



Ciências  
ULisboa

# DETECÇÃO REMOTA MULTIESPETRAL





## Programa - Teórica

**Cap. 1 A Detecção Remota**

**Cap. 2 Satélites e Sensores**

**Cap. 3 Princípios Físicos da Detecção Remota**

**Cap. 4 Classificação Temática**

Cap. 5 Aprendizagem Automática

**Cap. 6 Detecção Remota Micro-ondas**

## Programa - Teórica

### Capitulo 1 – A Detecção Remota

- O que é da Detecção Remota
- Radiação Electromagnética
- Frequência radar
- Interacção com atmosfera
- Interacção Radiação-Alvo
- Assinatura Espectral
- Detecção Passiva vs Activa
- Sensores Ópticos
- Características das imagens
- Resolução Espacial, Espectral, Radiométrica e Temporal
- Formato dos dados
- Sistemas de imagens
- Distorção geométrica das imagens

## Programa - Teórica

### Capítulo 2 – Satélites e Sensores

- Satélites Meteorológicos
  - GOES, NOAA AVHRR, Outros satélites
- Satélites de Observação do Mar
- Altimetria Espacial
- Missões Geopotenciais Espaciais
- Missões LIDAR
- Missões SAR
- Missões na banda do visível
  - LANSAT, SPOT, IRS, IKONOS, QuickBird, GeoEye-1

## Programa - Teórica

### Capitulo 3 – Princípios Físicos da Detecção Remota

- Ondas eletromagnéticas e Equação de Maxwell
- Polarização e Interferência das ondas eletromagnéticas
- O espectro eletromagnético
- Fontes de radiação eletromagnética
- Quantidades radiométricas
- Interação da radiação eletromagnética com a matéria
- Interação da radiação eletromagnética com a atmosfera
- Conversão números digitais para radiância

## Programa - Teórica

### Capítulo 4 – Classificação Temática

- Correção de imagens
- Índices (empíricos) de Vegetação
- O Processo de Classificação
- Classificação de Máxima Verosimilhança (supervisionada paramétrica)
- Classificador Distância mínima
- Classificador Paralelepípedo
- Classificador Mahalanobis
- Método não supervisionado



## Programa -Teórica

### Capitulo 5 – Aprendizagem automática

- Aprendizagem automática
- Classificação binária
- Conceito de aprendizagem
- Modelos em árvore (decision tree, random forest)
- Modelos lineares (Perceptron, SVM,
- Modelos baseados na distancia (NN, K.means)



## Programa - Teórica

### Capitulo 6 – Detecção Remota Microondas

- Detecção Remota activa
- RADAR
- Geometria e Resolução
- Distorção das Imagens RADAR
- Interacção com o alvo
- Propriedades de uma imagem RADAR
- Polarimetria
- Assinatura da Polarização

## Programa -Prática

Características das imagens de satélite Landsat-8, Spot-5, Ikonos-2, QuickBird-2 e WorldView-2 (resolução espectral, espacial, radiométrica e temporal).

Fontes de distorções radiométricas. Correção ao topo da atmosfera.

Análise de componentes principais, geração de diferentes tipos de índices (índices de vegetação, índices de sombra, índices de solo nú, índices de zonas artificiais, índices de telha). Máscaras binárias.

Deteção de alterações: diferença de imagens, razão de imagens, regressão de imagens, diferenças de índices de vegetação.

Deteção de alterações: comparação pós-classificação. Métodos de classificação supervisionada e não supervisionada.

Validação dos resultados. Elaboração de matrizes de confusão e cálculo da precisão global, índice kappa, precisão do utilizador e do produtor.

Conceitos básicos sobre imagens SAR (calibração, multilooking, filtros de speckle, correção de terreno).

Polarimetria SAR (matrizes e decomposições polarimétricas). Aplicações das imagens SAR aos oceanos: detecção de objectos (navios) e estimação do campo de velocidade do vento marinho.



## Avaliação

Exame Escrito	50%
Apresentação e discussão de um artigo científico	10%
Relatório do trabalho prático:	40%

A data limite para entrega do trabalho prático é **1 de Junho de 2020**.  
Deve entregar o relatório através do Fenix em formato PDF até ao final desse dia.

## Calendarização das aulas Teóricas

Data	Descrição
18 Fev	Apresentação da Disciplina. Avaliação. A Detecção Remota
25 Fev.	Carnaval
2 Mar	A Detecção Remota
9 Mar	Satélites e Sensores: Satélites Meteorológicos: GOES, NOAA AVHRR, Outros satélites, Altimetria Espacial, Missões Geopotenciais Espaciais.
16 Mar	Satélites e Sensores: Missões na banda do visível: LANSAT, SPOT, IRS, IKONOS, QuickBird, GeoEye-1
23 Mar	Princípios Físicos da Detecção Remota
30 Mar	Princípios Físicos da Detecção Remota
7 Abr	
14 Abr	Pascoa
21 Abr	Classificação Temática
28 Abr	Classificação Temática (exercícios)
5 Maio	Aprendizagem automática
12 Mai	Detecção Remota Microondas
19 Mai	Apresentação pelos alunos de um artigo científico
26 Mai	Apresentação pelos alunos de um artigo científico

## Bibliografia

- Fundamentals of Remote Sensing, Canada Centre for Remote Sensing. [http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index\\_e.php](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_e.php)
- Ana Duarte Fonseca, João Cordeiro Fernandes, "Detecção Remota". LIDEL.
- R.A. Schowengerdt, "Remote Sensing. Models and Methods for Image Processing", Academic Press ed.
- Remote Sensing Digital Image Analysis, An Introduction. Hohn A. Richards. Springer-Verlag.
- Principles and Applications of Imaging Radar. Manual of Remote Sensing, Third Edition, Vol. 2. Edited by Floyd M. Henderson and Anthony J. Lewis.
- Remote Sensing of the Earth Sciences. Manual of Remote Sensing, Third Edition, Vol. 3. Edited by Andrew N. Rencz.



## Agencias Espaciais

[www.esa.int](http://www.esa.int)

European Space Agency

[www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)

National Aeronautics and Space Administration

[www.dlr.de](http://www.dlr.de)

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

[www.nasda.go.jp](http://www.nasda.go.jp)

National Space Development Agency of Japan

[www.cnes.fr](http://www.cnes.fr)

Centre National d'études Spatiales

[www.space.gc.ca](http://www.space.gc.ca)

Canadian Space Agency

[www.bnsc.gov.uk](http://www.bnsc.gov.uk)

British National Space Centre

[www.isro.org](http://www.isro.org)

Indian Space Research Organization

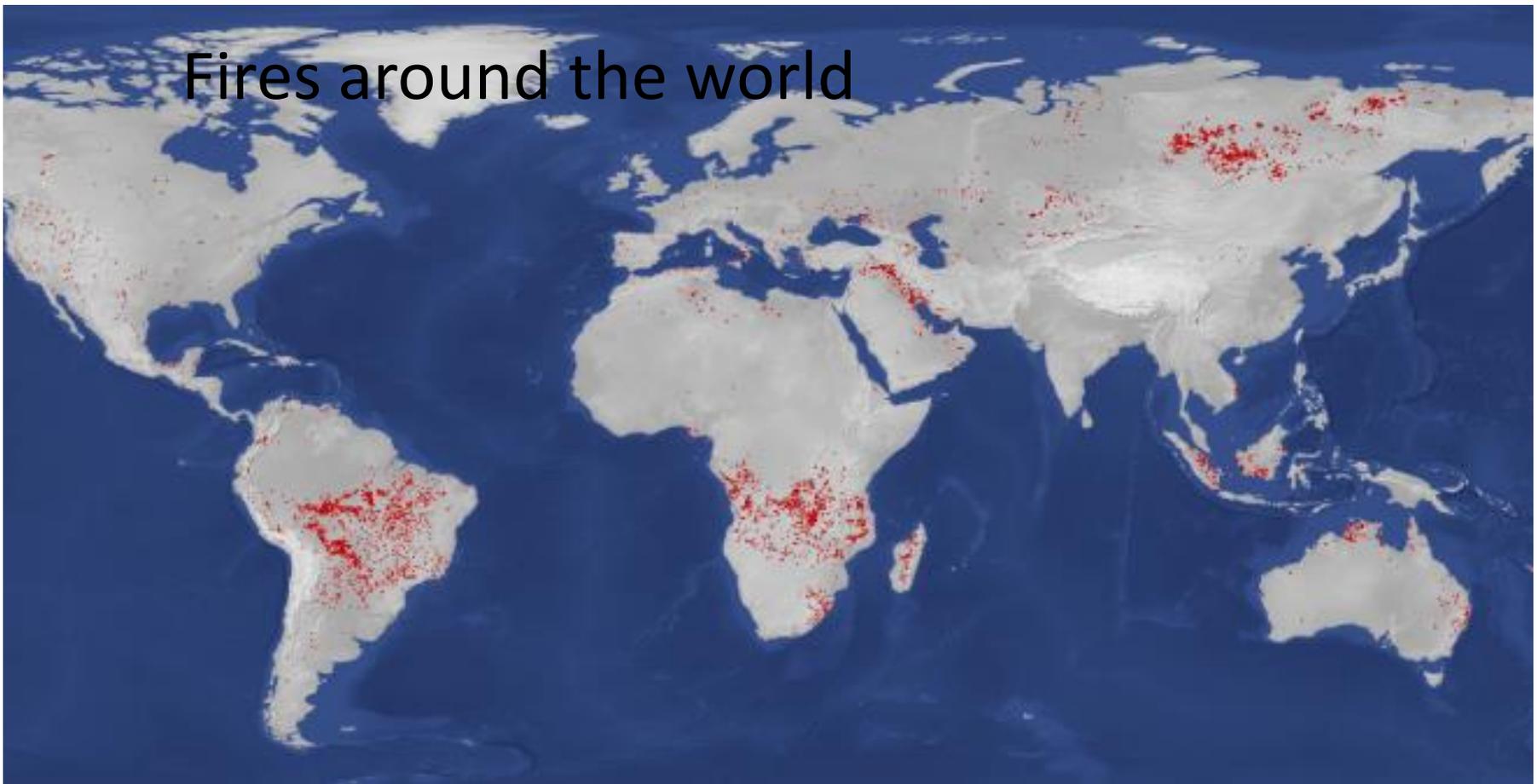


***The Copernicus Programme of the [European Union](#) is poised for growth. Spearheading the earth observation industry of Europe, Copernicus contributes heavily to the economic excellence of the Space industry.***

Recognised as a leader of development, the earth observation industry is creating both social and economic impact at the global stage. The commercial earth observation industry is generating high-resolution and multi-spectral data that is unprecedented in both magnitude and scope. Since the launch of the first civil imagery satellite system, LANDSAT, countries globally have understood the need for satellite systems to support policy objectives for sustainable development, national security and climate change. In this regard, the Copernicus Programme, fondly known as 'Europe's eye on Earth', is an Earth Observation Programme formed in collaboration with the European Union (EU), the [European Space Agency](#) (ESA), and the [European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites](#) (EUMETSAT), and the member states. Also, known as Europe's leading and world's largest civil earth observation program; the [satellites](#) and in-situ sensors, are focused on monitoring the Earth and its diverse ecosystem to generate economic, social, environmental and strategic benefits globally thus creating significant economic impact of Copernicus.



# Fires around the world



Data from the Sentinel-3 World Fire Atlas shows that there were almost five times as many wildfires in August 2019 compared to August 2018, but a detailed analysis reveals precisely where these fires have been occurring – most of which were in Asia.

Working like thermometers in the sky, the sensors on satellites measure thermal infrared radiation to take the temperature of Earth's land surfaces. This information is used to detect and monitor the heat emitted by the fires.

# BIOMASS



ENABLING & SUPPORT

## Key components of tree-counting Biomass radar cleared for s...

16/10/2018 2810 VIEWS 101 LIKES

READ



APPLICATIONS

## Ready to build the Biomass forest mission

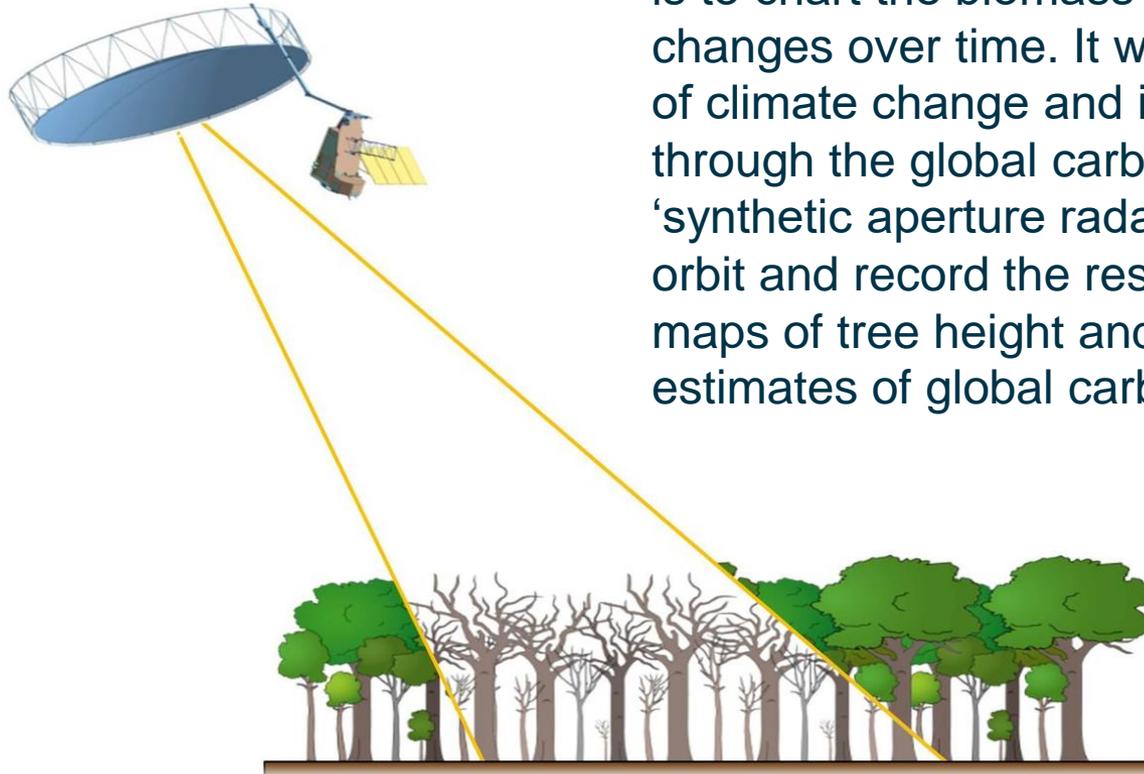
03/05/2016 4456 VIEWS 52 LIKES

READ



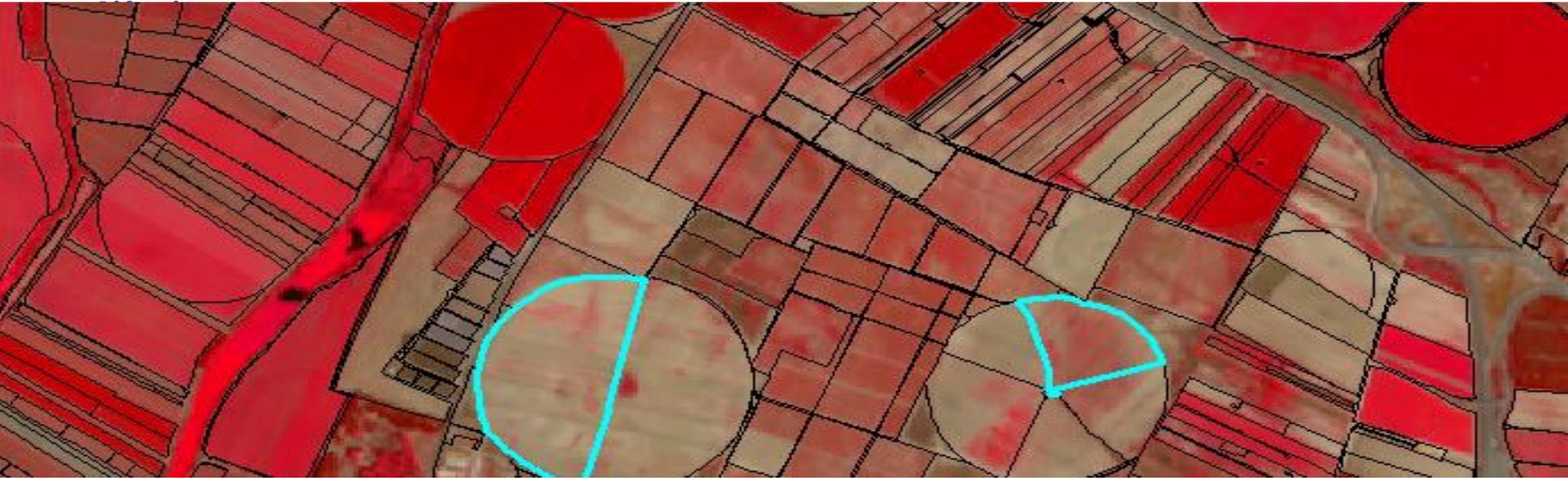
# BIOMASS

Due for launch in 2022, Biomass's five-year mission is to chart the biomass of Earth's forests, and its changes over time. It will contribute to understanding of climate change and its effects on Earth's system through the global carbon cycle. It does this using a 'synthetic aperture radar' to send down signals from orbit and record the resulting backscatter, to build up maps of tree height and volume, and sharpen estimates of global carbon stocks.



