Ciência e inovação no mar de Matosinhos

Florestas Marinhas Portuguesas

Portuguese Marine Forests

As florestas de algas marinhas, ou florestas marinhas, são um componente crítico dos ecossistemas vegetados submersos nas águas costeiras em todo o mundo, juntamente com as ervas marinhas. Essas florestas consistem em produtores primários formadores de habitats, incluindo grandes espécies de algas (*Laminaria* spp.) (próxima imagem) e fucóides intertidais (por exemplo, *Fucus* spp. e *Ascophyllum nodosum*).

Marine seaweed forests, or marine forests, are a critical component of submerged vegetated ecosystems in coastal waters globally, along with seagrasses. These forests consist of habitat-forming primary producers, including large canopy species like kelps (*Laminaria* spp.)(next image) and intertidal fucoids (e.g., *Fucus* spp. and *Ascophyllum nodosum*).

Exemplo de Kelp – florestas marinhas formadas por macroalgas no Norte de Portugal. (© Francisco Arenas).

Example of Kelp – macroalgae – forming marine forests in the North of Portugal. (© Francisco Arenas).

Estas algas são dominantes nas costas rochosas entremarés e subtidais rasas e desempenham um papel fundamental na estrutura, biodiversidade e funcionamento dos ecossistemas costeiros. As florestas marinhas fornecem alimento, abrigo e habitat para uma ampla gama de organismos, incluindo predadores de topo (como mamíferos marinhos e aves marinhas), peixes, invertebrados e outras algas

marinhas, sustentando cadeias alimentares complexas e promovendo uma pesca artesanal saudável. Além disso, as florestas marinhas podem reduzir a erosão costeira ao amortecer as ondas e reduzir o movimento de areia e seixos. Eles também servem como depósitos de carbono e estão a ganhar reconhecimento como soluções económicas baseadas na natureza para lidar com algumas das ameaças representadas pelas mudanças climáticas. Estima-se que as florestas marinhas possuam níveis de produtividade primária comparáveis à floresta amazónica. Em Portugal, estas espécies têm sido utilizadas tradicionalmente para fertilizar terrenos agrícolas ("masseiras"), um bom exemplo da transferência de carbono do mar para o solo. Além disso, as florestas marinhas podem ajudar na sobrevivência de espécies sensíveis às alterações climáticas, melhorando as condições ambientais. Em resumo, as florestas de algas marinhas são um capital natural essencial em todas as costas rochosas, com implicações significativas para a conservação e desenvolvimento sustentável.

No Norte de Portugal, as condições oceanográficas únicas criam um habitat adequado para grandes florestas marinhas com algumas espécies de algas encontradas apenas em latitudes mais altas. Na verdade, as florestas de várias espécies adaptadas ao frio, como *Laminaria hyperborea*, *Saccharina latissima*, *Ascophyllum nodosum* e *Fucus serratus*, encontram na costa do norte de Portugal a sua presença mais a sul. Acredita-se que a ressurgência ibérica desempenhe um papel crucial na manutenção dessas comunidades do norte nestas latitudes, fornecendo águas oceânicas frias e enriquecidas em nutrientes durante o verão. No entanto, relatórios recentes sugerem uma extirpação local abrupta e fragmentação das populações, principalmente devido às mudanças climáticas, o que pode resultar numa perda significativa de seus importantes benefícios. É urgente compreender as causas que levam ao seu declínio para promover ações eficazes de gestão e restauração. Estes esforços são especialmente cruciais porque esta região, localizada no noroeste da Península Ibérica, alberga um pool genético único de espécies florestais marinhas em risco de extinção. Projetos do CIIMAR [1] como o Blueforesting [2] visam fornecer orientação científica para promover florestas marinhas sustentáveis e saudáveis nas costas do Atlântico Norte, como soluções de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

They are dominant in intertidal and shallow subtidal rocky coasts and play a key role in the structure, biodiversity, and functioning of coastal ecosystems. Marine

forests provide food, shelter, and habitat for a diverse range of organisms, including apex predators (such as sea mammals and seabirds), fish, invertebrates, and other seaweeds, supporting complex food webs and promoting healthy artisanal fisheries. In addition, marine forests can reduce coastal erosion by buffering waves and reducing the movement of sand and pebbles. They also serve as a carbon sink and are gaining recognition as cost-effective nature-based solutions to address some of the threats posed by climate change. Marine forests have been estimated to possess primary productivity levels that are comparable to the Amazonian rainforest. In Portugal, these species have been used traditionally to fertilize orchards ("masseiras"), a good example of the transfer of carbon from the sea to the soil. Furthermore, marine forests could act as rescuers of climate-sensitive species by improving environmental conditions. In sum, marine seaweed forests are an essential natural capital in all rocky shores, with significant implications for conservation and sustainable development.

