SEMINÁRIO NACIONAL PROGRAMA BA 40 ANOS

O que o mar nos ensinou: monitorizar para antecipar

Do indicador ao serviço: monitorização e previsão morfodinâmica na Praia de Mira

Paulo Baptista
Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM) · Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro

Seminário Nacional Programa BA 40 anos
22–24 de outubro de 2026 · Comunicação: 23 de outubro

universidade de aveiro

CESAM CENTRO DE ESTUDOS DO AMBIENTE E DO MAR

R5m marine solutions

COASTSCAN

Uma praia que muda e que exige vigilância permanente

≈ 0,70 m/ano

recuo médio da duna frontal desde 1958, com trechos acima de 8 m/ano

7 m

de praia perdidos em poucos dias de temporal (fevereiro de 2026)

2017 → 2025

acordo UA–Município (2017), 1.ª estação de vídeo (2019), sistema de nova geração (2025)

Fonte: Baptista, P. (2026). Testemunho «Quarenta anos a observar uma praia que também nos observa», Município de Mira. Fotografia: arquivo P. Baptista / CESAM-UA.

IDEIA CENTRAL

Da observação à antecipação: cada indicador percorre o mesmo caminho

1 Observar	2 Detetar	3 Prever	4 Servir
Câmaras de vídeo,e distanciómetro laser geram dados contínuos.	Algoritmos de deep learning transformam imagens em indicadores morfodinâmicos, em modo automático.	Modelos de aprendizagem automática ligam o indicador ao forçamento (ondas, marés) e antecipam a evolução.	Serviços dedicados entregam o indicador e a previsão a quem decide: município, proteção civil, segurança balnear.

Mudança de perspetiva: o trabalho atual não se restringe à deteção. O objetivo é criar serviços operacionais que incluam a componente de previsão de todos os indicadores: batimetria e barras submersas, linha de costa, galgamentos e agueiros.

Fonte: Síntese do autor, a partir de Baptista, P. (2025), «Estudo da dinâmica do litoral da Praia de Mira», e dos trabalhos referidos no final.

INFRAESTRUTURA

Vídeo-monitorização em Mira: de um protótipo a um sistema com modelos 3D contínuos

2017 Acordo de colaboração entre a Universidade de Aveiro e o Município de Mira

2019 Primeira estação de vídeo-monitorização, junto aos armazéns da arte xávega (câmara Norte em outubro de 2019; câmara Sul em julho de 2020)

2025 Sistema de nova geração: câmaras de alta resolução e distanciómetro laser, visando gerar Modelos Digitais de Elevação (DEMs) da praia e das dunas praticamente em modo contínuo

Estação de vídeo-monitorização na Praia de Mira (imagem aérea recente)

Câmaras IP com imagens de 10 em 10 minutos, base de dados contínua desde 2019.

Fonte: Baptista (2026), Testemunho; Magalhães, N. (2026), Relatório síntese final, bolsa SHORESAFETY (Tarefa 2, sistema automático de DEM); Baptista, P. (2021), CESAM, 35 anos Bandeira Azul. Fotografias: arquivo P. Baptista / CESAM-UA.

Quatro indicadores morfodinâmicos, um objetivo comum: serviços com previsão

Batimetria e barras submersas

DETEÇÃO

Inversão da relação de dispersão das ondas a partir de vídeo (timestacks)

PREVISÃO (OBJETIVO)

Evolução de barras e canais

PARA QUÊ

Segurança marítima e balnear

Linha de costa

DETEÇÃO

Segmentação semântica por deep learning sobre imagens timex

PREVISÃO

Posição futura da linha de costa (ML)

PARA QUÊ

Gestão do litoral e erosão

Galgamentos

DETEÇÃO

CNN-BiLSTM sobre sequências de vídeo

PREVISÃO (OBJETIVO)

Alerta antecipado de eventos

PARA QUÊ

Proteção civil e infraestruturas

Agueiros

DETEÇÃO

Deteção de objetos (YOLO) sobre imagens timex retificadas

PREVISÃO (OBJETIVO)