To be launch in  
2022

To see through leafy treetop to the trees themselves, Biomass will employ long-wavelength 'P-band' radar, which has never previously flown in space. It will have its signals amplified to travel down from a 600-km-altitude orbit down to Earth and back.



***Apoio à implementação de um sistema de alerta para monitorização da atividade agrícola com base em imagem de satélite e inteligência artificial***

João Catalão, Ana Navarro

*IDL, Faculty of Sciences, University of Lisbon, Portugal;*



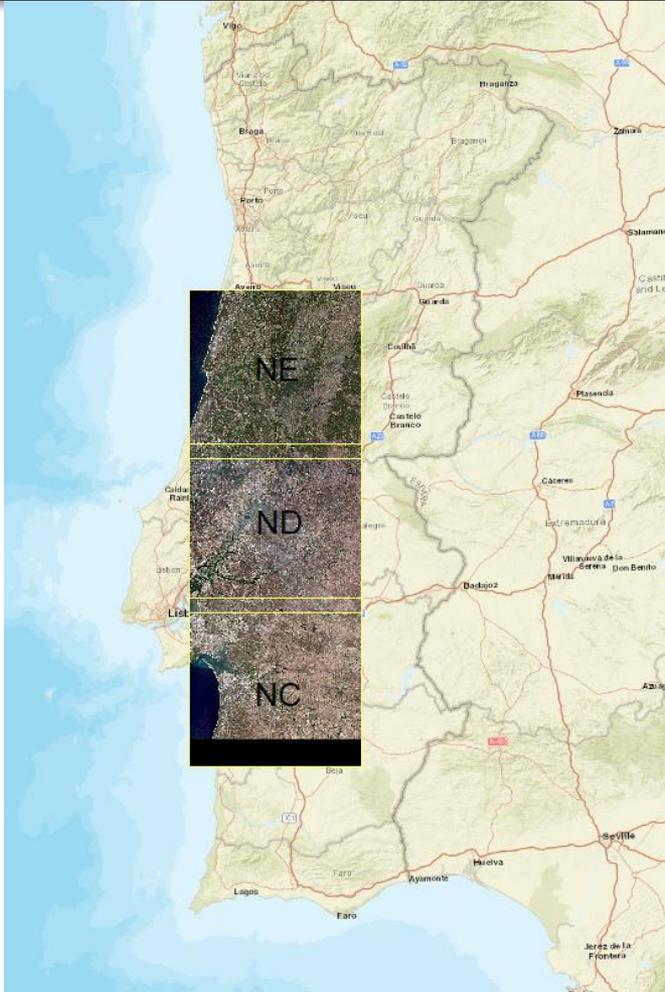
Reunião 30 Outubro 2019,  
Lisboa

---



## Objectivos

- Estudo de marcadores fenológicos de culturas agrícolas relevantes em termos da monitorização da ocupação do solo;
  - Desenvolvimento de uma metodologia que valide a candidatura do agricultor em termos da sua conformidade, e não conformidade ou dúvida;
  - Prototipagem do sistema de implementação do modelo;
  - Definição de requisitos de aplicação informática e apoio técnico à implementação do sistema de controlo.
-



## Área de Estudo

Ficheiro	N. parcelas	C1=NULL	Área < 1000 m <sup>2</sup>	Parcelas treino
parcelas2018NC.shp		107651	24771	141376
parcelas2018ND.shp	357,412	149083	47301	161028
parcelas2018NE.shp		123985	82928	128881
parcelas2019NC.shp	275018	105334	25837	143847
parcelas2019ND.shp	358245	145872	48594	163779
parcelas2019NE.shp	335797	122920	83910	128967

	2018NC	2018ND	2018NE
Todas as parcelas	113494	132799	104544
c/ atividade	104093	115524	78945
Temporárias	26634	46356	69659
Temp. c/atividade	25137	44795	62335

(Culturas de verão)



## 3.1 Aquisição e preparação dos dados

### 2018ND

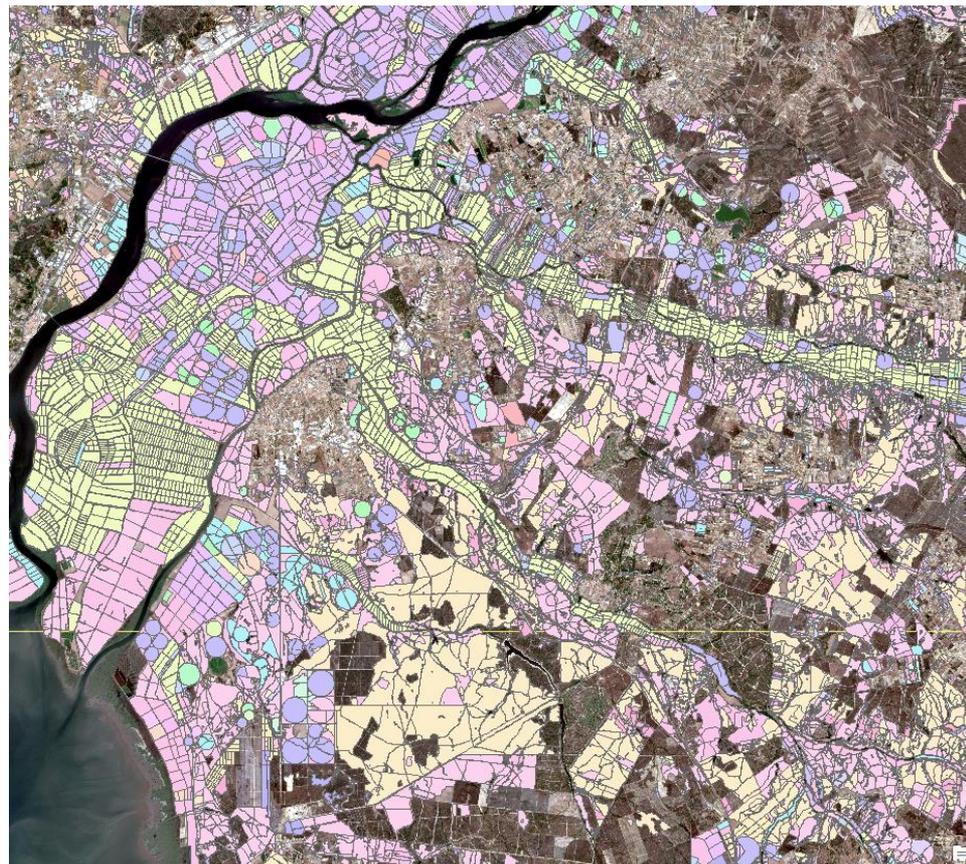
357,412 parcelas

93207 com campo C1 vazio

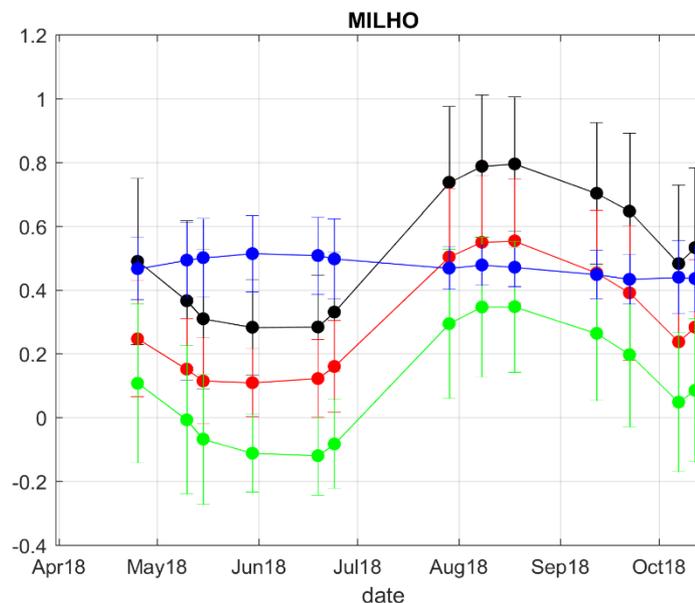
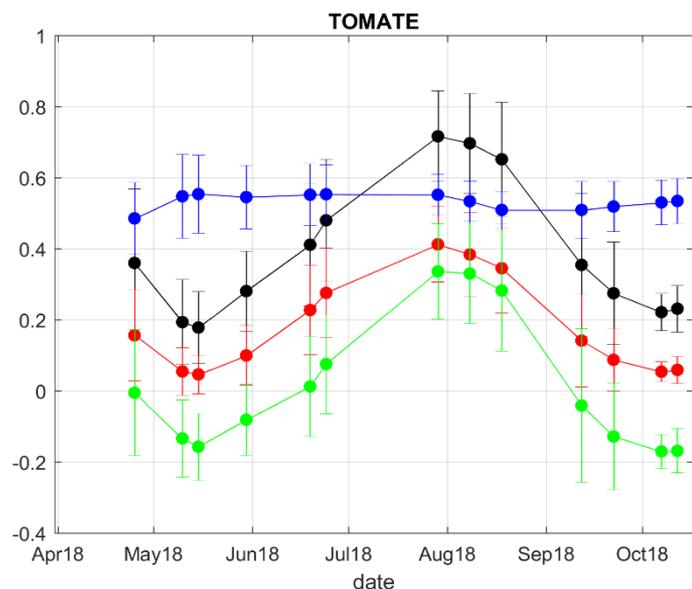
47301 parcelas com área inferior a 1000m<sup>2</sup>

(Na fase de classificação estas parcelas não podem ser usadas para treino)

Foram usadas imagens de Abril a Setembro.



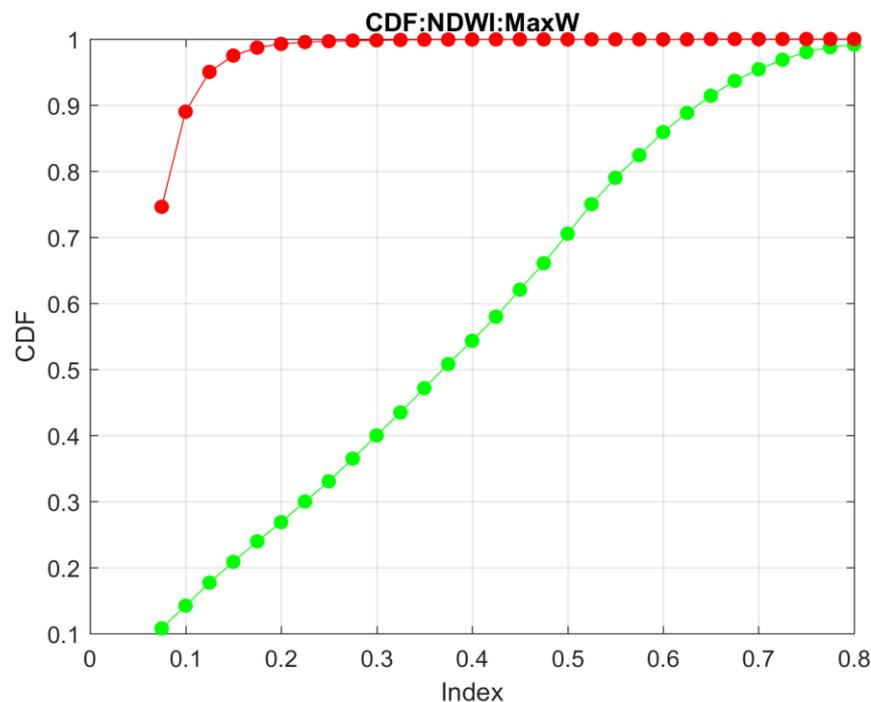
## 3.2 Estudo de indicadores fenológicos de culturas agrícolas relevantes em termos da monitorização da ocupação do solo.



Preto: NDVI, vermelho: CI, verde: NDWI, Azul:brilho



# Cumulative Distribution Function



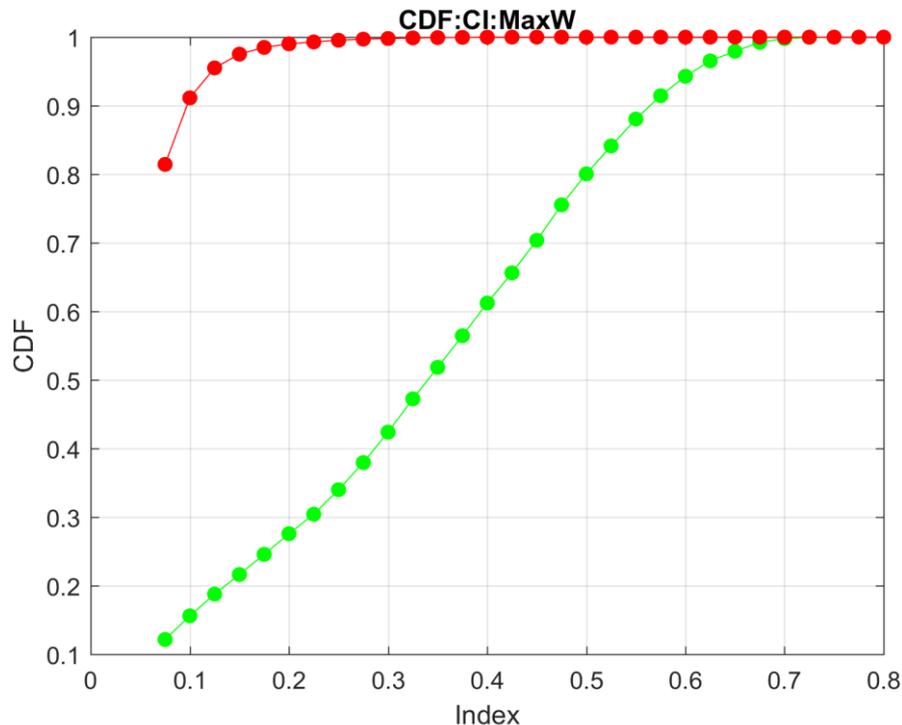
## Cumulative Distribution Function NDWI index

vermelho: culturas permanentes  
(PRADOSTEMPORARIOS, SUPERFICIE  
ARBUSTIVA NÃO PASTOREAVEL,  
BOSQUETES, PASTAGENS ARBUSTIVAS,  
PINHAO, MEDRONHO, SOBREIRO PARA  
PRODUCAO DE CORTICA)

Verde culturas temporárias (AMENDOIM,  
TOMATE, BATATADOCE, ARROZ, MILHO)



