



**As Ciências do Mar  
em todos os seus Aspectos**

**Tayronne de Almeida Rodrigues  
João Leandro Neto  
Dennyura Oliveira Galvão  
(Organizadores)**



Tayronne de Almeida Rodrigues  
João Leandro Neto  
Dennyura Oliveira Galvão  
**(Organizadores)**

# As Ciências do Mar em todos os seus Aspectos

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Lorena Prestes  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
C569	As ciências do mar em todos os seus aspectos [recurso eletrônico] / Organizadores Tayronne de Almeida Rodrigues, João Leandro Neto, Dennyura Oliveira Galvão. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-448-1 DOI 10.22533/at.ed.481190907  1. Biologia marinha. 2. Ciências marinhas. 3. Oceanografia. I. Rodrigues, Tayronne de Almeida. II. Leandro Neto, João. III. Galvão, Dennyura Oliveira.  CDD 551.46
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

O mar representa para o Homem desde as mais antigas datas uma fonte de mistérios, um universo repleto de criaturas com formas fantásticas e inimagináveis e essa forma de pensar tornava mais restrita a exploração marinha e o aprofundamento de pesquisas. Em 380 A.C., o filósofo grego Aristóteles foi o primeiro a estudar os oceanos com um cunho mais científico.

As ciências do mar lidam diretamente com região costeira e a região oceânica, pois trabalha em seus diferentes aspectos, com a cultura, a função dinâmica dos sistemas e também a interação do homem com esses princípios, considerando os aspectos biológicos, físicos e químicos. A oceanografia se divide em cinco áreas: oceanografia física, oceanografia química, oceanografia biológica, oceanografia geológica e oceanografia social. Possui também subáreas: paleoceanografia, a biogeoquímica marinha, a ecotoxicologia marinha, podendo existir outras.

Esta obra é de grande relevância, pois apresenta estudos pertinentes para a comunidade acadêmica que busca ampliar seus conhecimentos nos estudos sobre as Ciências do Mar. Apresentamos este volume em onze capítulos com abordagem em pesquisas científicas sobre os macroinvertebrados, biodiversidade algal, mudanças climáticas, moluscos marinhos, medicina popular, variabilidade genética, modelagem oceânica, oceanografia operacional e etnofarmacologia. Que estas contribuições possam refletir em futuros estudos para o crescimento das ciências do mar e todos os seus aspectos.

Tayronne de Almeida Rodrigues  
João Leandro Neto  
Dennyura Oliveira Galvão

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
INDICADORES BIOLÓGICOS DE ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS	
Thamires Barroso Lima Carmen Helen da Silva Rocha Jamerson Aguiar Santos Gabriel Silva dos Santos Simone Karlla Lima e Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4811909071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
USE OF PEN SQUID ( <i>Loligo sp</i> ) FOR THE TREATMENT OF RESPIRATORY DISEASES: AN ETHNOPHARMACOLOGICAL SURVEY	
Giovanna dos Passos Ana Angélica Steil	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4811909072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>20</b>
MONITORAMENTO DA MALACOFAUNA DE COSTÕES ROCHOSOS NA ÁREA DA CENTRAL NUCLEAR ALMIRANTE ÁLVARO ALBERTO, BAÍA DA ILHA GRANDE, ANGRA DOS REIS/RJ, BRASIL	
Rodrigo Martins de Amorim João Pedro Garcia Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4811909073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>29</b>
MALACOFAUNA ACOMPANHANTE DA PESCA INDUSTRIAL DE ARRASTO CAMAROEIRO NA PLATAFORMA DO AMAPÁ, LITORAL NORTE DO BRASIL	
Wagner Cesar Rosa dos Santos Rafael Anaisce das Chagas Mara Rúbia Ferreira Barros Marko Herrmann Alex Gargia Cavalleiro de Macedo Klautau	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4811909074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>43</b>
MONITORAMENTO DA DIVERSIDADE DE MACROALGAS NA ILHA DA TRINDADE: CONSERVAÇÃO E IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS, FRENTE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	
Franciane Pellizzari	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48119090745</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>65</b>
VARIABILIDADE GENÉTICA DE DUAS LINHAGENS COMERCIAIS DE CAMARÃO EXPOSTAS EXPERIMENTALMENTE AO VÍRUS DA MIONECROSE INFECCIOSA (IMNV)	
Lucas Lima de Oliveira Jamille Martins Forte Luiz Fagner Ferreira Nogueira Rodrigo Maggioni	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48119090746</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>78</b>
A REDE DE MODELAGEM E OBSERVAÇÃO OCEANOGRÁFICA (REMO): BREVE HISTÓRICO E ESTÁGIO ATUAL	
Janini Pereira	

Clemente Augusto Souza Tanajura  
Mauro Cirano  
Afonso de Moraes Paiva  
Cesar Reinert Bulhões de Moraes  
João Bosco Rodrigues Alvarenga  
Renato Parkinson Martins  
Jose Antonio Moreira Lima

**DOI 10.22533/at.ed.48119090747**

**CAPÍTULO 8 ..... 88**

METAL CORRELATIONS IN A RECIPROCAL MUSSELS TRANSPLANTATION: INDICATION OF PHYSIOLOGICAL RESPONSES AND BIOAVAILABILITY CONTRASTS

