



**2º Encontro de Pós-doutorandos  
do Instituto Oceanográfico da  
USP**



**INSTITUTO  
OCEANOGRÁFICO**  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**CADERNO DE RESUMOS 2025**



**INSTITUTO OCEANOGRÁFICO  
COMISSÃO DE PESQUISA E INOVAÇÃO**

**CADERNO DE RESUMOS DO 2º EPD - IOUSP 2025**

**SÃO PAULO  
27 e 28 de maio de 2025**

## **Comissão Organizadora**

Prof. Dr. Miguel Mies

*Presidente da Comissão Organizadora*

Profa. Dra Silvia Helena de Mello e Sousa

*Presidente da Comissão de Pesquisa e Inovação - IOUSP*

Profa. Dra. Claudia Akemi Pereira Namiki

Pesquisadora de Pós-doutorado Dra. Carolina Siliprandi

Oceanógrafo Ian Ikeda Pereira Ramos Camargo de Almeida

MSc. Ademildes Maria Paviglione

## **Revisão textual e Diagramação**

Carolina Siliprandi

Instituto Oceanográfico da USP

[www.io.usp.br](http://www.io.usp.br)

Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

Praça do Oceanográfico, 191 - CEP: 05508-120

Cidade Universitária, São Paulo (SP) - Brasil



## Prefácio

Nos dias 27 e 28 de maio de 2025, será realizada a segunda edição do Encontro de Pós-Doutorandos do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. Este é um momento de grande satisfação para a comunidade do IO-USP visto que se trata de um evento voltado exclusivamente aos pós-doutorandos, profissionais que desempenham papel central na produção científica do país. Trata-se de uma iniciativa institucional que reconhece o esforço contínuo desses pesquisadores, que se dedicam intensamente à geração de conhecimento de excelência. Nada mais justo, portanto, que tenham um espaço próprio para celebração e visibilidade — e, idealmente, que esse tipo de iniciativa se repita com frequência cada vez maior.

Refletindo os valores acadêmicos do IO-USP, as apresentações do evento revelam elevado rigor técnico e uma notável diversidade temática. As distintas áreas da oceanografia — biológica, física, geológica, química e social — estão amplamente representadas, com contribuições que dialogam entre si de maneira multidisciplinar. Além das valiosas participações dos pós-doutorandos da casa, o evento contará também com a presença de Jéssica Caçador, psicanalista que discutirá a importância da saúde mental no ambiente acadêmico.

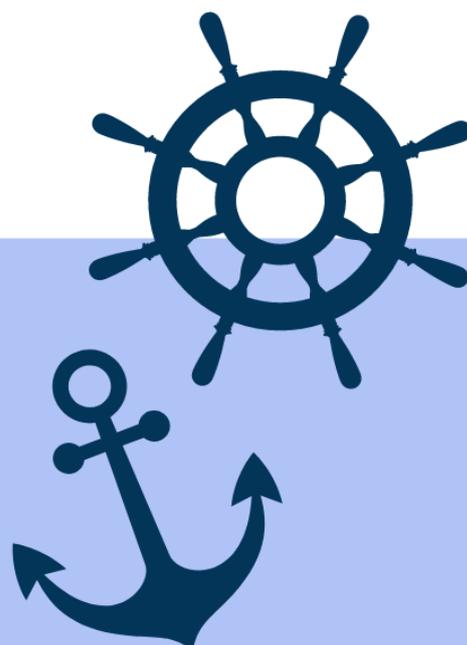
Registro aqui meus parabéns aos pós-doutorandos do IO-USP, bem como à diretoria e ao corpo técnico-administrativo, que deram suporte essencial à Comissão Organizadora na construção de um evento de alto nível e profissionalismo.

Desejo a todos um excelente 2º Encontro de Pós-Doutorandos do IO-USP!

**Prof. Dr. Miguel Mies**

*Laboratório de Recifes de Corais e Mudanças Climáticas - IOUSP*

*Presidente da Comissão Organizadora do 2º EPD - IOUSP*



## Sumário

Mapeamento da diversidade microbiana em sedimentos marinhos da Bacia de Santos .....	7
Mapeando o Microbioma da Bacia de Santos Através do Uso de Machine Learning e do Desenvolvimento de Plataforma de Busca Integrada à Banco de Dados Genéticos.....	8
Microbioma planctônico da Bacia de Santos .....	9
Dinâmica do Microfitoplâncton em Alta Resolução Temporal em um Estuário Tropical e Bem Misturado .....	10
Classificação de plâncton por redes neurais em conjuntos desbalanceados .....	11
Particle size distribution and carbon flux hotspots across the Amazon River Plume .....	12
Os sítios de restauração de corais estão condenados? Episódios de estresse térmico, turbidez e profundidade como critérios para avaliar a adequação dos atuais locais de restauração de corais .....	13
Luz como Limite: Redefinindo Ecossistemas Mesofóticos em Nível Global .....	14
Aplacophora-Caudofoveata (Mollusca) da costa brasileira: Avanços no conhecimento ecológico e em protocolos moleculares.....	15
Deep-sea cold coral polyp monitoring and 3D bank reconstruction in the Bacia de Campos, Brazil .....	16
Sinais climáticos em otólitos de sardinha das últimas 6 décadas: o incremento em peso no decorrer do tempo .....	17
Mioglobinas e luciferases na evolução do mecanismo bioluminescente de peixes-dragão Stomiidae (Teleostei: Stomiiformes) .....	18
Indicadores ecossistêmicos para avaliar e monitorar os impactos de eólicas offshore em ambientes bentônicos.....	19
Respostas <i>bottom-up</i> em comunidades recifais da ilha de Santa Helena durante períodos de El Niño.....	20
Análise da Célula Abissal da Circulação de Revolvimento Meridional no Atlântico Sul a Partir de Modelos e Observações .....	21
Avaliação dos impactos no Sistema Estuarino de Santos devido às mudanças climáticas.....	22
Análises isotópicas e elementares em foraminíferos na região da Bifurcação de Santos .....	23



Foto: Michel Michaelovitch de Mahiques

## Mapeamento da diversidade microbiana em sedimentos marinhos da Bacia de Santos

Francielli V. Peres\*<sup>1</sup>; Natascha M. Bergo<sup>1</sup>; Flávio M. da Silva<sup>1</sup>; Célio R. Jonck<sup>2</sup>; Vivian H. Pellizari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Oceanografia Biológica, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil;

<sup>2</sup>Centro de Pesquisa Leopoldo Américo Miguez de Mello/Petrobras, Brasil.