# Cumulative Distribution Function

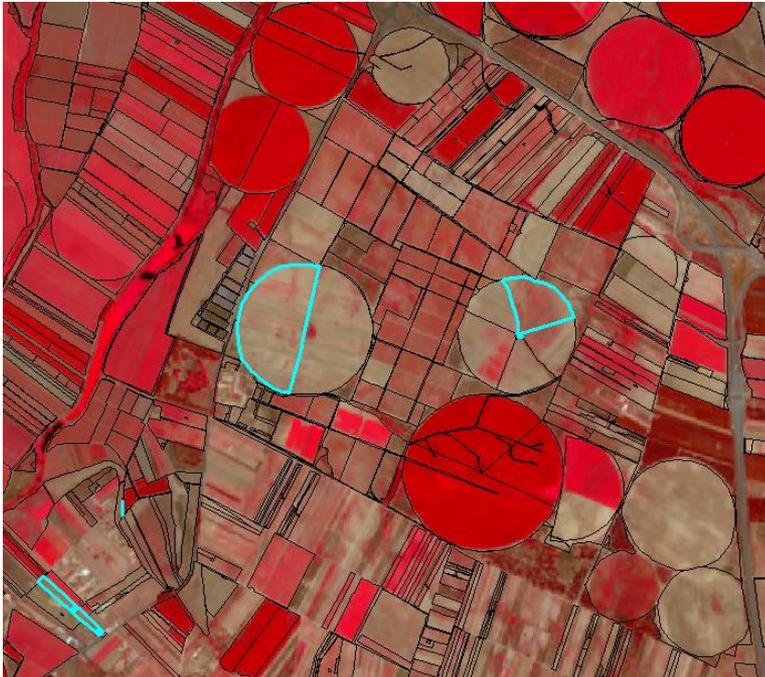


## Cumulative Distribution Function CI index

Verde: culturas permanentes  
(PRADOSTEMPORARIOS, SUPERFICIE  
ARBUSTIVA NÃO PASTOREAVEL,  
BOSQUETES, PASTAGENS ARBUSTIVAS,  
PINHAO, MEDRONHO, SOBREIRO PARA  
PRODUCAO DE CORTICA)

Vermelho culturas temporárias  
(AMENDOIM, TOMATE, BATATADOCE,  
ARROZ, MILHO)

## Controlo da atividade agrícola (atividade vegetativa)

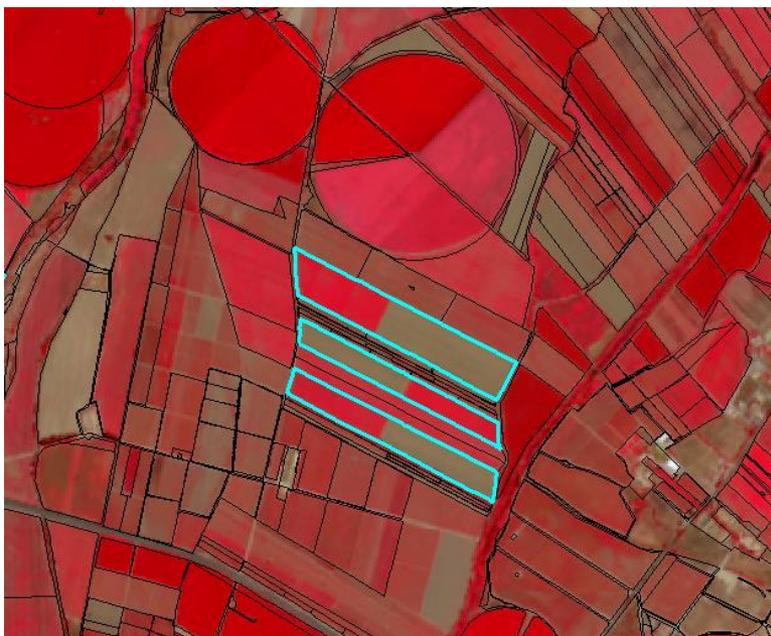


**declaradas como Milho**



**Declarado como Milho**

## Controlo da atividade agrícola (atividade vegetativa)

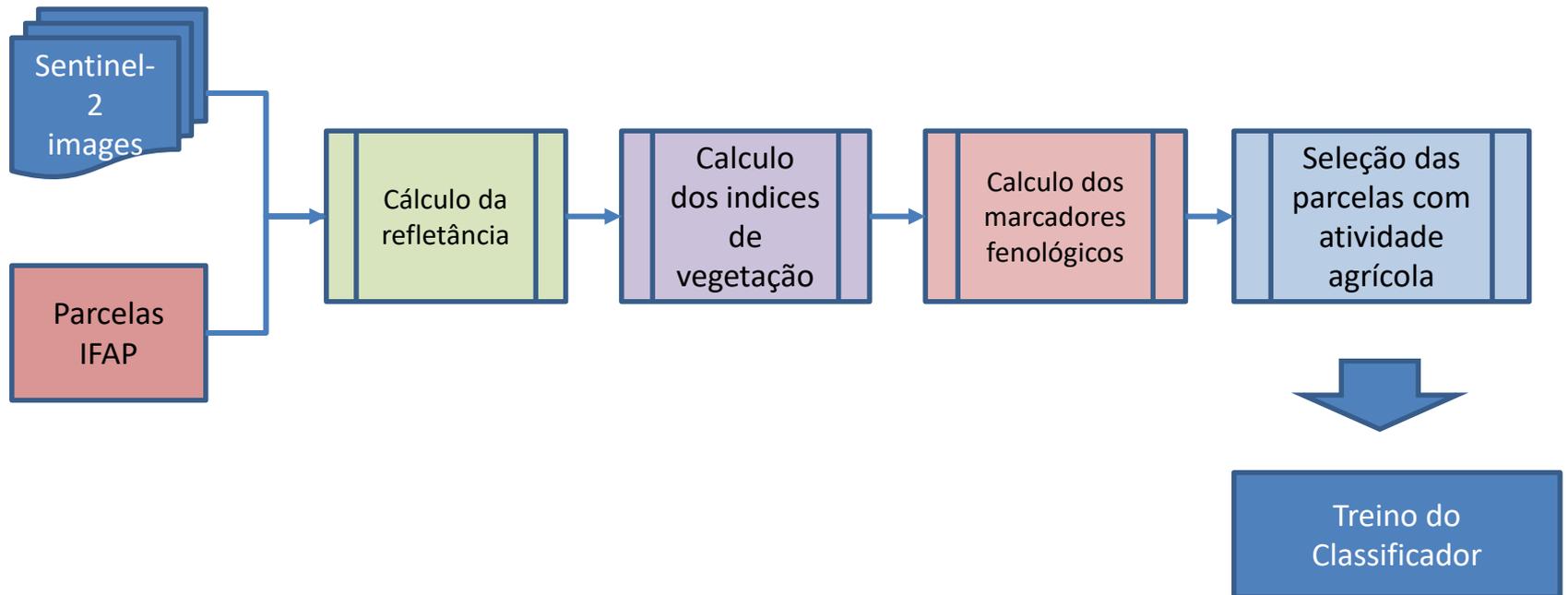


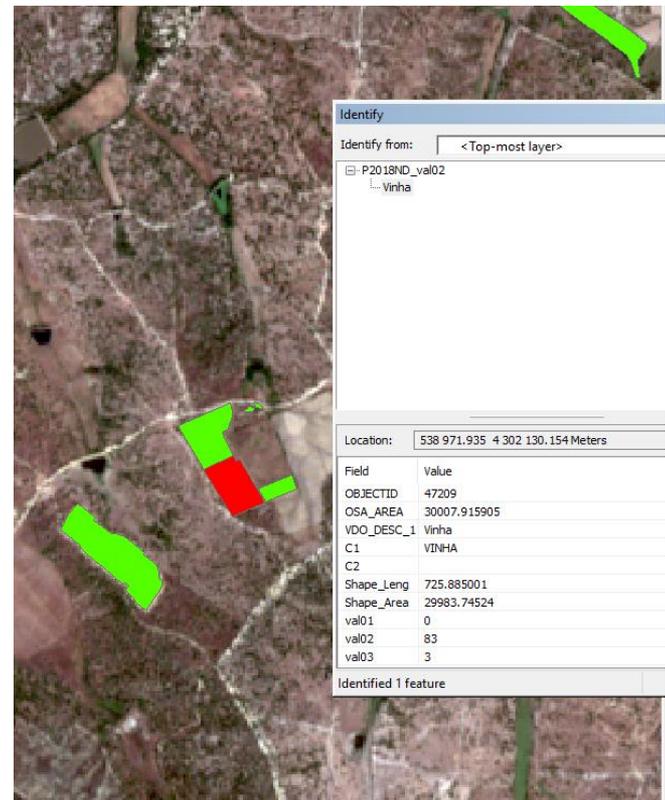
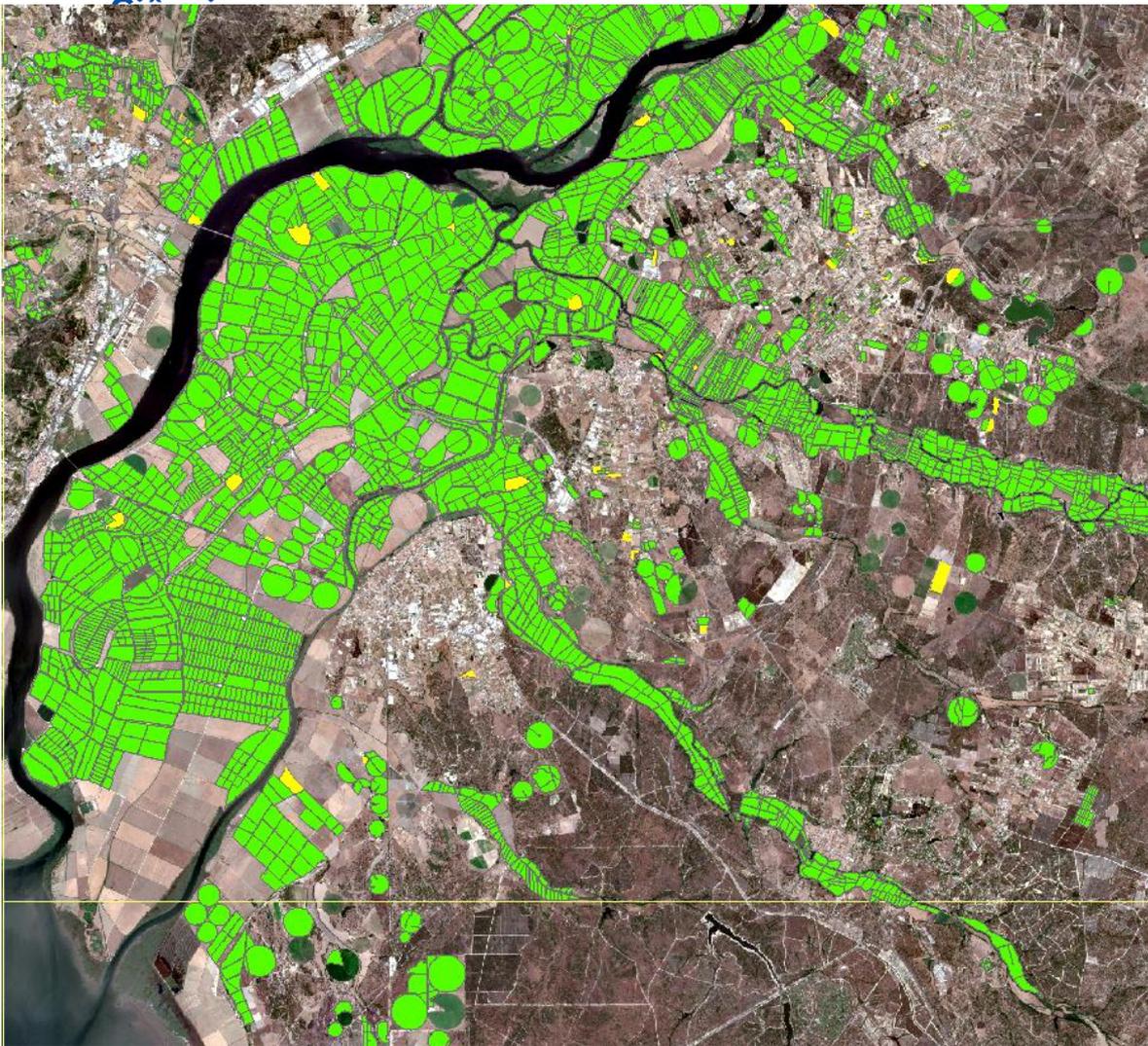
**Declarada como Tomate**



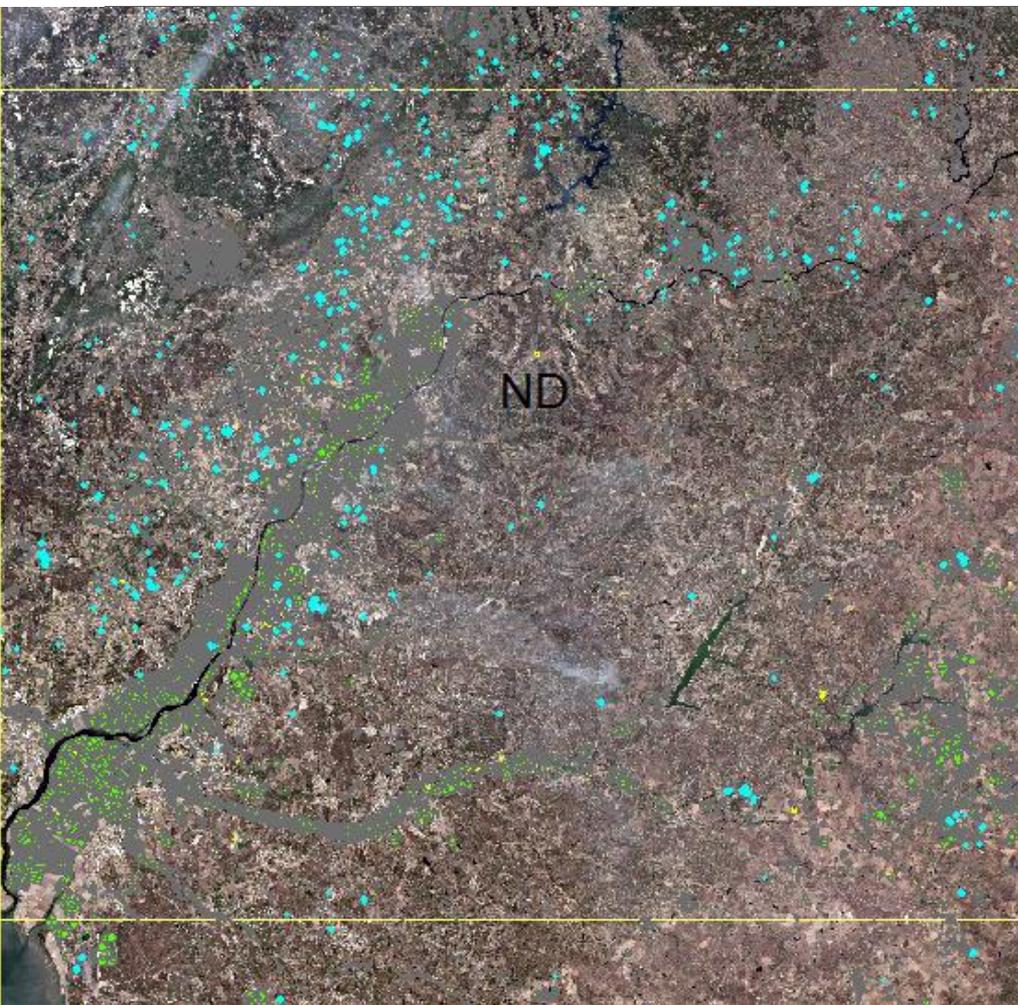
**Declarada como pastagem permanente**

## Sequência de operações





459 parcelas com codigo = 3  
674 parcelas com codigo = 2



Parcelas com área muito reduzida ou forma alongada.



