

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

Sumário Técnico
Desembolso 1

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

1. Sumário Executivo

O presente relatório apresenta as entregas técnicas consolidadas no período de março a agosto de 2025, correspondente aos primeiros seis meses de execução do projeto de desenvolvimento de sistemas computacionais operacionais e de monitoramento meteo-oceanográfico para a Baía de Guanabara e região costeira adjacente.

As metas em desenvolvimento e/ou com avanço significativo (Metas 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9 e 11) abrangem a implementação de modelos numéricos acoplados (circulação atmosférica, marinha, de ondas e dispersão de poluentes), a integração de bases de dados fluviométricas, censitárias e de sensoriamento remoto, e a operacionalização de rotinas de processamento em tempo real e visualização centralizada.

Os produtos gerados estabelecem a infraestrutura completa para simulações integradas e para o fornecimento de informações hidrodinâmicas, socioambientais e de risco em escala operacional, atendendo aos objetivos iniciais do projeto e servindo como base para as etapas subsequentes de validação e disseminação.

As informações consolidadas (tabela 1) incluem as atividades realizadas, os objetivos e produtos alcançados, e uma justificativa preliminar para a aplicação dos recursos financeiros, que visam subsidiar a continuidade das ações e a prestação de contas. Como forma de materializar

Projeto Guanabara Azul/CIBG/SEAS/INEA Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia								
Etapas	Atividades	Objetivos e Produtos Alcançados	2025					
			março	abril	maio	junho	julho	agosto
Meta 1	Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação atmosférica	- Atualização de domínios de integração (grades numéricas); - Atualização de resolução vertical das grades numéricas; - Incorporação de novas bases topográficas e de uso de solo; - Adoção de novos esquemas de parametrizações físico/matemáticas do modelo;						
Meta 2	Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação marinha	- Inclusão de dados de vazão fluvial dos principais rios; - Processamento e integração de dados fluviométricos de base do INEA;						
Meta 3	Desenvolvimento de sistema computacional operacional de ondas	- Integração de modelos de ondas WW3 e SWAN; - Operacionalização de sistema de modelagem de ondas						
Meta 4	Desenvolvimento de sistema computacional operacional de dispersão de poluentes no mar	- Operacionalização do sistema						
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	- Desenvolvimento de rotinas operacionais computacionais para processamento de resultados numéricos oriundos de modelos atmosférico, hidrodinâmico e de ondas;						
Meta 8	Geração de Dados e Modelagem Socioambiental para geração de informação e indicadores socioambientais	- Coleta e integração de dados; - Modelagem socioambiental, com a definição de indicadores de vulnerabilidade (Criticidade) e resiliência (Capacidade de Suporte); - Definição dos procedimentos para cálculo e espacialização dos índices.						
Meta 9	Desenvolvimento do modelo de análise multivariada das componentes Criticidade e Capacidade de Suporte para desastres e emergências, que busca criar índices comparativos de vulnerabilidade socioambiental entre os sete municípios da Baía de Guanabara.	- Desenvolvimento conceitual e metodológico, com a estrutura metodológica e base de dados consolidadas; - Seleção da unidade de análise e das variáveis, a partir dos dados do Censo 2010/IBGE, e o setor censitário como unidade de análise territorial; - Aquisição e integração das informações.						
Meta 11	Desenvolvimento do Sistema de Monitoramento Meteo-Oceanográfico In-Situ e Orbital	- Inventário de Sensores Ambientais SEAS - Instalação Estação Meteorológica Niterói - Integração dos Sensores de Qualidade do Ar - Integração com dados orbitais em tempo real - Instalação e telemetria SODAR - Sala de Situação e Monitoramento - Operacionalização do Videowall						
Relatórios								
	Etapa Concluída				R1			R2
	Etapa a ser Executada							

Tabela 1 – Consolidação dos produtos e objetivos alcançados em cada meta.

A seguir, detalha-se o status de cada meta, com ênfase nos avanços obtidos até agosto de 2025.