\*francielliperes@usp.br

### Resumo

Os sedimentos marinhos constituem um ambiente altamente dinâmico, moldado por complexas interações entre fatores abióticos e bióticos. Os microrganismos que habitam esse ecossistema podem ser encontrados desde a superfície até em grandes profundidades no assoalho oceânico, desempenhando papéis fundamentais na ciclagem de carbono e de outros elementos. Compreender a complexidade desses ambientes exige um conhecimento mais detalhado da diversidade e funcionamento das comunidades microbianas locais e espacialmente distribuídas. Para alcançar esse objetivo, foram analisadas 74 amostras de sedimento superficial (0–2 cm) da Bacia de Santos (BS), distribuídas em 8 transectos, através do sequenciamento do gene 16S rRNA na plataforma *Illumina MiSeq*. A análise dos dados demonstrou grande diversidade de microrganismos, com o total de 35.090 *amplicon sequence variants* (ASVs). Bactérias representaram 94,05% e arqueias 5,94% das comunidades microbianas. Os filos mais abundantes foram Proteobacteria, Crenarchaeota, Planctomycetota e Acidobacteriota. Entre as classes, Alphaproteobacteria predominou em todas as amostras, seguida por Nitrososphaeria, Gammaproteobacteria e Planctomycetes. Os índices de riqueza (Chao1) e diversidade (Shannon) indicaram diferenças significativas entre as profundidades amostradas e entre as áreas de plataforma continental, Platô de São Paulo e talude, com os maiores valores observados nas áreas de plataforma. Não houve diferença significativa entre os transectos (*Two-way ANOVA*,  $p > 0,05$ ). Esses dados corroboram com a Análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrico (nMDS), que demonstrou o agrupamento das comunidades microbianas por profundidade e por área da margem continental coletada (Permanova,  $p < 0,05$ ). Esses resultados sugerem que fatores ambientais relacionados ao aumento da profundidade da coluna d'água e distância em relação à costa possuem grande influência sobre a composição das comunidades microbianas. Nosso estudo permitiu uma investigação em larga escala da diversidade microbiana presente no sedimento em diferentes áreas da SB, contribuindo para a elucidação do papel dos microrganismos nos processos ecossistêmicos e contribuindo para uma gestão ambiental sustentável.

**Palavras-chaves:** Diversidade Microbiana; Sedimento Marinho; Bacia de Santos

---

## Mapeando o Microbioma da Bacia de Santos Através do Uso de Machine Learning e do Desenvolvimento de Plataforma de Busca Integrada à Banco de Dados Genéticos

Flúvio M da Silva\*<sup>1</sup>, Julio C F Moreira<sup>1</sup>, Danilo C Vieira<sup>1</sup>, Maria Nascimento<sup>1</sup>, Natascha M Bergo<sup>1</sup>, Francielli V Peres<sup>1</sup>, Gustavo Fonseca<sup>2</sup>, Rebeca GM Lizárraga<sup>1</sup>, Diana C Duque-Castaño<sup>1</sup>, Alice de M Emilio<sup>1</sup>, Augusto M Amendola<sup>1</sup>, Renato G Romano<sup>1</sup>, Mateus G Chuqui<sup>1</sup>, Fabiana da S Paula<sup>2</sup>, Daniel L Moreira<sup>3</sup>, Célio R Jonck<sup>3</sup>, Amanda Bendia<sup>1</sup>, Frederico P Brandini<sup>1</sup>, Vivian H Pellizari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo

<sup>2</sup>Instituto do Mar, Universidade Federal de São Paulo

<sup>3</sup>Centro de Pesquisa PETROBRAS, CENPES

\*fluvio@usp.br

### Resumo

A Bacia de Santos (BS), principal região de exploração *offshore* de petróleo no Brasil, abriga um microbioma marinho crítico para ciclos biogeoquímicos e respostas a impactos antrópicos. Este trabalho combina duas abordagens complementares para decifrar sua diversidade microbiana e funcional. Na primeira etapa, foi aplicado um *framework* híbrido de *machine learning* (SOM + Random Forest) a dados de sequenciamento de *amplicon* do gene para o RNAr 16S e parâmetros oceanográficos (2019–2021), identificando cinco associações microbianas estratificadas por profundidade (86% de acurácia). Comunidades epipelágicas foram caracterizadas pela forte influência da temperatura, enquanto batipelágicas responderam a salinidade e densidade, com diversidade aumentando em águas profundas. Processos regionais (ressurgência de Cabo Frio, pluma do Rio da Prata) influenciaram padrões espaciais e temporais, oferecendo um modelo preditivo para monitoramento ambiental. Na segunda etapa, foi desenvolvida uma plataforma interativa (Sanagu-DB) para explorar dados metagenômicos da BS, integrando análise genômica com contexto geográfico. A ferramenta permite: (i) filtragem dinâmica por critérios ambientais (profundidade, coordenadas) ou funcionais (genes, vias metabólicas); (ii) visualização em mapas interativos com camadas geográficas (batimetria, bacias sedimentares); (iii) geração de relatórios automatizados. Um estudo de caso demonstrou sua utilidade ao mapear 77.876 genes associados ao ciclo do nitrogênio em águas superficiais, revelando hotspots de atividade microbiana. A integração dessas abordagens fornece uma base para estudos na BS. O modelo de *machine learning* desvenda os drivers ambientais da estruturação microbiana, enquanto a plataforma geoespacial facilita a exploração de funções genéticas em escala regional. Futuros desenvolvimentos incluem a expansão da base de dados com novas campanhas amostrais e o refinamento da interface, consolidando a BS como um sistema modelo para microbiologia marinha aplicada.

