

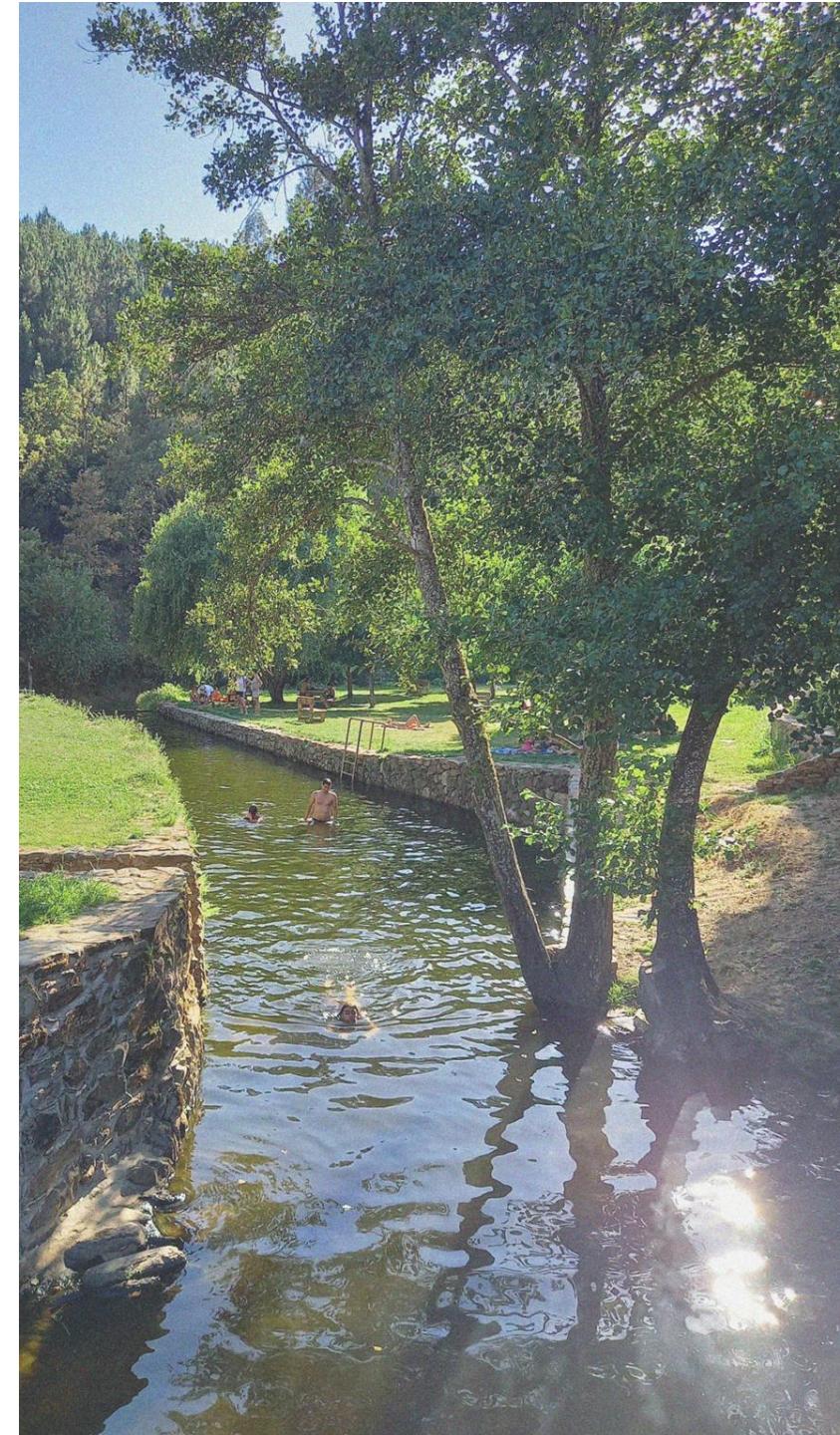
Ana R. Oliveira [anaramosoliveira@tecnico.ulisboa.pt](mailto:anaramosoliveira@tecnico.ulisboa.pt)

# MODELANDO A DINÂMICA HIDROLÓGICA COM O SISTEMA MOHID

Da nascente aos mares



**MARETEC**  
CENTRO DE CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DO AMBIENTE E DO MAR  
TÉCNICO LISBOA



# Equipe



**Ramiro Neves**

Professor  
Engenheiro Mecânico



**Ana R. Oliveira**

Investigadora, PhD  
Engenheira Civil



**Tiago B. Ramos**

Investigador, PhD  
Engenheiro Agrónomo



**Lucian Simionesei**

Estudante de doutorado  
Engenheiro do Ambiente



**Débora Rodrigues**

Estudante de doutorado  
Oceanógrafa



**Lígia Pinto**

Investigador, PhD  
Oceanógrafa



**Marcos Mateus**

Professor  
Biólogo Marinho



**Diogo Lourenço**

Estudante de doutorado  
Engenheiro do Ambiente



# **Modelando a dinâmica hidrológica com o sistema MOHID: da nascente aos mares.**

1. O sistema MOHID
2. Conexão MOHID-Land/Water
3. As diversas escalas de aplicação do MOHID-Land
4. O racional do MOHID-Land

