

Sistemas de previsão da circulação e da qualidade da água Aplicação ao projeto CONNECT+

Anabela Oliveira, Ricardo Martins, Gonçalo de Jesus, Marta Rodrigues e André Fortunato

Sessão de demonstração do serviço CONNECT⁺ - Caso de uso #1, Ria Formosa, 16 de setembro 2025

Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC)

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), MARE, ARNET

Universidade do Algarve, ARNET

Universidade de Évora, MARE, ARNET

CONNECT⁺ - Extending the CONNECT coastal service to the southern Portuguese coast
Lot 1 - Copernicus Marine – User – EU Coastal Monitoring Pilot Demonstrations (24263-COP-INNO USER 9000)

Outline

-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
- Sistemas de previsão em tempo real: conceito e boas práticas
- Plataforma de previsão WIFF e o Serviço OPENCoastS
- Aplicação do OPENCoastS no CONNECT: Previsão da circulação e da qualidade da água na Ria Formosa
- Conclusões e sessão de perguntas

Sistemas de previsão: prever a dinâmica costeira para os próximos dias

Forçamentos

Simulações de
previsão

Pos-processamento,
arquivo e visualização

Comparação com
redes em tempo
(quasi) real

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

**Dia
1**

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	
20	21	22	23	24	25	
27	28	29	30	31		

**Dia
2**

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Dia 3 ...

Valor societal dos sistemas de previsão

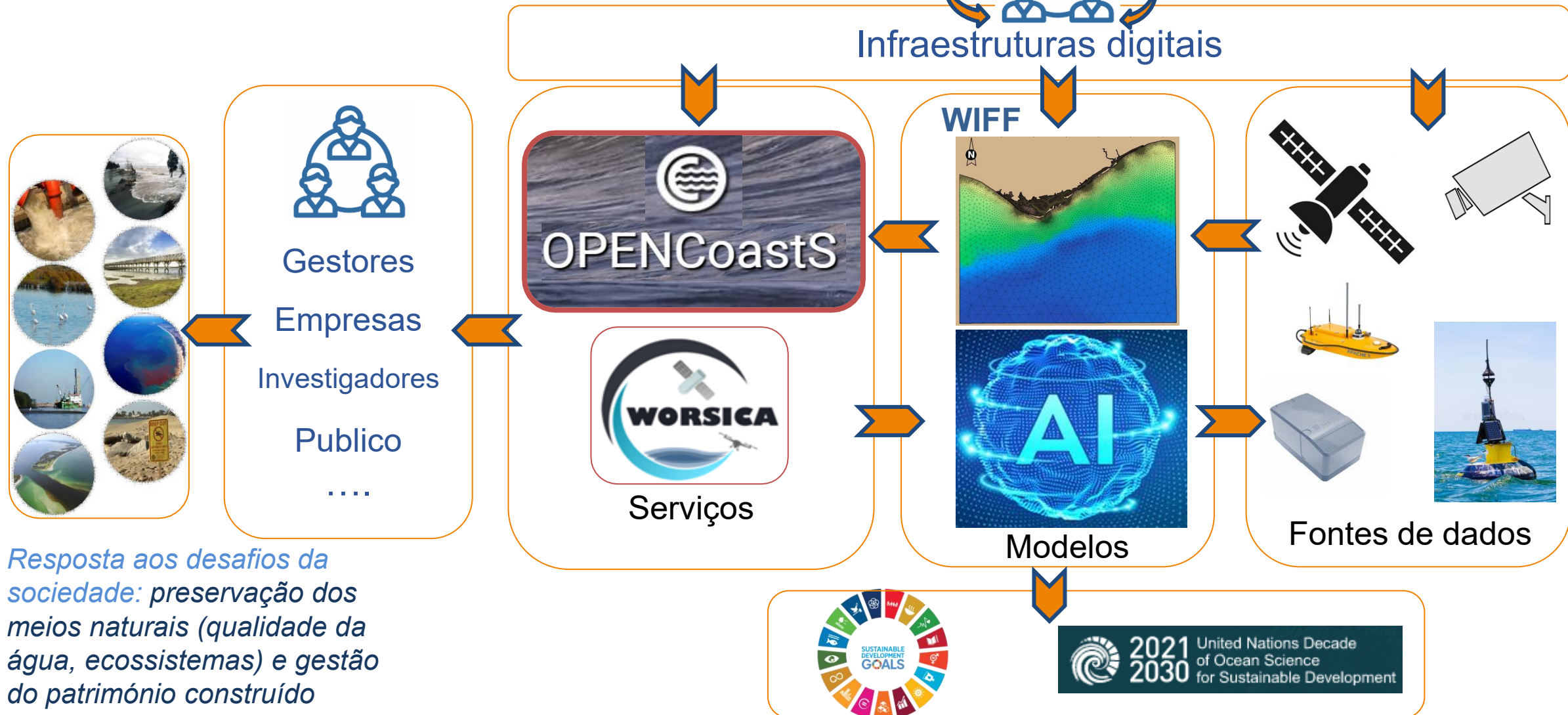
- Antecipar eventos de perigo e apoiar as respetivas ações de resposta à emergência
- Apoiar atividades de gestão corrente e de usufruto das zonas costeiras
- Criar conhecimento detalhado para apoiar a gestão, minimizando riscos e harmonizando usos conflitantes

Elemento central dos *Gémeos Digitais* das zonas costeiras

Plataformas centradas nos utilizadores para criação de conhecimento, inovação e apoio à gestão utilizando modelos de previsão, análise de dados e serviços dedicados