Ricardo O'Reilly Vasques  
Aline Soares Freire  
Bernardo Ferreira Braz  
Ricardo Erthal Santelli  
Olaf Malm  
Wilson Machado

**DOI 10.22533/at.ed.48119090748**

**CAPÍTULO 9 ..... 103**

ANALYSIS OF THE CORRELATION BETWEEN SALINITY AND ENVIRONMENTAL VARIABLES IN THE ESTUARY OF THE PARAÍBA DO SUL RIVER - BRAZIL

Glenda Camila Barroso  
Leonardo Bernado Campaneli da Silva  
Vicente de Paulo Santos de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.48119090749**

**CAPÍTULO 10 ..... 118**

GESTÃO DO ECOSISTEMA MANGUEZAL NO BRASIL

Mônica Maria Pereira Tognella  
Marelce de Cássia Ribeiro Tosta  
Gilberto Fonseca Barroso  
Maykol Hoffman  
Eduardo Almeida Filho

**DOI 10.22533/at.ed.481190907410**

**CAPÍTULO 11 ..... 144**

PROTOCOLO PARA CULTIVO DE ESPÉCIES DE MANGUEZAL

Mônica Maria Pereira Tognella  
Andreia Barcelos Passos Lima Gontijo  
Ully Depolo Barcelos  
Gilberto Fillmann  
Adriano Alves Fernandes  
Antelmo Ralf Falqueto  
Kamyla da Silva Pereira Amorim  
Mateus Sandrini

**DOI 10.22533/at.ed.481190907411**

**CAPÍTULO 12 ..... 158**

INVESTIGANDO OS INVERTEBRADOS DA PLANÍCIE DE MARÉ DA PRAIA DO FORTE (NATAL, RIO GRANDE DO NORTE) PARA AULAS DE CAMPO EM ZOOLOGIA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Roberto Lima Santos

Elineí Araújo de Almeida

DOI 10.22533/at.ed.481190907412

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 164**



## A REDE DE MODELAGEM E OBSERVAÇÃO OCEANOGRÁFICA (REMO): BREVE HISTÓRICO E ESTÁGIO ATUAL

### **Janini Pereira<sup>1</sup>,**

Departamento de Física da Terra e do Meio Ambiente, Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, Campus de Ondina, Travessa Barão de Jeremoabo, s/n, Salvador, BA, Brasil 40170-280. E-mails: janinipereira@ufba.br

### **Clemente Augusto Souza Tanajura**

Departamento de Física da Terra e do Meio Ambiente, Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, Campus de Ondina, Travessa Barão de Jeremoabo, s/n, Salvador, BA, Brasil 40170-280. E-mails: cast@ufba.br

### **Mauro Cirano**

Instituto de Geociências – IGEO, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rua Athos da Silveira Ramos, 274, Cid. Universitária, Rio de Janeiro RJ, Brasil, 21941-916  
E-mail: mauro.cirano@gmail.com

### **Afonso de Moraes Paiva**

Programa de Engenharia Oceânica – COPPE/PENO, Universidade Federal do Rio de Janeiro Av. Horacio Macedo, 2030, Cid. Universitária Caixa Postal 68508, Rio de Janeiro, RJ, Brasil 21941-914. E-mail: afonso@oceanica.ufrj.br

### **Cesar Reinert Bulhões de Morais**

Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), Seção de Modelagem Oceanográfica/REMO, Rua Barão de Jaceguay, s/nº, Ponta da Armação, Niterói, RJ Brasil, 24048-900. E-mails: reinert@smm.mil.br, alvarenga@smm.mil.br

### **João Bosco Rodrigues Alvarenga**

Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), Seção de Modelagem Oceanográfica/REMO, Rua Barão

de Jaceguay, s/nº, Ponta da Armação, Niterói, RJ Brasil, 24048-900. E-mails: reinert@smm.mil.br, alvarenga@smm.mil.br

### **Renato Parkinson Martins**

Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello PETROBRAS/CENPES, Av. Horacio Macedo 950, Cid. Universitária, Rio de Janeiro, RJ, Brasil 21941-915. E-mails: renatopm@petrobras.com.br, jamlima@petrobras.com.br

### **Jose Antonio Moreira Lima**

Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello PETROBRAS/CENPES, Av. Horacio Macedo 950, Cid. Universitária, Rio de Janeiro, RJ, Brasil 21941-915. E-mails: renatopm@petrobras.com.br, jamlima@petrobras.com.br

**RESUMO:** A Rede de Modelagem e Observação Oceânica (REMO) é um grupo de pesquisa constituído por pesquisadores interessados em modelagem oceânica com assimilação de dados observacionais. O objetivo geral da REMO é o desenvolvimento científico e tecnológico na área de oceanografia física, modelagem oceânica e assimilação de dados, visando atender pesquisas em processos oceanográficos, demandas da Marinha do Brasil e da indústria de óleo e gás. Para atender estas necessidades, as principais metas da REMO são o desenvolvimento de sistemas previso-