- i. **Meta 1: Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação atmosférica**
 - a. Objetivos e produtos alcançados: Domínios de integração analisados e novas bases topográficas incorporadas, com esquemas de parametrização atualizados.
 - b. Contribuição: Essa meta fortalece a precisão das simulações atmosféricas, permitindo previsões mais robustas para eventos climáticos locais.
- ii. **Meta 2: Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação marinha**
 - a. Objetivos e produtos alcançados: Integração de dados fluviométricos do INEA realizada com sucesso.
 - b. Contribuição: Integração essencial para modelar interações oceano-atmosfera na Baía de Guanabara.
- iii. **Meta 3: Desenvolvimento de sistema computacional operacional de ondas**
 - a. Objetivos e produtos alcançados: Modelos WW3 e SWAN integrados e sistema operacionalizado.
 - b. Contribuição: Melhora a previsão de condições marítimas.
- iv. **Meta 4: Desenvolvimento dispensor de poluentes no mar**
 - a. Objetivos e produtos alcançados: Sistema operacionalizado para simulações de dispersão.
 - b. Contribuição: Meta crítica para avaliações de risco ambiental, com implementação prevista para os próximos meses.
- v. **Meta 6: Desenvolvimento de sistema de informações em tempo real sobre condições hidrodinâmicas na Baía de Guanabara e região costeira com apoio de estações ambientais**
 - a. Objetivos e produtos alcançados: Rotinas computacionais desenvolvidas; dados coletados e integrados; procedimentos para índices definidos.
 - b. Contribuição: Sistema em tempo real aprimorado, facilitando monitoramento contínuo e informações ambientais.
- vi. **Meta 8: Geração de dados e modelagem social ambiental de indicadores socioambientais informação e indicadores**
 - a. Objetivos e produtos alcançados: Modelagem socioambiental desenvolvida, com foco em resiliência e capacidade de suporte.
 - b. Contribuição: Integra dimensões sociais aos modelos ambientais, promovendo análises consolidadas.
- vii. **Meta 9: Desenvolvimento dos modelos de análise e capacidade de suporte para desastres e emergências, que busca criar índices ambiente comparativos de vulnerabilidade Baía social**

- a. Objetivos e produtos alcançados: Base conceitual desenvolvida; dados do Censo 2010/IBGE selecionados; informações integradas; inventário de sensores realizado.
 - b. Contribuição: Ferramentas para análise de vulnerabilidades, com ênfase em desastres na Baía de Guanabara.
- viii. **Meta 11: Desenvolvimento do Sistema de Monitoramento Meteo-Oceanográfico In-Situ e Orbital**
- a. Objetivos e produtos alcançados: Sensores orbitais integrados; telemetria SODAR instalada; situação de monitoramento elaborada; vídeo wall operacionalizado.
 - b. Contribuição: Expande o monitoramento para dados orbitais, elevando a resolução espacial e temporal.

Modelagem Ambiental

As atividades concentraram-se na consolidação de um sistema operacional que integra **modelos atmosféricos, oceanográficos e de ondas**, permitindo análises e previsões de alta resolução espacial e temporal.

- **Modelo Atmosférico (WRF) (figuras 1, 2, 3 e 4):**
 - Redução de quatro para três grades numéricas (resoluções de 9, 3 e 1 km), incorporando topografia detalhada (SRTM 90 m) e uso do solo atualizado (MapBiomias 30 m).
 - Incremento de 30 para 45 níveis verticais, melhorando a representação da camada limite atmosférica.
 - Atualização das parametrizações físicas, aprimorando a simulação de precipitação e microfísica de nuvens.
 - Desenvolvimento de um *dashboard* com novos campos meteorológicos e meteogramas.
- **Modelo Hidrodinâmico (ROMS):**
 - Inclusão das **vazões de 15 rios** que deságuam na Baía, com integração de dados fluviométricos do **INEA**.
 - Início do tratamento de curvas-chave e séries de vazão em estações ativas e inativas.
 - Melhoria da simulação da circulação marinha e das trocas entre águas continentais e costeiras.
- **Modelo de Ondas (WW3/SWAN):**
 - Sistema operacional automatizado com previsões **horárias** de altura significativa e direção média das ondas.
 - Uso de rotinas em **Python e Shell**, com integração diária e resultados em formato *netCDF*.
 - Próximas etapas incluem validação com boias do PNBOIA e SiMCosta e aumento da resolução espacial.