### 3.3 Desenvolvimento de uma metodologia que valide a ocupação do solo

#### Problemas:

- Desagregação das classes de ocupação do solo
  - Área mínima da parcela a controlar
  - Irregularidade na aquisição das imagens
  - Insuficiente número de imagens multiespetrais no inverno
  - Identificação das Hortícolas
  - Separabilidade entre Vinha e Olival
-



## ***Monitorização do estado vegetativo do sobreiro com imagens multiespectrais do satélite Sentinel-2***

João Catalão, Ana Navarro, João Calvão  
*IDL, Faculty of Sciences, University of Lisbon, Portugal;*



Reunião 17 julho 2019, Lisboa

---



## Parcelas de referência

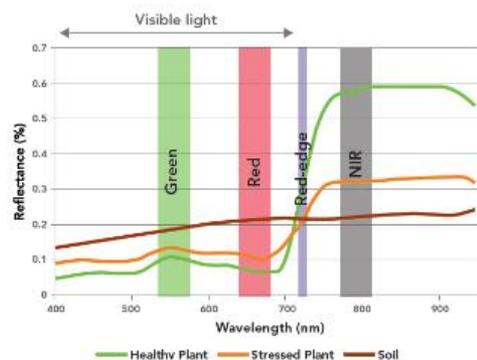
Parcela / Data	referência	2º voo	3º voo
Machoqueira	26 jun 2018	22 out 2018	25 jun 2019
C. Lezírias	12 jul 2018	23 out 2018	27 jun 2019
Freixo	10 jul 2018	24 out 2018	26 jun 2019
Azinhais	10 jul 2018	24 out 2018	24 jun 2019



## Caraterísticas do VANT

- > Sensefly eBee
- > Câmara Sequoia com 4 bandas (Verde, Vermelho, Red-Edge e Infravermelho) + Visível (Azul, Verde e Vermelho)

### Green Vegetation Reflectance



\* See the list on [www.parrot.com](http://www.parrot.com)

### General Specification



#### Body

- 4 spectral cameras 1.2 Mpx  
10 bits Global shutter
- Up to 1 FPS
- RGB Camera 16 Mpx  
Rolling shutter
- Configuration over Wi-Fi
- IMU + Magnetometer
- 64 GB
- 5W (~12W peak)
- 72g

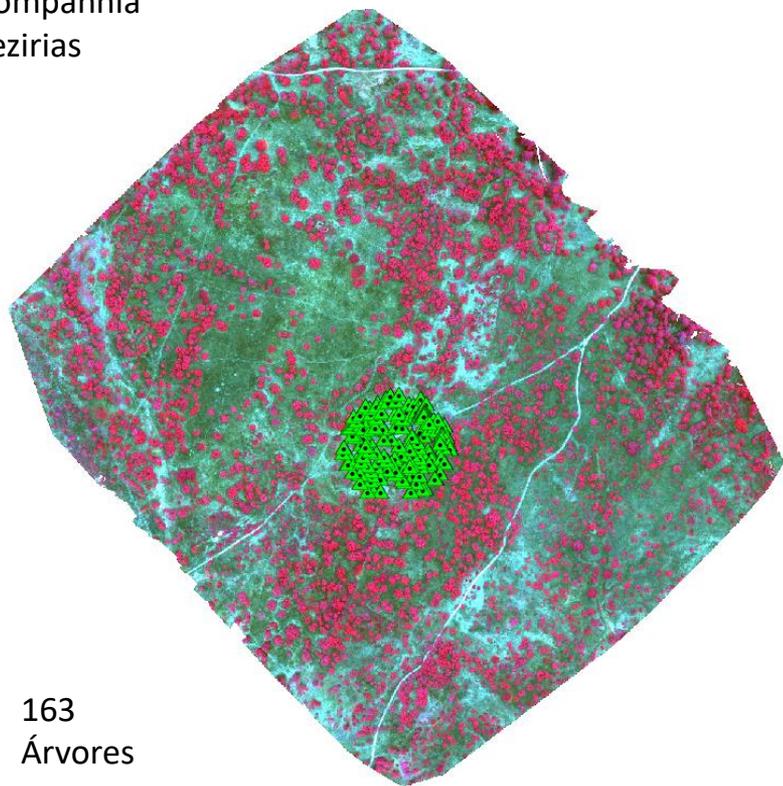
#### Sunshine sensor

- 4 spectral sensors with  
the same filters as  
the body
- GPS
- IMU + Magnetometer
- SD Card
- 1W
- 35g