In North Portugal, the unique oceanographic conditions create a suitable habitat for large marine forests with some seaweed species only found in higher latitudes. In fact, the southernmost seaweed forests of several cold-adapted species such as *Laminaria hyperborea*, *Saccharina latissima*, *Ascophyllum nodosum*, and *Fucus serratus* are found along the coast of northern Portugal. The Iberian upwelling is believed to play a crucial role in maintaining these northerly communities at these latitudes by providing cold and nutrient-enriched oceanic waters during the summer season. However, recent reports suggest an abrupt local extirpation and fragmentation of populations, mainly due to climate change, which can result in a significant loss of their important benefits. It is urgently necessary to understand the causes driving their decline to promote effective management and restoration actions. These efforts are especially crucial because this region, located in the northwest of the Iberian Peninsula, hosts a unique genetic pool of marine forest species at risk of extinction. CIIMAR [1] projects like Blueforesting [2] aims to provide science-based guidance to foster sustainable and healthy marine forests in North Atlantic seashores, as mitigation and adaptation solutions to climate change.

Recifes Artificiais

Artificial Reefs

Os recifes rochosos naturais são um dos ecossistemas mais variados da Terra e estão a desaparecer rapidamente devido a uma combinação de fatores como pesca predatória, poluição e expansão de infraestruturas costeiras construídas pelo Homem. Regulamentações governamentais mais rígidas podem levar anos para serem implementadas e por isso, a implantação de recifes artificiais pode ser a resposta de curto prazo.

Cientistas do CIIMAR participam de um projeto multidisciplinar Interreg da UE. O projeto 3DPARE (3D Printing Artificial Reefs in the Atlantic) [3] teve como objetivo projetar, implantar e monitorizar unidades de recifes artificiais, adequadas às condições da costa atlântica e fabricadas com tecnologia inovadora de impressão 3D em betão e materiais biorreceptivos adequados e de baixo impacto . Especificamente, queríamos determinar a contribuição de diferentes formulações de betão e desenhadas especificamente para o projeto (furos, túneis e saliências de diferentes tamanhos) na vida marinha.

Na primavera de 2020, o CIIMAR implantou com sucesso nove unidades de recifes artificiais impressos em 3D no fundo do mar, perto da praia de Matosinhos/Porto de Leixões (próxima imagem), com a colaboração das autoridades portuárias (APDL) e mergulhadores profissionais da Multisub. Unidades semelhantes também foram implantadas pelos nossos parceiros de projeto em locais de estudo na Espanha, França e Reino Unido.

Após a implantação, foi realizada a monitorazação biológica subaquática para avaliar a colonização da vida marinha nas unidades de recife. Descobrimos que a vida marinha colonizou as unidades de recife apenas um dia após a implantação com várias espécies de peixes, caranguejos e polvos tornando esses recifes o seu novo lar. Dois anos após a implantação, muito mais espécies colonizaram as unidades de recife, e a biodiversidade atingiu o mesmo nível, ou até mais, do que o recife rochoso natural próximo. Além disso, descobrimos que a incorporação de diferentes recursos estruturais (possíveis pela tecnologia de impressão 3D), como buracos e túneis, é muito importante para apoiar uma comunidade diversificada de vida marinha.

Em resumo, este estudo piloto foi um sucesso, os recifes artificiais podem aumentar a biodiversidade local, incluindo peixes comerciais, e criar um ambiente atraente para atividades como mergulho, beneficiando assim a pesca local e as comunidades de mergulho. Com o conhecimento obtido, esperamos informar os gestores ambientais e engenheiros costeiros para incorporar recifes artificiais, ou pelo menos algumas das suas características estruturais, em novas infraestruturas costeiras.

Natural rocky reefs are one of the most varied ecosystems on Earth, and they are quickly disappearing due to a combination of factors such as overfishing, pollution and expansion of coastal infrastructure. However, stricter government regulations could take years to implement. The deployment of artificial reefs may be the short-term answer.