Onde e quando se formam os canais

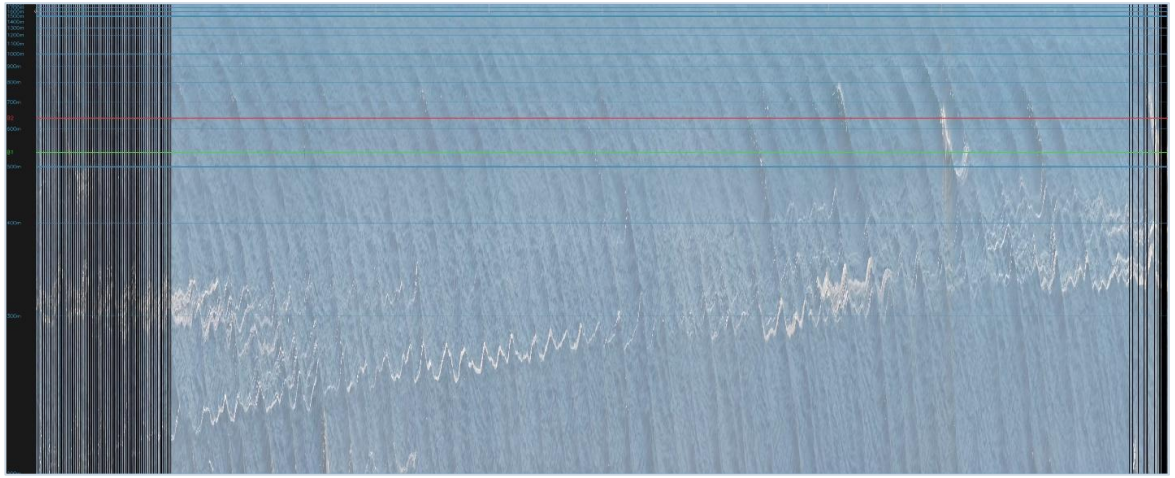
PARA QUÊ

Segurança balnear

Fonte: Síntese do autor. Detalhes e referências nos slides seguintes.

As ondas «sentem» o fundo: a velocidade da onda revela a profundidade

- **Princípio.** Quanto menor a profundidade, mais lenta é a onda. Medir a celeridade da onda em vídeo permite inverter a relação de dispersão e estimar a profundidade.
- **Dados.** timestack da câmara de Mira (cerca de 1 m por píxel, vídeo de ~10 min a 5 imagens por segundo).
- **Interesse.** localizar barras e canais submersos sem levantamentos hidrográficos repetidos.

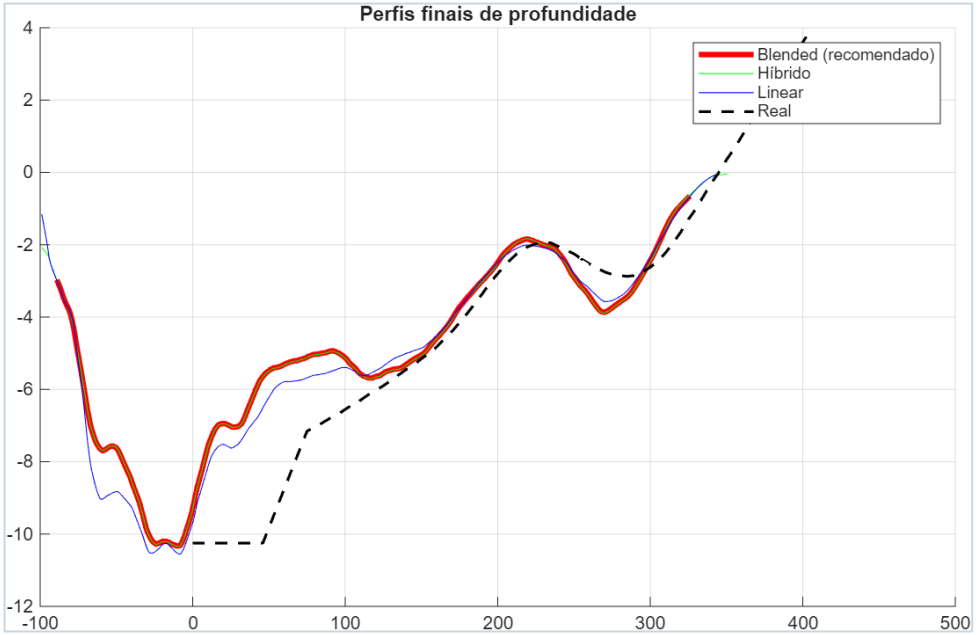


Timestack obtido a partir do vídeo da Praia de Mira: cada traço inclinado é uma onda em propagação

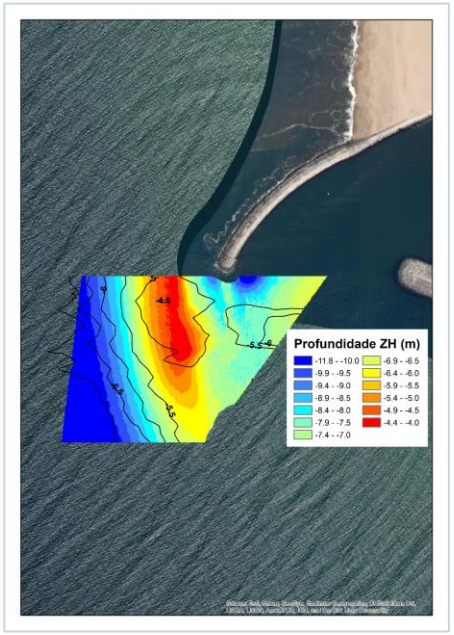
Cada onda deixa um traço cuja inclinação dá a velocidade, logo a profundidade local.