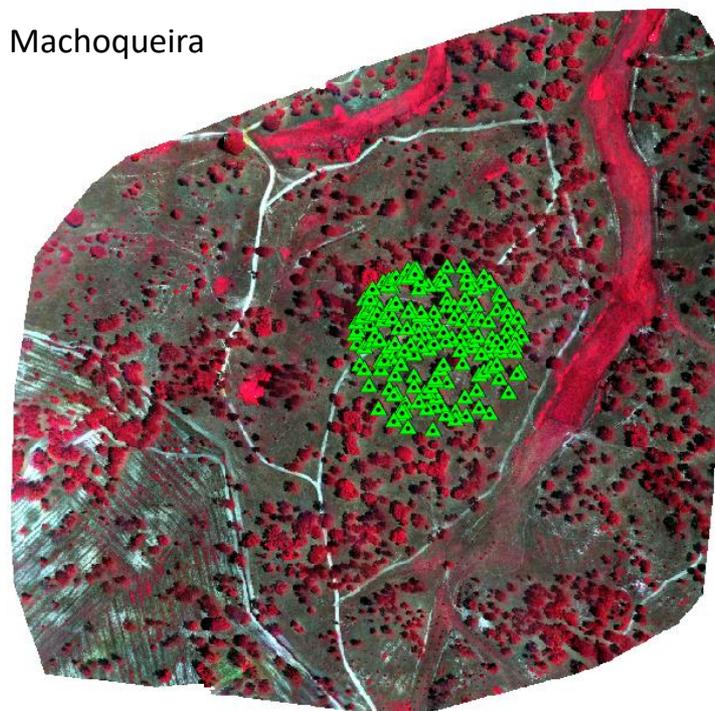


Companhia  
Lezírias



163  
Árvores

Machoqueira



182 Árvores

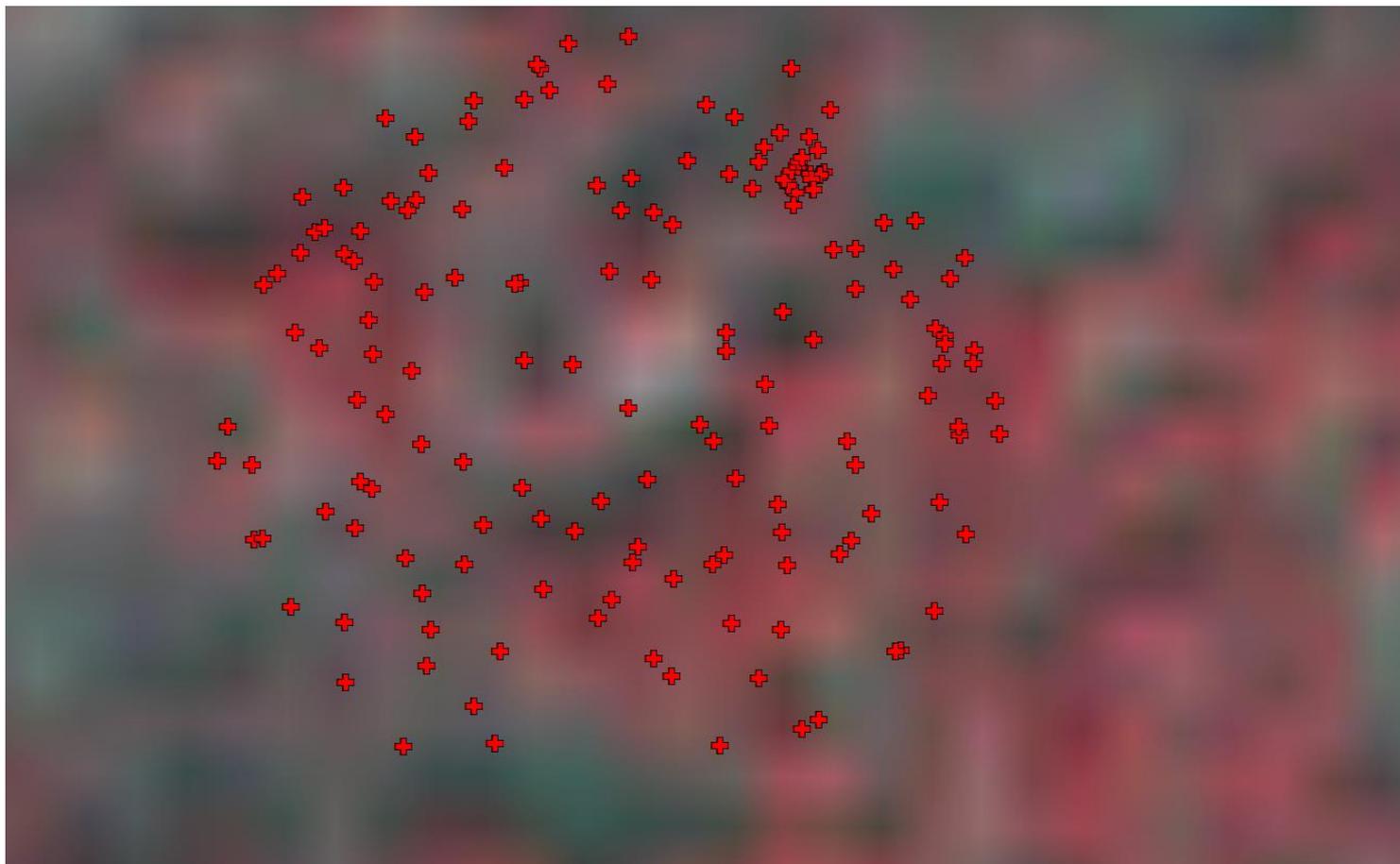


Ciências  
ULisboa

C. Lezírias

## Imagem S2

Identificação e  
georreferenciação  
de árvores no  
campo



## Algoritmo para deteção de árvores

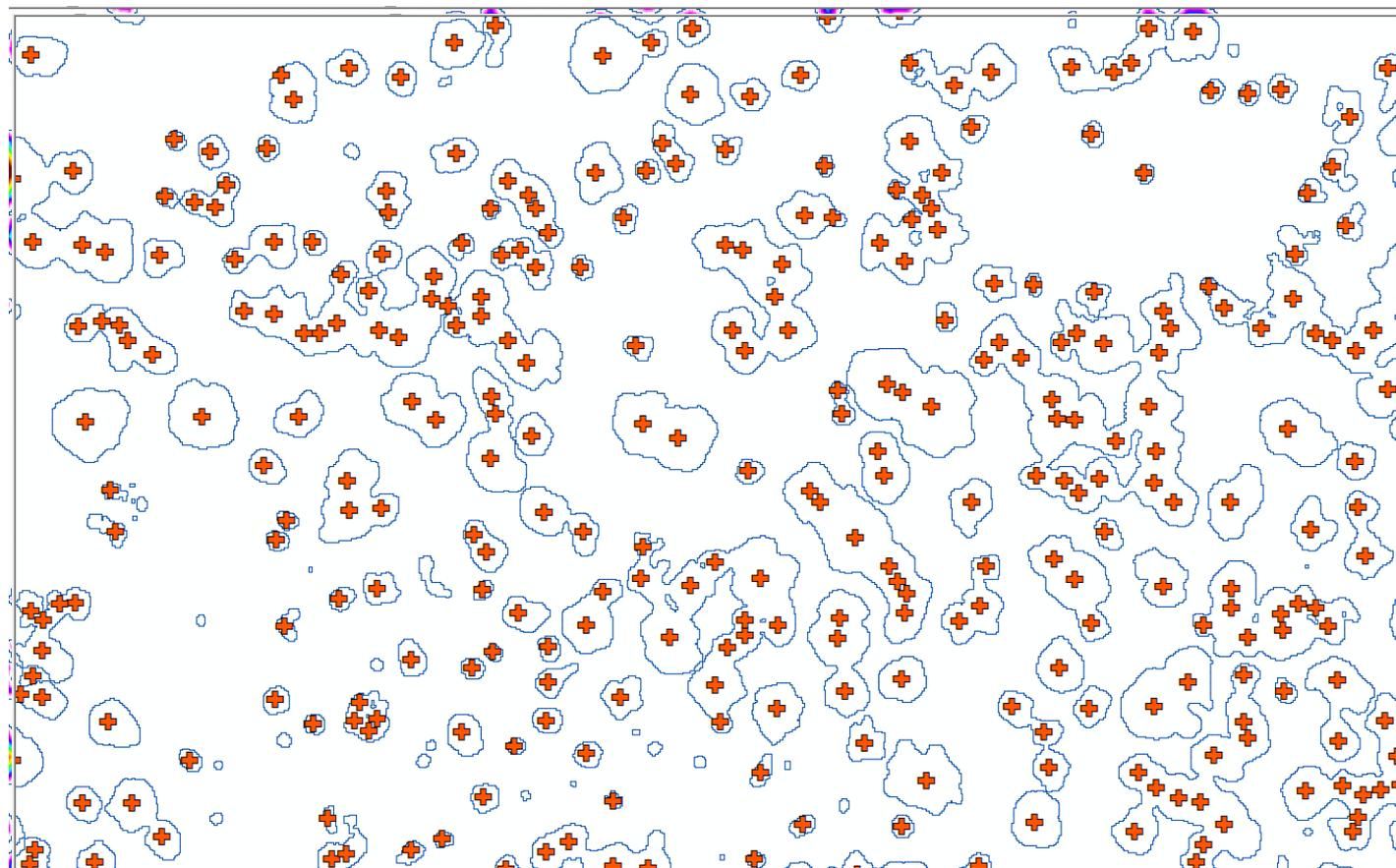
MSP

NDVI

Contorno

Extrusão

Max Local

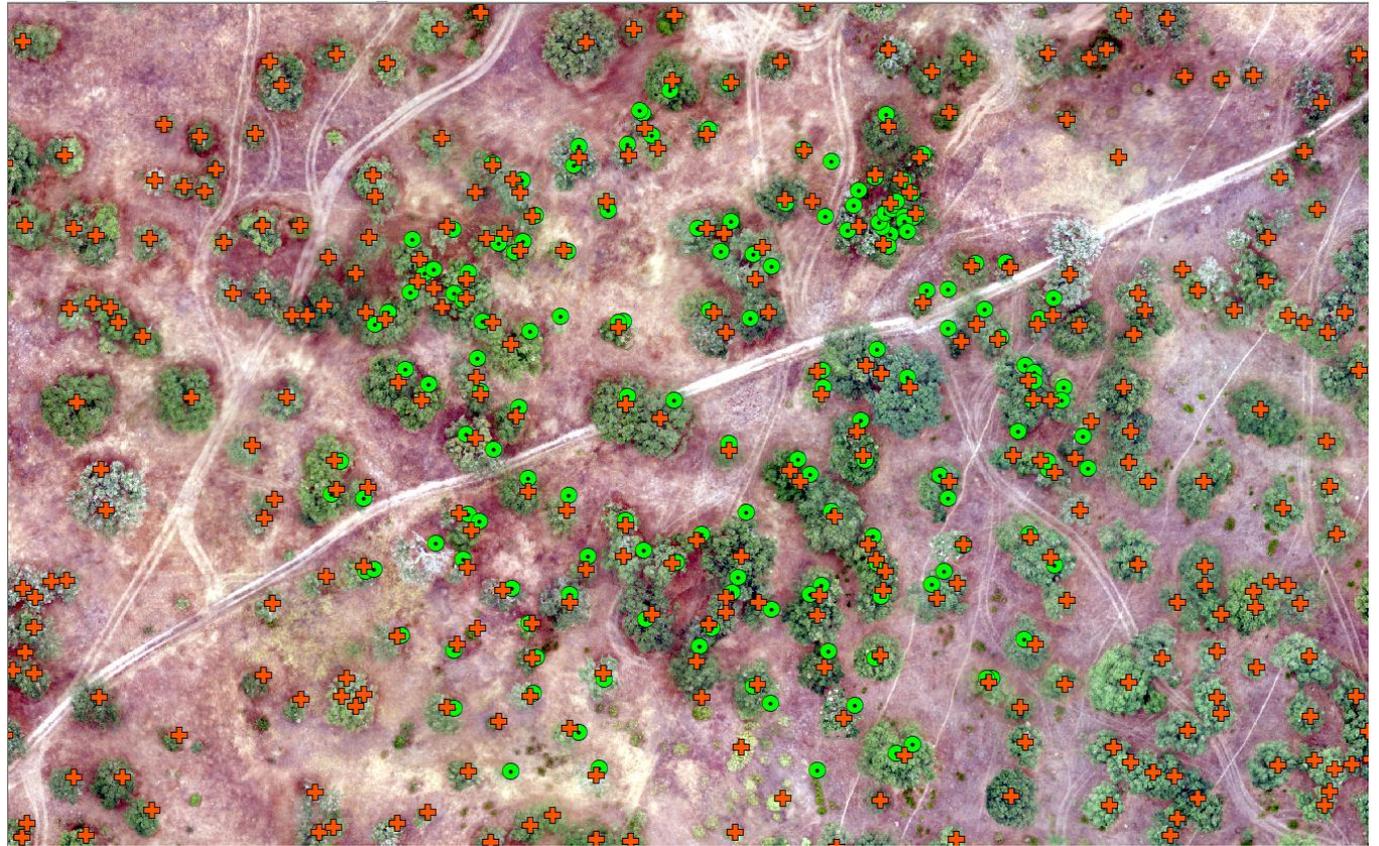


## Algoritmo para deteção de árvores

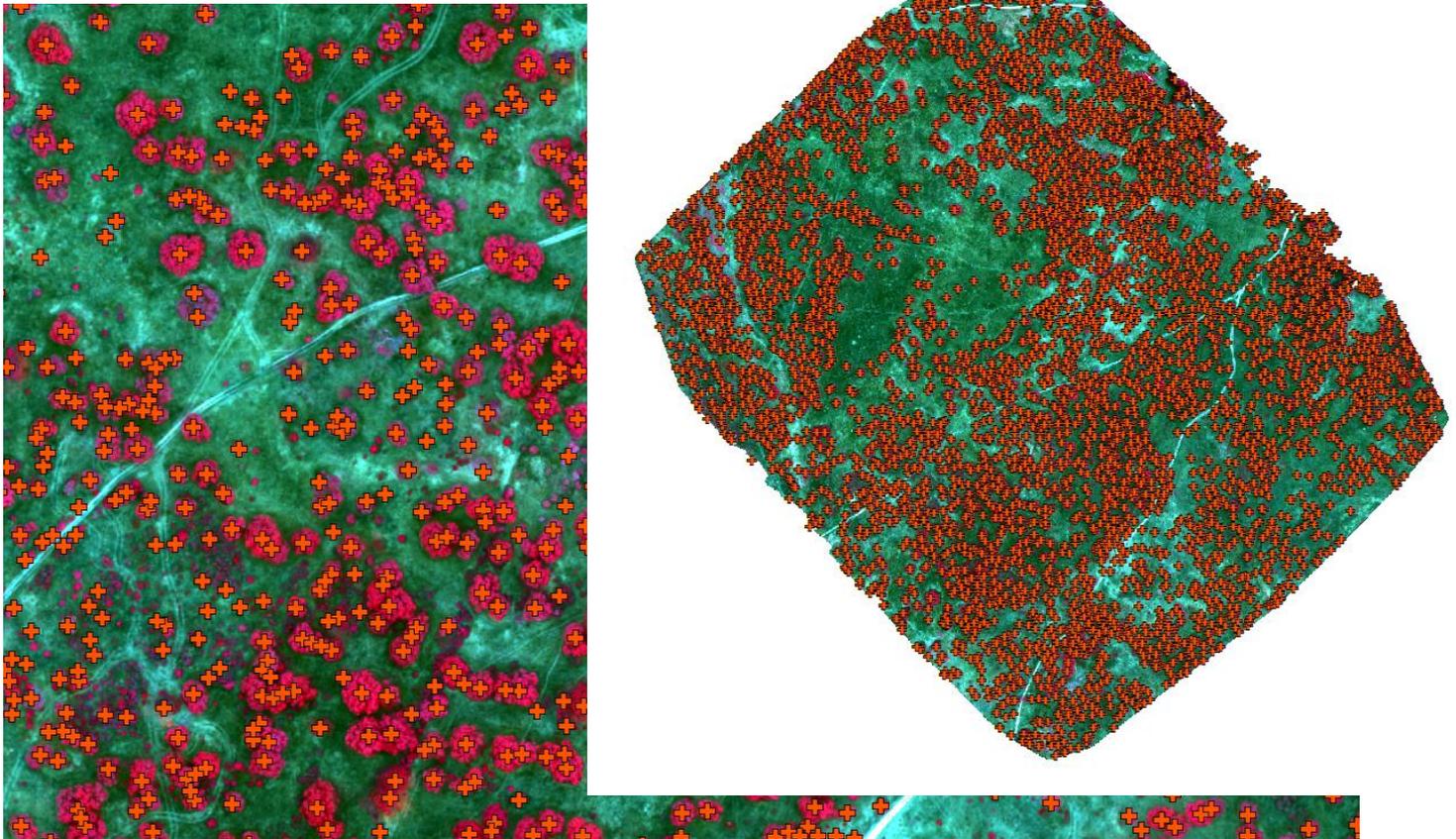
CL\_tree\_centers



ISA\_Sb\_arvores



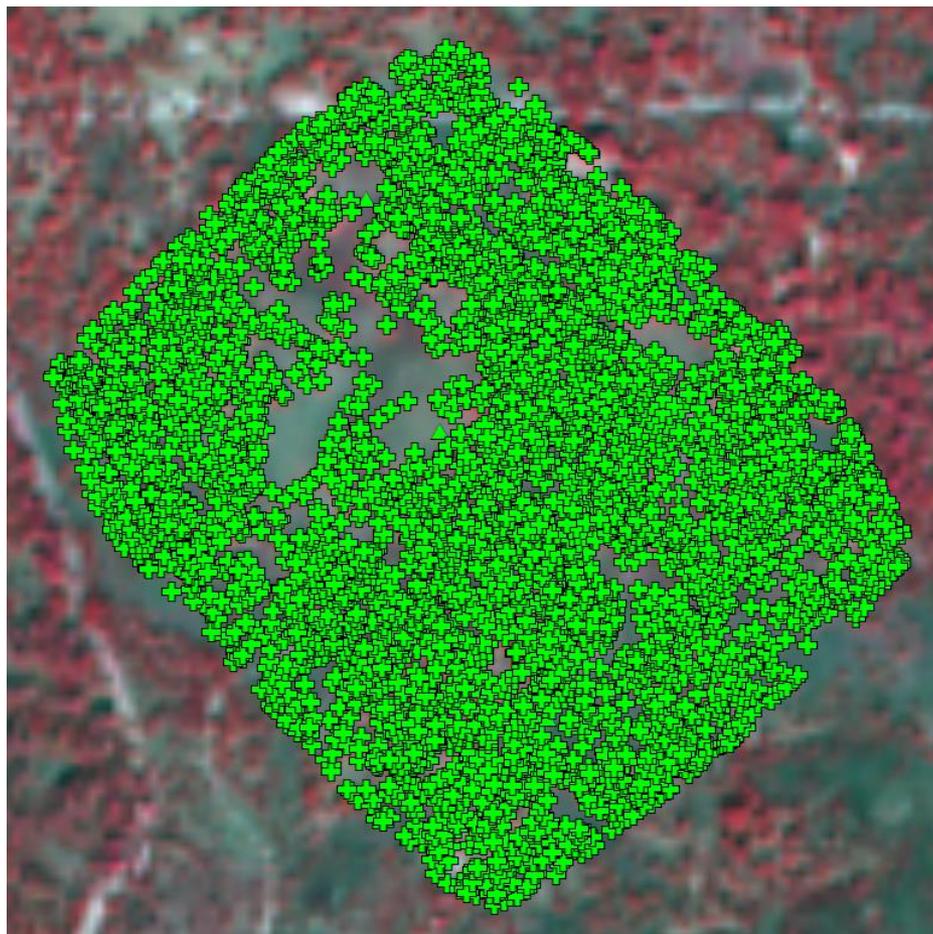
## Algoritmo para deteção de árvores





## Análise Multitemporal

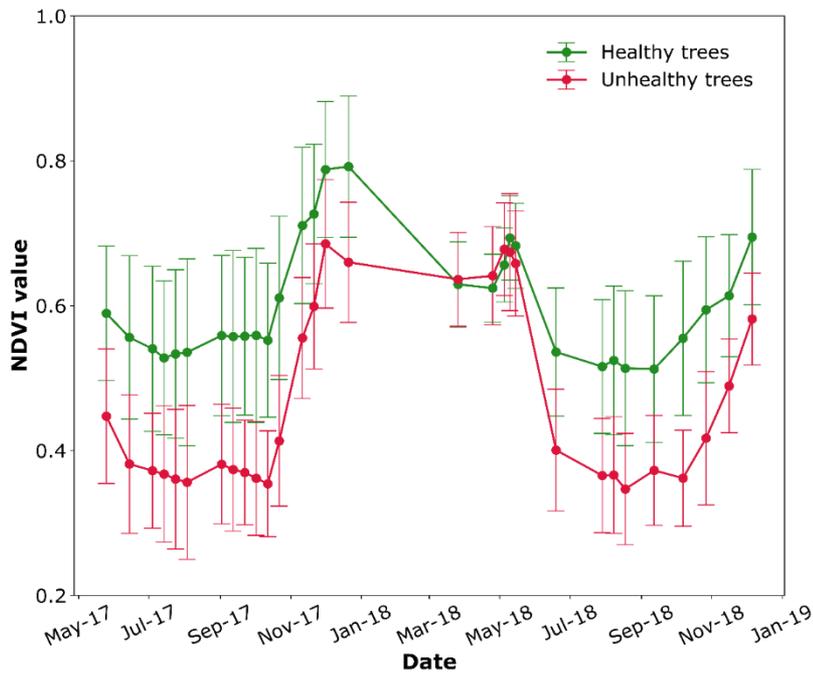
20160808	20170724	20180729
20160818	20170803	20180808
20160828	20170813	20180818
20160907	20170823	20180917
20160917	20170902	20180927
20160927	20170912	
20161007	20170922	
	20171002	
	20171012	
	20171022	