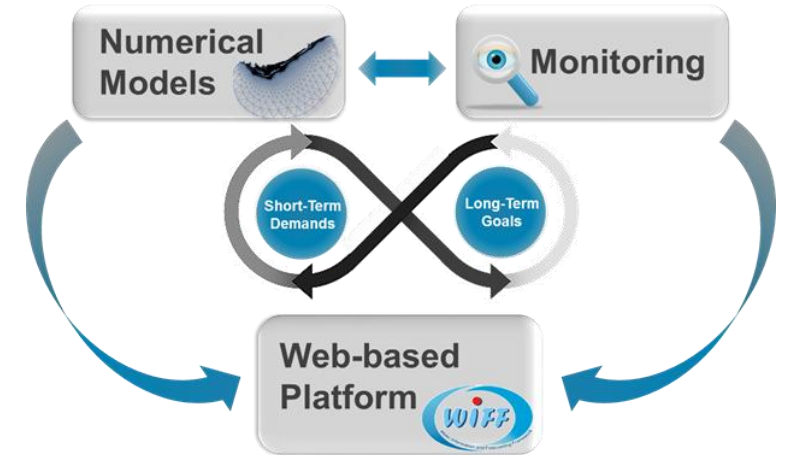
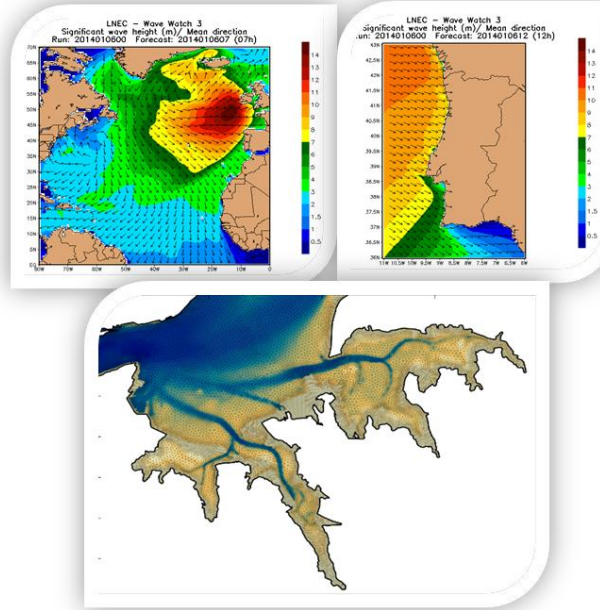
Gémeos Digitais para as zonas costeiras



Resposta aos desafios da sociedade: preservação dos meios naturais (qualidade da água, ecossistemas) e gestão do património construído

Metodologia para criar e operar um sistema de previsão de qualidade

waves tides flow storm
 precipitation river urban
 surge drainage floods



- Identificar os processos físicos relevantes

- Identificar as escalas espaciais e temporais relevantes
- Implementar modelos numéricos com capacidade simultânea de resolver processos e suas escalas.
- Validá-los com dados de campo

- Implementar um sistema de previsão em tempo real que, automática e regularmente, antecipe a dinâmica costeira com precisão e robustez
- Disponibilizar os seus resultados aos utilizadores de modo amigável e ajustado aos usos

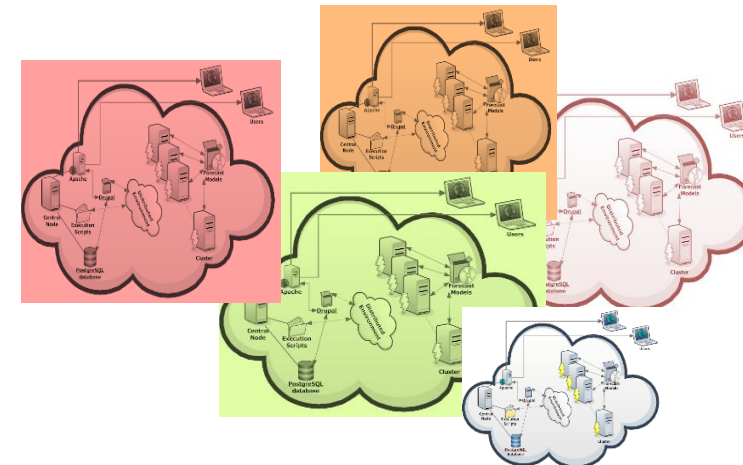
Limitações e desafios dos sistemas de previsão em tempo real

Limitações da maioria dos sistemas:

- Feito de raiz em cada sistema – difícil replicação e atualização
- Esforço considerável e necessidade de pessoal de TI para manutenção
- Controle de qualidade dificultado: diferentes modelos, de precisão variável e aplicados de forma individual – resultados não auditáveis de forma automática