Fonte: Matias, J. D. (2026), Relatório final da Bolsa SHORESAFETY (Fig. 40, timestack da câmara de Mira); Matias, J. D. (2026), «Estimativa batimétrica em águas pouco profundas através de modelação e análise espectral».

Resultados e serviço: seguir as barras para as antecipar



Profundidade estimada (cor) vs real (tracejado), ondas simuladas



Batimetria por vídeo, Figueira da Foz

- **Resultados.** boa concordância na zona da barra; desvios onde o fundo varia depressa.
- **Serviço experimental.** NAVSAFETY, na barra da Figueira da Foz.
- **Previsão.** antecipar a evolução de barras e canais (em desenvolvimento).

Apresentação qualitativa: o método está em consolidação e a aplicação a Mira é trabalho em curso.

Fonte: Matias, J. D. (2026), Relatório final da Bolsa SHORESAFETY (simulação FUNWAVE-TVD); Baptista, P. (2025), apresentação Dia Internacional da Juventude, Mira (batimetria por vídeo na barra da Figueira da Foz, 13/01/2022); Projeto NAVSAFETY (UA).

Deteção automática: a inteligência artificial desenha a linha de costa

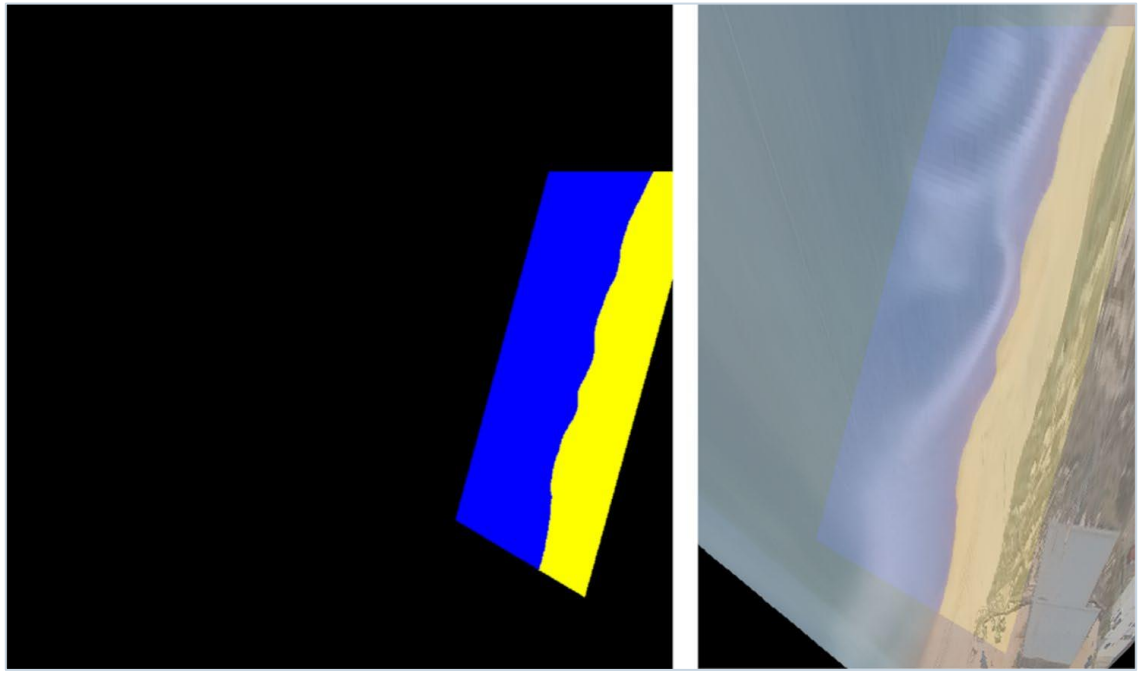
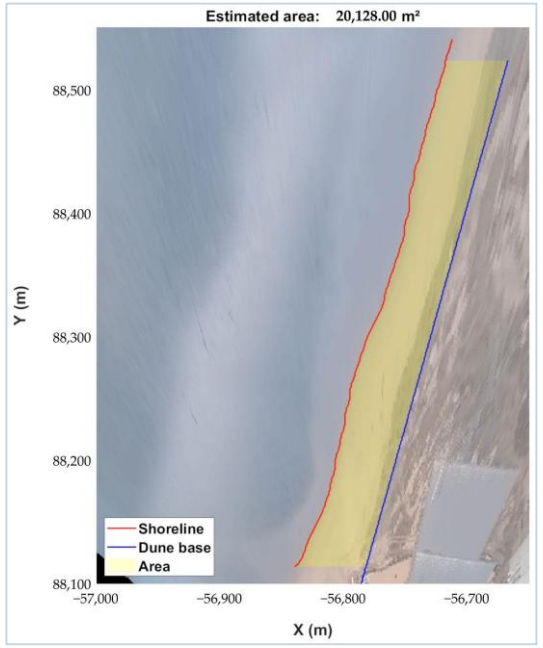


Imagem timex retificada (Praia de Mira) e máscara segmentada: água (azul) e areia (amarelo)