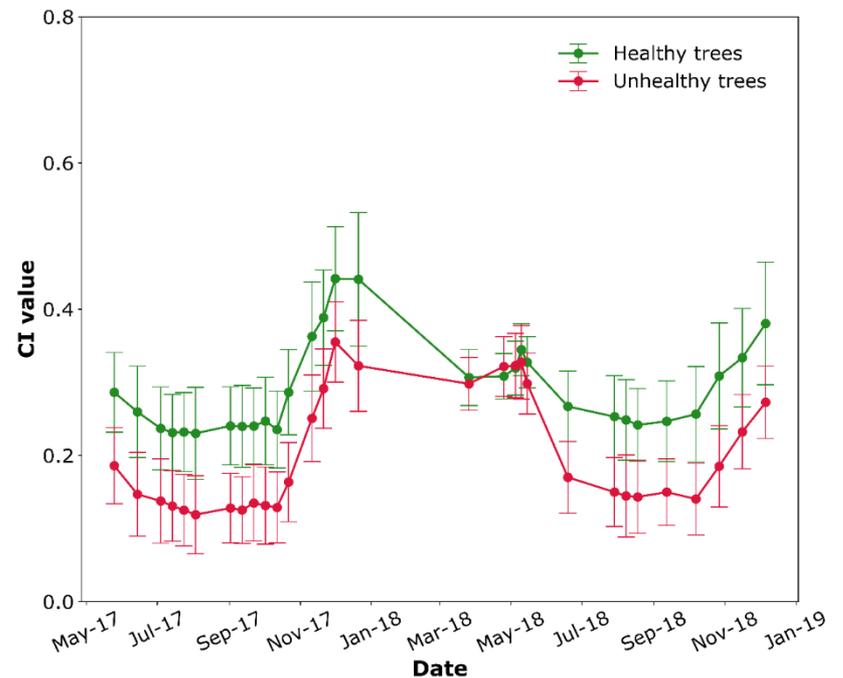


## Série temporal dos índices NDVI e RedEdge

NDVI time series



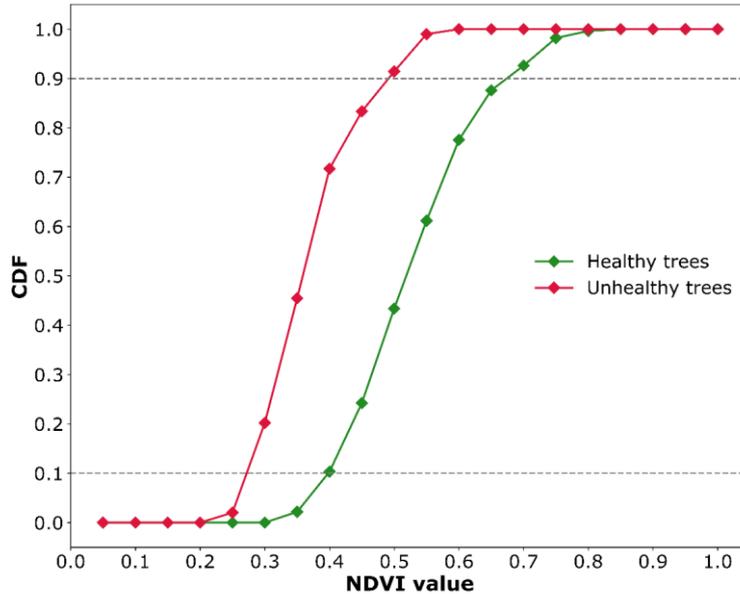
CI time series



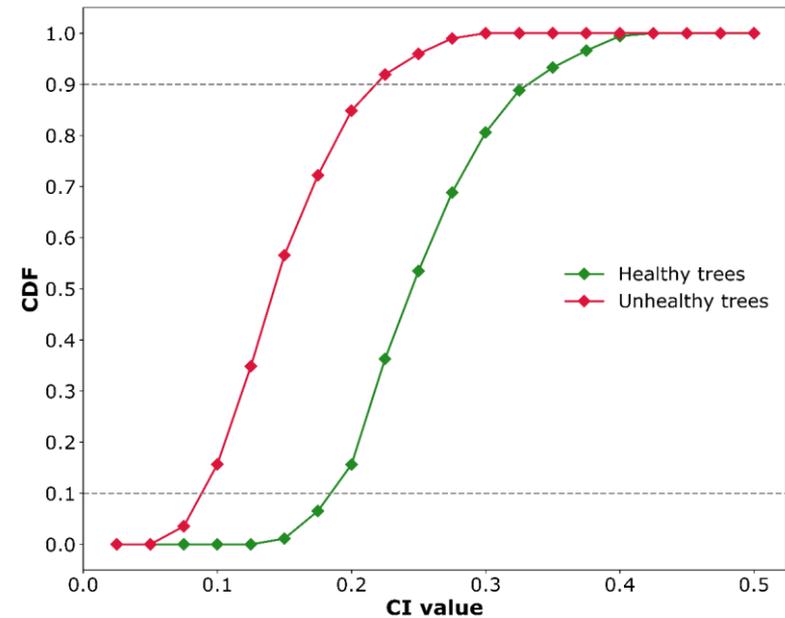


## Função distribuição cumulativa do NDVI e RedEdge

NDVI Cumulative Distribution Function



CI Cumulative Distribution Function

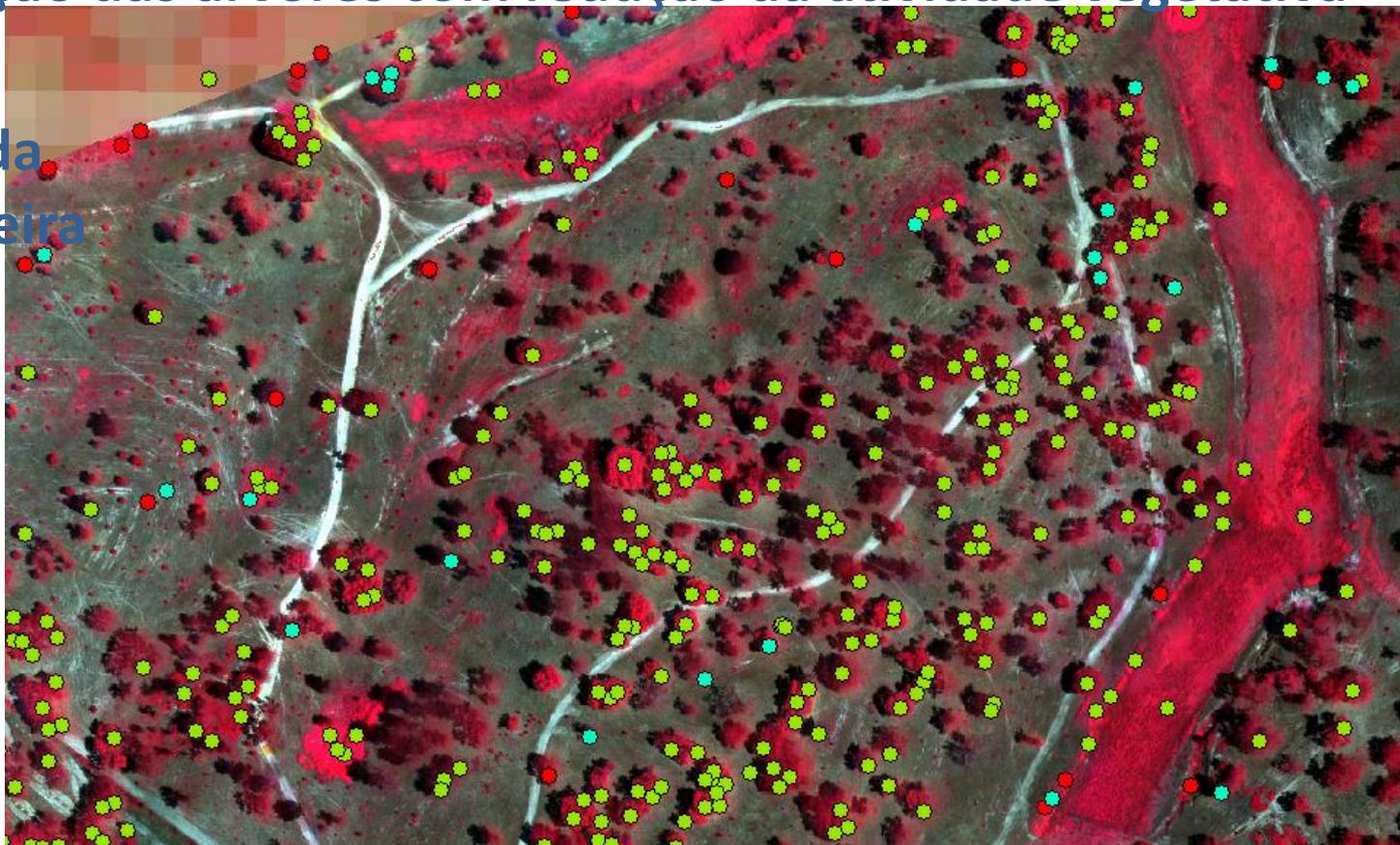




Ciências  
ULisboa

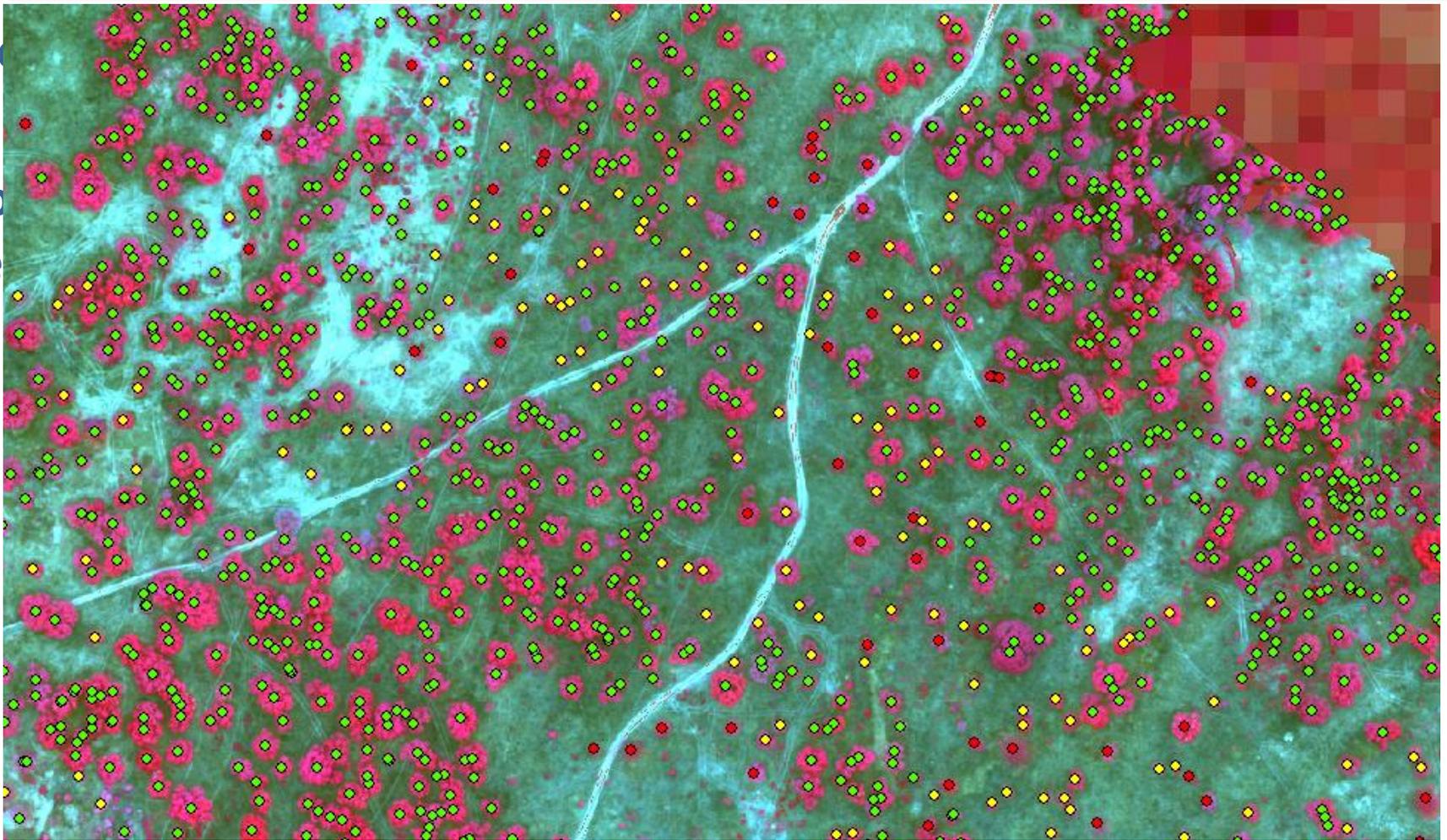
## Identificação das árvores com redução da atividade vegetativa

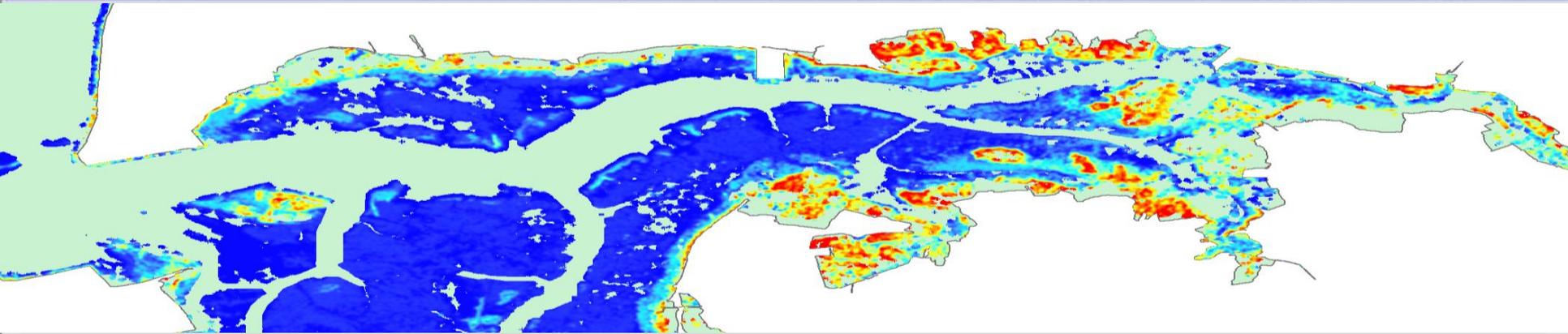
Herdade da  
Machoqueira  
do Grou





Ido  
Co  
Le





## Mapping Intertidal morphology by multitemporal SAR backscattering data

Joao Catalao<sup>(1)</sup> & Giovanni Nico<sup>(2)</sup>

1: IDL, Faculty of Sciences, University of Lisbon, Portugal;

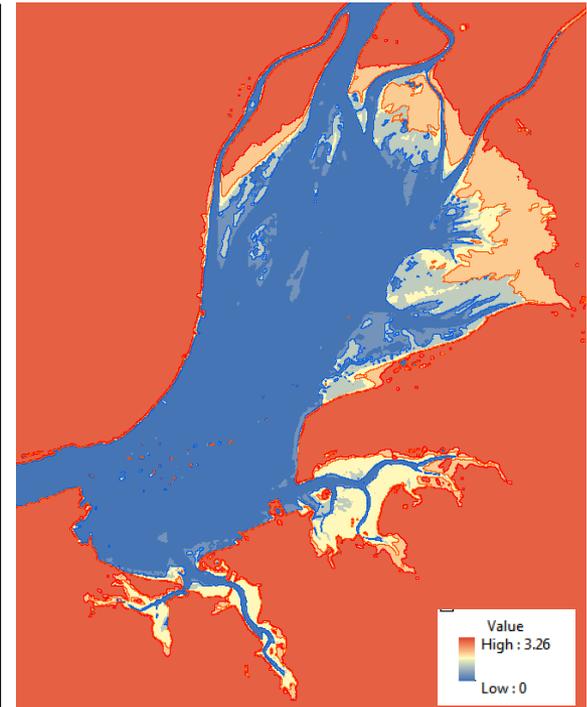
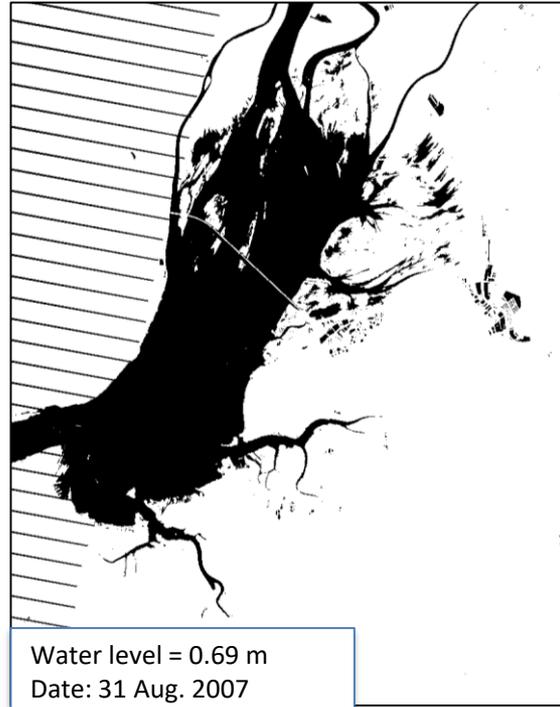
2: CNR, Istituto per le Applicazioni del Calcolo (IAC) - Bari, Italy





# Mapping Intertidal morphology

## Waterline Method



## Waterline Method for SAR (\*)



- Thresholding
- Edge-preserving filter techniques (Wang, Y, 1997)
- Region-Based Level Sets (Silveira & Heleno, 2009)
- Markov Random Fields (Pelizzari & Bioucas, 2007)
- Wavelet-based (Niedermeier, 2002)

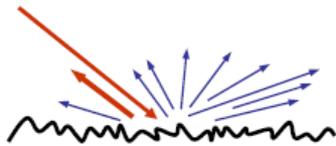
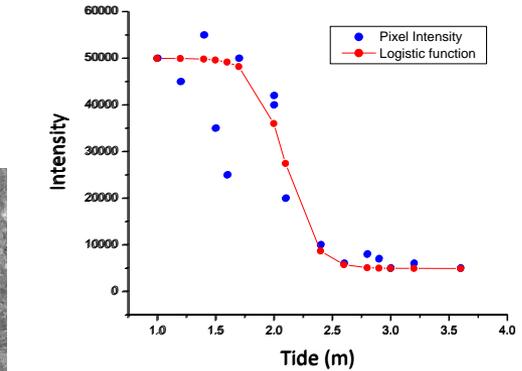
K-means Cluster (Soares et al., 2012)

(\*) D.C. Mason et al., Construction of an intertidal digital elevation model by the water-line method, GRL,1995

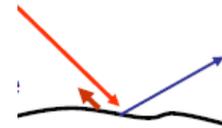


# Mapping Intertidal morphology

## Multitemporal Intensity Logistic Analysis (MILA)



Diffuse to Specular scattering



# Multitemporal logistic analysis

## Temporal Variability

> Standard Deviation

$$\sigma_a(x, y) = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (J_i - \bar{J})^2}$$

$$\sigma(x, y) = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (10 \cdot \log_{10} J_i)^2 - \left( \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M 10 \cdot \log_{10} J_i \right)^2}$$

> Amplitude dispersion

$$D_a = \frac{\sigma_a}{\mu}$$



## Logistic analysis

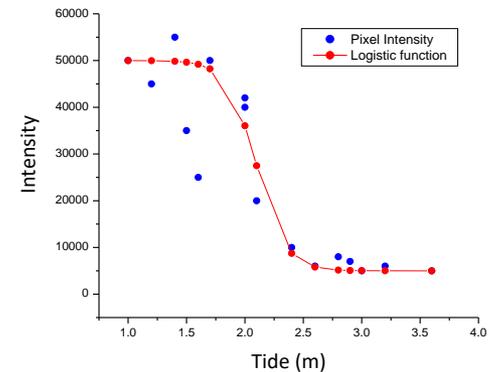
The logistic function relates the height of the resolution cell ( $h$ ) with the pixel intensity ( $J_i$ ). The function is defined by the parameters ( $a$ ,  $k$ ,  $h$ ) and is given by:

$$J_i = \frac{k}{1 + e^{-a(h_i - h)}} \quad i = 1, \dots, M$$

In which  $k$  is the maximum intensity,  $a$  is the steepness of the logistic function ( $a = -8$ , if negative the function decrease),  $h$  is the height of the resolution cell and  $h_i$  is the tide height for image  $i$ .

$$\min \left\{ \sum_{i=1}^M h_i - h + \frac{1}{a} \ln \left( \frac{J_i}{k - J_i} \right) \right\}^2$$

$h$  and  $k$  are the parameters to be estimated

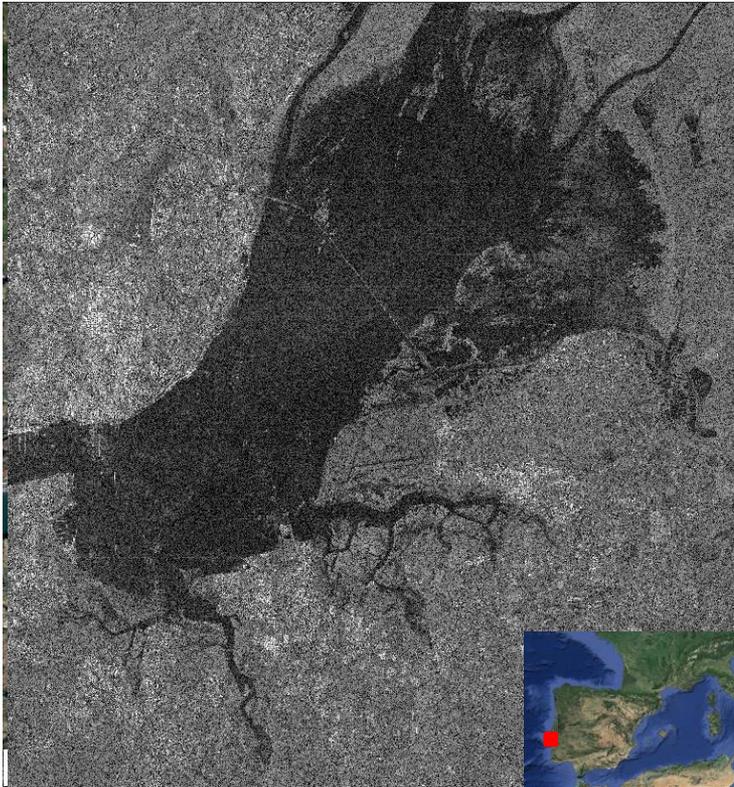


We have to search on the solution space for the values ( $h$ ,  $k$ ) that minimize the expression.