oceânicos operacionais e a produção de campos hidrodinâmicos com assimilação de dados de alta qualidade voltados para o Oceano Atlântico Sul e sub-regiões ao largo do litoral brasileiro. Os métodos de assimilação de dados são imprescindíveis na construção de uma melhor representação do estado físico do oceano. Nossa proposta é desenvolver o REMO Ocean Data Assimilation System (RODAS), aprimorando a representação da estrutura termohalina e circulação do Oceano Atlântico Sul. O sistema pioneiro de previsão operacional REMO no Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) foi implantado em 2009, com o modelo HYCOM com resolução horizontal em grade de  $1/4^\circ$  para o Oceano Atlântico (domínio  $78^\circ\text{S}$ - $50^\circ\text{N}$  e  $98^\circ\text{W}$ - $20^\circ\text{E}$ ) e grade aninhada de  $1/12^\circ$  (domínio  $45^\circ\text{S}$ - $10^\circ\text{N}$  e  $68^\circ\text{W}$ - $18^\circ\text{W}$ ). No presente estágio, o modelo em desenvolvimento na UFBA constitui 10 anos de reanálises. Esta previsão oceânica e outros produtos encontram-se disponíveis em [www.rederemo.org](http://www.rederemo.org).

**PALAVAS-CHAVE:** oceanografia operacional, modelagem oceânica, medições oceanográficas, assimilação de dados.

**ABSTRACT:** Oceanographic Modeling and Observation Network (REMO) is a group of researchers interested in ocean modeling with assimilation of observational data. The general objective of REMO is the development of science and technology in physical oceanography, ocean modeling and data assimilation, aiming to attend research in oceanographic processes, demands of the Brazilian Navy and the oil and gas industry. To meet these needs, REMO's main goals are the development of operational ocean forecast systems and the production of hydrodynamic fields with assimilation of high quality data for the South Atlantic Ocean and subregions off the Brazilian coast. Methods of data assimilation are essential in building a better representation of the physical state of the ocean. Our proposal is to develop the REMO Ocean Data Assimilation System (RODAS), enhancing the representation of the thermohaline structure and circulation of the South Atlantic Ocean. The pioneering REMO operational forecast system at the Navy Hydrographic Center (CHM) was implemented in 2009, with the HYCOM ocean model with  $1/4^\circ$  horizontal grid resolution for the Atlantic Ocean (domain  $78^\circ\text{S}$ - $50^\circ\text{N}$  and  $98^\circ\text{W}$ - $20^\circ\text{E}$ ) and nested grid of  $1/12^\circ$  (domain  $45^\circ\text{S}$ - $10^\circ\text{N}$  and  $68^\circ\text{W}$ - $18^\circ\text{W}$ ). In the current stage, the model under development at UFBA constitutes 10 years of reanalysis. This ocean forecast and other products are available at [www.rederemo.org](http://www.rederemo.org).

**KEYWORDS:** operational oceanography, ocean modeling, oceanographic measurements, data assimilation.

## 1 | INTRODUÇÃO:

A Rede de Modelagem e Observação Oceânica (REMO) é um grupo de pesquisa constituído por pesquisadores interessados em modelagem oceânica com assimilação de dados observacionais, cadastrado no CNPq ([dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/6652877951104335](http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/6652877951104335)), e faz parte do *Global Ocean Data Assimilation Experiment (GODAE) Ocean View project*. O objetivo geral da REMO é o

desenvolvimento científico e tecnológico na área de oceanografia física, modelagem oceânica e assimilação de dados, visando atender pesquisas em processos oceanográficos, demandas da Marinha do Brasil e da indústria de óleo e gás. Para atender estas necessidades, as principais metas da REMO são o desenvolvimento de sistemas previsores oceânicos operacionais e a produção de campos hidrodinâmicos com assimilação de dados de alta qualidade voltados para o Oceano Atlântico Sul e sub-regiões ao largo do litoral brasileiro. Os métodos de assimilação de dados são imprescindíveis na construção de uma melhor representação do estado físico do oceano. Nossa proposta é desenvolver o REMO Ocean Data Assimilation System (RODAS), aprimorando a representação da estrutura termohalina e circulação do Oceano Atlântico Sul. Estudos com a assimilação de dados em modelos oceânicos no Atlântico já vem sendo empregado (Tanajura et al., 2014, Mignac et al., (2015) e Costa & Tanajura (2015)).

Como breve histórico, a REMO foi concebida por pesquisadores brasileiros a partir de 2007 com a participação de diversas universidades (UFRJ, UFBA, FURG, USP), institutos de pesquisas (IEAPM e CENPES) e centro operacional (CHM). Em sua primeira fase (2007-2010), os maiores esforços foram concentrados em infra-estrutura (computadores de alto desempenho, etc), testes e seleção de modelos oceânicos. A segunda fase (2010-2015) concentrou-se no desenvolvimento dos modelos e ferramentas computacionais de assimilação de dados, e a terceira fase (2016-2019) está focada no aprimoramento dos modelos de previsão e metodologias de assimilação de dados, trazendo também a vertente das observações com boias e gliders. O principal modelo oceânico utilizado foi *HYbrid Coordinate Ocean Model* – HYCOM, além do *Regional Ocean Modeling System* (ROMS). Mais de 60 pesquisadores contribuíram com a REMO desde seu início.

