



# Estudos de Geologia e Energia via deteção remota no LNEG

**Quental, L.**, Simões, T., Gonçalves, P., Couto, A., Costa, P., Nave, S., Carvalho, J.,  
Oliveira, D., Simões, S., Patinha, P. Dias, R.

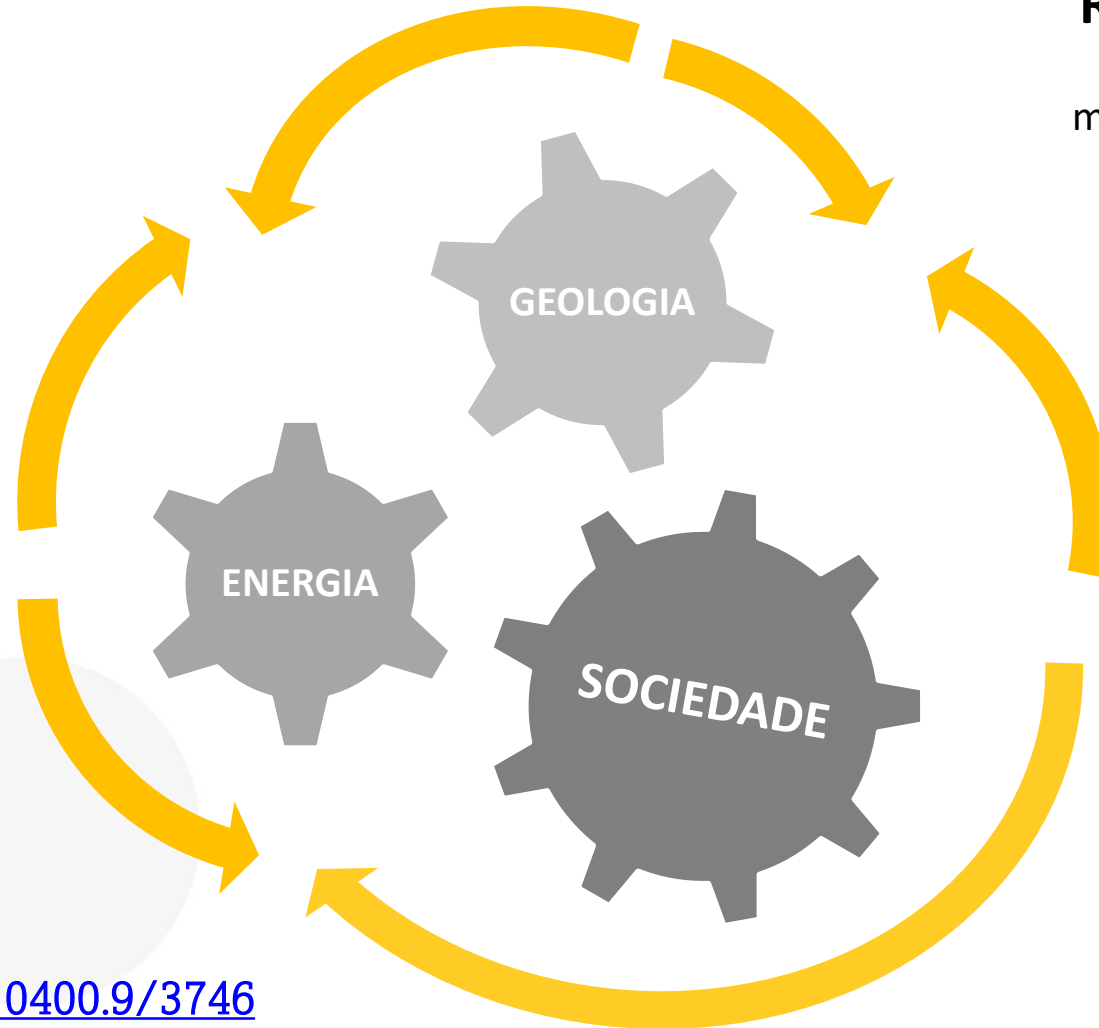
Com o contributo de P. Justino

## CONTEXTO

### RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVÁVEIS

energia eólica, solar e das ondas  
biomassa  
materiais para a energia  
.....

[Adapt. http://hdl.handle.net/10400.9/3746](http://hdl.handle.net/10400.9/3746)



### RECURSOS GEOLÓGICOS

cartografia geológica  
minerais metálicos e não metálicos  
geotérmicos  
hidrogeológicos  
.....

### PERIGOSIDADE GEOLÓGICA

sismos  
movimentos de massa  
erosão costeira  
erupções vulcânicas  
.....



**CARACTERIZAÇÃO**

## MONITORIZAÇÃO

### AQUISIÇÃO DE DADOS E MODELOS

Fontes e integração  
Aquisição proximal  
Análise e modelação

- dados e produtos óticos e de radar de abertura sintética do Programa Copernicus
- VANT de alta resolução (LiDAR e multiespectral)
  - hiperespetral
- In situ

### ÁREAS DE INVESTIGAÇÃO

Geologia e mineralogia  
Matérias-primas críticas e áreas mineiras  
Movimentos do solo  
Potencial eólico  
Hidrogénio

- mapas e modelos

### ENQUADRAMENTO NACIONAL E EUROPEU Políticas públicas

Programa Nacional de Exploração  
Ato das Matérias-Primas Críticas (UE)  
Transição Energética e RED III  
Iniciativas de Dados Abertos



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



**Copernicus**  
AMBASSADOR

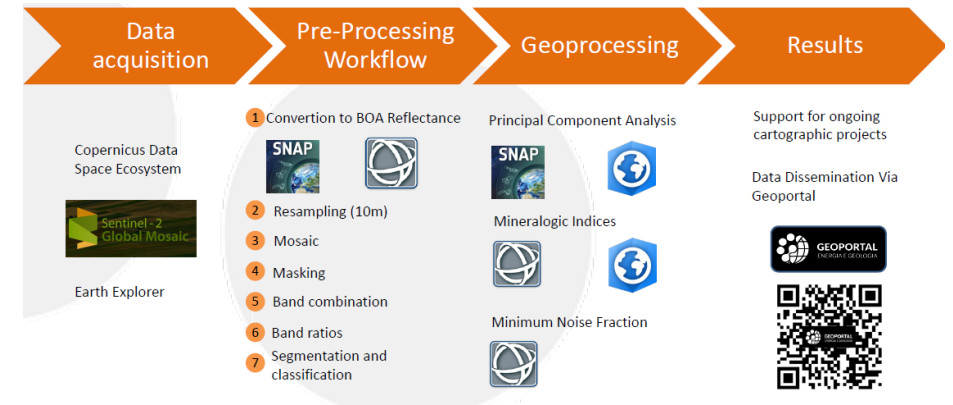
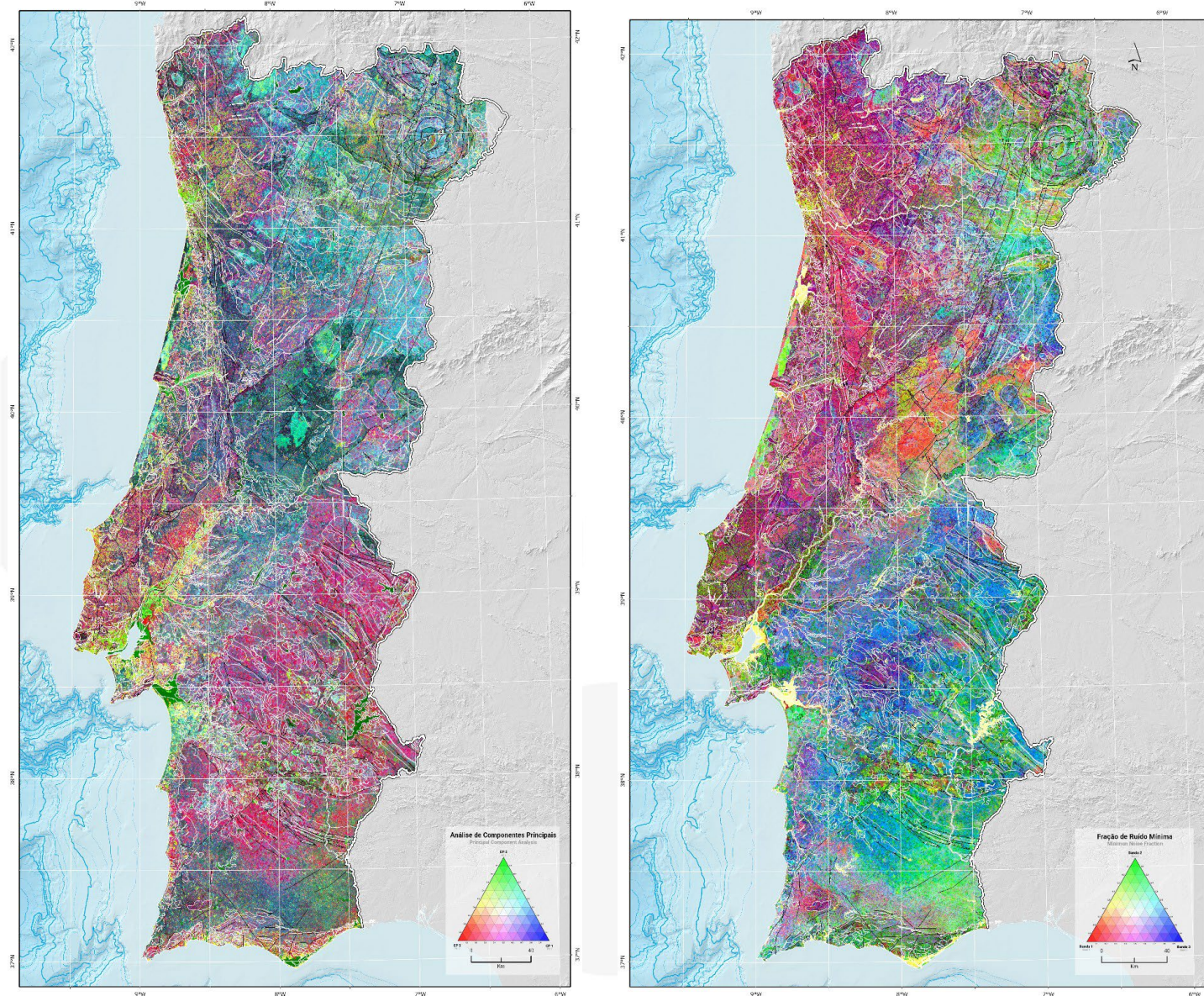
Terra em Foco

Coimbra, 17 março 2026

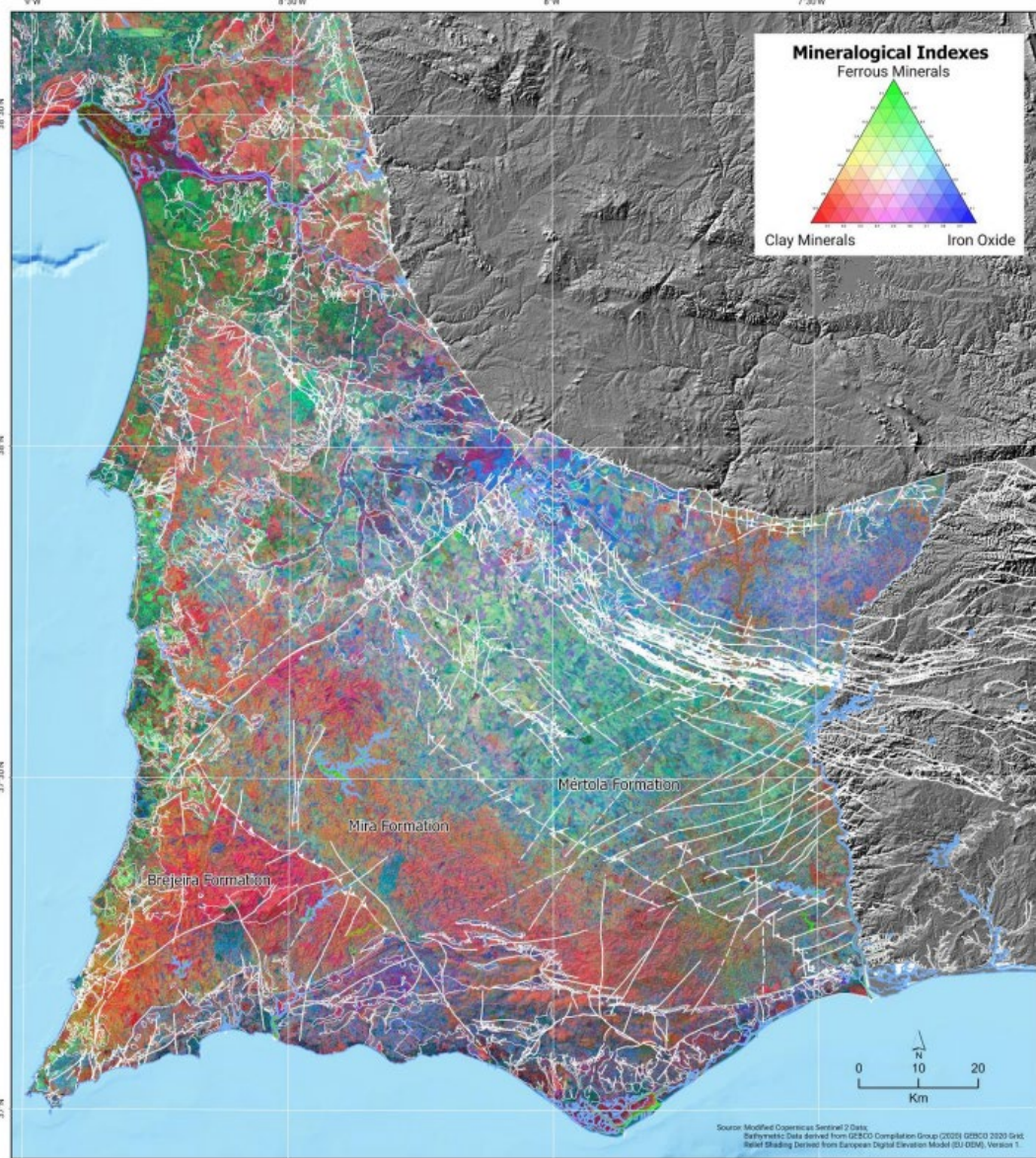


# GEOLOGIA | RECURSOS GEOLÓGICOS

- mapeamento de unidades litológicas
- zonas de alteração
- características estruturais que podem indicar ocorrências minerais