Ciências  
ULisboa

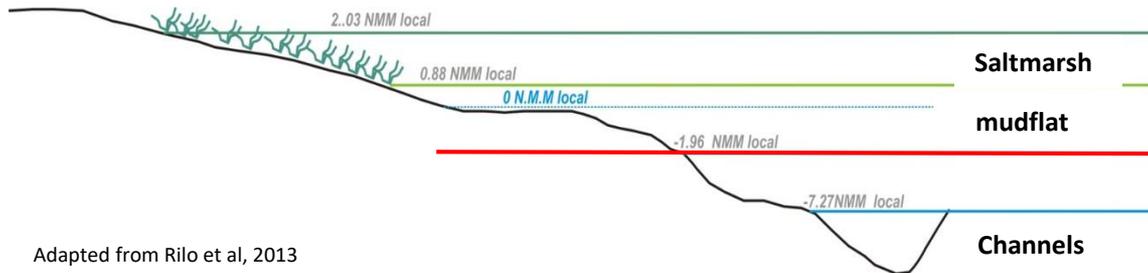
## Test Site: Tagus Estuary



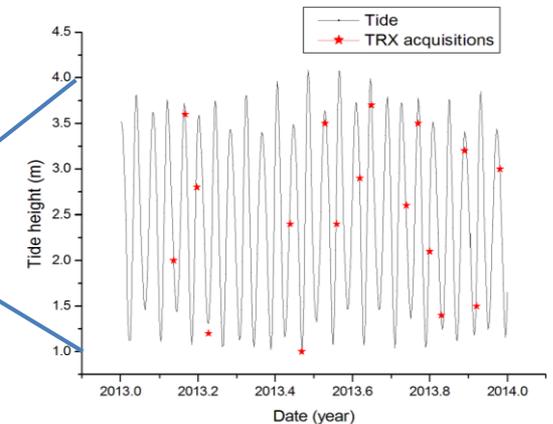
## SAR data and Tide height



TerraSAR-X SAR images (19)  
 From January 2013, January 2014  
 Ascending, HH polarization, 3 m resolution  
 Incidence angle: 42.8 degrees  
 (Project: DLR COA 1840)



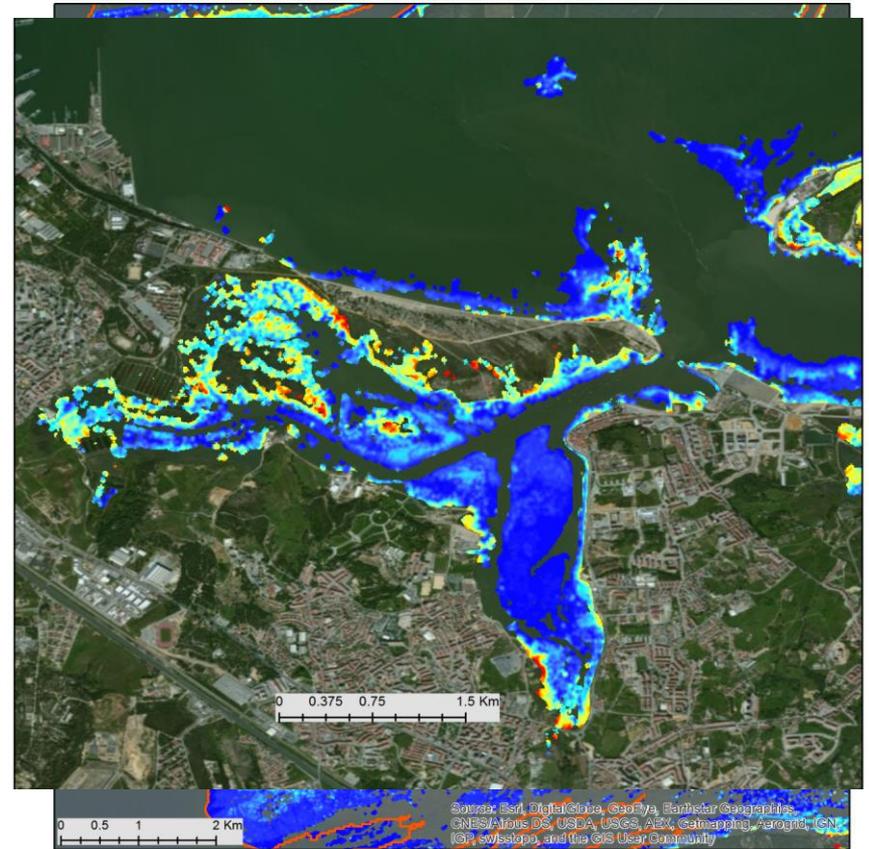
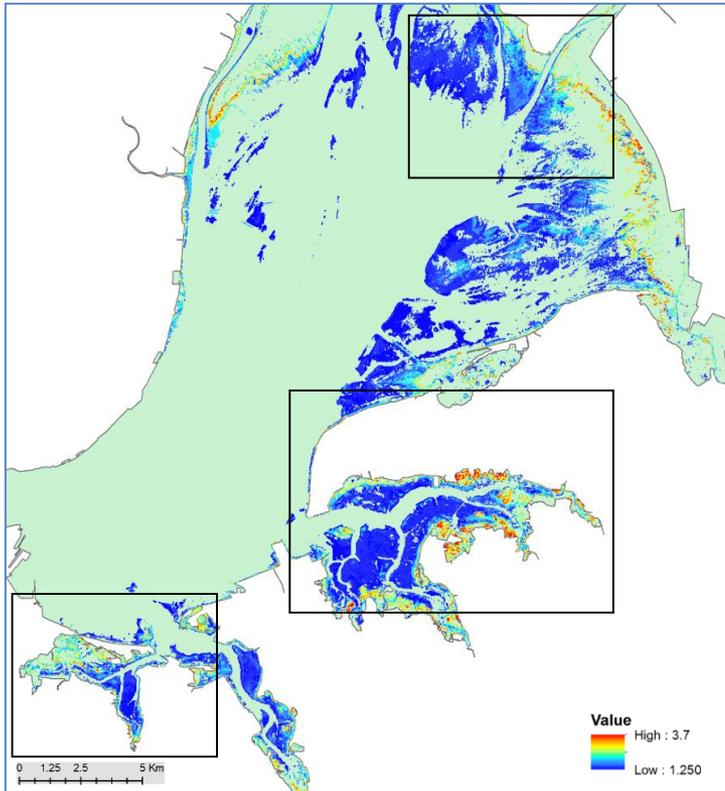
Adapted from Rilo et al, 2013



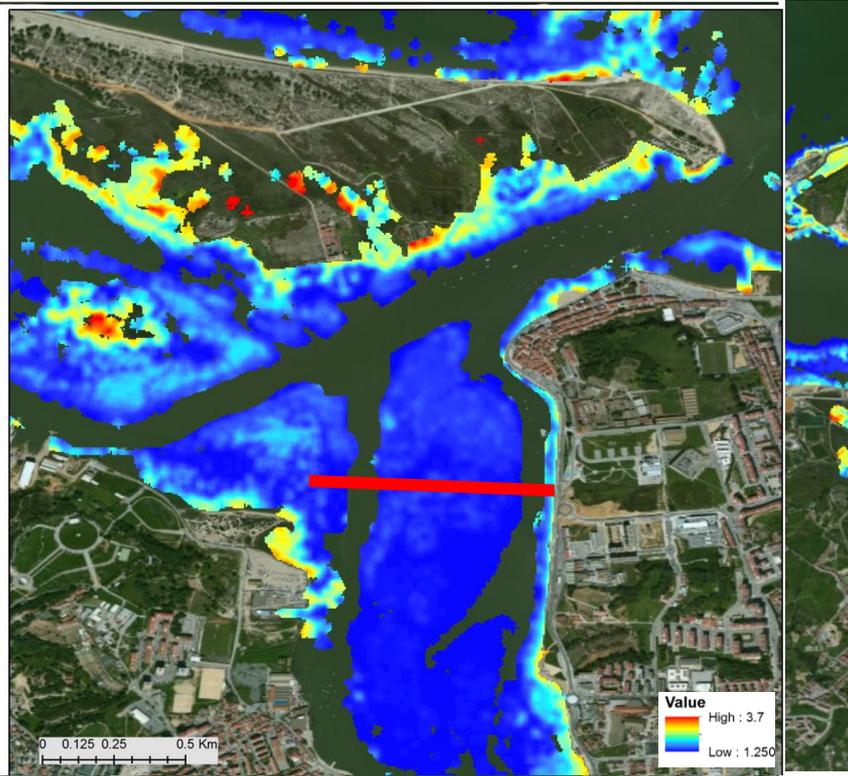
Tagus estuary tide height at 18:30 from 2013, January to 2014, January.



## Intertidal elevation model

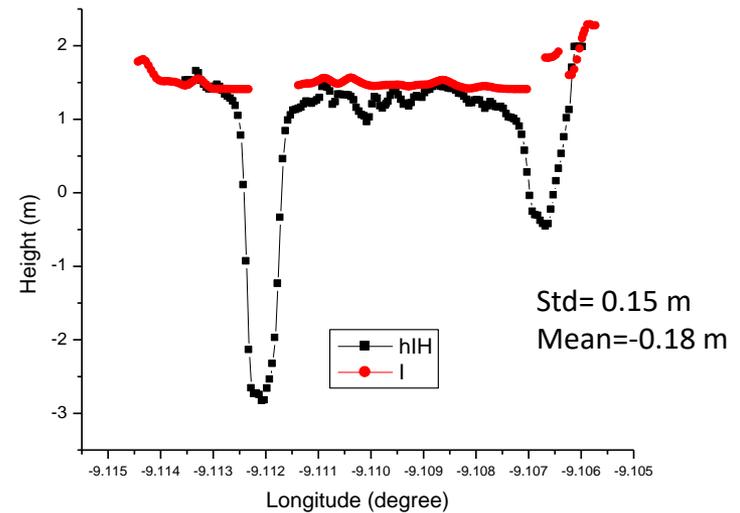


# Validation



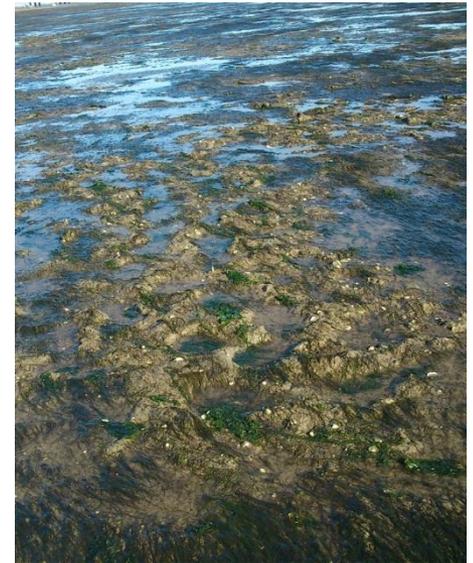
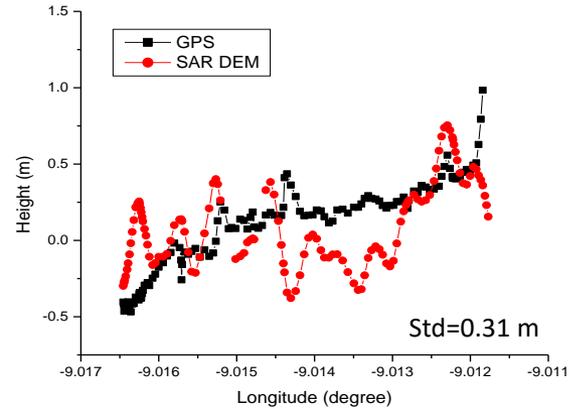
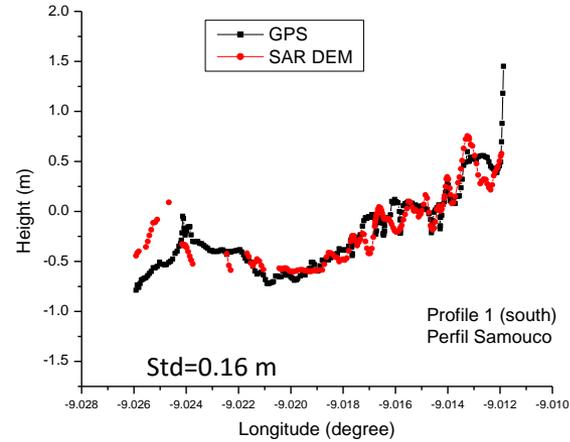
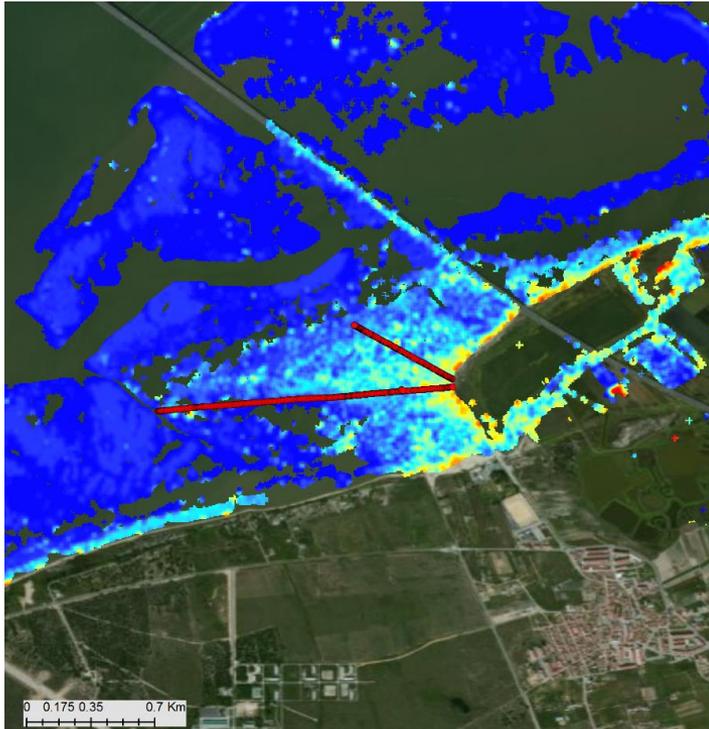
Bathymetric survey with echo sounding  
Hydrographic Institute, 2014. Uncertainty= 0.18 m