**Palavras-chaves:** Microbioma marinho; Bacia de Santos; Machine Learning; Base de Dados.

## Microbioma planctônico da Bacia de Santos

Natascha Menezes Bergo<sup>1</sup>, Francielli Vilela Peres<sup>1</sup>, Julio Cezar Fornazier Moreira<sup>1</sup>, Rebeca Graciela Matheus Lizárraga<sup>1</sup>, Amanda Goncalves Bendia<sup>1</sup>, Leandro Nascimento Lemos<sup>2</sup>, Alice de Moura Emilio<sup>1</sup>, Augusto Miliorini Amendola<sup>1</sup>, Diana Carolina Duque Castano<sup>1</sup>, Fabiana da Silva Paula<sup>1</sup>, Renato Gamba<sup>1</sup>, Célio Roberto Jonck<sup>3</sup>, Daniel Moreira<sup>3</sup>, Ana Tereza Vasconcelos<sup>4</sup>, Vivian Helena Pellizari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Oceanografia Biológica, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil;

<sup>2</sup>Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais, Campinas, Brasil;

<sup>3</sup>Centro de Pesquisa Leopoldo Américo Miguez de Mello/Petrobras, Brasil;

<sup>4</sup>Laboratório Nacional de Computação Científica, Petrópolis, Brasil.

\*nataschabergo@usp.br

### Resumo

Os micro-organismos desempenham funções fundamentais nos serviços ecossistêmicos marinhos, influenciando desde a produtividade primária até o ciclo global de nutrientes e o clima. A combinação de expedições oceanográficas e sequenciamento de DNA têm permitido a investigação da diversidade microbioma marinho. Com o objetivo de estudar o microbioma planctônico da Bacia de Santos (BS) no Oceano Atlântico Sudoeste, o total de 67 amostras de água foram coletadas e analisadas pelo sequenciamento metagenômico. A análise dos dados permitiu a reconstrução de 307 genomas, sendo 59 de alta e 248 de média qualidade, com completude média de 76,9%. Os genomas foram classificados em (256) Bacteria e (51) Archaea. A nível de filo Proteobacteria (classe Gammaproteobacteria e Alphaproteobacteria, n = 81) e Planctomycetota (n = 48) foram abundantes de Bacterias, enquanto, Thermoplasmata (classe Nitrososphaeria, n = 31) e Thermoproteota (classe Poseidonia, n = 18) foram os abundantes de Archaeas. Genomas foram recuperados em todas as profundidades, sendo que o número de genomas montados aumentou com a profundidade. Os resultados contêm possivelmente novas espécies (45%) de Bacteria e (42%) de Archaea. Metabolismos previamente descritos nos oceanos foram observados na BS, como fotoautotróficos prevalecendo na zona fótica e diferentes vias autotróficas (quimiossíntese) e heterotróficas na zona afótica. Entretanto, os dados revelaram diazotróficos não cianobacterianos e mixotróficos nas zonas meso- e batipelágicas. Além disso, genes para oxidação de CO e a degradação do DMSP foram observados em todas as profundidades revelando o uso de fontes alternativas de energia para quimiossíntese e/ou mixotrofia. Este estudo permitiu uma investigação massiva do microbioma presente na BS e forneceu dados para entender o ecossistema local, sendo essenciais para o manejo ambiental sustentável.

**Palavras-chaves:** Diversidade Microbiana; Picoplâncton Marinho; Bacia de Santos

## Dinâmica do Microfitoplâncton em Alta Resolução Temporal em um Estuário Tropical e Bem Misturado

Paula Birocchi\*<sup>1</sup>; Danilo A. Silva<sup>2</sup>; Wilson de O. Souza<sup>2</sup>; Caio Braz<sup>2</sup>; Luciana Frazão<sup>2</sup>; Guilherme C. Lessa<sup>2</sup>; Rubens M. Lopes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo; <sup>2</sup> Universidade Federal da Bahia

\*paula.birocchi@usp.br

### Resumo

Foram obtidos dados de microfitoplâncton de alta resolução temporal (a cada 30 minutos), durante um período de 19 meses, utilizando um sistema de imageamento ancorado dentro da Baía de Todos os Santos (BTS), Bahia, Brasil. Sete táxons de microfitoplâncton foram classificados utilizando uma Rede Neural Convolucional (*Convolutional Neural Network - CNN*). Na faixa de alta frequência (<53 horas), a radiação solar emergiu como o principal fator ambiental determinante da variabilidade do microfitoplâncton. Em escalas de média (2,2-13 dias) e baixa frequência (>13 dias), a análise de correspondência canônica (*Canonical Correspondence Analysis - CCA*) identificou temperatura, oxigênio dissolvido e salinidade como os principais fatores de influência ao microfitoplâncton. A matéria orgânica dissolvida (CDOM) e a componente norte-sul do vento foram particularmente influentes para *Coscinodiscus wailesii*. Táxons marinhos típicos, como *Rhizosolenia robusta* e o complexo *Rhizosolenia-Proboscia*, apresentaram densidades mais altas durante as marés de quadratura, quando as intrusões de água oceânica na BTS são mais proeminentes. Em contraste, táxons costeiros e estuarinos – incluindo *Coscinodiscus wailesii*, *Chaetoceros spp.*, *Guinardia striata* e o complexo *Guinardia-Dactyliosolen* – atingiram o pico durante as marés de sizígia, coincidindo com o aumento da vazão do rio, particularmente durante fortes vazantes. Esses padrões específicos de táxons destacam a importância ecológica dos fatores ambientais na formação da dinâmica do microfitoplâncton. Nossos resultados demonstram a utilidade de análises no domínio de diferentes frequências para compreender os efeitos sobrepostos de diversas variáveis ambientais em múltiplas escalas temporais.