Linha de costa e área de praia

0,98
exatidão global

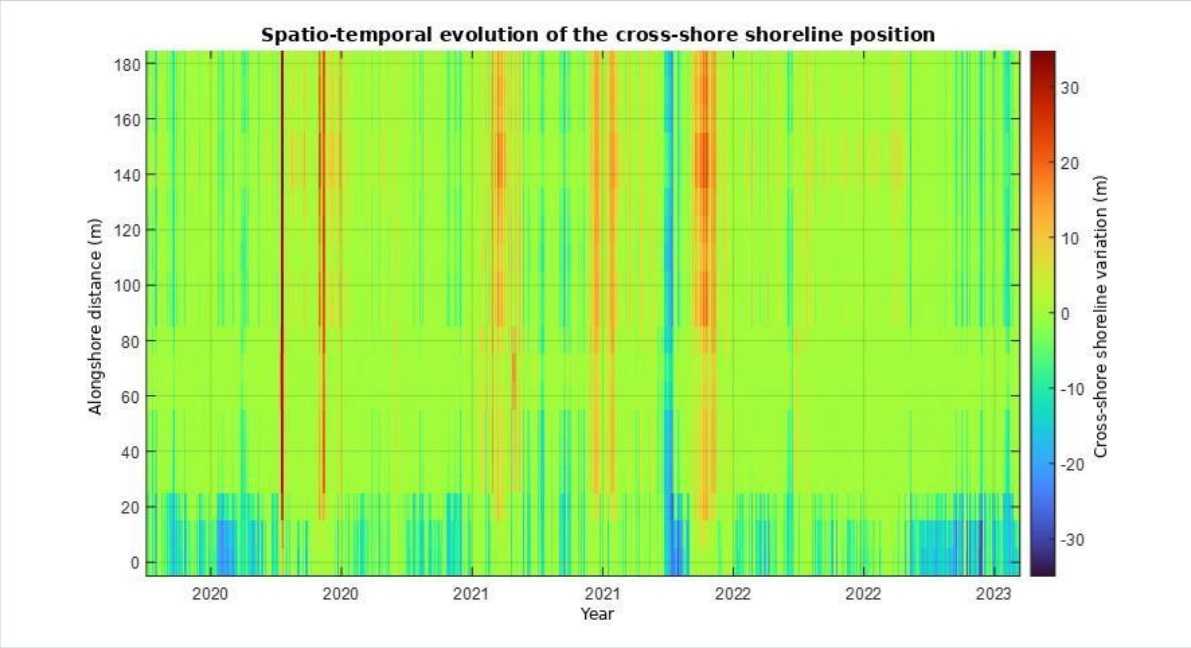
0,95–0,97
IoU médio

até 0,99
F1 da fronteira

Redes de segmentação (U-Net e DeepLabv3+) testadas em imagens independentes de 2022.

Fonte: Santos, F.; Cunha, T. R.; Baptista, P. (2025). Deep Learning-Based Semantic Segmentation for Automatic Shoreline Extraction in Coastal Video Monitoring Systems. Remote Sensing 17(23), 3865. doi:10.3390/rs17233865

Da série de anos à previsão: a costa explicada pelo mar, pela maré e pelo clima

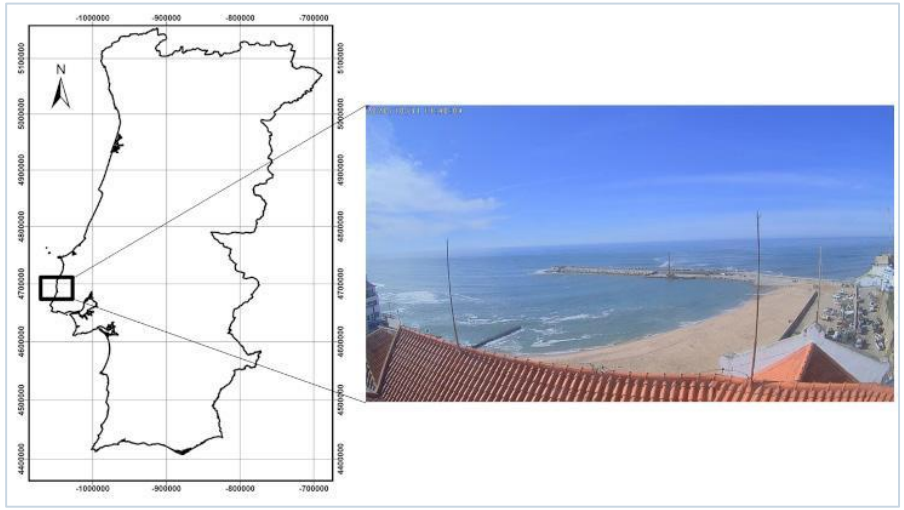


Evolução espácio-temporal da linha de costa em Mira (2019–2023)

