

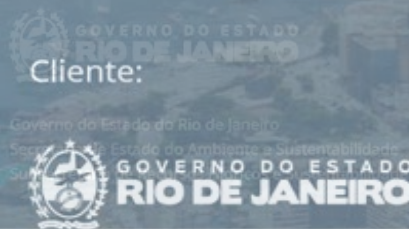
Plataforma Digital Operacional de
Monitoramento e Avaliação
Socioambiental da Baía de Guanabara e
Região Costeira do Estado do Rio de Janeiro

**PLATAFORMA DIGITAL OPERACIONAL DE MONITORAMENTO
E AVALIAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DA BAÍA DE GUANABARA E
REGIÃO COSTEIRA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

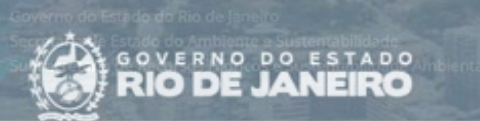
Relatório Técnico
Acompanhamento – R1
Junho/2025

Coordenador: Luiz Landau

Cliente:



Cliente:



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental

Sumário

1. Introdução.....	4
1.1. Contextualização e Objetivo Geral do Projeto.....	4
1.2. Período de Execução do Relatório.....	5
2. Descrição das Etapas e Atividades Desenvolvidas.....	6
2.1. Mobilização da Equipe e Início da Execução Contratual.....	6
2.2. Estruturação Técnica e Metodológica.....	7
2.3. Articulação Institucional e Compartilhamento de Dados.....	8
2.4. Atividades Desenvolvidas no período Fevereiro a Maio de 2025.....	9
2.4.1. Atividades Desenvolvidas no âmbito das Metas 1, 2, 3 e 6.....	9
2.4.1.1. Modelagem Ambiental.....	10
2.4.1.1.1. Modelagem Física Atmosférica.....	11
O Modelo WRF.....	11
Condições Iniciais e de Contorno.....	13
Parametrizações Físicas.....	13
Atividades em Desenvolvimento.....	14
2.4.1.1.2. Modelagem Regional Física Oceanográfica.....	16
Modelagem de Circulação Marinha - ROMS.....	16
Condições Iniciais e de Contorno.....	17
Parametrizações Físicas.....	19
Atividades em Desenvolvimento.....	19
Modelagem de Ondas.....	21
O Modelo WW3.....	22
Condições Iniciais e de Contorno e Configurações.....	22
O Modelo SWAN.....	23
Condições Iniciais e de Contorno e Configurações.....	23
Atividades em Desenvolvimento.....	24
2.4.2. Atividades Desenvolvidas no âmbito da Meta 11.....	25
2.4.2.1. Observação da Terra, Estrutura Geoespacial e Integração com Sistemas Operacionais.....	26
2.4.2.2. Planejamento da Rede de Estações Meteorológicas, Qualidade do Ar e Sensoriamento Local.....	27
2.4.2.3. Representatividade Ambiental.....	27
2.4.2.4. Aproveitamento de Infraestrutura Existente.....	28
2.4.2.5. Instalação de Novas Estações Estratégicas.....	28
2.4.2.6. Importância das Subdivisões da Baía de Guanabara.....	28

2.4.2.7. Viabilidade Técnica e Logística	30
2.4.2.8. Tabela de Estações por Subdivisão da Baía de Guanabara	31
2.4.2.9. Novas Estações Meteorológicas	31
2.4.2.10. Cenário Atual dos Instrumentos.....	32
SODAR.....	32
Antena	33
Estação de Qualidade do Ar e Meteorológica.....	33
2.4.2.11. Integração com Estruturas Existentes e Expansão da Rede de Monitoramento.....	36
3. Demonstrativo de Aplicação dos Recursos – 1º Desembolso	37
4. Etapas Futuras.....	46
5. Conclusões	46
Referências Bibliográficas.....	54



1. Introdução

Este documento corresponde ao 1º Relatório de Execução Técnica da **Plataforma Digital Operacional de Monitoramento e Avaliação Socioambiental da Baía de Guanabara e da Região Costeira do Estado do Rio de Janeiro**, elaborado pelo Laboratório de Métodos Computacionais (LAMCE) no âmbito do Contrato nº 001/2025 – Processo nº SE-070001/000893/2024, firmado com a Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade do Rio de Janeiro – SEAS/RJ.

1.1. Contextualização e Objetivo Geral do Projeto

A sobrevivência das populações humanas não depende exclusivamente da disponibilidade de alimentos. Mesmo que existam condições para garantir a segurança alimentar no futuro, outros fatores são igualmente fundamentais para a manutenção da vida no planeta. Atualmente, uma parcela significativa da população mundial enfrenta carências severas relacionadas à oferta de energia, água potável, moradia, educação, saúde, emprego, entre outras necessidades básicas. Diante desse cenário, o crescimento populacional — com a previsão de bilhões de novos habitantes — exercerá uma pressão ainda maior sobre os recursos naturais essenciais à vida, o que acentua as preocupações em relação aos impactos ambientais.

Nesse contexto, a questão ambiental se consolida como uma demanda cada vez mais urgente da sociedade contemporânea. As ferramentas e os avanços tecnológicos disponíveis tornam-se fundamentais para apoiar o gerenciamento dos recursos e serviços ecossistêmicos, com foco na preservação, recuperação e uso sustentável dos ambientes em que vivemos.

A produção e o acesso a informações ambientais qualificadas revelam, de forma clara, a fragilidade dos diferentes ambientes e suas dinâmicas geográficas e socioespaciais. Esses dados tornam-se instrumentos estratégicos, oferecendo subsídios

fundamentais para soluções voltadas ao planejamento e à gestão ambiental. Nesse sentido, a adoção de ferramentas capazes de realizar uma análise ambiental integrada — especialmente em áreas sensíveis e complexas, como a Baía de Guanabara e a região costeira do Estado do Rio de Janeiro — é essencial para qualificar a tomada de decisão e a implementação de ações voltadas ao ordenamento e à sustentabilidade desses territórios.

Alinhado a essa perspectiva, o presente projeto tem como objetivo geral a implementação de uma plataforma digital integrada de observação e monitoramento meteorológico, oceanográfico e socioeconômico para a Baía de Guanabara e região costeira do Estado do Rio de Janeiro, utilizando tecnologias baseadas em Internet das Coisas (IoT). A plataforma permitirá a aplicação de técnicas avançadas de modelagem computacional da dinâmica oceânica e atmosférica, integrando a aquisição de dados em tempo real, modelagem e visualização científica. Essa estrutura inédita viabilizará o uso contínuo e sistemático dos dados gerados, promovendo sua aplicação em programas de estímulo ao uso de dados abertos, com foco em educação, inovação, negócios e engajamento cidadão.

O desenvolvimento deste projeto está diretamente associado às diretrizes estabelecidas no item VII do artigo 4º da Lei nº 48.666/2023, que institui o Centro Integrado de Gestão da Baía de Guanabara – CIG-BG, reforçando seu papel estratégico no fortalecimento da governança ambiental da região.

1.2. Período de Execução do Relatório

O período de execução do projeto, abrangido por este relatório, corresponde aos meses de **fevereiro a maio de 2025**.

Cliente:



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental

2. Descrição das Etapas e Atividades Desenvolvidas

No primeiro trimestre de execução, o projeto avançou significativamente na mobilização institucional (definições entre LAMCE, SEAS e INEA) e de equipe, estruturação técnica e início das atividades operacionais. Foram estabelecidos ambientes de trabalho especializados, como a sala de situação para visualização e análise em tempo real, além da contratação de equipe e início dos processos de aquisição dos equipamentos previstos.

Nesse processo, teve início o alinhamento metodológico com os órgãos parceiros, para estabelecer a padronização dos fluxos de dados e definição de protocolos técnicos, garantindo integração eficiente com os sistemas estaduais de gestão ambiental. O projeto iniciou as ações para estruturação dos modelos computacionais de alta performance, abrangendo previsão atmosférica, circulação oceânica e propagação de ondas, essenciais para o monitoramento e simulação das condições ambientais da Baía de Guanabara e de sua região costeira.

Avançou-se também no processo de implantação de uma rede integrada de monitoramento meteorológico, oceanográfico e de qualidade do ar, com a definição de novos pontos estratégicos, além do aproveitamento de infraestrutura existente. A integração entre dados de satélite, sensores in situ e sistemas operacionais, como o Alerta de Cheias do INEA, fortalece a capacidade de resposta e gestão ambiental da região.

O projeto se consolida como uma plataforma inovadora para suporte à tomada de decisão, monitoramento contínuo, geração de alertas e fortalecimento da governança ambiental, contribuindo diretamente para a gestão sustentável da Baía de Guanabara e da zona costeira do Estado do Rio de Janeiro.

2.1. Mobilização da Equipe e Início da Execução Contratual

Após a formalização do contrato e a liberação do primeiro repasse financeiro, o projeto iniciou seu processo de mobilização institucional e técnica. A equipe executora

Cliente:



Governo do Estado do Rio de Janeiro

Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental

passou a operar de forma estruturada, com o início da contratação de novos membros, entre alunos de graduação e pós-graduação das áreas de sistemas de computação, oceanografia, meteorologia, engenharia elétrica, e a instalação dos primeiros dispositivos e estruturas de apoio (complemento como contrapartida das estações existentes e integração de sensores de qualidade do ar e meteorológicos). Está sendo montada ainda uma sala de situação com sistema de monitores integrados, a qual funcionará como núcleo de visualização e análise em tempo real dos dados gerados ao longo da execução do projeto. Esse ambiente atenderá tanto à equipe técnica quanto aos órgãos de controle e parceiros institucionais, promovendo a transparência e a integração das ações.

Paralelamente, foram iniciados os procedimentos para aquisição dos equipamentos necessários para a coleta de dados ambientais e geoespaciais, com destaque para estações meteorológicas, sensores atmosféricos, instrumentação oceânica e computadores de alto desempenho. Dentre as aquisições, está a importação de duas estações meteorológicas e de qualidade do ar do fabricante finlandês Vaisala, sendo este tipo de importação realizada com isenção de impostos. O cronograma de aquisição segue em conformidade com o previsto no Plano de Trabalho, respeitando os trâmites administrativos e as especificidades técnicas dos equipamentos.

2.2. Estruturação Técnica e Metodológica

Durante o período em análise, foram realizados diversos encontros entre a equipe técnica da contratada e representantes dos órgãos contratantes para alinhar metodologias, escopo de dados, padrões geoespaciais e procedimentos de documentação. A versão inicial do Plano de Trabalho foi avaliada positivamente, sendo reconhecida por sua aderência às diretrizes do Termo de Referência e por apresentar clareza metodológica. Algumas sugestões de ajustes pontuais estão sendo incorporadas

visando aperfeiçoar a comunicação das ações, cronograma e métodos de avaliação contínua.

No que tange à estrutura de dados, através de contato com a equipe do Alerta de Cheias”, iniciou-se a caracterização e padronização dos formatos a serem utilizados, em especial no que se refere à interoperabilidade com os sistemas já existentes nos órgãos ambientais do estado. A equipe técnica estruturou o modelo de organização dos dados geoespaciais (arquivos em formato netcdf, por exemplo), definindo metadados, escalas e resoluções compatíveis com as demandas do projeto. A documentação de atividades e intercâmbio de dados também foram padronizadas para assegurar rastreabilidade e reprodutibilidade das análises.

2.3. Articulação Institucional e Compartilhamento de Dados

Um dos principais eixos estratégicos desenvolvidos neste trimestre foi o estabelecimento de canais de comunicação e colaboração entre a equipe do projeto e os setores técnicos dos órgãos parceiros, em especial os responsáveis por dados hidrometeorológicos, qualidade da água, geoinformação e gestão territorial. A partir das reuniões realizadas, estabeleceu-se uma diretriz inicial de que o projeto, em sua fase inicial, utilizaria prioritariamente os dados já disponíveis nos sistemas internos da contratada. Gradualmente, conforme avançasse o conhecimento sobre a estrutura de dados das instituições parceiras, seriam demandados novos dados a serem integrados à plataforma.

Identificou-se que apenas em um dos setores dos órgãos estaduais existem aproximadamente 2.000 camadas de dados geoespaciais que poderão ser utilizados. Para organizar esse processo de intercâmbio, foi acordado que a equipe técnica do projeto fará solicitações específicas de dados às equipes dos órgãos ambientais, com o

acompanhamento institucional da coordenação do projeto, garantindo agilidade, legitimidade e segurança institucional.

2.4. Atividades Desenvolvidas no período Fevereiro a Maio de 2025

As atividades desenvolvidas até o momento correspondem à execução parcial das seguintes etapas:

- **Meta 1:** Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação atmosférica;
- **Meta 2:** Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação marinha;
- **Meta 3:** Desenvolvimento de sistema computacional operacional de ondas;
- **Meta 6:** Desenvolver um sistema de informações em tempo real sobre as condições hidrodinâmicas da Baía de Guanabara e região costeira como suporte à gestão ambiental;
- **Meta 11:** Desenvolvimento do Sistema de Monitoramento Meteo-Oceanográfico In-Situ e Orbital; e
- **Operação da Plataforma e Disseminação dos Dados:** estabelecimento de protocolos a equipe de Visualização Científica para integração dos produtos de observação e modelagem.

2.4.1. Atividades Desenvolvidas no âmbito das Metas 1, 2, 3 e 6

Considerando a **Meta 1** (Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação atmosférica), **Meta 2 (Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação marinha)**, **Meta 3** (Desenvolvimento de sistema computacional operacional de ondas) e **Meta 6** (Desenvolver um sistema de informações em tempo real sobre as condições hidrodinâmicas da Baía de Guanabara e região costeira como suporte à gestão ambiental), os resultados apresentam a estrutura e os avanços do

sistema de modelagem ambiental desenvolvido no âmbito do projeto, com foco na região da Baía de Guanabara e da costa do Estado do Rio de Janeiro. Esse sistema integra três modelos numéricos fundamentais: o modelo atmosférico (WRF), o modelo hidrodinâmico oceânico (ROMS) e o modelo de ondas (WW3 e SWAN).