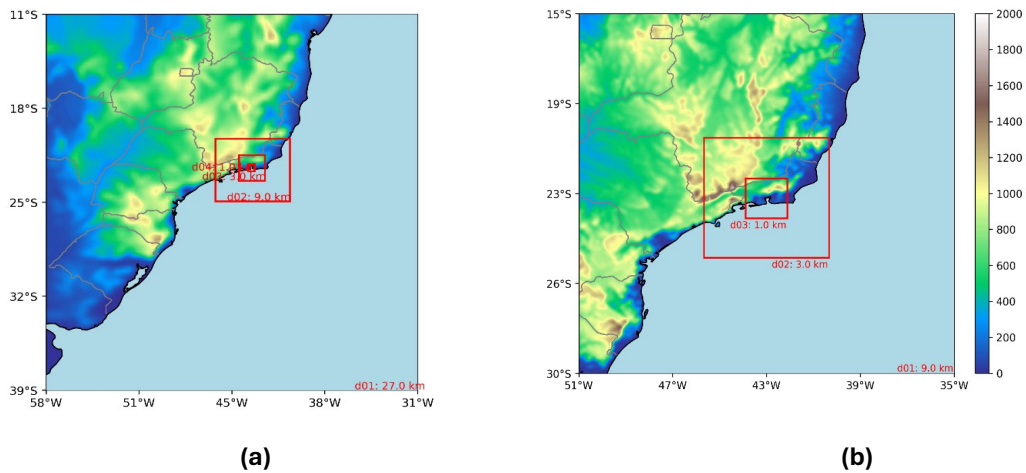


Figura 1: Domínios das grades numéricas configuradas no modelo WRF, em (a), no sistema antigo e, em (b), no sistema novo.

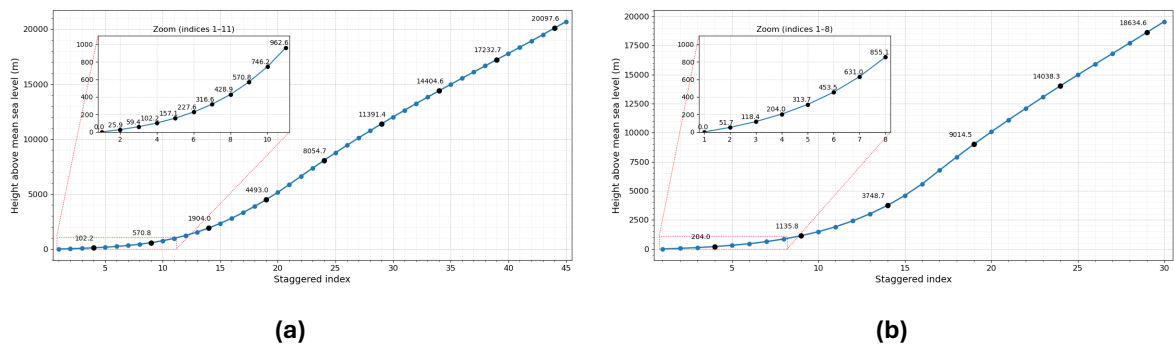


Figura 2: Níveis verticais configurados no modelo WRF, em (a), no sistema antigo e, em (b), no sistema novo.