## 2 | METODOLOGIA

A proposta da REMO é desenvolver os modelos e técnicas assimilativas nas universidades, e gradualmente transferir estas tecnologias para o CHM, que também colabora nas pesquisas (<https://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/modelos/hycom-v.htm>). O sistema pioneiro de previsão operacional REMO no CHM foi implantado em 2009, com modelo HYCOM em grade de  $1/4^\circ$  para o Oceano Atlântico (domínio  $45^\circ\text{S}$ - $10^\circ\text{N}$  e  $68^\circ\text{W}$ - $18^\circ\text{W}$ ) e grade aninhada de  $1/12^\circ$  (domínio  $45^\circ\text{S}$ - $10^\circ\text{N}$  e  $68^\circ\text{W}$ - $18^\circ\text{W}$ ) para a Metarea V, que é uma região sob a responsabilidade da Marinha do Brasil de acordo com os compromissos assumidos como integrante da *International Convention for the Safety of Life at Sea*. Descrições do modelo HYCOM são encontrados em Bleck (2002) e Chassignet et al., (2007). Na vertical, ambas as grades foram discretizadas em 21 camadas de densidade  $\sigma_\theta$ . Posteriormente foi implantada em 2011 uma grade de  $1/24^\circ$  para região SSE brasileira. Atualmente, os modelos operacionais no CHM

utilizam forçantes atmosféricos dos modelos COSMOS (7-km de resolução) e GFS (1/4° de resolução), com assimilação pelo método de interpolação ótima por conjuntos (*Ensemble Optimal Interpolation*) – *EnOI* (Xie & Zhu (2010), Xie et al., (2011)) para os dados de SLA alongtrack do sistema COPERNICUS e SST do *Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis* (OSTIA).

Atualmente, a UFBA está trabalhando em um piloto de sistema operacional com as grades de 1/4° e 1/12° descritas acima. Como forçantes na interface atmosfera-oceano foram utilizados campos atmosféricos sinóticos de 6 em 6 horas do *Climate Forecast System Reanalysis* (CFSR) do National Centers for Environmental Prediction (NCEP/NOAA) dos EUA com resolução de aproximadamente 1/4°. O RODAS assimila dados observados *in situ* e por sensoriamento remoto e baseia-se no método EnOI. Os dados assimilados no piloto da UFBA são Temperatura da Superfície do Mar (TSM) provenientes do OSTIA, Anomalia da Altura da Superfície do Mar (AASM) derivada do *Archiving, Validation et Interpretation des données des Satellites Océanographique* (AVISO), perfis verticais de Temperatura (T) e Salinidade (S) do sistema ARGO. O sistema HYCOM+RODAS foi empregado para gerar uma reanálise de janeiro de 2010 a dezembro de 2013 sobre a Metarea V. Essa reanálise é aqui chamada de Base Hidrodinâmica B\_H\_MV.1.

As simulações do HYCOM 1/4° e 1/12° foram avaliadas de forma objetiva por meio de cálculo de correlações, desvio quadrático médio (RMSD) e desvio padrão tomando como referência os dados observados.

No estágio atual, o modelo em desenvolvimento na UFBA foi integrado até 31 de dezembro de 2016, constituindo 10 anos de reanálises. A partir de 1 de janeiro de 2017 foi gerado o produto do HYCOM+RODAS como previsão operacional a cada 3 dias, com uma janela de previsão de 9 dias (168 horas) utilizando o forçamento atmosférico do *Global Forecast System* (GFS). Esta previsão oceânica e outros produtos encontram-se disponíveis em [www.rederemo.org](http://www.rederemo.org).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação do sistema predictor da UFBA aninhado com e sem assimilação de dados e a estabilidade das integrações em ambas as grades HYCOM 1/12° e HYCOM 1/4° mostrou que o domínio do HYCOM 1/12°+RODAS (chamada também de Base B\_H\_MV.1) recebe corretamente as informações em seus contornos. Os campos de TSM (Fig. 1) mostram concordância no contorno leste, representando regiões de forte gradiente como nas regiões subtropicais e de latitude média ao longo do meridiano de 20°W. Nota-se ainda, uma acurada representação da TSM no contorno sul mostrando o início da língua fria sendo advectada para dentro do domínio de maior resolução. Nas regiões norte e nordeste do HYCOM 1/12 é possível notar uma boa concordância de posicionamento das massas quentes dos dois domínios Isso indica que o aninhamento com assimilação foi bem realizado na região de interesse, a Metarea V.



Em relação à TSM média, nota-se uma super-estimativa do Controle em relação às observações. Na região equatorial, o Controle produz TSM maior que 28°C, chegando a 30°C, enquanto que nas análises do OSTIA o Atlântico equatorial é dominado por TSM de 27°C com pequenas regiões de 28°C, como mostrado na Fig. 2. Ainda, a isoterma de 24°C no Controle chega aproximadamente à latitude de 28°S ao largo da costa do Brasil, enquanto os dados indicam valores de 23 a 22°C. O HYCOM 1/12°+RODAS é capaz de alterar esse cenário levando o modelo em direção às observações.