Ao longo dos três primeiros meses de execução, foram realizados ajustes, melhorias e operacionalização dos modelos, com destaque para o refinamento das grades numéricas, aumento da resolução espacial e temporal, além da otimização dos algoritmos e forçantes. As simulações atmosféricas foram aprimoradas com uma nova hierarquia de grades e melhorias nas parametrizações físicas. Na modelagem oceanográfica, houve avanços na representação da circulação marinha e na qualidade da batimetria, enquanto a modelagem de ondas passou a incorporar maior detalhamento na propagação de ondas em águas rasas.

O sistema integrado permite a geração de prognósticos ambientais robustos e de alta resolução, fornecendo suporte técnico-científico essencial para o monitoramento, gestão e tomada de decisão ambiental na Baía de Guanabara e seu entorno costeiro.

2.4.1.1. Modelagem Ambiental

O sistema de modelagem computacional operacional do projeto é composto por 3 (três) diferentes modelos numéricos, a saber: modelo atmosférico, modelo hidrodinâmico e modelo de ondas. Os modelos estão implementados para a região foco do projeto, a Baía de Guanabara (RJ). Nesta seção, serão apresentados os desenvolvimentos realizados nos 3 (três) meses iniciais do projeto em relação às atividades relacionadas ao sistema de modelagem ambiental, bem como alguns detalhes sobre suas melhorias e operacionalização.

2.4.1.1.1. Modelagem Física Atmosférica

A modelagem atmosférica é realizada com o uso do modelo de Previsão Numérica de Tempo (PNT) Weather Research and Forecasting (WRF) (Skamarock et al., 2021) para representar o campo de vento tridimensional da área de interesse do projeto. Neste sentido, apresenta-se a seguir uma descrição mais abrangente sobre as características do modelo WRF, e algumas configurações já definidas para atender os objetivos do projeto.

O Modelo WRF

O WRF é um modelo desenvolvido tanto para fins de pesquisa quanto operacionais, mantido por uma série de instituições e agências governamentais dos Estados Unidos. O código do modelo é aberto e foi desenvolvido para ser flexível, portátil e eficiente em ambientes de computação paralela. Este modelo pode ser utilizado em aplicações para diferentes escalas espaciais e temporais, com a possibilidade de utilização de sistemas de assimilação de dados e simulações idealizadas.

No sistema de modelagem do WRF existem dois núcleos dinâmicos: o Nonhydrostatic Mesoscale Model (NMM) e o Advanced Research WRF (ARW) (Skamarock et al., 2021). O arranjo de grade C de Arakawa (Mesinger & Arakawa, 1976) e o método de diferenças finitas para resolução das equações diferenciais são aplicados (Lundquist et al., 2010). Diferentes processos são representados por parametrizações físicas como a radiação, microfísica de nuvens, cumulus, mistura devido a variações na escala da turbulência, fluxos na superfície terrestre, entre outros.

Como descrito por Skamarock et al. (2021), o sistema de modelagem WRF é dividido nos módulos de pré-processamento (WRF Preprocessing System - WPS), processamento e pós-processamento. A Figura 1 ilustra o fluxo de dados e programas no pré-processamento e no WRF-ARW. O WPS é um conjunto de três programas que tem o objetivo de preparar as condições iniciais e de contorno, além de adequar as informações

de posicionamento e resolução da grade, e o tipo de projeção cartográfica para o programa real. Os três programas que compõem o WPS são: geogrid, ungrrib e metgrid. Cada um dos programas realiza um estágio da preparação.

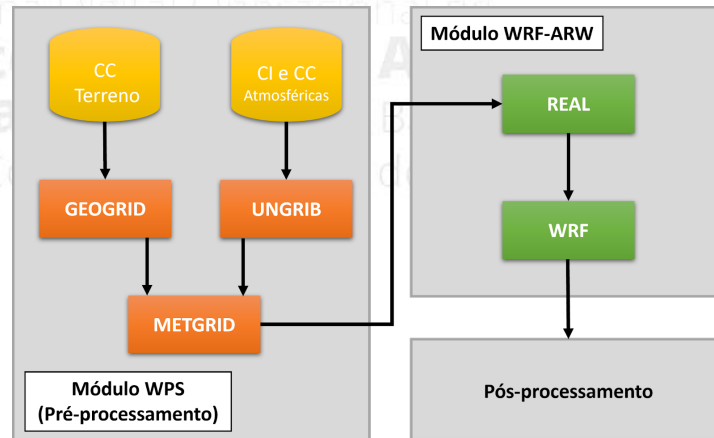


Figura 1: Ilustração esquemática do sistema de modelagem atmosférica WRF-ARW. Fonte: Adaptado de Skamarock *et al.* (2021).

O geogrid define os domínios do modelo e interpola os dados de terreno para as grades numéricas. O ungrrib extrai campos meteorológicos no formato GRIB (GRIdded Binary); e o metgrid interpola horizontalmente os campos extraídos pelo ungrrib para as grades do modelo definidas pelo geogrid. A interpolação dos campos meteorológicos para os níveis verticais é realizada pelo programa real. Finalmente, os arquivos processados pelo real são utilizados pelo WRF, que é o modelo propriamente dito.

Diferentes dos modelos espectrais de escala global, modelos de área limitada como o WRF precisam, além das condições iniciais (CIs), de condições de contorno (CCs) atualizadas no tempo para realizarem o prognóstico atmosférico, seja de tempo ou de clima. De uma forma geral, as CIs e CCs empregadas nos modelos atmosféricos podem ser divididas em quatro classes: condições atmosféricas, oriundas de modelos em escala global, condições marítimas (temperatura da superfície do mar); topografia e uso e cobertura da terra.

Condições Iniciais e de Contorno

Diariamente o WRF utiliza resultados do modelo global Global Forecast System (GFS) para extrair as condições iniciais e de contorno para o modelo. A condição de contorno de terreno é representada pela base topográfica ou Modelo Digital de Elevação (MDE, em inglês DEM) Global Multi-resolution Terrain Elevation Data 2010 - GMTED2010 (Danielson & Gesch, 2011), na resolução de 30 s. Em relação ao uso e cobertura da terra, atualmente emprega-se a base desenvolvida através dos dados de sensoriamento remoto do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), que vão de janeiro a dezembro de 2001, cuja resolução espacial é de 1 km. Entretanto, está sendo implementada uma nova base no modelo atmosférico, de maior resolução espacial. Ao invés dos dados de 1 km, agora serão incorporados ao WRF dados de 30 metros de resolução espacial.

Parametrizações Físicas

Para representação dos processos que não são resolvidos explicitamente, o WRF dispõe de esquemas físicos paramétricos. As categorias de parametrizações físicas disponíveis no WRF são: microfísica de nuvens, parametrização de cúmulos, radiação, modelo de solo (superfície terrestre), camada de superfície, Camada Limite Atmosférica (CLA) (Skamarock et al., 2021). Estas parametrizações físicas interagem entre si, através das variáveis de estado do modelo (temperatura potencial, umidade, vento, entre outras) e suas tendências, e por meio de fluxos na superfície.

As parametrizações físicas configuradas no modelo do sistema implementado são: WRF Single-moment 3-class para microfísica, RRTMG Shortwave and Longwave Schemes para radiação, Revised MM5 Scheme para a camada superficial, Noah-MP Land Surface Model para solo, Yonsei University Scheme (YSU) para Camada Limite Atmosférica e Kain-Fritsch Scheme para representar cumulus.

Atividades em Desenvolvimento

No sistema atualmente em operação, o modelo WRF está configurado com quatro grades numéricas aninhadas (Fig. 2A). A grade numérica referente ao maior domínio de integração apresenta resolução horizontal de 27 km e, de modo geral, se estende desde a Bahia até o Rio Grande do Sul, além da porção oceânica adjacente. O segundo domínio de integração possui 9 km de resolução e engloba todo o estado do Rio de Janeiro e região costeira. A terceira grade apresenta resolução de 3 km e a grade mais resoluta apresenta resolução de 1 km e engloba toda a Baía de Guanabara. A respeito da resolução vertical, o modelo está configurado com 30 níveis.

O primeiro desenvolvimento realizado no projeto foi a proposição de uma nova hierarquia de grades para o WRF (Fig. 2B). Ao invés de quatro grades, serão utilizadas 3 grades numéricas, de resoluções espaciais horizontais de 9, 3 e 1 km. Tal mudança representa uma diminuição no tempo computacional necessário para realizar as simulações numéricas. Essa mudança foi motivada pela troca no produto do GFS utilizado para fornecer as condições iniciais e de contorno para o modelo regional. Anteriormente eram utilizados resultados do GFS com resolução de $0,5^\circ$ (aproximadamente 50 km). Agora passam a ser utilizados resultados de $0,25^\circ$ (aproximadamente 25 km). Na nova versão do sistema de modelagem atmosférica regional em desenvolvimento, através da utilização de resultados do GFS de maior resolução espacial, será possível suprimir a utilização da grade de 27 km de resolução, respeitando o fator de refinamento máximo entre as grades sucessivas. A grade mãe passa a ter 9 km de resolução, o que proporciona economia de tempo computacional, uma vez que não haverá cálculos para a grade de 27 km. Além disso, ressalta-se a utilização de condições iniciais e de contorno mais resolutas e precisas.

Outro importante aprimoramento do sistema em desenvolvimento está relacionado ao aumento das áreas das grades numéricas (Tab. 1). Por exemplo, é possível

observar que a grade da Baía de Guanabara cobre, além do seu espelho d'água, pequena porção dos municípios adjacentes. Sendo assim, as grades estão sendo remodeladas, especialmente as grades de 3 e 1 km. Na Figura 2B são apresentadas as 3 (três) novas grades propostas e atualmente em fase de testes.

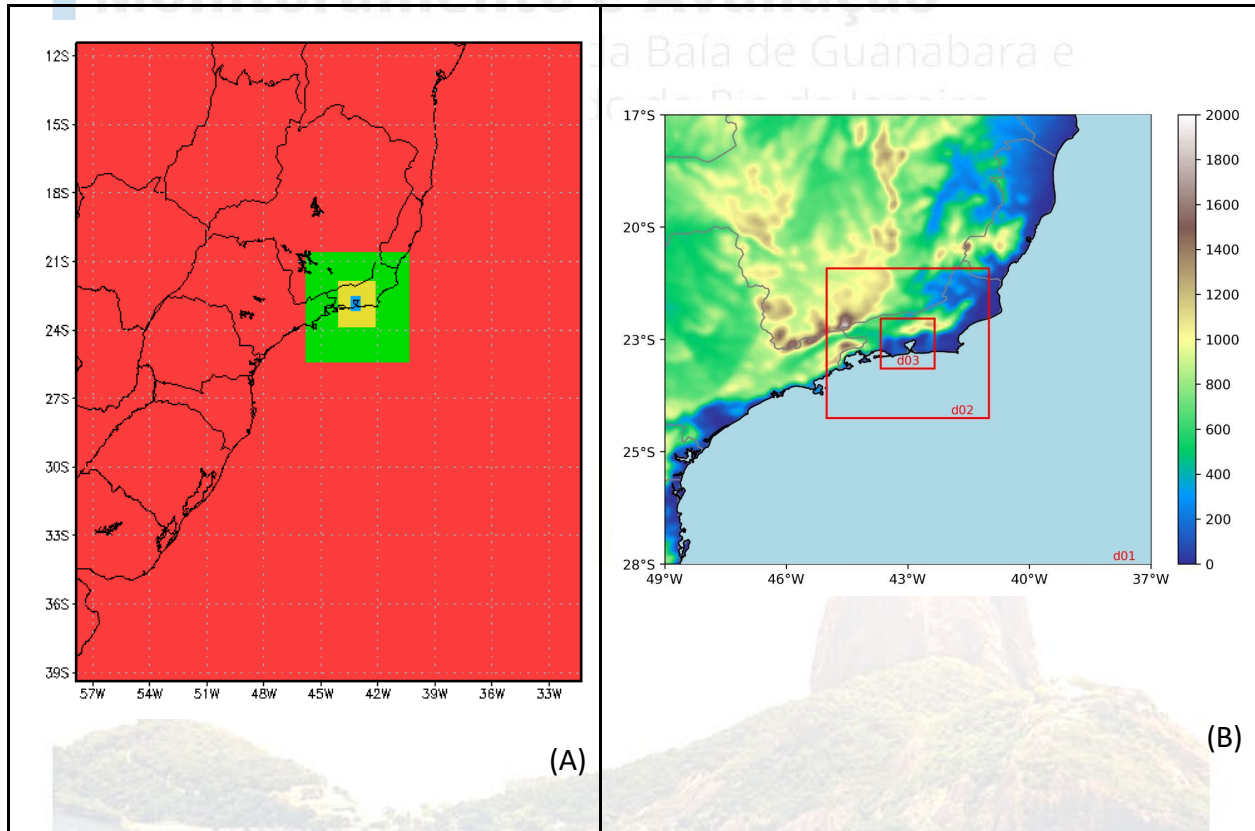


Figura 2: Domínios das grades numéricas utilizadas pelo modelo WRF, em (A), no sistema em operação e, em (B), no sistema em desenvolvimento.

Tabela 1: Limites de latitude e longitude das grades numéricas utilizadas no sistema atualmente em operação e as novas grades em desenvolvimento.

Domínio	Grades Atuais		Grades Novas	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
d01 (1 km)	39.50°S - 11.30°S	57.95°W - 31.14°W	27.96°S - 17.32°S	48.97°W - 37.42°W
d02 (3 km)	25.40°S - 20.66°S	45.76°S - 40.34°S	24.51°S - 20.96°S	45.12°W - 41.27°W
d03 (9 km)	23.84°S - 21.93°S	44.05°W - 42.15°W	23.34°S - 22.15°S	43.84°W - 42.55°W
d04 (27 km)	23.12°S - 22.57°S	43.41°W - 42.90°W	-	-

2.4.1.1.2. Modelagem Regional Física Oceanográfica

Os principais detalhes sobre os modelos físicos oceanográficos regionais de circulação marinha (Regional Ocean Modeling System - ROMS) e de onda (WAVEWATCH III - WW3 e Simulating Waves Nearshore - SWAN) implementados para a região de interesse do projeto, a Baía de Guanabara, são apresentados nos próximos itens.

