



# PROJETO COSTA NORTE

*Desenvolvimento de Metodologia para o Entendimento dos Processos Costeiros e Definição da Vulnerabilidade das Florestas de Mangue das bacias do Pará-Maranhão e Foz do Amazonas.*



*O mar é nossa origem e dele, depende nossa própria existência. Cobrindo aproximadamente 70% de toda a superfície terrestre é inequívoca a relação de dependência humana para com os oceanos. Fonte de vida, são eles que produzem mais de 50% do oxigênio disponível na atmosfera, regulam as condições climáticas e fornecem alimento e renda para milhões de pessoas, que, assim como nós, encontram no mar a razão de seu trabalho. O respeito da Enauta pelos ecossistemas associados ao mar está no nosso compromisso em trabalhar de forma transparente, responsável e segura, com alto nível de desempenho, fomentando a geração de conhecimento.*

*A Margem Equatorial brasileira é marcada por uma riqueza biológica única associada a um conjunto de elementos ambientais altamente energéticos, como a vazão do rio Amazonas, grandes marés e regimes de ventos e, além disso, compõe este complexo sistema, a maior faixa contínua de manguezal do mundo. Conhecer estes ambientes costeiros é de extrema importância, na medida que se pretende preservar e utilizar estes recursos de maneira sustentável e múltipla.*

*A Margem Equatorial brasileira também representa a maior área de fronteira para a exploração marítima de petróleo e gás do Brasil. Importantes descobertas estão sendo realizadas em países como Guiana e Suriname, onde os investimentos e os recursos gerados por essa atividade estão tendo e terão um poder transformador para as sociedades desses países. Esperamos que o mesmo aconteça na Margem Equatorial brasileira, onde constatamos nas bacias onde atuamos sistemas petrolíferos equivalentes aos que estão se mostrando de sucesso nesses países. Para operarmos com segurança e responsabilidade nessas bacias, é fundamental o conhecimento que foi gerado por esse projeto.*

*Assim, é com grande satisfação que apresentamos os resultados do Projeto Costa Norte, projeto de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) com recursos da nossa obrigação contratual com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). O projeto teve início em setembro de 2016, com o objetivo de desenvolver metodologias para melhorar a compreensão dos processos dinâmicos de mesoescala, costeiros e estuarinos, além da vulnerabilidade das florestas de mangue a potenciais derramamentos de óleo na área de estudo, compreendida entre os estados do Maranhão e Amapá. As pesquisas foram desenvolvidas em uma cooperação entre o Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia (LAMCE) da Coppe/UFRJ, o Laboratório de Pesquisa em Monitoramento Ambiental Marinho (LAPMAR) da UFPA, o Núcleo de Estudos em Geoquímica e Ecologia Marinha e Costeira (NEGEMC) da UERJ e empresa brasileira de tecnologia oceanográfica Prooceano.*

*Potencializando parcerias, trabalhamos para cuidar das pessoas, do meio ambiente e do nosso negócio. A abordagem multidisciplinar produziu um estudo altamente robusto e confiável. Temos a convicção de que os resultados obtidos subsidiarão diversas instituições – privadas, públicas e comunitárias – que atuam ou atuarão na região amazônica, de informações importantes, que poderão ser utilizadas para aprimorar conceitos e aperfeiçoar o planejamento e utilização racional dos recursos disponíveis para avaliação e gerenciamento de riscos ambientais, sociais e de segurança, e na criação de meios para mitigá-los, a fim de preservar os ecossistemas costeiros.*

Lincoln Rumenos Guardado

Diretor-presidente da Enauta

*As perspectivas de incremento das atividades de Exploração & Produção, na Margem Equatorial Brasileira, trouxeram consigo a necessidade de aprofundamento do conhecimento relativo às características ambientais, singulares em diversos aspectos, da região. Mais conhecimento, visando as melhores práticas, é a melhor forma de se conciliar desenvolvimento socioeconômico e conservação de recursos naturais.*

*Identificamos que aspectos relacionados às diferentes escalas espaciais, associados a forçantes ambientais de magnitudes extremas e, características ecológicas da zona costeira-estuarina, predominantemente representadas por exuberantes florestas de mangue, representam as principais fronteiras de conhecimento na região. O entendimento de que apenas uma abordagem interdisciplinar daria cabo de resolver esta equação forjou, então, os alicerces do Projeto Costa Norte.*