Para complementar a validação da estrutura espacial da TSM, o RMSD do Controle e da Base em relação aos dados diários do OSTIA são apresentados na Fig. 3. O Controle e o HYCOM 1/12°+RODAS produzem os maiores erros de TSM na região da CBM, no primeiro os erros chegam a 4,5°C enquanto no segundo os erros são menores de 2°C. Este impacto se deve também a uma melhor representação da circulação nesta região, visto que a Base produziu uma maior intrusão da Corrente das Malvinas e, conseqüentemente, de águas mais frias, conforme verificado acima no campo médio de TSM. Na região equatorial verificam-se erros próximos a 2°C para o Controle, nos limites norte e leste da grade, que diminuem na direção do interior do domínio. Isto sugere que estes erros são introduzidos pelas condições de contorno fornecidas pelo HYCOM 1/4 e ressalta a importância da assimilação ser realizada em ambas as grades, visto que o RMSD da B\_H\_MV.1 nesta região é abaixo de 0,75°C. Em regiões em que o erro do Controle foi relativamente baixo, o RODAS foi capaz de reduzi-lo resultando em uma vasta região do domínio com erros menores que 0,5°C na base hidrodinâmica. O HYCOM 1/12°+RODAS consegue restringir corretamente a magnitude e distribuição espacial do mapa do desvio-padrão da TSM comparando com o OSTIA. Considerando a média na área da Metarea V, o RMSD do Controle é de 0,90°C e o do HYCOM 1/12°+RODAS é de 0,46°C, equivalendo a uma redução de 48%. Na Fig. 3 também são apresentados resultados da rodada com assimilação dos dados do OSTIA e do AVISO, porém sem a projeção dos dados observados na grade do HYCOM 1/12. Apesar de assimilar os dados de TSM, a rodada apresenta valores intermediários de erro (0,61°C) que variam entre que foi encontrado no Controle e na B\_H\_MV.1. Isto mostra um aumento de 32% do erro de TSM quando da não projeção dos dados observados na grade do modelo.

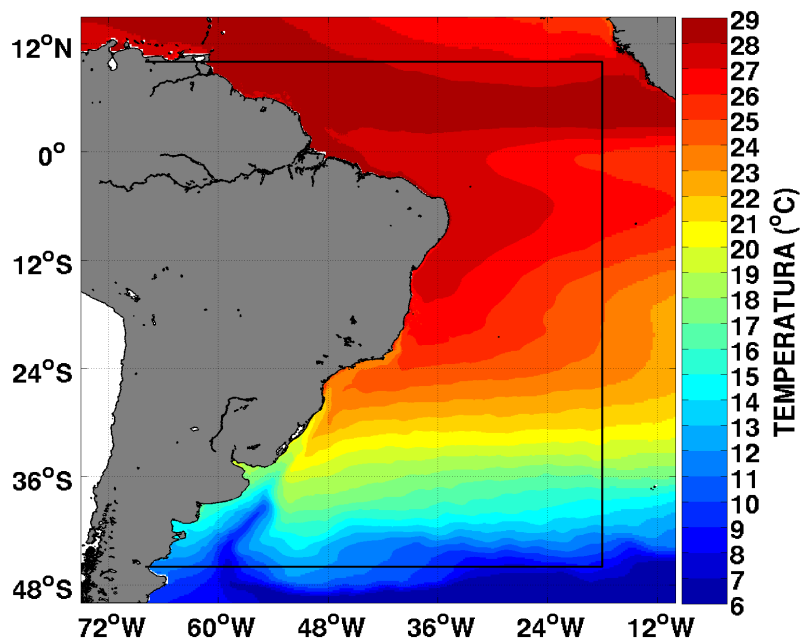


Figura 1 - Campos de TSM média (°C) para o período 1 de janeiro de 2010 a 31 de dezembro de 2013 produzidos pela: (a) Base no domínio do HYCOM 1/12, contido na área delimitada pelas linhas pretas sólidas, e pelo RODAS conjuntamente com o HYCOM 1/4 na região fora do domínio do HYCOM 1/12.

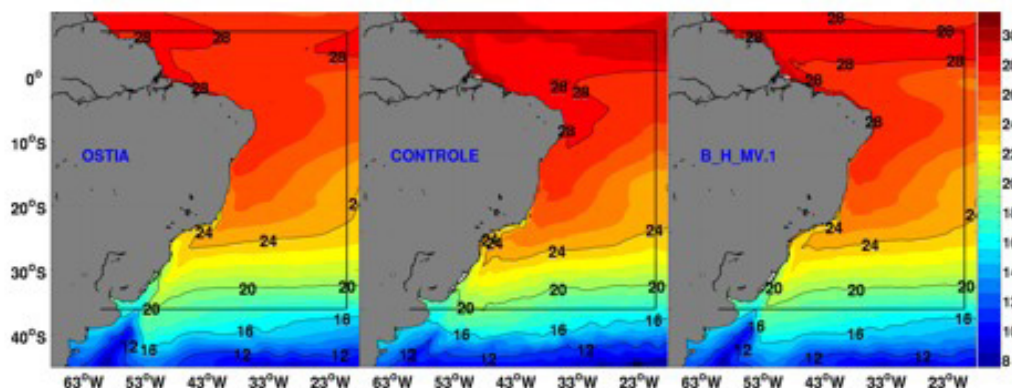


Figura 2 - Média da TSM (°C) de 2010 a 2013 do OSTIA (esquerda), Controle (centro) e Base B\_H\_MV.1 (direita).