Modelagem de Circulação Marinha - ROMS

O oceano é simulado através do Regional Ocean Modeling System (ROMS) (Shchepetkin & McWilliams, 2003; 2005), modelo hidrodinâmico de código aberto, desenvolvido e mantido por pesquisadores da Rutgers University com constantes contribuições de uma comunidade ativa em todo o planeta e que o utiliza em um abrangente número de aplicações.

O ROMS é um modelo numérico hidrodinâmico, tridimensional e de superfície livre que resolve as equações primitivas do oceano de forma discreta em uma grade numérica através do método de diferenças finitas, levando em conta as aproximações hidrostática e de Boussinesq (Shchepetkin & McWilliams, 2005). A discretização neste modelo é baseada em um sistema de coordenadas horizontais curvilíneas e uma grade escalonada do tipo C de Arakawa. Na vertical, o ROMS utiliza um sistema de coordenadas que acompanha o terreno (Shchepetkin & McWilliams, 2003). Assim, a distribuição das camadas verticais é dada de acordo com a topografia de fundo e cada uma pode apresentar diferentes espessuras, permitindo a melhor representação do oceano próximo aos contornos, ou seja, a superfície e o fundo (Hedström, 2018). Como variáveis prognósticas do modelo temos a elevação da superfície livre do mar, a temperatura, a salinidade e as componentes zonal e meridional da velocidade.

Condições Iniciais e de Contorno

O modelo hidrodinâmico é forçado em superfície por variáveis atmosféricas oriundas do modelo regional WRF desenvolvido no projeto. Os forçantes atmosféricos são produzidos para as áreas das grades numéricas oceânicas, e correspondem às variáveis atmosféricas necessárias ao funcionamento do ROMS, ou seja, para a interpretação da transferência de momentum, calor e massa na interface entre o oceano e a atmosfera.

Nos contornos laterais abertos, o ROMS é forçado pelas marés e variáveis oceânicas oriundas de modelos globais. As previsões hidrodinâmicas utilizadas são as fornecidas pelo Serviço Europeu Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS). O produto global utilizado é composto por resultados diários com resolução horizontal de $1/12^\circ$, 50 níveis verticais e um horizonte de previsão de 7 (sete) dias. Como forçante de maré são utilizados os resultados da versão 9 do Oregon State University (OSU) TOPEX/Poseidon global tidal model (TPXO9) (Egbert & Erofeeva, 2002) que possui resolução espacial de $1/30^\circ$ e contempla 15 constituintes de maré astronômica.

Um dos avanços no modelo no presente projeto é a incorporação da vazão de alguns rios que deságuam na Baía de Guanabara ao modelo. Ao todo, 15 (quinze) rios serão consideradas nas simulações numéricas do projeto, sendo eles: Canal do Cunha, Rio Irajá, Rio São João de Meriti, Rio Sarapuí, Rio Iguaçu, Rio Estrela, Rio Suruí, Rio Iriri, Rio Roncador, Rio Guapimirim, Rio Caceribu, Rio Guaxindiba, Rio Imboaçú, Canal do Manguê e Rio Guarái. Dentre os rios considerados, destacam-se os rios Iguaçu, Caceribu, Guapimirim, Estrela, Sarapuí e São João de Meriti, uma vez que são os que mais contribuem para o escoamento de águas para a Baía (Sampaio, 2003). ¹Até o

¹ Sampaio, Marcelle. Estudo da Circulação Hidrodinâmica e Trocas de Massas d'Água na Baía de Guanabara – RJ, [Rio de Janeiro] 2003 VII, 213 p. COPPE/UFRJ. MSc., Engenharia Civil, 2003. Tese.

momento, a maior parte dos dados de vazão que serão considerados foram obtidos através do levantamento bibliográfico realizado por Toste (2017) ², conforme apresentado na Tabela I. Portanto, caso sejam disponibilizados, ao longo do projeto, dados sobre as vazões mais atualizados ou séries temporais de vazão dos rios considerados, especialmente os que mais contribuem, esses dados podem ser incorporados ao modelo hidrodinâmico.

Tabela I. Vazões que serão utilizadas, até o presente momento, para alguns dos rios que serão considerados no modelo.

Corpo Hídrico	Vazão (m³/s)
Canal do Cunha	1,439
Rio Irajá	0,649
Rio São João de Meriti	3,88
Rio Sarapuí	3,8
Rio Iguaçu	12,942
Rio Estrela	8,145
Rio Suruí	1,265
Rio Iriri	0,2
Rio Roncador	2,545
Rio Guapimirim	29,34
Rio Caceribu	18,037
Rio Guaxindiba	0,281
Rio Imboaçú	0,276

² Santos, Raquel Toste Ferreira dos. Efeitos da subida do nível do mar na inundação costeira na costa leste do Brasil devido às mudanças climáticas. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2017. XXVIII, 184 p. Tese (doutorado) – UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia Civil, 2017.

Parametrizações Físicas

Nos contornos abertos oceânicos das grades numéricas foram impostas as condições de contorno do tipo Chapman para a superfície livre, do tipo Flather para as velocidades barotrópicas e do tipo Radiacional para as velocidades baroclínicas, temperatura e salinidade. As grades deste sistema geram prognósticos horários para um horizonte de 72 horas.

Atividades em Desenvolvimento

O sistema de modelagem em operação é composto por duas grades numéricas aninhadas (Fig. 3). O domínio da grade de menor resolução espacial horizontal, cerca de 1,3 km, está compreendido entre as latitudes 23.99°S e 22.21°S e as longitudes 43.99°W e 41.61°W (Fig. 3). Esta grade engloba a região oceânica adjacente ao Estado do Rio de Janeiro, possuindo três das quatro fronteiras abertas (leste, oeste e sul) e 20 níveis verticais (na coluna d'água). Conforme descrito anteriormente, as condições iniciais e de contorno são provenientes do CMEMS e as forçantes atmosféricas são obtidas através dos resultados do WRF. Além disso, nos contornos oceânicos, o modelo é forçado pelos campos de altura e correntes de maré astronômica oriundos do modelo global de marés.

A grade numérica de maior resolução espacial compreende todo o domínio da Baía de Guanabara, sendo delimitada pelas latitudes 23.07° S e 22.65° S e as longitudes 43.30°W e 43.00°W, e possui resolução horizontal de, aproximadamente, 200 m (Fig. 3). São usadas 15 camadas verticais. As condições iniciais e de contorno são obtidas a partir dos resultados gerados pela grade de menor resolução. E os forçantes atmosféricos são provenientes do WRF. Essa grade de maior resolução também possui as fronteiras leste, oeste e sul abertas.

Cliente:



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO

Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental

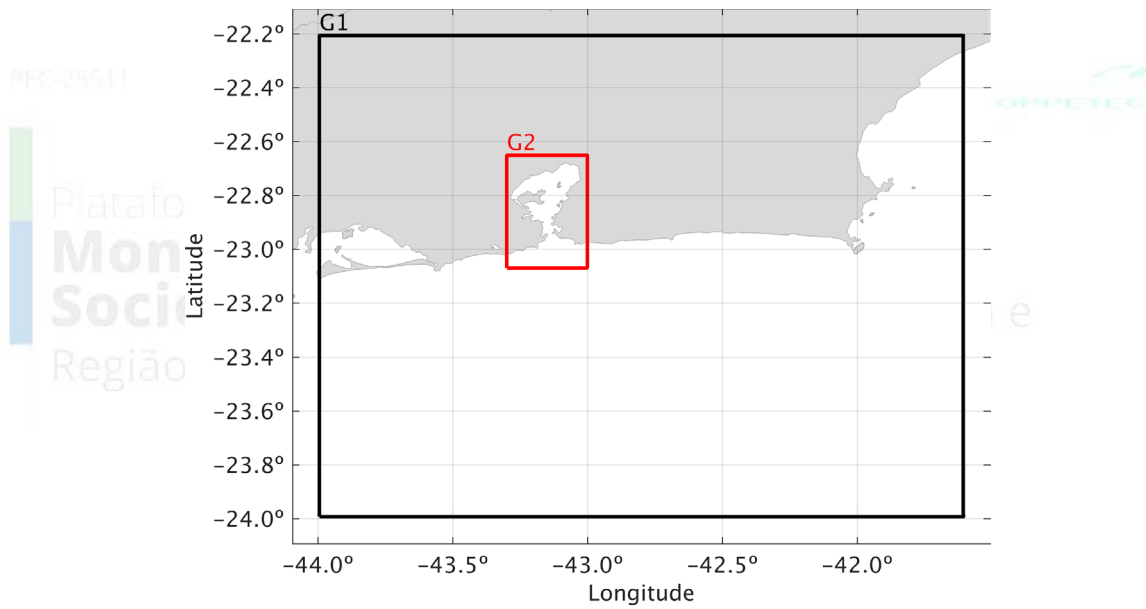


Figura 3: Domínios das grades numéricas, denominadas G1 (retângulo preto) e G2 (retângulo vermelho), utilizadas pelo modelo ROMS no sistema em operação.

No sistema atual, os resultados da grade de 3 km do WRF são usados para fornecer as forçantes atmosféricas de ambas as grades do ROMS (G1 e G2). Com a ampliação dos domínios das grades do WRF, conforme apresentado no item anterior, a grade de 1 km do WRF (d01) passa a abranger todo o domínio da G2 do ROMS. Com isso, os resultados atmosféricos dessa grade mais resolvida do WRF poderão ser utilizados como forçante na grade da Baía de Guanabara do modelo hidrodinâmico. Dessa forma, estão sendo realizadas adaptações nos algoritmos de processamento dos forçantes atmosféricos, de forma a considerar estes novos resultados. A grade G1 continuará sendo forçada com os resultados da grade numérica de 3 km do WRF (d02).

A batimetria original, derivada de dados batimétricos coletados, tratados e interpolados no espaço, costuma ser muito “acidentada” para os modelos, sendo necessário a aplicação de técnicas para a suavização da batimetria antes da utilização no modelo. O alisamento, neste caso, é usado para garantir os critérios de estabilidade do ROMS, eliminando ou atenuando variações abruptas da profundidade. Existem diversas técnicas que podem ser aplicadas para o alisamento da batimetria, tais como do filtro Shapiro, filtro Laplaciano e o método Mellor Ezer-Oey. Nesse sentido, está sendo

desenvolvido um refinamento na batimetria utilizada pelo modelo (Fig. 4), que incluem testes de diferentes métodos de alisamento de forma a representar de forma mais realística a batimetria da região e os gradientes associados, sem comprometer a estabilidade do modelo, e, com isso, representar melhor a circulação marinha local, especialmente em regiões rasas da Baía. A aferição sobre a melhoria na batimetria do modelo pode ser feita através de inspeção visual do analista, com atenção a formação de degraus, irregularidades e descontinuidades, pela comparação entre a batimetria interpolada e os dados batimétricos originais e através dos resultados prognósticos do modelo, uma vez que a batimetria influencia na circulação marinha local.

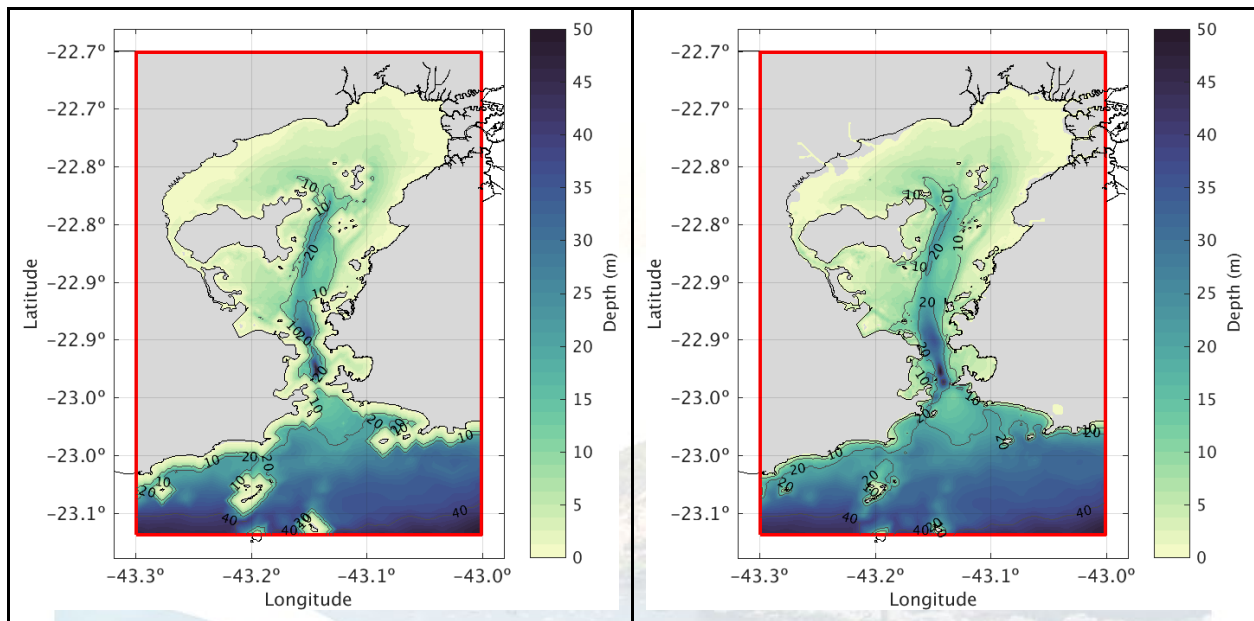


Figura 4: Em (A), batimetria utilizada pelo ROMS no sistema em operação. Em (B), batimetria a ser utilizada no sistema.

Modelagem de Ondas

O sistema de previsão de ondas implementado para a região da Baía de Guanabara foi desenvolvido com base em dois modelos espectrais de propagação de ondas, que são abordados em detalhes nos itens a seguir. O modelo global WAVEWATCH III - WW3 (WW3DG, 2019) fornece condições de contorno para o modelo regional de águas rasas

Cliente:

GOVERNO DO ESTADO
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
Subsistema de Recursos Hídricos

Simulating Waves Nearshore - SWAN (Booij et al., 1999). Por sua vez, o modelo regional calcula os parâmetros de onda para as áreas de estudo, que incluem a Baía de Guanabara.