# 1

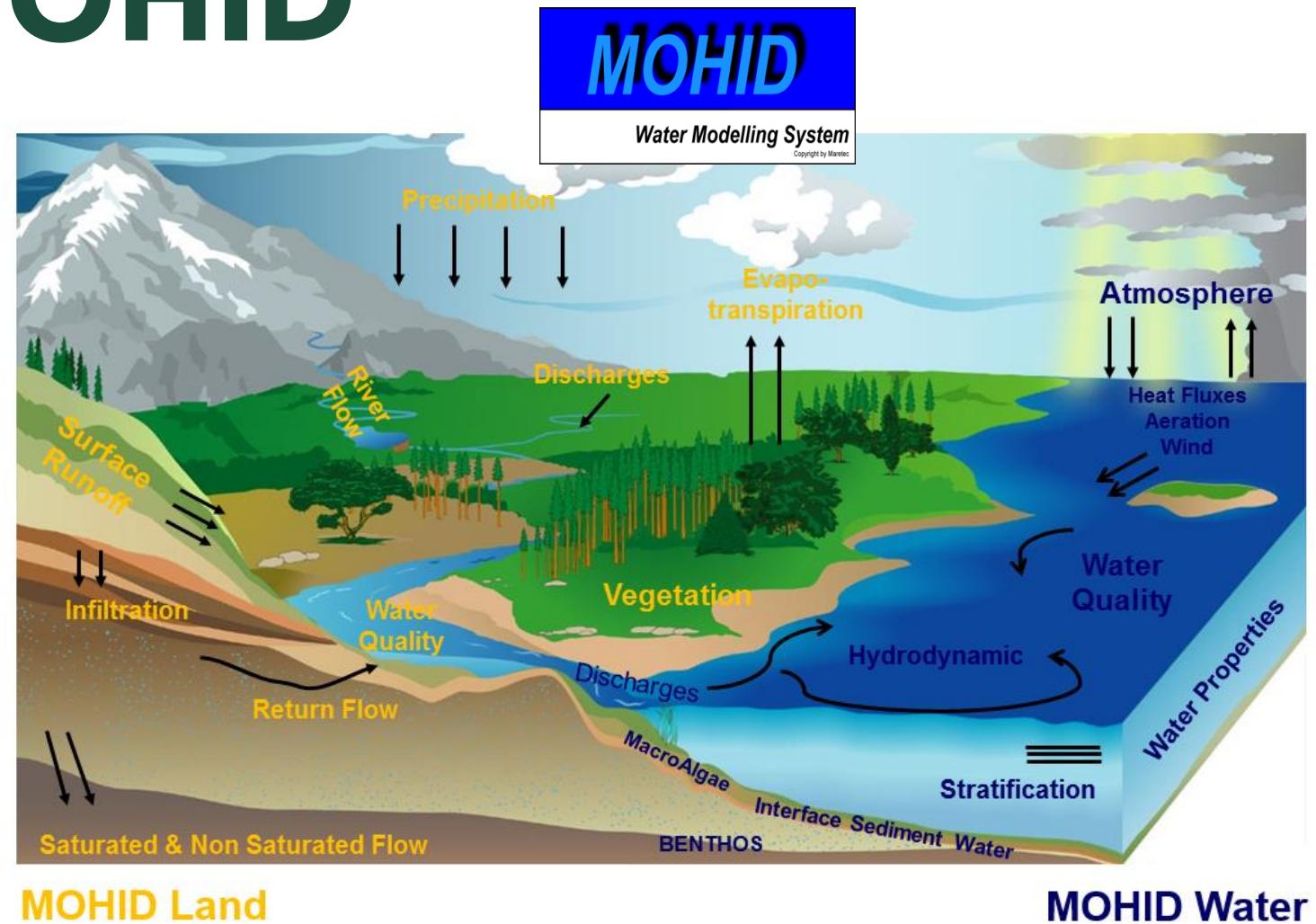
O sistema MOHID



# O sistema MOHID

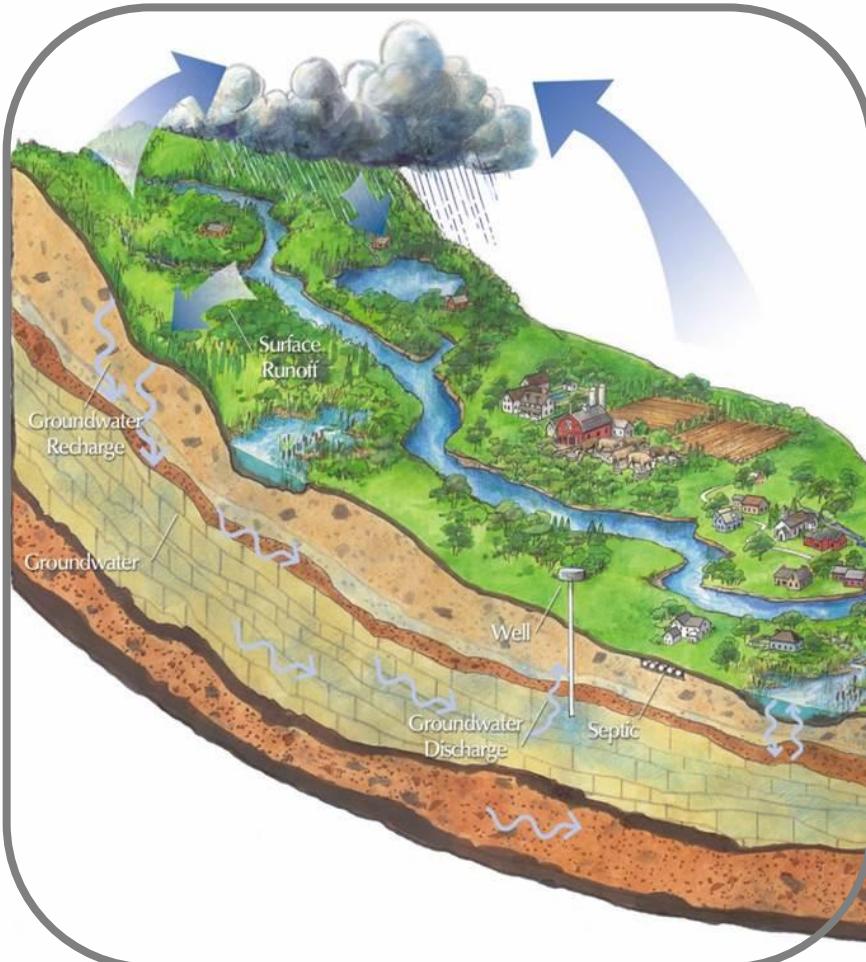
**MOHID** é a abreviatura de Modelo Hidrodinâmico

- É um modelo de código aberto com utilizadores em todo o mundo
- **MOHID Water** - Modelo matemático tridimensional para simulação de massas de água (oceãos, estuários, reservatórios)
- **MOHID Land** - Modelo hidrológico matemático, fisicamente baseado. Permite o estudo dos processos hidrológicos e interação entre eles às escalas da parcela agrícola, perímetro de rega e bacia hidrográfica.

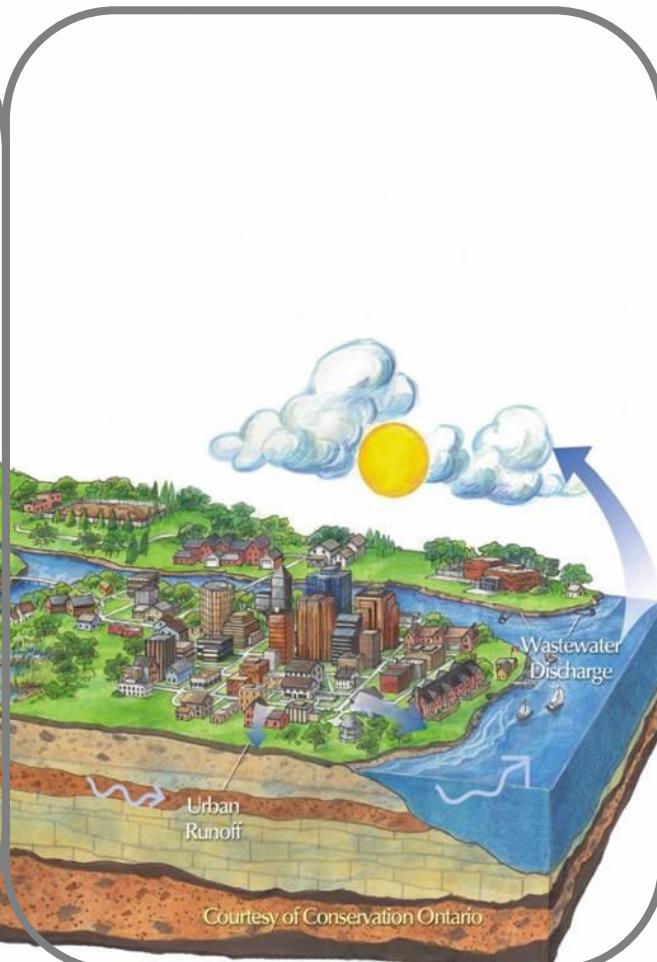


# Bacia hidrográfica - Estuário - Zona costeira - Oceano

**MOHID-Land**



Recursos hídricos  
interiores



Recursos hídricos  
costeiros

**MOHID-Water**

# Principais características

- **Open-source** - o código do modelo está disponível online e pode ser modificado por qualquer utilizador. Repositório GitHub: <https://github.com/Mohid-Water-Modelling-System/Mohid>.
- O desenvolvimento do MOHID começou em 1985. Existe um **desenvolvimento contínuo do código**. Atualizações do código efetuadas numa base regular (melhoramentos e novos desenvolvimentos).
- O MOHID é um sistema **modular** escrito em **ANSI-Fortran95** usando uma filosofia de **programação orientada por objetos**.
- **Modelo fisicamente** baseado - tem por base formulações físicas obedecendo às equações de conservação da massa e da quantidade de movimento.
- **Método dos volumes finitos** - o domínio é dividido em volumes de dimensão reduzida onde as equações são resolvidas.

# MOHID no mundo



In order to present the modelling sites where the **MOHID** modelling system has been applied and the institutions using it, a Google map has been developed and is open for collaboration.

At the moment, three different pointers are shown:

-  **MOHID Water Applications**
-  **MOHID Land Applications**
-  **Institutions Using MOHID**

If you use **MOHID** and want to collaborate adding your application site or your institution please send us an email to [applications@mohid.com](mailto:applications@mohid.com)

# Ferramentas de pré-processamento

- **Convert2HDF5. Principais funções:**

INTERPOLATE GRIDS - interpolação entre malhas.

Com base em dois ficheiros HDF é possível interpolar dados de uma malha mais grosseira para uma malha mais fina.

GLUES HDF5 FILES - permite juntar ficheiros HDF5.

Esta junção é feita com base no tempo, i. e., tendo ficheiros HDF5 com a mesma malha e as mesmas propriedades é possível unir tudo e criar apenas um ficheiro HDF com todos os dados.

CONVERT NETCDF CF TO HDF5 MOHID - permite converter um ficheiro NetCDF para o formato HDF.

É muitas vezes utilizado quando os dados de entrada da meteorologia provêm de um modelo meteorológico.

Utilizado para os dados de entrada da hidrodinâmica quando provêm de um modelo hidrodinâmico global (e.g. HYCOM, Copernicus)

- **FillMatrix:**

Permite interpolar dados pontuais para uma malha. O utilizador pode escolher um de dois métodos de interpolação: IWD e triangulação.



# Ferramentas de pós-processamento



- **Exporter:**

Permite exportar séries temporais de um ficheiro HDF em malha. O utilizador pode escolher exportar os valores de uma ou mais células ou das células dentro de um polígono. É necessário indicar a propriedade a exportar.

- **ExporterDN (desenvolvido em Python e disponível em <https://github.com/anaioliveira/ExporterDN>):**

Permite exportar séries temporais de um ficheiro HDF do tipo drainage network. O utilizador identifica os nós do quais quer exportar os resultados. É necessário indicar a propriedade a exportar.

- **Convert2NetCDF:**

Ferramenta para converter arquivos de resultados do MOHID escritos no formato HDF5 em formato NetCDF.

