrático FCUP e diretor do CIIMAR - Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental. Membro do Conselho Científico do Museu Nacional de História Natural de França. Diretor do Grupo de Biotecnologia Azul, Saúde e Ambiente. Investigação em metabolitos secundários de cianobactérias e suas utilizações: toxinas e moléculas com aplicações biotecnológicas. Responsável pela coleção de culturas LEGE composta por mais de 2.000 estirpes de cianobactérias e microalgas. Diretor do Programa Doutoral em Biotecnologia Marinha e Aquicultura (U Porto e U Minho), tendo orientado mais de 50 teses de doutoramento e 80 teses de mestrado. Avaliador de projetos da Agência de Inovação, FCT e de diversas instituições internacionais.*

## *Cianobactérias, da origem da vida ao conceito de uma só saúde: o exemplo da LEGE\_CC.*

### **Cianobactérias, origem da vida, oxigénio.**

As cianobactérias são organismos procarióticos fotossintéticos, cuja origem está datada há mais de 3.5 mil milhões de anos. Foram de facto os primeiros organismos com capacidade de produzir clorofila, fixar o dióxido de carbono, produzir oxigénio e produzir materiais orgânicos. Apesar da sua origem marinha, tiveram depois a capacidade de se expandirem para uma enorme diversidade de ecossistemas e habitats, podendo hoje em dia ser encontradas do Ártico à Antártida, no topo de montanhas e nas zonas costeiras, bem como em ambientes extremos como desertos, fontes termais, cavernas e lagos salgados (figura 1). Não habitam apenas ambientes aquáticos, podendo ser encontradas em solos, sedimentos e estruturas construídas pelo homem.



Figura 1 – Cianobactérias na laguna Rosada, lago extremófilo na Bolívia.

Uma das características mais importantes das cianobactérias é a produção de oxigénio através da fotossíntese, o que fez com que o nosso planeta tivesse uma mudança drástica após o seu aparecimento, com a criação de uma atmosfera com oxigénio, que permite grande parte da vida que hoje em dia conhecemos. De facto, as algas e as plantas que hoje em dia conhecemos devem a sua origem a um fenómeno de endossimbiose, em que as cianobactérias ao colonizarem uma célula não fotossintética lhe deram esta possibilidade de fixar CO<sub>2</sub> e produzir oxigénio, contribuindo assim para uma evolução fantástica de organismos vegetais. Ainda hoje em dia as cianobactérias são responsáveis

pela produção de uma percentagem considerável de oxigénio no nosso planeta, cerca de 50%, a maior parte no Oceano, através da fotossíntese de espécies de *Chroococcus* e *Prochlorococcus*. Além desta atividade fotossintética, muitas cianobactérias podem ficar azoto gasoso do ar, introduzindo-o nos sistemas aquáticos ou terrestres contribuindo dessa forma para a fertilização dos solos e das águas.

### Eutrofização – florescências

Quando os ecossistemas aquáticos têm uma elevada carga de azoto e fósforo – eutrofização, e quando isso é acompanhado de temperaturas elevadas e de muita luminosidade, as cianobactérias desenvolvem grandes populações de organismos – florescências ou “blooms” que podem ter consequências muito negativas para a qualidade da água, causando elevados problemas de saúde ambiental e por vezes humana (figura 2). Além de poderem causar alterações significativas da cor e do odor da água, a sua decomposição leva à diminuição da quantidade de oxigénio na água o que pode conduzir a mortandades grandes de animais aquáticos, em especial de peixes. Isso é agravado, se ao mesmo tempo produzirem toxinas com efeitos letais para uma grande diversidade de comunidades animais e vegetais.



Figura 2 – Florescência de cianobactérias no rio Tâmega- Chaves

### Toxinas e impactos na saúde animal e humana

As cianobactérias podem produzir uma grande diversidade de toxinas, desde amino ácidos, péptidos, alcaloides e polissacarídeos, com efeitos ao nível hepático, neuronal, ou dérmico. Essas toxinas, como as microcistinas que têm efeito ao nível hepáticos, são geralmente produzidas em quantidades consideráveis, até 1% da massa celular e podem ser libertadas para a água aquando da morte das cianobactérias. Podem afetar microalgas, zooplâncton e peixes e até plantas terrestres ou mamíferos, quando haja um contacto direto com águas contaminadas, por exemplo nas atividades agrícolas ou na pecuária. As toxinas também podem afetar os humanos através do consumo de águas ou alimentos contaminados, por exposição dérmica ou através de hemodiálise. No entanto, as cianobactérias também produzem uma grande diversidade de moléculas que podem ter aplicações biotecnológicas.

## Aplicações biotecnológicas das cianobactérias

Através da utilização de extração e isolamento de novas moléculas guiadas por bioensaios ou guiadas por química têm sido descobertas pela nossa equipa muitas moléculas de cianobactérias com aplicações biotecnológicas. Podemos destacar aplicações na área farmacêutica (anti-cancerígenas, antibióticas, anti-parasíticas, anti-obesidade), aplicações na área industrial (anti-vegetativas), nutracêutica, cosmética e na agricultura. Para a otimização destes processos de bioprospeção, a utilização de coleções de cultivos de cianobactérias é fundamental e por isso desde 1991 que criamos a coleção LEGE\_CC.

### LEGE\_CC e Biobanco azul de Portugal

A coleção LEGE\_CC – coleção de cianobactérias instalada no CIIMAR foi criada inicialmente com o intuito de isolar e manter uma coleção de cianobactérias produtoras de toxinas, mas desde 2005 que cianobactérias não tóxicas são isoladas e mantidas. Mais de 1500 estirpes são hoje em dia mantidas no nosso banco de cultivos servindo de base para inúmeros estudos e tendo já sido depositadas 4 patentes (figura 3). São cianobactérias maioritariamente isoladas de Portugal, havendo exemplares de todos os continentes, e de diversos tipos de ambientes. A LEGE-CC é um dos componentes do Biobanco Azul Português, uma rede nacional de biobancos marinhos que congrega coleções de micro- e macroorganismos de 7 instituições nacionais.



Figura 3 – Banco de culturas da LEGE\_CC no CIIMAR.