O Modelo WW3

O WW3 é um modelo numérico de onda superficial de gravidade de terceira geração desenvolvido pela National Oceanic and Atmospheric Administration e o National Centers for Environmental Prediction (NOAA/NCEP). É um desenvolvimento mais avançado do modelo WAVEWATCH (Tolman, 1989). O modelo resolve a equação de equilíbrio de densidade da ação espectral de fase aleatória para o espectro e direção do número de onda. A suposição implícita desta equação é que as propriedades do meio (profundidade e correntes) e o próprio campo de onda variam em escalas de tempo e espaço que são muito maiores do que as escalas de variação de uma única onda.

As simulações do WW3 são realizadas usando seis grades numéricas regulares com o intuito de alcançar a maior resolução espacial na região da Baía de Guanabara. O modelo é executado em modo de aninhamento bidirecional, onde as grades trocam informações entre elas sobre o espectro bidimensional nos pontos de fronteira. Os resultados obtidos pela grade numérica de maior resolução espacial são utilizados como condição de contorno para as simulações com o modelo SWAN (a ser apresentado no próximo item).

Condições Iniciais e de Contorno e Configurações

A condição inicial para a simulação com o WW3 foi definida como cold start, ou seja, quando o estado do mar é considerado em repouso no tempo zero. Neste caso, é necessário manter o modelo em execução por pelo menos 15 (quinze) dias de simulação para atingir estabilidade. O modelo é forçado com campos de vento de 10 m e cobertura de gelo marinho (grade global) com uma resolução espacial de $0,25^\circ$ da reanálise global GFS. Além disso, o pacote físico utilizado é o ST4 (Ardhuin et al., 2010) com parâmetros

padrão. Como condição de contorno, é utilizada a batimetria digital do modelo de topografia global ETOPO1 (Amante & Eakins, 2009) com uma resolução espacial de 1 minuto de arco.

O Modelo SWAN

Com o objetivo de considerar a transformação das ondas de águas profundas para rasas, o modelo de ondas SWAN é aplicado para representar a propagação das ondas na área de estudo da Baía de Guanabara. Usado para obter parâmetros de ondas que definem as condições do mar em regiões costeiras, lagos e estuários, SWAN é um modelo numérico de terceira geração desenvolvido na Universidade Técnica de Delft em domínio público. O modelo é baseado na equação de equilíbrio da ação das ondas, e as ondas são descritas pelo espectro de densidade de ação das ondas bidimensional, mesmo quando fenômenos não lineares dominam. O espectro considerado no SWAN é a densidade de ação em vez do espectro de densidade de energia das ondas.

Além disso, o SWAN pode representar os seguintes processos de propagação de ondas: propagação através do espaço geográfico; refração devido a variações espaciais no fundo e correntes; elevação devido a variações espaciais no fundo e correntes; bloqueio e reflexão por correntes opostas; transmissão por bloqueio ou reflexão por obstáculos.

Condições Iniciais e de Contorno e Configurações

Para o SWAN, a grade computacional regular em coordenadas esféricas contém 473 por 338 pontos com uma faixa de frequência discreta entre 0,05 e 1,2 hertz. Assim como no WW3, a condição inicial considera repouso no tempo zero, e não inclui o vento local, correntes e maré como forçantes. Além disso, uma batimetria digital com 100 metros de resolução espacial criada a partir de cartas de navegação fornecidas pela Marinha do Brasil foi usada como condição de contorno. Os limites são preenchidos com

o espectro JONSWAP com um parâmetro de realce de pico de 3,3. Além disso, estes recebem informações em diferentes segmentos. O limite zonal é dividido em quatro segmentos e o meridional em dois. Os parâmetros de altura significativa da onda, período de pico da onda e direção média da onda são extraídos da grade da Baía de Guanabara do WW3 para compor as informações de contorno da Grade SWAN.

A simulação considera parametrizações de whitecapping, a quebra de onda induzida pela profundidade e o atrito com o fundo como processos de dissipação de energia. Finalmente, as variáveis de saída geradas pelo modelo são a altura significativa, período médio, período de pico, direção média, direção de pico e transporte de energia em termo das componentes zonal e meridional.

Atividades em Desenvolvimento

Na Figura 5 são apresentadas algumas das grades numéricas utilizadas no sistema de previsão de ondas, com destaque das grades que cobrem o estado do Rio de Janeiro e a Baía de Guanabara. Os prognósticos atualmente disponibilizados, de altura significativa e direção de ondas, possuem resolução temporal de 3 (três) horas. Os desenvolvimentos necessários para promover o aumento de resolução temporal dos resultados numéricos já foram concluídos. Os resultados gerados pelo sistema operacional de ondas originalmente correspondiam a intervalos de 3 (três) horas. Uma das melhorias implementadas foi a redução desse intervalo para 1 (uma) hora, o que permite uma representação mais detalhada da evolução do campo de ondas. No entanto, tal alteração demanda maior capacidade de armazenamento e maior tempo computacional. Para viabilizar o aumento da resolução temporal, minimizando o tempo de processamento das simulações, está sendo adotado o uso de computação paralela, na qual múltiplos processadores operam de forma simultânea e independente para realizar os cálculos do espectro de ondas sobre a grade computacional.

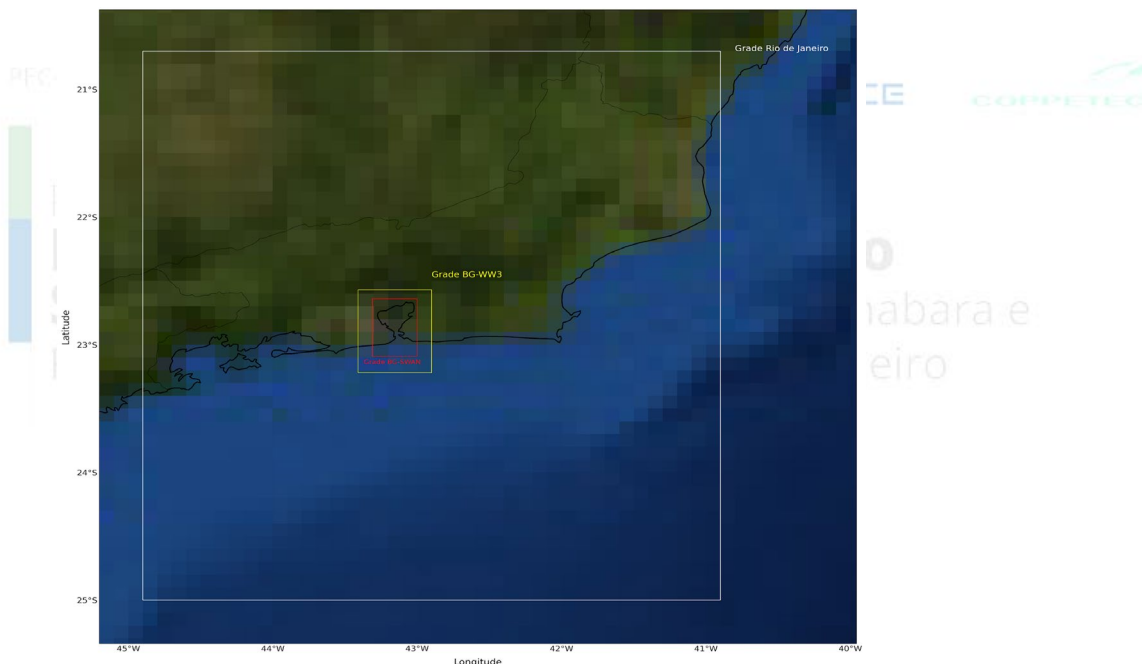


Figura 5: Domínios de parte das grades utilizadas na modelagem de ondas. Na figura são representadas as grades do WW3 que englobam o estado do Rio de Janeiro (retângulo branco) e a Baía de Guanabara (retângulo amarelo). Em vermelho, o domínio da grade do modelo SWAN, que compreende a Baía de Guanabara.

2.4.2. Atividades Desenvolvidas no âmbito da Meta 11

Essa parte apresenta as atividades desenvolvidas no âmbito da Meta 11 do projeto, com foco na implementação de uma rede integrada de monitoramento ambiental, meteorológico e de qualidade do ar na região da Baía de Guanabara. As ações incluem as definições iniciais sobre organização de uma base geoespacial robusta, composta por dados orbitais, batimetria, uso do solo e infraestrutura crítica, além da integração com sistemas operacionais como o Alerta de Cheias do INEA.

Também foram desenvolvidas ações (aquisição, avaliação de local) para o planejamento da rede de estações meteorológicas e de qualidade do ar, considerando critérios hidrodinâmicos, ambientais, urbanos e logísticos. A Baía de Guanabara foi subdividida em seis regiões operacionais — entrada oceânica, zona central, centro da

baía, fundo da baía, zona noroeste e zona leste — com a definição de pontos estratégicos para instalação de sensores.

Além da expansão com novas estações em locais críticos, como Mauá e a APA de Guapimirim, o projeto aproveitará a infraestrutura já existente, otimizando recursos e ampliando a cobertura espacial e temática da rede. Destaca-se ainda o uso de equipamentos de alta tecnologia, como SODAR, antenas de recepção via satélite (EUMETSAT) e estações automáticas completas, que permitem o monitoramento em tempo real de variáveis meteorológicas e de poluição atmosférica.

Por fim, reforça-se que essa abordagem integrada entre sensoriamento remoto, observações in situ e dados operacionais representa um avanço inédito na região, qualificando significativamente os processos de monitoramento, geração de alertas ambientais e gestão adaptativa da Baía de Guanabara e seu entorno costeiro.

2.4.2.1. Observação da Terra, Estrutura Geoespacial e Integração com Sistemas Operacionais

As atividades de Observação da Terra iniciaram com a organização e incorporação de bases orbitais e geoespaciais. Dados de satélite de alta resolução (ópticos e radar), reanálises climáticas e modelos atmosféricos foram integrados para compor um repositório estruturado que dá suporte à análise multiescalar da região da Baía de Guanabara. As camadas organizadas incluem cobertura terrestre, batimetria, uso do solo, zonas de proteção ambiental, áreas urbanas consolidadas, infraestrutura crítica e zonas de risco, permitindo o planejamento de ações específicas e subsidiando a modelagem ambiental.

De forma complementar, houve um avanço significativo na integração institucional entre a equipe do projeto e o Instituto Estadual do Ambiente (INEA), com destaque para a articulação com a equipe responsável pelo sistema Alerta de Cheias. Esta integração foi

coordenada por meio de diálogo técnico com a meteorologista responsável, que atua como referência no monitoramento hidrometeorológico do estado. A partir desse alinhamento, iniciou-se a avaliação da incorporação dos dados operacionais do sistema de alerta ao arcabouço do projeto.

2.4.2.2. Planejamento da Rede de Estações Meteorológicas, Qualidade do Ar e Sensoriamento Local

A estruturação da rede de estações de monitoramento ambiental abrangeu, no trimestre inicial, atividades de planejamento, análise espacial, levantamentos de campo e definição de locais estratégicos. A Baía de Guanabara foi dividida em seis sub-regiões operacionais, definidas por critérios hidrodinâmicos, urbanísticos e logísticos: entrada oceânica, zona central, centro da baía, fundo da baía, zona noroeste e zona leste.

Com base nessa subdivisão, foi realizado um cruzamento de dados históricos de monitoramento com análises de cobertura e exposição populacional. A seleção de locais incluiu pontos já consolidados (UFF/Niterói, Ilha de Paquetá, Urca, APA Guapi-Mirim) e novos pontos identificados como lacunas críticas (São Gonçalo – Ponta do Feijão; Ilha dos Tavares; proximidade do jornal O Globo; Píer de Mauá). A proposta visa não apenas aumentar a cobertura espacial, mas também ampliar o escopo temático da medição — incorporando variáveis meteorológicas (temperatura, umidade, pressão, vento, radiação) e de qualidade do ar (CO, CO₂, NO₂, SO₂, O₃, H₂S, PM_{2.5} e PM₁₀).

2.4.2.3. Representatividade Ambiental

As regiões foram definidas de forma a contemplar diferentes gradientes ambientais – desde zonas mais abertas, com maior influência oceânica, até áreas internas com características estuarinas, além de zonas impactadas por atividades portuárias,

Cliente:



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO

Governo do Estado do Rio de Janeiro

Secretaria de Estado de Ambiente e Sustentabilidade
Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental

industriais e urbanas. Os pontos foram escolhidos para cobrir essa diversidade, maximizando a utilidade dos dados obtidos.

2.4.2.4. Aproveitamento de Infraestrutura Existente

A rede de monitoramento proposta integra estações já operacionais do INEA, como, por exemplo, Na Urca e na Ilha de Paquetá, com o objetivo de potencializar os recursos existentes e ampliar a capacidade de medição por meio da instalação de novos sensores. Esta abordagem contribui para a continuidade histórica dos dados e otimiza os investimentos realizados.

2.4.2.5. Instalação de Novas Estações Estratégicas

Além das estações existentes, foram definidos novos locais de instalação com o objetivo de ampliar a malha de cobertura da Baía de Guanabara. A seleção desses pontos foi orientada pela necessidade de cobrir lacunas geográficas nas diferentes regiões ambientais da Baía, garantindo maior representatividade espacial. As novas estações propostas buscam captar a variabilidade entre os diversos ambientes da Baía, desde áreas mais oceânicas até zonas internas e influenciadas por aportes continentais, contribuindo para um monitoramento ambiental mais abrangente.

2.4.2.6. Importância das Subdivisões da Baía de Guanabara

Cada uma das seis subdivisões definidas apresenta características ambientais e funcionais distintas dentro da dinâmica da Baía de Guanabara. A seguir, são detalhadas suas importâncias no contexto do monitoramento ambiental:

- **Entrada Oceânica**

Essa região corresponde ao canal de conexão entre o oceano Atlântico e a Baía de Guanabara. É uma área estratégica por onde ocorrem trocas de massa de água, salinidade

e energia com o ambiente marinho adjacente. Nessa entrada, observam-se a influência direta de ventos predominantes, correntes oceânicas, marés e processos de canalização que impactam toda a circulação interna da baía. Além disso, é uma zona de dispersão ou retenção de poluentes oriundos do interior da baía, funcionando como ponto de controle das trocas litorâneas.