*Acreditamos que os resultados alcançados contribuem sobremaneira com o conhecimento existente dos processos atuantes na região, particularmente no que tange aos aspectos de vulnerabilidade a derrames de óleo no mar e que setores distintos da sociedade poderão se beneficiar das informações geradas pelo projeto.*

Dr. Júlio Augusto de Castro Pellegrini

Coordenador geral do Projeto Costa Norte

PROOCEANO



PROJETO  
COSTA  
NORTE

Coordenação Científica do Projeto Costa Norte

Prof. Dra. Carla Bernadete Madureira Cruz –  
ESPAÇO/UFRJ

Prof. Dr. Filipe de Oliveira Chaves -  
NEGEMC/UERJ

Dr. Júlio Augusto de Castro Pellegrini –  
PROOCEANO

Prof. Dr. Luiz Paulo de Freitas Assad –  
LAMCE/UFRJ

Prof. Dr. Marcelo Rollnic – LAPMAR/UFPA

Prof. Dr. Mário Luiz Gomes Soares -  
NEGEMC/UERJ

Coordenação Geral do Projeto

Ma. Maria Eduarda Pessoa- ENAUTA

Dr. Júlio Augusto de Castro Pellegrini –  
PROOCEANO

Bel.<sup>a</sup> Anne Goni Guedes - ENAUTA

Bel.<sup>a</sup> Dyellen Soares Queiroz – ENAUTA

Coordenação de Comunicação do Projeto

Frederico Luna Rinaldi – PROOCEANO

Rebeca Kiperman – ENAUTA

## Equipe Técnica

O presente relatório final do Projeto Costa Norte foi escrito por muitas mãos, consolidando e apresentando todo o trabalho realizado. Porém muitas mentes, braços e corações participaram dos desenvolvimentos técnicos nas diversas frentes de trabalho, e encontram-se aqui citados:

### PROOCEANO

Dr. Júlio Augusto de Castro Pellegrini

Me. Francisco Alves dos Santos

Dr. Marcelo Montenegro Cabral

Me. Henery Ferreira Garção

Me. André Luis Santi Coimbra de Oliveira

Me. Livia San't Angelo Mariano

Me. Flávia Pozzi Pimentel

Me. Leonardo Maturo Marques da Cruz

Me. Gabriel Vieira de Carvalho

Me. Felipe Lobo Mendes Soares

Me. Ana Carolina R. Boechat

Me. Tiago Cardoso Miranda

Bel. Marcos Paulo Lopes Fiuza

Bel. Frederico Luna Rinaldi

Me. Pedro Marques São Thiago

### LABORATÓRIO DE PESQUISA EM MONITORAMENTO AMBIENTAL MARINHO - UFPA

Dr. Marcelo Rollnic

Dra. Sury de Moura Monteiro

Dr. Renan Peixoto Rosário

Dra. Thaís Angélica da Costa Borba

Dr. Iranilson Oliveira Silva

Me. Maurício da Silva da Costa

Me. Yuri Onça Prestes

Me. Rafael Fernandes Oliveira Aquino

Me. Leandro de Souza Santana

Ma. Ângela Carolina Cidon Mascarenhas

Ma. Débora Rodrigues Pereira

### LABORATÓRIO DE MÉTODOS COMPUTACIONAIS EM ENGENHARIA - UFRJ

Prof. Dr. Luiz Paulo de Freitas Assad

Dr. Adriano de Oliveira Vasconcelos

Dra. Raquel Toste Ferreira dos Santos

Me. Ian Cunha D'Amato Viana Dragaud

Dra. Patricia Mamede da Silva

Dra. Carina Stefoni Böck

Dr. Rafael Henrique Oliveira Rangel

Bela. Camila Lauria Zenke da Cruz

Bela. Jéssica Brito Gonçalves

Dra. Lívia Maria Barbosa Sancho Álvares  
Mendonça Cabral

Me. Douglas Medeiros Nehme

Bel. Anderson Elias Soares

Prof. Dr. Luiz Landau

### NÚCLEO DE ESTUDOS EM GEOQUÍMICA E ECOLOGIA MARINHA E COSTEIRA - UERJ

Me. Adriel Guimarães Carneiro

Me. Alex Alves

Me. Ana Carolina Nunes Teixeira

Bel. Breno Henrique de Souza

Dra. Carla Bernadete Madureira Cruz

Ma. Carla Muniz Sabino

Ma. Carolina dos Santos Cardoso  
Dr. Douglas Nemes  
Bela. Edineuza dos Santos Rosário  
Fabiane Barbosa da Silva  
Me. Felipe Gonçalves Amaral  
Dr. Filipe de Oliveira Chaves  
Me. Gabriel dos Santos Duarte  
Gabriella Ferreira da Silva  
Me. Laura Camila Moreno Tarquino  
Dr. Lucas Costa Monteiro Lopes  
Lucas Madureira Cruz  
Lucas Silva Pereira  
Me. Luiz Felipe de Almeida Furtado  
Manoela Barbosa de Oliveira  
Dr. Marciel Rocha de Medeiros Estevam  
Ma. Maria Rita Olyntho Machado  
Dr. Mário Luiz Gomes Soares  
Dra. Michelle Passos Araújo  
Dra. Paula Maria Moura de Almeida  
Dr. Rafael Silva de Barros  
Raissa Kalaf de Almeida  
Rita Maria Cupertino Bastos  
Dr. Salustiano Vilar da Costa Neto  
Tatiane Costa da Matta  
Tiago Assunção Pena  
Dra. Valdenira Ferreira dos Santos

## Serviços Técnicos

Além dos 71 pesquisadores participantes do Projeto Costa Norte, alguns serviços técnicos de apoio foram essenciais, e encontram-se listados a seguir.

### LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO POR LIDAR

Fototerra Atividades de Aerolevantamentos Ltda.

### CARTOGRAFIA, INFRAESTRUTURA DE DADOS E MAPEAMENTO

Profa. Dra. Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza

### LEVANTAMENTO DE COORDENADAS DE MARCO GEODÉSICO

Afonso Quaresma de Lima

Giordana Letícia Monteiro Maciel

### CONSTRUÇÃO DE MARCO GEODÉSICO

Mauro Wagner Magalhães Macedo

Airton Paulo de Souza



## Agradecimentos

O Projeto Costa Norte não teria acontecido sem a participação de inúmeras pessoas e instituições que, mesmo sem vínculo formal com o projeto, foram essenciais para o seu desenvolvimento. O desafio de se estudar regiões tão preservadas quanto remotas não poderia ter sido transposto sem o valioso conhecimento tradicional das comunidades locais. Desta forma, seguem os agradecimentos sinceros de cada instituição participante do Projeto Costa Norte.

### PROOCEANO

Gostaríamos de agradecer a toda a equipe de pesquisadores que esteve envolvida nas várias etapas do projeto, de forma engajada e consciente dos desafios associados a uma proposta interdisciplinar, numa região com inúmeras peculiaridades ambientais e logísticas. Sem o empenho e a dedicação de cada um de vocês, seria impossível chegar onde chegamos e edificar este projeto com tamanha solidez.

A toda a equipe da Enauta, por ter acreditado não só na ideia que apresentamos, mas também nos caminhos que optamos por adotar. Foram anos de muito esforço, onde o apoio e a confiança no que estávamos propondo foram determinantes para que seguíssemos em frente. Não teríamos conseguido materializar nossas propostas iniciais sem a compreensão de vocês. Isso faz toda a diferença!

### LABORATÓRIO DE PESQUISA EM MONITORAMENTO AMBIENTAL MARINHO

Agradecemos à toda equipe da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento de Pesquisa (FADESP), em especial:

Gracy Rocha

Raquel Souza

Darciane Caldas

Hélder Sabbá

Cleyde Lopes

Marcos Alexandre

Isaac Ribeiro

Direção do Instituto de Geociências da UFPA:

Arnaldo de Queiroz da Silva

Cristiano Mendel Martins

Ao setor de Transporte do Instituto de Geociências da UFPA nas pessoas de:

Afonso Quaresma De Lima

Francisco Carlos Nascimento Batista

Ivaldo De Jesus Almeida Belém

Raimundo Nazareno Rodrigues Pimentel

Base Avançada do Sucuriju nas pessoas de:

Patricia Ribeiro Salgado Pinha - Chefe da Reserva Biológica do Lago Piratuba

José Augusto Ferreira Quadros - Piloto ICMBio

Antônio Carlos da Silva Santos - Colaborador/Guia de campo

Ao Chefe da Estação Ecológica de Maracá-Jipioca Iranildo da Silva Coutinho

Ricardo Motta Pires - Parque Nacional do Cabo Orange

Ao Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá-IEPA/Núcleo de Pesquisas Aquáticas-NuPAq.