Desafios

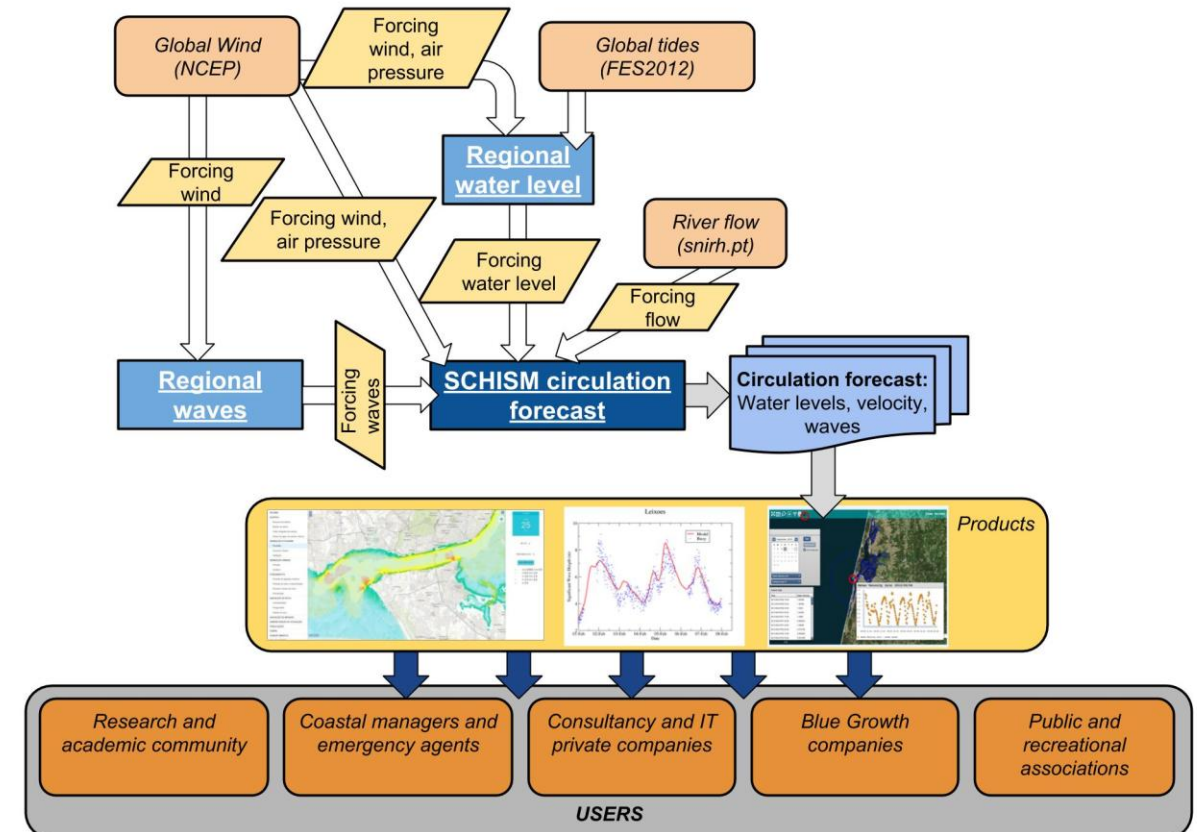
- Previsão em tempo real como um serviço
- Acessível a todos, uso simples para profissionais da área (mas não obrigatoriamente peritos em TI)
- Flexível nos modelos a usar, criado para crescer em abrangência de processos e de novos modelos e suas versões
- Adaptado para as necessidades de cada sistema



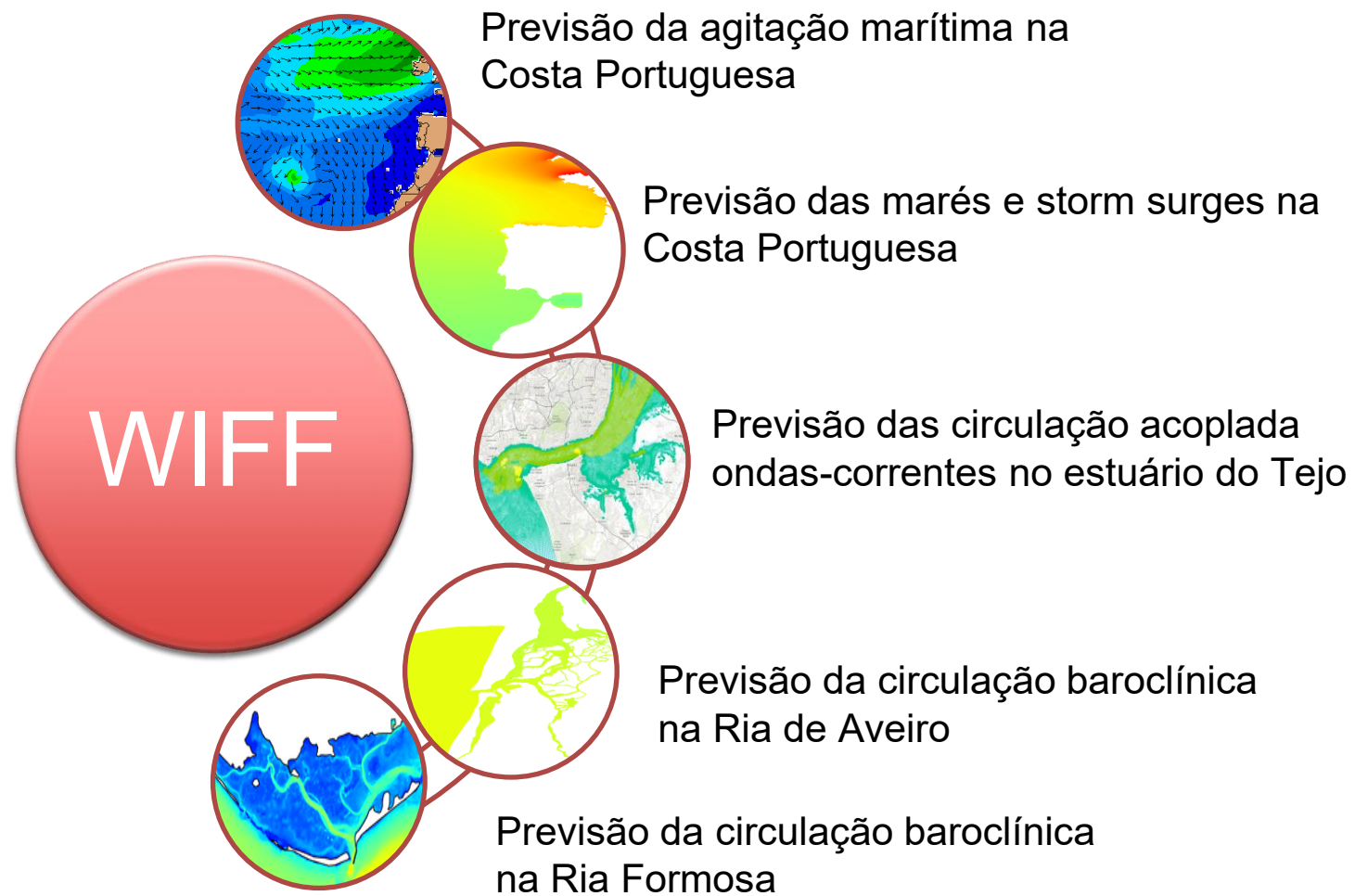
Infraestrutura de previsão em tempo real do LNEC