Comparison between grids:  
mean=-0.18 m; std = 0.23 m



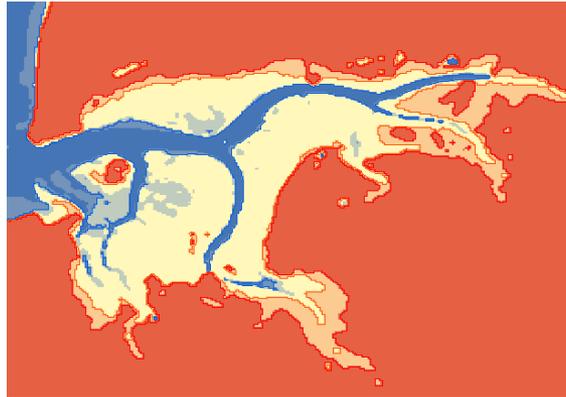
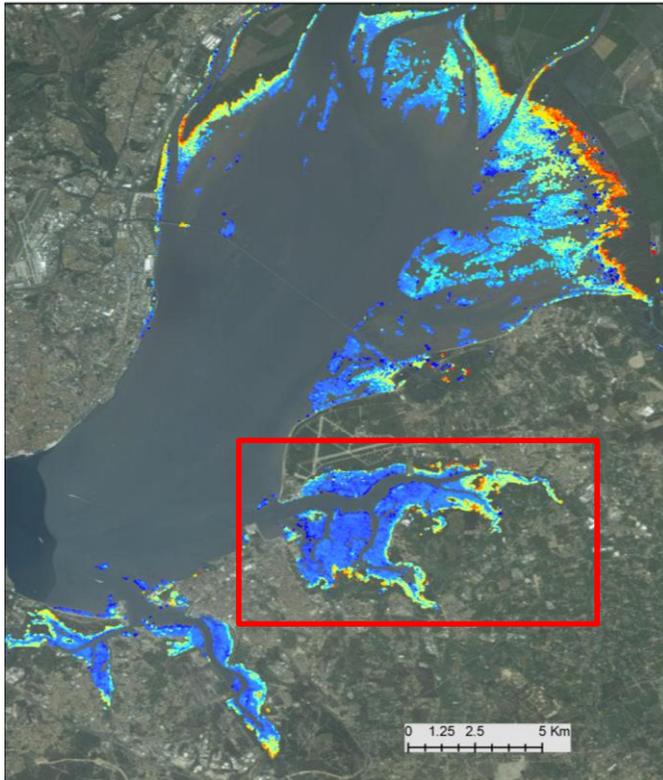


# Validation

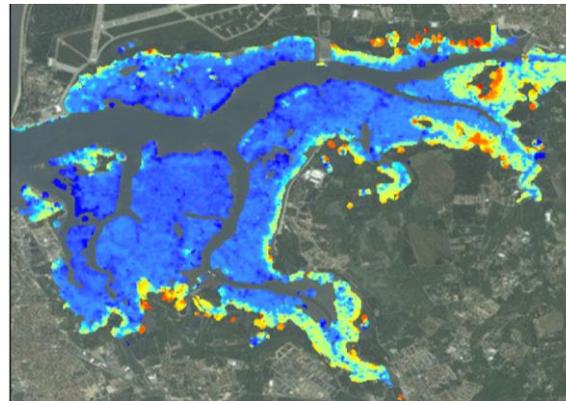




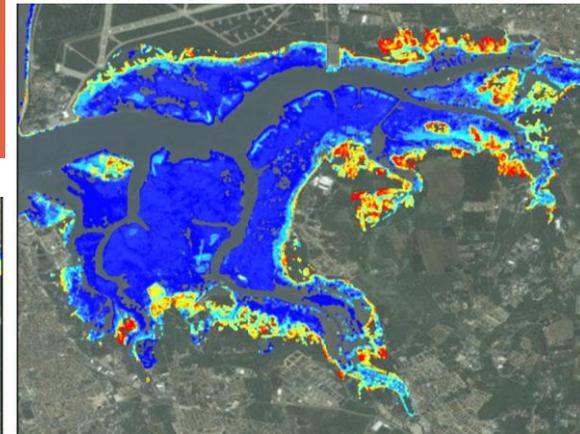
## Sentinel-1A SAR data



Landsat -7  
WaterLine



Sentinel-1A, MILA algorithm

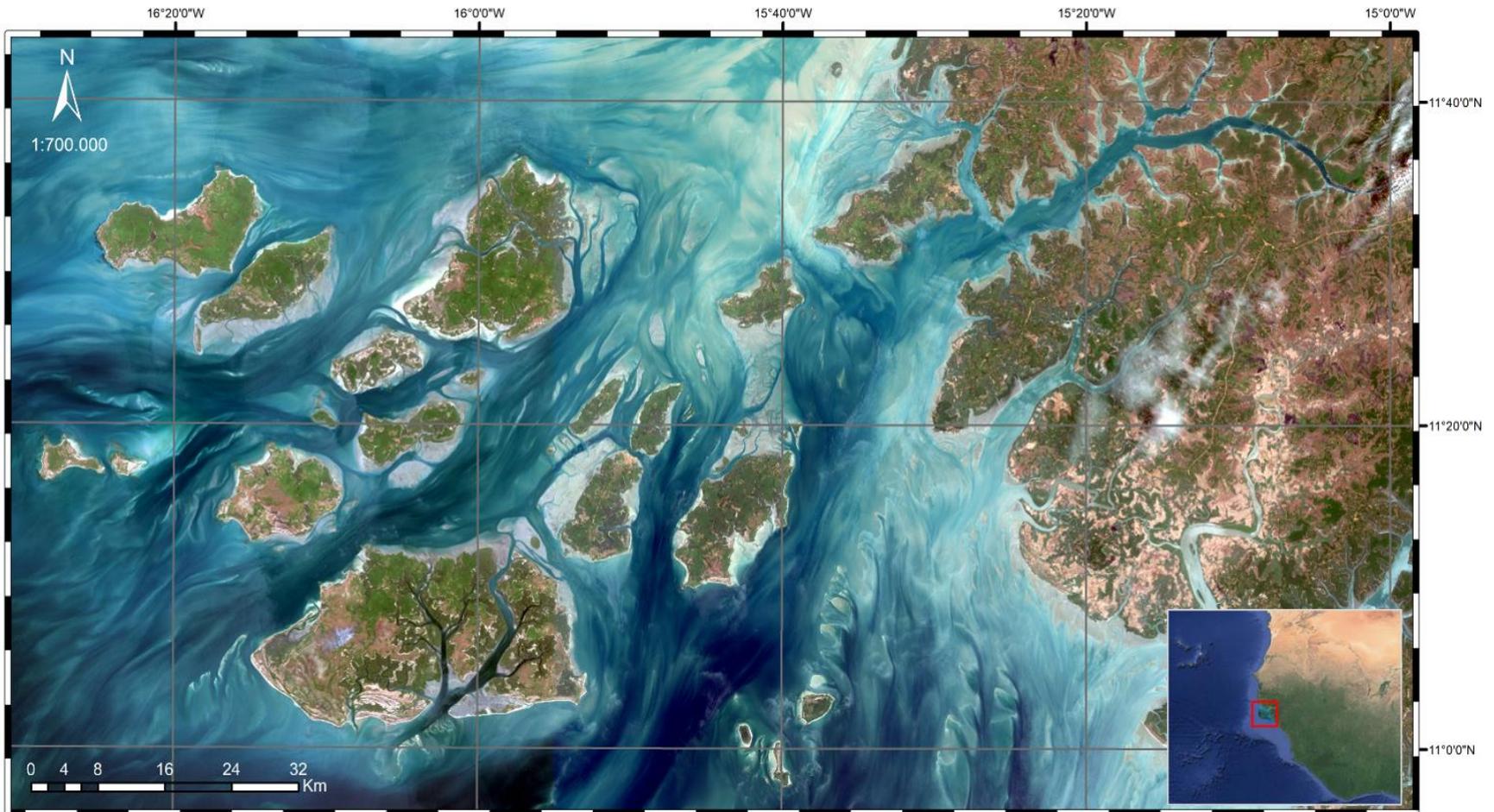


TerraSAR-X, MILA algorithm



# Mapping Intertidal morphology

## Sentinel-2 - Bijagós



# Mapping Intertidal morphology

## Sentinel-2 - Tejo



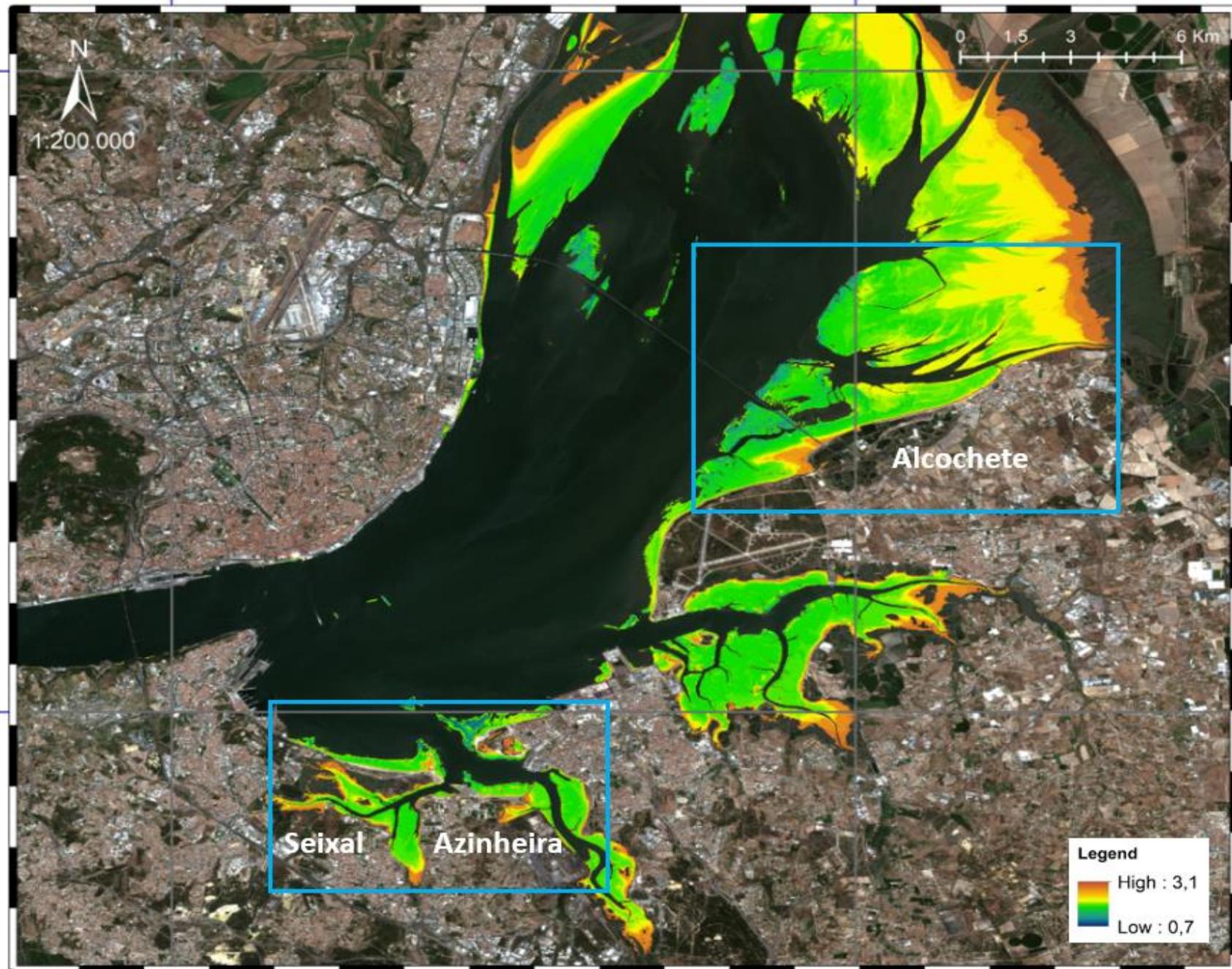
9°10'0"W

9°0'0"W

0 1.5 3 6 Km

38°50'0"N

N  
1:200,000



38°40'0"N

9°7'30"W

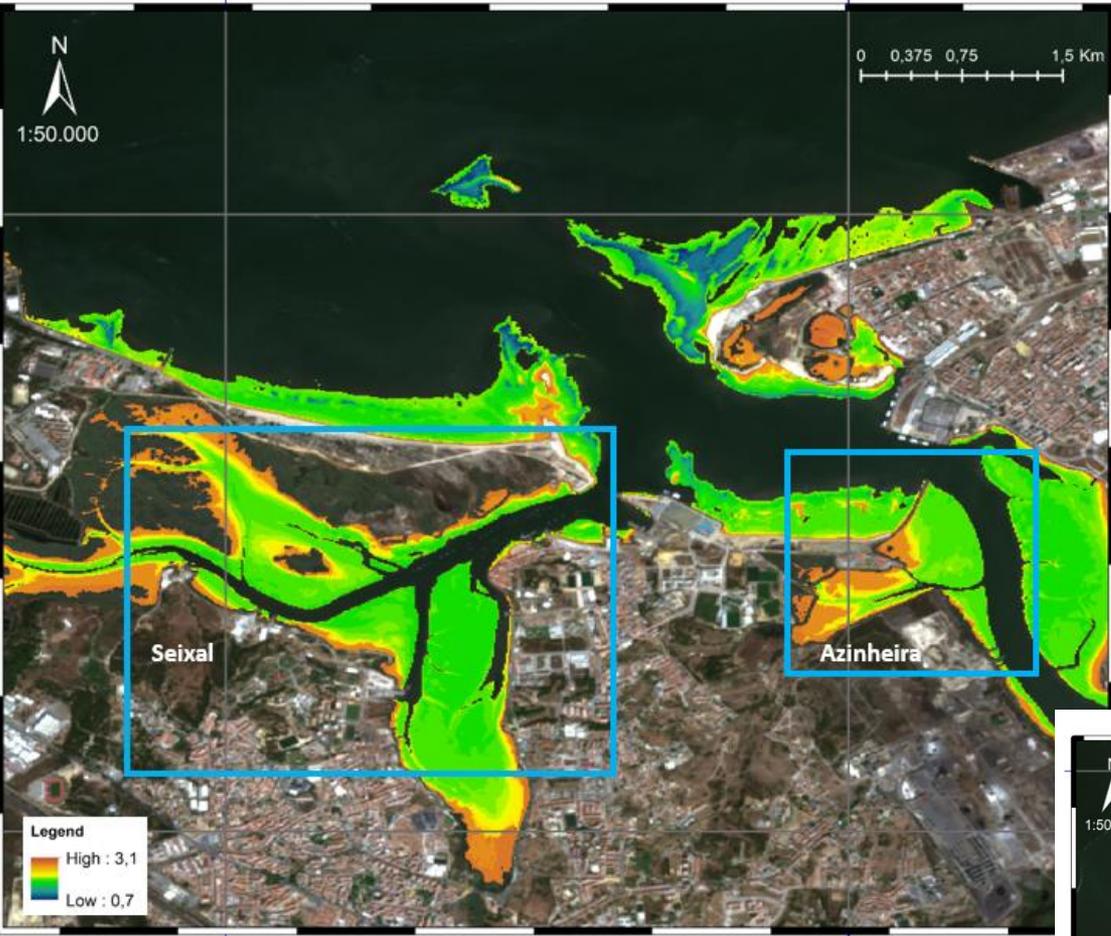
9°5'0"W



1:50.000



38°40'0"N



9°0'0"W

8°57'30"W



1:50.000



38°47'30"N

38°45'0"N