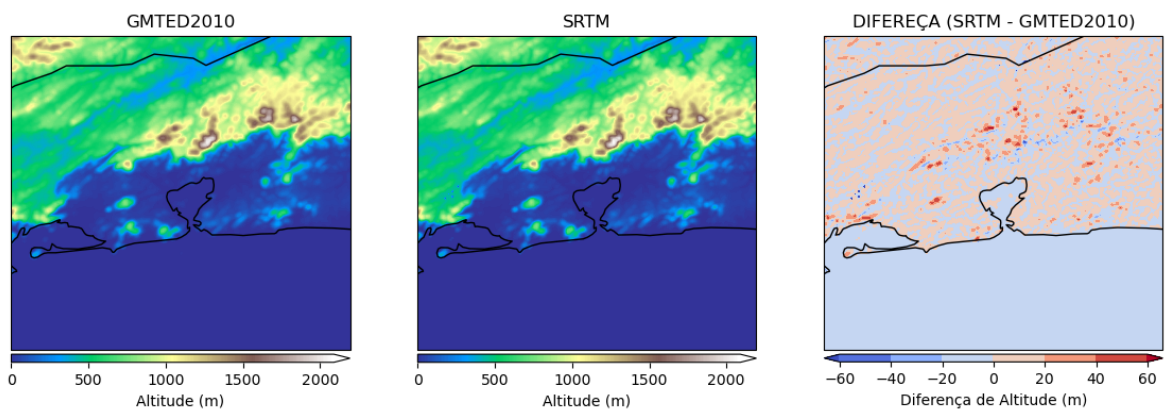


Figura 3: Bases topográficas utilizadas no modelo WRF: à esquerda, a configuração antiga (GMTED2010); ao centro, a nova configuração (SRTM); e à direita, a diferença entre as duas bases.

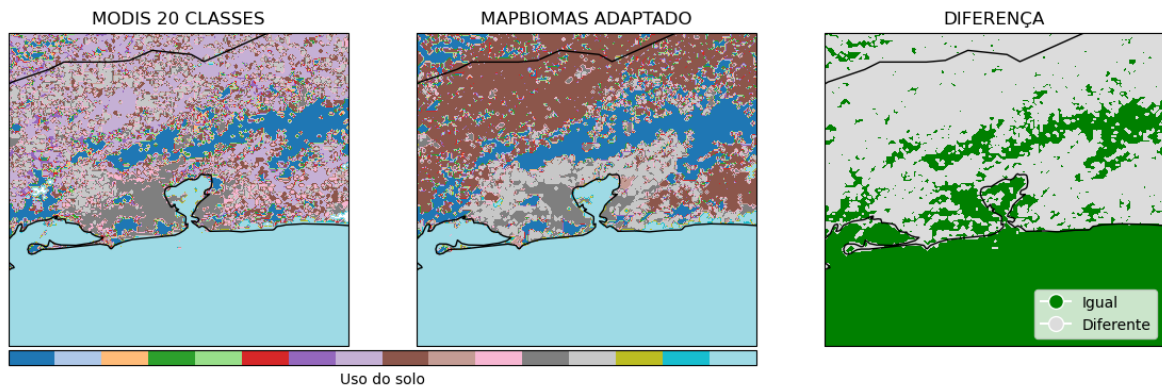


Figura 4: Bases de uso do solo utilizadas no modelo WRF: à esquerda, a configuração antiga (MODIS); ao centro, a nova configuração (MapBiomas); e à direita, a diferença entre as duas bases.

Modelagem e Indicadores Socioambientais

As Metas 8 e 9 avançaram significativamente na **estruturação do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS)**, abrangendo **25 municípios do litoral fluminense**, incluindo toda a região da Baía de Guanabara.

- **Base Conceitual (figura 5):**
 - Integra as dimensões **Criticidade (condições sociais e econômicas)** e **Capacidade de Suporte (infraestruturas e serviços)**.
 - Fundamenta-se nas metodologias **IVS-Cutter** e **VS-CES-OSIRIS**, aplicadas em conjunto com o conceito de **Laboratório Pessoas–Ambiente–Planeta (PÆP LAB)**.
- **Fontes de Dados:**
 - Utilização de **variáveis do Censo 2010** (IBGE) e de bases municipais e estaduais sobre saúde, assistência social e defesa civil.
 - Estruturação da unidade de análise em **setores censitários** para permitir detalhamento intraurbano.
- **Metodologia Estatística:**
 - Aplicação da **Análise de Componentes Principais (ACP)** para seleção e ponderação de variáveis.
 - Normalização via Z-Score e testes estatísticos (KMO e Bartlett) para robustez da amostra.
 - Integração em Sistema de Informação Geográfica (**ArcGIS Pro**) para mapeamento temático.
- **Resultados Intermediários:**
 - Definição de indicadores de Criticidade e Capacidade de Suporte, organizados em cinco classes de vulnerabilidade.
 - Estruturação do **fluxo metodológico completo** para o cálculo do IVS e sua espacialização cartográfica.
 - Planejamento da aplicação inicial do IVS para **Paraty, Angra dos Reis e Mangaratiba** no próximo relatório.