**Palavras-chaves:** fitoplâncton; dados ambientais; estuário; ciclo de maré; intrusão de água oceânica.

---

## Classificação de plâncton por redes neurais em conjuntos desbalanceados

Caio de Moraes Braz\*<sup>1</sup>; Rubens M. Lopes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Sistemas Planctônicos (LAPS), Instituto Oceanográfico - Universidade de São Paulo

\*caio.braz@usp.br; rubens@usp.br

### Resumo

Os métodos de classificação de imagens por meio de redes neurais são amplamente utilizados, porém ainda são escassos os estudos que abordam o problema do desbalanceamento de classes, tanto nos conjuntos de treinamento quanto nos conjuntos de teste. Esse desbalanceamento compromete significativamente diversas métricas de desempenho, uma vez que a maioria dos modelos assume, implicitamente, que os dados estão balanceados. Dependendo da gravidade do impacto, a classificação pode se tornar inadequada para análises subsequentes. No caso de datasets de plâncton, o desbalanceamento é comum, agravado pela grande diversidade de organismos e pela baixa frequência de certas classes. Nossos experimentos indicam que classes de fitoplâncton demonstram maior robustez a conjuntos desbalanceados, enquanto classes de zooplâncton são mais suscetíveis, apresentando um impacto negativo mais acentuado nas métricas de desempenho. Estamos comparando modelos consolidados na literatura, incluindo arquiteturas baseadas em CNNs e Transformers, aplicando ajustes de parâmetros e avaliando seu desempenho em datasets de plâncton, com ênfase especial na classificação de zooplâncton.

**Palavras-chaves:** Machine learning; CNN; zooplâncton; fitoplâncton; redes-neurais

---

## Particle size distribution and carbon flux hotspots across the Amazon River Plume

Danilo Silva\*<sup>1</sup>; Erik van Sebille<sup>2</sup> & Rubens M. Lopes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo;

<sup>2</sup>Utrecht University

\*danilo2.silva@usp.br

### Resumo

The Amazon River is a major source of particulate organic carbon (POC) to the Atlantic Ocean. A portion of this POC remains within the mixed layer and is subject to lateral transport, while a fraction of the POC is exported into the mesopelagic zone. In this study, we assess the POC dynamics using data from the Underwater Vision Profiler 5 (UVP5) across regions inside and outside the Amazon River Plume (ARP), obtained during the AtlantECO's Mission Microbiomes expedition. Lagrangian numerical model, incorporating iterative calculations of vertical sinking velocities, will be applied to investigate the fate and pathways of POC export from the euphotic zone to the mesopelagic layer. The objectives of these analyses are: (i) to characterize the size class spectra of POC within the ARP, distinguishing particles that contribute to deep carbon export; (ii) to quantify the relative contributions of terrestrial and plankton-associated (living and detrital) on the POC content; and (iii) to track vertical pathways where gravitational and physical pump processes transfer POC into the mesopelagic zone, considering the ARP's strong stratification.

**Palavras-chaves:** Amazon River Plume; Lagrangian Modeling; Biological Carbon Pump; Particulate Organic Carbon; Sinking Velocity

---

## Os sítios de restauração de corais estão condenados? Episódios de estresse térmico, turbidez e profundidade como critérios para avaliar a adequação dos atuais locais de restauração de corais

Amario M.\*<sup>1</sup>; Shimada A.C.<sup>1</sup>; Ibanhez J.Y.<sup>1</sup>; Mies M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Recifes de Corais e Mudanças Climáticas, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, SP, Brazil

\*mia.ufrj@gmail.com

### Resumo

Nas últimas décadas, os sistemas recifais vêm sendo impactados por alterações ambientais induzidas pelo clima e de origem antrópica. O aumento da temperatura da superfície do mar e o acúmulo de estresse térmico resultaram em eventos de branqueamento de corais cada vez mais frequentes, intensos e amplamente distribuídos, culminando na redução da cobertura coralínea e na deterioração da saúde recifal. Com o objetivo de reverter esse declínio, ampliar a cobertura de corais e aumentar o tamanho populacional, surgiram práticas de restauração ativa baseadas na coleta, transplante e fixação de colônias. Contudo, tais práticas ainda enfrentam limitações relacionadas à escala, aos custos, à diversidade recifal e à eficácia dos resultados. Considerando que os recifes de coral são altamente sensíveis a variações ambientais, a escolha adequada dos locais dos sítios de restauração constitui um fator crítico para o sucesso das iniciativas. Atualmente, observa-se uma lacuna no conhecimento quanto à avaliação da adequação ambiental desses locais, sobretudo no que se refere às características abióticas, ao histórico de anomalias térmicas, e episódios de estresse térmico. Este estudo tem como objetivo investigar a adequação de sítios de restauração com base em variáveis ambientais que podem influenciar os resultados dessas práticas. Foram identificados 920 sítios de restauração distribuídos globalmente, com base em publicações científicas e registros da mídia. Utilizando bases de dados disponíveis, foram obtidos dados de Degree Heating Week (DHW) para quantificar o estresse térmico acumulado, o coeficiente de atenuação difusa a 490 nm (Kd490) para estimar os níveis de turbidez, e a profundidade local como proxy para estratificação térmica e distribuição de calor. Espera-se que os resultados revelem inconsistências entre a adequação ambiental dos sítios e suas localizações, fornecendo subsídios relevantes para toda a comunidade científica e pessoas engajadas na preservação dos recifes de coral.

**Palavras-chaves:** Recifes de Corais; Restauração; Mudanças Climáticas; Conservação

## Luz como Limite: Redefinindo Ecossistemas Mesofóticos em Nível Global

Fernanda Andreoli Rolim\*<sup>1</sup>; Tito Monteiro da Cruz Lotufo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Biologia Recifal (BIOREC), Departamento de Oceanografia Biológica, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo - SP.