## Vítor Vasconcelos

Full Professor at the Faculty of Sciences of the  
University of Porto and  
President of the CIIMAR Board of Directors



*PhD in Biology from the Faculty of Sciences of the University of Porto (FCUP), Porto. FCUP Full Professor and director of CIIMAR - Interdisciplinary Center for Marine and Environmental Research. Member of the Scientific Council of the National Museum of Natural History of France. Director of the Blue Biotechnology Health and Environment. Research into secondary metabolites of cyanobacteria and their uses: toxins and molecules with biotechnological applications. Responsible for the LEGE culture collection made up of more than 2,000 strains of cyanobacteria and microalgae. Director of the Doctoral Program in Marine Biotechnology and Aquaculture (U Porto and U Minho), having supervised more than 50 doctoral theses and 80 master's theses. Project evaluator for the Innovation Agency, FCT and several international institutions.*

## *Cyanobacteria, from the origin of life to the concept of one health: the example of LEGE\_CC.*

### **Cyanobacteria, origin of life, oxygen.**

Cyanobacteria are photosynthetic prokaryotic organisms, whose origins date back more than 3.5 billion years. They were in fact the first organisms with the ability to synthesize chlorophyll, to fix carbon dioxide, produce oxygen and produce organic materials. Despite their marine origin, they later had the capacity to expand into an enormous diversity of ecosystems and habitats, and today they can be found from the Arctic to the Antarctic, on mountain tops and in coastal areas, as well as in extreme environments such as deserts, hot springs, caves and salt lakes (figure 1). They not only inhabit aquatic environments, but can be found in soils, sediments and structures built by man.



Figure 1 – Cyanobacteria in Lagoa Rosada, an extremophilic lake in Bolivia.

One of the most important characteristics of cyanobacteria is the production of oxygen through photosynthesis, which caused our planet to undergo a drastic change after its appearance, with the creation of an atmosphere with oxygen, which allows much of the life that today we know today. In fact, the algae and plants that we know today owe their origin to a phenomenon of endosymbiosis, in which cyanobacteria, when colonizing a non-photosynthetic cell, gave it the possibility of fixing CO<sub>2</sub> and producing oxygen, thus contributing to fantastic evolution of plant organisms. Even today, cyanobacteria are responsible for producing a considerable percentage of oxygen on our planet, around

50%, most of it in the Ocean, through the photosynthesis of *Chroococcus* and *Prochlorococcus* species. In addition to this photosynthetic activity, many cyanobacteria can absorb gaseous nitrogen from the air, introducing it into aquatic or terrestrial systems, thus contributing to the fertilization of soil and water.

### Eutrophication – blooms

When aquatic ecosystems have a high nitrogen and phosphorus load – eutrophication, and when this is accompanied by high temperatures and a lot of light, cyanobacteria develop large populations of organisms – blooms - which can have very negative consequences for quality of water, causing high environmental and sometimes human health problems (figure 2). In addition to causing significant changes in the color and odor of the water, their decomposition leads to a decrease in the amount of oxygen in the water, which can lead to large deaths of aquatic animals, especially fish. This is aggravated if at the same time they produce toxins that are lethal to a wide range of animal and plant communities.

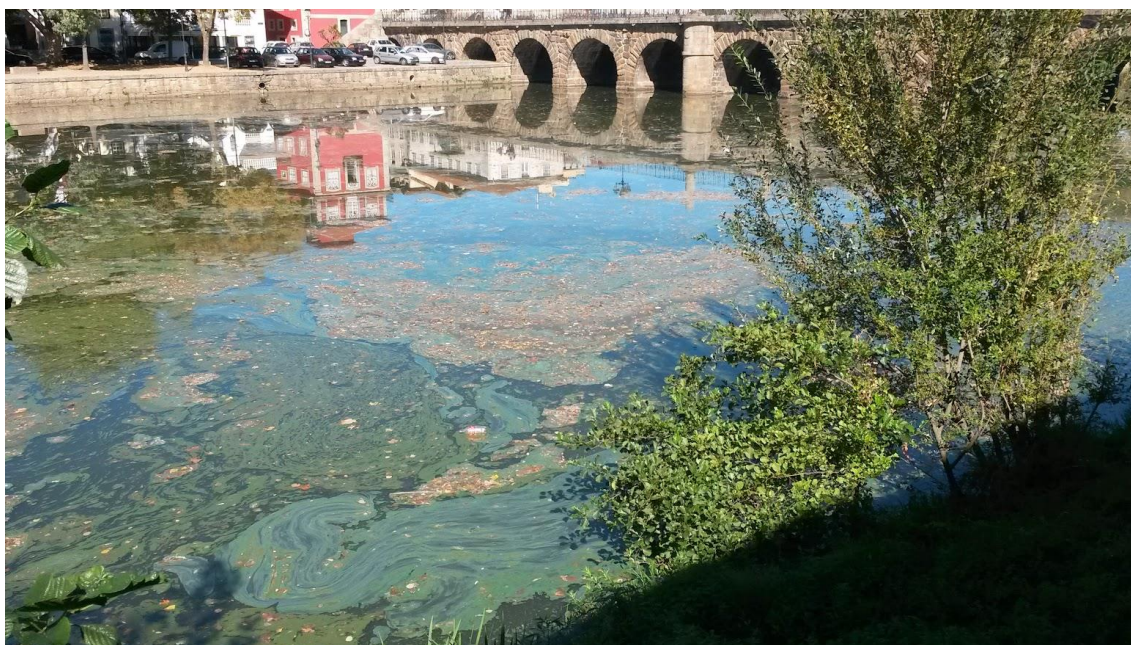


Figure 2 – Cyanobacteria bloom in the Tâmega- Chaves river

### Toxins and impacts on animal and human health

Cyanobacteria can produce a wide range of toxins, from amino acids, peptides, alkaloids and polysaccharides, with effects at the hepatic, neuronal, or dermal level. These toxins, such as microcystins that have an effect on the liver, are generally produced in considerable quantities, up to 1% of the cell mass, and can be released into the water when cyanobacteria die. They can affect microalgae, zooplankton and fish and even terrestrial plants or mammals, when there is direct contact with contaminated waters, for example in agricultural activities or livestock farming. Toxins can also affect humans through consumption of contaminated water or food, through dermal exposure or through hemodialysis. However, cyanobacteria also produce a wide range of molecules that can have biotechnological applications.