- **Zona Central**

Localizada entre a entrada oceânica e o centro da baía, essa região é influenciada tanto pelos processos advectivos marinhos quanto pela dinâmica interna da BG. Possui importância por atuar como zona de transição entre as águas mais oceânicas e as mais confinadas, servindo como elo hidrodinâmico e atmosférico. O monitoramento dessa área permite compreender os gradientes de qualidade do ar e das variáveis meteorológicas em direção ao continente.

- **Centro da Baía**

Essa área concentra importante circulação interna e mistura de massas d'água, frequentemente associada a fenômenos de estratificação vertical, e apresenta grande variabilidade em termos de qualidade ambiental. Está sujeita a múltiplas influências: efluentes urbanos, tráfego aquaviário, emissões atmosféricas e aportes continentais, tornando-se um ponto essencial para avaliar o comportamento geral do sistema da Baía.

- **Fundo da Baía**

Caracteriza-se pela presença dos principais aportes fluviais do sistema, como os rios Iguaçú, Sarapuí e Guapi-Macacu. É uma região mais abrigada, onde processos de sedimentação, acúmulo de nutrientes e concentração de poluentes tendem a ser mais intensos. O fundo da baía atua como zona de recepção das descargas continentais e influencia diretamente a qualidade ambiental das águas interiores. Monitorar essa região é fundamental para detectar impactos de origem terrestre e estabelecer conexões entre uso do solo e qualidade do ar/água.

Cliente:



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental

- **Zona Noroeste**

É uma área fortemente impactada por atividades urbanas e industriais, com histórico de emissões atmosféricas e efluentes. Está associada a regiões densamente povoadas da Baixada Fluminense e é relevante para avaliação da contribuição antrópica na qualidade do ar e nos padrões climáticos locais. Também funciona como região sob influência de circulação atmosférica de origem continental, com potencial acúmulo de poluentes atmosféricos.

- **Zona Leste**

A zona leste da Baía de Guanabara abrange áreas próximas ao litoral de Niterói e à margem leste da Ilha do Governador. É uma região que reflete características intermediárias entre as zonas mais oceânicas e os setores interiores da baía. Está sujeita à influência de correntes internas e à recirculação de massas de ar e água, com impacto direto de atividades urbanas e industriais. O monitoramento dessa área permite capturar transições ambientais relevantes e avaliar padrões de dispersão de poluentes atmosféricos e suas interações com o relevo local e o regime de ventos.

2.4.2.7. Viabilidade Técnica e Logística

(Etapa a ser abordada posteriormente no projeto)

Nesta fase inicial, a definição dos pontos de instalação teve como foco principal a abrangência espacial e ambiental da rede de monitoramento. Aspectos relacionados à viabilidade técnica e logística, como infraestrutura disponível, segurança operacional, acessibilidade e adequação aos sensores, serão considerados em uma etapa posterior, durante as campanhas de campo e o planejamento de implantação dos equipamentos.

Cliente:



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental

Plataforma Digital Operacional de Monitoramento e Avaliação Socioambiental da Baía de Guanabara e Região Costeira do Estado do Rio de Janeiro

2.4.2.8. Tabela de Estações por Subdivisão da Baía de Guanabara

Subdivisão	Nome da Estação	Status	Localização	Latitude / Longitude	Parâmetros Monitorados	
					Meteorológico	Qualidade do Ar
Entrada Oceânica	RJ - Urca	Em operação	Av. Pasteur, 250 - UFRJ, Urca	-22.955320 / -43.175880	Velocidade e direção do Vento	O3
	Ilha da Lage	Proposta	Baía de Guanabara	-22.934461 / -43.146958	A definir	A definir
	Fortaleza de São João	Proposta	Al. Floriano Peixoto, S/N - Fortaleza São João	-22.940567 / -43.152511	A definir	A definir
	Forte Duque de Caxias	Proposta	Praça Almirante Júlio de Noronha - Leme	-22.963206 / -43.161989	A definir	A definir
Zona Central	LAMCE - UFF	Adquirida (instalação pendente)	São Domingos, Niterói - RJ	-22.906125 / -43.133900	Temperatura, Pressão, Umidade Relativa, Radiação, Precipitação, Velocidade e Direção do Vento	MP2.5, MP10, CO, NO, O ₃ , NO ₂ , CO ₂ , H ₂ S
Centro da Baía	RJ - Ilha de Paquetá	Em operação	Parque Darke de Mattos - Ilha de Paquetá	-22.767810 / -43.113440	Temperatura, Pressão, Umidade Relativa, Radiação, Precipitação, Velocidade e Direção do Vento	CO ₂ , MP10, PTS, SO ₂ , O ₃
Fundo da Baía	APA Guapimirim	Em operação	Rod. Raphael de Almeida Magalhães, 1896 - Fazenda Sta. Inês	-22.676540 / -42.976510	Temperatura, Umidade Relativa, Radiação, Precipitação, Velocidade e Direção do Vento	MP10, SO ₂
	APA Guapimirim (alternativa)	Adquirida (aguardando entrega)	Próximo à estação existente	A definir	Temperatura, Pressão, Umidade Relativa, Radiação, Precipitação, Velocidade e Direção do Vento	MP2.5, MP10, CO, NO, O ₃ , NO ₂ , CO ₂ , H ₂ S
	Mauá	Adquirida (aguardando entrega)	Porto de Mauá - Guia de Pacobaiba, Magé	-22.713861 / -43.166906	Temperatura, Pressão, Umidade Relativa, Radiação, Precipitação, Velocidade e Direção do Vento	MP2.5, MP10, CO, NO, O ₃ , NO ₂ , CO ₂ , H ₂ S
Zona Noroeste	O Globo - Duque de Caxias	Proposta	Rod. Washington Luiz, 3000 - Parque Gráfico O Globo	-22.786164 / -43.280556	Temperatura, Pressão, Umidade Relativa, Radiação, Precipitação, Velocidade e Direção do Vento	MP2.5, MP10, CO, NO, O ₃ , NO ₂ , CO ₂ , H ₂ S
Zona Leste	LAMCE - UFRJ	Em operação	Rua Sydney Martins Gomes dos Santos, 179 - Fundão	-22.863336 / -43.214455	Temperatura, Pressão, Umidade Relativa, Radiação, Precipitação, Velocidade e Direção do Vento	MP2.5, MP10, CO, NO, O ₃ , NO ₂ , CO ₂ , H ₂ S

2.4.2.9. Novas Estações Meteorológicas

Como parte das ações para a criação de uma rede de monitoramento da Baía de Guanabara, foram adquiridas duas novas estações de qualidade do ar e meteorológicas. Após avaliação, optou-se por instalar esses equipamentos nos locais de Mauá e na Área de Proteção Ambiental de Guapimirim, ambos situados no fundo da Baía.

A escolha dessa região foi motivada por dois principais fatores: a escassez de dados ambientais e meteorológicos e a relevância ecológica desse território.

A região de Mauá e a APA de Guapimirim, abrangem uma extensa área de manguezais e ecossistemas que desempenham um papel fundamental na dinâmica

ecológica da Baía. São muito importantes para manter a qualidade do ar e da água, funcionando como um filtro natural.

A instalação das novas estações meteorológicas permitirá obter dados locais que são necessários para a expansão da rede de monitoramento da Baía de Guanabara, significando um avanço estratégico.

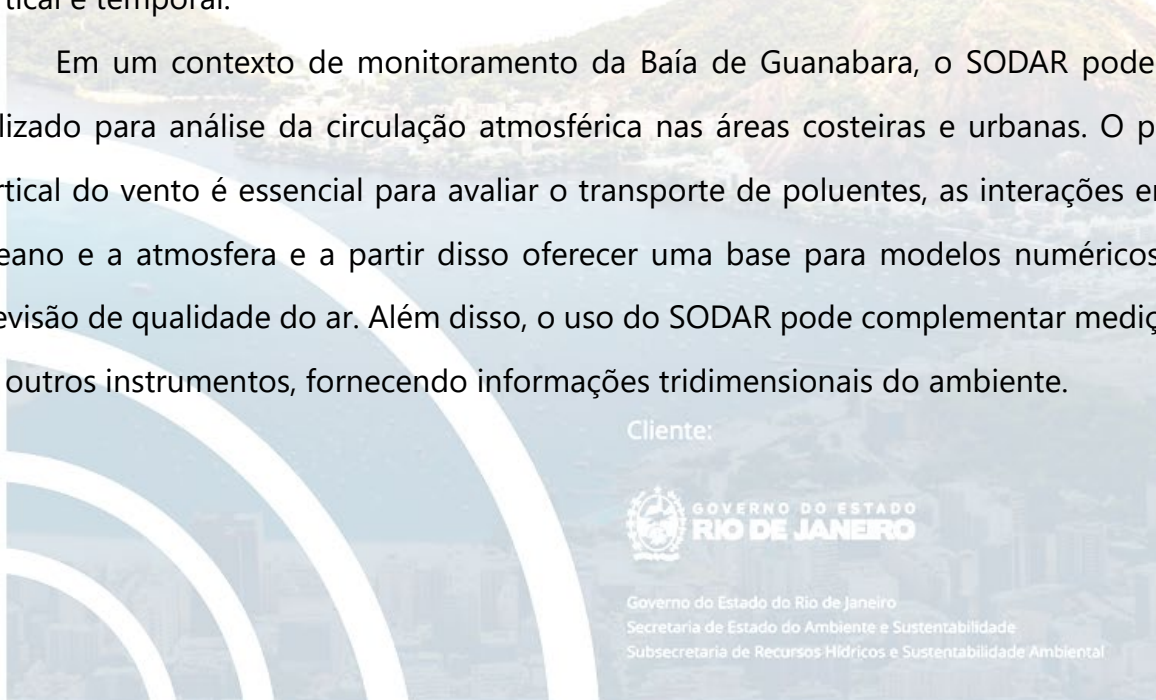
2.4.2.10. Cenário Atual dos Instrumentos

O Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia já opera equipamentos que irão gerar um ganho ao projeto de monitoramento da Baía de Guanabara.

SODAR

O SODAR (Sonic Detection and Ranging) é um instrumento que utiliza ondas acústicas para medir o perfil vertical do vento em diferentes altitudes da atmosfera. O equipamento opera através da emissão de pulsos sonoros na atmosfera e da análise do sinal refletido que interage com a temperatura e partículas do ar. A partir do retorno, são calculadas as velocidades e as direções do vento em diferentes alturas, com alta resolução vertical e temporal.

Em um contexto de monitoramento da Baía de Guanabara, o SODAR pode ser utilizado para análise da circulação atmosférica nas áreas costeiras e urbanas. O perfil vertical do vento é essencial para avaliar o transporte de poluentes, as interações entre oceano e a atmosfera e a partir disso oferecer uma base para modelos numéricos de previsão de qualidade do ar. Além disso, o uso do SODAR pode complementar medições de outros instrumentos, fornecendo informações tridimensionais do ambiente.



Cliente:



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental

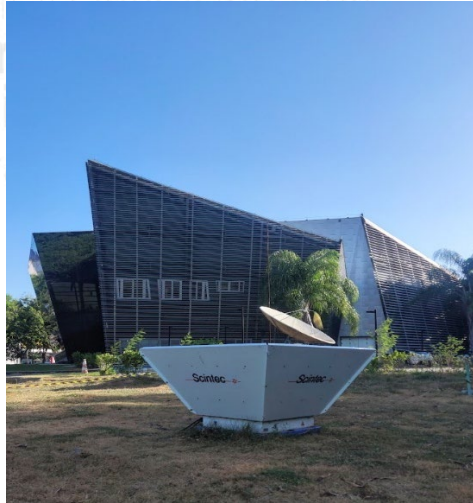


Figura 6. Sodar situado nas proximidades do LAMCE.

Antena

Para um monitoramento da Baía de Guanabara, a antena de recepção é extremamente importante. O LAMCE opera uma antena parabólica de recepção de dados em tempo real por meio do sistema EUMETSAT, mecanismo de disseminação primária para acesso a dados e produtos de satélites geoestacionários. Os dados provenientes dos satélites são importantes para o monitoramento da cobertura de nuvens, temperatura da superfície do mar, radiação solar incidente e ocorrência de eventos como frentes frias e tempestades. Essas informações podem ser integradas ao sistema de monitoramento da Baía de Guanabara, contribuindo para análise de condições meteorológicas e oceanográficas em tempo real. Além disso, as informações provenientes de satélites podem funcionar para validar nossos dados.

Cliente:



Governo do Estado do Rio de Janeiro

Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
Secretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental

Estação de Qualidade do Ar e Meteorológica

O LAMCE possui uma estação meteorológica completa automática em operação, que consiste em conjunto de sensores utilizados para o monitoramento de variáveis

atmosféricas e de qualidade do ar, em tempo real. Esses dados são essenciais para previsão de longo, curto e curtíssimo tempo, estudos climáticos e monitoramento ambiental.

No contexto deste projeto, as informações coletadas pela estação são essenciais para a caracterização integrada do ambiente meteorológico e oceanográfico no entorno da Baía de Guanabara. Essa análise detalhada permitirá um entendimento abrangente das dinâmicas locais, subsidiando o desenvolvimento de ações estratégicas e a tomada de decisões.



Figura 7. Estação meteorológica situada nas proximidades do LAMCE.

Sensores Meteorológicos:

- **Temperatura do Ar**

Função: Mede a temperatura ambiente em graus Celsius (°C)

- **Temperatura ambiente Umidade Relativa do Ar**

Função: Mede a porcentagem de vapor de água no ar em relação ao máximo possível (%).

- **Pressão Atmosférica**

Função: Mede a pressão exercida pela atmosfera em hPa (hectopascal) ou mmHg.

– **Precipitação (Intensidade e Acumulação)**

Função: Quantifica chuva

– **Radiação UVA e UVB**

Função: Mede a intensidade da radiação ultravioleta (W/m^2 ou índice UV).

– **Velocidade do Vento**

Função: Mede a velocidade do vento em m/s, km/h ou nós.

– **Direção do Vento**

Função: Indica a direção de onde o vento vem (em graus)

Sensores de Qualidade do Ar

– **MP2.5 e MP10 (Material Particulado)**

Função: Mede partículas suspensas no ar ($\mu g/m^3$).