\* fernandarolim2@gmail.com

### Resumo

Os ecossistemas mesofóticos são habitats diversos e ecologicamente importantes que fornecem serviços essenciais, sustentam uma rica biodiversidade e formam um mosaico com os recifes rasos adjacentes. Tradicionalmente definidos como ocorrendo entre 30 e 150 metros de profundidade, esses limites não consideram as variações regionais na penetração da luz, que influenciam diretamente a composição bentônica e a biodiversidade. A disponibilidade de luz pode ser quantificada por meio do coeficiente de atenuação difusa da radiação fotossinteticamente disponível (KdPAR), uma métrica que varia espacial e temporalmente. Como as zonas mesofóticas são geralmente definidas como as profundidades onde os níveis de luz variam entre 10% e 1%, visamos delimitar globalmente os limites mesofóticos com base no KdPAR, refinando suas definições entre ecorregiões marinhas. Analisamos cinco anos (janeiro/2020 a dezembro/2024) de dados mensais globais de KdPAR (com resolução espacial de 4 km) obtidos do portal ERDDAP da NOAA. Para cada ecorregião, calculamos o valor médio de KdPAR e estimamos as profundidades correspondentes para a penetração de 10% e 1% da luz, utilizando as fórmulas:  $z_{10\%} = 2,3026/KdPAR_{mean}$  e  $z_{1\%} = 4,6052/KdPAR_{mean}$ . Globalmente, os valores médios de KdPAR variaram de 0,0338 ( $\pm 0,0085$ ) na ecorregião de Rapa–Pitcairn (zona mesofótica: 68,0 – 136,1 m) até 2,0779 ( $\pm 0,2647$ ) no Rio de La Plata (1,1–2,1 m). Entre os reinos, o Indo-Pacífico Oriental apresentou o menor KdPAR médio (0,0545; zona mesofótica: 45,9–91,8 m), enquanto o Ártico apresentou o maior (0,4370; zona mesofótica: 7,1–14,3 m). Esses resultados demonstram que os limites mesofóticos variam significativamente entre as regiões. Um intervalo de profundidade fixo não capta essa variação e pode obscurecer padrões ecológicos importantes. Definir ecossistemas mesofóticos com base na disponibilidade de luz permite avaliações mais precisas e apoia um planejamento de conservação mais eficaz.

**Palavras-chaves:** Ecossistemas mesofóticos, Atenuação da luz, KdPAR, Zoneamento por profundidade, Classificação global dos oceanos

---

## Aplacophora-Caudofoveata (Mollusca) da costa brasileira: Avanços no conhecimento ecológico e em protocolos moleculares

Marcel Miranda\*<sup>1</sup>; Flávio Passos<sup>2</sup>; Tito Lotufo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Biologia Recifal, Departamento de Oceanografia Biológica, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo;

<sup>2</sup>Laboratório de Malacologia, Departamento de Biologia Animal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas

\*marcelsmiranda@gmail.com

### Resumo

Os Caudofoveata são moluscos aplacóforos que se caracterizam pelo corpo coberto de espículas calcárias, sem um pé e por possuírem um disco oral próximo à boca. Eles são mais característicos de grandes profundidades oceânicas, onde são particularmente abundantes. Estes animais têm sua ecologia e taxonomia pouco conhecidas pois estão em locais de difícil acesso, demandando cruzeiros oceanográficos, e pelo emprego de protocolos que dificultam o uso do material coletado para estudos moleculares. Aqui apresentamos os resultados de estudos ecológicos e moleculares para os caudofoveados coletados ao longo da costa brasileira. O material analisado foi coletado por dois projetos de caracterização ambiental realizados pela PETROBRAS: MARSEAL (ao longo das costas de Sergipe e Alagoas) e SANTOS (realizado na Bacia de Santos). Ambos os projetos realizaram amostragens em 8 transectos perpendiculares à linha de costa (nomeados de A a H), onde foram realizadas coletas de sedimentos para infauna e dados ambientais. Essas amostras foram fixadas em formol 4% e então passadas em peneiras com 0,5 mm de malha; após triagem, os espécimes retidos, preservados em etanol 70%, foram morfotipados, para em seguida os dados de abundância serem analisados a partir de técnicas de aprendizado de máquina. Os dados ecológicos revelaram diferenças na composição de espécies e abundância nas duas áreas e em diferentes zonas batimétricas, com o Projeto MARSEAL possuindo maiores abundâncias, e maior dominância de *Prochaetoderma* sp., enquanto o projeto Santos possuiu menores abundâncias, com poucas espécies predominantes. Nas análises de extração de DNA, foi obtido maior sucesso com o kit QIAamp FNA FFPE, específico para extração de DNA de material histológico fixado em formol e embutido em parafina, com alta concentração de DNA, embora com bastante impurezas. Com esses dados, esperamos conseguir avançar no conhecimento deste grupo tão negligenciado das profundezas de nossos oceanos.

**Palavras-chaves:** DNA Barcoding; Ecologia; Bentos; Mar profundo; caudofoveados.

Apoio: FAPESP (Processo 2022/13237-8, Bolsa), CENPES-PETROBRAS (Apoio Logístico).

---

## Deep-sea cold coral polyp monitoring and 3D bank reconstruction in the Bacia de Campos, Brazil

Linda G. Waters<sup>1\*</sup>; Couto<sup>1</sup>, D.M.; Carvalho<sup>1</sup>, N.F.; Nagata<sup>1</sup>, P.D.; Güth<sup>1</sup>, A.Z.; Cavalcanti<sup>2</sup>, G.H.; Sumida<sup>1</sup>, P.Y.G.