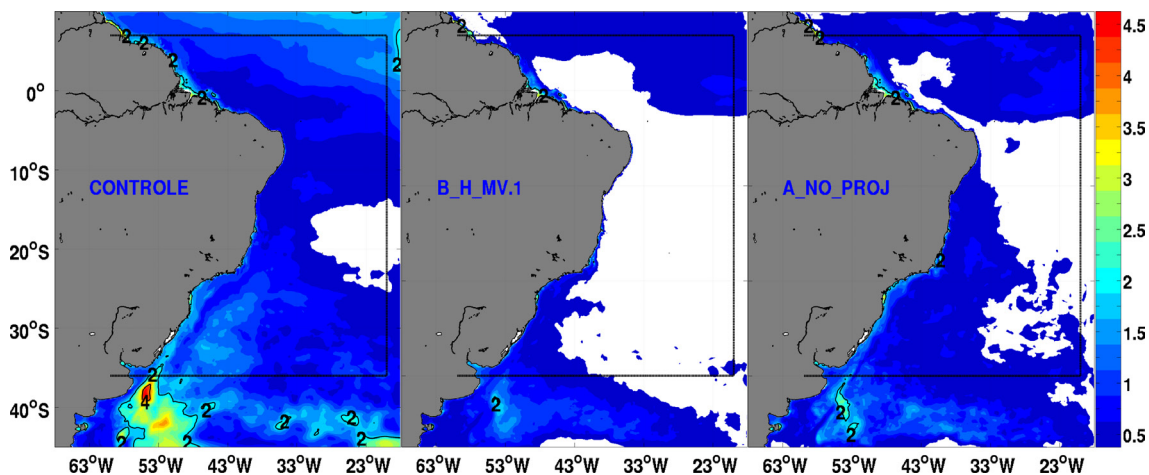


Figura 3.- RMSD da TSM (°C) do Controle, da Base B\_H\_MV.1 e A\_NO\_PROJ (rodada com assimilação, porém sem a projeção dos observados na grade do HYCOM 1/12) em relação ao

OSTIA. As áreas em branco representam regiões com RMSD de TSM menor do que 0,5°C.

Dentre os campos que mais estão associados à circulação de superfície está o de Altura da Superfície do Mar (ASM). As regiões de maior gradiente de ASM (Fig. 4) próximo à linha de costa marcam a posição de correntes de contorno oeste – Corrente do Brasil (CB) e Corrente Norte do Brasil (CNB). Nos dados do AVISO é possível notar o aumento do gradiente de ASM na região da CB de 24°S para 32°S, o que marca seu aumento de transporte em direção a sul. Contudo, esse aumento é reduzido no HYCOM 1/12°+RODAS e no Controle. Na região de 25°S, é possível observar uma recirculação ciclônica na rodada Controle e ainda persiste num formato mais alongado. Entretanto, no HYCOM 1/12°+RODAS observa-se que a CB chega em regiões mais setentrionais de forma mais contínua e encontra a Correntes das Malvinas em 37°S formando a Confluência Brasil-Malvinas (CBM), de acordo com o que é observado nos dados do AVISO. Na avaliação do transporte da CB em 23°S o HYCOM 1/12°+RODAS apresentou valores em torno de 5 Sv com valores próximos dos encontrados por Silveira et.al., (2004). Já o Controle super-estimou os valores de transporte da CB em torno de 8 Sv.

A Fig. 6 apresenta o perfil vertical do RMSD de T e S das rodadas de Controle e da Base B\_H\_MV.1 até 2000 m para todo o domínio do HYCOM 1/12. Na superfície, nota-se um erro médio de quase 1,5°C e na profundidade de 100 m um erro de 2,5°C no Controle para as 3 regiões. Quando o RODAS é empregado, há uma substancial redução desses erros. Na superfície ele cai para um valor menor que 0,5°C e em 100 m para cerca de 1,7°C no domínio inteiro. Para a salinidade, comportamento similar ao RMSD da temperatura foi obtido, isto é o RODAS é capaz de reduzir o RMSD em toda coluna, exceto na superfície no domínio do HYCOM 1/12. Espera-se que com a futura inclusão de novos dados de salinidade da superfície do mar (SSM) coletados pelos satélites Aquarius e SMOS da NASA e da ESA, o RODAS consiga reduzir ainda mais os erros de salinidade na superfície e na camada de mistura.

Observou-se para todo o domínio do modelo um RMSD menor no HYCOM 1/12°+RODAS para a TSM de 0,64°C, enquanto que no Controle foi de 1,24°C. Para o ARGO, o HYCOM 1/12°+RODAS apresentou RMSD de 0,77°C e 0,25 para a temperatura e salinidade respectivamente, e Controle um RMSD maior de 1,13° na temperatura e 0,35 na salinidade (Tabela 1). O sistema da REMO de previsão operacional HYCOM+RODAS continua em fase de avaliação e aprimoramento.