– **Monóxido de Carbono (CO)**

Função: Detecta CO (ppb), gás tóxico de combustão incompleta.

– **Óxido de Nitrogênio (NO) e Dióxido de Nitrogênio (NO₂)**

Função: Mede NO/NO₂ (ppb), poluentes de veículos e indústrias.

– **Ozônio (O₃)**

Função: Mede O₃ (ppb), poluente secundário formado por reações químicas.

– **Dióxido de Carbono (CO₂)**

Função: Mede CO₂ (ppm), indicador de poluição e efeito estufa.

– **Sulfeto de Hidrogênio (H₂S)**

Função: Detecta H₂S (ppm), gás tóxico de decomposição orgânica.

No contexto da colaboração com o sistema Alerta de Cheias, foi acordado que será instalada, no Parque Tecnológico da UFRJ, uma estação experimental com um disdrômetro de impacto, cedido ou operacionalizado em parceria com o INEA. Esse equipamento possibilitará a medição da intensidade e distribuição do tamanho das gotas

de chuva, permitindo análise microfísica da precipitação, calibração de sensores pluviométricos automáticos e validação dos produtos do radar meteorológico. Essa estação funcionará como ponto de integração entre as tecnologias de sensoriamento remoto (satélite e radar) e as observações in situ, proporcionando um elo técnico entre previsão, monitoramento e tomada de decisão.

Essa abordagem integrada é inédita na região e representa um avanço substancial para a geração de alertas ambientais, o estudo de eventos extremos e a gestão adaptativa do território costeiro fluminense.

2.4.2.11. Integração com Estruturas Existentes e Expansão da Rede de Monitoramento

Outro ponto central desenvolvido no período foi a identificação de lacunas na rede de monitoramento atual da Baía de Guanabara, especialmente em áreas sensíveis e não cobertas por estações meteorológicas ou sensores atmosféricos. A equipe técnica elaborou um diagnóstico espacial da distribuição de pontos de monitoramento, destacando duas regiões estratégicas no fundo da baía onde não há presença de equipamentos. Essas áreas foram priorizadas para instalação de novas estações com os recursos do projeto.

Esses novos pontos, ao serem instalados, exigirão articulações com instituições gestoras de áreas protegidas, como o ICMBio, uma vez que uma das estações será posicionada em área de Unidade de Conservação. Além disso, novas reuniões com setores internos responsáveis pela meteorologia e qualidade do ar dos órgãos estaduais foram solicitadas para integrar de forma sinérgica as rotinas de medição já em curso com os dados que passarão a ser gerados pelo projeto. Essa sinergia permitirá a ampliação da cobertura e da qualidade dos dados, ao mesmo tempo em que otimiza o uso de recursos públicos.

Cliente:
GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental

3. Demonstrativo de Aplicação dos Recursos – 1º Desembolso

O presente demonstrativo apresenta a aplicação dos recursos financeiros referentes ao 1º Desembolso, realizado no âmbito do Projeto **PLATAFORMA DIGITAL OPERACIONAL DE MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DA BAÍA DE GUANABARA E REGIÃO COSTEIRA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**, em conformidade com as diretrizes estabelecidas no plano de trabalho aprovado e no contrato firmado. Este documento tem como objetivo detalhar a execução financeira realizada no período, evidenciando a destinação dos recursos para as atividades previstas, bem como a compatibilidade dos gastos com as metas e etapas do projeto.

As despesas contemplam itens relacionados à estruturação física, aquisição de equipamentos, contratação de equipe técnica, desenvolvimento de sistemas, integração de bases de dados e demais custos operacionais necessários à execução das atividades técnicas, conforme discriminado nas categorias previstas no plano de aplicação.

O gráfico (figuras 8 a 11) apresenta os valores financeiros associados às diferentes categorias do projeto, contemplando **valores orçados, valores empenhados e o valor realizado** para cada rubrica. A seguir, detalha-se a análise por categoria:

a. Diárias e Passagens (figura 8)

- **Valor Orçado:** R\$ 25.935,97
- **Valor Empenhado:** R\$0,00
- **Valor Realizado:** R\$ 25.889,95

Essa rubrica está praticamente executada em sua totalidade, com um saldo residual irrelevante. Valores associados à ida do Pesquisador Luiz Paulo Assad ao encontro sobre a década do oceano em Nice/França e à convite da subsecretária Ana Asticonforme relatório anexo.

Cliente:
RIO DE JANEIRO
Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental

REF: 255/19

AMCE COPETEC

Plataforma Digital Operacional de Monitoramento e Avaliação Socioambiental da Baía de Guanabara e Região Costeira do Estado do Rio de Janeiro

b. Equipamento e Material Nacional (figura 9)

- **Valor Orçado:** R\$ 174.862,92
- **Valor Empenhado:** R\$ 61.921,22
- **Valor Realizado:** R\$ 110.459,43

A execução representa aproximadamente **63,2%** do valor orçado. O saldo empenhado restante faz referência ao processo de compra já iniciado pela Fundação COPPETEC. Dentre as aquisições estão:

- Realizado:
 - 3 estações de trabalho;
 - 3 equipamentos computacionais para suporte e controle na sala de situação;
 - 2 geradores elétricos/solares para apoio ao trabalho de campo.
- Empenhado:
 - 2 laptops/tablets;
 - Servidor de processamento e armazenamento.

c. Equipamento e Material Internacional (figura 10)

- **Valor Orçado:** R\$ 371.138,44
- **Valor Empenhado:** R\$0,00
- **Valor Realizado:** R\$ 370.580,00

Essa rubrica apresenta uma **execução quase integral**, com um saldo mínimo, evidenciando planejamento e execução precisos para importações ou aquisições externas. Os equipamentos fazem referência a aquisição de 2 estações meteorológicas e de qualidade do ar.

d. Bolsas (figura 11)

- **Valor Orçado:** R\$ 525.600,00
- **Valor Empenhado:** R\$ 421.941,82
- **Valor Realizado:** R\$ 103.658,18

A rubrica de bolsas está em fase inicial de execução, com apenas cerca de **20% dos recursos utilizados**, indicando que ainda há previsão para concessão futura de bolsas conforme cronograma técnico.

e. DOA e ISS (Despesas Operacionais e Encargos)

- **Valor Orçado:** R\$ 197.110,97
- **Valor Realizado:** R\$ 197.110,97
- **Saldo:** R\$ 0,00

Essa categoria foi **totalmente executada**, demonstrando que todos os encargos e despesas operacionais vinculadas já foram quitadas nesta fase.

f. Serviços (figura 12)

- **Valor Orçado:** R\$ 360.288,73,00
- **Valor Empenhado:** R\$ 268.979,01
- **Valor Realizado:** R\$ 0,00

Os serviços seguintes foram empenhados e estão em processo de contratação pela Fundação COPPETEC:

- Integração e desenvolvimento dos produtos de sensores orbitas e in-situ;
- Telemetria e Instalação da infraestrutura de transmissão de dados dos sensores in-situ e satélites;
- Serviços para operação e infraestrutura de visualização científica;
- Serviço de desenvolvimento de sistema WEBGIS (serviços de nuvem).

Cliente:

GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO

Governo do Estado do Rio de Janeiro

Secretaria de Planejamento e Sustentabilidade
Subsecretaria de Recursos Humanos e Sustentabilidade Ambiental

g. Material de Consumo (figura 13)

- **Valor Orçado:** R\$ 3.458,13
- **Valor Empenhado:** R\$ 0,00
- **Valor Realizado:** R\$ 3.458,00

A execução representa 100% do valor orçado. Dentre as aquisições estão:

- Realizado:
 - HD/SSD para armazenamento local e portátil de dados
 - Toner P&B e Coloridos para apoio administrativo à gestão do projeto

Síntese Geral

O presente relatório técnico apresenta a síntese da execução orçamentária referente ao primeiro trimestre do Projeto Plataforma Digital Operacional de Monitoramento e Avaliação Socioambiental da Baía de Guanabara e Região Costeira do Estado do Rio de Janeiro, tomando como base o demonstrativo de aplicação dos recursos oriundos do primeiro desembolso. As informações aqui consolidadas evidenciam a compatibilidade entre a execução financeira e as metas técnicas estipuladas no plano de trabalho, assegurando a conformidade contratual e a boa governança dos recursos públicos.

A execução financeira inicial concentrou-se, de forma estratégica, em atividades estruturantes, como aquisição de equipamentos essenciais, contratação de equipe técnica, investimentos em infraestrutura de monitoramento e contratação de serviços especializados. O detalhamento por rubrica revela o comprometimento com o cronograma físico-financeiro aprovado, ao mesmo tempo que demonstra o planejamento gradual para os próximos trimestres.

Cliente:

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental

Na rubrica Diárias e Passagens, foi registrado valor orçado de R\$ 25.935,97, com realização de R\$ 25.889,95, correspondente a mais de 99% da dotação prevista. O recurso foi utilizado principalmente na participação do pesquisador Luiz Paulo Assad no encontro internacional sobre a Década do Oceano, em Nice, França, a convite da Subsecretaria de Meio Ambiente, em articulação com as diretrizes do projeto. O saldo residual é irrelevante, caracterizando uma execução praticamente integral.

Com relação a Equipamentos e Materiais Nacionais, a execução atingiu 63,2% do valor orçado, totalizando R\$ 110.459,43 em realizações e R\$ 61.921,22 em valores já empenhados. Dentre os itens adquiridos estão três estações de trabalho, três computadores para operação da sala de situação e dois geradores elétricos/solares destinados a operações de campo. Os valores empenhados referem-se à aquisição de dois laptops/tablets e de um servidor de processamento e armazenamento, cujo processo de compra está em curso pela Fundação COPPETEC. O ritmo de execução reflete o caráter escalonado da estruturação tecnológica da plataforma.

A rubrica Equipamentos e Materiais Internacionais teve execução praticamente integral, com R\$ 370.580,00 realizados de um total orçado de R\$ 371.138,44. O valor refere-se à aquisição de duas estações meteorológicas e de qualidade do ar importadas, essenciais para a consolidação da infraestrutura de monitoramento atmosférico e oceânico. A ausência de valores empenhados indica que os processos de aquisição internacional já foram concluídos com sucesso neste ciclo.

A categoria de Bolsas apresenta um índice de execução parcial. Dos R\$ 525.600,00 orçados, R\$ 421.941,82 foram empenhados e R\$ 103.658,18 efetivamente realizados. A execução de aproximadamente 20% do orçamento sinaliza que a alocação de bolsistas será intensificada nos próximos trimestres, conforme o avanço das frentes de trabalho e

a ampliação das demandas técnicas. O empenho prévio assegura a reserva de recursos para contratações conforme as etapas de desenvolvimento forem sendo alcançadas.

A rubrica DOA e ISS (Despesas Operacionais e Encargos) foi completamente executada, com a aplicação integral dos R\$ 197.110,97 previstos. Este dado demonstra o cumprimento total das obrigações operacionais associadas ao funcionamento administrativo e contábil do projeto nesta etapa, garantindo solidez na execução e prestação de contas.

Por fim, a rubrica de Serviços apresentou R\$ 360.288,73 orçados, com R\$ 268.979,01 já empenhados e sem valores ainda realizados. Os serviços empenhados correspondem a etapas críticas do projeto, como a integração e desenvolvimento de produtos de sensores orbitais e in-situ, implementação da infraestrutura de telemetria para transmissão de dados, operação da infraestrutura de visualização científica e desenvolvimento de sistema em ambiente WebGIS, com suporte em nuvem. A execução financeira efetiva destes contratos ocorrerá nos próximos meses, com base na entrega por etapas dos serviços contratados.

De modo geral, a aplicação dos recursos financeiros no primeiro trimestre evidencia uma gestão comprometida com os princípios da economicidade, planejamento e aderência às metas técnicas estabelecidas. A distribuição orçamentária privilegia ações estruturantes e prepara o projeto para as fases seguintes, que exigirão maior capacidade operacional e técnica para análise de dados, produção de relatórios e disponibilização de informações ambientais à sociedade e aos órgãos públicos. A utilização eficiente dos recursos já disponíveis, aliada à transparência nos registros e processos de contratação, fortalece a credibilidade do projeto e consolida os alicerces para seu desenvolvimento nos próximos ciclos de execução.

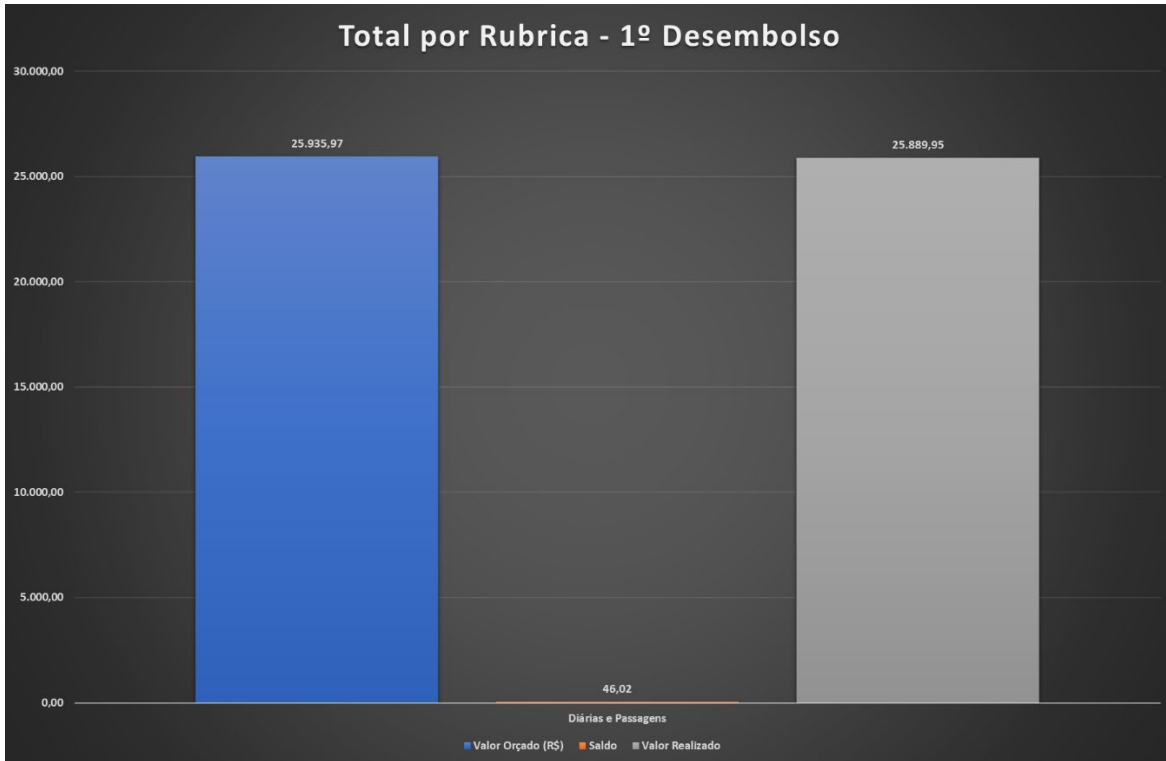


Figura 8. Acompanhamento de Gastos – Diárias e Passagens.