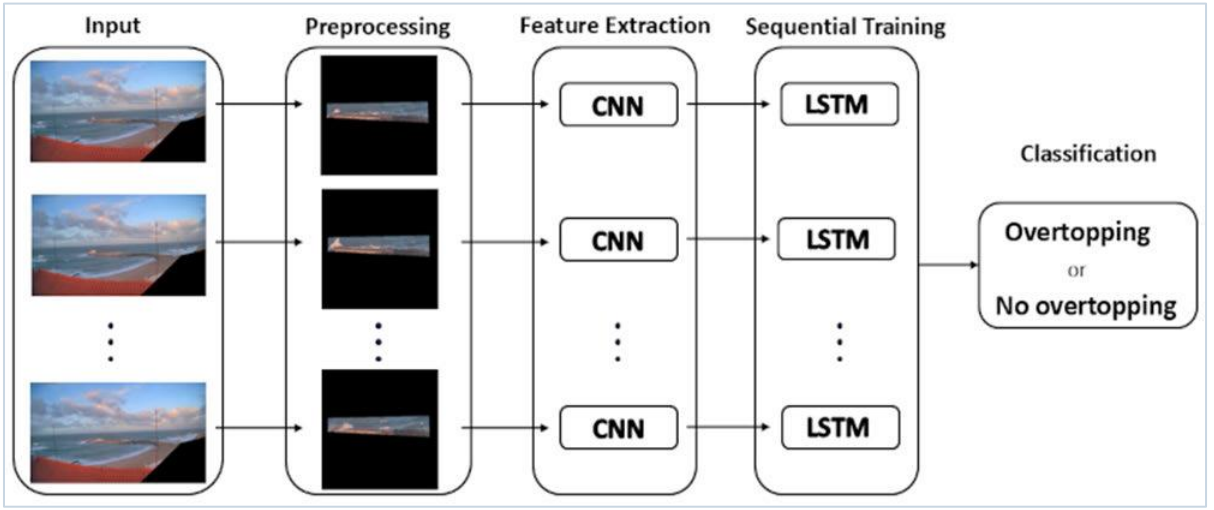
- **Dados.** anos de linha de costa em modo automático, com ondas, marés e clima.
- **Método.** aprendizagem automática com vários algoritmos combinados.
- **Resultado.** desempenho elevado; o nível da maré modula o efeito das ondas.
- **Próximo passo.** previsão operacional de curto prazo no serviço.

Fonte: Campos, L.; Oliveira, D.; Cerda, F.; Cardoso, A.; Rocha, B.; Baptista, P. (2026). Machine learning-based prediction of shoreline evolution from coastal video monitoring data (4.as Jornadas Luso-Espanholas de Hidrografia, 2026).

Galgamentos: uma rede neuronal aprende a reconhecê-los no vídeo



Praia dos Pescadores, Ericeira (estação desde 2021)



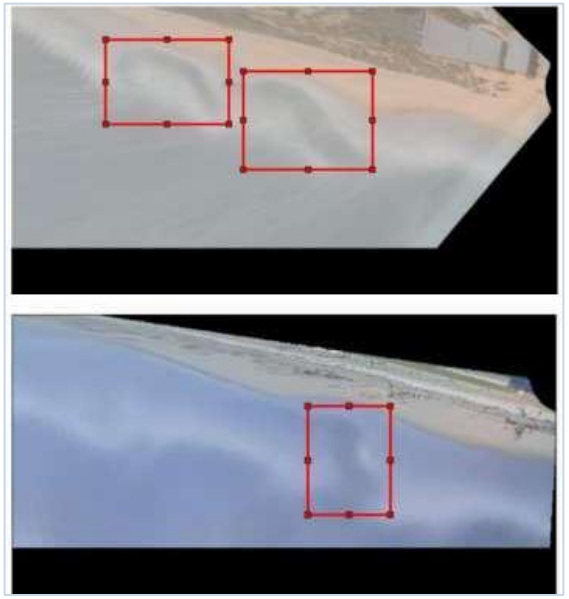
CNN extrai características; BiLSTM aprende a sequência

0,97	precisão
0,92	recall
0,94	F1
0,94	AUC-ROC

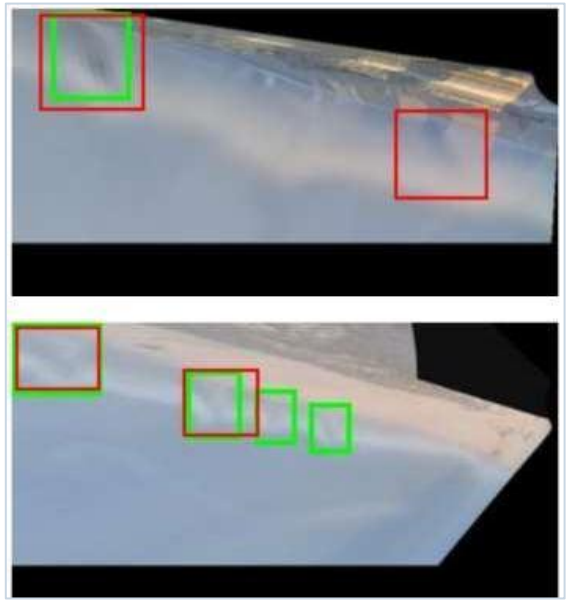
Objetivo do serviço: juntar a deteção às previsões de agitação e maré para alertar antes do evento.

Fonte: Santos, F.; Cunha, T. R.; Baptista, P. (2026). Automatic Wave Overtopping Detection in Coastal Videos Using a Deep Learning Technique. IEEE Access, doi:10.1109/ACCESS.2026.3669455

Agueiros: correntes de retorno detetadas por deep learning



Anotação manual



Deteções do modelo

0,94
F1

0,95
recall

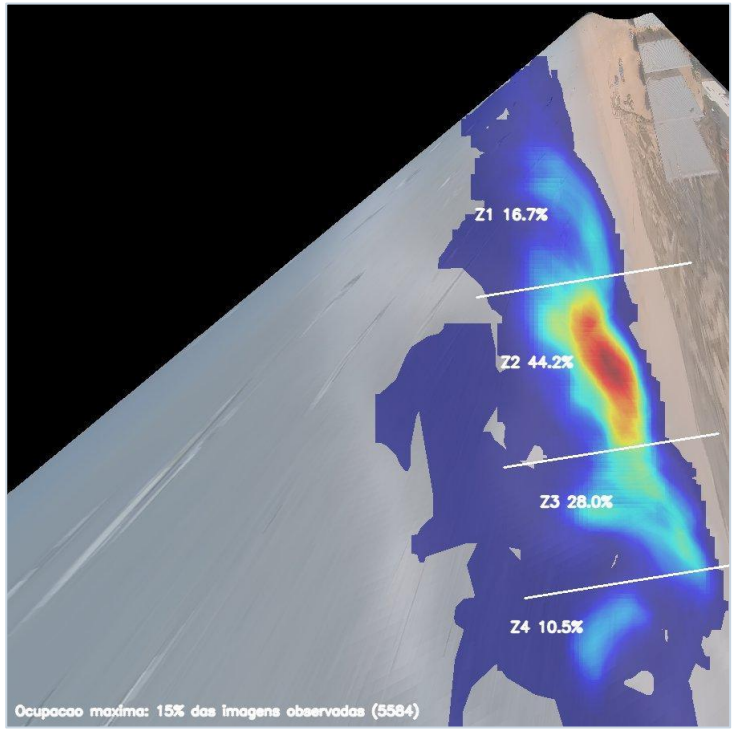
0,92
precisão

0,93
AP

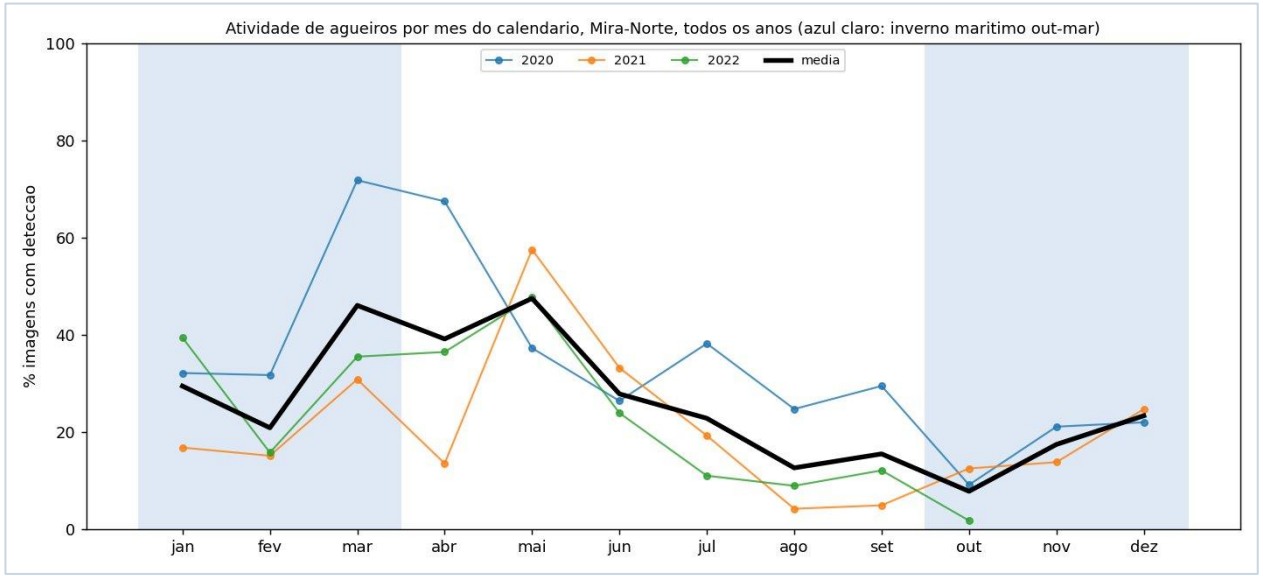
- Principal causa de afogamento em zonas de rebentação.
- Modelo leve (YOLOv2 com ResNet-18), treinado em Vagueira e Mira.

Fonte: Santos, F.; Cunha, T.; Baptista, P. (2026). Automatic Rip Current Detection in Coastal Video Monitoring Using a Lightweight Deep Learning Object Detector. Manuscrito submetido, Int. J. Disaster Risk Reduction.

Do detetor ao serviço: mapas de zonas de risco e ritmos naturais



Ocupação por agueiros em Mira-Norte (zonas de maior recorrência)



Atividade mensal de agueiros, 2020–2022 (imagens com deteção)

- Atividade máxima na baixa-mar; ciclo anual com pico na primavera.
- Zona dominante varia ao longo do ano: base para prever onde e quando.

Estado: em validação.

Fonte: Campos, L. (2026). Cronologia do trabalho com imagens timex retificadas (SACR), relatório técnico interno, R5 Marine Solutions / CESAM-UA. Resultados preliminares em validação.

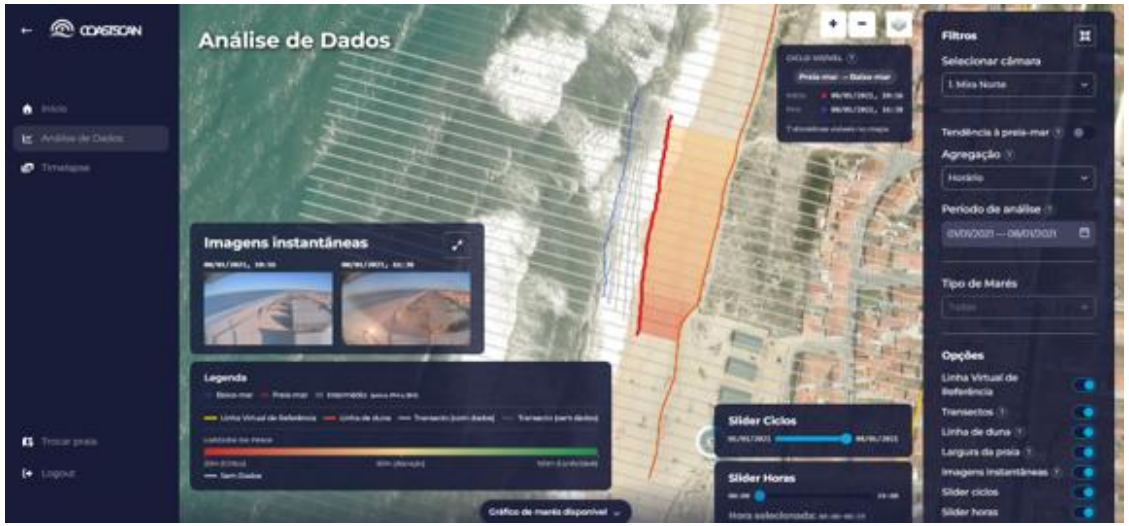
Do conhecimento ao serviço: o que existe e o que se está a construir

Indicador	Deteção	Previsão	Utilizadores
Batimetria e barras	Método validado em simulações e casos de estudo; serviço piloto na Figueira da Foz	Evolução de barras e canais: em desenvolvimento	Autoridades marítimas, portos, segurança balnear
Linha de costa	Deteção automática publicada (Mira)	Modelo ML demonstrado em Mira; extensão operacional em curso	Município, APA, gestão do litoral
Galgamentos	Deteção publicada (Ericeira)	Alerta antecipado: em desenvolvimento	Proteção civil, autarquias, portos
Agueiros	Deteção submetida para publicação; modelo operacional em validação	Zonas e momentos de risco: em desenvolvimento	Nadadores-salvadores, Município

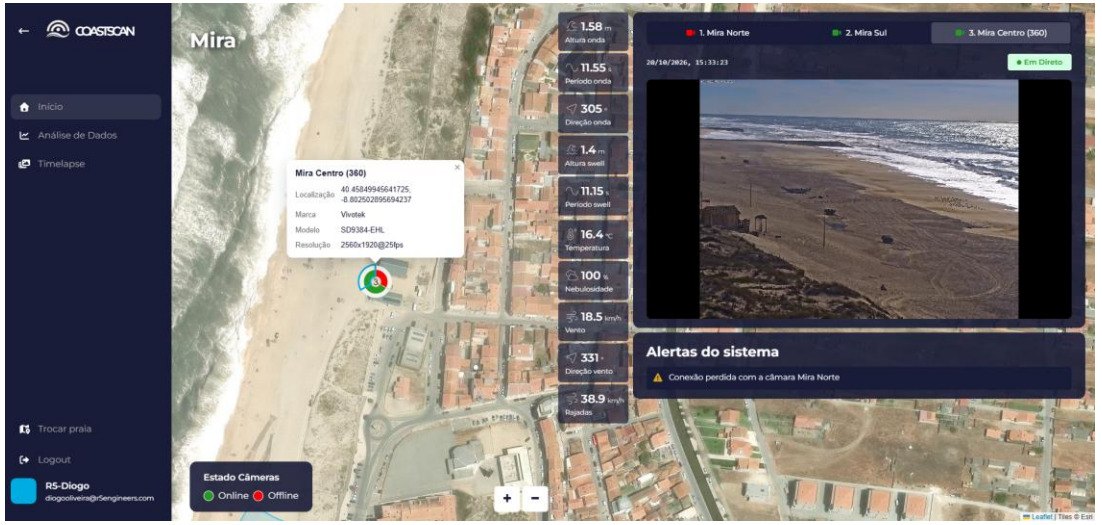
Sinergias com a indústria. A colaboração UA – R5 Marine Solutions está a reunir competências: a empresa desenvolve o CoastScan, uma interface de visualização dos resultados, passo para disponibilizar os serviços aos utilizadores finais.

Fonte: Síntese do autor; estado de desenvolvimento a confirmar pelo autor antes da apresentação.

CoastScan: os indicadores e o estado do mar numa só plataforma



Análise de dados: transetos, linha de duna e largura de praia (Mira Norte)



Vista da estação: agitação, meteorologia, imagem em direto e alertas (Mira)

Observação contínua

Imagens das câmaras em tempo quase real e estado de cada estação.

Forçamento

Altura, período e direção da onda, vento e ciclo de maré, lado a lado com o indicador.

Indicadores

Linha de costa, linha de duna e largura de praia por transeto, com histórico…

Alertas e timelapse

Avisos do sistema e sequências de imagens para acompanhar a evolução da praia.

Fonte: CoastScan, R5 Marine Solutions. Capturas da plataforma (outubro de 2026).

MENSAGEM FINAL

Monitorizar para antecipar

A praia é um sistema vivo

Só se protege com observação contínua e decisões informadas.

O indicador não basta

Detetar é o primeiro passo; prever é o que torna a informação útil.

Serviços ao serviço de todos

Município, proteção civil e banhistas beneficiam de alertas fiáveis.

AGRADECIMENTOS

Município de Mira, pelo apoio continuado a 40 anos de Bandeira Azul e à ciência aplicada.

Equipa de investigação: Diogo Oliveira, Lukas Campos, Fábio Santos, João Matias, Nuno Magalhães, Marta Dias, Tiago Abreu, Paulo Silva, Telmo Cunha, Paulo Baganha Baptista e a equipa da R5 Marine Solutions (CoastScan).

FCT e restantes financiadores dos projetos referidos.

Fonte: Projetos: SHORESAFETY (FCT, doi:10.54499/2023.13467.PEX), NEXUS (PRR), NAVSAFETY, A-AAGORA; CESAM (UID/50017/2025).

REFERÊNCIAS

Fontes bibliográficas das figuras e dos resultados

- Baptista, P. (2026). Quarenta anos a observar uma praia que também nos observa. Município de Mira.
- Campos, L.; Oliveira, D.; Cerda, F.; Cardoso, A.; Rocha, B.; Baptista, P. (2026). Machine learning-based prediction of shoreline evolution from coastal video monitoring data.
- Campos, L. (2026). Cronologia do trabalho com imagens timex retificadas (SACR). Relatório técnico interno, R5 Marine Solutions.
- Dias, M. R. A. (2021). Monitorização da dinâmica de agueiros com base em vídeo-monitorização: aplicação à Praia de Mira. Tese de mestrado, Universidade de Aveiro.
- Magalhães, N. (2026). Relatório síntese final, Bolsa SHORESAFETY, Tarefa 2 (sistema automático de obtenção de DEM).
- Matias, J. D. (2026). Relatório final da Bolsa de Iniciação à Investigação SHORESAFETY; Estimativa batimétrica em águas pouco profundas através de modelação e análise espectral.
- Santos, F.; Cunha, T. R.; Baptista, P. (2025). Deep Learning-Based Semantic Segmentation for Automatic Shoreline Extraction in Coastal Video Monitoring Systems. Remote Sensing, 17(23), 3865.
- Santos, F.; Cunha, T. R.; Baptista, P. (2026). Automatic Wave Overtopping Detection in Coastal Videos Using a Deep Learning Technique. IEEE Access, doi:10.1109/ACCESS.2026.3669455.
- Santos, F.; Cunha, T.; Baptista, P. (2026). Automatic Rip Current Detection in Coastal Video Monitoring Using a Lightweight Deep Learning Object Detector. Manuscrito submetido, Int. J. Disaster Risk Reduction.
- Baptista, P. (2025). Estudo da dinâmica do litoral da Praia de Mira: 20 anos de experiência numa visão retrospetiva. Dia Internacional da Juventude, Mira.