Ao Laboratório e o Laboratório de Sensoriamento Remoto e Análises Espaciais Aplicado a Ecossistemas Aquáticos-LASA.

Agradecemos a todos os tripulantes do barco Guilherme V, em especial a:

Comandante Naldo,

César, Léo e Ricardo.

Ao Docente da UFPA James Tony Lee.

Às Oceanógrafas:

Bruna Maria Martins

Neusa Renata Emim

Maura Elizabeth Souza

Stéfany Matos

### NÚCLEO DE ESTUDOS EM GEOQUÍMICA E ECOLOGIA MARINHA E COSTEIRA

Agradecimentos a todos que foram imprescindíveis aos trabalhos de campo realizados durante o Projeto Costa Norte.

A realização de cada uma das campanhas para a obtenção dos dados do Projeto Costa Norte apresentou alta complexidade. Muitas vezes, o planejamento da logística foi realizado à distância, as áreas de estudo eram de difícil acesso, a infraestrutura reduzida e os manguezais e a dinâmica das marés eram por nós desconhecidos. Os horários de trabalho invariavelmente precisaram obedecer aos horários das marés, assim as atividades frequentemente iniciavam-se antes do sol nascer e terminavam à noite. Nesse contexto, o apoio de diversos parceiros locais foi indispensável. Sem eles as atividades de campo no âmbito do Projeto Costa Norte teriam sido impossíveis de realizar.

Os pilotos e guias de campo compartilharam seu conhecimento sobre a dinâmica da maré local e sobre as áreas de mangue em cada área de estudo. Esses parceiros participaram ativamente das campanhas, atuando pela segurança de toda a equipe, definição da estratégia de campo, reconhecimento dos manguezais e muitas vezes nas medições nas florestas.

Em cada comunidade, fomos acolhidos pelos moradores e parceiros locais, que abriram as portas de suas casas e seus pequenos paraísos para que pudéssemos adentrá-los. Nós, que até então, éramos estranhos,



fomos recebidos como velhos amigos. Nessas comunidades encontramos o verdadeiro significado de solidariedade e por isso seremos sempre gratos.

Merecem destaque as campanhas realizadas em Sucuriju (AP), pois a localização remota desse lugarejo de acesso às florestas de mangue nas proximidades da ResEx Lago Piratuba era um desafio a ser superado. As campanhas realizadas em Sucuriju foram possíveis apenas pelo apoio logístico e conhecimento local dos pesquisadores do IEPA Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá, Valdenira Ferreira dos Santos e Salustiano Vilar da Costa Neto, que planejaram toda a logística de transporte e acesso, disponibilizaram materiais e participaram das campanhas. Valdenira e Salustiano foram também responsáveis pela articulação junto à gestora da ResEX Lago Piratuba, Patrícia Pinha, que gentilmente hospedou a equipe técnica na sede da ResEX e forneceu toda a infraestrutura para realização das campanhas.

Em São Caetano de Odivelas, destacamos o apoio logístico e o conhecimento local do Prof. Marcelo Rollnic, da UFPA. Marcelo se dispôs a contribuir com as campanhas do NEGEMC nessa área de estudo, região que conhece muito bem e sobre a qual compartilhou o conhecimento acumulado em anos de pesquisa e experiência, acompanhando a equipe e disponibilizando embarcação – inclusive como condutor – nas campanhas realizadas nessa área de estudo. Sua presença e suporte na primeira campanha realizada pela equipe do NEGEMC nas florestas da MEB foi um acolhimento muito relevante nesse início dos trabalhos no PCN.

Agradecemos a cada um e a todas as comunidades que nos apoiaram durante a realização dos trabalhos de campo do Projeto Costa Norte. E, a seguir, faremos o reconhecimento nominal aos principais amigos e verdadeiros parceiros que nos acompanharam nessa jornada.