# Outras ferramentas

- Ferramentas de Suporte:  
[http://wiki.mohid.com/index.php?title=Mohid\\_Support\\_Tools](http://wiki.mohid.com/index.php?title=Mohid_Support_Tools)

# Suporte aos utilizadores

- **MOHID site:** [www.mohid.com](http://www.mohid.com)
- **Wiki do MOHID:** <http://wiki.mohid.com>
- **MOHID Source Code:** <https://github.com/Mohid-Water-Modelling-System>

# 2

Conexão MOHID-Land/Water



# **MOHID-Land $\leftrightarrow$ MOHID-Water**

**Bacia hidrográfica**



**Estuário**

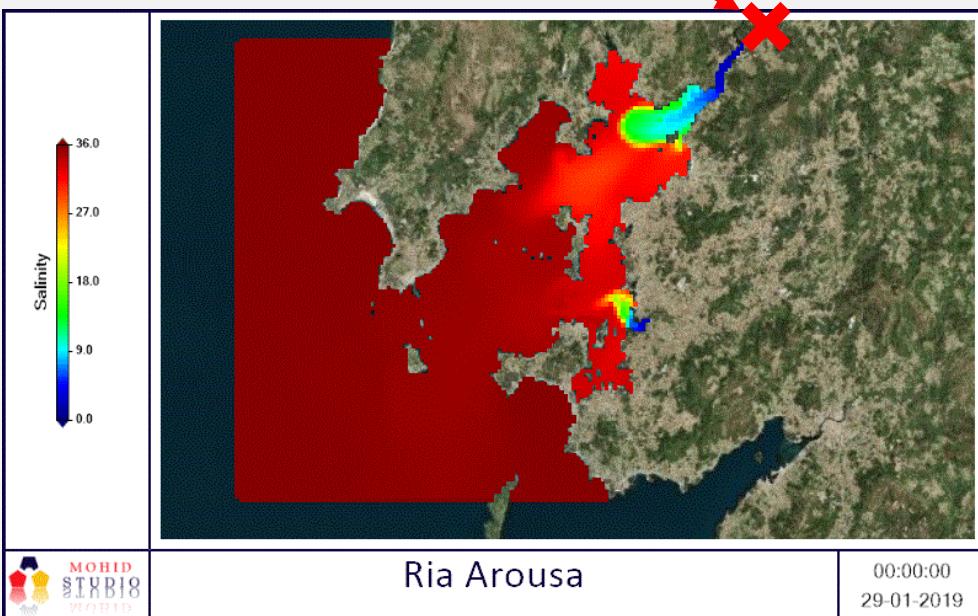
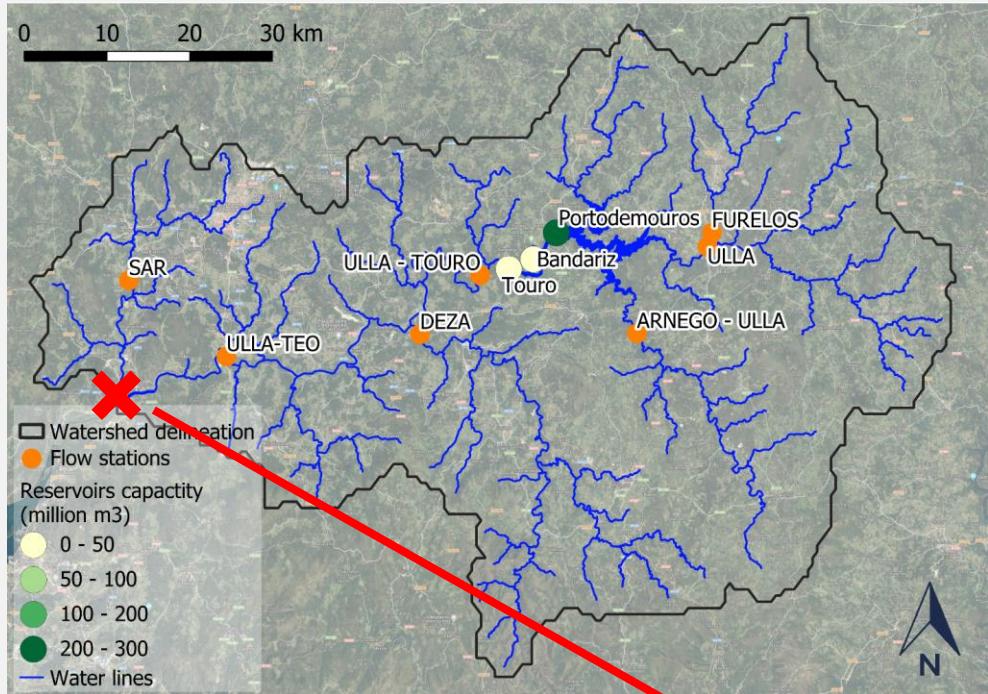
Projeto HazRunoff - Integração de tecnologias de detecção e modelação para detecção precoce e acompanhamento de perigos de contaminação e de cheia em águas de transição e costeiras.