- *WIFF*

- Aplicável em qualquer sistema costeiro
- Integra todos os processos relevantes (da circulação à qualidade da água; do rio ao oceano, incluindo o impacto das cidades)
- Gera previsões automáticas
- Baseado no Sistema de modelos SCHISM (malhas não estruturadas)
- Utilizando o conceito de “building blocks” para integrar de forma ágil novas funcionalidades



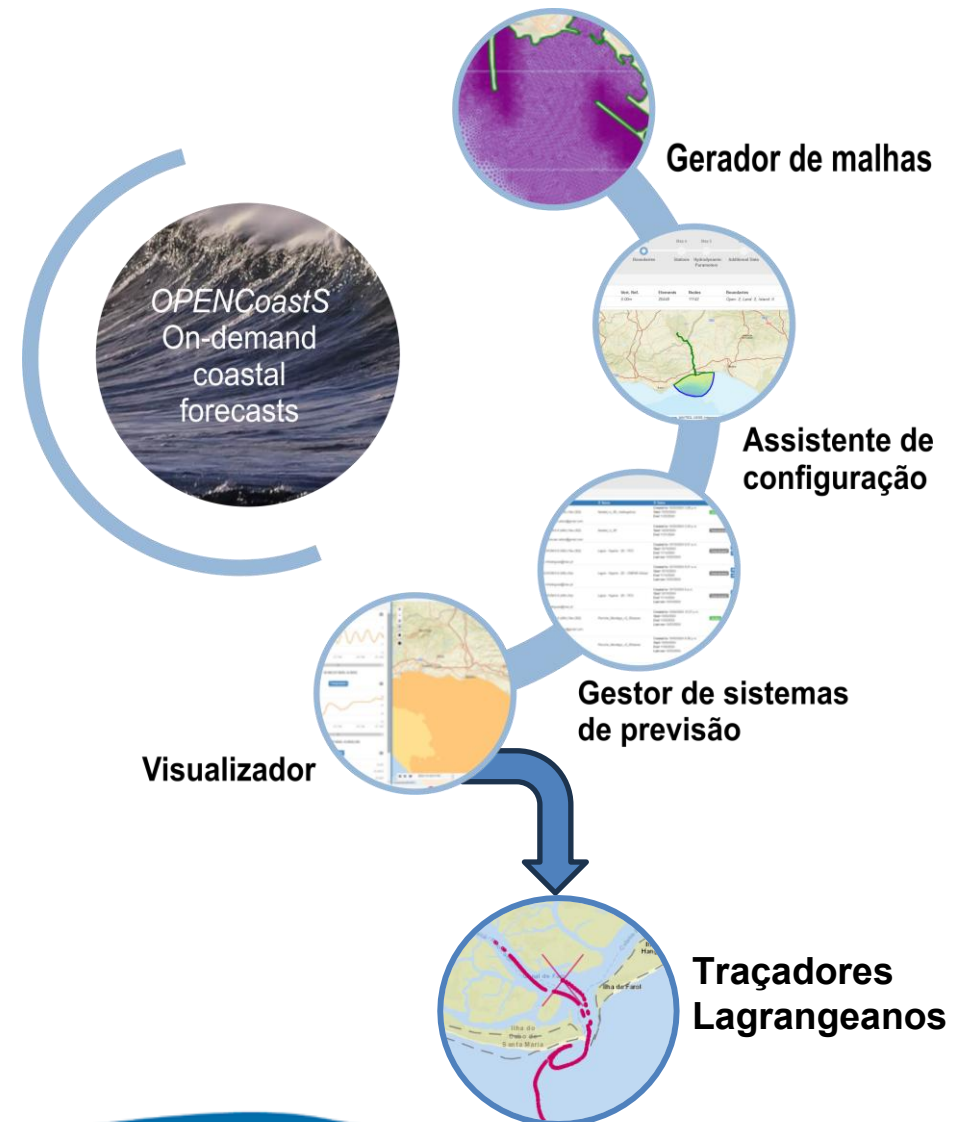
Infraestrutura de previsão em tempo real do LNEC – *exemplos de aplicação*



- Implementados pelas equipas do LNEC
- Requerem a intervenção dos peritos
- **Motivação:** criar um serviço Web para facilitar a criação dos sistemas de previsão de forma autónoma

O conceito e a plataforma OPENCoastS

- Criar e manter um sistema de previsão num local à escolha do utilizador
 - Interação com uma interface Web simples e guiada
 - Permitir a escolha do modelo, dos forçamentos e dos recursos computacionais a usar
 - Permitir a validação dos vários passos do estabelecimento de um sistema
 - Permitir a replicação rápida de um sistema ou o acerto de detalhes, sem repetir todos os passos
- Ciclo completo de previsão em 4 fases (inclui geração da malha se o utilizador não a possuir)
- Permite executar serviços sobre os resultados: traçadores Lagrangeanos
- <https://opencoasts.a.incd.pt/>



1ª fase (opcional): gerar a malha de cálculo

1. Gerar a malha horizontal com OCSMesh & JIGSAW
2. Melhorar a malha com NICEGRID

Assistente de geração de malhas ID:28:27

Nova geração Guardar

Passo 1 Passo 2 Passo 3 Passo 4 Passo 5 Passo 6 Passo 7 Passo 8

Domínio Horizontal Resolução da malha Gerar malha Interpolar batimetria Determinar fronteiras Download Malha Horizontal Geração da malha vertical Resumo

Gerar malha

Neste passo o utilizador pode pedir para ser gerada a malha com os parâmetros definidos nos passos anteriores.

Gerar e visualizar (*)
Para avançar para o passo seguinte, tem que gerar a malha, clicando no botão abaixo. Será apresentado o número de nós e elementos, e a possibilidade de salvar o ficheiro para o disco.