### **Turiaçu, MA**

Joel – Piloto da embarcação - e seu filho Nelisson

Rogério – Embarcação

Valdemir Baltazar, Aroca – Piloto da embarcação

Dona Raimunda e Seu Luís – Hospedagem em Sababa

Wall – Cozinheira em Sababa

Tiririca – Piloto da rabeta em Sababa

Dona Creuza e seu marido – Hospedagem em Santa Bárbara

Seu Miau e sua esposa – Hospedagem em Santa Bárbara

Tia Chica – Cozinheira em Santa Bárbara

Seu Zoinho – Piloto da rabeta em Santa Bárbara

Yasmin e Anderson – Apoio local em Ponta Seca

Luís Carlos, Calu – Restaurante e apoio local em Turiaçu

Nalva e Roxo – Pousada em Turiaçu

Thiago – Mecânico em Turiaçu

Gasgalho – Pilota da rabeta em Cunhã-Coema

Apoio em Cunhã-Coema (buscar nos relatos os nomes da família que nos recebeu lá)

Comunidade do porto de Trajano, em Bacuri – Apoio na guarda de equipamentos

Pousada Emily – Hospedagem em Bacuri

Restaurante Garota do Pequizeiro – Refeições e lanche de campo

### **São Caetano de Odivelas, PA**

Jonielson, Júnior – Barqueiro

Seu Antônio “Careca” – Pousada

### **Ilha do Marajó (Soure e Araraquara), PA**

Paulo – Catador de Caranguejo e nosso guia na região

Nilson – Catador de Caranguejo e nosso guia na região

Jaqueline – apoio logístico para expedição em Araraquara

Seu Cláudio, Dona Joelma e Gabriel - Pai, mãe e irmão da Jaqueline apoio logístico para expedição em Araraquara

Túlio – apoio logístico para expedição em Araraquara e anfitrião da Fazenda Vigilândia

Jorge – Pescador e Condutor de embarcação Catita – Pescador

Tia Inácia – Cozinheira da Fazenda Vigilândia

Zico – Anfitrião do retiro próximo ao igarapé Envideira

Aos cozinheiros do retiro do Zico

Lisandra – Chefe ResEx Marinha de Soure (2018)

Andrei - Chefe ResEx Marinha de Soure (2017)

### **Sucuriju, AP**

Patrícia Pinha – Analista Ambiental da ResEx Lago Piratuba

Dejair, Pirarara – Guia de campo

Dona Vera – Cozinheira

José – Piloto da embarcação

Admir – Piloto da embarcação

José Augusto – Piloto da embarcação

Iranildo Coutinho – Analista Ambiental do ICMBio

Ney – Piloto da embarcação no trajeto cidade do Amapá/Sucuriju

---

Adiel – Piloto da embarcação no trajeto cidade do Amapá/Sucuriju

Lúcio – Motorista no trajeto entre Macapá e a cidade do Amapá

## Sumário Geral

### Volume 1

1. Introdução.....	17
2. Área de Estudo Regional.....	21
3. Metodologia de Análise de Vulnerabilidade de Manguezais ao Óleo.....	46
4. Vulnerabilidade dos Manguezais ao Óleo – Aplicações na Área de Estudo.....	85
5. Primeiros Esforços de Análise de Vulnerabilidade das Florestas de Mangue do Sistema Costeiro de Sucuriju .....	219
6. Aplicações dos Resultados e Metodologias do Projeto Costa Norte .....	241

### Volume 2

1. Introdução.....	264
2. Áreas de Estudo Específicas .....	268
3. Modelagem Atmosférica .....	321
4. Aquisição de Dados Oceanográficos.....	358
5. Levantamento de Dados por LiDAR.....	506
6. Processos Costeiros e de Plataforma.....	556
7. Modelagem Hidrodinâmica .....	597
8. Modelagem de Dispersão de Óleo .....	763
9. Caracterização do Uso e Cobertura do Solo e da Linha de Costa .....	903
10. Mapeamento das Florestas de Mangue .....	1034
11. Caracterização das Florestas de Mangue .....	1128
12. Plataforma WEB .....	1424