<sup>1</sup>Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

<sup>2</sup>Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Petrobras, Rio de Janeiro, Brasil

\*lgwaters@usp.br

### Resumo

Deep-sea cold-water coral ecosystems are sensitive environments that, in general, are expected to experience minimal natural disturbance. Deep sea imagery and instrumentation data was collected in long-term surveys conducted in conjunction with a petroleum industry partner. After implementing an instrumentation observation platform, deploying and recovering this at sea, long-term observations of coral and associated organism behavior along with hydrodynamic alterations were monitored at several deep-sea bank sites in Bacia de Campos, Brazil. Scleractinian coral polyp retraction, a potential indicator for stress events, was monitored together with hydrodynamic changes over several months. 3D reconstruction of the deep water coral bank habitats is being used to assess hydrodynamics and larval transport, as well providing a large-scale overview of these environments through this 3D image mapping processed from ROV video observations. Alterations in sediment characteristics, including changes in the particle size fraction, organic matter content, chlorophyll content, and presence of benthic organisms in sediment traps moored 10 m above the seafloor suggest that the monitored sites received an input of resuspended bottom sediments during the monitoring period. Coral polyp behavior monitored via camera over several months showed a weak relationship in coral polyp closure with turbidity and temperature changes rather than a clear single factor. 3D models indicate bank height differences of several meters between sites in close proximity is not related to differences in current speed, and that temperature variations were greater at a site with smaller coral structures. Further study by adding at least two additional monitoring sites will permit isolation of the relative influence of various oceanographic factors monitored on coral activity responses from the background natural behavior, allowing a more comprehensive understanding of how deep-sea corals may react to industrial activities in proximal areas and identifying the most reliable indicators of ecosystem health in these fragile environments.

**Palavras-chave:** photogrammetry, scleractinian corals, deep sea.

---

## Sinais climáticos em otólitos de sardinha das últimas 6 décadas: o incremento em peso no decorrer do tempo

Carolina Correia Siliprandi\*<sup>1</sup> & June Ferraz Dias<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

\* siliprandi@alumni.usp.br

### Resumo

Otólitos são reconhecidos como ferramenta para prever padrões adaptativos de peixes submetidos às mudanças ambientais. Fatores genéticos e aspectos extrínsecos ao qual o peixe é exposto têm uma forte influência na variabilidade fenotípica do otólito, potencialmente mediada pela taxa de crescimento. Filogenética e metabolicamente inertes, seus registros fornecem uma retrospectiva da história ambiental. O peso e o contorno de estruturas amostradas na década 70 foram comparadas com aquelas amostradas em 2024. Otólitos esquerdos de sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis* (entre 200 e 259 mm de comprimento total, coletadas entre 22° e 24°S), foram pesados em balança de precisão. Para extrair características do contorno e quantificar irregularidades, realizou-se a Análise de Transformada de Wavelets (WT5) sobre a face macular. Uma Análise de Componentes Principais (PCA) e um Modelo Linear Multivariado foram aplicados às WT5 e pesos relativos. Os primeiros 20 componentes principais explicaram 99% da variância de contorno dos otólitos. Em seguida, uma Análise Discriminante Apropriada (LDA) foi aplicada aos Componentes Principais (PCs) relevantes e a taxa média de sucesso foi calculada usando um método de validação cruzada Jackknife (93,8%). As variáveis foram comparadas através da Análise Multivariada Permanova (Índice de Similaridade Euclidiana, 9999 permutações), por década. O resultado indica existir um incremento de peso nos otólitos recentes que exerce influência no contorno, principalmente da região posterior dos otólitos e nos *rostrum* de maneira mais discreta (p-valor = 0,0001,  $F = 1,987$ ). Portanto, o peso relativo e contorno do otólito são sensíveis ao aumento da temperatura da água do mar decorrido nos últimos 60 anos.

**Palavras-chaves:** *Sagittae*; *Sardinella brasiliensis*; Contorno; Peso relativo; Mudanças climáticas.

## Mioglobinas e luciferases na evolução do mecanismo bioluminescente de peixes-dragão Stomiidae (Teleostei: Stomiiformes)

José Paitio \*<sup>1</sup>; Caio Zamuner<sup>2</sup>; Izabela Mamede<sup>3</sup>; Cassius Stevani<sup>2</sup>; Marcelo Melo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 05508-120, São Paulo, SP;

<sup>2</sup>Instituto de Química da Universidade de São Paulo, 05508-000, São Paulo, SP;

<sup>3</sup>Departamento de Bioquímica e Imunologia da Universidade Federal de Minas Gerais, 31270-901, Belo Horizonte, MG

\*josepaitio@usp-br

### Resumo

Stomiidae (Stomiiformes) é a família mais diversa de peixes bioluminescentes meso-batipelágicos (200 – 4000 m). Esses peixes possuem fotóforos seriais no baixo ventre que emitem luz azul para contrailuminação, e fotóforos suboculares que emitem luz vermelha para iluminação. Fotóforos possuem células bioluminescentes (fotócitos) onde a oxidação de luciferina por luciferase produz luminescência. Enquanto a coelenterazina é obtida através da dieta, as luciferases são produzidas pelo organismo e distintas entres grupos taxonômicos. Pigmentos vermelhos fluorescentes estão presentes em ambos os tipos de fotóforo. Proteínas fluorescentes foram extraídas de fotóforos seriais de *Stomias affinis* e *Chauliodus* sp. e suborbitais de *Malacosteus australis*. As propriedades espectrais de fluorescência e transmissão de luz das proteínas foram obtidas por espectrofotometria. As proteínas de *S. affinis* e *M. australis* foram purificadas através de cromatografias de gel filtração e concentradas em gel de eletroforese SDS-PAGE, cujas bandas foram excisadas para proceder a espectrometria de massas. As sequências peptídicas resultantes foram pesquisadas em transcriptomas obtidos dos respectivos tipos de fotóforos e espécies. A proteína de filtros de fotóforos seriais de Stomiidae é usada como filtro espectral e sua fluorescência não tem papel no mecanismo bioluminescente de luz azul-verde. A proteína dos fotóforos suborbitais de Malacosteinae é responsável pela luz vermelha emitida através dum mecanismo de transferência de energia de ressonância bioluminescente. Duas proteínas fluorescentes mioglobina-like proteínas foram encontradas, uma para cada tipo de fotóforo. Estas proteínas possuem estruturas e sequências peptídicas semelhantes, indicando relações evolutivas, face a funções diferentes no mecanismo bioluminescente. Foram encontradas sequências candidatas de luciferase proteína 14-3-3. As sequências indicam que esta proteína é diferente de outras 14-3-3, semelhante à luciferase da família Myctophidae. A elevada semelhança de sequências sugere que existe apenas uma luciferase comum aos diferentes tipos de fotóforos de Stomiidae.