Marine scientists from CIIMAR have been awarded a multidisciplinary EU Interreg project. The 3DPARE project (3D Printing Artificial Reefs in the Atlantic) [3] aimed to design, deploy and monitor artificial reef units, suitable for Atlantic coastal conditions, and fabricated using innovative concrete 3D printing technology and suitable, low impact, bio-receptive materials. Specifically, we wanted to determine the contribution of different concrete formulations and design features (holes, tunnels and overhangs of different sizes) on marine life.

In the Spring of 2020, CIIMAR successfully deployed nine 3D printed artificial reef units on the seabed, close to Matosinhos beach/Port of Leixões (next image). This was done with the collaboration of the harbour authorities (APDL) and professional divers from Multisub. Similar units were also deployed by our project partners at study sites in Spain, France and the UK.

After deployment, underwater biological monitoring was carried out to assess the colonization of marine life on the reef units. Quite incredibly, we found that marine life colonised the reef units already just one day after deployment with several fish species, crabs and octopus making these reefs their new home. Two years after deployment, many more species colonized the reef units, and biodiversity was up to the same level, or even higher, then that of the nearby natural rocky reef. Also, we found that the incorporation of different structural features (made possible by the 3D printing technology), such as holes and tunnels, is very important to support a diverse community of marine life.

In summary, this pilot study has been a success, artificial reefs can boost local biodiversity, including commercial fish, and create an attractive environment for activities such as diving, thereby benefiting local fisheries and diving communities. With our obtained knowledge we hope to inform environmental managers and coastal engineers to incorporate artificial reefs, or at least some of their structural features, into new coastal infrastructure.

Implantação de recife artificial na baía de Matosinhos, CIIMAR, abril de 2020. (© Pieter van der Linden).

Artificial Reef deployment in Matosinhos Bay, CIIMAR, April 2020. (© Pieter van der Linden).

Ilhas flutuantes

Floating Islands

Os componentes estruturais das FWIs incluem vegetação emergente de zonas húmidas que são colocadas num meio de suporte ou estrutura flutuante e um sistema de ancoragem. As plantas são essenciais para o tratamento de água, pois fornecem a estrutura que promove muitos processos de remoção, incluindo aqueles associados a comunidades microbianas. Por exemplo, Calheiros et al. (2020) avaliaram o estabelecimento e desempenho de uma plataforma flutuante de cortiça com uma policultura de plantas na marina do Porto de Leixões (*Sarcocornia perennis*, *Juncus maritimus*, *Phragmites australis*, *Halimione portulacoides*, *Spartina maritima*, *Limonium vulgare*). A possível aplicação de FWI em marinas de água salgada para apoiar uma estratégia de promoção da biodiversidade, bem como melhoria da qualidade da água, requer uma seleção e estabelecimento adequados das espécies de plantas e resiliência estrutural da plataforma neste ambiente hostil, onde salinidade, influência das marés e ondas tem que ser considerado.

As ilhas flutuantes (FWI) são uma variante inovadora das tradicionais zonas húmidas construídas, sendo consideradas uma solução baseada na natureza. São ecossistemas artificiais que pretendem mimetizar os processos depurativos que ocorrem naturalmente nas zonas húmidas, com base em processos de fitorremediação. As suas principais aplicações têm sido relacionadas com o tratamento de águas pluviais, esgotos, águas eutróficas de lagos e reservatórios de abastecimento de água, ou seja, não marinhos, apresentando bons resultados na redução dos níveis de nutrientes e outros tipos de poluentes. No entanto, existe um grande potencial inexplorado para aplicação de FWI em outras situações, como marinas, atuando como áreas de amortecimento ambiental promovendo a reabilitação de ecossistemas e melhoria da qualidade da água, fornecendo serviços ecossistémicos adicionais, além de uma integração estética favorável.

Considerando o propósito fundamental de saúde pública e proteção ambiental, as FWIs surgem como uma opção in situ interessante, robusta e ambientalmente correta para promover o restauro de áreas degradadas, a melhoria da qualidade da água e a promoção da biodiversidade, uma vez que são necessárias soluções viáveis e eficientes. Mais dados sobre sua implementação e resultados operacionais são cruciais para o sucesso da aplicação dessa tecnologia, uma vez que a eficiência do tratamento varia entre os sistemas que usam diferentes plantas e configurações.