## Biotechnological applications of cyanobacteria

Through the use of extraction and isolation of new molecules guided by bioassays or guided by chemistry, our team has discovered many cyanobacterial molecules with biotechnological applications. We can highlight applications in the pharmaceutical area (anti-cancer, antibiotics, anti-parasitic, anti-obesity), applications in the industrial area (anti-vegetative), nutraceuticals, cosmetics and agriculture. To optimize these bioprospecting processes, the use of culture collections of cyanobacteria is essential and that is why since 1991 we have created the LEGE\_CC collection.

### LEGE\_CC and Biobanco azul de Portugal

The LEGE\_CC collection – cyanobacteria collection installed at CIIMAR was initially created with the aim of isolating and maintaining a collection of toxin-producing cyanobacteria, but since 2005 non-toxic cyanobacteria have been isolated and maintained. More than 1500 strains are currently maintained in our culture bank, serving as the basis for numerous studies and 4 patents have already been filed (figure 3). These cyanobacteria are mostly isolated from Portugal, with specimens from all continents and different types of environments. LEGE-CC is one of the components of Biobanco Azul Português, a national network of marine biobanks that brings together collections of micro- and macroorganisms from 7 national institutions.



Figura 3 – Banco de culturas da LEGE\_CC no CIIMAR.

## João Navalho

Presidente da NECTON - Companhia Portuguesa de Culturas Marinhas SA e da AllMicroalgae SA.



*Empreendedor, com foco na inovação, e com mestrado em Biologia Marinha e em Aquacultura. Com mais de 30 anos de experiência em biotecnologia de microalgas, conhece metodologias e procedimentos de produção laboratorial, de escala, piloto e industrial, em sistemas abertos de canal adutor, diversos tipos de fotobiorreatores e sistemas heterotróficos. Conhece os procedimentos a jusante para diversas tecnologias e produtos de microalgas.*

*Cofundador da Necton S.A., onde é atual Presidente do Conselho de Administração e responsável pelo departamento de Inovação.*

*Cofundador da A4F, foi CTO desta empresa até 2014.*

*Co-fundou o GreenColab, Laboratório Colaborativo Português para a biotecnologia das algas, e é vice-presidente desde então.*

*É ainda Presidente da PROALGA, Associação Portuguesa de Produtores de Algas.*

*É Presidente do Conselho de Administração da AllMicroalgae SA desde 2023*

*Participou em vários projetos de investigação nacionais e europeus, foi Innovation Manager no projeto H2020 Magnificent e é Coordenador Geral do projeto Horizon Europe REALM e do Algae Vertical do Pacto Português de Biotecnologia.*

## *Produção Comercial de Microalgas para Alimentos, Rações e Suplementos Dietéticos*

As microalgas são microrganismos fotossintéticos presentes na maioria dos ecossistemas. São responsáveis por cerca de metade da fixação de dióxido de carbono do planeta e são a base da cadeia trófica aquática. A produção industrial de microalgas é uma actividade muito recente; são normalmente produzidas como matéria prima para as indústrias da alimentação humana e animal, agricultura, cosmética e nutraceutica. Portugal desempenha um papel importante no desenvolvimento desta indústria; tem uma das maiores empresas a operar o setor e a mais antiga empresa produtora de microalgas da União Europeia. Apesar da importância que parecem ter face aos novos desafios societários, como na fixação de carbono, na sustentabilidade, na produção de proteína, na biorremediação e até na circularidade da economia, as empresas do sector e os produtos por elas desenvolvidos, fazem face a enormes desafios tecnológicos, regulamentares e comerciais complexos de gerir.



Fig. 1) Fotobiorreatores para cultivo de microalgas em grande escala.

## João Navalho

Chairman of NECTON - Companhia Portuguesa de Culturas Marinhas SA and AllMicroalgae SA.



*Entrepreneur, with focus on innovation, with an MSc in Marine Biology and MSc in Aquaculture. Holding more than 30 years of experience in microalgal biotechnology, he is familiar to methodologies and procedures for laboratory, scale-up, pilot and industrial production, in raceway open systems, several types of Photobioreactor and heterotrophic systems. He knows the downstream procedures for several technologies and microalgae products. Co-founded of Necton S.A., where he is the current President of the Board of Directors and head of the Innovation department. Co-founder of A4F, he was CTO for this company until 2014. Co-founded GreenColab, the Collaborative Portuguese Laboratory for algae biotechnology, and is vice president since then. He is also the President of PROALGA, the Portuguese Association for Algae Producers. He is President of the Board of Directors of AllMicroalgae SA since 2023. He participated in several national and European research projects, He was Innovation Manager in the H2020 project Magnificent and is the General Coordinator of the Horizon Europe project REALM and of the Algae Vertical from the Portuguese Biotechnology Pact.*

## *Commercial Production of Microalgae for Food, Feed and Dietary Supplements*

Microalgae are photosynthetic microorganisms present in most ecosystems. They are responsible for about half of the planet's carbon dioxide fixation and are the base of the aquatic food chain. The industrial production of microalgae is a very recent activity; they are normally produced as raw material for the human and animal food, agriculture, cosmetics and nutraceutical industries. Portugal plays an important role in the development of this industry; it has one of the largest companies operating in the sector and the oldest microalgae producing company in the European Union. Despite the importance they seem to have in facing new societal challenges, such as carbon fixation, sustainability, protein production, bioremediation and even the circularity of the economy, companies in the sector and the products they develop face enormous technological, regulatory and commercial challenges that are complex to manage.



Fig. 1) Photobioreactors for large-scale microalgae cultivation.

## Helena Vieira

Cátedra ERA CHAIR; CESAM, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro.



*Helena possui mais de 24 anos de experiência profissional em funções académicas, empresariais e políticas. Atualmente é Investigadora Coordenadora e detentora da Cátedra ERA CHAIR em Economia do Ambiente e Recursos Naturais na Universidade de Aveiro/ DAO e CESAM, sendo responsável pelo lançamento do projeto Europeu BESIDE e pela implementação e coordenação de uma nova equipa transversal de investigadores, juntando as ciências naturais e socioeconómicas no desenvolvimento de novo conhecimento científico e soluções inovadoras para um futuro mais sustentável. Helena integra o Conselho da Missão Europeia Restaurar os Oceanos e Águas, onde faz a ponte entre a Comissão Europeia e Portugal na implementação desta missão. É também Presidente do Comité Científico da Circular BioBased Europe Joint Union (CBE-JU), uma parceria público-privada para promover a bioeconomia e os modelos de desenvolvimento circulares, promotores de sustentabilidade numa Europa mais verde. Anteriormente, foi Diretora Geral da Política do Mar do Ministério do Mar (XXII Governo de Portugal). Autora de centenas de obras, incluindo 28 indexadas no Scopus/WoS, 4 livros/capítulos, 5 estratégias europeias/nacionais e vários documentos legislativos, mais de 100 resumos de conferências, 27 artigos de opinião na imprensa nacional e internacional, e foi palestrante convidada como oradora em mais de 650 conferências e reuniões em todo o mundo. Helena é mergulhadora certificada e adora o oceano.*

## As Pontes do Mundo Microscópico Marinho na Ciência, Indústria e Política



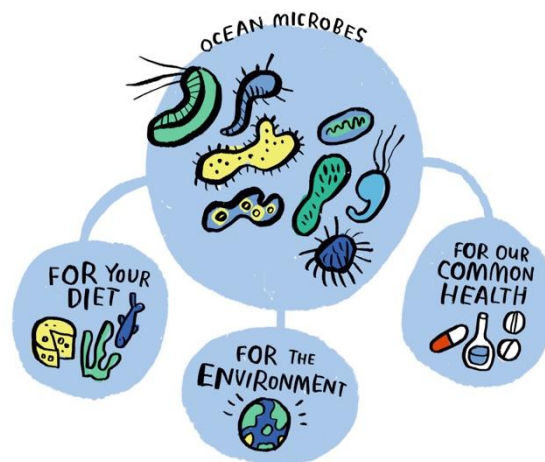
Fig.1: Representação da Biodiversidade Marinha. In AORA - ATLANTIC OCEAN RESEARCH ALLIANCE, Marine Microbiome Roadmap, 2020.

A **vida marinha** é um dos principais pilares da saúde dos ecossistemas da Terra e contém a maioria da biodiversidade deste planeta. A maior parte desta vida marinha é, no entanto, invisível ao olho humano, pois é composta por **microrganismos**, seres vivos microscópicos, com funções tão cruciais como a produção da maioria do oxigénio que respiramos, a regulação e participação nos ciclos geoquímicos ou a base da cadeia alimentar do oceano, sem os quais a vida na Terra não seria possível. Naquela que é a enorme vastidão oceânica, os microrganismos colonizaram praticamente todos os ambientes, incluindo os mais extremos. A **diversidade microbiana** em cada um destes ambientes permite inferir sobre a evolução da vida e do sistema oceânico ao longo do tempo. A esta comunidade de microrganismos ocênicos, incluindo todo o seu material genético, denominamos de **Microbioma Marinho**.

Apenas uma pequena fração da diversidade microbiana marinha foi caracterizada até hoje. No entanto, os **avanços tecnológicos** nas áreas da biologia molecular, sequenciação genética (DNA e RNA) ou metabolómica, entre outras, juntamente com os avanços em tecnologia submarina e a diminuição dos custos inerentes às mesmas, revolucionaram a capacidade atual de **bioprospecção**, monitorização e estudo destes microrganismos dentro de ecossistemas tão complexos como os marinhos.

Embora a Investigação e desenvolvimento (I&D) e as operações focadas no microbioma marinho sejam empreendimentos ainda dispendiosos e relativamente recentes, os esforços conjuntos da comunidade científica mundial já forneceram importantes contributos sobre a estrutura e a **função do ecossistema marinho** e apoiaram a evolução de novos métodos, tecnologias e/ou soluções para ajudar a proteger a **saúde humana e ambiental**. Exemplos destes **megaprojetos conjuntos** incluem o Projeto do Microbioma Humano (HMP), as Expedições Tara Oceans, o Projeto do Microbioma da Terra (EMP) e a análise de eDNA associada à Rede de Observação Biológica Marinha (MBON). A riqueza de dados derivados desta investigação sobre o microbioma resultou em revisões dramáticas da árvore da vida e estimulou campos inteiramente novos de I&D. Este trabalho conduziu também a **inovações** de grande escala e impacto, quer em termos de tecnologias, mas também de infraestruturas, de aplicações industriais ou até mesmo de suporte às decisões políticas. A **bioprospecção** apoiada pelos

Fig.2: As principais funções do microbioma marinho. In AORA - ATLANTIC OCEAN RESEARCH ALLIANCE,



desenvolvimentos tecnológicos avançados de **robótica** e **engenharia oceânica**, a **biotecnologia azul** e a **biologia molecular avançada**, a **digitalização** e **inteligência artificial**, a **descarbonização** e a exploração sustentável de biorecursos marinhos inspirada em **biomimecristia**, são apenas alguns exemplos de desenvolvimentos potenciados pela exploração conjunta do microbioma marinho e do seu potencial para um futuro mais saudável.

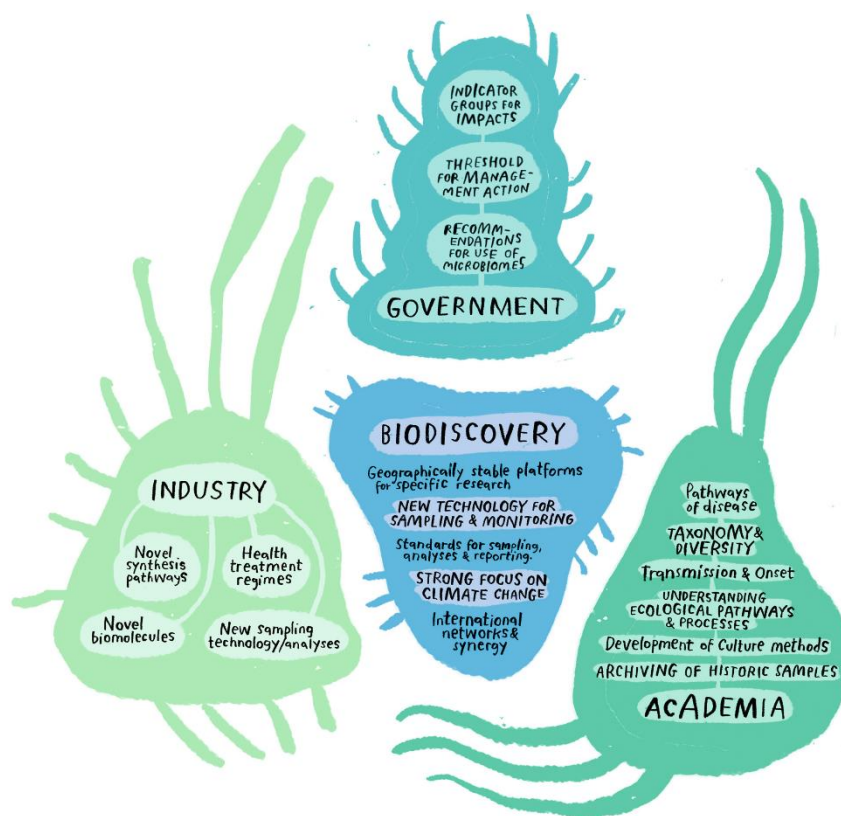


Fig.3: Exemplo de como a I&D conjunta focada no microbioma marinho pode potenciar os diferentes pilares da sociedade – academia, indústria e governo. In AORA - ATLANTIC OCEAN RESEARCH ALLIANCE, Marine Microbiome Roadmap, 2020.

Neste sentido, podemos afirmar que a **investigação cooperativa** e a **inovação derivada** do **microbioma marinho** "podem resultar em benefícios mútuos à humanidade e ao planeta, incluindo a melhoria na nossa capacidade de avaliar e prever a saúde e resposta dos ecossistemas oceânicos; potenciar uma compreensão mais profunda das vulnerabilidades e riscos inerentes, incluindo aqueles relacionados com o sistema climático global; e mitigar os impactos das alterações climáticas no oceano e, consequentemente, no planeta." O estudo dos microrganismos marinhos também permite gerar novas ferramentas para aumentar a resiliência do oceano, conservar a sua valiosa biodiversidade, gerir e mitigar riscos protegendo vidas, e ainda ajudar a determinar prioridades sociais, ambientais e económicas. Adicionalmente, em cada uma destas vertentes pode ser exploradas novas oportunidades de valorização económica, social e ambiental, contribuindo assim para **modelos de desenvolvimento mais sustentáveis para o futuro**.

É por isso importante que **governos, academia e indústria cooperem** e alinhem suas forças, objetivos e incentivos para alcançar metas comuns.

Em **Portugal**, uma nação avassaladoramente marítima, com uma das maiores zonas económicas exclusivas do mundo e uma proposta de extensão de plataforma continental que nos daria uma dimensão colossal e comparável à da Índia ou Rússia, não podemos descurar o conhecimento e

proteção do nosso oceano. Nesse sentido, Portugal tem liderado na governança do oceano e é um dos poucos países do mundo com estratégias nacionais para o oceano. A **Estratégia Nacional para o Mar 2021-2030 (ENM2030)**, atualmente em vigor, é o instrumento de eleição para priorizar, orientar e monitorizar as nossas ações coletivas enquanto sociedade no que diz respeito ao oceano. A ENM2030 tem como propósito potenciar o contributo do mar para a economia do país, a prosperidade e o bem-estar de todos os portugueses, e dar resposta aos grandes desafios da década, reforçando a posição e visibilidade de Portugal no mundo enquanto nação eminentemente marítima. Destacando-se das suas antecessoras, esta estratégia assenta no pilar da saúde oceânica como eixo fundamental para potenciar um **desenvolvimento azul sustentável** para Portugal. Construída em torno de 10 objetivos estratégicos para o país onde o oceano pode ter um papel crucial, elenca 13 áreas prioritárias de intervenção entre as quais a biodiversidade marinha, o seu conhecimento e exploração sustentável têm destaque.

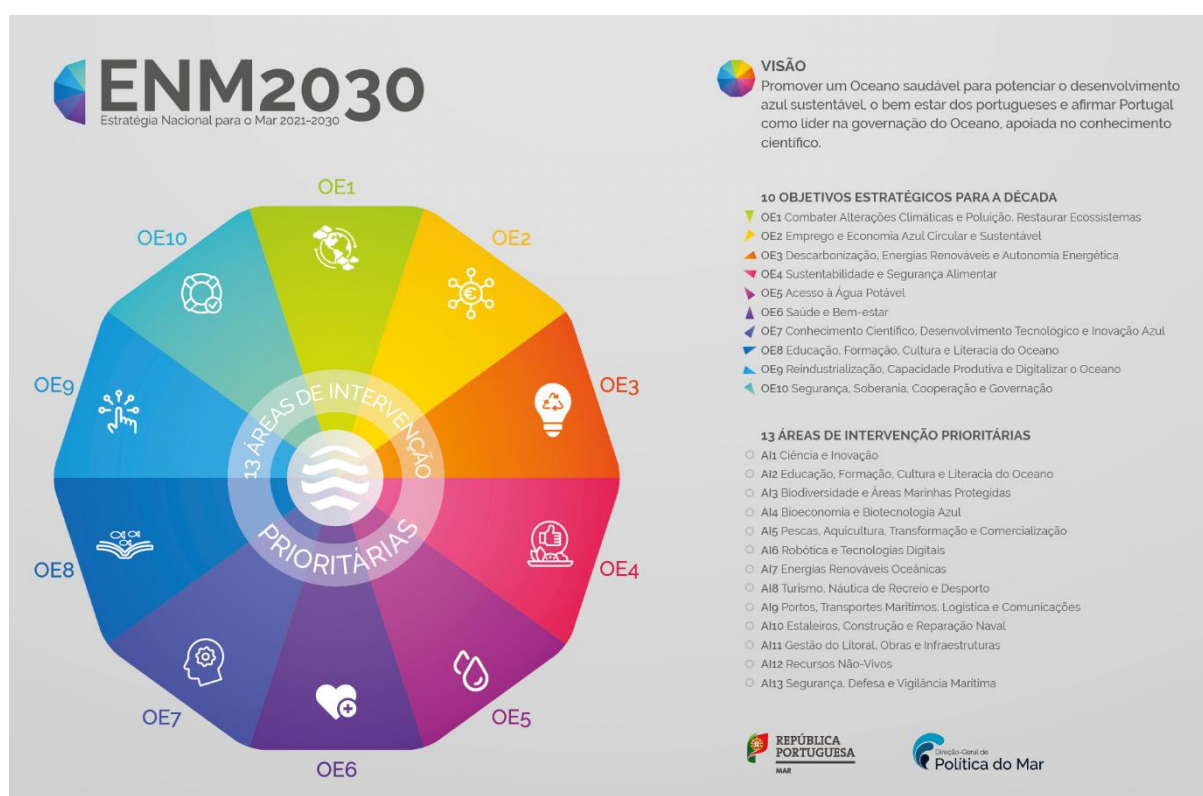


Fig.4: Infografia relativa à Estratégia Nacional para o Mar 2021-2030, in site da DGPM.

É neste contexto que esta palestra decorrerá, procurando demonstrar à audiência as pontes, relações e benefícios mútuos que o conhecimento do microbioma marinho poderá trazer para os diferentes atores na construção de um futuro azul mais sustentável, assente em dados e conhecimento científico e potenciado pela I&D e inovação tecnológica avançada.

## Helena Vieira

ERA CHAIR Chair; CESAM, Department of Environment and Planning, University of Aveiro.



*Helena has over 24 years of experience in academia, industry and political positions. Currently a Senior Coordinator Researcher in Environmental Economics and Sustainable Natural Resources Management at University of Aveiro/CESAM, Portugal. She is responsible for launching the ERA CHAIR BESIDE project and coordinating a new research team, joining natural and socio-economics sciences, to develop further knowledge on environment and ecosystems valorization and sustainable future solutions. Also acting as Chair of the Scientific Committee of the Circular BioBased Europe Joint Union (CBE-JU), a public private partnership between European Commission and the Biobased Industry Consortium (BIC) to promote bioeconomy and circularity models and as Board Member of EU Mission Restore our Oceans and Waters, she bridges the mission implementation between the EU and Portugal. Previously she acted as Director General of Maritime Policy under the Minister of the Sea (XXII Government of Portugal). Author to hundreds of works, including 28 of which indexed in Scopus/WoS, 4 books/chapters, 5 European/National strategies and several legislation documents, 100 conference abstracts/proceedings, 27 opinion articles in national and international press, and an invited speaker and keynote in over 650 conferences and meetings, Helena is a certified diver and loves the ocean.*

## *The Bridges of the Microscopic Marine World in Science, Industry and Politics*



Fig.1: Marine Biodiversity representation. In AORA - ATLANTIC OCEAN RESEARCH ALLIANCE, Marine Microbiome Roadmap, 2020.

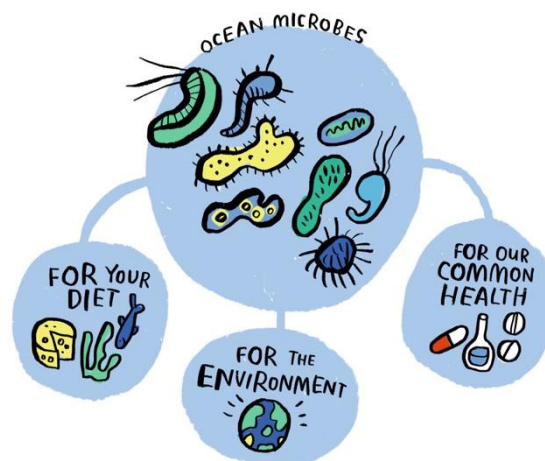
**Marine life** is one of the main pillars of Earth's ecosystems' health and contains the majority of the biodiversity on this planet. Most of this marine life is, however, invisible to the human eye, as it is made up of **microorganisms**, microscopic living beings, with crucial functions as the production of most of the oxygen we breathe, the regulation of geochemical cycles, or the foundation of the ocean's food chain, without which life on Earth would not be possible. In this vastness of the ocean, microorganisms have colonized nearly all environments, including the most extreme ones. The microbial diversity in each of these environments allows us to infer about the evolution of life and oceanic systems over time. We refer to this community of oceanic microorganisms, including all its genetic material, as the **Marine Microbiome**.

Only a small fraction of **marine microbial diversity** has been characterized to date. However, technological

advances in areas such as molecular biology, genetic sequencing (DNA and RNA), and metabolomics, among others, along with advancements in underwater technology and the decreasing associated costs, have revolutionized the current capacity for bioprospecting, monitoring, and studying these microorganisms within complex ecosystems like marine environments.

Although operations for Research and Development (R&D) focused on the marine microbiome are still costly and relatively recent endeavors, the joint efforts of the global scientific community have already provided significant contributions to the structure and **function of the marine ecosystem** and supported the evolution of new methods, technologies, and/or solutions to help protect **human and environmental health**. Examples of these joint megaprojects include the Human Microbiome Project (HMP), the Tara Oceans Expeditions, the Earth Microbiome Project (EMP), and the eDNA analysis associated with the Marine Biological Observation Network. (MBON). The wealth of data derived from this research has led to dramatic revisions of the tree of life and has stimulated entirely new fields of R&D. This work has also led to large-scale and impactful **innovations**, both in terms of technologies, as well as of infrastructures, industrial applications, or even support for political decision-making. **Bioprospecting** supported by advanced technological developments in robotics and ocean engineering, blue biotechnology and advanced molecular biology, digitization and artificial intelligence, decarbonization, and the sustainable exploration of

Fig.2: Key roles of Marine Microbiome. In AORA - ATLANTIC OCEAN RESEARCH ALLIANCE, Marine



marine bioresources inspired by biomimicry, are just a few examples of advancements driven by the joint exploration of the marine microbiome and its potential for a **healthier future**.

In this sense, we can state that **cooperative research and innovation** derived from the marine microbiome "can result in mutual benefits for humanity and the planet, including improving our ability to assess and predict the health and response of ocean ecosystems"; enhancing a deeper understanding of inherent vulnerabilities and risks, including those related to the global climate system; and mitigating the impacts of climate change on the ocean and, consequently, on the planet." The study of marine microorganisms also allows for the development of new tools to enhance ocean resilience, conserve its valuable biodiversity, manage and mitigate risks to protect lives, and help determine social, environmental, and economic priorities. Additionally, in each of these areas, new opportunities for economic, social, and environmental enhancement can be explored, thus contributing to more **sustainable development models for the future**.

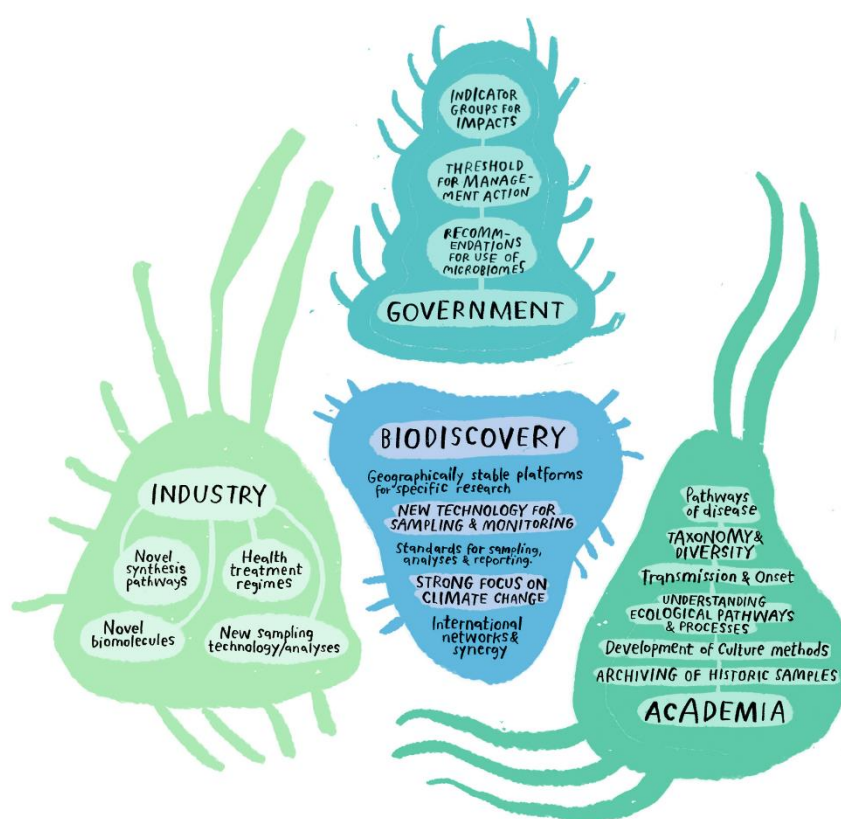


Fig.3: Example of how joint R&D focused on marine microbiome can potentiate the different societal pillars – academia, industry and government. In AORA - ATLANTIC OCEAN RESEARCH ALLIANCE, Marine Microbiome Roadmap, 2020.

That is why it is important for **governments, academia, and industry** to **cooperate** and align their strengths, objectives, and incentives to achieve common goals.

In **Portugal**, an overwhelmingly maritime nation with one of the largest exclusive economic zones in the world, and a proposal for an extended continental shelf that would give us a colossal dimension comparable to that of India or Russia, we cannot overlook the knowledge and protection of our ocean. In this regard, Portugal has taken the lead in ocean governance and is one of the few countries in the world with national strategies for the ocean.

The **National Ocean Strategy 2021-2030 (NOS2030)**, currently in force, is the chosen instrument to prioritize, guide, and monitor our collective actions as a society regarding the ocean. The NOS2030 aims

to enhance the contribution of the sea to the country's economy, the prosperity, and the well-being of all Portuguese people, while addressing the major challenges of the decade, strengthening Portugal's position and visibility in the world as an eminently maritime nation. Standing out from its predecessors, this strategy is based on the pillar of ocean health as a fundamental axis to enhance sustainable blue development for Portugal. Built around **10 strategic objectives** for the country, where the ocean can play a crucial role, it lists 13 **priority areas for intervention**, among which marine biodiversity, its knowledge, and sustainable exploration are highlighted.

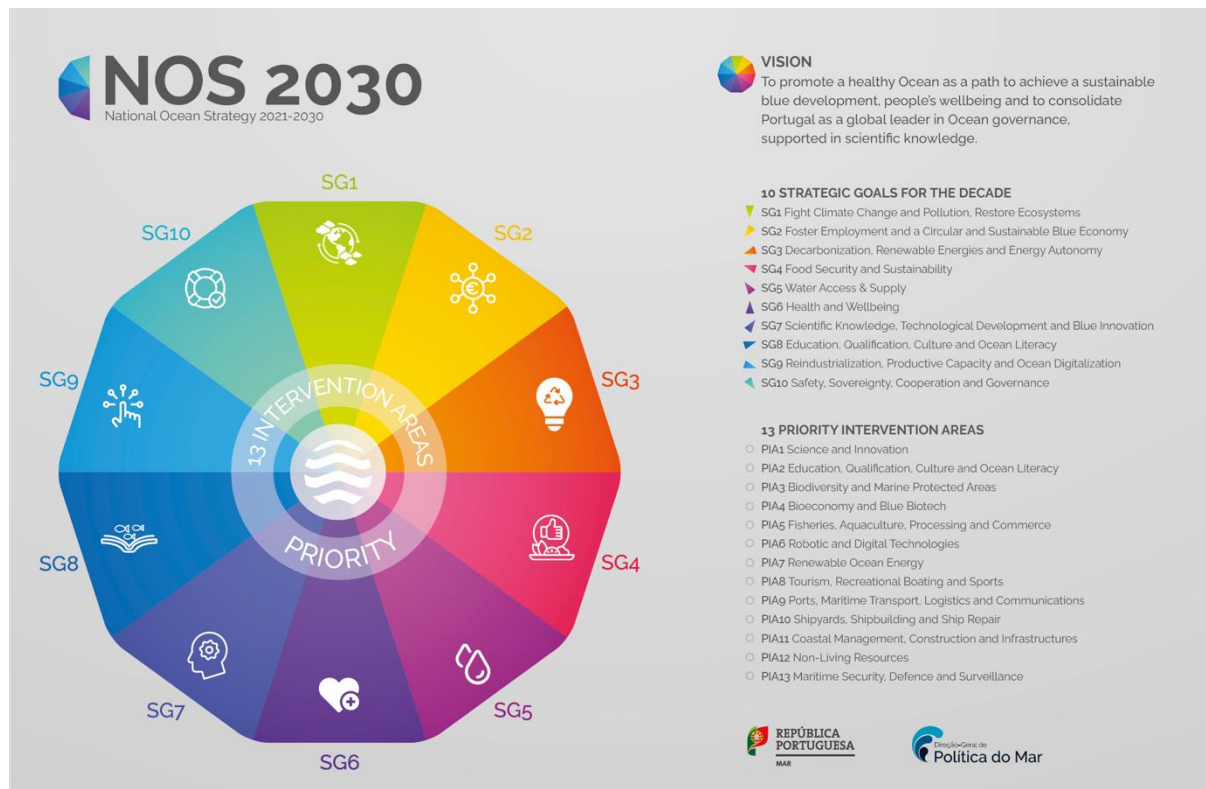


Fig.4: Infographic of National Ocean Strategy 2021-2030, in site da DGPM.

It is in this context that this lecture will take place, seeking to demonstrate to the audience the bridges, relationships, and mutual benefits that knowledge of the marine microbiome can bring to the different stakeholders in building a more sustainable blue future, based on data and scientific knowledge and enhanced by advanced R&D and technological innovation.

## Rodrigo Costa

Professor Associado, Departamento de Bioengenharia, Instituto Superior Técnico (IST), Universidade de Lisboa; Membro do Conselho Editorial da revista Scientific Reports, Embaixador da ISME em Portugal



*Rodrigo Costa é Professor Associado no Departamento de Bioengenharia (DBE) do Instituto Superior Técnico (IST), Universidade de Lisboa. Possui doutoramento em Ciências da Vida pela Universidade Técnica de Braunschweig (Alemanha), foi Investigador Convidado no Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), Universidade da Califórnia em Berkeley, EUA (2019-21), e é membro do conselho editorial da revista Scientific Reports. O Prof. Costa é Embaixador da Sociedade Internacional de Ecologia Microbiana (ISME) em Portugal e fundador do laboratório de Ecologia e Evolução Microbiana (MicroEcoEvo) no iBB-IST. A sua investigação aborda a diversidade e função dos microrganismos em biomas naturais e fabricados - com ênfase nas simbioses Eucariota-Procaríota estudadas com abordagens metagenómicas -, as suas implicações para a saúde de organismos hospedeiros e dos ecossistemas e para a regulação do clima, bem como o seu potencial uso como fontes renováveis de biotecnologias inovadoras.*

## *Discussão em mesa redonda*

As alterações climáticas contemporâneas estão a ter um impacto agudo na biodiversidade e no funcionamento dos ambientes naturais e artificiais, com repercussões nas interações entre organismos, na disponibilidade de recursos, na produção de materiais e biomassa e nos serviços ecossistémicos prestados aos seres humanos. Os microrganismos estão no centro das atenções deste planeta em mudança, uma vez que regem inúmeras vias metabólicas subjacentes à saúde dos seus organismos hospedeiros e do planeta. Espera-se que os actuais avanços no domínio da microbiologia alterem profundamente a forma como gerimos e atenuamos os problemas centrais de ordem ambiental, social e de saúde pública num futuro contexto de economia circular. Na década das ciências do oceano, esta mesa redonda convida académicos e empresários de renome a partilharem as suas perspectivas sobre os desafios e as oportunidades que se avizinham para potenciar a utilização do microbioma oceânico como um pilar para o desenvolvimento sustentável.

## Rodrigo Costa

Associate Professor, Department of Bioengineering, Instituto Superior Técnico (IST), University of Lisbon; Member of the Editorial Board of the journal Scientific Reports, ISME Ambassador in Portugal



*Rodrigo Costa is an Associate Professor at the Department of Bioengineering (DBE) of Instituto Superior Técnico (IST), University of Lisbon. He holds a PhD degree in Life Sciences from the Technical University of Braunschweig (Germany), was an invited Research Scientist at the Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), University of California at Berkeley, USA (2019-2021), and is member of the editorial board of Scientific Reports. Prof. Costa is the Ambassador of the International Society for Microbial Ecology (ISME) in Portugal and founder of the Microbial Ecology and Evolution (MicroEcoEvo) laboratory at iBB-IST. His research addresses the diversity and function of microorganisms in natural and fabricated biomes - with emphasis on Eukaryote-Prokaryote symbioses studied with metagenomics approaches -, their implications to host/ecosystem health and climate regulation, and potential use as renewable sources of innovative biotechnologies.*

## *Roundtable discussion*

Contemporary climate change is acutely impacting the biodiversity and functioning of natural and man-made environments, with spill-over effects on organismal interactions, resource availability, materials and biomass production, and ecosystem services provided to humans. Microorganisms are in the limelight of this changing planet as they govern uncountable metabolic pathways underlying host and planetary health. Current advances in the field of microbiology are expected to profoundly change the way in which we manage and mitigate problems of environmental, societal and public health concern within a future, circular economy framework. In the decade of ocean science, this round table invites leading academics and entrepreneurs to share their horizon-scanning views of the challenges and opportunities ahead to make optimal use the global ocean microbiome as a cornerstone for sustainable development.