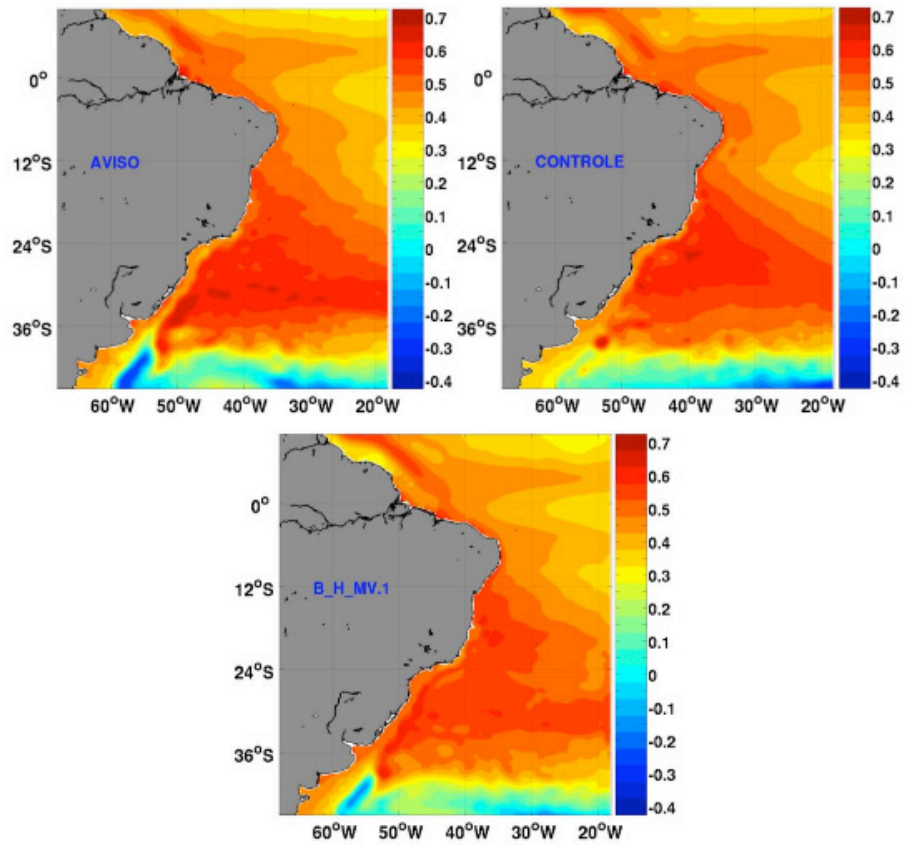


Figura 4 – Médias de ASM (m) calculadas para o período entre 2010 e 2013 para o AVISO (esquerda superior), o Controle (direita superior) e Base (inferior).

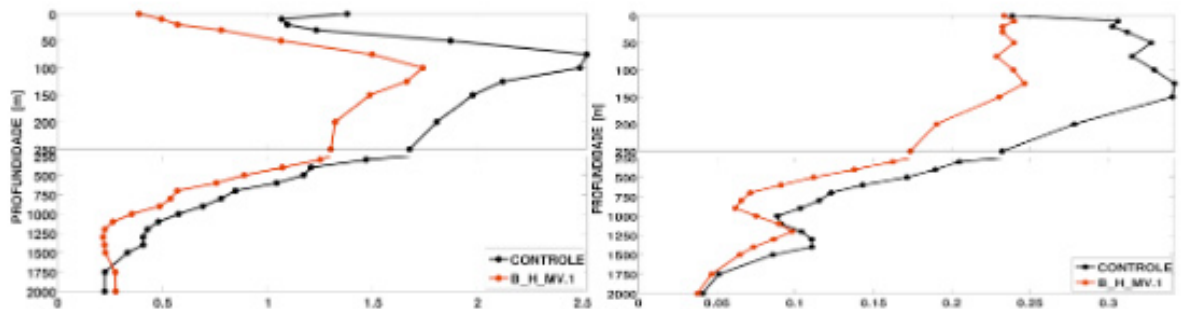


Figura 5 -Perfis verticais de RMSD de temperatura (°C) (coluna da esquerda) e salinidade (psu) (coluna da direita) em relação a perfiladores Argo no domínio do HYCOM 1/12 para a rodada de Controle (linha preta) e para a Base B\_H\_MV.1 (linha vermelha). Foram empregados 10.138, perfiladores Argo para essa validação no domínio do HYCOM 1/12.



	Domínio do HYCOM 1/12	
	Controle	Base
Correlação de AASM	0,35	0,67
Desvio padrão de AASM (m)	0,08	0,09
RMSD de TSM (°C)	1,24	0,64
Desvio padrão de TSM (°C)	2,08	2,14
RMSD de perfis de T (°C)	1,13	0,77
RMSD de perfis de S (psu)	0,35	0,25

Tabela 1 - Correlação de AASM em relação ao AVISO, RMSD de TSM em relação a TSM do OSTIA, RMSD de T/S em relação ao Argo para todo o domínio do modelo.

#### 4 | CONCLUSÃO

A comparação da implementação na UFBA do RODAS no HYCOM de alta (1/12°) resolução horizontal com o Controle e com os conjunto de dados do OSTIA, AVISO e ARGO, em termos gerais, reduziu substancialmente os erros do modelo com assimilação melhorando a estrutura termohalina e a circulação de superfície. Assim, o HYCOM 1/12°+RODAS apresentou análises mais próximas em relação a esses conjuntos de dados. O HYCOM 1/12°+RODAS organizou o fluxo médio da CB na sua região de formação (11°S-17°S) e foi capaz de aproximar o valor do transporte dessa corrente ao encontrado em trabalhos publicados. Conclui-se que o HYCOM 1/12°+RODAS aninhada na integração do HYCOM 1/14°+RODAS foi realizada com sucesso, e produziu campos de TSM, AASM, T, S e circulação de superfície de alta qualidade.