Gerar malha

Melhorar malha
É possível melhorar a estrutura da malha:

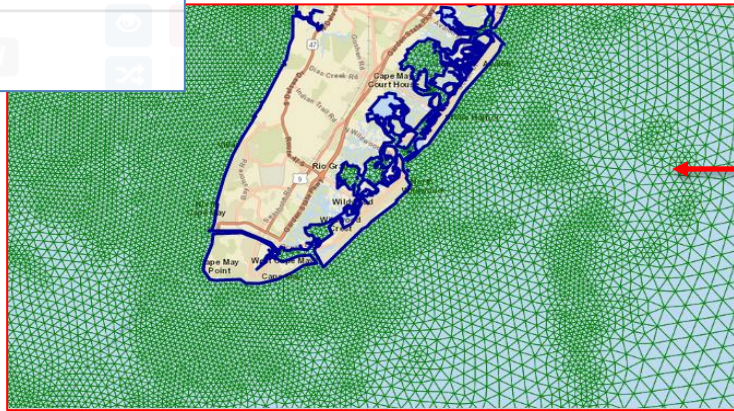
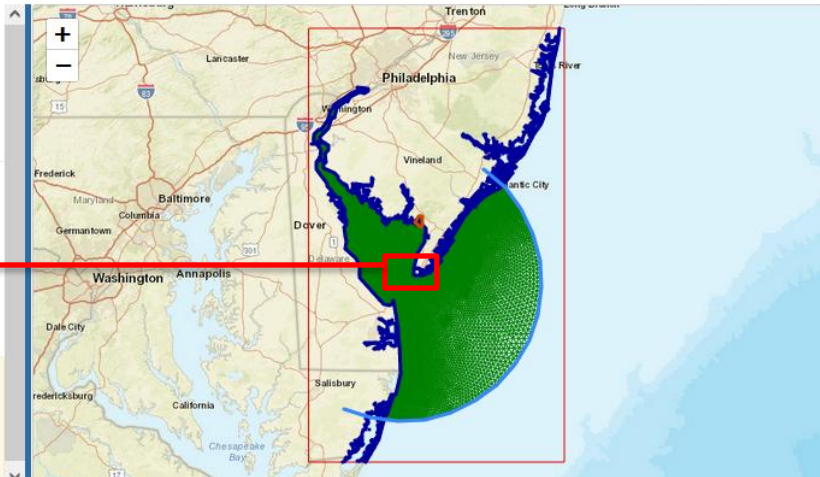
1. Escolha o algoritmo:
☒ Nicegrid4 ☐ Springs

2. Correr:
Melhorar malha

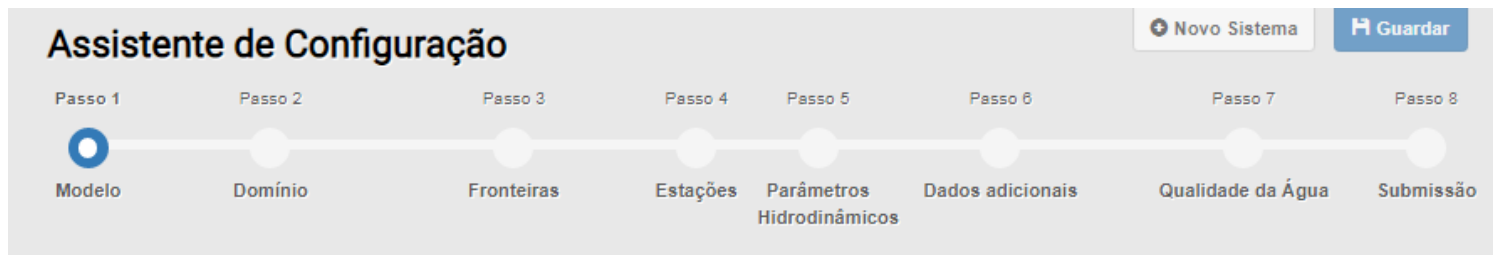
A malha nicegrid4 tem 26784 nós e 51300 elementos. Quer mesmo assim aceitar ou rejeitar malha melhorada?

Ver sumário Aceitar Rejeitar

Anterior Concluir passo



2ª fase: Criar uma aplicação (3D com qualidade da água no OPENCoastS)



Passo 1: Selecionar a configuração, versão do modelo e duração

Passo 2: Carregar e validar as malhas horizontais e verticais

Passo 3: Especificar as condições de fronteira

Passo 4: Definir estações para séries temporais

Passo 5: Definir os parâmetros físicos e numéricos hidrodinâmicos

Passo 6: Definir os parâmetros com variação espacial

Passo 7: Definir condições fronteira, iniciais e fontes da qualidade

Passo 8: Rever e submeter

Selecione tipo de corrida:

Simulação Baroclínica:

☐ Não

☒ Sim (3D)

Ondas:

☒ Não

☐ Sim

Qualidade da Água:

☐ Não

☐ Traçador Genérico

☒ Contaminação Fecal

Selecione um modelo (*): SCHISM-5.8 ▼

Selecione um período (*): 48h ▼

Exemplo de uma tarefa: comparação com dados e criação de sensores virtuais

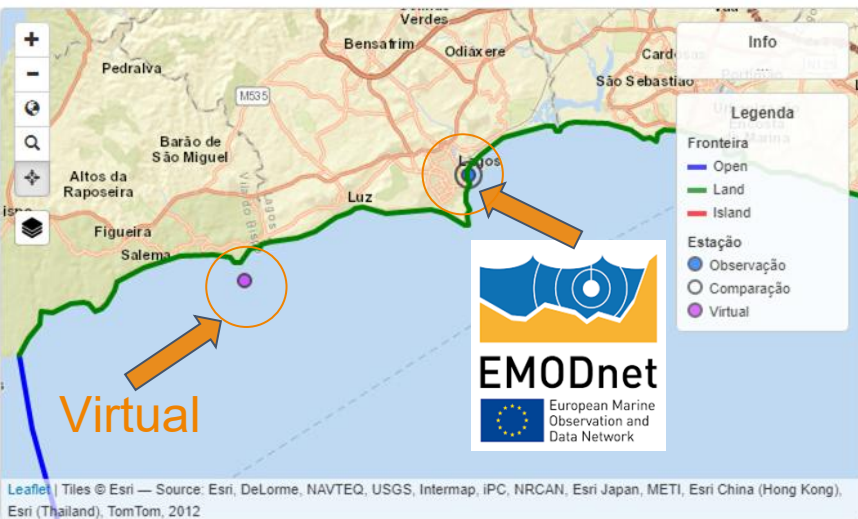
Proposta automática (EMODNET)

Sensor virtual definido pelo utilizador

Configuration Assistant ID:26:19 New System

Step 1 Model Step 2 Domain Step 3 Boundaries **Step 4 Stations** Step 5 Hydrodynamic Parameters Step 6 Additional Data Step 7 Water Quality

Nome	Latitude	Longitude	Comparação
☒ LagosTG	37.10000	-8.66670	LagosTG (37.10000, -8.66670)
☒ teste	37.055254	-8.786659	



Leaflet | Tiles © Esri — Source: Esri, DeLorme, NAVTEQ, USGS, Intermap, iPC, NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, 2012

3ª fase: Gestor de aplicações

OPENCoastS User Manual [anabela.pacheco.oliveira@gmail.com](#) PT EN

Forecast Systems

Extension requests New System

Forecasts management

ID	Model	Name	Dates	State	Actions
79	SCHISM, v5.4.0 (48h)	my youtube forecast	Created at 06/09/2018 3:42 p.m. Start 06/09/2018 End 06/10/2018 Last run 07/09/2018	Active	  
this is the forecast I created for the demo.					
77	SCHISM, v5.4.0 (48h)	teste_prep_imum2	Created at 05/09/2018 2:35 p.m. Start 05/09/2018 End 05/10/2018 Last run 07/09/2018	Active	  
tejo fes+gfs					
76	SCHISM, v5.4.0 (48h)	teste_prep_imum	Created at 05/09/2018 2:03 p.m. Start 05/09/2018 End 05/10/2018 Last run 07/09/2018	Deactivated	  
obidos com prism+gfs					
58	SCHISM, v5.4.0 (48h)	teste de carga2	Created at 10/08/2018 1:53 p.m.	Step 3	  
57	SCHISM, v5.4.0 (48h)	teste de carga1	Created at 10/08/2018 1:53 p.m.	Step 3	  

- Checking the status and the settings of my runs
- Clone it – duplicate to change: b.c., parameters, outputs
- Re-activate a deactivated system or eliminate it
- Return to Conf. Assist. to continue to setup my forecast

Many states are possible:

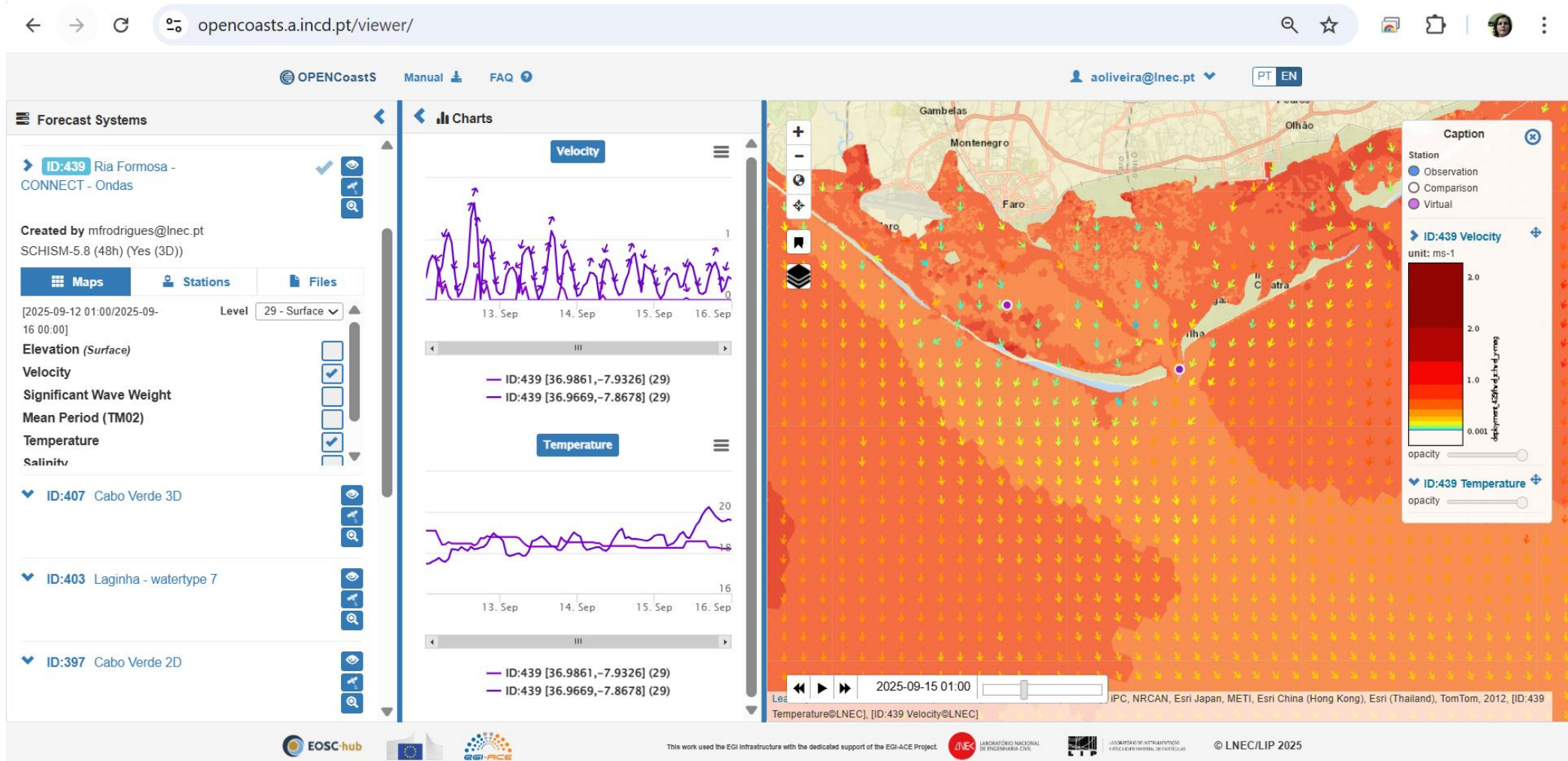
- “step k” – in construction, we can continue later or just eliminate it
- Active – we can deactivate, clone it, check it,...
- Deactivated – we can activate it again or eliminate it