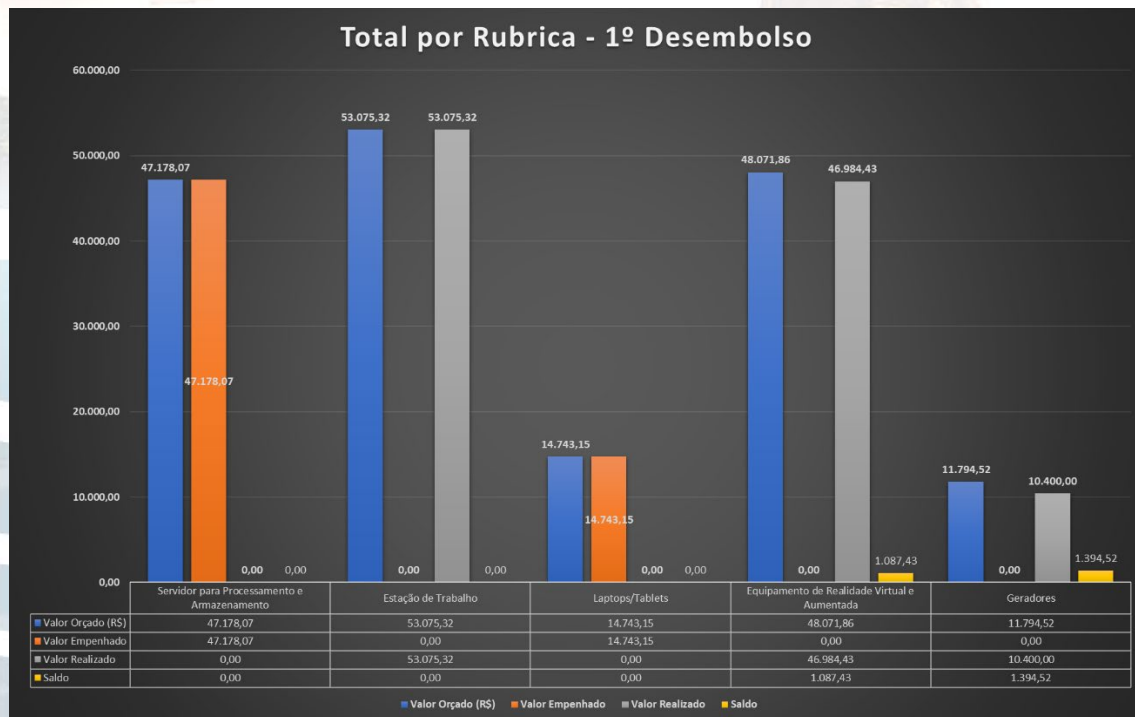


Figura 9 – Acompanhamento de Gastos – Equipamento e Material Nacional

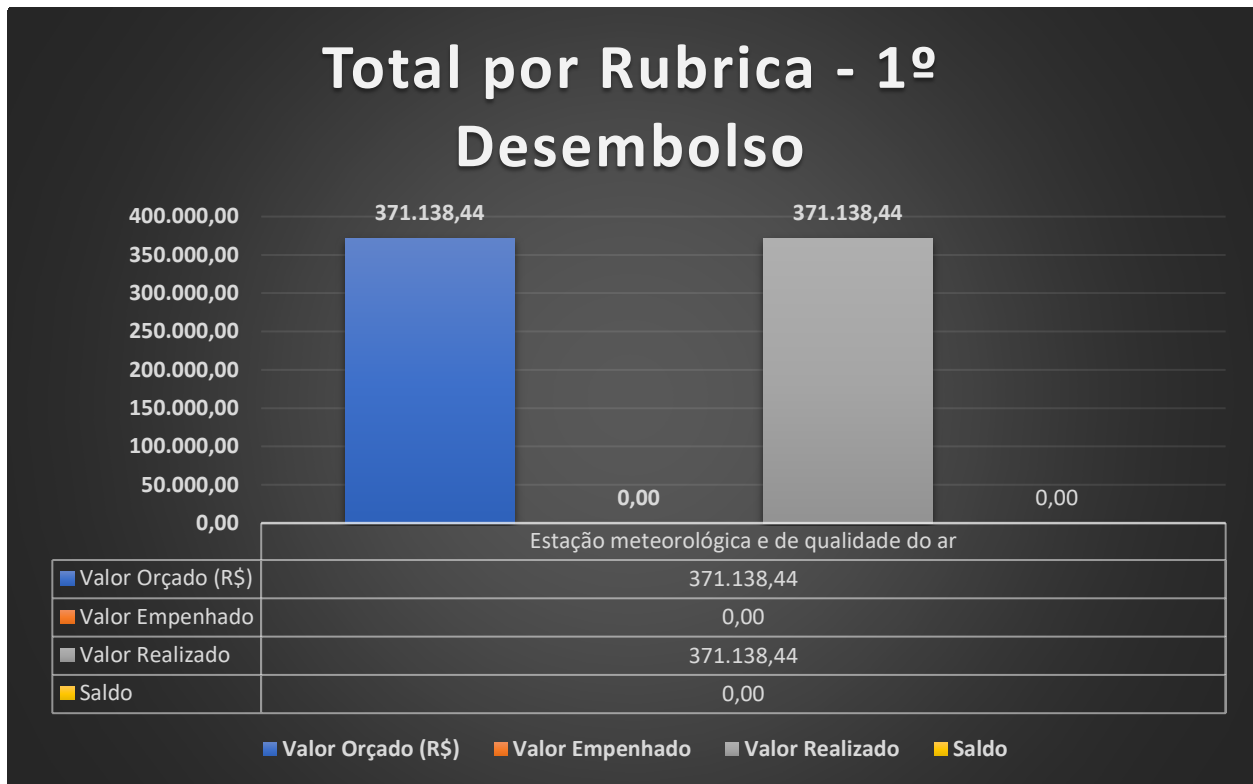


Figura 10 – Acompanhamento de Gastos – Equipamento e Material Importado

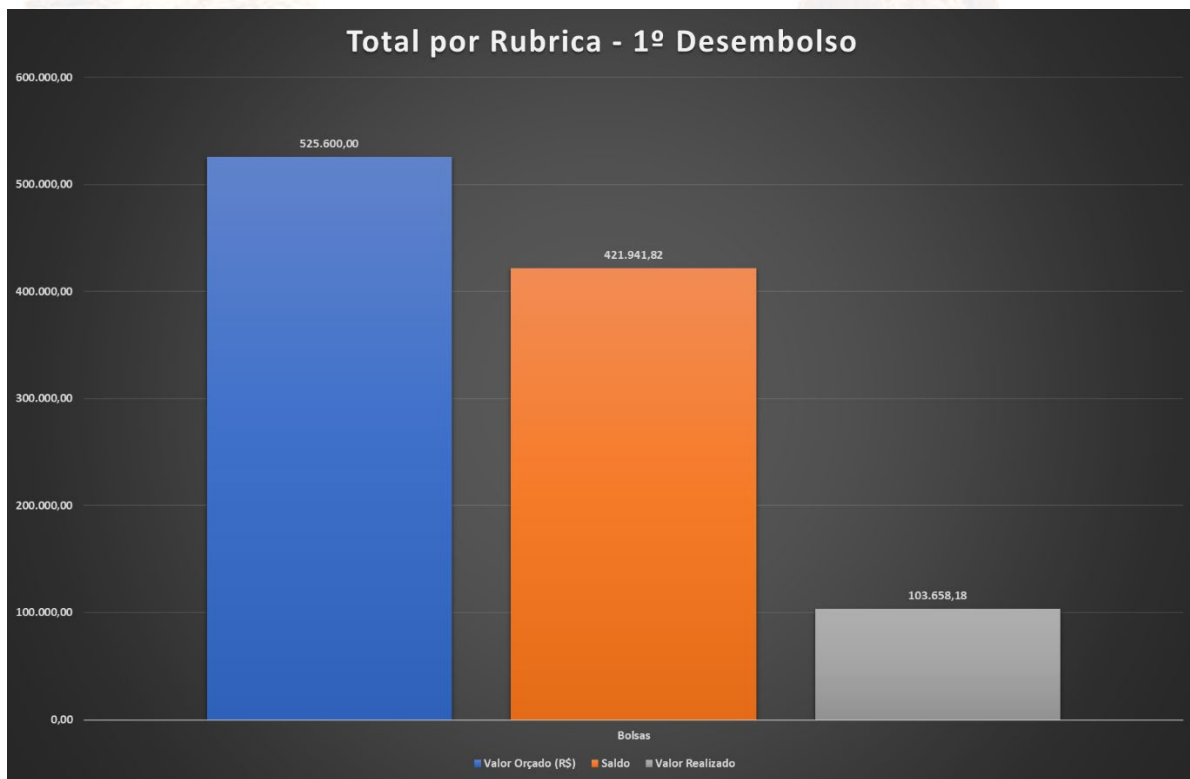


Figura 11 – Acompanhamento de Gastos – Bolsas

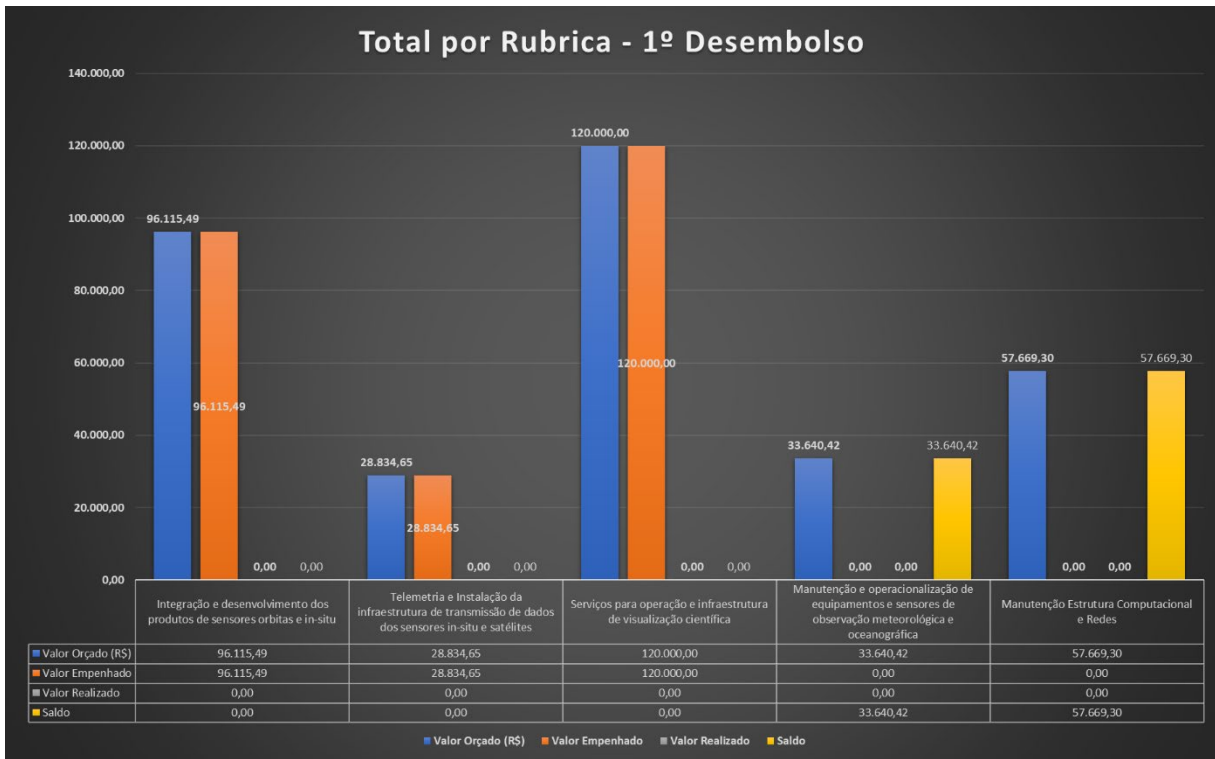
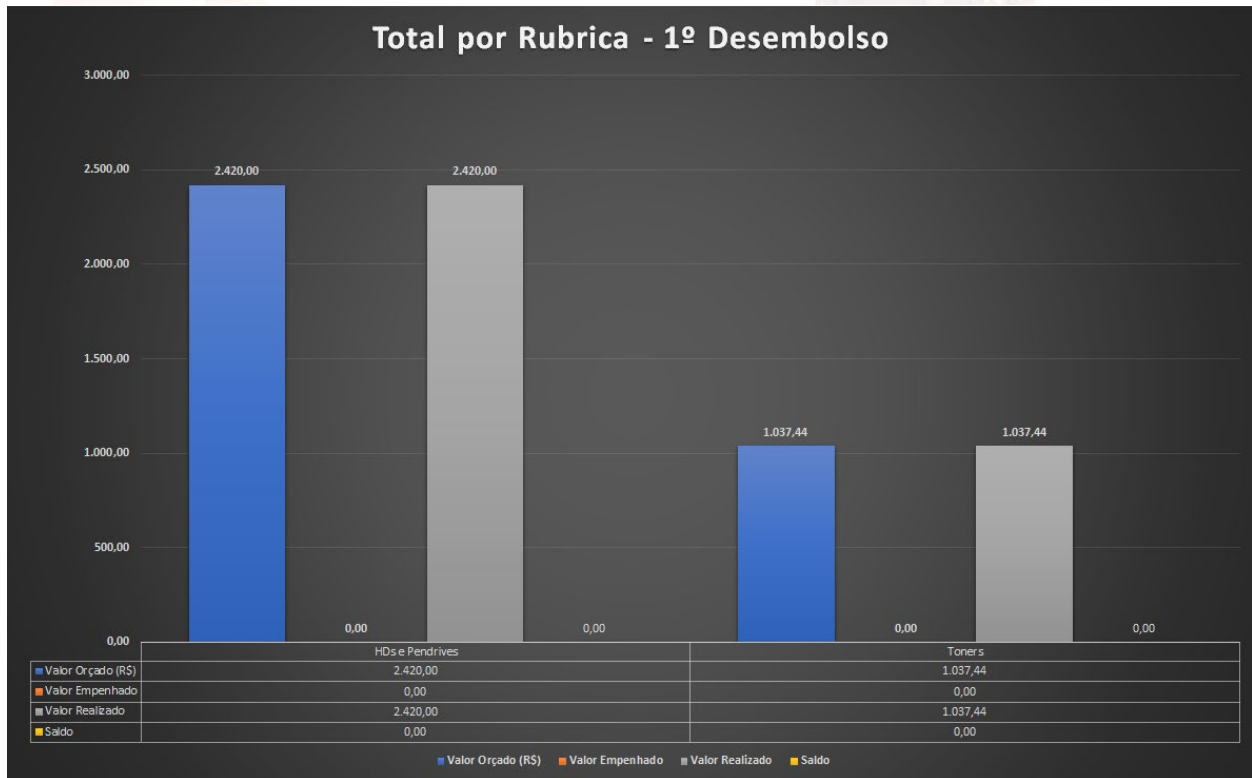


Figura 11 – Acompanhamento de Gastos – Serviços



contratação de equipe, integração com bases de dados e início dos modelos de simulação ambiental seguiram conforme previsto no plano de trabalho.