A REMO continuará buscando o aprimoramento do RODAS e das simulações do HYCOM voltados para a previsão numérica operacional dos oceanos e para a geração de integrações cada vez mais precisas. Para esses fins, já está em avançado estágio de desenvolvimento pela UFRJ uma grade com maior resolução horizontal e vertical (32 camadas) para o Oceano Atlântico, com a utilização da referência sigma-2 (2000 m) para a discretização vertical do modelo, e ainda, há um esforço para aumentar o número de observações. A REMO está inserida no programa *Global Ocean Observing System* - GOOS-Brasil Dentro desse conjunto de observações que serão assimilados, estão incluídos campos de Salinidade da Superfície do Mar dos sensores Acqua e SMOS, dados de *gliders*, do PIRATA e de XBT. Além disso, serão realizados esforços para o uso de dados altimétricos costeiros.

## 5 | FONTE FINANCIADORA

Os autores agradecem a Petróleo Brasileiro S.A. – PETROBRAS pelo financiamento das pesquisas e a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) pela sua aprovação, e a todos colaboradores da REMO nas universidades, Marinha do Brasil e CENPES.

## REFERÊNCIAS

Bleck, R.: **An oceanic general circulation model framed in hybrid isopycnic-Cartesian coordinates**, *Ocean Modelling*, 4, 55-88, 2002.

Chassignet, E. P., Hurlburt, H. E., Smedstad, O. M., Halliwell, G. R., Hogan, P. J., Wallcraft, A. J., Baraille, R., and Bleck, R.: **The HYCOM (HYbrid Coordinate Ocean Model) data assimilative system**, *J. Marine Syst.*, 65, 60-83, 2007.

**Costa, F. B.; Tanajura, C. A. S. Assimilation of Sea-Level Anomalies and Argo Data Into HYCOM and its Impact on the 24 Hour Forecasts in the Western Tropical and South Atlantic. Journal of Operational Oceanography, v. 8:1, p. 52-62, doi.org/10.1080/1755876X.2015.1014646, 2015.**

Mignac, D., Tanajura, C. A. S., Santana, A. N., Lima, L. N., and Xie, J. Argo data assimilation into HYCOM with an EnOI method in the Atlantic Ocean, *Ocean Science*, 11, 195-213, 2015.

**Silveira, I. C. A.; Calado L.; Castro B. M.; Cirano M.; Lima J. A. M.; Mascarenhas A. S. On the baroclinic structure of the Brazil Current-Intermediate Western Boundary Current system at 22°-23°S. Geophysical Research Letters, v. 31, L14308, 2004.**

**Tanajura, C. A. S., Santana, A. N., Mignac, D., Lima, L. N., Belyaev, K., and Xie, J.: The REMO Ocean Data Assimilation System into HYCOM (RODAS\_H): General Description and Preliminary Results, Atmospheric and Oceanic Science Letters, 7, 464-470, 2014.**

Xie, J. and Zhu, J.: **Ensemble optimal interpolation schemes for Assimilating Argo profiles into a hybrid coordinate ocean model**, *Ocean Modelling*, 33, 283-298, 2010.

Xie, J., Counillon, F., Zhu, J., and Bertino, L.: An eddy resolving tidal-driven model of the South China Sea assimilating along-track SLA data using the EnOI, *Ocean Sci.*, 7, 609–627, 2011.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**TAYRONNE DE ALMEIDA RODRIGUES** Filósofo e Pedagogo, especialista em Docência do Ensino Superior e em Biodiversidade. Desenvolve pesquisas na área das ciências ambientais, filosofia do ensino, educação ambiental e ética. É defensor do desenvolvimento sustentável, com relevantes conhecimentos no processo de ensino-aprendizagem. E-mail: [tayronnealmeid@gmail.com](mailto:tayronnealmeid@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9378-1456>

**JOÃO LEANDRO NETO** Filósofo, especialista em Docência do Ensino Superior e Gestão Escolar. Publica trabalhos em eventos científicos com temas relacionados a pesquisa na construção de uma educação valorizada e coletiva. Dedicar-se a pesquisar sobre métodos e comodidades de relação investigativa entre a educação e o processo do aluno investigador na Filosofia, trazendo discussões neste campo. Também é pesquisador da arte italiana, com ligação na Scuola de Lingua e Cultura – Itália. Amante da poesia nordestina com direcionamento as condições históricas do resgate e do fortalecimento da cultura do Cariri. E-mail: [joaoleandro@gmail.com](mailto:joaoleandro@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1738-1164>

**DENNYURA OLIVEIRA GALVÃO** Possui graduação em Nutrição pela Universidade Federal da Paraíba, mestrado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e doutorado em Ciências Biológicas (Bioquímica Toxicológica) pela Universidade Federal de Santa Maria (2016). Atualmente é professora titular da Universidade Regional do Cariri. E-mail: [dennyura@bol.com.br](mailto:dennyura@bol.com.br) LATTES: <http://lattes.cnpq.br/4808691086584861>

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-448-1