**Bacia hidrográfica**



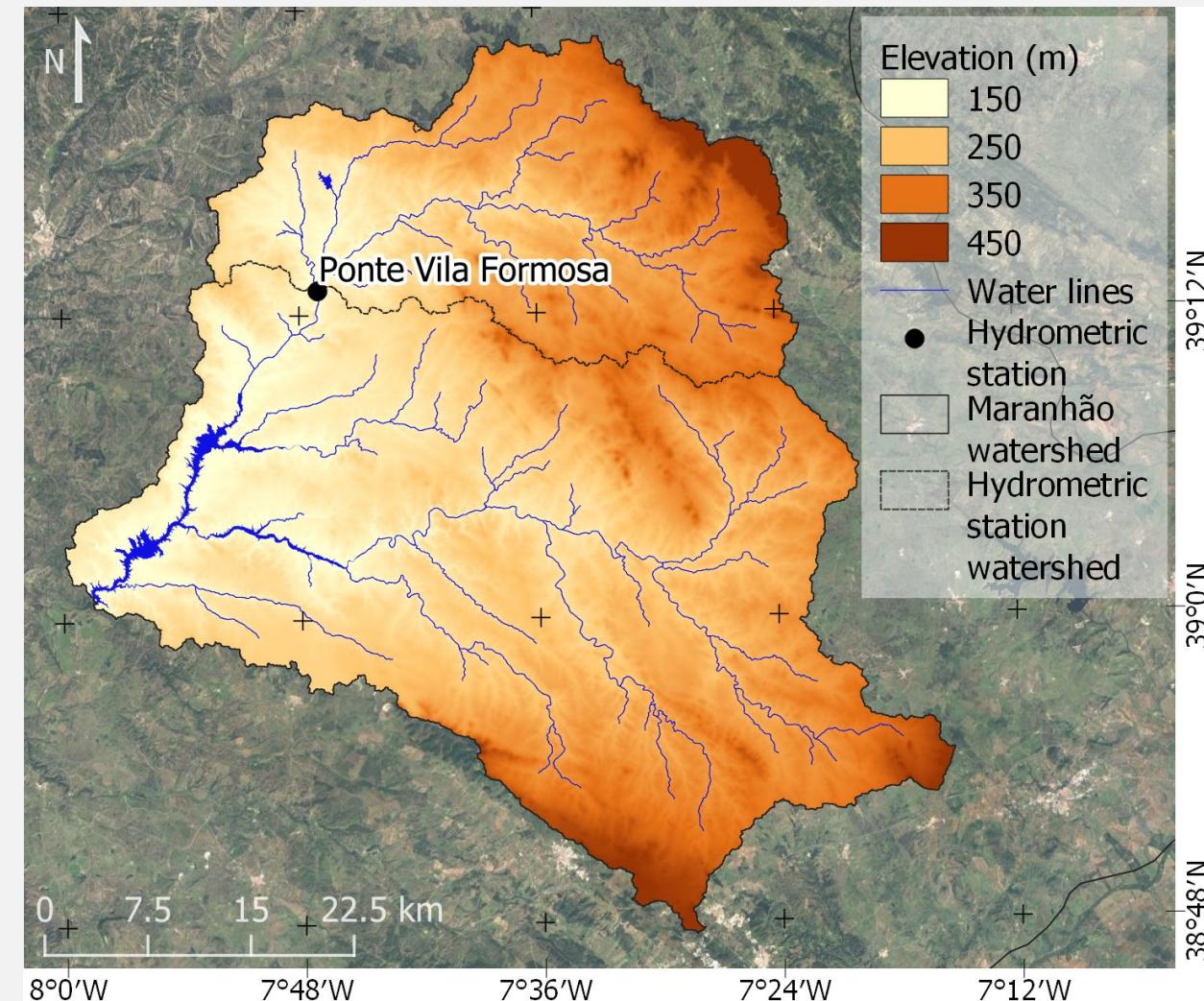
**Reservatório**

Projeto OMeGA - OtiMização da Gestão de Albufeiras



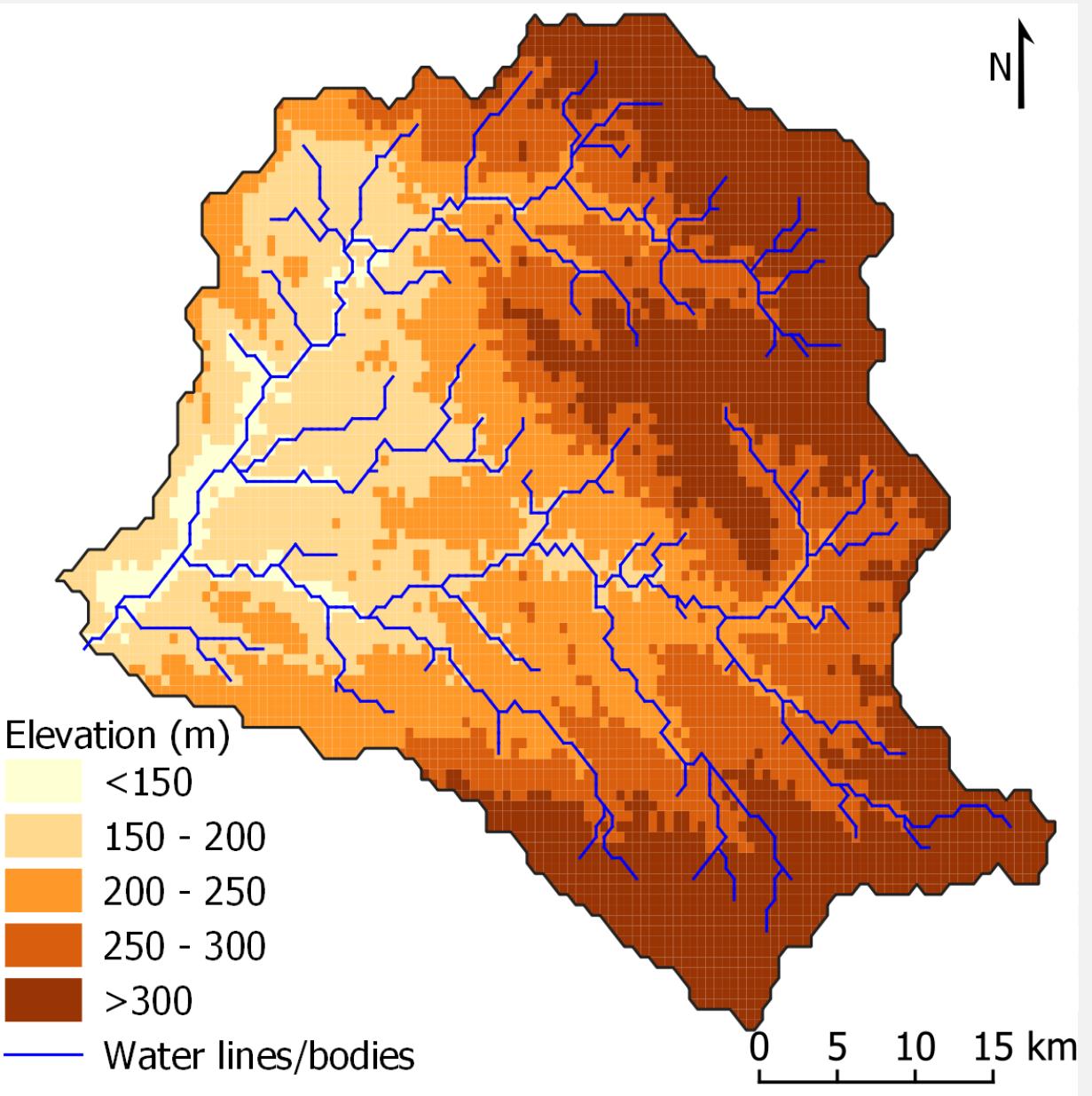
# HazRunoff

Bacia hidrográfica do Rio Ulla e Ria de Arousa  
Galiza, Espanha



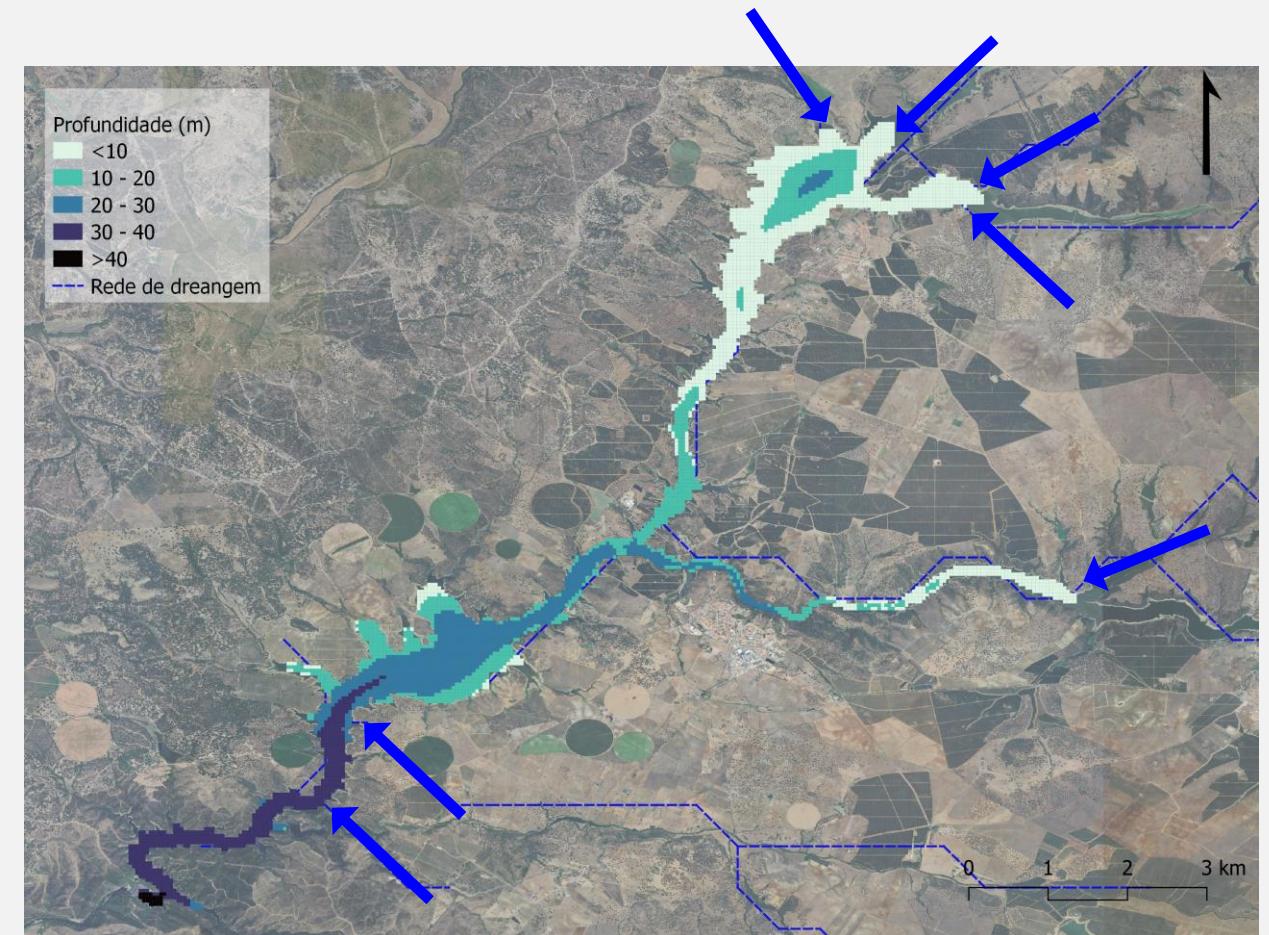
# OMeGA

Bacias hidrográficas de Maranhão e Montargil e  
respetivos reservatórios



# OMeGA

Bacias hidrográficas de Maranhão e Montargil e  
respetivos reservatórios



# OMeGA

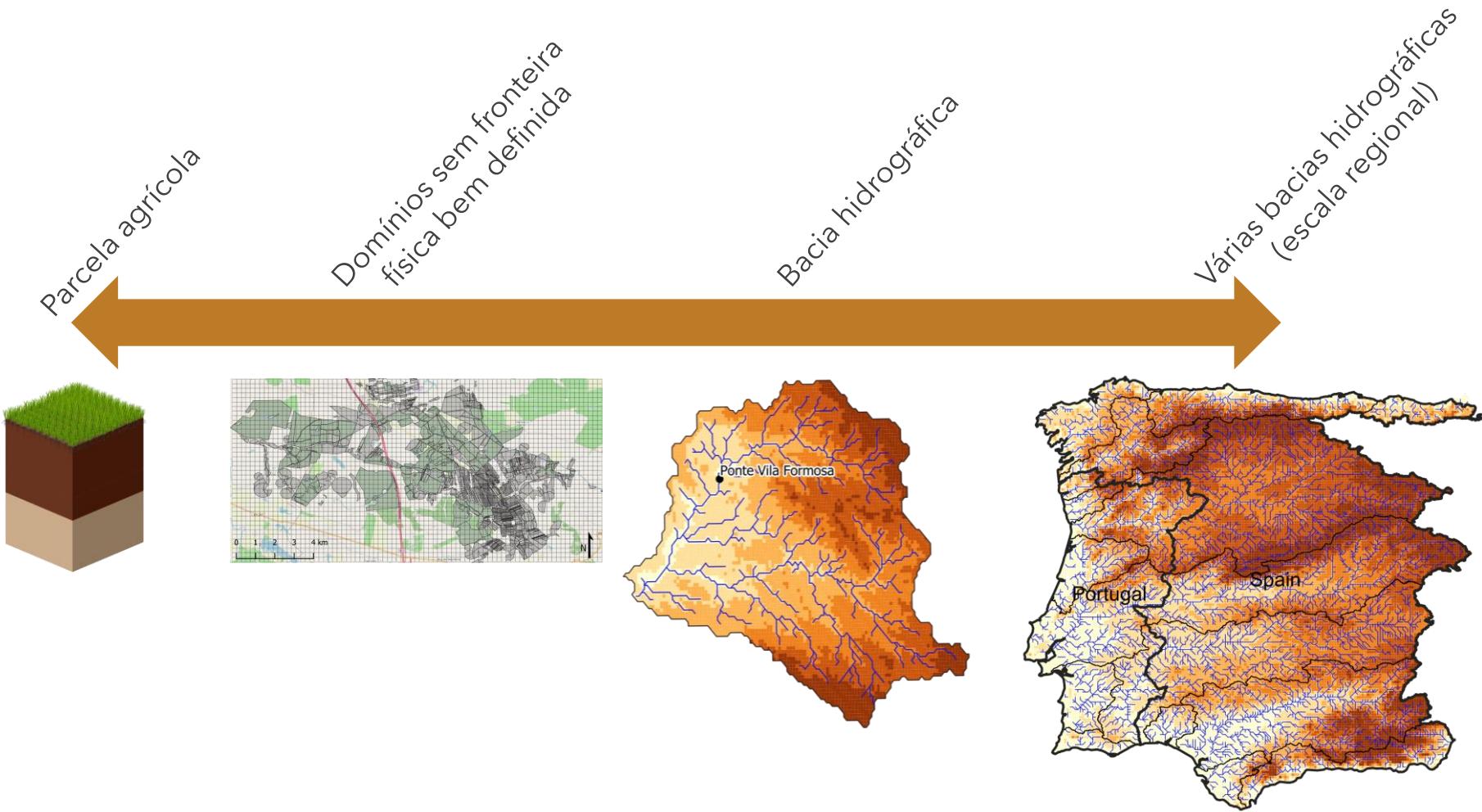
Bacias hidrográficas de Maranhão e Montargil e  
respetivos reservatórios