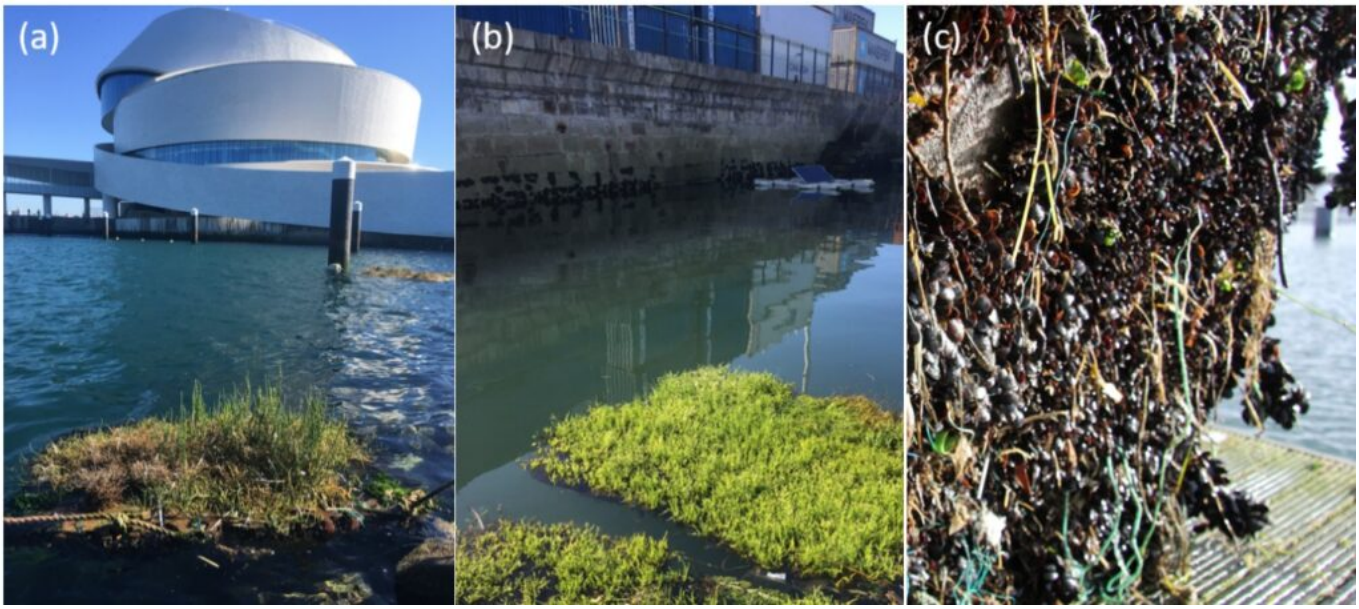
Nas marinas do Porto de Leixões foram implementados sistemas à escala piloto (próximas imagens: a,b). Está sendo avaliada a resiliência da plataforma às condições ambientais (salinidade, marés e ondas); estabelecimento e desenvolvimento da vegetação; e identificação e estabelecimento de comunidades bióticas (micro e macro) (próxima imagem: c).

Floating wetlands islands (FWI) are an innovative variant of the traditional constructed wetlands, being considered a nature-based solution. They are man-made ecosystems that intent to mimic the depurative processes that naturally occur in wetlands, based in phytoremediation processes. Their main applications have been related with the treatment of stormwater, sewage, eutrophic lake waters and water supply reservoirs i.e. non-marine, showing good results regarding reduction of nutrients levels and other types of pollutants. However, there is a great unexplored potential for FWI application in other situations, such as marina, acting as environmental buffer areas promoting ecosystem rehabilitation and water quality enhancement, providing additional ecosystem services, besides favorable aesthetic integration.

The structural components of FWIs include, emergent wetland vegetation growing on a support media or floating structure and an anchoring system. Plants are essential to the water treatment performance since they provide the structure that fosters many removal processes, including those associated with microbial communities. For example, Calheiros et al. (2020) evaluated the establishment and performance of a cork floating platform with a polyculture in Leixões Port marina (*Sarcocornia perennis*, *Juncus maritimus*, *Phragmites australis*, *Halimione portulacoides*, *Spartina maritima*, *Limonium vulgare*). The possible application of FWI in seawater marina to support a strategy of biodiversity promotion as well as water quality enhancement requires a proper selection and establishment of the plant species and structural resilience of the platform in this harsh environment, where salinity, tidal influence, and waves have to be considered.