Controle das aplicações ativas:

boa gestão de recursos computacionais (Centro Nacional de Computação Avançada)

Informação atualizada de cada sistema

4ª fase: Visualizador



5ª fase: Explorador de serviços – Traçador Lagrangeano

← → ↻ opencoasts.a.incd.pt/particle_tracker/

OPENCoastS Manual FAQ

① Choose the deployment to launch the tracking particles

ID:452 MGBA_tidewind_Sept 2025-09-08 - 2025-10-07; Last run: 2025-09-14	☐
ID:439 Ria Formosa - CONNECT - Ondas 2025-07-04 - 2025-12-31; Last run: 2025-09-14	☒
ID:410 Lagos - Nigeria 3D - FES 2025-03-14 - 2026-04-01; Last run: 2025-06-24	☐

② Select the tracker to view. Or create a new one.

Particle trackers ➕ Create a new tracker

Name

Latitude/Longitude (click on 📍 to select the point)

Analysis Period

Start End

Time direction

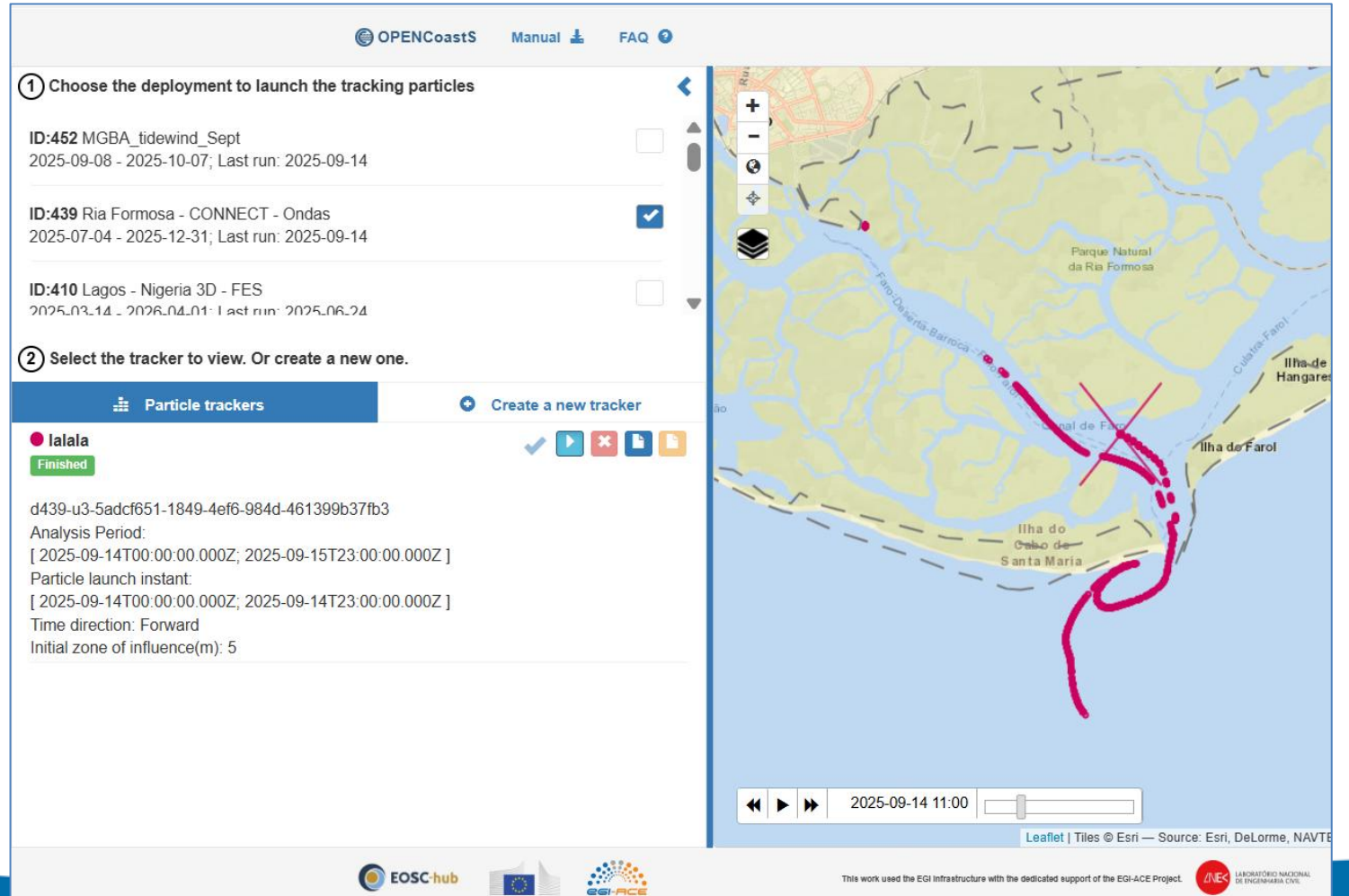
Forward ☒ Backward ☐

Initial zone of influence (m)