Figura 5. Fluxo metodológico de construção do IVS.

Rede Observacional e Integração de Sensores

No âmbito da **Meta 11**, o projeto avançou na implantação da rede de **estações meteorológicas e de qualidade do ar**, essencial para alimentar os modelos computacionais e a **Plataforma Baía Digital**.

- **Visitas Técnicas Realizadas:**
 - **APA de Guapimirim:** identificada torre do ICMBio como ponto potencial, necessitando adequações estruturais.
 - **Parque Natural Municipal Barão de Mauá (Magé):** local validado para instalação segura, com condições ideais de vigilância, acessibilidade e representatividade ambiental.
- **Planejamento e Integração:**
 - Definição de critérios técnicos para escolha dos pontos de monitoramento (exposição, segurança, logística e conectividade).
 - Reuniões com o núcleo de **Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)** para estruturação da interface da **Plataforma Baía Digital**, voltada à disponibilização pública dos dados em tempo real.
 - Planejamento da instalação de **nova estação no campus do Gragoatá (UFF/Niterói)**, para cobrir lacunas observacionais na porção leste da Baía.

Essas ações estabelecem a infraestrutura física inicial da rede observacional, ampliando o alcance espacial e temporal da coleta de dados ambientais e garantindo interoperabilidade entre bases estaduais e federais.

De forma a agrupar e reunir todos os códigos e documentação, está sendo construído um espaço colaborativo na plataforma GitHub.com para integração entre os grupos de desenvolvimento “Observação da Terra”, “Modelagem Ambiental”, “Visualização Científica” e “Socioeconomia”. O acesso é feito diretamente através do link <https://github.com/NOTE-LAMCE/PlataformaBG.LAMCE-SEAS>. Além disso, conforme descrito e detalhado acima, está sendo implementada a sala de situação e monitoramento para o projeto (figuras 1a e 1b)



Figura 6a - Entrada da sala de situação LAMCE/SEAS

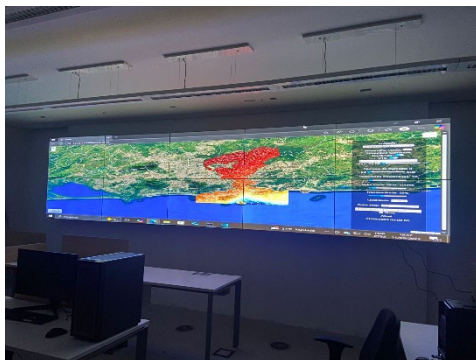


Figura 6b – Painel vídeowall com sistema WEBGIS

2. Considerações Finais

Com seis meses executados de um total de 36 (17% do prazo), o projeto avança dentro do cronograma previsto. As Metas 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9 e 11 já contam com modelos atmosférico e hidrodinâmico configurados e em testes operacionais, WW3/SWAN acoplados e em calibração, dispersor de poluentes implementado com testes iniciais, rotinas em tempo real validadas com estações ambientais, base socioambiental estruturada a partir do Censo 2010/IBGE,

índices de vulnerabilidade em construção, SODAR instalado, integração orbital parcial e vídeowall em configuração final.

Tal alocação permitirá manter em operação a plataforma digital desenvolvida no âmbito do projeto, além de garantir o avanço das metas de monitoramento e avaliação socioambiental da Baía de Guanabara e da região costeira do Estado do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro, 16 de setembro de 2025.

Luiz Landau
Coordenador do Projeto PEC-25511/LAMCE/PEC/COPPE/UFRJ