Considering the fundamental purpose of public health and environmental protection, FWIs arise as an interesting, robust and environmentally friendly on-site option to promote restoration of degraded areas, water quality improvement and biodiversity promotion, since feasible and efficient solutions are needed. More data regarding its implementation and operational results is crucial for the successful

application of this technology, since the treatment efficiency varies among systems using different plants and designs. Pilot scale systems have been implemented at Porto the Leixões marinas (next images: a,b). It is being assessed the platform resilience to the environmental conditions (salinity, tides, and waves); vegetation establishment and development; and biotic (micro and macro) communities' identification and establishment (next image: c).



Ilha flutuante (a) no terminal da marina de cruzeiros do Porto de Leixões, (b) na Marina do Porto Atlântico, (c) biodiversidade associada. (© Cristina Calheiros).

Floating wetland (a) at Leixões Porto cruise marina terminal, (b) at Porto Atlântico Marina, (c) associated biodiversity. (© Cristina Calheiros).

Biorremediação de derramamentos de óleo: ferramentas biotecnológicas para recuperação de ecossistemas

Bioremediation of Oil Spills: Biotechnological Tools for Ecosystem Recovery

Derrames de petróleo e combustíveis marítimos colocam seriamente em risco os

ecossistemas marinhos, levando a grandes perdas de vida marinha e impactando a saúde humana. Dado o alto tráfego marítimo e o volume de combustível transportado, as áreas portuárias são muito suscetíveis a esses derrames, que podem ocorrer durante o carregamento, descarregamento e abastecimento. Os portos também podem sofrer poluição crónica, pois pequenos vazamentos e perdas desses contaminantes ao longo dos anos podem levar à sua acumulação nos sedimentos e na água. As respostas de primeira linha a derrames de petróleo e combustível marítimo dentro dos portos são semelhantes às empregadas perto da costa e geralmente incluem tecnologias físicas (por exemplo, queima controlada; absorção) e químicas (por exemplo, dispersão) para remoção dos hidrocarbonetos, tendo cada porto o seu plano de contingência adicional e protocolos de remediação. Esses tratamentos são importantes para controlar rapidamente a difusão e deriva do derramamento, mas não são adequados para a restauração ecológica. A biorremediação tem se mostrado uma alternativa ecológica aos protocolos de remediação tradicionais, pois a adição de nutrientes (bioestimulação) ou microrganismos degradadores eficientes (bioaumento) pode potencializar a degradação de poluentes. A utilização de microrganismos nativos é altamente vantajosa, pois eles adaptam-se melhor ao ambiente afetado, levando a uma maior eficiência na degradação de hidrocarbonetos complexos. Essa técnica evita os impactos ecológicos imprevisíveis que a introdução de organismos não nativos em um determinado ambiente pode causar.

Os investigadores do CIIMAR têm estado envolvidos em vários projetos nacionais e internacionais na área da biorremediação, no âmbito do desenvolvimento de abordagens inovadoras para a limpeza de derrames de hidrocarbonetos. Mais de 800 bactérias degradadoras de hidrocarbonetos foram isoladas da costa noroeste da Península Ibérica (Bôto et al., 2021), para futura utilização na biorremediação de derrames de petróleo em áreas geográficas específicas. Estas bactérias encontram-se criopreservadas numa biblioteca georreferenciada que faz parte da Coleção de Culturas Microbianas do CIIMAR (CM2C) (próxima imagem).

Algumas dessas bactérias já foram utilizadas para otimizar as condições de produção de biomassa, levando à formulação de um produto microbiano liofilizado (Perdigão et al., 2021) para aplicação em cenários de derrames de petróleo.

Spills of oil and maritime fuels endanger seriously marine ecosystems, leading to

high losses of marine life and impacting human health. Given the high marine traffic and volume transported, port areas are very susceptible to these spills, which can occur during loading, discharging and bunkering. Ports can also suffer from chronic pollution, as small leakages and losses of these contaminants throughout years can lead to their accumulation in sediments and water. First-line responses to oil and maritime fuel spills inside ports are similar to those employed near shore and usually include physical (e.g., controlled burning; absorbing) and chemical (e.g., dispersing) technologies for removal of oil, having each port their additional contingency plan and remediation protocols. These treatments are important to rapidly control the diffusion and drift of the spill, but are not suitable for ecological restoration. Bioremediation has proven to be an ecological alternative to traditional remediation protocols, as the addition of nutrients (biostimulation) or efficient degrading microorganisms (bioaugmentation) can enhance pollutants degradation. The use of native microorganisms is highly advantageous because they are better adapted to the affected environment, leading to a better efficiency in the degradation of complex hydrocarbons. This technique avoids the unpredictable ecological impacts that the introduction of non-native organisms into a particular environment can cause.

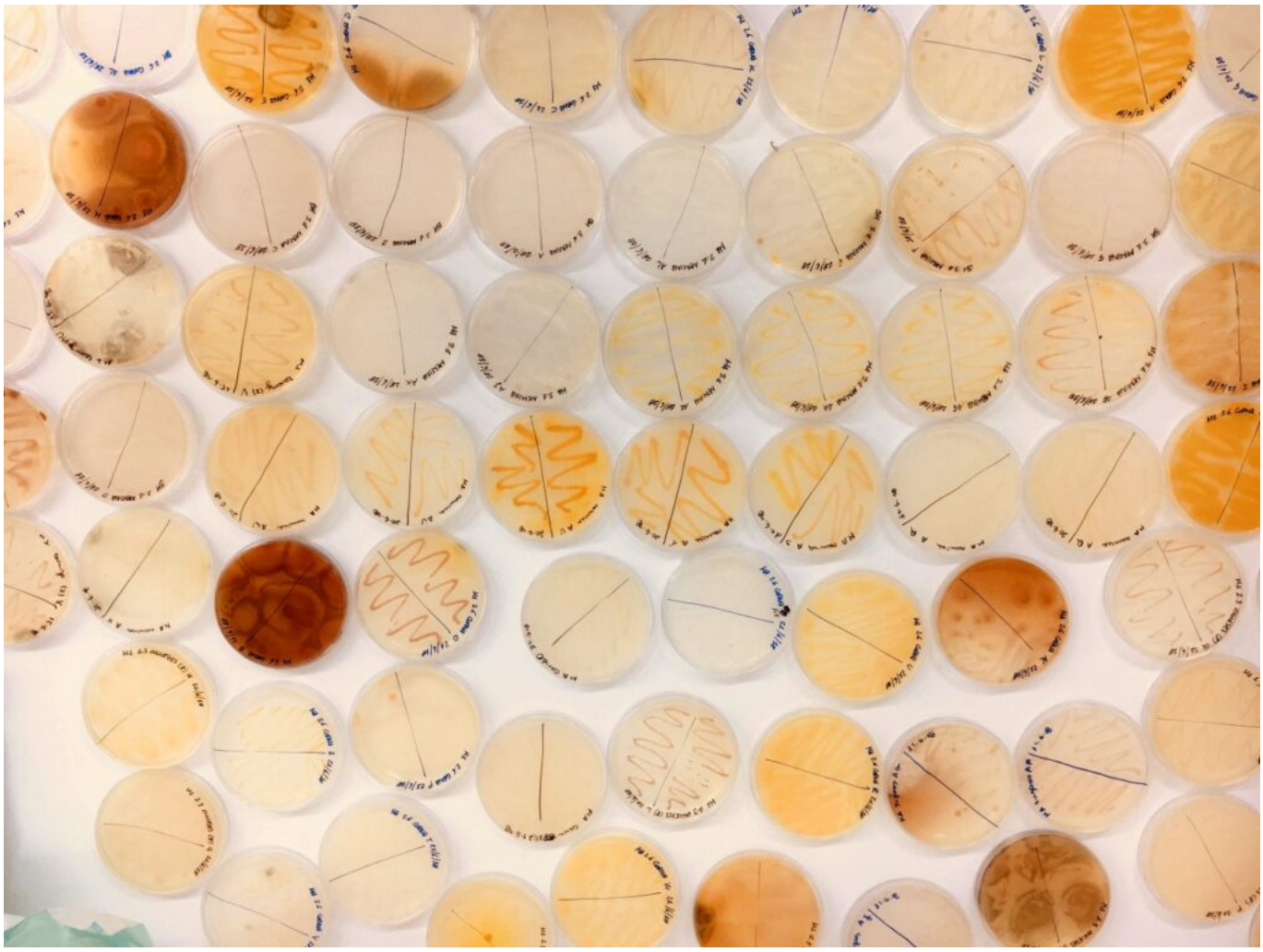
Researchers from CIIMAR have been involved in several national and international projects within the bioremediation topic, regarding the development of innovative approaches to oil spills cleaning. More than 800 hydrocarbon-degrading bacteria were isolated from the NW Iberian Peninsula coast (Bôto et al., 2021), for future use in bioremediation of oil spills in specific geographic areas. These bacteria are cryopreserved in a georeferenced library that is part of the CIIMAR Microbial Culture Collection (CM2C) (next image).