# 3

As diversas escalas de aplicação do  
MOHID-Land



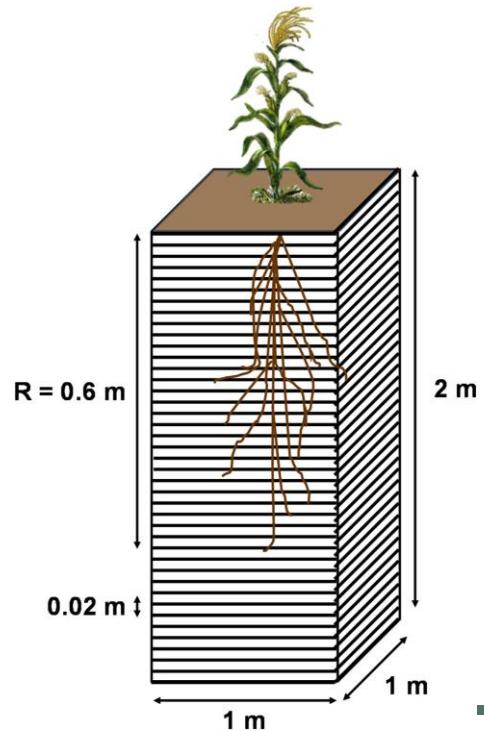
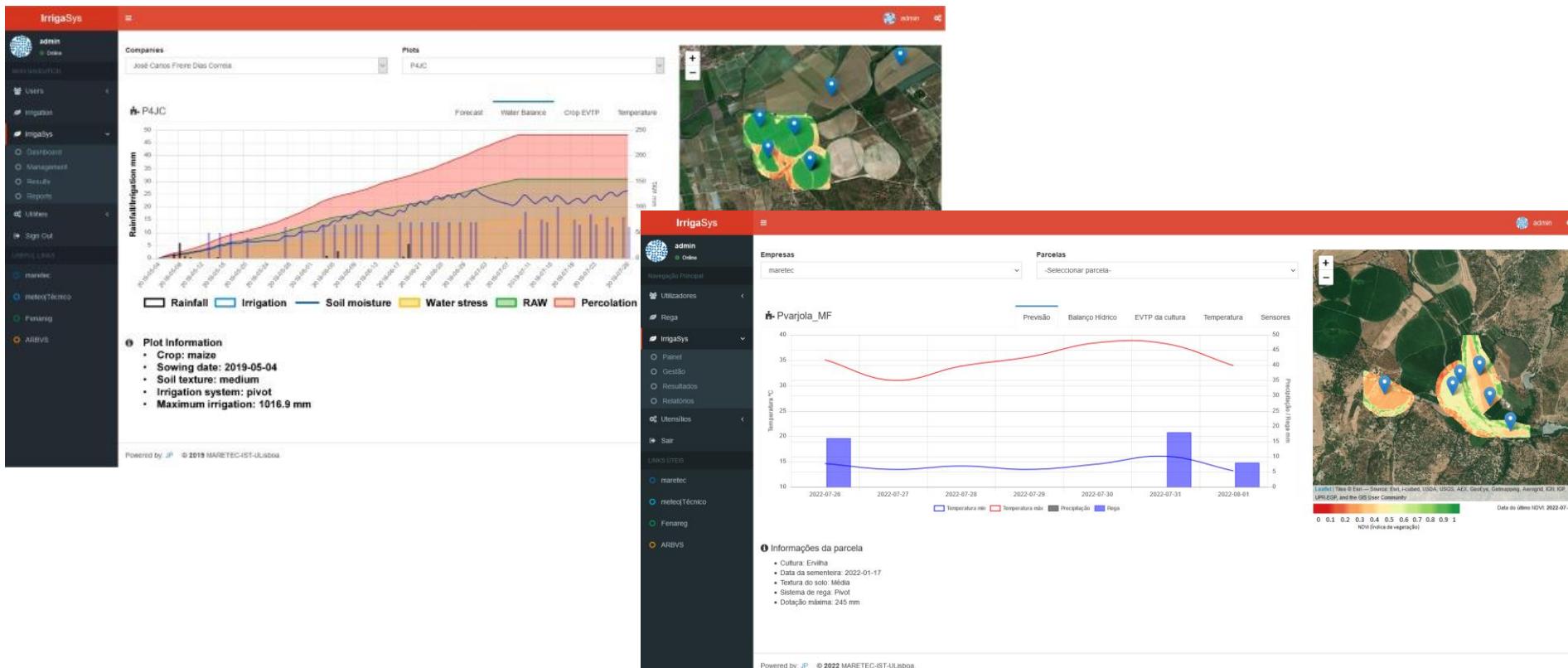
# Escalas de aplicação



# Parcela agrícola

## Unidimensional

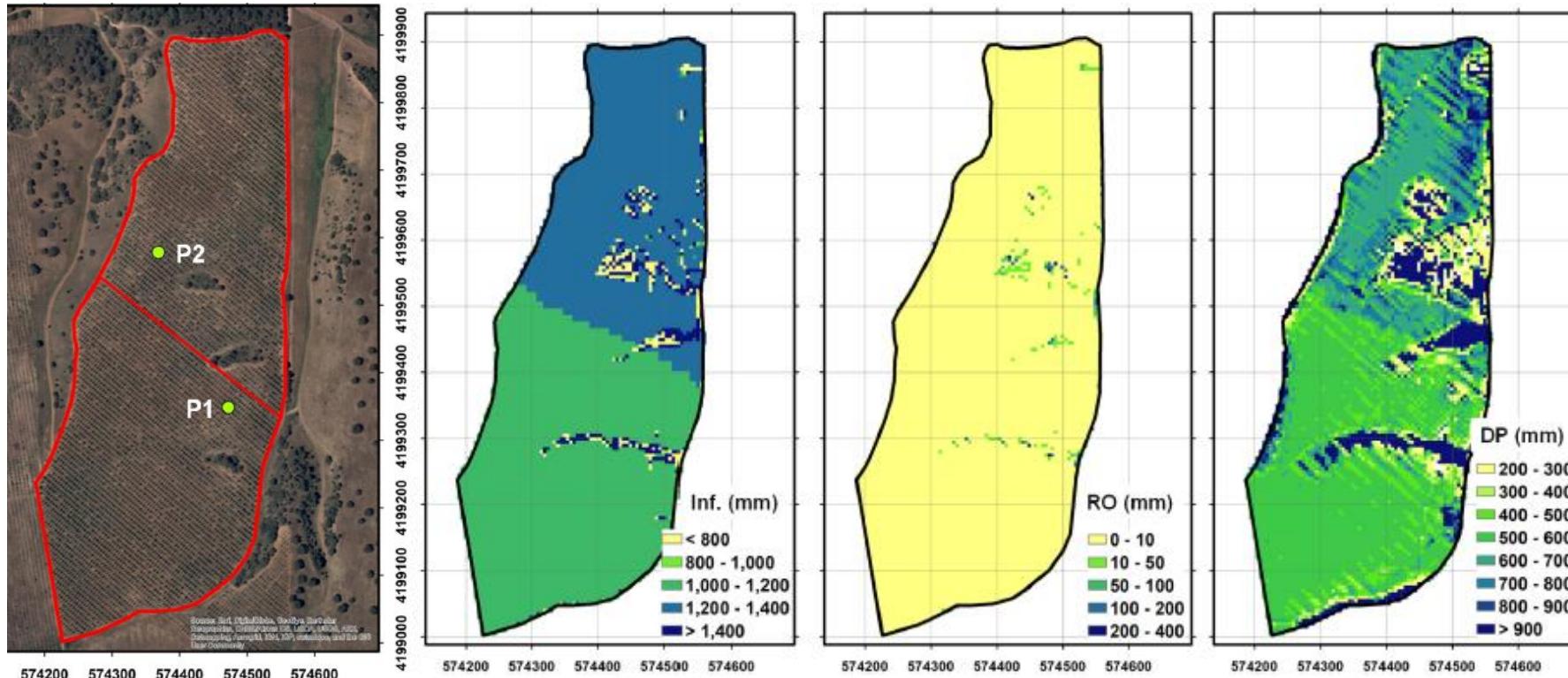
Simionesei, L., Ramos, T. B., Palma, J., Oliveira, A. R., Neves, R., 2020. IrrigaSys: A web-based irrigation decision support system based on open source data and technology. Computers and Electronics in Agriculture 178, 105822, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105822>