**Palavras-chaves:** Stomiidae; Bioluminescência; Fluorescência; Evolução; Fotóforos

---

## Indicadores ecossistêmicos para avaliar e monitorar os impactos de eólicas offshore em ambientes bentônicos

Ivan Rodrigo Abrão Laurino\*<sup>1</sup> & Alexander Turra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP)

\*ivanlaurino@usp.br

### Resumo

O desenvolvimento da energia eólica offshore está crescendo e chegando rapidamente a diversos países. Visando avaliar os impactos ecológicos desses novos projetos, é preciso determinar quais indicadores são necessários e devem ser amostrados nas avaliações de linha de base para um posterior monitoramento de efeitos ecossistêmicos. Neste estudo, objetivamos entender quais parâmetros ecológicos servem como indicadores ecossistêmicos para avaliar e monitorar impactos de eólicas offshore em ambientes bentônicos. Para tal, desenvolvemos modelos conceituais qualitativos, esclarecendo o nexos ecológico-causal entre os efeitos diretos do projeto e suas consequências em cascata, levantadas por meio de uma revisão bibliográfica. Após avaliar 73 artigos científicos, propomos 32 indicadores ecossistêmicos relacionados aos diferentes processos causais detectados nos modelos conceituais. Os indicadores incluem parâmetros gerais de biodiversidade como abundância, riqueza, biomassa e comportamentos. Contudo, observamos que o efetivo significado ecossistêmico dos indicadores é ampliado ao se considerar a abundância de grupos ponderados por atributos funcionais de história de vida das diferentes espécies. Isso inclui considerar espécies em grupos ecológicos como r-estrategistas oportunistas, k-estrategistas de vida longa, engenheiros do ecossistema, espécies de fundo consolidado ou inconsolidado, dentre outras categorias. Uma perspectiva baseada em atributos funcionais permite identificar, por exemplo, se o efeito de recife artificial das eólicas offshore resulta em uma agregação de toda a epifauna bentônica, ou se ela é restritiva e atrai exclusivamente espécies de fundo consolidado. Os atributos funcionais também permitem rastrear se o enriquecimento orgânico promovido pela bioincrustação nas turbinas tende a beneficiar toda a comunidade ou apenas espécies oportunistas. Portanto, nossos resultados mostram que abordagens conceituais simples podem desvendar parâmetros valiosos a serem utilizados como indicadores de impactos em nível ecossistêmico. Tal ferramenta pode reduzir os esforços de amostragem de dados desnecessários que não trazem efetivas respostas de causa e efeito, ampliando o custo-benefício da avaliação de impacto de eólicas offshore.

**Palavras-chaves:** Energia renovável; proxies; cadeia causal; EIA; diagnóstico ambiental

---

## Respostas *bottom-up* em comunidades recifais da ilha de Santa Helena durante períodos de El Niño

Thamiris C. Karlovic\*<sup>1</sup> & Maria A. Gasalla<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Ecossistemas Pesqueiros, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo - Brasil

\*thamykarlovic@usp.br

### Resumo

A variabilidade de processos oceanográficos pode influenciar a estrutura de comunidades marinhas, sendo um dos principais determinantes de padrões espaço-temporais. Desta forma, o presente estudo buscou verificar como alterações anuais nos padrões de variáveis oceanográficas estão associadas aos padrões de comunidades recifais da ilha de Santa Helena. Foram analisados nove anos de dados de abundância relativa de seis classes de invertebrados e grupos tróficos de peixes recifais, e médias anuais de treze variáveis oceanográficas, oriundas de produtos de modelos de reanálise e sensoriamento remoto. Entre 2014 e 2022, foi verificado o efeito *bottom-up* nas comunidades. Além da identificação de similaridade nos padrões e tendências destas, indicadores evidenciaram o aumento de diversidade de bentos seguido da uniformização da ictiofauna. Análises multivariadas de ordenamento indicaram  $[\text{NO}_3]$  e  $[\text{PO}_4]$  dentre os principais influenciadores, explicando 37% da variação na abundância de invertebrados. Para os peixes, 51% da variação foi explicada principalmente pela abundância total de invertebrados. A caracterização das condições oceanográficas locais, revelou a forte associação entre as variáveis analisadas, explicando 78% da variação total. A dinâmica das variáveis (*i.e.*, relação direta de nutrientes com correntes meridionais, e inversamente a TSM, SSM e correntes zonais) sugere a influência de processos de ressurgência, corroborando com o aumento da produtividade primária local. Essas alterações foram acentuadas entre 2017 e 2020, evidenciando respostas tardias (lag temporal) no aumento de nutrientes e produtividade após mudanças nas correntes. Eventos de El Niño, como os ocorridos em 2015 e 2019, podem intensificar a ressurgência na porção norte do sistema de Benguela e influenciar áreas distantes (offshore), promovendo efeitos indiretos que tornam o ambiente mais produtivo e impulsionam as cadeias tróficas locais de forma ascendente. Este estudo faz parte de um consórcio de pesquisa internacional, além de contar com a colaboração de pesquisadores de outros centros de pesquisa nacionais.

**Palavras-chaves:** Séries-temporais; padrões de diversidade; correntes oceânicas; nutrientes; produtividade primária

---

## Análise da Célula Abissal da Circulação de Revolvimento Meridional no Atlântico Sul a Partir de Modelos e Observações

Maurício R. Rocha\*<sup>1</sup> & César B. Rocha<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

\*mauricio.rocha@usp.br

### Resumo

Os ventos e as marés são as principais forçantes do fluxo de massa no oceano. Quando integrado zonalmente ao longo da bacia e verticalmente, esse fluxo resulta na chamada *meridional overturning circulation* (MOC, ou AMOC, para a componente Atlântica). A célula superior da AMOC transporta calor para o norte, contribuindo substancialmente para o balanço de calor planetário. Devido às limitações observacionais, a correta representação da AMOC em simulações numéricas é crucial para a compreensão das mudanças climáticas e de seus impactos. Contudo, uma análise preliminar do nosso trabalho indica que a última versão do large ensemble do *Community Earth System Model* (CESM) é capaz de representar a força média da célula superior da AMOC, mas não aspectos da estrutura e da variabilidade da célula abissal. Esse pode ser também um problema comum em outros modelos climáticos de resolução grosseira (nominal de 1°) utilizados pelo *Coupled Model Intercomparison Project*. Verificamos que, em simulações de alta resolução espacial (1/10°) do CESM, o transporte da AMOC apresenta maior variabilidade, mas ainda é subestimado em comparação com as observações para o oceano profundo ou abissal. Paralelamente, estamos analisando observações de temperatura de fundo em 34,5°S no Atlântico Sul. Tendências positivas, aumento da variabilidade no lado oeste da bacia e picos na densidade espectral de potência em frequências não determinísticas da temperatura caracterizam essa porção do Atlântico nos últimos anos. Nosso trabalho visa avançar o conhecimento sobre a célula abissal da AMOC no Atlântico Sul, bem como contribuir com a comunidade de modelagem do sistema terrestre, que despende grande esforço na tentativa de simular a AMOC para obter projeções climáticas mais fidedignas.

**Palavras-chaves:** Modelos; Observações; AMOC; Temperatura; Atlântico Sul.

---

## Avaliação dos impactos no Sistema Estuarino de Santos devido às mudanças climáticas

Julia Reid\*<sup>1</sup> & Eduardo Siegle<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Doutorado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo (USP);

<sup>2</sup>Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo (USP)

\* julia.reid@usp.br

### Resumo

As mudanças climáticas, incluindo a elevação do nível do mar, secas e acidificação dos oceanos, representam sérias ameaças aos estuários, comprometendo seus serviços ecossistêmicos e colocando em risco populações que vivem em zonas costeiras. O manejo integrado desses ambientes requer o entendimento de processos interligados, como variações do nível do mar, aumento da temperatura, mudanças nas descargas fluviais e outros fatores físicos e ecológicos. O Sistema Estuarino de Santos (SES), no litoral de São Paulo, abriga o maior complexo portuário da América Latina, sendo estratégico tanto para a economia quanto para o meio ambiente. Diante dos impactos das mudanças climáticas, compreender a dinâmica hidrodinâmica do SES é fundamental para embasar ações de planejamento e manejo adaptativo, além de contribuir para o avanço do conhecimento científico sobre a resiliência estuarina. Este estudo apresenta uma avaliação preliminar das alterações no SES causadas pelas mudanças climáticas, utilizando modelagem numérica (Delft3D). As simulações realizadas revelaram alterações significativas na dinâmica do sistema em cenários futuros, como a redução do coeficiente de estratificação e o aumento das velocidades das correntes, especialmente associadas à elevação do nível do mar no canal do porto de Santos. Os resultados obtidos podem oferecer subsídios importantes para a compreensão dos processos que afetam os estuários e para a formulação de estratégias de adaptação e mitigação frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas na região.

**Palavras-chaves:** Mudanças Climáticas; Nível do Mar; Modelagem Numérica; Estuário; Hidrodinâmica

---

## **Análises isotópicas e elementares em foraminíferos na região da Bifurcação de Santos**

Ana Cláudia Aoki Santarosa\*<sup>1</sup>; Silvia Helena de Mello e Sousa<sup>1</sup>; Renata Hanae Nagai<sup>1</sup>; Michel Michaelovitch de Mahiques<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

\*ana.santarosa@usp.br

### **Resumo**

A razão elementar de carapaças de foraminíferos representa uma ferramenta amplamente utilizada na reconstituição de condições paleoceanográficas, com destaque para proxies como Mg/Ca e Mg/Li, empregados na estimativa da temperatura da água do mar; Cd/Ca como indicador de disponibilidade de nutrientes; e B/Ca e Sr/Ca como proxies da concentração de íons carbonato. Após a calcificação e durante o processo de deposição no fundo marinho, as carapaças são suscetíveis à adsorção e à incrustação de diversos contaminantes, como partículas de argila, matéria orgânica e óxidos de ferro e manganês. Esses materiais podem aderir à superfície ou se alojar nas câmaras internas das testas, interferindo na composição elementar medida e mascarando os sinais primários ambientais. Portanto, para garantir a confiabilidade das interpretações paleoceanográficas, é imprescindível isolar os metais incorporados à matriz mineral dos contaminantes externos por meio de protocolos rigorosos de limpeza, que tradicionalmente são compostos por reações redutivas, oxidativas e complexantes. Contudo, há evidências de que componentes específicos dessas etapas, como o citrato na limpeza redutiva, promovem a dissolução seletiva de metais, impactando negativamente as razões El/Ca, sobretudo Mg/Ca. Isso compromete a fidelidade dos registros e demanda protocolos diferenciados conforme o ambiente deposicional, espécie de foraminífero e elementos a serem analisados. Portanto, a etapa atual da pesquisa concentra-se no desenvolvimento de uma rotina laboratorial analítica para análises elementares no ICP-MS, com foco no estabelecimento de um protocolo de limpeza que equilibre a remoção de contaminantes com a preservação da integridade geoquímica das amostras.

**Palavras-chaves:** Paleoceanografia; razões elementares; protocolo de limpeza; foraminíferos; temperatura superficial marinha

O conteúdo dos resumos é de responsabilidade de seus autores.  
Reprodução permitida mediante citação de autores e fontes.

**EPD**