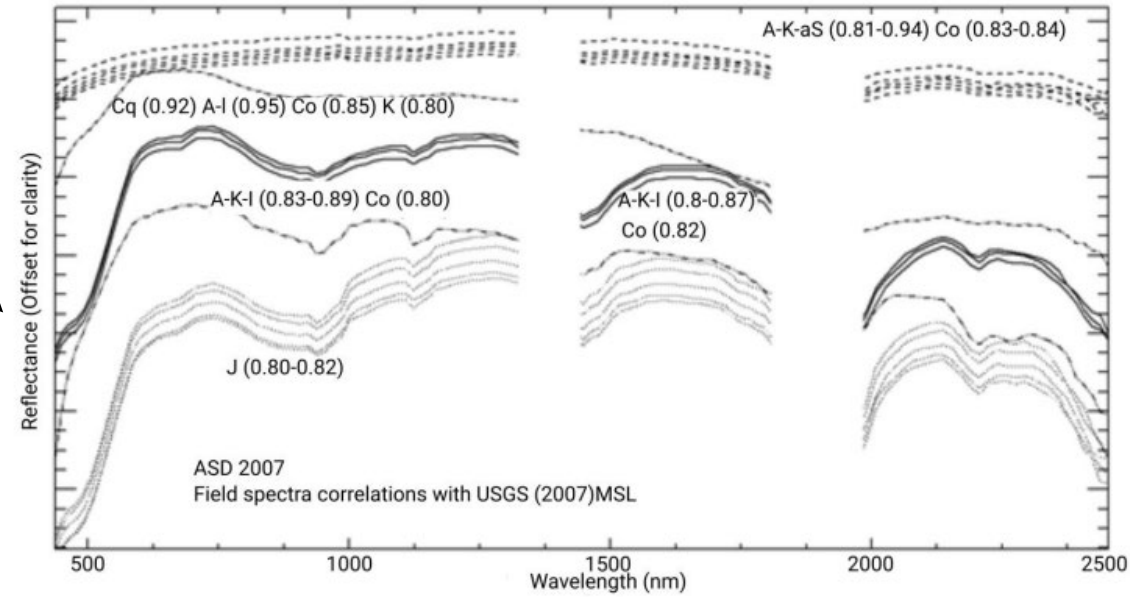
# MAPEAMENTO MINERALÓGICO



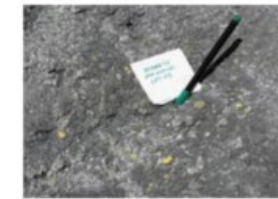
resolução  
espectral e  
espacial  
distintas

Distribuição  
espacial de  
minerais  
(...)processados  
com base no  
mosaico  
Sentinel-2.

Relief shading  
derived from  
EU-Dem v1.0



Cq(0.92)A-I(0.95)Co(0.85)K(0.80)  
S. Domingos



A-K-aS(0.81-0.94)Co(0.83-0.84)  
Achada do Gamo



\*mixture ( $\geq 0.67$ ) ( $\leq 0.81$ ) of  
Co-Cq-A-I-K-Py  
Achada do Gamo

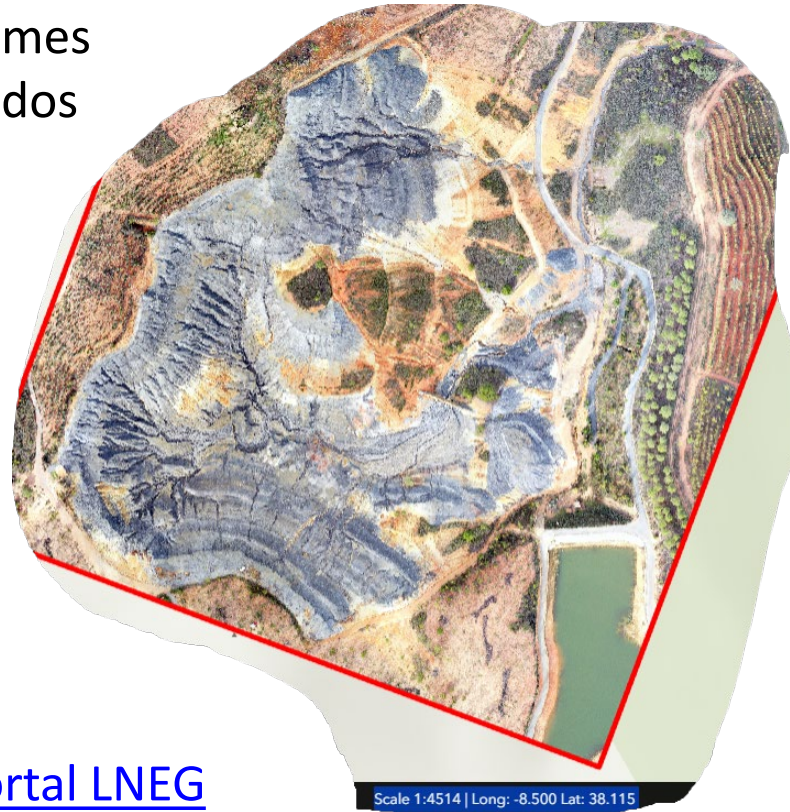
Mining Waste Field spectra assigned with high mineralogical correlation with spectral library (USGS) | J-jarosite, Co-copiapite, Cq-coquimbite, aS-a-smectite, I-Illite K-kaolinite, A-alunite and Py-pirite

# Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), incluindo dados LIDAR

dados obtidos parcialmente de estudos do LNEG em áreas mineiras ou áreas de interesse geológico.

## Objectivo

- cálculo de volumes
- mapas atualizados



[geoPortal LNEG](#)

Visualizador | Dados Abertos

Terra em Foco

Coimbra, 17 março 2026

# GEOLOGIA | RECURSOS GEOLÓGICOS

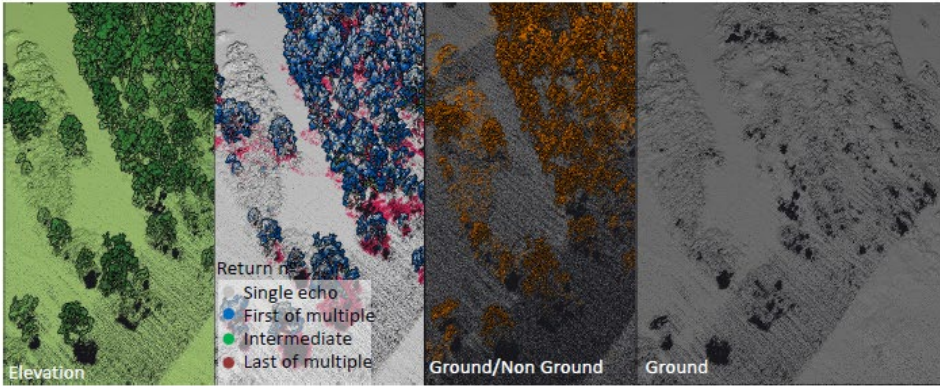
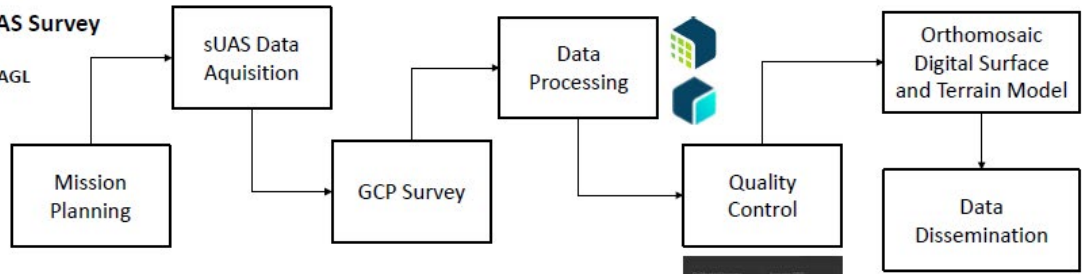


- Digital Surface Model
- Relief Shading
- Orthophotomap

## Mina de S. Domingos sUAS Survey

Photogrammetry - P1 – 120 m AGL  
Side Overlap 70%  
Front Overlap 80%

LiDAR - YSM – 80 m AGL  
Side Overlap 50%  
Front Overlap 50%



Category	Value
Number of Images	100.0%
Average GSD	1.6cm
Mean GCP Root Error	0.023m
Ground Accuracy	0.0%
Mean Orthomosaic RMS Error	0.020m



## GEOLOGIA | RECURSOS GEOLÓGICOS



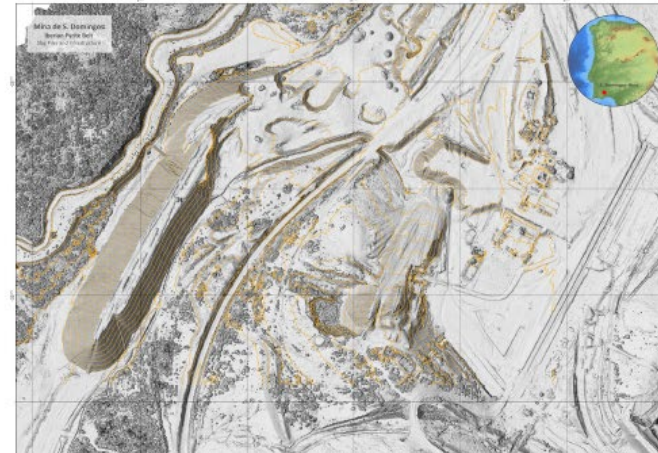
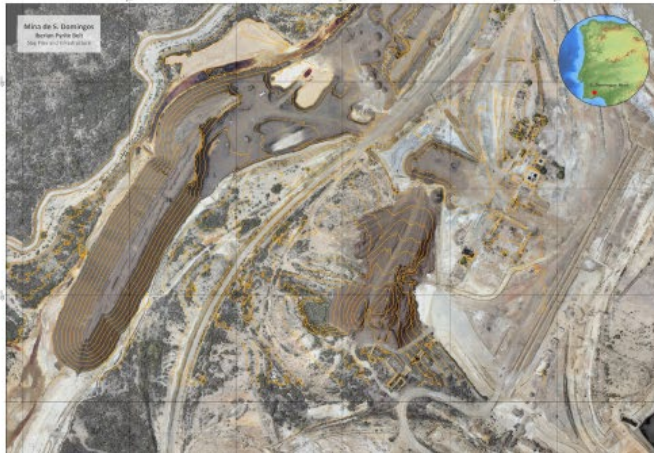
Corta da mina | Open Pit



Achada do Gamo | Sulphur factory



Escombreira e drenagem ácida | Tailings (AMD)



o volume da escombreira maior presente na imagem é de aproximadamente 246 857,49 m<sup>3</sup>.

# Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), incluindo dados LIDAR

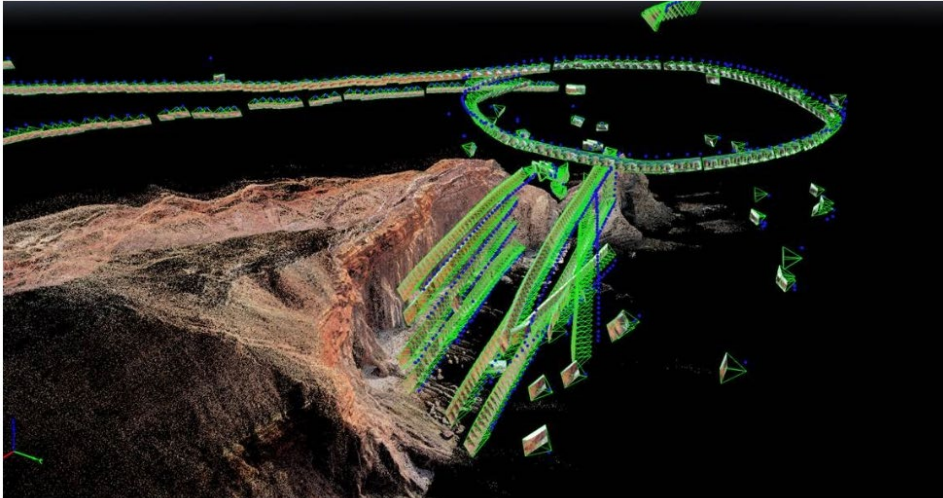
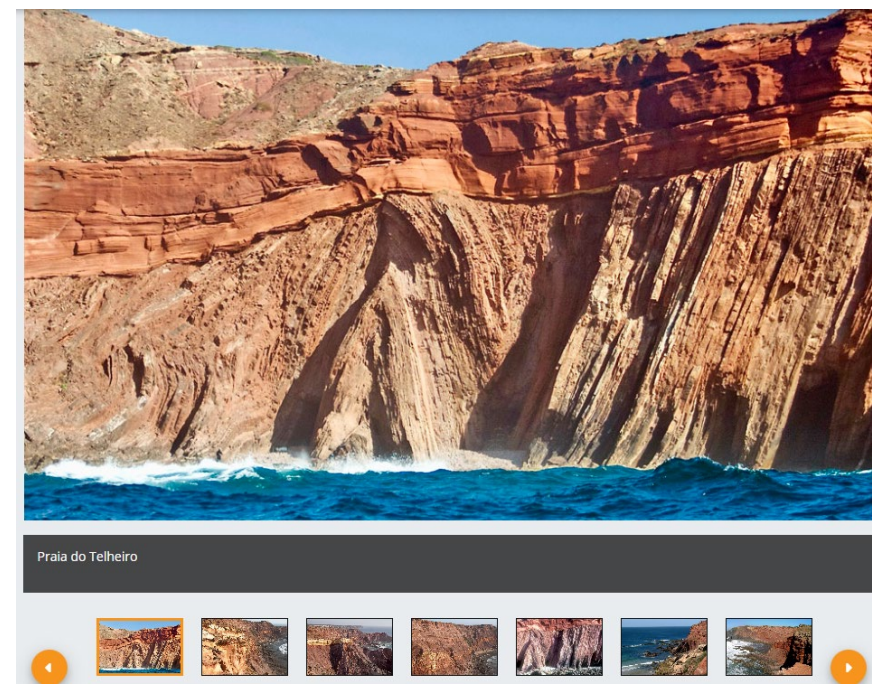


Figura 3 – Detalhe do posicionamento das imagens adquiridas com o UAV para a construção do modelo da Discordância da Praia do Telheiro. Foto: ©LNEG

[Carboniferous – Triassic Unconformity in Telheiro – IUGS](#)

PROTECTION STATUS NATURAL PARK

FIRST 100 INTERNATIONAL  
UNION OF GEOLOGICAL  
SCIENCES GEOSITES



<https://geoportal.lneg.pt/en/databases/geosites/#/16>

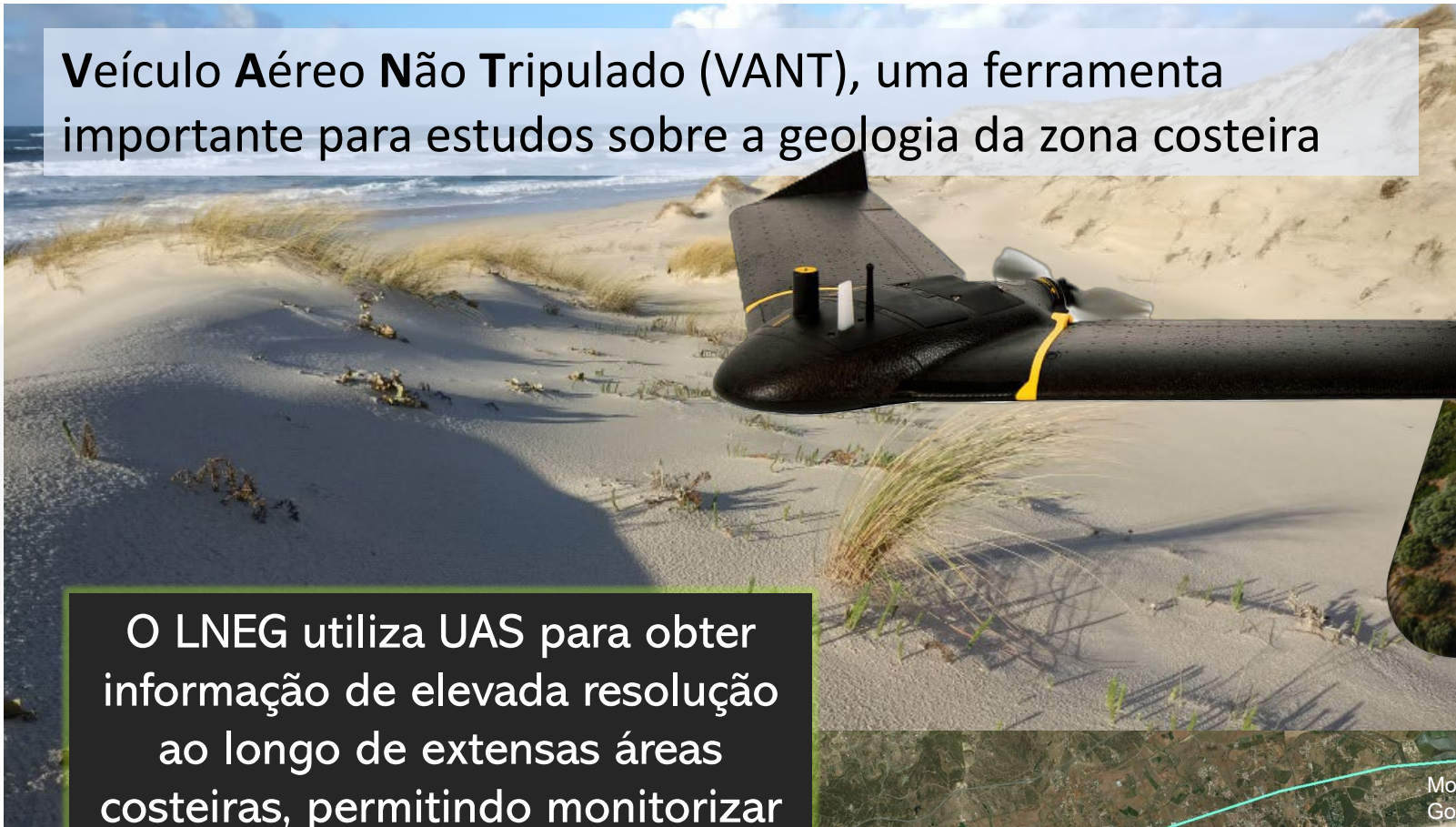
[LNEG estuda Geossítio da Praia do Telheiro | LNEG Laboratório Nacional de Energia e Geologia](#)



Figura 6 – Modelo tridimensional da arriba onde aflora a Discordância. Foto: ©LNEG

**Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), uma ferramenta importante para estudos sobre a geologia da zona costeira**

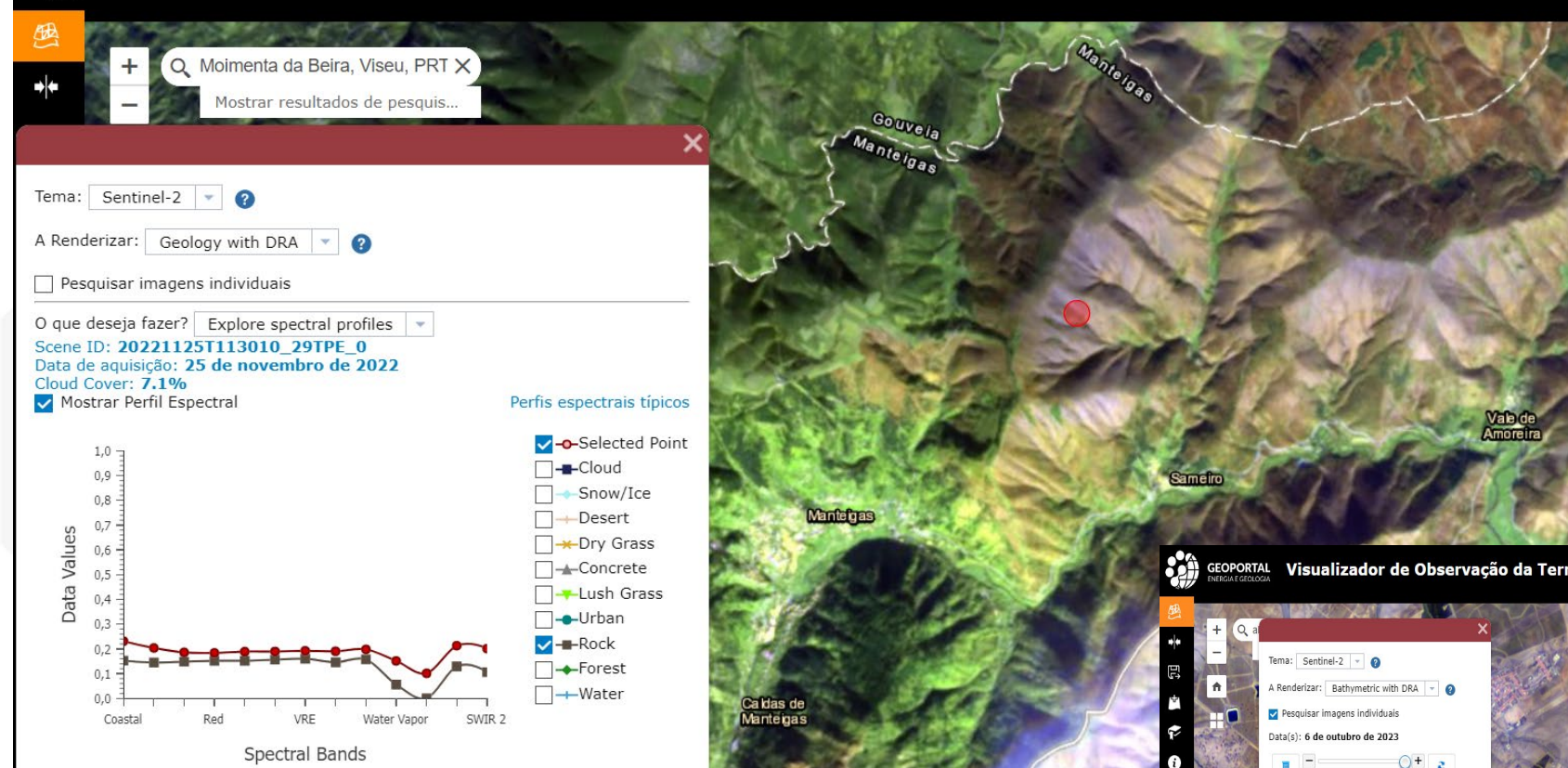
O LNEG utiliza UAS para obter informação de elevada resolução ao longo de extensas áreas costeiras, permitindo monitorizar a evolução do litoral e aprofundar o conhecimento sobre a dinâmica e os processos costeiros





**DETEÇÃO REMOTA PARA MONITORIZAÇÃO DE ARRIBAS:  
Dados ESA NoR (Ultra-Alta Resolução) para estudo do  
setor costeiro Baleal-Lagoa de Óbidos**

Poster: S. Nave, P. Gonçalves, L. Albardeiro, S. Soares



## Informação espectral pontual e comparação de espectros standard

Qental, L., Patinha, P., Gonçalves, P., Pereira, A. (2025). Visualizadores 3D e de observação da Terra como fonte de promoção e expansão do conhecimento geológico. In: *Comunicações Geológicas*, Volume 112, Fascículo Especial I (2025). DOI: <https://doi.org/10.34637/x0js-vj77>

Plataforma

[VISUALIZADOR OT](#)

Funcionalidades interativas para extração de informação



Coimbra | Figueira da Foz, 14 março 2025

**GEOPORTAL**  
ENERGIA E GEOLOGIA

**Visualizador de Observação da Terra** Imagem: Sentinel 2 - 14 de março de 2025 Comparado com - Sentinel 2 - 22 de fevereiro de 2026 Sign Out

coimb

Imagem Esquerda ↔ Imagem Direita

Tema: Sentinel-2 ?

A Renderizar: Short-wave Infrared with DRA ?

Pesquisar imagens individuais

Data(s): 14 de março de 2025

14 de março de 2025 ↻

Cloud Filter: 10% Cloud

Detectar mudança entre duas datas diferentes

0 1.5 3km -8,682 40,227 Graus

INE, Instituto Geográfico Nacional, Esri, HERE, Garmin, USGS, NGA | Source: Esri, European Co... **esri**

Coimbra | Figueira da Foz, 22 fevereiro 2026  
extensão visível de inundação após tempestade Kirstin

 **Visualizador de Observação da Terra** Imagem: Sentinel 2 - 14 de março de 2025 Comparado com - Sentinel 2 - 22 de fevereiro de 2026 Sign Out