# Parcela agrícola

## Tridimensional

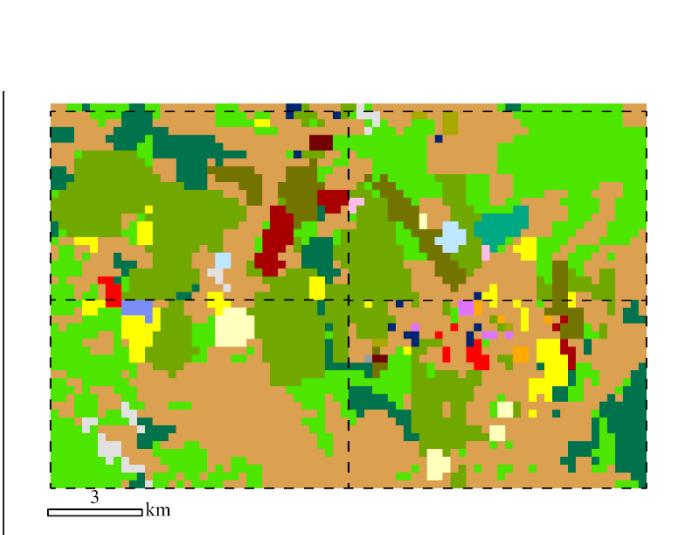
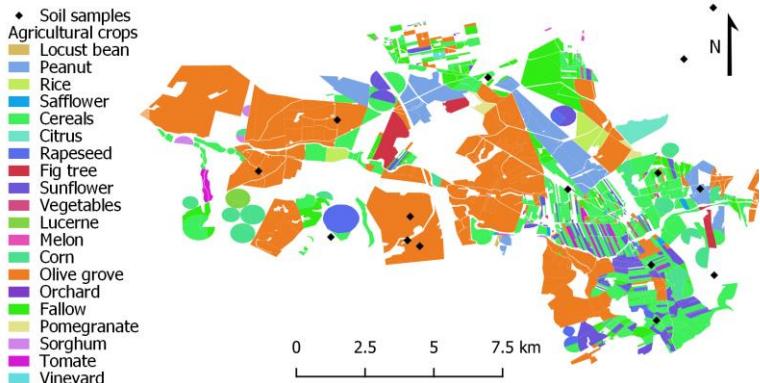
Ramos, T. B., Oliveira, A. R., Darouich, H., Gonçalves, M. C., Martínez-Moreno, F. J., Rodríguez, M. R., Vanderlinden, K., Farzamian, M. 2023. Field-scale assessment of soil water dynamics using distributed modeling and electromagnetic conductivity imaging. Agricultural Water Management 288, 108472. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108319>



# Domínios sem fronteira física bem definida

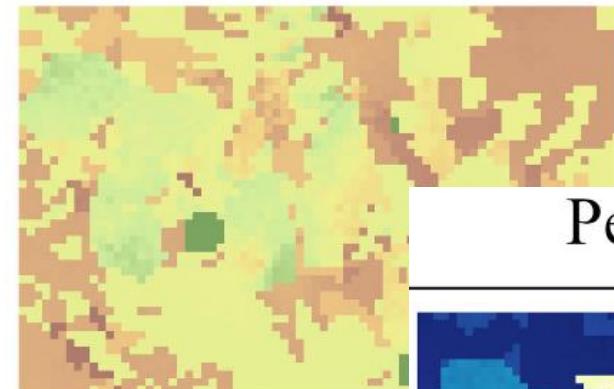
## Perímetro de rega

Horta, A., Oliveira, A. R., Azevedo, L., Ramos, T. B., 2024. Using digital soil hydraulic properties maps to simulate soil-water balance - implications for water management plans. Geoderma Regional 36. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00741>

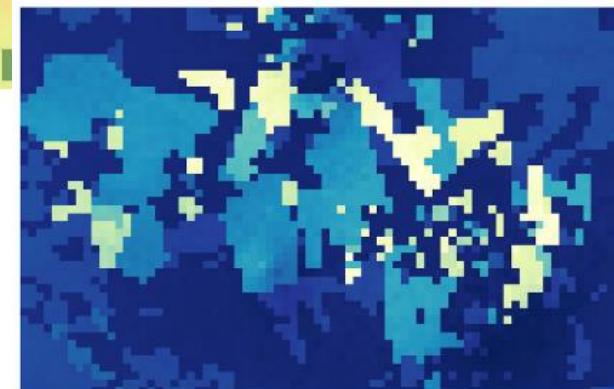


Crop & Area (ha)	Citrus (156 ha)	Vegetables (50 ha)
Carob (6 ha)	Rapeseed (263 ha)	Alfalfa (56 ha)
Almond (775 ha)	Safflower (50 ha)	Melon (69 ha)
Rice (94 ha)	Fig tree (281 ha)	Vineyard (50 ha)
Olive (4431 ha)	Vineyard (50 ha)	Pasture (5162 ha)
Orchard (94 ha)	No vegetation (194 ha)	Quadrants
Pomegranate (31 ha)	Rainfed cereal (9181 ha)	
Tomato (125 ha)	Forest (1600 ha)	