Particle launch instant

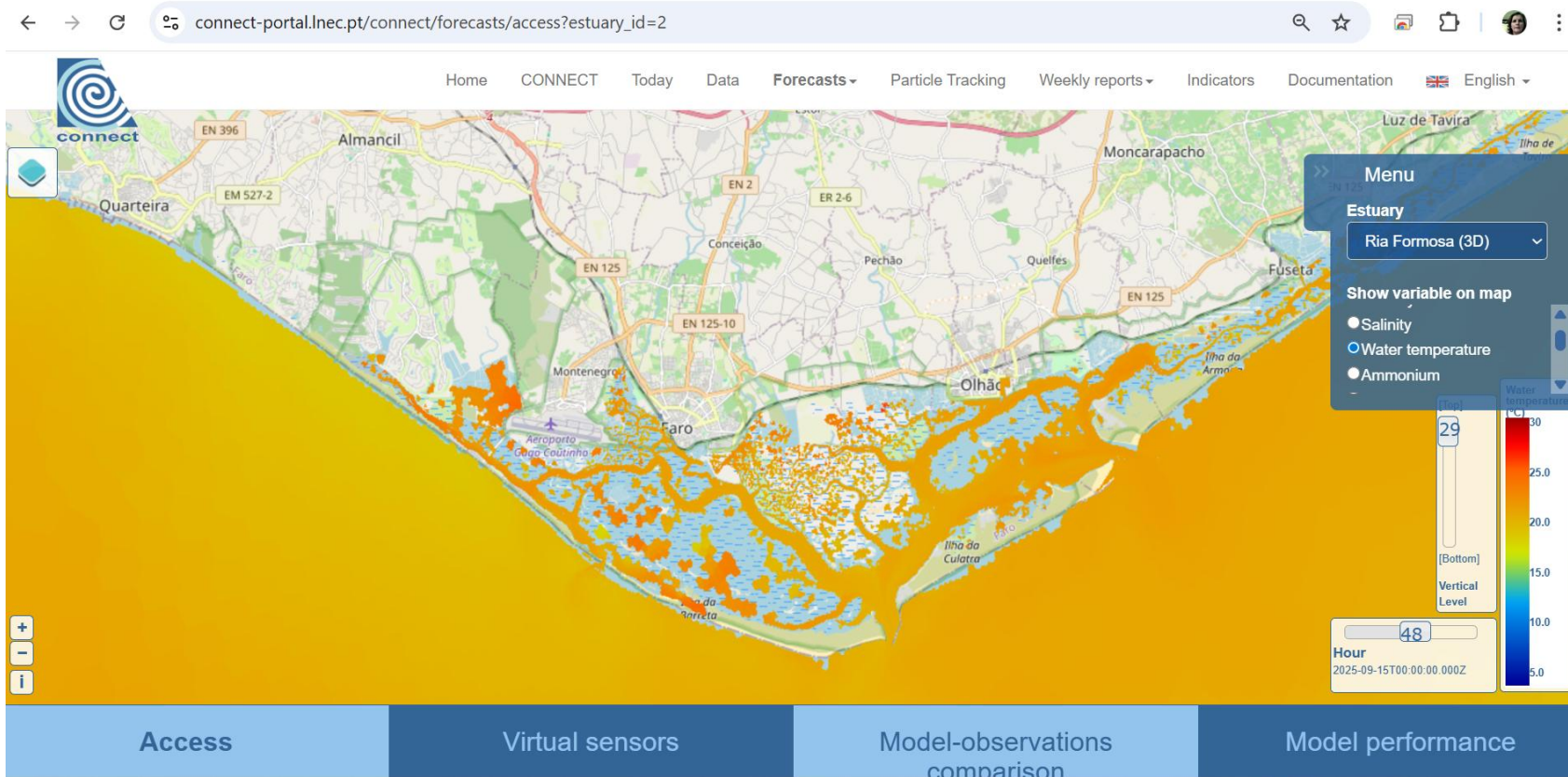
Start End

↺ Reset ▶ Run



CONNECT+: aplicação à Ria Formosa

Portal WebGIS dedicado - connect-portal.lnec.pt/connect/ (mais detalhes na próxima apresentação)



- Usa modelo SCHISM, no OPENCoastS
- Simula níveis, velocidades, agitação marítima, salinidades e temperaturas, clorofila-a, oxigénio dissolvido, nutrientes inorgânicos, ind. de contaminação fecal
- forçamentos: níveis, velocidades, temperatura, salinidade (CMEMS-IBI), agitação marítima (WW3-LNEC), vento, pressão atmosférica, temperatura do ar, radiação (MeteoGalicia e IPMA), caudal (SNIRH -> climatologia por agora), ETARs (climatologia)
- vocacionado para a navegação e características das massas de água
- Resolução horizontal: 2-2500 m
- Resolução vertical: 20 níveis S, 9 níveis Z

Conclusões

- Os serviços WIFF e OPENCoastS permitem criar aplicações de previsão para apoio à gestão das zonas costeiras
- O uso de modelos de elevada resolução e a disponibilidade de dados em tempo real, combinados com o fornecimento de condições de fronteira robustas como os serviços CMEMs, permitem produtos de confiança
- Está em curso a aplicação do nosso simulador baseado em inteligência artificial para prever os caudais fluviais para forçamento (já utilizado no Tejo)
- A disponibilização aberta dos serviços, dos dados e dos produtos permite envolver os utilizadores, cumprir requisitos e adaptar os produtos às necessidades dos utilizadores (e ajudar-nos a melhorar o nosso trabalho)
- Perguntas?