A expectativa é de que, nos próximos meses, com a entrada em operação das novas estações e a consolidação das trocas de dados entre instituições, o projeto avance de forma robusta na produção de informações e relatórios que subsidiem ações de planejamento, gestão ambiental e tomada de decisão estratégica no contexto da Baía de Guanabara e da Economia Azul fluminense.



Anexo – Relatório de Viagem – Conferência dos Oceanos

Contexto

O presente relatório tem como objetivo descrever as atividades realizadas no âmbito da participação do pesquisador na 3ª Conferência dos Oceanos das Nações Unidas (*United Nations Ocean Conference 2025 – UNOC3*) realizada na cidade de Nice na França entre os dias 9 e 13 de junho de 2025.

Atividades Realizadas

Dentre as atividades realizadas pelo pesquisador pode ser destacado o suporte técnico científico nas áreas de modelagem computacional ambiental e economia azul à comitativa da secretaria estadual de ambiente e sustentabilidade do Estado do Rio de Janeiro (SEAS). Além disso, o pesquisador teve contato e avaliou exemplos de projetos e plataformas digitais de disponibilização de bases de dados climáticos e produtos operacionais gerados por modelos computacionais meteorológicos e oceanográficos. Tais avaliações tiveram como principal propósito contribuir para o desenvolvimento da plataforma digital a ser desenvolvida no âmbito do projeto Guanabara Azul. As atividades foram realizadas ao longo da semana e que o pesquisador esteve participando da UNOC3 e em eventos paralelos associados à referida conferência e serão especificadas cronologicamente nos itens abaixo.

- Dia 9/07/2025

Chegada à Conferência e participação no **Nice Ocean Business Forum – Economic Attractiveness & Investment Day**. Nesse evento o pesquisador juntamente com a sussecreária de meio ambiente e sustentabilidade do Estado do Rio de Janeiro se reuniu com lideranças locais de instituições de pesquisa para discussão sobre projetos em andamento na França para monitoramento ambiental e operacional em regiões portuárias, Na ocasião houve o relato de atividades realizadas no Porto de Marselha. O

pesquisador relatou com brevidade sobre os desenvolvimentos a serem realizados no âmbito da construção da Plataforma digital de monitoramento meteorológico e oceanográfico na região da Baía de Guanabara no âmbito do Projeto Guanabara Azul.

Outra discussão interessante foi com técnicos do Office de L'eau a respeito de metodologia de monitoramento de qualidade de água em ambientes aquáticos a partir da aquisição de imagens de satélite e coleta de dados in situ. O pesquisador observou possibilidade de sinergia no uso dessa tecnologia no âmbito do projeto Guanabara Azul para monitoramento e previsão de qualidade de água na região da Baía de Guanabara e adjacências.

- Dia 10/07/2025

Visita técnica ao *Innovation and Partnerships Institute* (IMREDD). Nessa ocasião foi realizada demonstração por parte de pesquisadores do referido instituto de pesquisa de plataformas de gerenciamento e visualização de informações para o monitoramento de desastres ambientais e operações urbanas. O pesquisador teve a oportunidade de observar o funcionamento de tais plataformas e entender a viabilidade de aplicações similares no âmbito do projeto Guanabara Azul.



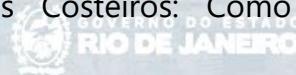
Demonstração de plataforma digital de visualização para monitoramento e gerenciamento ambiental em regiões urbanas.

- Dia 11/07/2025

Credenciamento e participação do pesquisador em painel intitulado “Catalizadores Costeiros: Como Cidades e Regiões Portuárias Avançam a Economia Azul” realizado na blue zone da UNOC3. Na ocasião, o pesquisador pode acompanhar e se atualizar a partir de explanação da subsecretária de meio ambiente e sustentabilidade do Rio de Janeiro das oportunidades de desenvolvimento da economia azul para a região do estado e especificamente na Baía de Guanabara. Além disso, a partir da explanação do secretário de meio ambiente do município de Cabo Frio o pesquisador teve ciência da recém-inaugurada secretaria de economia azul da referida cidade e de oportunidades no desenvolvimento de pesquisas voltadas para o atendimento da economia azul do estado do Rio de Janeiro. Tais discussões foram importante para compreender potenciais demandas sociais e econômicas que podem ser atendidas com o desenvolvimento do projeto Guanabara Azul.



Palestrantes do painel “Catalizadores Costeiros: Como Cidades e Regiões Portuárias Avançam a Economia Azul”.



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental

- Dia 12/06/2025

Além da participação em diferentes painéis na blue zone da UNOC3 pode-se destacar a visita técnica do pesquisador a embarcação de pesquisa oceanográfica Ocean Explorer. Essa embarcação, considerada por grande parte da comunidade científica com uma das mais modernas do mundo, está equipada com sensores oceanográficos de última geração. Ao longo da visita à embarcação foram apresentados equipamentos para coleta de amostras para análises de DNA que permitem estudos a respeito da diversidade biológica de regiões marinhas. Na ocasião foi discutido e levantado pelo pesquisador a possibilidade de realizar tais tipos de pesquisa no projeto Guanabara Azul. Além disso, o pesquisador teve reuniões com representantes de importantes instituições de pesquisa nacionais e internacionais, a saber: FIOCRUZ (com o Dr. Paulo Gadelha responsável pela agenda da ONU 2030 na instituição), INPO (com a Dra. Janice Trote diretora de infraestrutura da instituição) e Ocean Quest (Dr. José Moutinho executivo da instituição). Tais reuniões tiveram dentre outros objetivos entender potenciais conexões aos desenvolvimentos e produtos a serem gerados no projeto Guanabara Azul.



Visita à embarcação Ocean Explorer

Cliente:

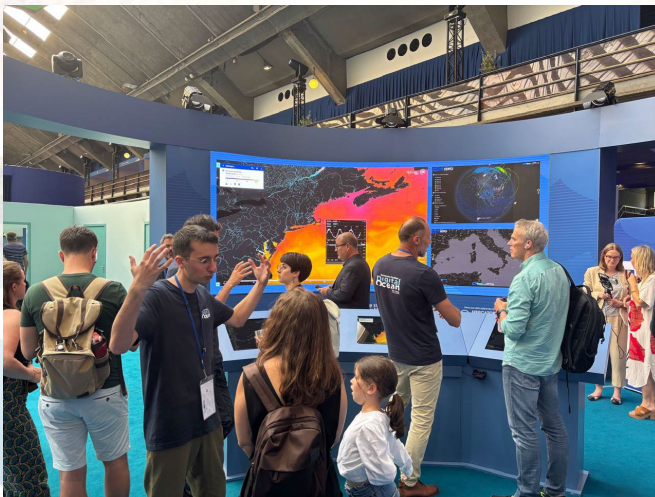


GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO

Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental

- Da 13/06/2025

Visita técnica ao espaço Oceano Digital desenvolvido pela Instituição COPERNICUS na área verde da UNOC3 La Balleine. Nessa visita técnica foi apresentada a comitiva da secretaria estadual de ambiente e sustentabilidade os produtos numéricos oceanográficos e atmosféricos que são utilizados como dados de entrada nos modelos regionais oceanográficos e atmosféricos que serão implementados e operacionalizados no projeto Guanabara Azul. Foram também sanadas dúvidas a respeito do tipo de informação (e dados) utilizados e gerados pelos modelos computacionais a serem implementados no projeto. O pesquisador também avaliou possibilidade de implementação de soluções digitais gráficas análogas na plataforma digital de visualização a ser desenvolvida.



Espaço Oceano Digital desenvolvido pela instituição de pesquisa COPERNICUS.

O dia foi finalizado com a participação do pesquisador na sessão do filme “Quanto vale o AZUL” de Ricardo Gomes. Após a sessão do filme a Baía de Guanabara foi discutida a partir de aspectos ambientais, econômicos e ambientais por pesquisadores, empresários e tomadores de decisão nacionais e internacionais. Tal discussão foi importante para

prospectar potenciais aplicações e suprimento de demandas associadas ao projeto Guanabara Azul.



Sessão do filme “Quanto vale o Azul” e mesa de discussão.

Considerações Finais

A participação do pesquisador na UNOC3 – 2025 foi extremamente importante no que tange a melhoria de ações e atividades voltadas para o desenvolvimento da plataforma digital de monitoramento e previsão oceanográfica e meteorológica na região da Baía de Guanabara. Aspectos associados a potencialidades da plataforma em atender demandas associadas à economia azul na região da baía de Guanabara foram discutidos com tomadores de decisão e pesquisadores associados a instituições públicas e privadas nacionais e internacionais. De forma técnica mais específica a possibilidade de visitar e observar plataformas digitais de monitoramento a gerenciamento ambiental desenvolvidas em diferentes instituições também permitiu ao pesquisador avaliar o desenvolvimento de novas funcionalidades e aplicações da plataforma a ser desenvolvida no projeto Guanabara Azul.

Cliente:



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental

Referências Bibliográficas

- AMANTE, C., B. W. EAKINS, 2009, ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. Memorando técnico da NOAA NESDIS NGDC-24, 19 pp.
- ARDHUIN, F., ROGERS, E., BABANIN, A.V., FILIPOT, J.F., MAGNE, R., ROLAND, A., VAN DER WESTHUYSEN, A., QUEFFEULOU, P., LEFEVRE, J.M., AOUF, L., et al., 2010. Semiempirical dissipation source functions for ocean waves. part i: Definition, calibration, and validation. *Journal of Physical Oceanography* 40, 1917–1941.
- BOOIJ, N., R.C. Ris and L.H. Holthuijsen, 1999, A third-generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation, *J.Geoph.Research*, 104, C4, 7649-7666.
- DANIELSON, J. J., & GESCH, D. B. (2011). Global multi-resolution terrain elevation data 2010 (GMTED2010): U.S. Geological Survey Open-File Report 2011–1073.
- EGBERT, G. D., EROFEEVA, S. Y., 2002, "Efficient Inverse Modeling of Barotropic Ocean Tides", *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, v. 19, n. 2, pp. 183 – 204. doi: 10.1175/1520-0426(2002)019<0183:EIMOBO>2.0.CO;2.
- LUNDQUIST, K. A., CHOW, F. K., & LUNDQUIST, J. K. (2010). An Immersed Boundary Method for the Weather Research and Forecasting Model. *Monthly Weather Review*, 138(3), 796–817. [https://doi.org/https://doi.org/10.1175/2009MWR2990.1](https://doi.org/10.1175/2009MWR2990.1)
- MESINGER, F., & ARAKAWA, A. (1976). Numerical methods used in atmospheric models.
- SHCHEPETKIN, A. F., MCWILLIAMS, J. C. (2003), "A method for computing horizontal pressure-gradient force in an oceanic model with a nonaligned vertical coordinate", *Journal of Geophysical Research: Oceans*, v. 108, n. C3. doi: <https://doi.org/10.1029/2001JC001047>.
- SHCHEPETKIN, A. F., MCWILLIAMS, J. C. (2005). "The regional oceanic modeling system (ROMS): a split-explicit, free-surface, topography-following-coordinate oceanic model", *Ocean Modelling*, v. 9, n. 4, pp. 347–404. ISSN: 1463-5003. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2004.08.002>.

- SKAMAROCK, W. C., KLEMP, J. B., GILL, D. O., LIU, Z., BERNER, J., WANG, W., POWERS, J. G., DUDA, M. G., BARKER, D., & HUANG, X. (2021). A Description of the Advanced Research WRF Version 4.3 (No. NCAR/TN-556+STR). <http://dx.doi.org/10.5065/1dfh-6p97>
- TOLMAN, H. L. (1989). The numerical model WAVEWATCH: a third generation model for the hindcasting of wind waves on tides in shelf seas. Communications on Hydraulic and Geotechnical Engineering, Delft Univ. of Techn., ISSN 0169-6548, Rep. no. 89-2, 72 pp.
- WW3DG (2019). User manual and system documentation of WAVEWATCH III® version 6.07, the WAVEWATCH III development group. Technical Report. Note 333, NOAA/NWS/NCEP/MMAB, College Park, MD, USA, 465 pp.+ Appendices.