Total Biomass

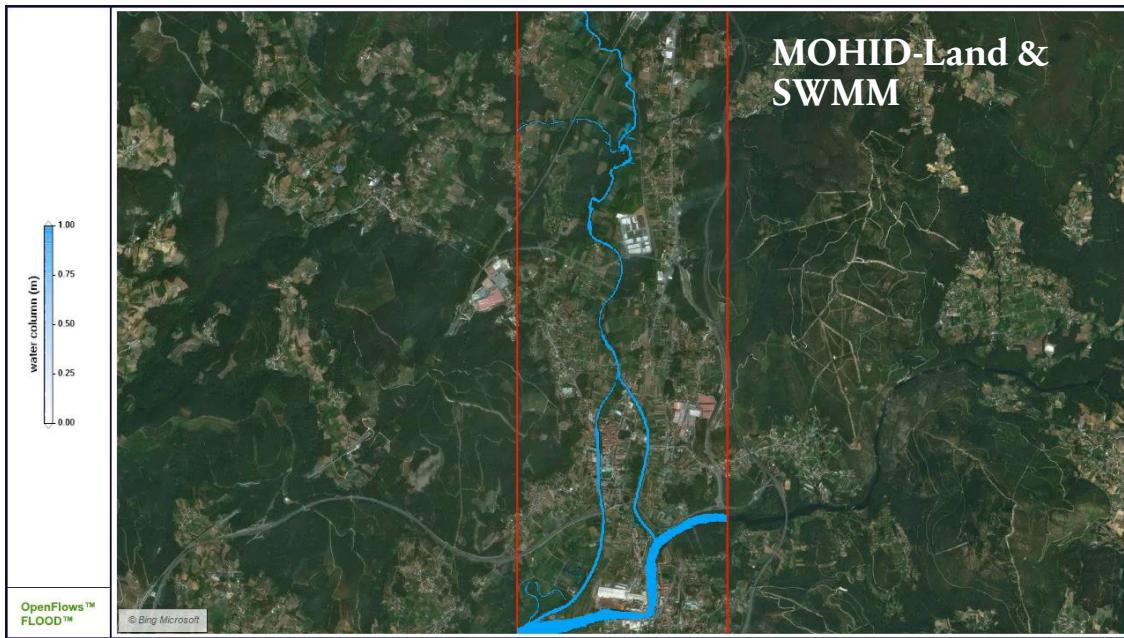


Percolation



# Domínios sem fronteira física bem definida

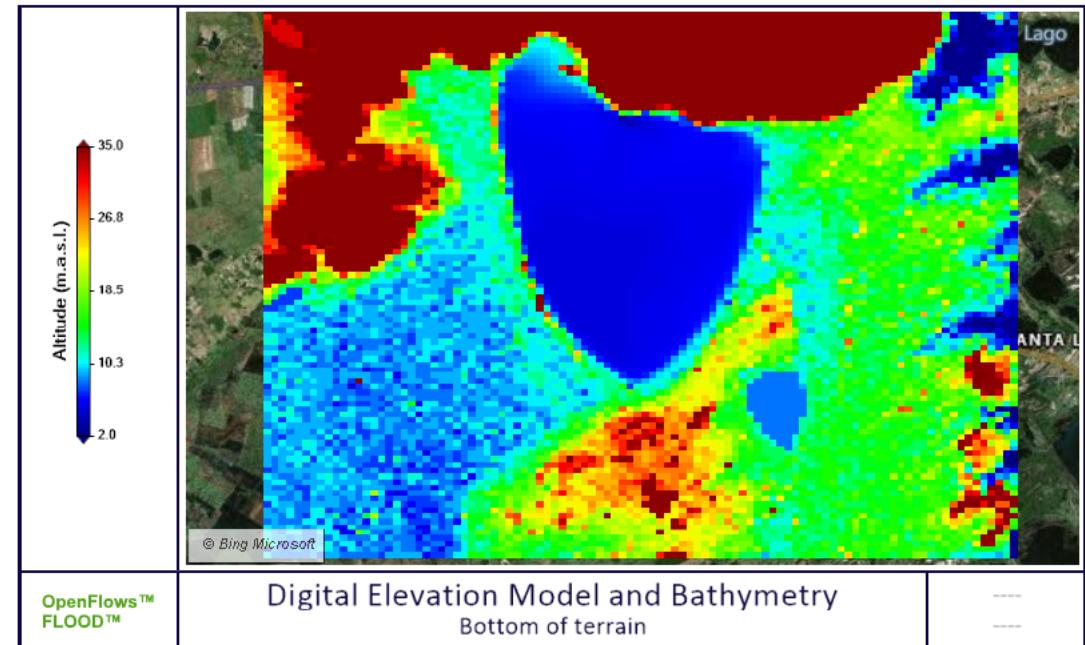
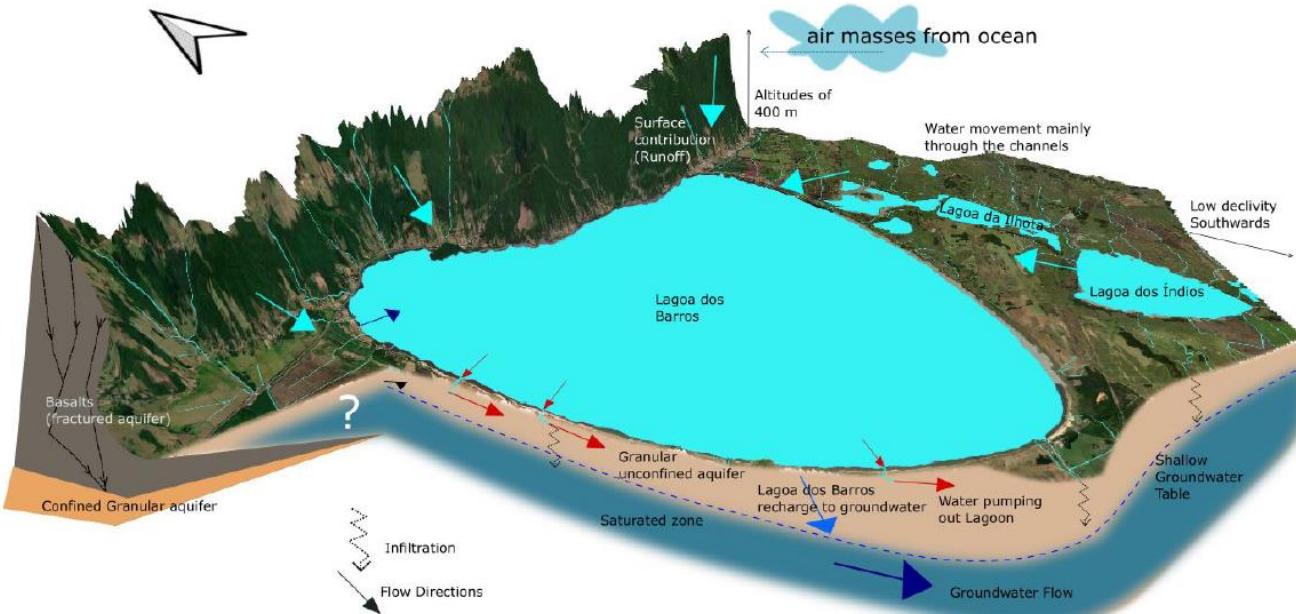
Áreas inundadas



# Domínios sem fronteira física bem definida

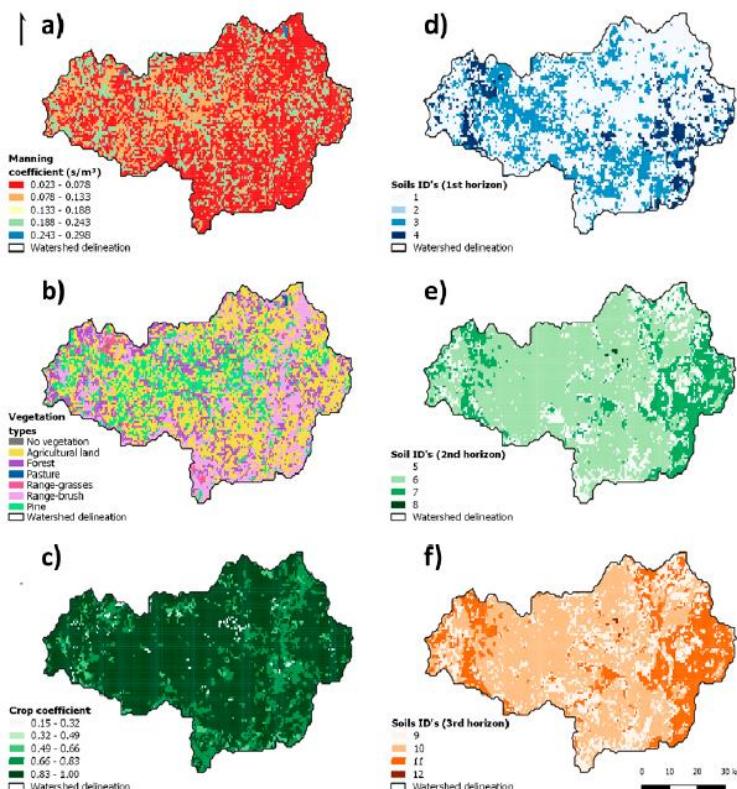
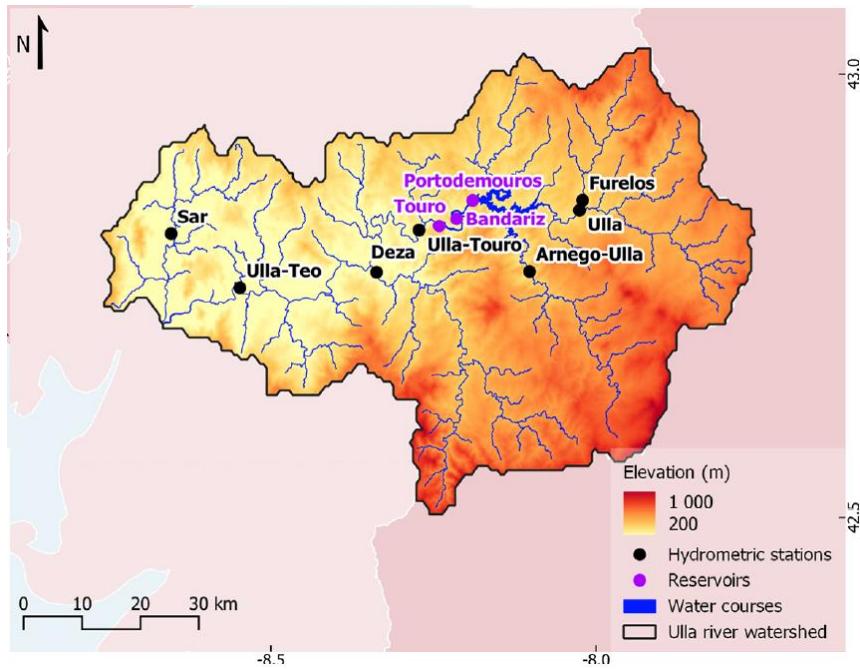
## Lagoas

Tese de mestrado de Priscila Vanzella, Water Dynamics and Role of Groundwater in the 'Lagoa dos Barros', South of Brazil, 2021. <https://scholar.tecnico.ulisboa.pt/records/MGIJmZre7RpLF-zykOk2nJ5mcPPgWEo6jti>