Q coimb

Imagem Esquerda  Imagem Direita

Tema: Sentinel-2

A Renderizar: Short-wave Infrared with DRA

Pesquisar imagens individuais

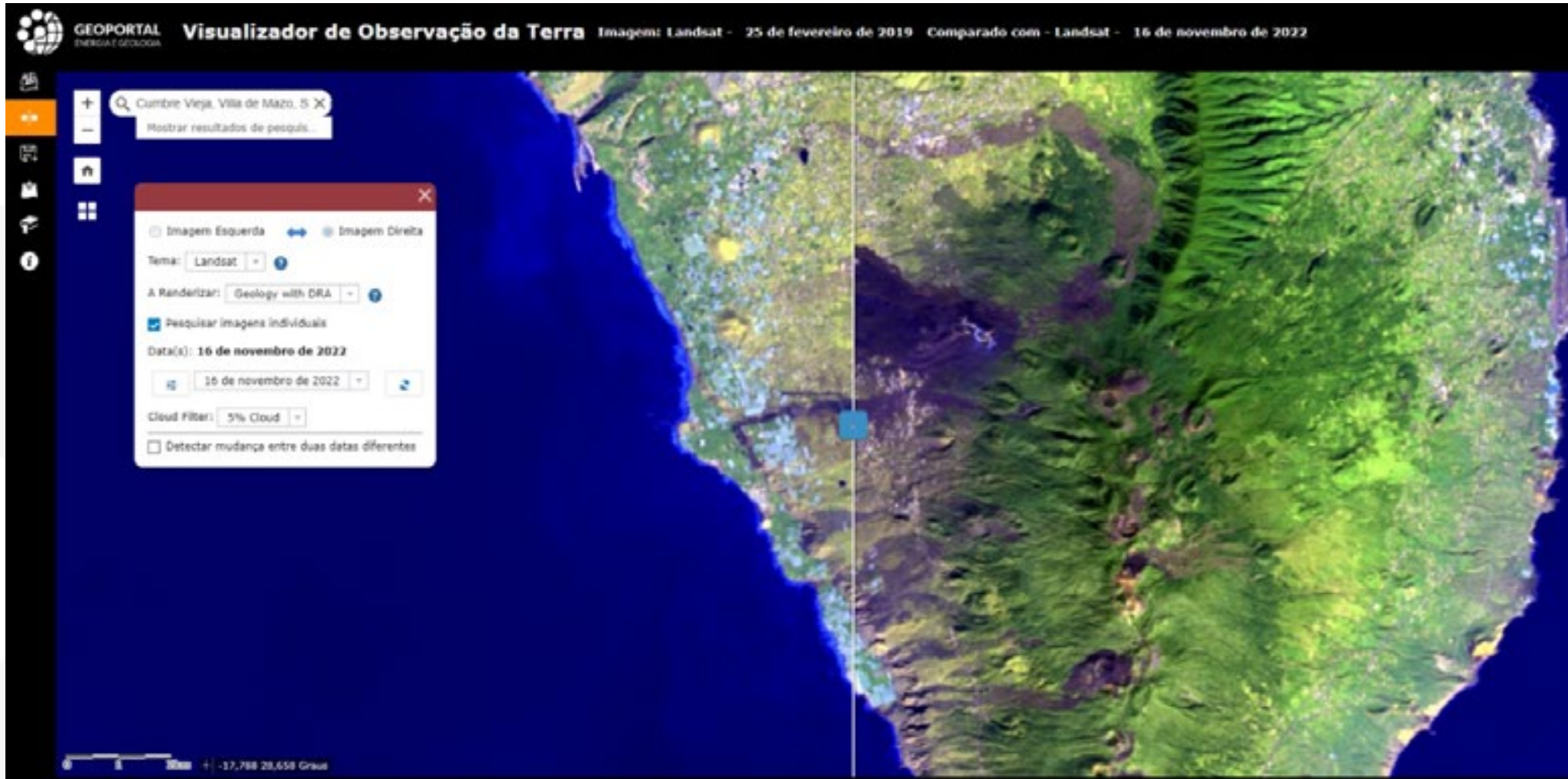
Data(s): 22 de fevereiro de 2026

Cloud Filter: 10% Cloud

Detectar mudança entre duas datas diferentes

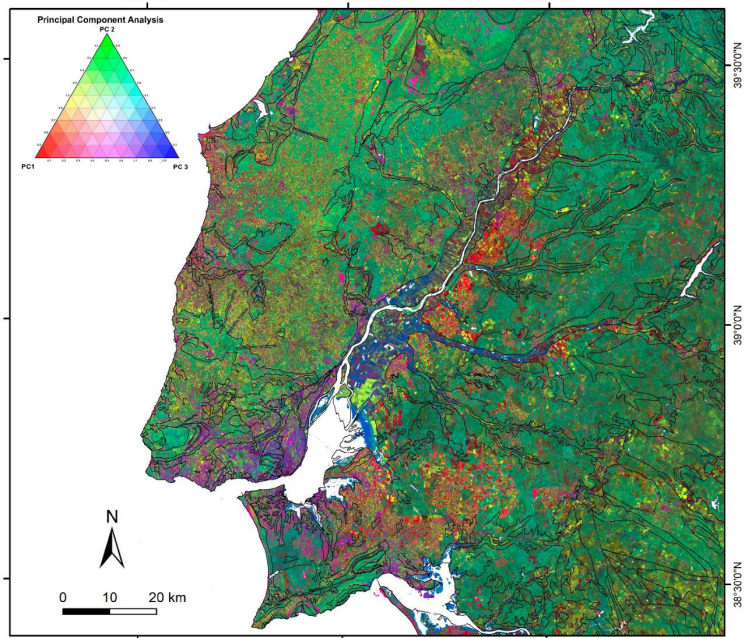
0 1.5 3km -8,465 40,217 Graus

INE, Instituto Geográfico Nacional, Esri, HERE, Garmin, USGS, NGA | Source: Esri, European Co... 

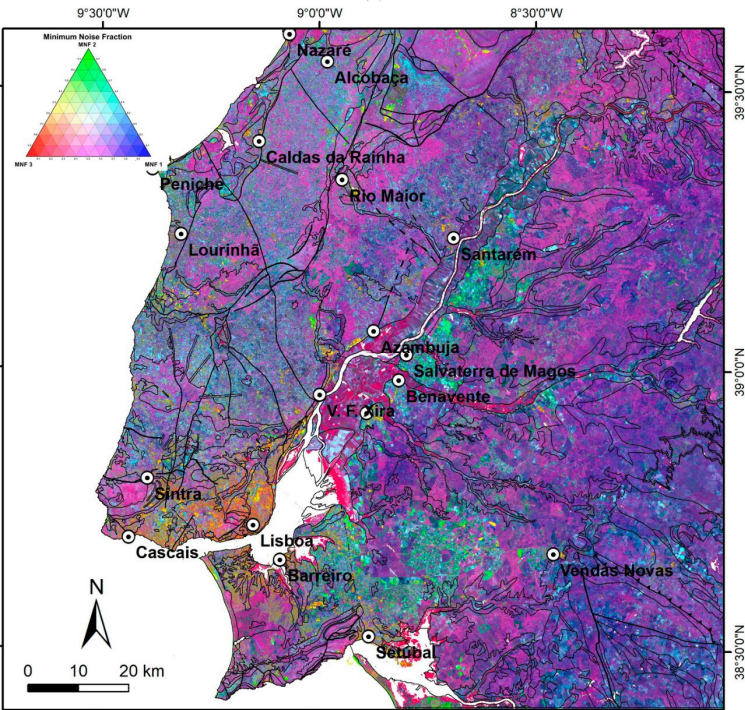


Visualizador de observação da Terra. Imagem do satélite Landsat 8 OLI, focado no vulcão de Cumbre Vieja (La Palma) com realce para diferenciação geológica e comparação de duas imagens, uma pré erupção (esquerda **25-02-2019**) e outra após erupção (direita **16-11-2022**)

Sentinel 2 como suporte da cartografia geológica na mitigação da perigosidade sísmica: mapas de classificação de solos e VS30



(a)



(b)

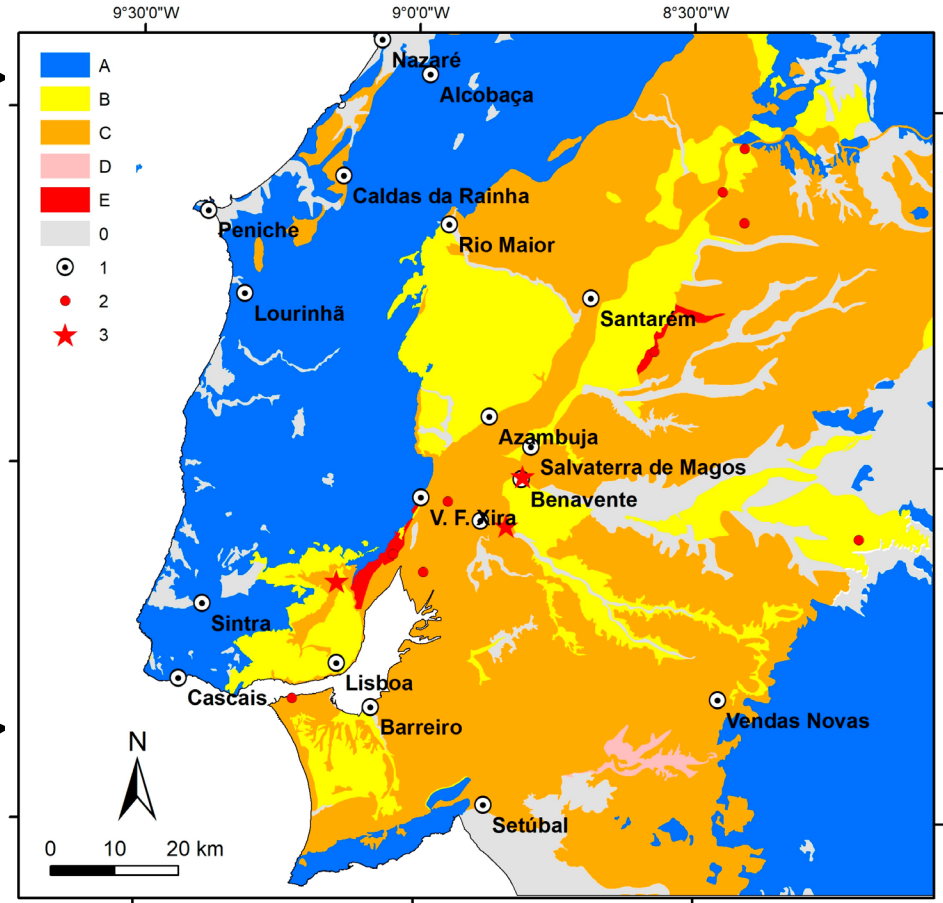
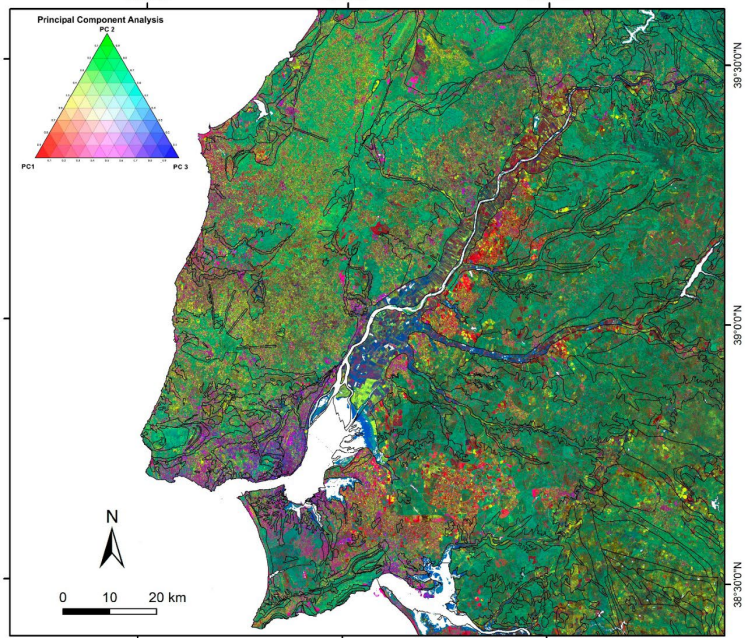


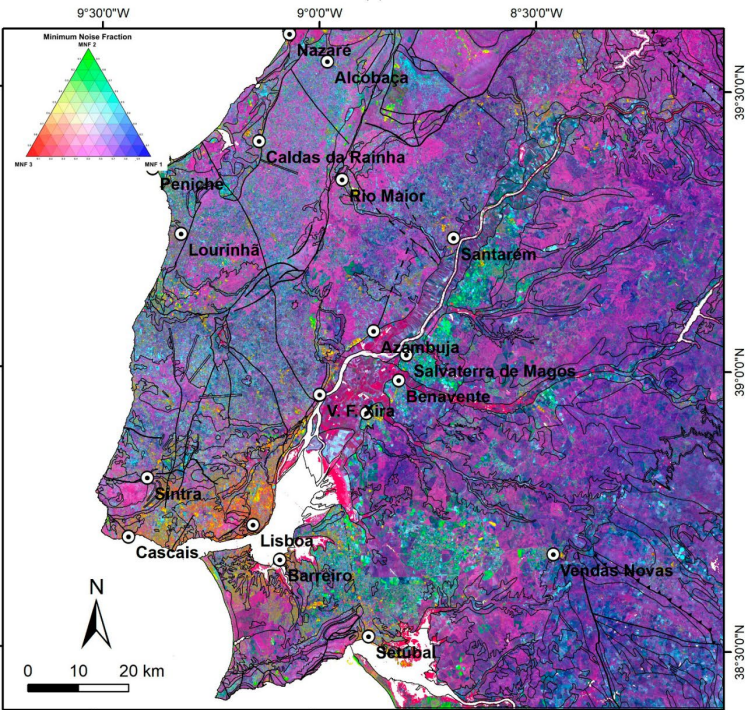
Figure 7. Soil type map based on the Eurocode 8 classification [14]. Data points are generalized/extended to a geological map at 1:1,000,000 scale [32], utilizing 1:25,000, 1:50,000 scale geological maps and remote sensing information

Carvalho, J.; Dias, R.; Borges, J.; Quental, L.; Caldeira, B. (2025). Soil Classification Maps for the Lower Tagus Valley Area, Portugal, Using Seismic, Geological, and Remote Sensing Data. *Remote Sens.* 2025, 17, 1376. <https://doi.org/10.3390/rs17081376>

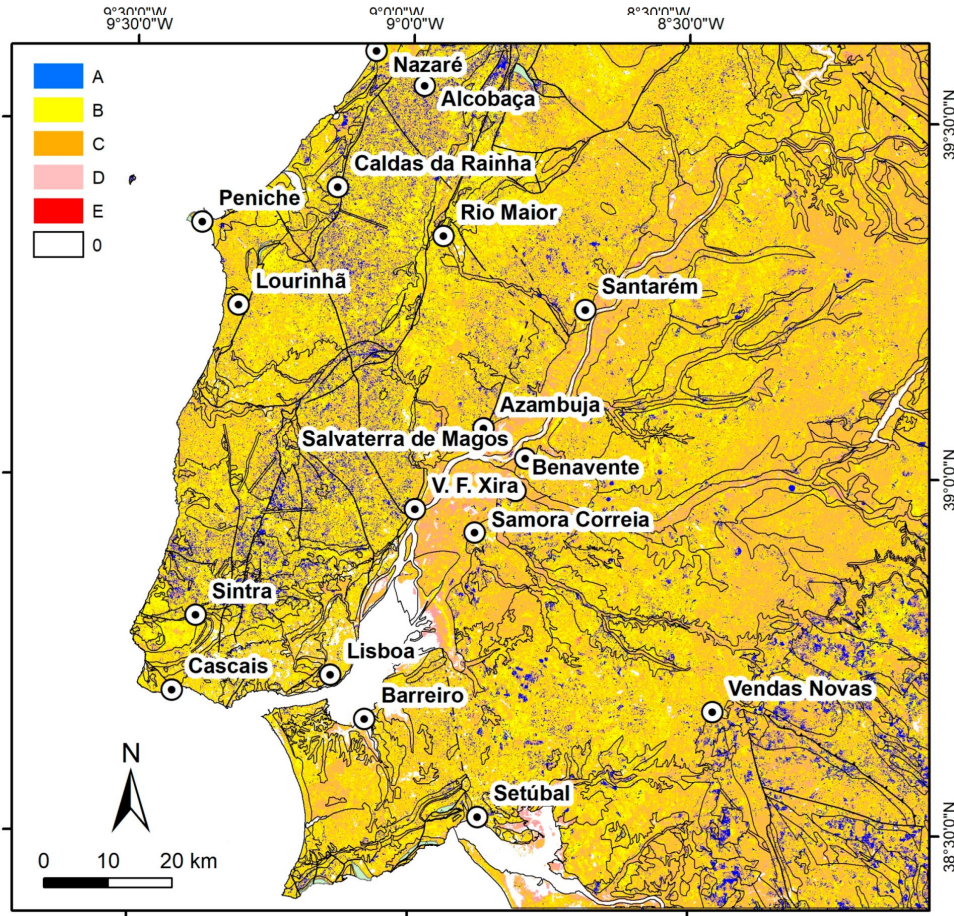
Sentinel 2 como suporte da cartografia geológica na mitigação da perigosidade sísmica: mapas de classificação de solos e VS30



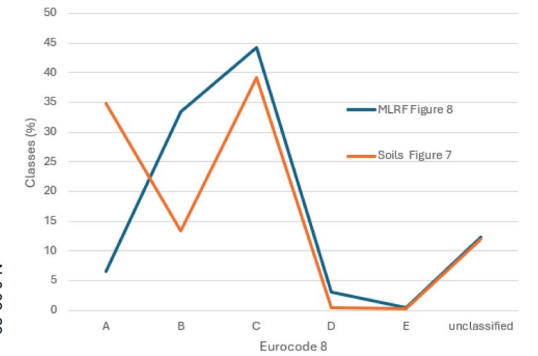
(a)



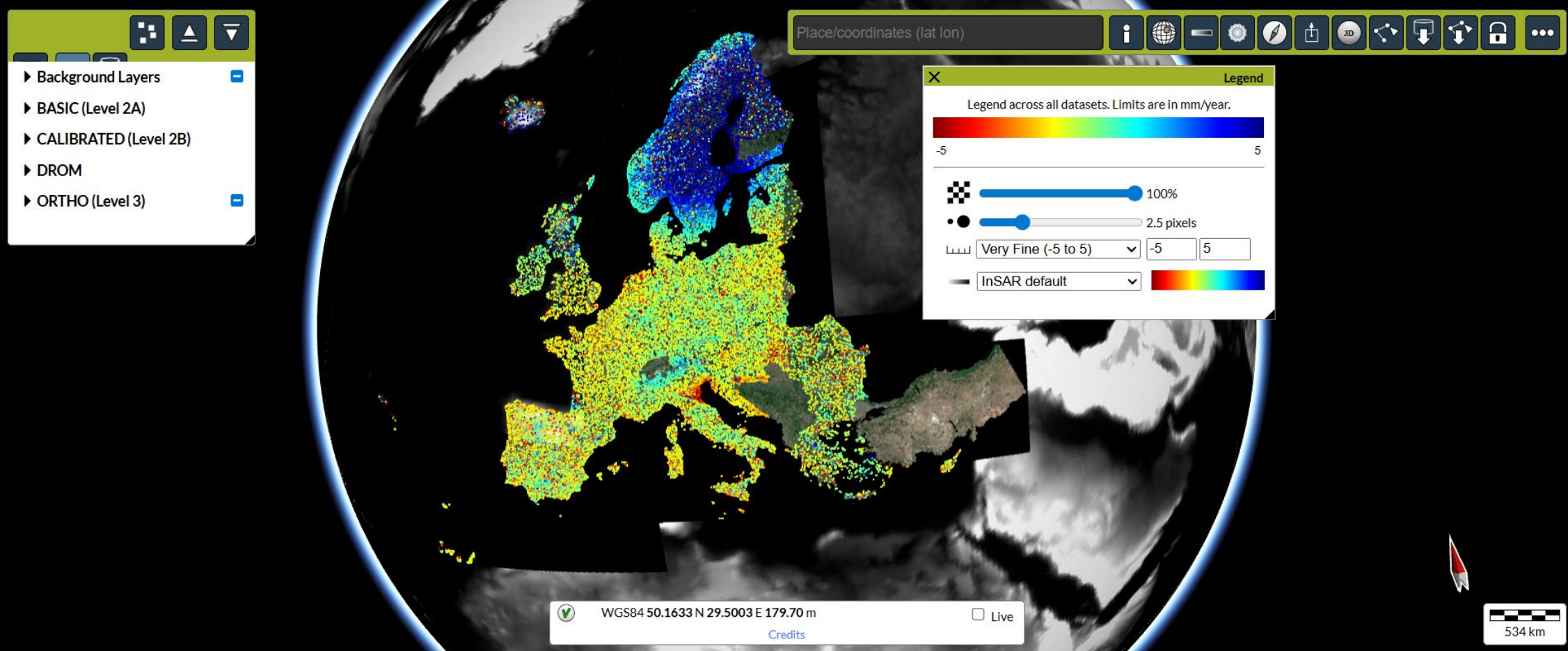
(b)



**Figure 8.** Soil type map produced by a machine learning random forest classification, using the Eurocode 8 classification



Carvalho, J.; Dias, R.; Borges, J.; Quental, L.; Caldeira, B. (2025). Soil Classification Maps for the Lower Tagus Valley Area, Portugal, Using Seismic, Geological, and Remote Sensing Data. *Remote Sens.* 2025, 17, 1376. <https://doi.org/10.3390/rs17081376>



[EGMS](#)

<https://egms.land.copernicus.eu/>

**Credits**

**European Ground Motion Service**

This web portal presents information about ground deformation generated by analyzing long time series of radar satellite imagery.

**Terms and conditions**

The service contains modified Copernicus Sentinel data (2021).

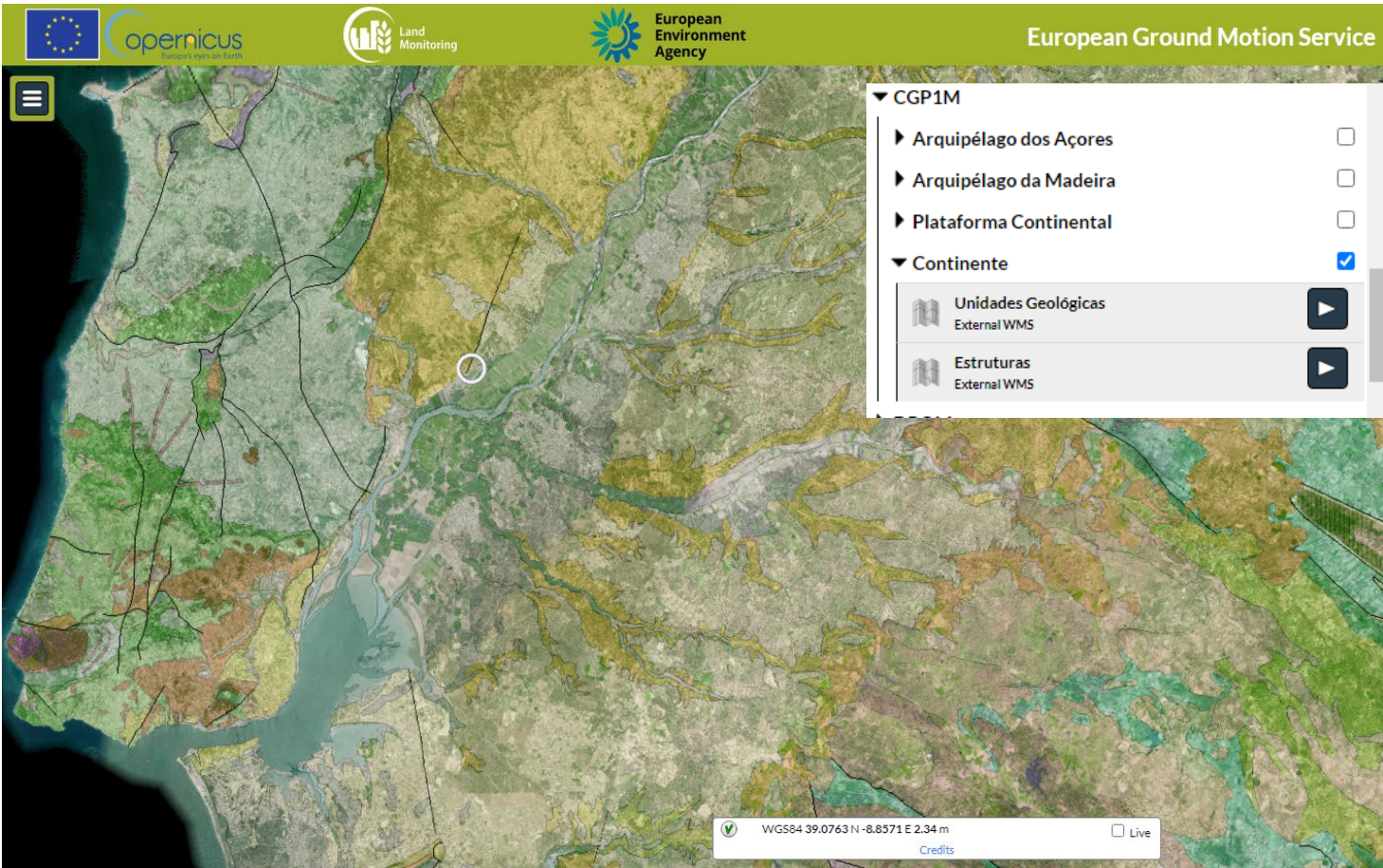
**Data attributions**

The service uses terrain and map data from several sources:

- Copernicus Programme: European Union and European Space Agency
- Blue Marble; Next Generation; NASA Earth Observatory
- GTOPO30; U.S. Geological Survey

**Code attributions**

The visualization is built on NORCE NLive. The following libraries are used: glMatrix, poly2tri.js, pako, inflate, svcanvas, int64-buffer, RequireJS, proj4, regression, webgl-debug. Some color maps courtesy of Scientific Colour Maps. [Click here to view licenses.](#)



EGMS Serviços de suporte à  
*European Environment Agency*  
 (EEA)- validação de produto

**GEOLOGIA**

OBJETIVO: associar “interpretação de radar” com a integração de dados geológicos, sistemas de falhas, dados de piezometria, imagens de satélite, para obter uma análise mais detalhada dos fenómenos em estudo

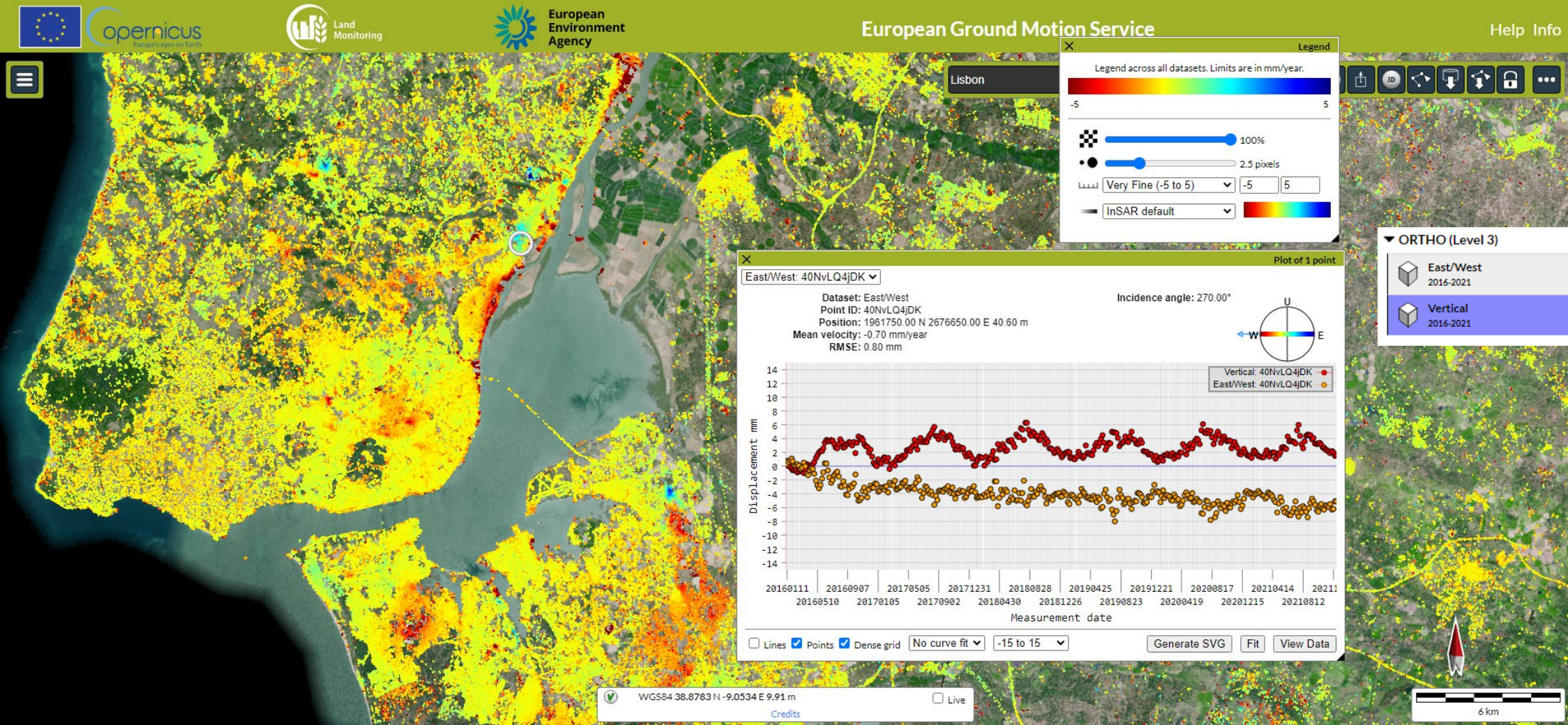
Análise qualitativa

- VA3 - comparação com inventários de fenómenos /eventos
- VA4 - verificação de consistência com geoinformação auxiliar
- VA4\_6 - Lower Tagus Valley Fault System, near Lisbon, Portugal

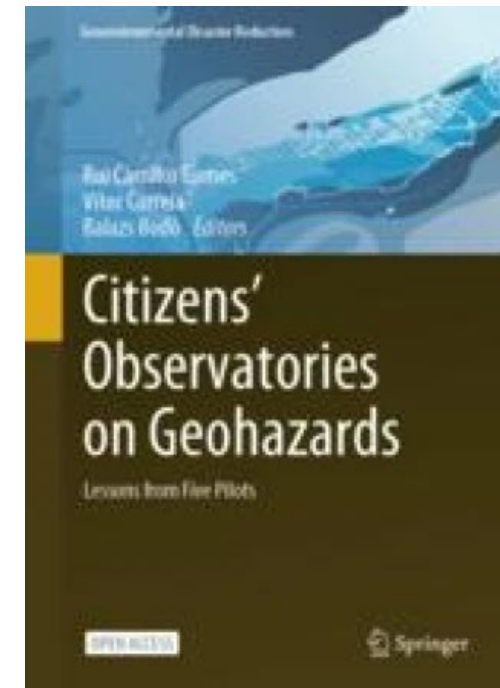
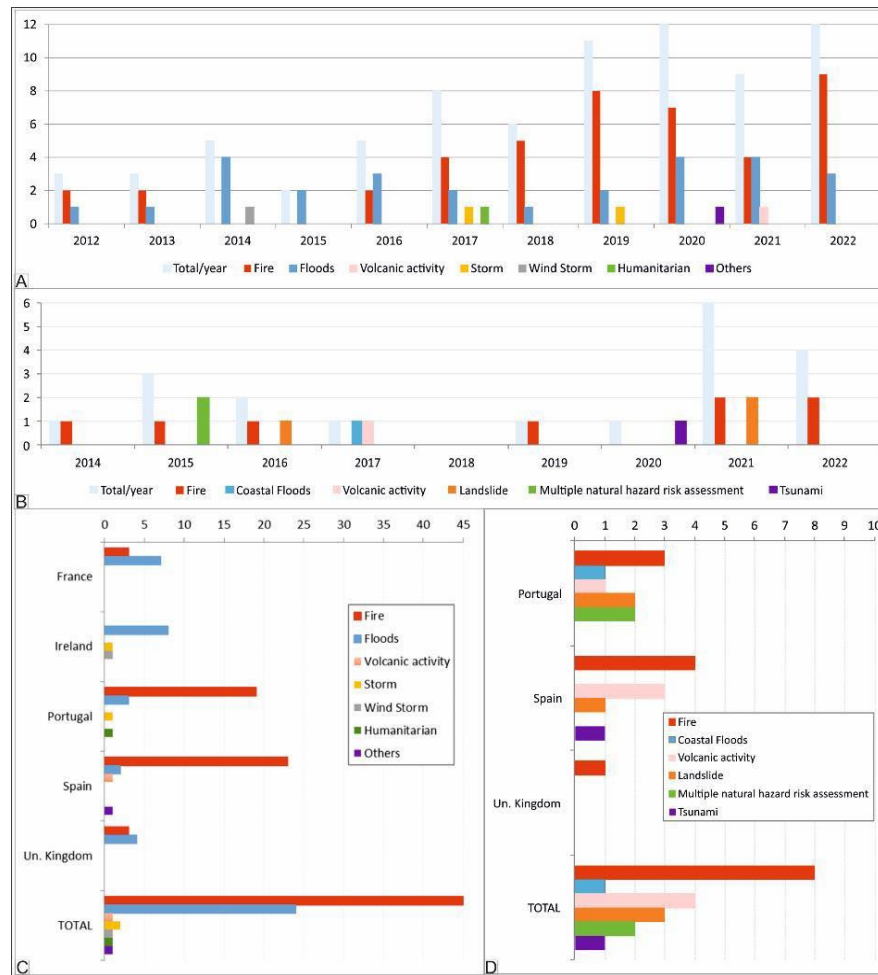
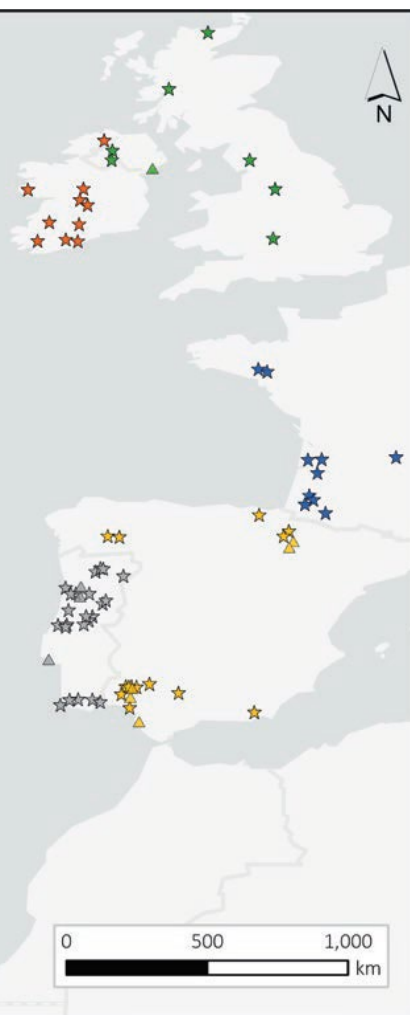
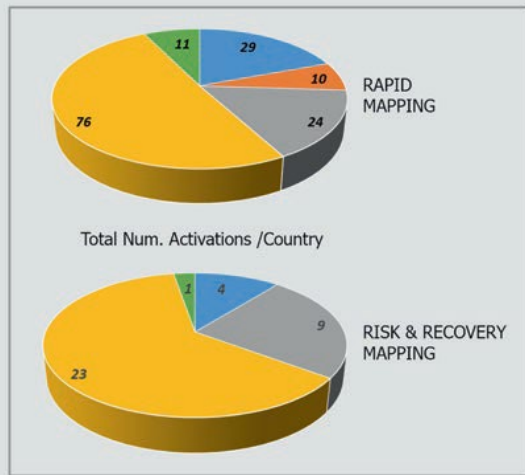
Características de validação da Área Metropolitana de Lisboa:

- Conjunto de falhas ativas perto de Lisboa
- associada a sismos danosos em tempos históricos, incluindo sismos 1344, 1531 e 1909
- perigosidade sísmica coloca risco para população e infraestruturas, impacto potencial no armazenamento de CO2 e armazenamento subterrâneo de energia.
- subsidência por sobreexploração de aquíferos e atividade de construção

Início: 01-04-2022 Fim: 01-10-2023 -  
 Consórcio liderado pelo grupo SIXENCE |  
 LNEG-Data Provider



- fundamental definir as causas do movimento identificado
- validar a informação com dados auxiliares
- prevenção e monitorização de áreas de risco



Montoya-Montes; Quental et al. "Copernicus Services and Geohazards Management. Lessons Learnt from Citizens' Observatories". 2025. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-53371-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-53371-6_4)

**Fig. 4.1** Map of Copernicus EMS activations in the Atlantic Area from 2012 to 2022 (...)

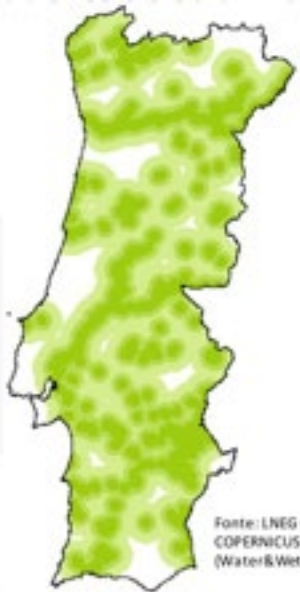
Serviço de Emergência do Copernicus – EMS EMSN | EMSR  
 Ativações de serviços – Rapid mapping | Risk and Recovery mapping



Terra em Foco

Coimbra, 17 março 2026





Massas de água superficial

Copernicus Water and Wetness



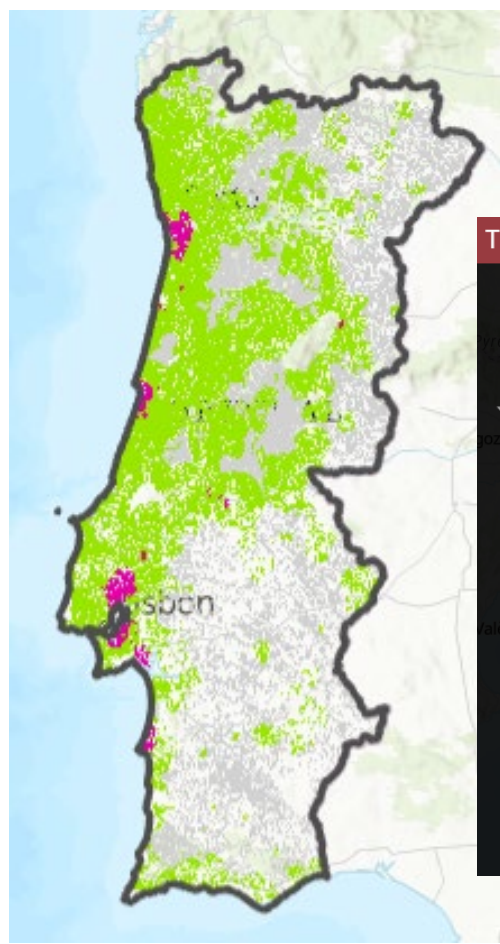
Declive >30%

LNEG (sobre EU Digital Elevation Map)

# RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVÁVEIS

## Atlas Nacional do H2 Verde Sustentável

Objetivo: apoiar o processo de decisão quanto à localização de projetos de produção de hidrogénio verde no território de Portugal continental



**Tabela de Conteúdos**

Colapsar todos Expandir todos

- Andorra la Vella
- Atlas Nacional do H2 Verde Sustentável**
- Barcelona
- Limites do País
- Limites dos Concelhos
- Cenário A - Diversificado
- Cenário B - Seca + Rede de Gás e Transportes
- Cenário C - Seca + Consumidores de gás
- Cenário D - Prospetivo

REPowerEU: Joint European Action for more affordable, secure and sustainable energy -2022

<http://hdl.handle.net/10400.9/4363>



Economia do Hidrogénio Verde: Ferramentas para o Apoio à Decisão

Sofia G. Simões, Teresa Sanches, Lidia Querrel, Justina Catarino, Filipa Amorim, Teresa Brás, Pedro Patrício, Tiago Lopes, Catarina Rodrigues, Susana Machado, Carmen Nogueira, Francisco Gilis, Ana Picoado, Juan G. C. Portillo, Tereza Pinho e Laélia

**Introdução**

O hidrogénio verde produzido a partir de fontes renováveis apresenta vantagens ambientais e económicas em relação ao hidrogénio produzido a partir de fontes fósseis. Este documento apresenta as ferramentas desenvolvidas para apoiar a decisão sobre a localização de projetos de produção de hidrogénio verde no território de Portugal continental.

**Objetivo**

O objetivo principal é apoiar a decisão sobre a localização de projetos de produção de hidrogénio verde no território de Portugal continental, considerando as condições locais e as necessidades do setor.

**Metodologia**

A metodologia utilizada para a elaboração do Atlas Nacional do H2 Verde Sustentável envolveu a análise de dados geográficos e socioeconómicos, bem como a aplicação de modelos de simulação para avaliar o potencial de produção de hidrogénio verde em diferentes cenários.

**Resultados**

Os resultados da análise mostram que o potencial de produção de hidrogénio verde em Portugal continental é significativo, especialmente em regiões com alta incidência solar e vento.

**Conclusões**

A análise conclui que a produção de hidrogénio verde em Portugal continental é viável e sustentável, desde que sejam adotadas as melhores práticas e tecnologias disponíveis.

**Referências**

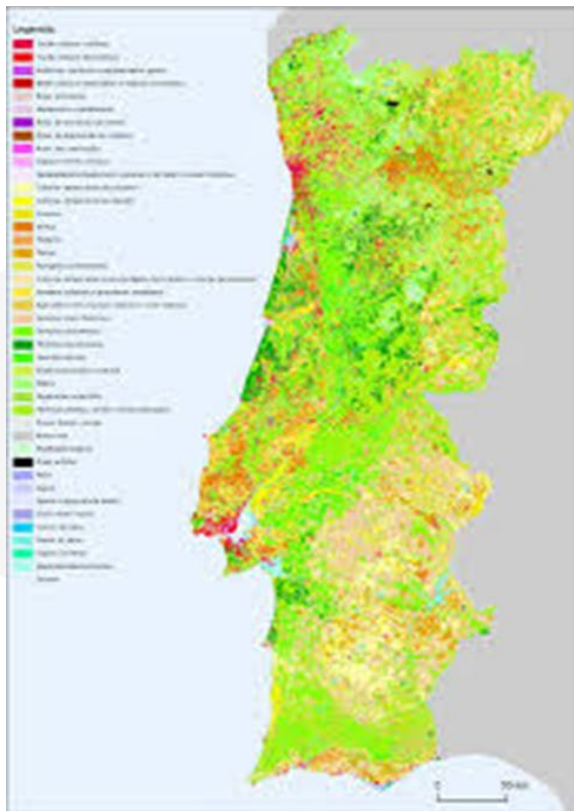
Este documento cita várias fontes de informação, incluindo relatórios de estudos de mercado e artigos científicos.

**Logos:** PRR, REPÚBLICA PORTUGUESA, Financiado pela União Europeia, LNEG, HR

<https://geoportal.lneg.pt/mapa/?mapa=AtlasH2Verde>  
[AtlasH2Portugal](#) [Apresentacao5maio2022](#) [Distribuir.pdf](#)

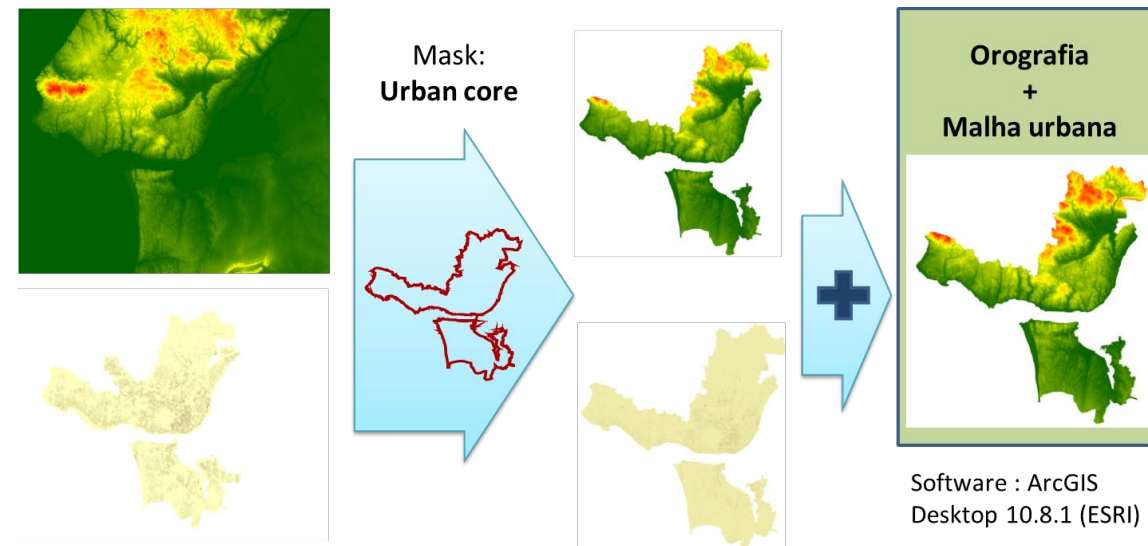


# RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVÁVEIS



Corine land cover classes		
<b>1. Artificial surfaces</b>		
<b>1.1 Urban fabric</b>		
1.1.1 Continuous urban fabric	3. Forest and seminatural areas	
1.1.2 Discontinuous urban fabric	<b>3.1 Forests</b>	
<b>1.2 Industrial, commercial and transport units</b>		
1.2.1 Industrial or commercial units	3.1.1 Broad-leaved forest	
1.2.2 Road and rail networks and associated land	3.1.2 Coniferous forest	
1.2.3 Port areas	3.1.3 Mixed forest	
1.2.4 Airports	<b>3.2 Shrub and/or herbaceous vegetation associations</b>	
<b>1.3 Mine, dump and construction sites</b>		
1.3.1 Mineral extraction sites	3.2.1 Natural grassland	
1.3.2 Dump sites	3.2.2 Mires and heathland	
1.3.3 Construction sites	3.2.3 Scabrous vegetation	
<b>1.4 Artificial, non-agricultural vegetated areas</b>		
1.4.1 Green urban areas	3.2.4 Transitional woodland shrub	
1.4.2 Sport and leisure facilities	<b>3.3 Open spaces with little or no vegetation</b>	
<b>2. Agricultural areas</b>		
<b>2.1 Arable land</b>		
2.1.1 Non-irrigated arable land	3.3.1 Beaches, dunes, and sand plains	
2.1.2 Permanently irrigated land	3.3.2 Bare rock	
2.1.3 Rice fields	3.3.3 Sparsely vegetated areas	
<b>2.2 Permanent crops</b>		
2.2.1 Vineyards	3.3.4 Burnt areas	
2.2.2 Fruit trees and berry plantations	3.3.5 Glaciers and perpetual snow	
2.2.3 Olive groves	<b>4. Wetlands</b>	
<b>2.3 Pastures</b>		
2.3.1 Pastures	<b>4.1 Inland wetlands</b>	
<b>2.4 Heterogeneous agricultural areas</b>		
2.4.1 Annual crops associated with permanent crops	4.1.1 Inland marshes	
2.4.2 Complex cultivation patterns	4.1.2 Peat bogs	
2.4.3 Land principally occupied by agriculture	<b>4.2 Coastal wetlands</b>	
2.4.4 Agro-forestry areas	4.2.1 Salt marshes	
<b>5. Water bodies</b>		
<b>5.1 Inland waters</b>		
5.1.1 Water courses	4.2.2 Salines	
5.1.2 Water bodies	4.2.3 Intertidal flats	
<b>5.2 Marine waters</b>		
5.2.1 Coastal lagoons	<b>5. Water bodies</b>	
5.2.2 Estuaries	5.1.1 Inland waters	
5.2.3 Sea and ocean	5.1.2 Water courses	

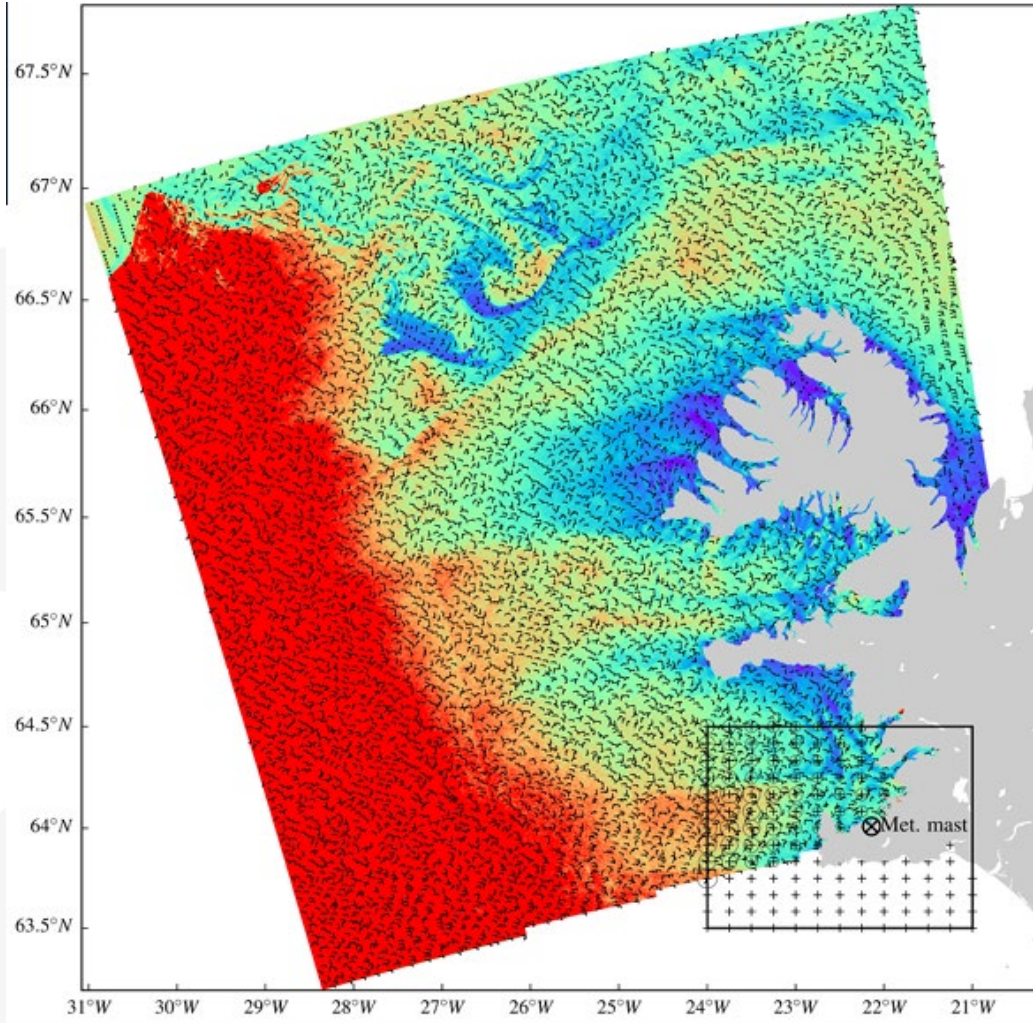
Malha urbana para estudo do potencial eólico urbano e construído, e solar PV.



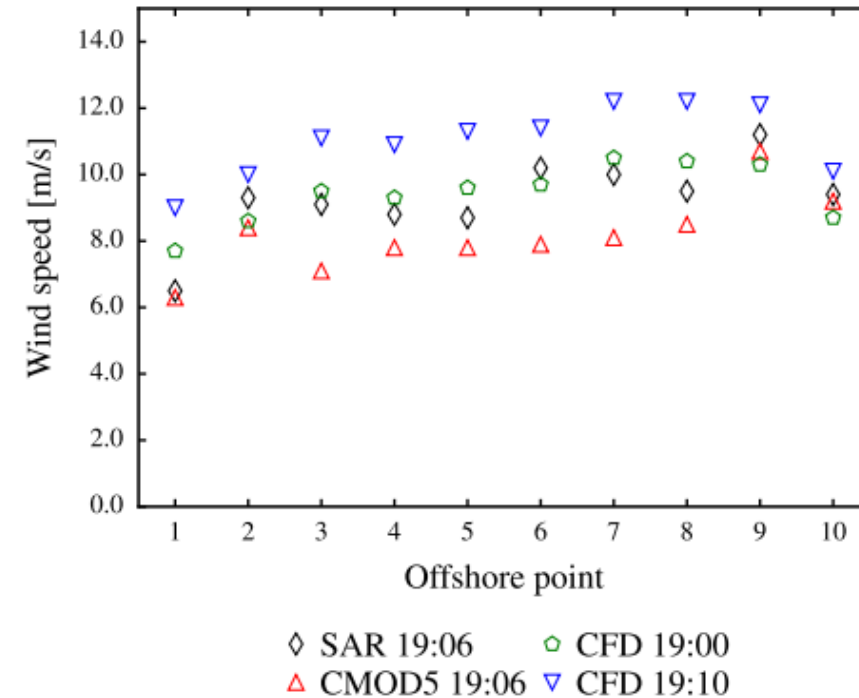
**Ocupação/classificação do uso do solo** para introdução em modelos de avaliação do recurso eólico e modelos de planeamento do desenvolvimento de sistemas de energias renováveis.

Obtido com base em: <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2018?tab=mapview>  
<https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/building-height-2012>

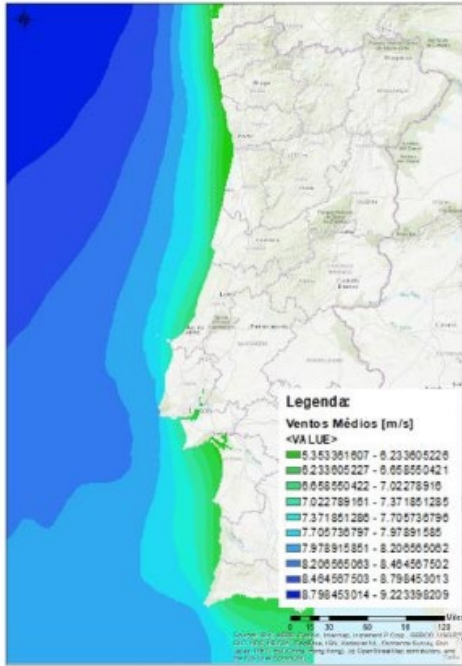
# RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVÁVEIS



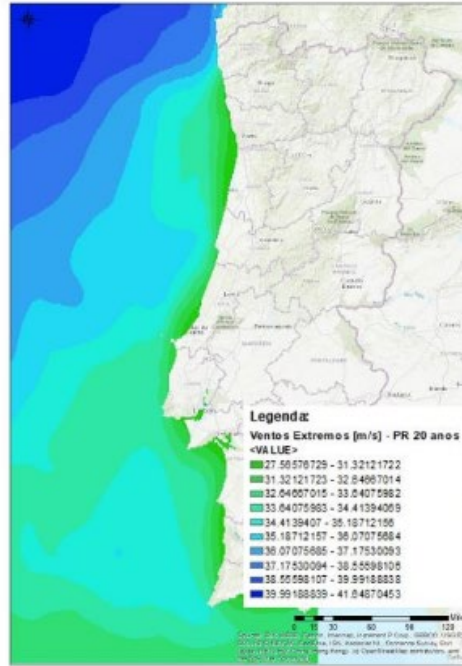
- A **informação Copernicus**, obtida através de imagens de radar de abertura sintética (SAR) em banda C, tem sido utilizada **para validar a extrapolação da velocidade e direção do vento**, com base em estações localizadas em zonas costeiras, recorrendo a modelos de Dinâmica de Fluidos Computacional (CFD).



# RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVÁVEIS



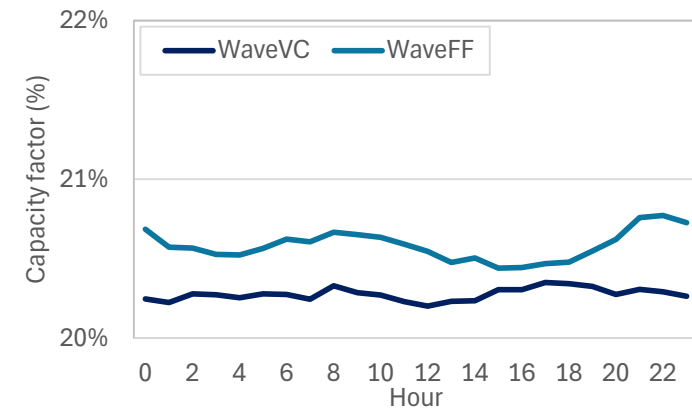
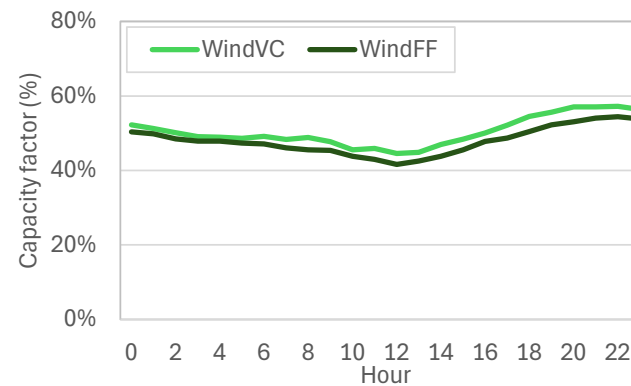
(a) Ventos médios



(b) Ventos extremos para o PR 20 anos

- A **análise de ventos extremos na costa portuguesa** usando séries temporais do produto de **reanálise ERA5**, fornecendo informação relevante para a definição do tipo e dimensionamento de turbinas eólicas offshore durante o planeamento de projetos.

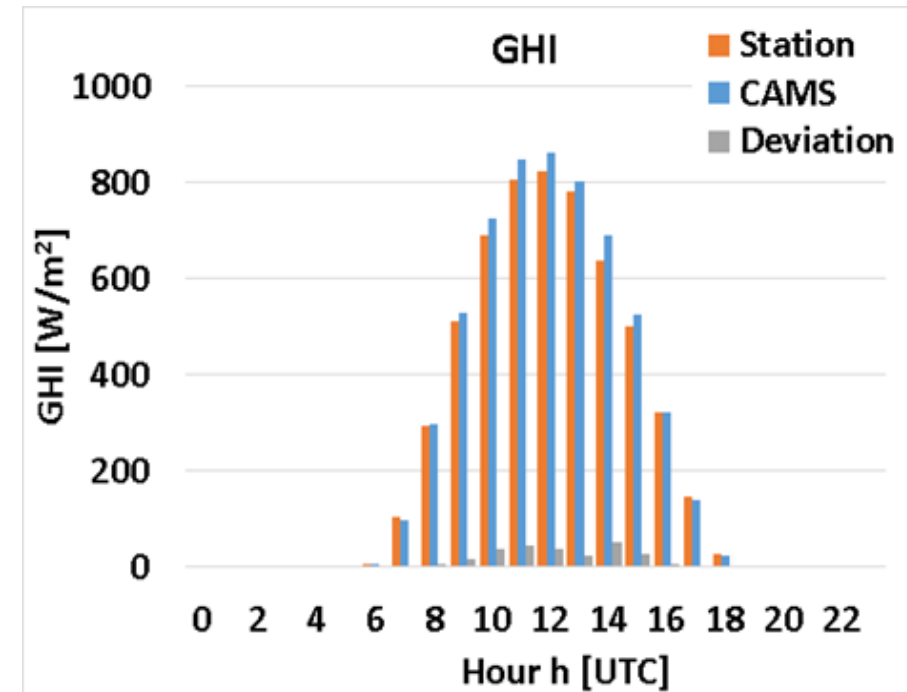
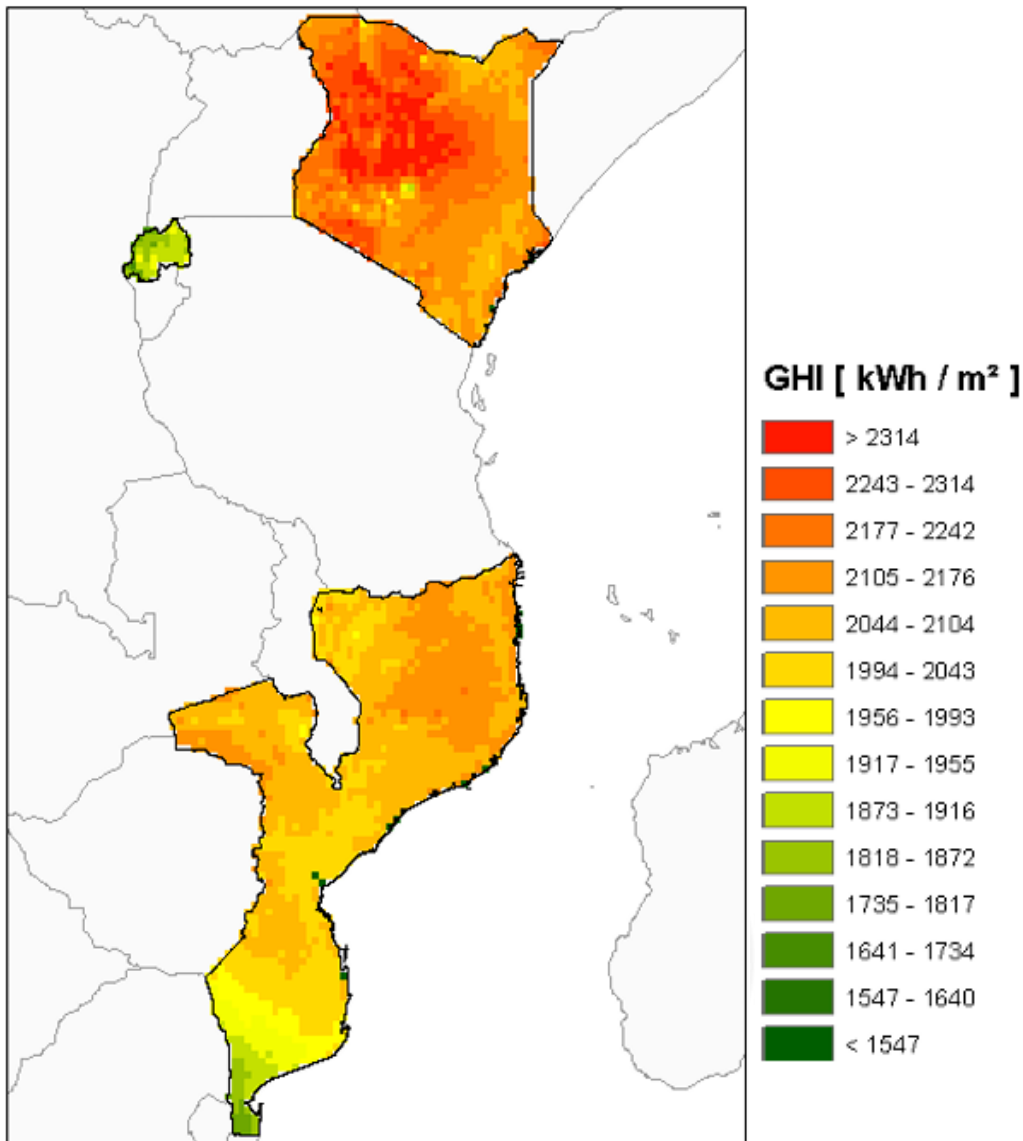
- Os dados do **ERA5** ajudam a **compreender o recurso eólico e das ondas disponíveis**, apoiando a integração eficiente das tecnologias eólicas offshore.

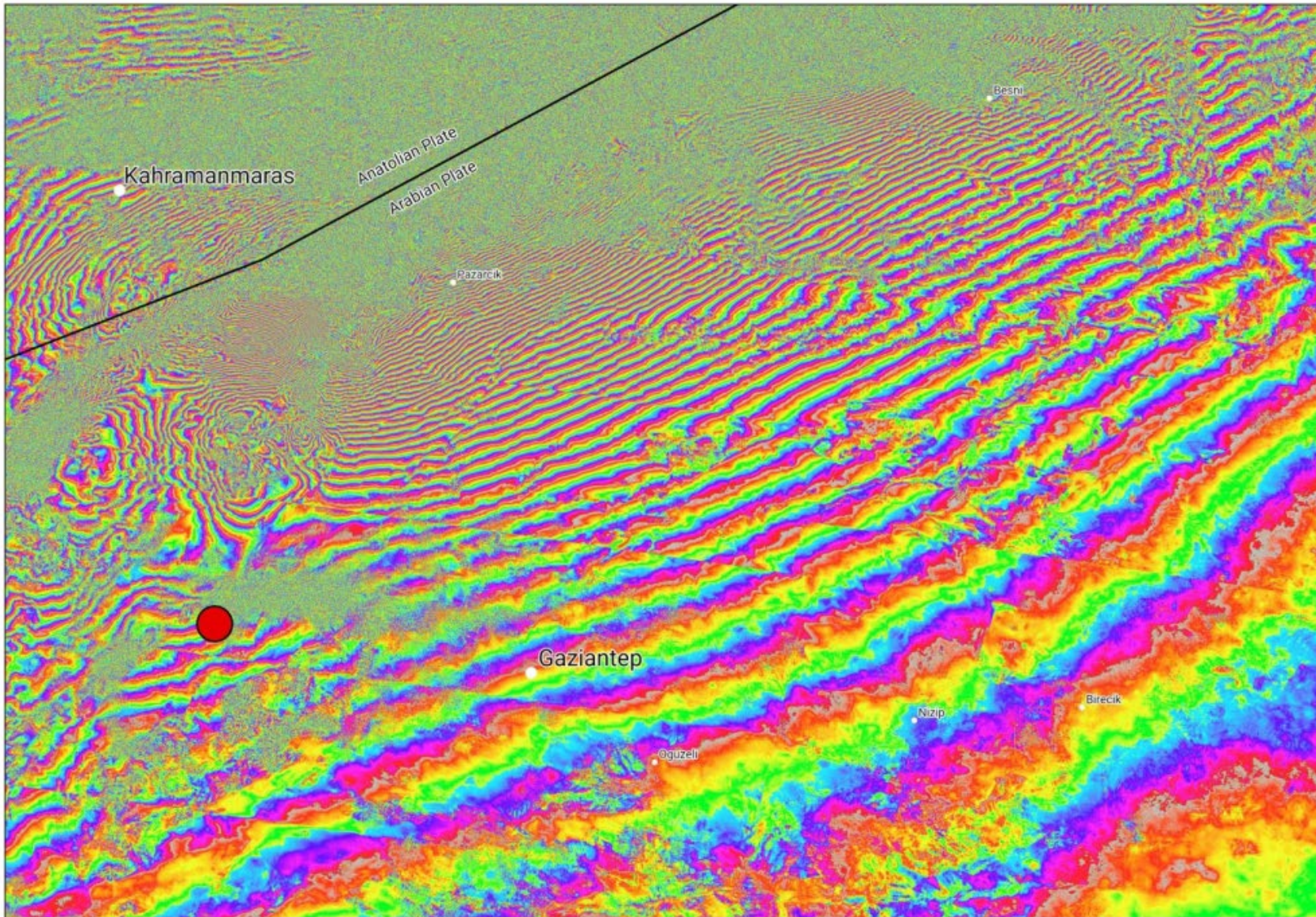


# RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVÁVEIS

A informação do **CAMS-RAD** é fundamental para caracterizar o recurso solar na ausência de observações, apresentando **correlação superior a 0.95** nos casos analisados pelo **LNEG**.

Informação crucial para a caracterização do recurso solar na ausência de observações, apresentando atualmente uma elevada capacidade de representar este recurso.





**Obrigada**

[LNEG participa em estudos sobre a rotura superficial do sismo de magnitude 7,6 ocorrido a 6 de fevereiro de 2023, Turquia | LNEG Laboratório Nacional de Energia e Geologia](#)

[Interferograma Sismo Turquia SL\\_PT SPACE Imagem do mês LNEG–nov2023](#)