Some of these bacteria were already used to optimize the conditions for biomass production, leading to the formulation of a lyophilized microbial product (Perdigão et al., 2021) for application in oil spill scenarios.

Bactérias degradadoras de hidrocarbonetos isoladas da costa noroeste da Península Ibérica e preservadas na Coleção de Cultura Microbiana do CIIMAR (CM2C). (© Ana Paula Mucha).

Hydrocarbon-degrading bacteria isolated from the NW Iberian Peninsula coast and

preserved at CIIMAR Microbial Culture Collection (CM2C). (© Ana Paula Mucha).



Revestimentos anti-incrustantes ecologicamente corretos

Eco-Friendly Antifouling Coatings

O estabelecimento de novas comunidades biológicas em substratos vivos ou não vivos submersos no ambiente marinho é um processo natural e crucial para a prosperidade dos ecossistemas marinhos. No entanto, quando esse processo de assentamento de micro e macroorganismos aderentes (bioincrustação) ocorre em

estruturas artificiais feitas pelo Homem, pode representar um problema significativo, reduzindo a sua eficiência ou danificando estruturas, elevando custos para diversas operações e indústrias relacionadas com o mar. A bioincrustação marinha pode ocorrer em cascos de navios, redes de pesca, sistemas de aquacultura, dispositivos e plataformas de energia offshore, tubagens de captação de água e permutadores de calor, entre outros, tornando-se um desafio complexo a uma escala global.

A prevenção da bioincrustação baseia-se principalmente no uso de tintas e revestimentos anti-incrustantes à base de substâncias biocidas (como cobre e biocidas de reforço) que apresentam efeitos nocivos no meio ambiente. Para a substituição dos biocidas atualmente em uso em revestimentos anti-incrustantes, esforços de investigação de novos agentes anti-incrustantes ambientalmente amigáveis têm surgido. Tal considera a aplicação de produtos naturais marinhos ou análogos sintéticos como estratégias mais ambientalmente compatíveis para prevenir eficientemente a fixação de organismos marinhos bioincrustantes (Almeida & Vasconcelos, 2015).

Os investigadores do CIIMAR procuram alternativas inovadoras aos agentes anti-incrustantes agressivos em uso, explorando novos produtos naturais produzidos por cianobactérias e compostos sintéticos inspirados na natureza para alcançar eco-estratégias anti-incrustantes eficientes baseadas em novos produtos alternativos compatíveis com o meio ambiente.

Através de diferentes projetos de investigação (e.g. NASCEM, NIAF, ATLANTIDA), os investigadores do CIIMAR já identificaram vários compostos promissores com potencial anti-incrustante (Almeida et al, 2018; Antunes et al., 2019). Alguns desses compostos estão agora em processo de validação de prova de conceito em condições de laboratório e de campo para avaliar a eficácia, após serem incorporados em diferentes matrizes e formulações de revestimentos (próxima imagem). Espera-se que esta investigação contribua para uma nova geração de revestimentos anti-incrustantes mais ecológicos.

The establishment of new biological communities in either living or non-living substrates submerged in the marine environment is a natural and crucial process for the prosperity of marine ecosystems. However, when this process of settlement

of adherent micro and macro-organisms (*biofouling*) occurs in man-made artificial structures, it might represent a significant issue by reducing their efficiency or damaging structures, raising costs to several marine-related operations and industries. Marine biofouling can occur in ship hulls, fishing nets, aquaculture systems, offshore energy devices and platforms, water intake pipes, and heat exchangers, among others, becoming a complex global-scale challenge.

The prevention of biofouling (*antifouling*) mainly relies on the use of antifouling paints and coatings based on biocidal substances (as copper and booster biocides) posing harmful effects to the environment. To the replacement of biocides currently in use in antifouling coatings, research efforts on new eco-friendly antifouling agents have been arising considering marine natural products or synthetic analogues application as more environmentally compatible strategies to efficiently prevent the attachment of marine biofouling organisms (Almeida & Vasconcelos, 2015).

Researchers from CIIMAR (Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research, University of Porto, Portugal) are devoted to find innovative alternatives to the aggressive antifouling agents in use, by exploiting new natural products produced by cyanobacteria and nature-inspired synthetic compounds to reach eco-efficient antifouling strategies based on new alternative environmentally compatible products.

Through different research projects that have been financed (e.g. NASCEM, NIAF, ATLANTIDA), CIIMAR researchers have already identified several promising compounds with antifouling potential (Almeida et al, 2018; Antunes et al., 2019). Some of these compounds are now in process of proof-of-concept validation in lab and field conditions for efficacy, after being incorporated in different coating matrices and formulations (next image). This research is expected to contribute to a new generation of more eco-friendly antifouling coatings.

Experiências in situ de protótipos de tintas anti-incrustantes no Porto de Leixões, no âmbito de projetos de investigação do CIIMAR, e exemplos de diferentes padrões de colonização dependentes das formulações de tintas. (© Joana Reis de Almeida).

In situ experiments of antifouling coatings prototypes in Leixões Port, in the scope

of CIIMAR research projects, and examples of different patterns of colonization dependent on the coatings formulations. (© Joana Reis Almeida).

IMAGEM INICIAL | *O CIIMAR situa-se no Terminal de Cruzeiros do Porto, no porto de Leixões. (© CIIMAR).*

HEAD IMAGE | *The CIIMAR located in the Porto Cruise terminal, at Leixões port. (© CIIMAR).*

NOTAS

NOTES

[1] Com sede no edifício do Terminal de Cruzeiros no Porto de Leixões, o Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental – CIIMAR desenvolve, a partir de Matosinhos, investigação em inovação marinha com impacto internacional, nacional e regional. A deposição de recifes artificiais, a utilização de ilhas artificiais e de microrganismos nativos para remoção de contaminantes como derramamentos de óleo e o desenvolvimento de soluções amigas do ambiente para substituir tintas biocidas em estruturas marítimas, são alguns exemplos de soluções de recuperação do ecossistema costeiro atualmente em desenvolvimento pelos investigadores do CIIMAR.
[2] https://blueforesting.com/.
[3] https://www.giteco.unican.es/proyectos/3dpare/index.html/.

[1] Based in the Cruise Terminal building in Leixões's Port, the Interdisciplinary Center for Marine and Environmental Research – CIIMAR develops, out of Matosinhos, research in marine innovation with international, national and regional impact. The deposition of artificial reefs, the use of artificial islands and native microorganisms to remove pollutants such as oil spills and the development of environmentally friendly solutions to replace biocide paints in maritime structures, are some examples of solutions for the recovery of the coastal ecosystem currently under development by CIIMAR researchers.
[2] https://blueforesting.com/.
[3] https://www.giteco.unican.es/proyectos/3dpare/index.html/.

REFERÊNCIAS

REFERENCES

Almeida JR, Vasconcelos V. 2015. Natural antifouling compounds: Effectiveness in preventing invertebrate settlement and adhesion. Biotechnology Advances 33(3-4):343-57. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2015.01.013/.

Almeida, JR, Moreira, J, Pereira, D, Pereira, S, Antunes, J, Palmeira, A, Vasconcelos, V, Pinto, M, Correia-da-Silva, M, Cidade, H. 2018. Potential of Synthetic Chalcone Derivatives to Prevent Marine Biofouling. Science of the Total Environment 643, 98–106. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.169/.

Antunes J, Pereira S, Ribeiro T, Plowman JE, Thomas A, Clerens S, Campos A, Vasconcelos V, Almeida JR. 2019. A Multi-Bioassay Integrated Approach to Assess the Antifouling Potential of the Cyanobacterial Metabolites Portoamides. Marine Drugs 17(2):111. DOI: https://doi.org/10.3390/md17020111/.

Bôto ML, Magalhães C, Perdigão R, Alexandrino DAM, Fernandes JP, Bernabeu AM, Ramos S, Carvalho MF, Semedo M, LaRoche J, Almeida CMR, Mucha AP. 2021. Harnessing the Potential of Native Microbial Communities for Bioremediation of Oil Spills in the Iberian Peninsula NW Coast. Frontiers in Microbiology 12:879. DOI: https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.633659/.

Calheiros C. S. C., Carecho J., Tomasino M. P., Almeida C. M. R., A. P. Mucha. 2020. Floating wetland islands implementation and biodiversity assessment in a port marina. Water. 12:3273. DOI: https://doi.org/10.3390/w12113273/.

Perdigão R, Almeida CMR, Magalhães C, Ramos S, Carolas AL, Ferreira BS, Carvalho MF, Mucha AP. 2021. Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons in Seawater: Prospects of Using Lyophilized Native Hydrocarbon-Degrading Bacteria. Microorganisms 9 11:2285. DOI: https://doi.org/10.3390/microorganisms911228/.