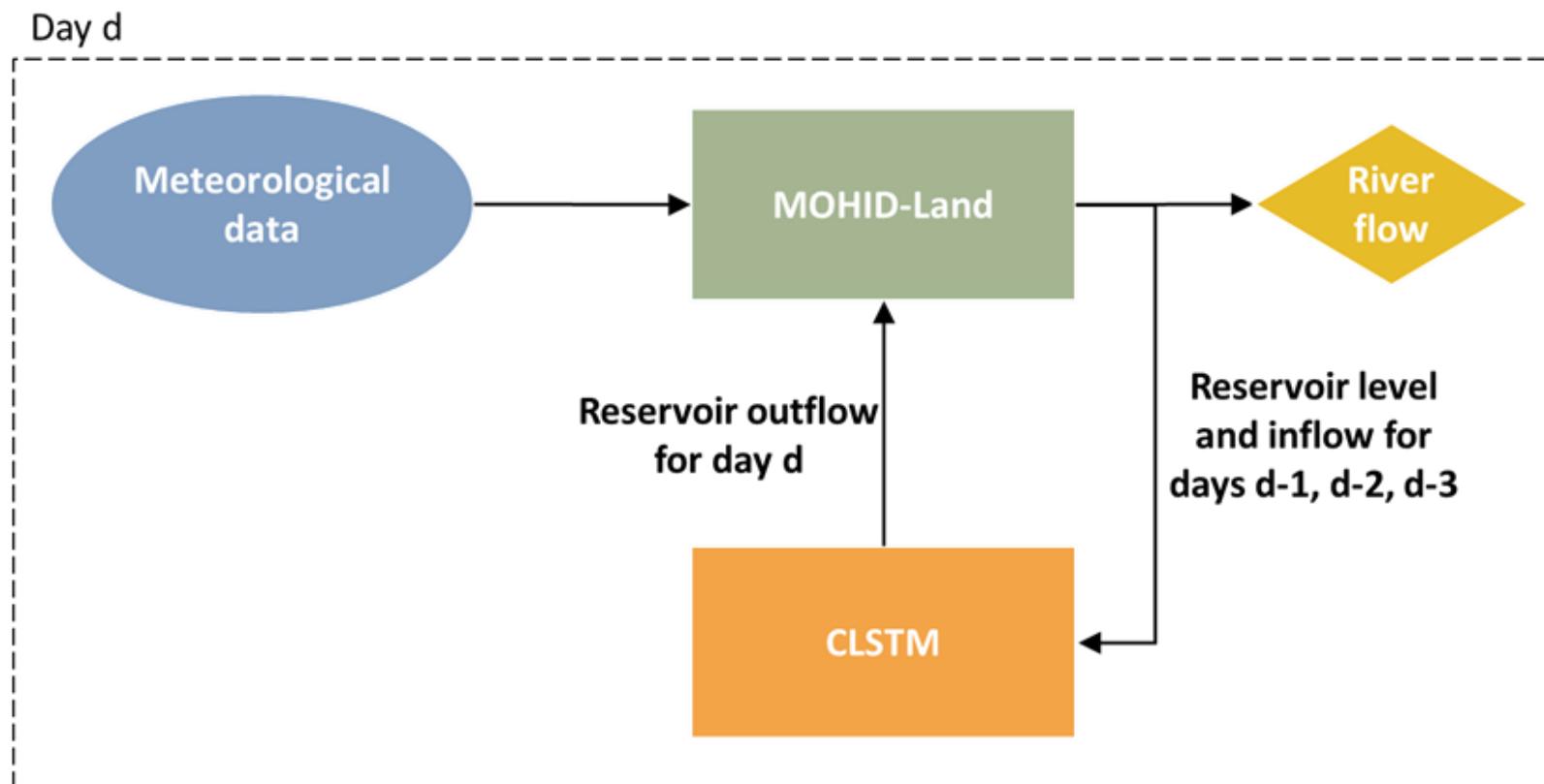
# Bacia hidrográfica

Oliveira, A. R., Ramos, T. B., Pinto, L., Neves, R., 2023. Direct integration of reservoirs' operations in a hydrological model for streamflow estimation: coupling a CLSTM model with MOHID-Land. *Hydrology and Earth System Sciences* 27, 3875-3893.  
<https://doi.org/10.5194/hess-27-3875-2023>



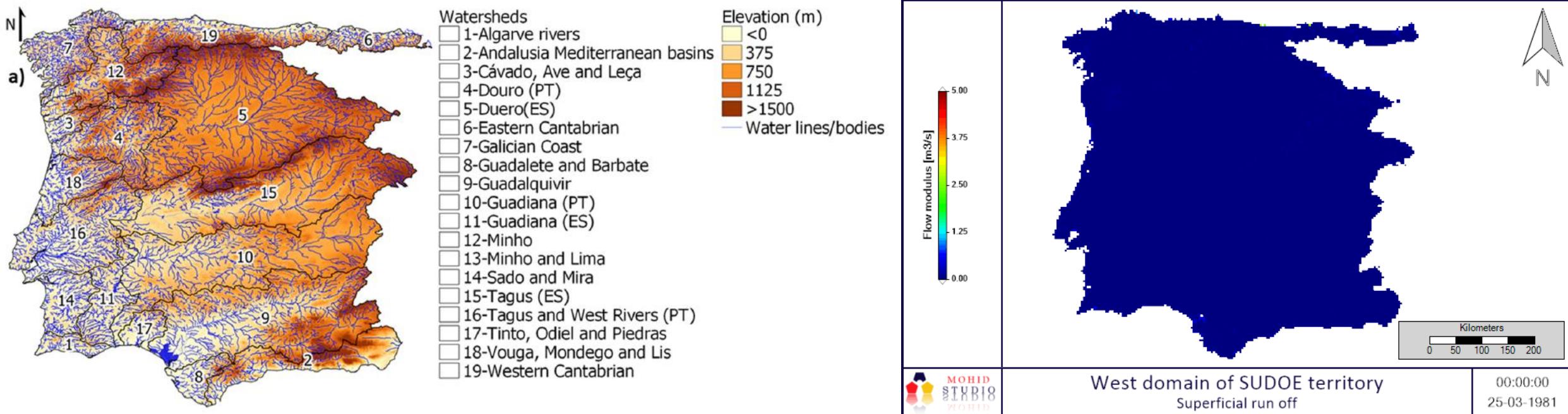
# Bacia hidrográfica

Oliveira, A. R., Ramos, T. B., Pinto, L., Neves, R., 2023. Direct integration of reservoirs' operations in a hydrological model for streamflow estimation: coupling a CLSTM model with MOHID-Land. *Hydrology and Earth System Sciences* 27, 3875-3893.  
<https://doi.org/10.5194/hess-27-3875-2023>



# Várias bacias hidrográficas (escala regional)

Oliveira, A. R., Ramos, T. B., Simionesei, L., Gonçalves, M. C., Neves, R., 2022. Modeling streamflow at the Iberian Peninsula scale using MOHID-Land: challenges from a coarse scale approach. Water 14, 1013. <https://doi.org/10.3390/w14071013>



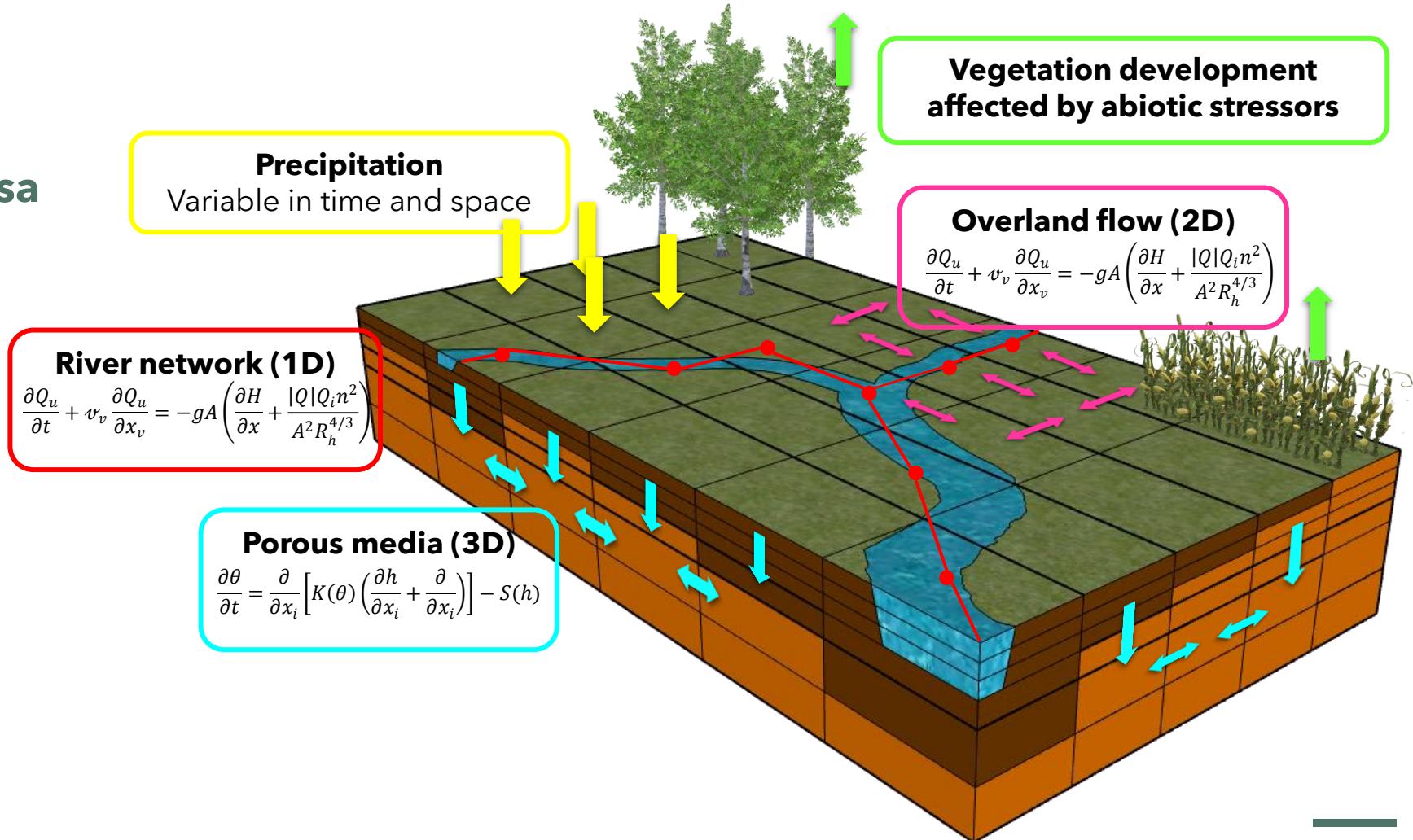
# 4

O racional do MOHID-Land



# O modelo MOHID-Land

- **Modelo físico**
- **Conservação da massa e do momento**
- **Distribuído**
- **Passo temporal variável**
- **Modelo contínuo no tempo**
- **Volumes finitos**



# Obrigada!



**MARETEC**  
CENTRO DE CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DO AMBIENTE E DO MAR  
TÉCNICO LISBOA



**Bentley®**

Ana Ramos Oliveira  
[anaramosoliveira@tecnico.ulisboa.pt](mailto:anaramosoliveira@tecnico.ulisboa.pt)  
MARETEC-LARSyS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa