DETEÇÃO REMOTA E PROESSAMENTO DE IMAGEM



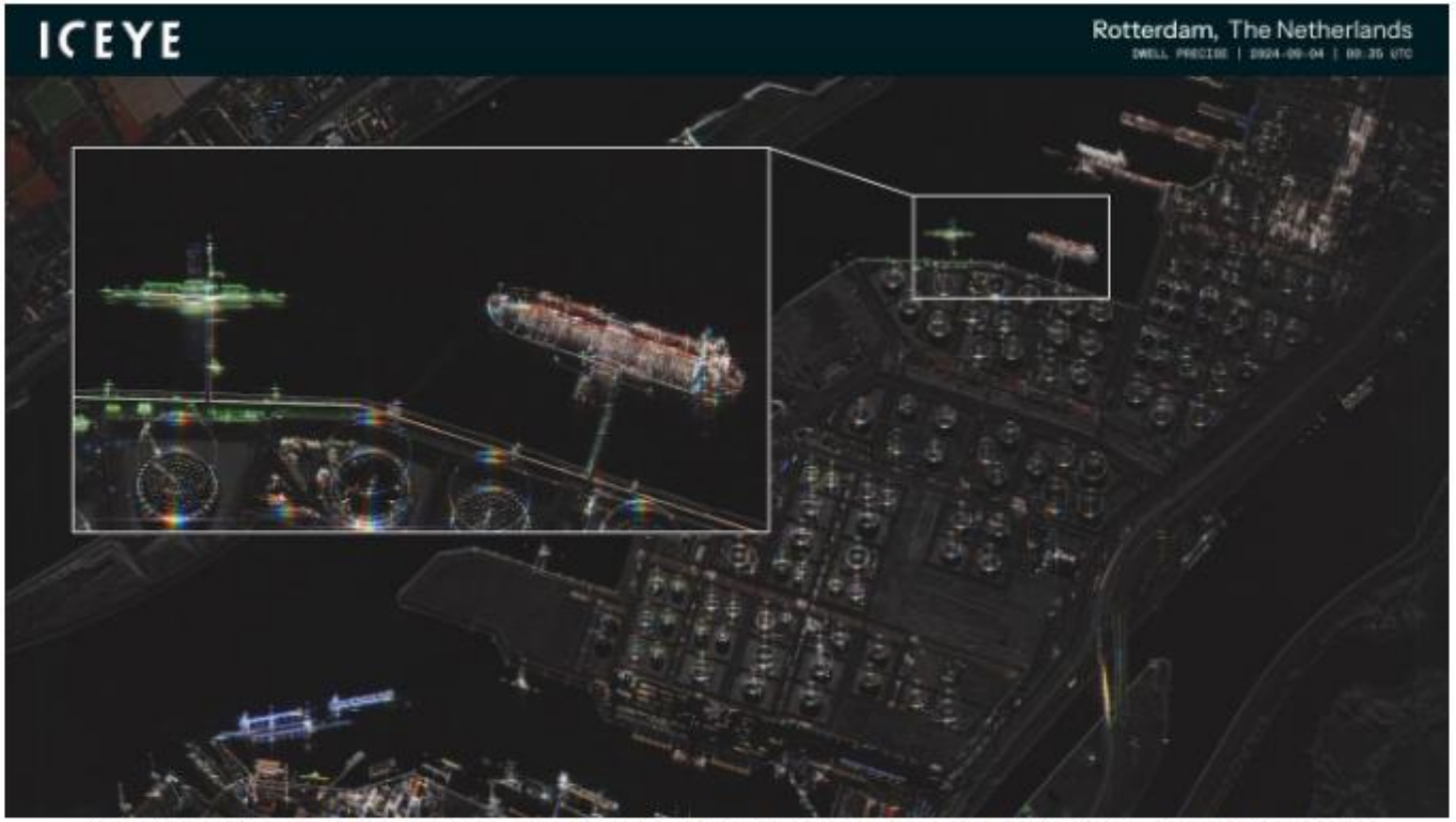
Sumário

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

Iceye Debuts 25 cm SAR Imagery Resolution

By Rachel Jewett | October 2, 2024

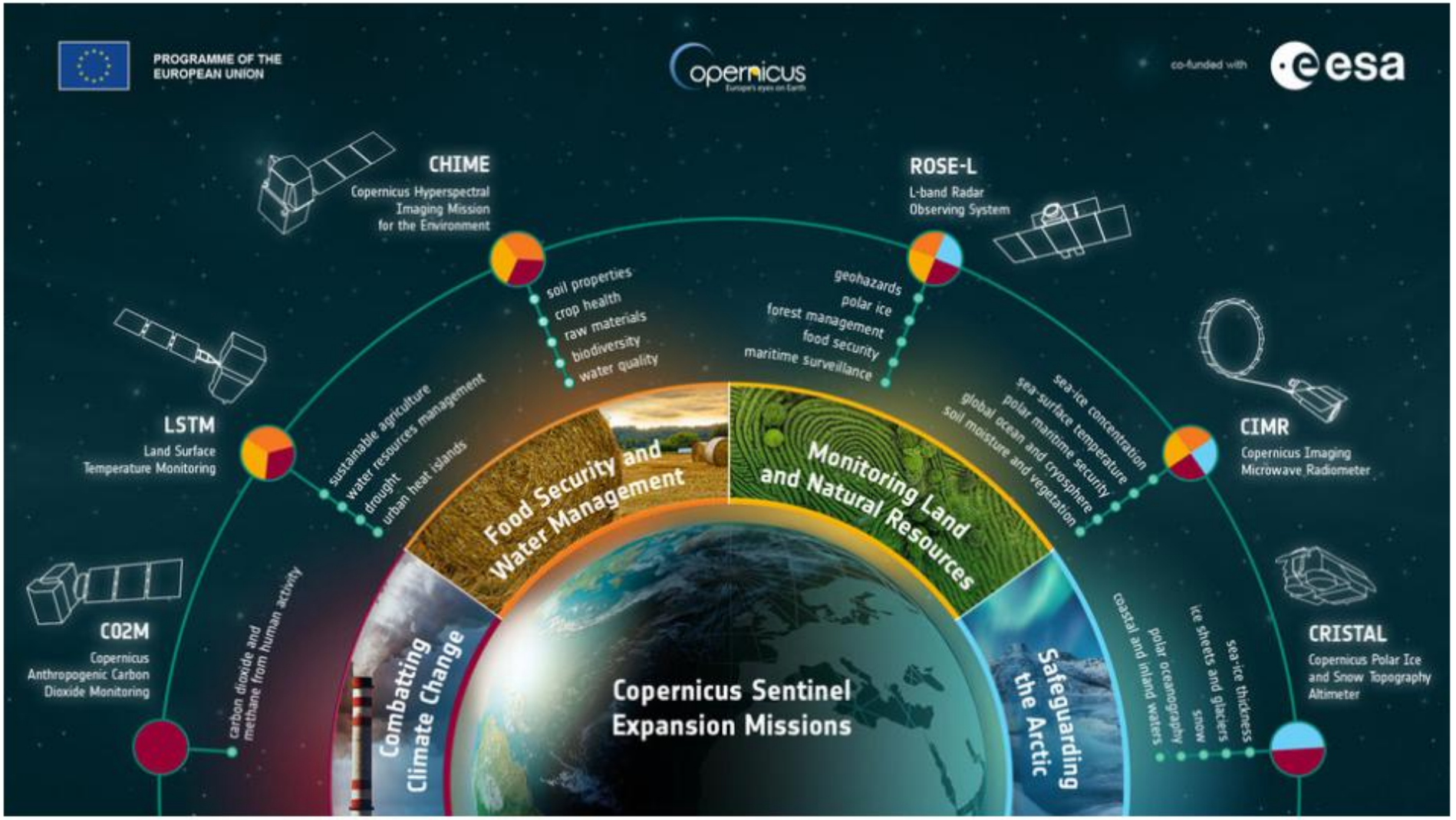


Iceye Dwell Precise SAR image of the port of Rotterdam, The Netherlands taken in early September 2024. Photo: Iceye

Iceye now has the capability to offer 25 cm resolution for its synthetic aperture radar (SAR) imagery. The new feature announced Wednesday is called "Dwell Precise" and it is based on the 1200 MHz radar bandwidth,which is the maximum that commercial satellites are allowed to use.

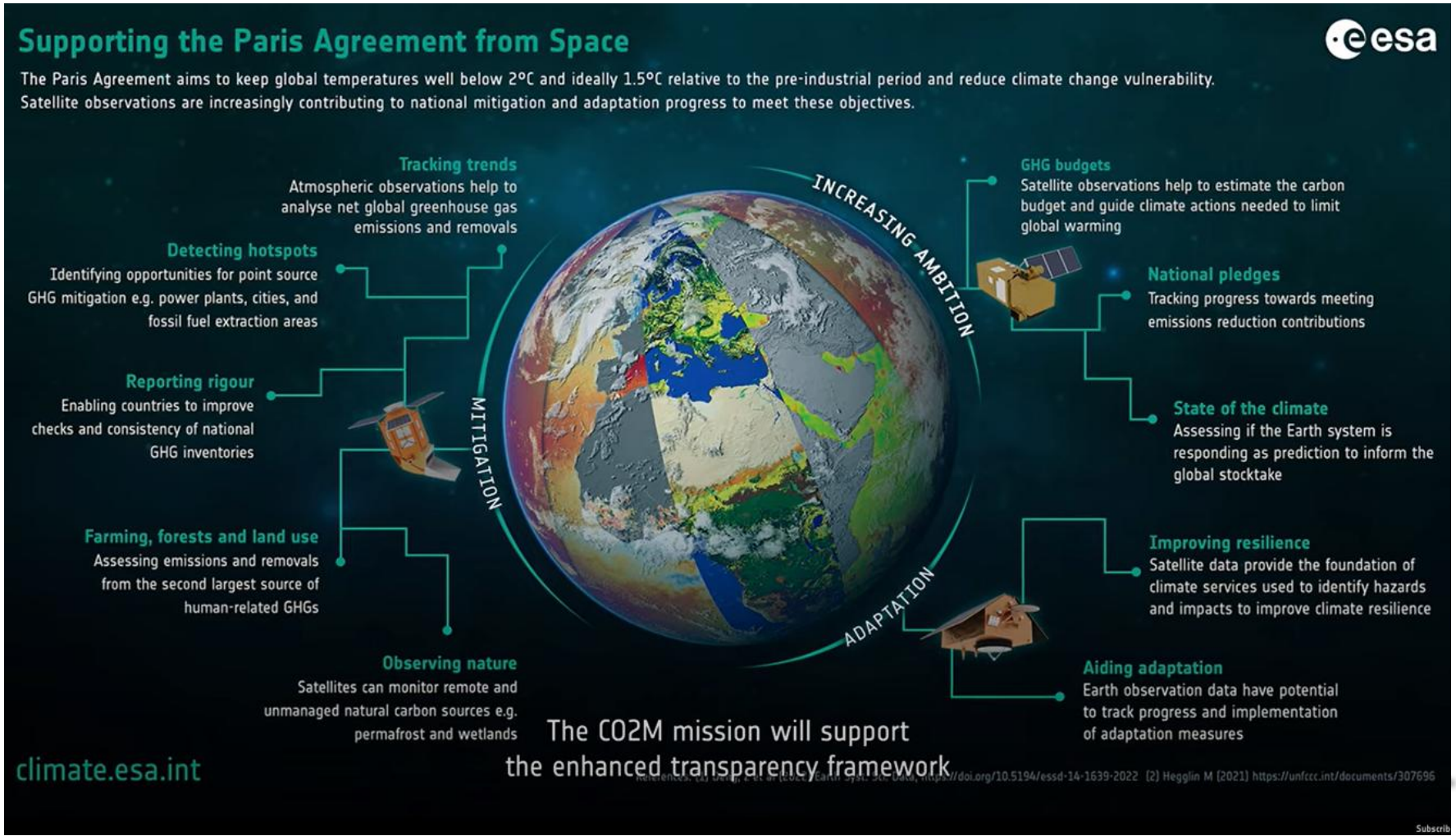
Ciências ULisboa

The Copernicus Sentinel Expansion Missions



CO2M: Copernicus Anthropogenic Carbon Dioxide Monitoring

The Copernicus Anthropogenic Carbon Dioxide Monitoring (CO2M) mission will be the first of the Sentinel Expansion Missions to be launched. The constellation includes a total of three satellites, CO2M-A and CO2M-B currently under development, and CO2M-C whose implementation will be initiated in 2025. The CO2M satellites will orbit Earth in Sun-synchronous orbits, at an altitude of 735 km.



CIMR: Copernicus Imaging Microwave Radiometer Mission

The Copernicus Imaging Microwave Radiometer Mission (CIMR) will provide decision-makers with evidence of change and impact in the polar regions – with a focus on the Arctic.

The mission, comprising a constellation of two satellites, features the largest radiometer developed by ESA to provide high-resolution measurements of sea-ice concentration, sea-surface temperature, sea-surface salinity and snow. CIMR places the Arctic in a global context to support solutions for this fragile region and to combat the effects of climate change worldwide.

CHIME: Copernicus Hyperspectral Imaging Mission

The Copernicus Hyperspectral Imaging Mission for the Environment, or CHIME, is being developed to support EU policies on the management of natural resources – ultimately helping to address the global issue of food security.

CHIME will carry a unique visible to shortwave infrared spectrometer to provide routine hyperspectral observations to support new and enhanced services for sustainable agricultural and biodiversity management, as well as soil property characterisation.

Cristal: Copernicus Polar Ice and Snow Topography Altimeter

The Copernicus Polar Ice and Snow Topography Altimeter (Cristal) mission will provide a full picture of the changes taking place in some of the most inhospitable regions of the world.

It will carry – for the first time – a dual-frequency radar altimeter and microwave radiometer, that will measure and monitor sea-ice thickness, overlying snow depth and ice-sheet elevations.

LSTM: Land Surface Temperature Monitoring

The upcoming Copernicus Land Surface Temperature Monitoring, LSTM, mission will improve sustainable agricultural productivity in a world of increasing water scarcity and variability.

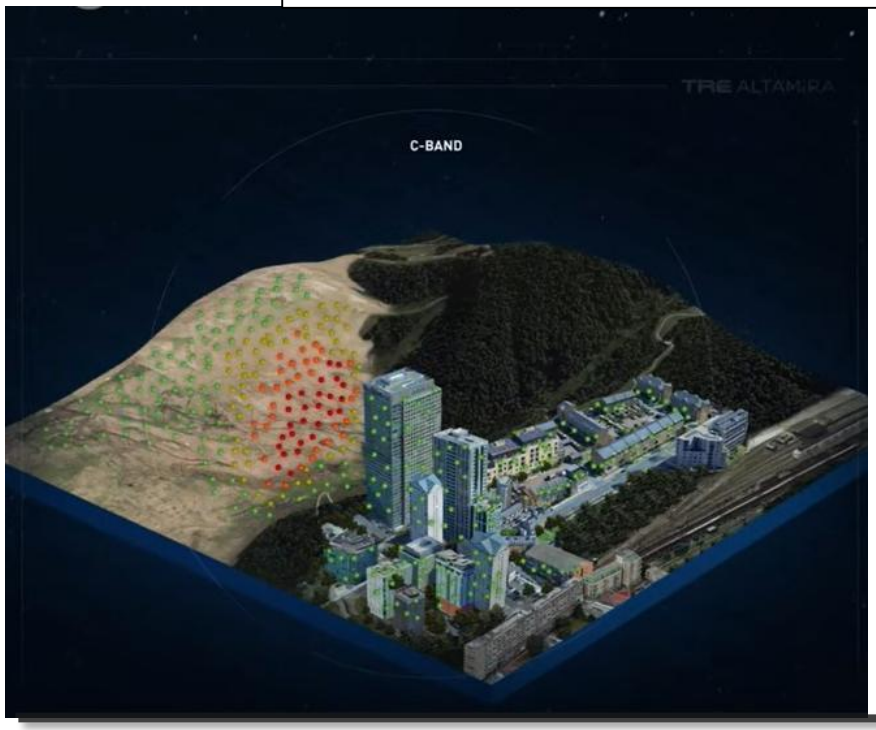
The mission will carry a high spatial-temporal resolution thermal infrared sensor to provide observations of land-surface temperature. These data are key to understand and respond to climate variability, manage water resources for agricultural production, predict droughts and also to address land degradation.

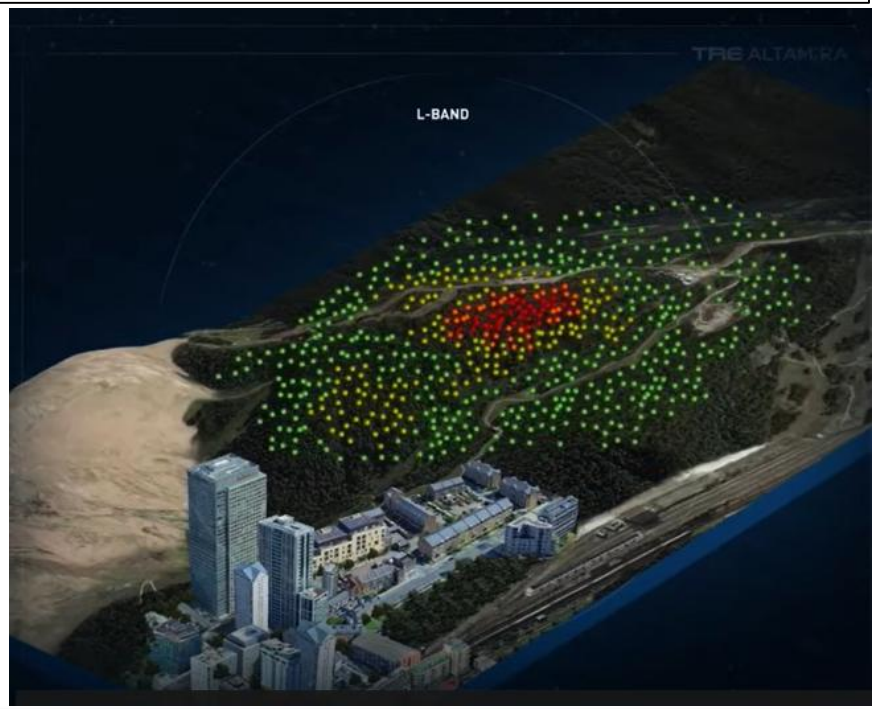
Ciências ULisboa

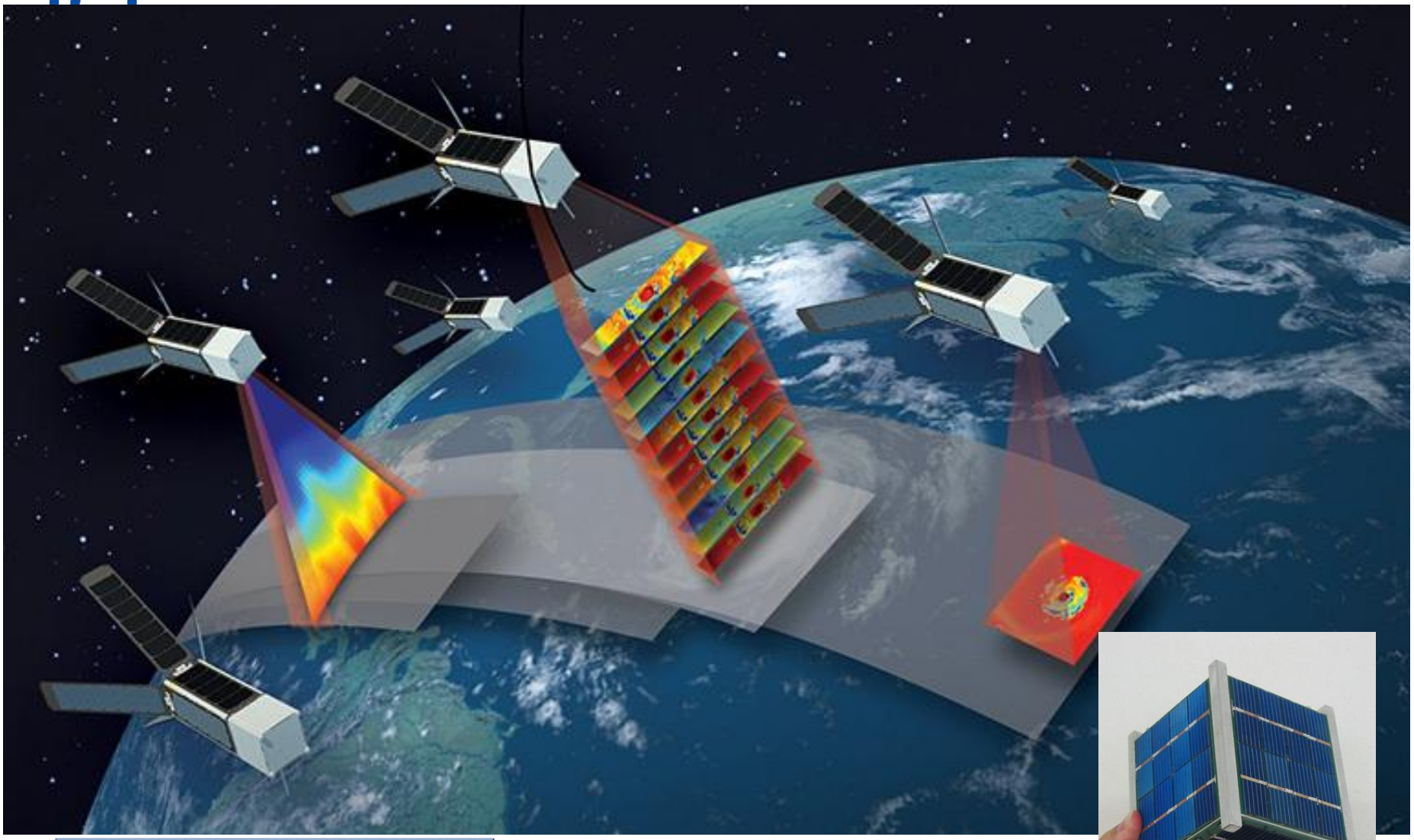
ROSE-L: Radar Observing System for Europe in L-band

The Copernicus Radar Observation System for Europe in L-band (ROSE-L) will provide continuous day-and-night all-weather monitoring of Earth's land, oceans and ice, and offer frequent observations of Earth's surface at a high spatial resolution.

ROSE-L, features a constellation of two satellites, that will operate in a Sun-synchronous orbit at an altitude of 693 km and will carry one instrument: the ROSE-L Synthetic Aperture Radar (SAR), designed to provide high-resolution, all-weather imaging with a spatial resolution of 5–10 m. The radar antenna will be the largest deployable planar antenna ever built measuring an impressive 40 sq m.







CubeSat

O que é a Detecção Remota?

A Detecção Remota é um conjunto de métodos para adquirir dados acerca da superfície da Terra, sem estar em contacto com esta.

→ É uma tentativa de medir algo à distância

A Detecção Remota é o processo de medição e monitorização das caraterísticas físicas da superfície da Terra, sem estar em contacto com esta.

A Detecção Remota

Isto é conseguido por detecção e registo da radiação electromagnética (REM) reflectida ou emitida pelos objectos na superfície da Terra e transportada até ao sensor (em geral a bordo dum satélite ou avião).

Os dados da Detecção Remota podem ser

- ❑ medições discretas pontuais ou
- ❑ um perfil ao longo de um percurso de satélite (scan)

MAS, nesta disciplina estamos principalmente interessados em medições no espaço bidimensional,
ou seja **IMAGEM**.

Detecção Remota : Motivação

Fornece informação única para resolver os desafios societais de escala global



Climate Change



Environment



Resources



Sustainable Development



Megacities



Mobility



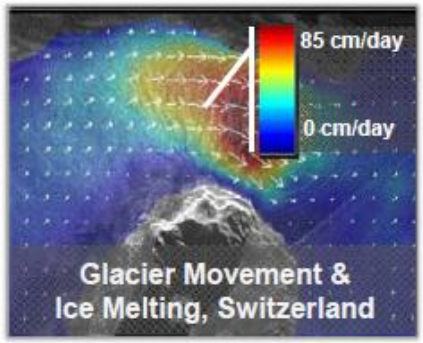
Hazards



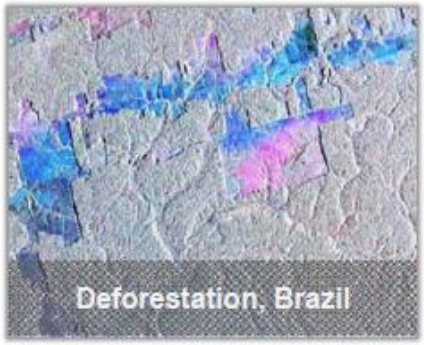
Disaster

Detecção Remota : Motivação

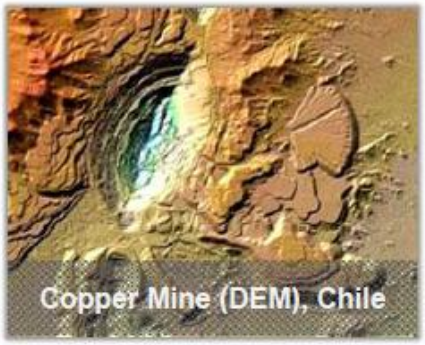
Fornece informação única para resolver os desafios societais de escala global



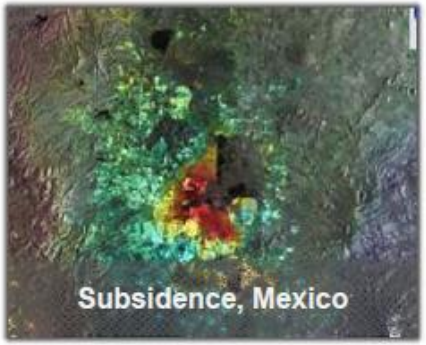
Climate Change



Environment



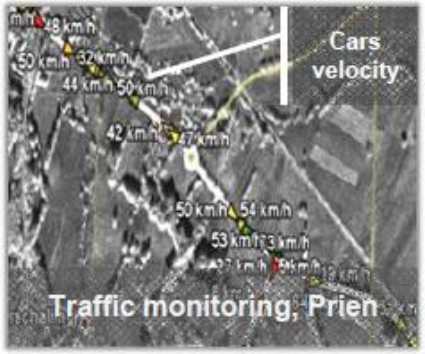
Resources



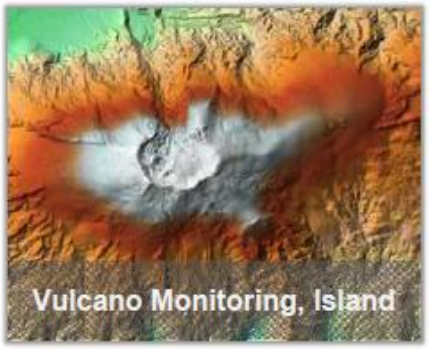
Sustainable Development



Megacities



Mobility

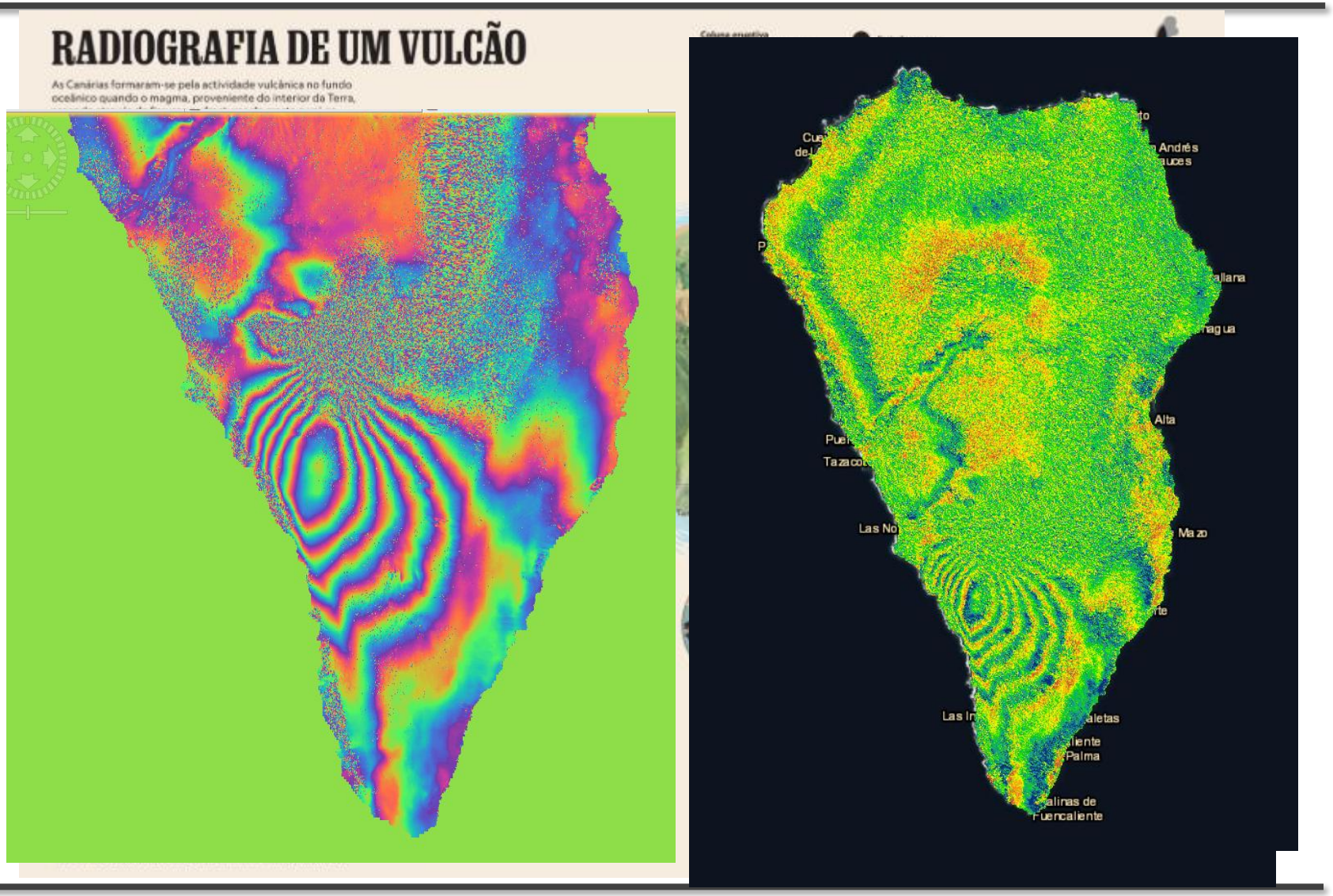


Hazards



Disaster

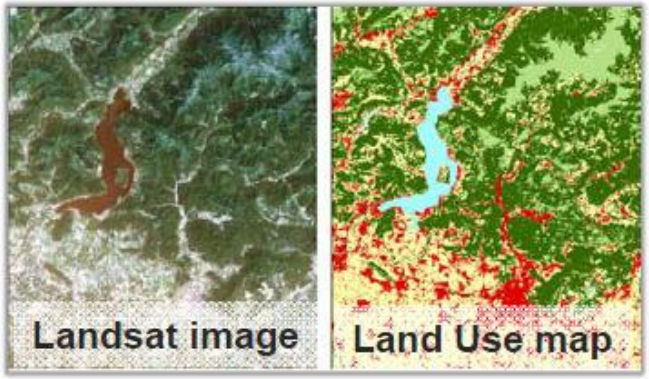
Erupção La Palma 2021



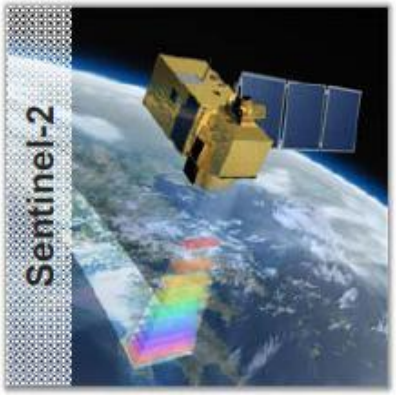
Detecção Remota Multiespetral

Medição das propriedades dos objetos à distancia com instrumentos dedicados

- Acquired information
  - spatial (geometric resolution)
  - spectral (frequency resolution)
  - intensity (radiometric resolution)
  - temporal (revisit time)



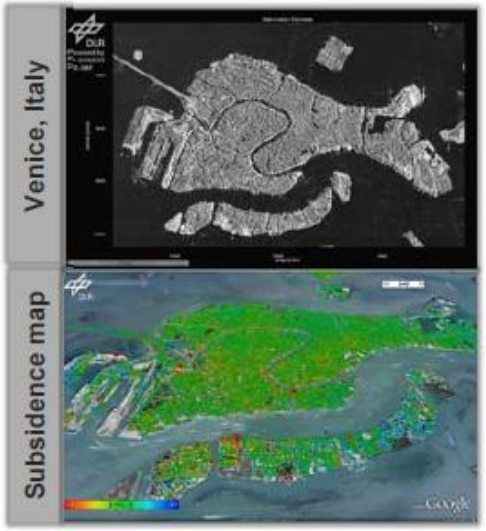
- Different types of remote sensing sensors:
  - Optical and infrared sensors
    - passive:
      - High-resolution
      - Multispectral, hyperspectral
    - active: Lidar



Detecção Remota Microondas

Medição das propriedades dos objetos à distancia com instrumentos dedicados

- Acquired information
  - spatial (geometric resolution)
  - spectral (frequency resolution)
  - intensity (radiometric resolution)
  - temporal (revisit time)



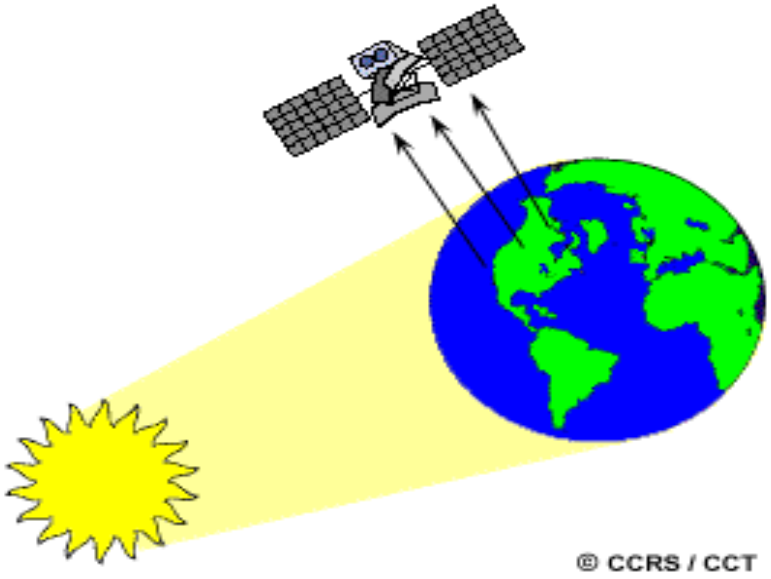
- Different types of remote sensing sensors:
  - Microwave sensors
    - passive (radiometers)
    - active (radars)
      - Scatterometer, Altimeter
      - Synthetic Aperture Radar - SAR



Detecção Passiva vs Activa

A energia do Sol é:

- **reflectida**, no caso dos comprimentos de onda no visível, ou
- **Reemitida**, no caso do infravermelho térmico.



Sensores Passivos

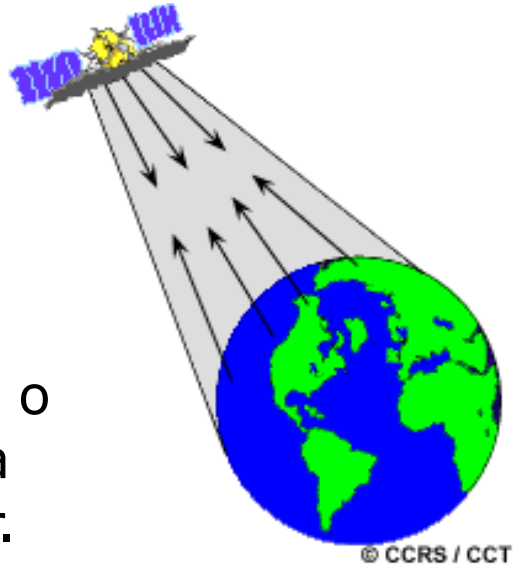
Os sistemas de Detecção Remota que registam a energia disponível.

Só funciona de dia quando há luz Solar

A energia do IV térmico pode ser detectada de noite ou de dia desde que em quantidade suficiente para ser registada

Detecção Passiva vs Activa

Sensores Activos



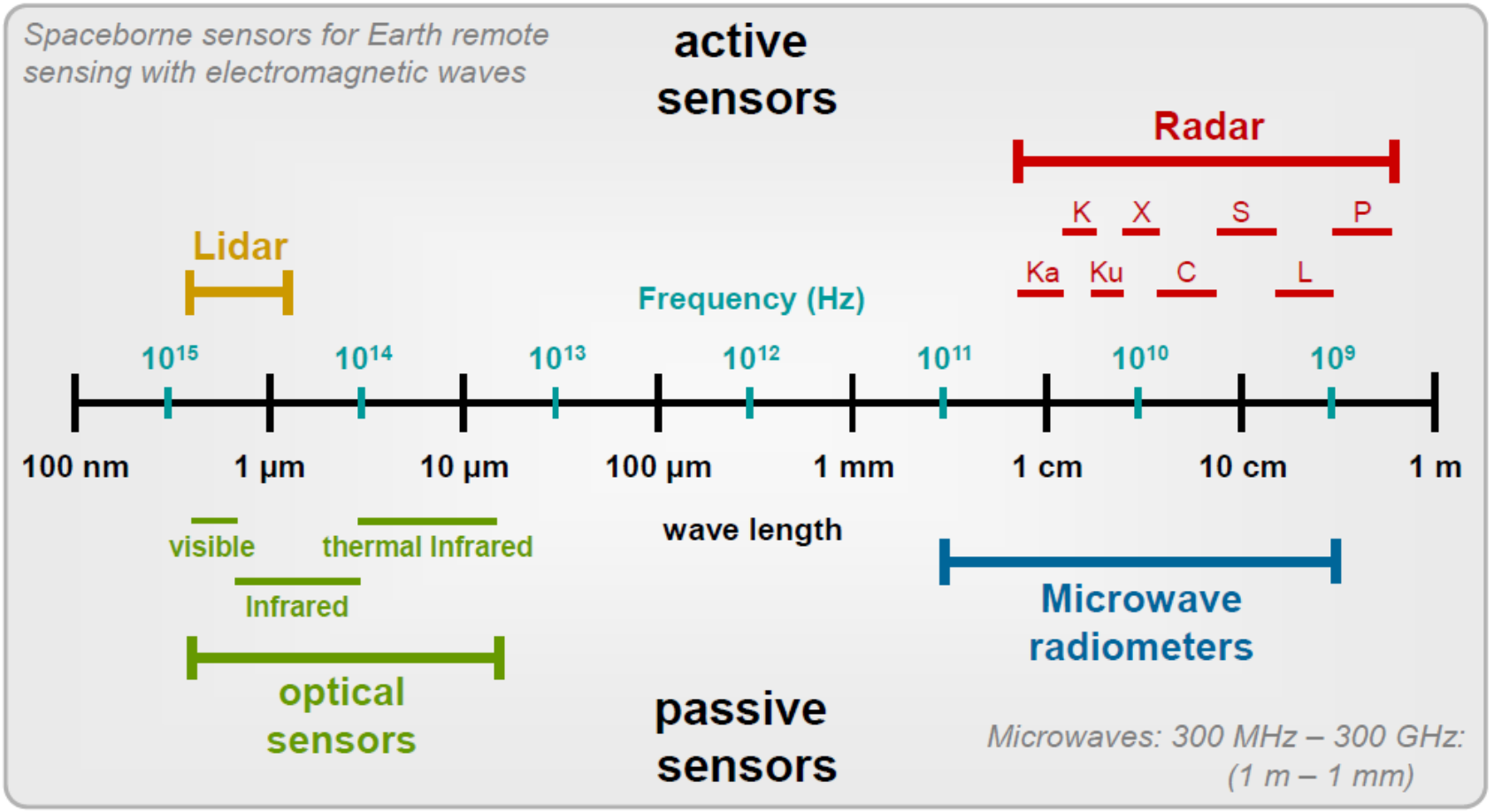
Os Sensores Activos têm a sua própria fonte de iluminação.

O sensor emite radiação directamente para o alvo a ser investigado. A radiação reflectida pelo alvo é detectada e medida pelo sensor.

As vantagens dos sensores activos é que podem funcionar a qualquer hora do dia

Estes sensores podem ser usados para examinar a interação com a superfície de comprimentos de onda que são fracamente fornecidos pelo Sol – tipo micro-ondas.

Tipos de sensores



Detecção Remota Multiespetral

A era moderna da Detecção Remota começou com o primeiro

LandSat Multispectral Scanner System (MSS) em 1972,

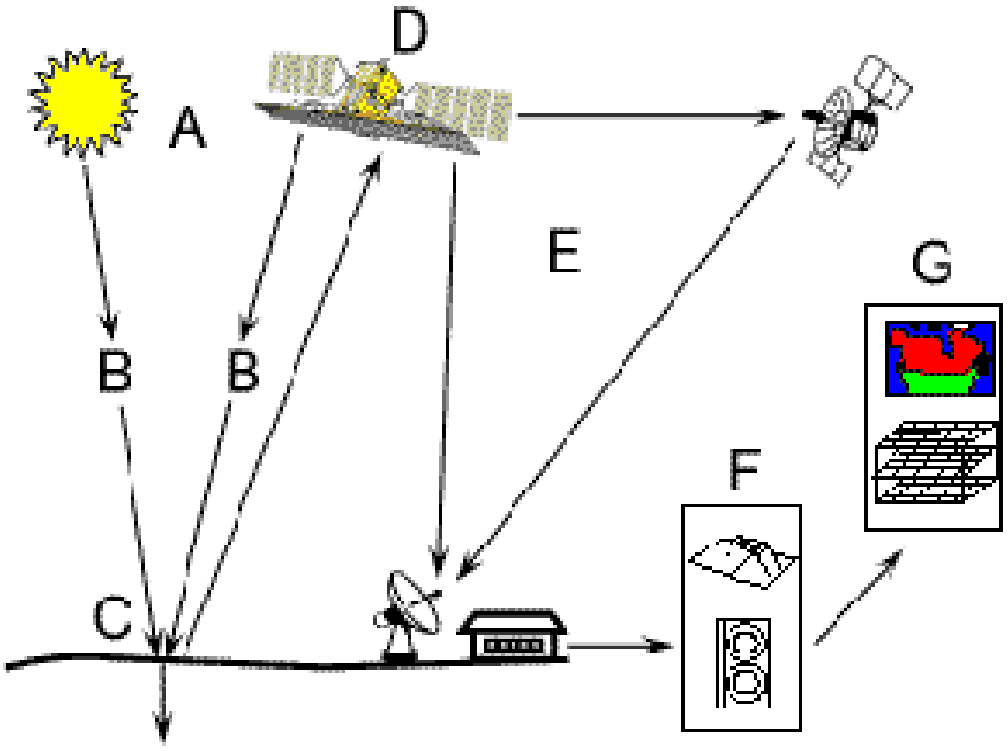
Que forneceu pela primeira vez um conjunto consistente de imagens sinópticas de elevada resolução à comunidade científica mundial.

A principal característica deste sensor era a possibilidade de registar várias bandas espectrais (4 bandas, com 100 nm de largura cada) com uma resolução temporal de 18 dias.

Os dados eram adquiridos e difundidos pela primeira vez em formato digital.

Detecção Remota Multiespetral

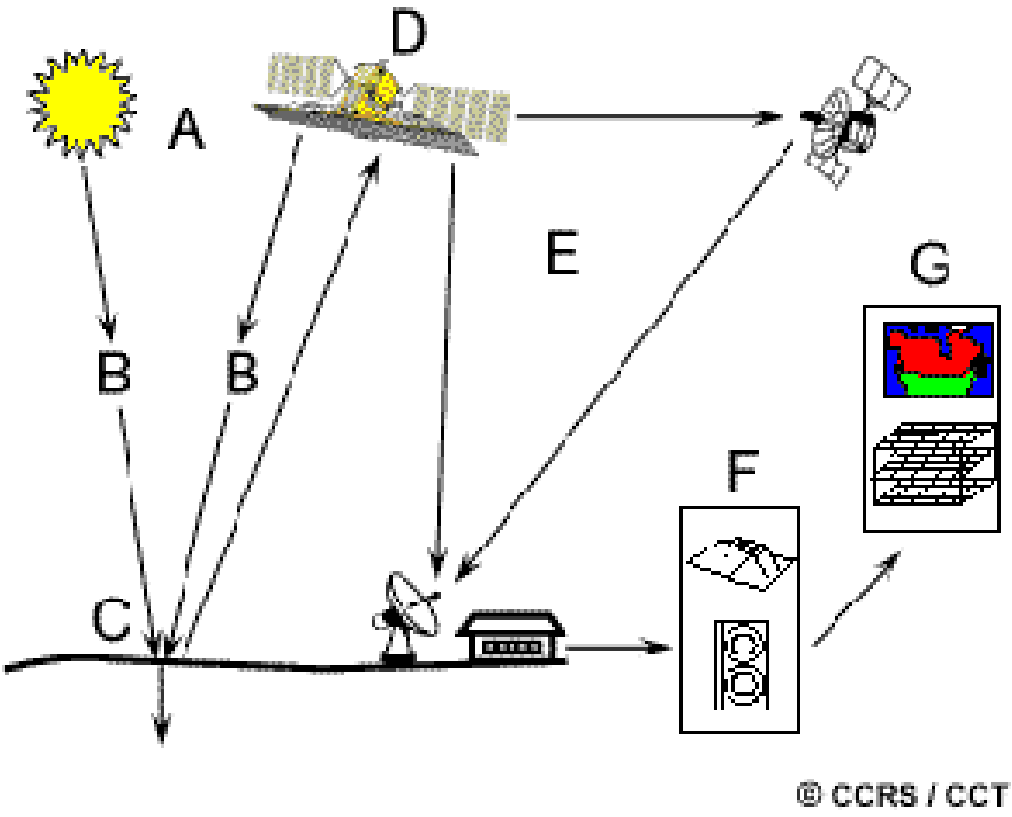
Em grande parte da Detecção Remota **o processo** envolve uma interacção entre a radiação incidente e os alvos de interesse.



Isto é exemplificado pelo uso de sistemas de imagem onde os sete elementos indicados na figura estão envolvidos.

Estes sete elementos compõem o processo de Detecção Remota do começo ao fim.

Detecção Remota Multiespetral



A – Fonte de energia

B – radiação e Atmosfera

C – Interacção com alvo

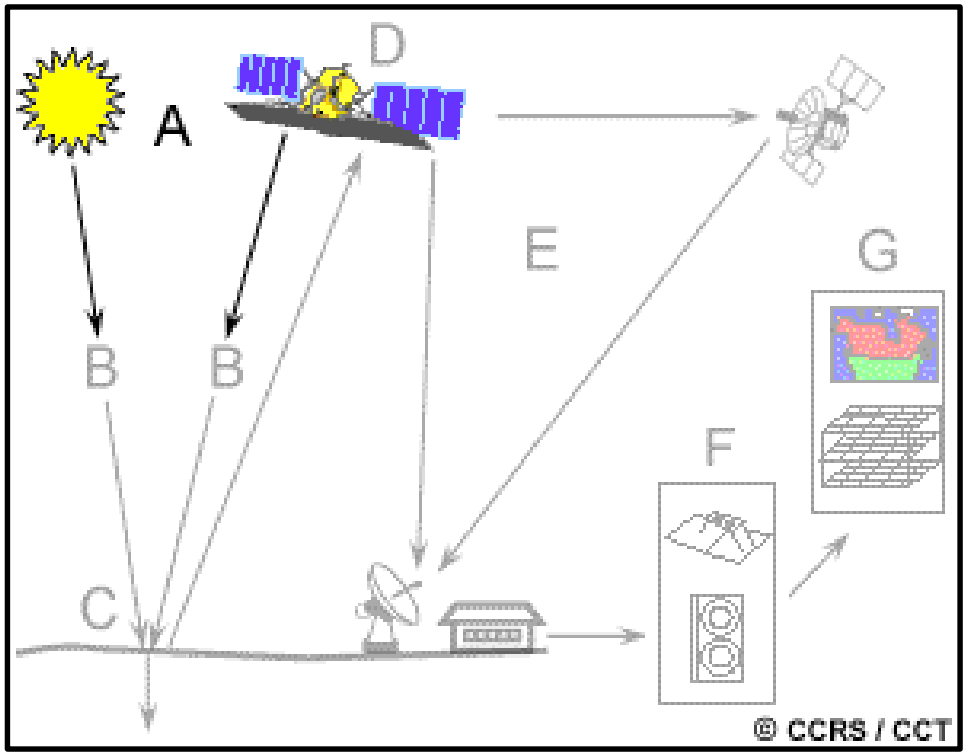
D – Registo da energia pelo sensor

E – Transmissão, recepção e processamento

F – Interpretação e Análise

G - Aplicação

Radiação Electromagnética



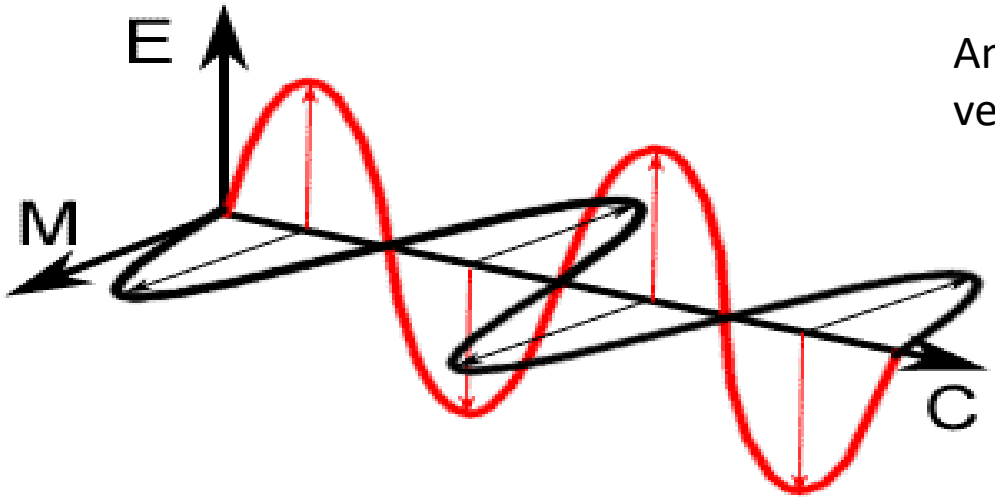
O primeiro requisito para a detecção remota é a existência de uma fonte de energia para iluminar o alvo (a menos que a energia seja emitida pelo alvo). Esta energia é da forma de radiação electromagnética.

Radiação Electromagnética

A radiação Electromagnética consiste

Campo Eléctrico — Que varia em magnitude numa direcção perpendicular à direcção de deslocamento da radiação

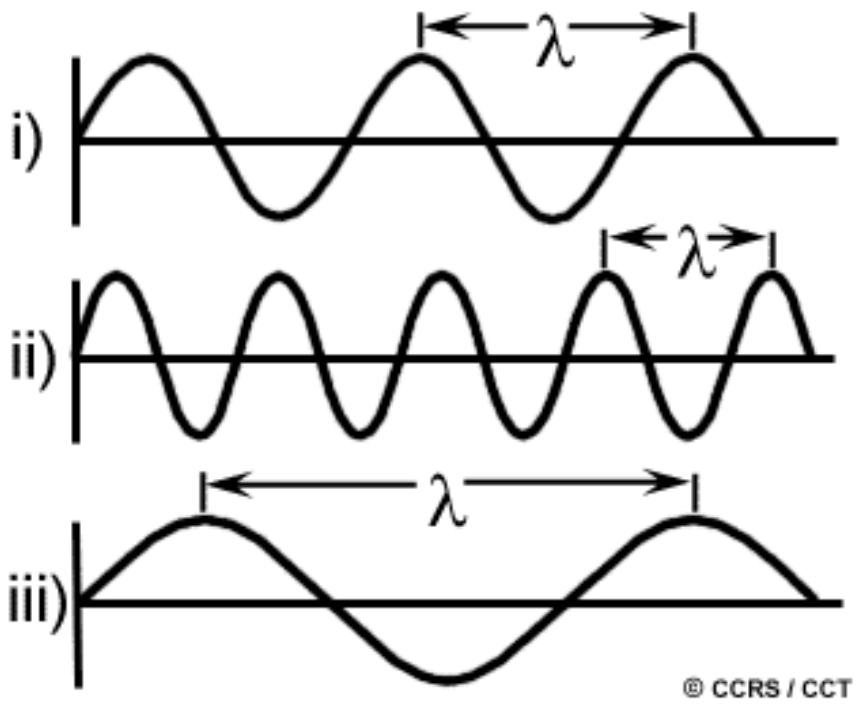
Campo Magnético — Orientado perpendicularmente ao campo eléctrico.



Ambos se deslocam à velocidade da luz (c).

Radiação Electromagnética

Duas características da radiação electromagnética são particularmente importantes para a compreensão da Detecção Remota. São elas:



Comprimento de onda (λ)

Frequência (f)

Radiação Electromagnética

Comprimento de onda (λ)

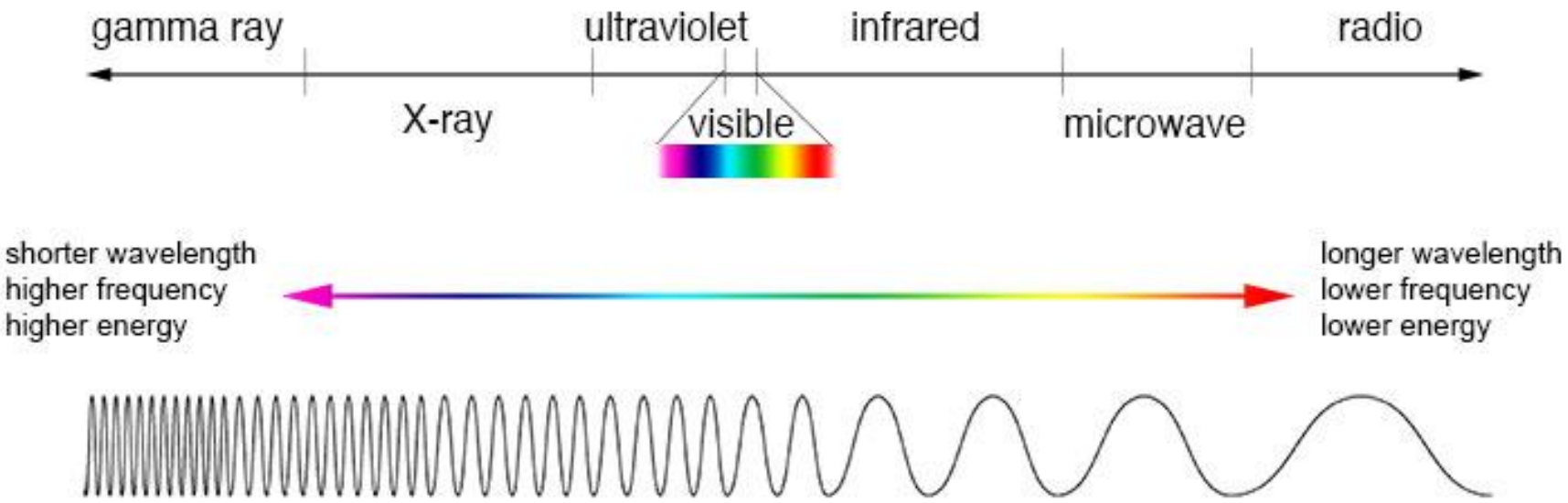
É o comprimento de um ciclo de onda, que pode ser medido como a distância entre duas cristas de onda.

É medido em metro (m) ou sub-fracções do metro: nanómetro (nm, 10-9 m), micrómetro (µm, 10-6 m) (µm, 10-6 m) ou centímetros (cm, 10-2 m).

Frequência (f)

É o número de ciclos de uma onda que passa num ponto fixo por unidade de tempo. A frequência é medida em hertz (Hz) equivalente a um ciclo por segundo.
Também se usa como medida os múltiplos do Hz (kHz, MHz, GHz)

Radiação Electromagnética



$$c = \lambda f$$

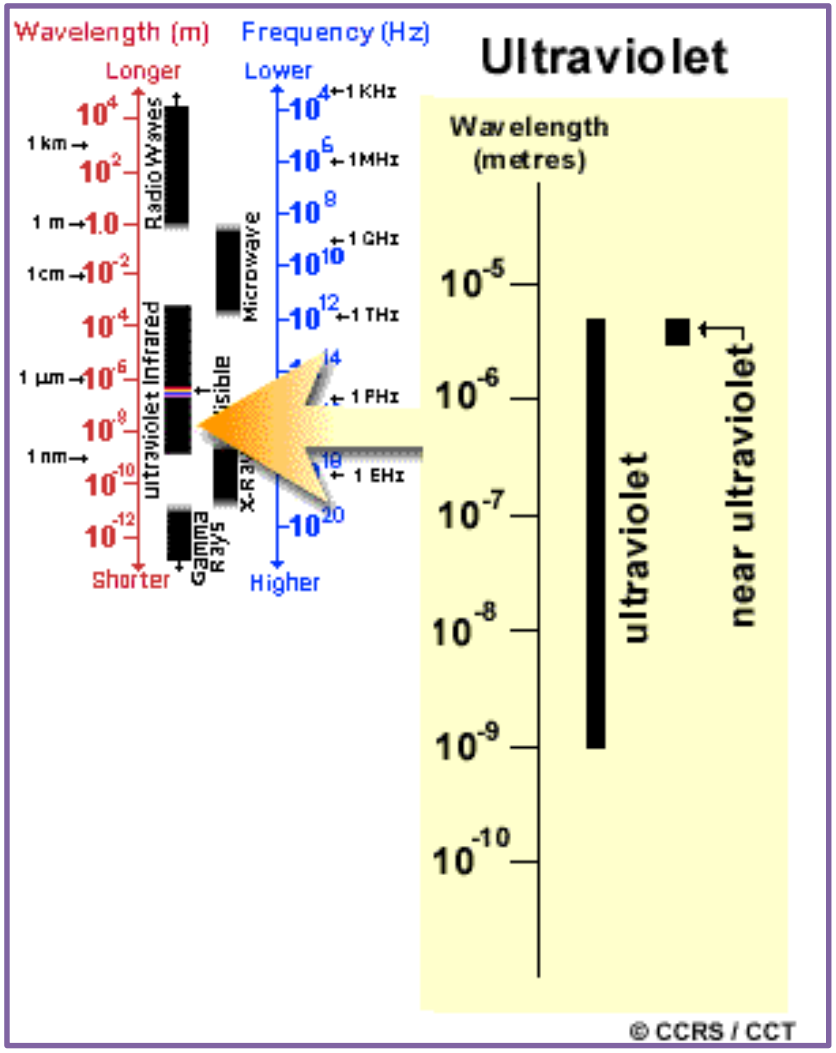
c = velocidade da luz no vácuo (3×10^8 m s^{-1})

$$Q = h \cdot f$$

Q = energia do fotão

h = constante de Planck (6.3×10^{-34} J s^{-1})

Espectro Electromagnético

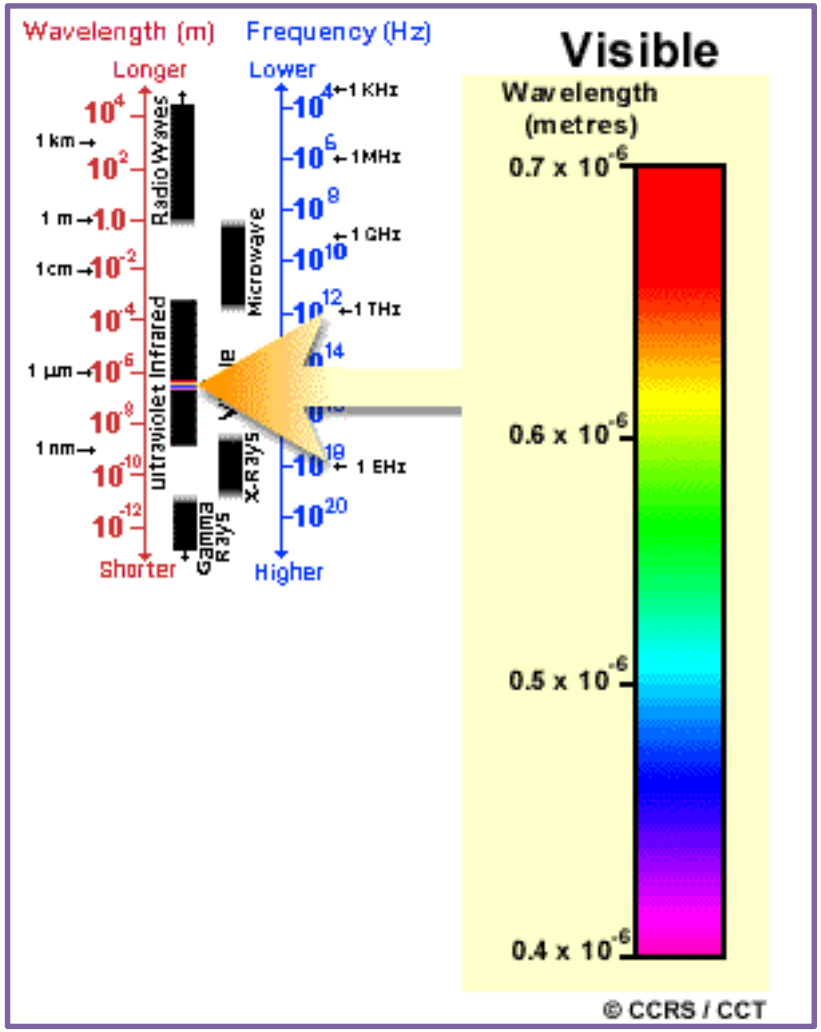


Para a maioria das aplicações, o menor comprimento de onda usado na Detecção Remota é a porção do EE correspondente aos Ultravioleta (UV).

Esta radiação está imediatamente abaixo do violeta (visível), daí o nome.

Alguns elementos na superfície da Terra, rochas e minerais, emitem luz visível quando iluminados por radiação UV.

Espectro Electromagnético



A luz que os nosso olhos conseguem detectar é a porção designada por espectro visível.

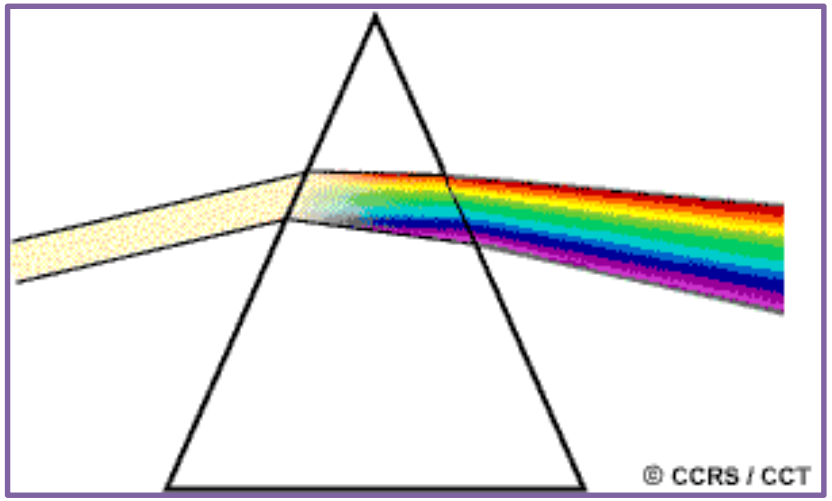
É importante referir o quão pequeno é o visível relativamente à totalidade do espectro.

O visível vai desde os 0.4 μm aos 0.7 μm

Esta região do espectro está associada ao conceito de cor.

Espectro Electromagnético

A COR



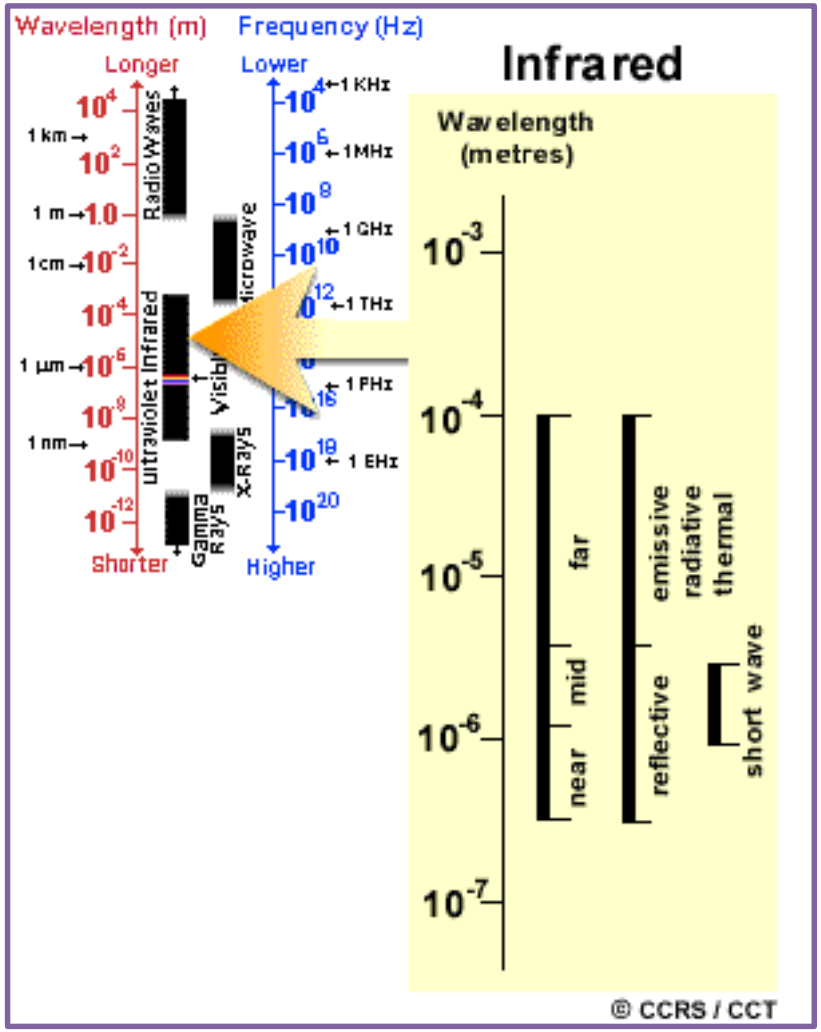
Violeta:	**0.400 - 0.446 µm**
Azul:	**0.446 - 0.500 µm**
Verde:	**0.500 - 0.578 µm**
Amarelo:	**0.578 - 0.592 µm**
Laranja:	**0.592 - 0.620 µm**
Vermelho:	**0.620 - 0.700 µm**

O Azul, Verde e Vermelho são as cores primárias ou comprimentos de onda do espectro visível.

São definidas desta forma porque nenhuma cor primária pode ser construída a partir das outras duas, mas todas as outras podem ser criadas a partir da combinação destas três combinando as proporções.

Embora vejamos a luz do Sol como uma cor uniforme e homogénea é composta de vários comprimentos de onda de radiação essencialmente das regiões do espectro do ultravioleta, visível e infravermelho

Espectro Electromagnético



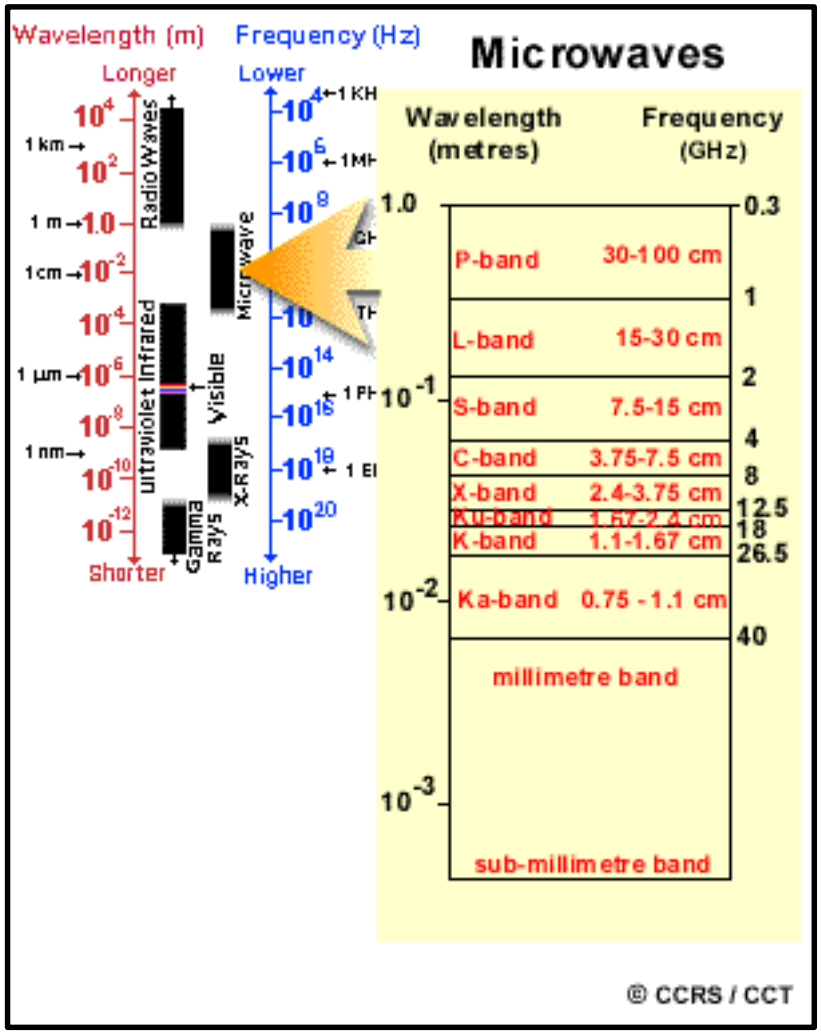
O Infravermelho vai desde os 0.7 µm aos 100 µm

A região do infravermelho é dividida em duas categorias:

- ❑ IV reflectido (0.7µm a 3.0µm)
- ❑ IV térmico (3.0µm a 100 µm)

O IV térmico é diferente do visível uma vez que a energia é essencialmente a radiação emitida pela Terra sob a forma de calor.

Espectro Electromagnético



A **região das microondas** vai desde 1mm a 1m.

Cobre a maior região usada na detecção remota.

Os pequenos comprimentos de onda têm um comportamento idêntico ao infravermelho térmico enquanto que os grandes comprimentos de onda têm um comportamento idêntico às ondas rádio

Ciências ULisboa

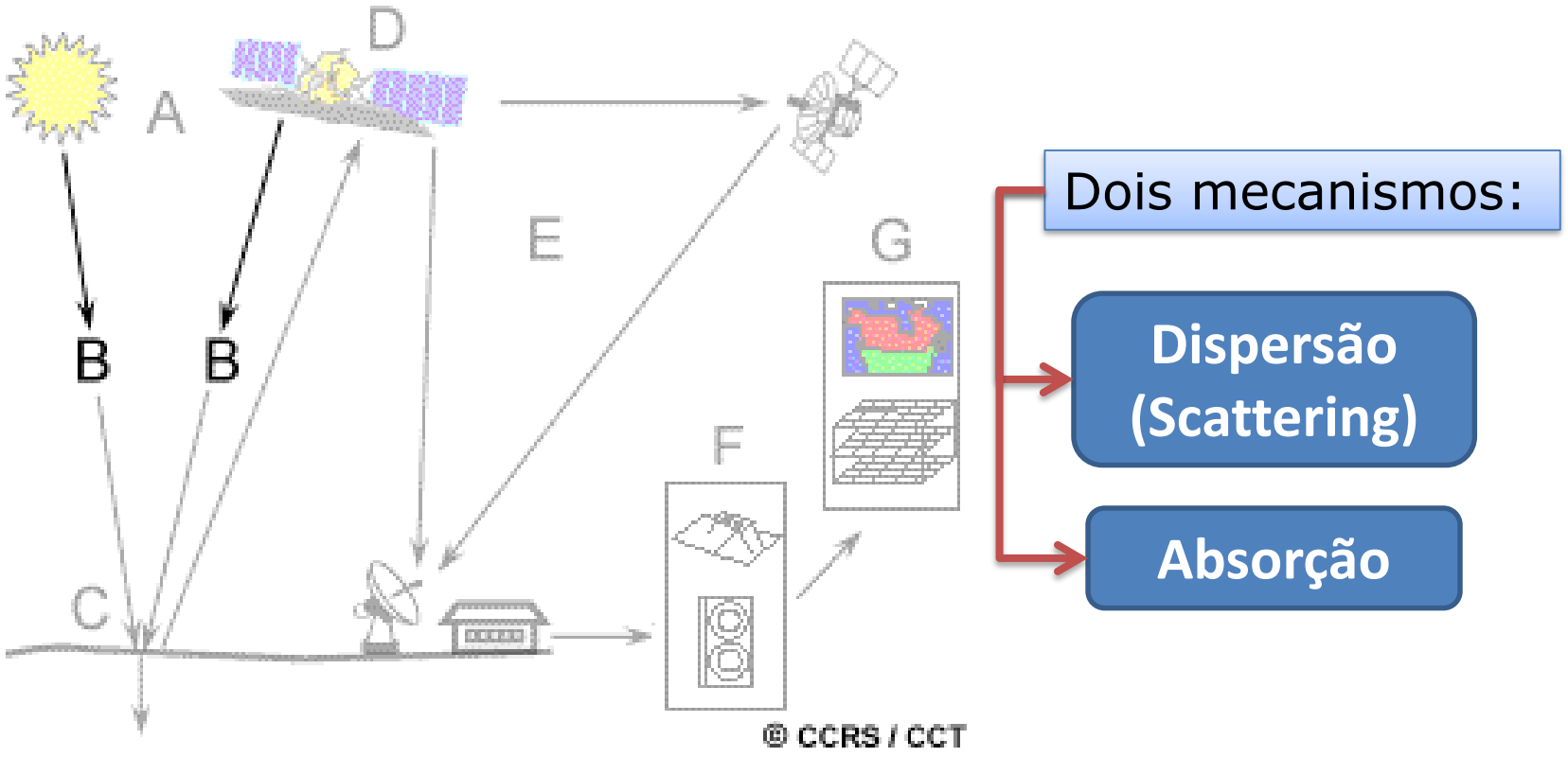
Espectro Electromagnético

A região das microondas também se designa RADAR que é o acrónimo de Radio Detection And Ranging

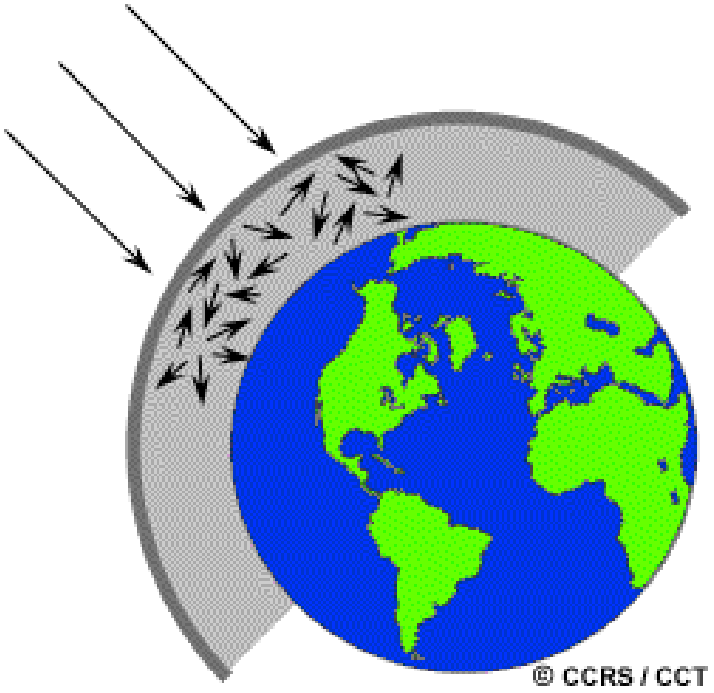
Designação	Frequência (GHz)	Comp. Onda (cm)
P		
L	1-2	15-30
S	2-4	7.5-15
C	4-8	3.8-7.5
X	8-12.5	2.4-3.8
Ku	12.5-18	1.7-2.4
K	18-26.5	1.1-1.7
Ka	26.5-40	0.8-1.1
W	> 50	< 0.6

Interacção com a Atmosfera

As partículas e gases da atmosfera afectam a radiação registada pelo sensor abordo do satélite



Interacção com a Atmosfera



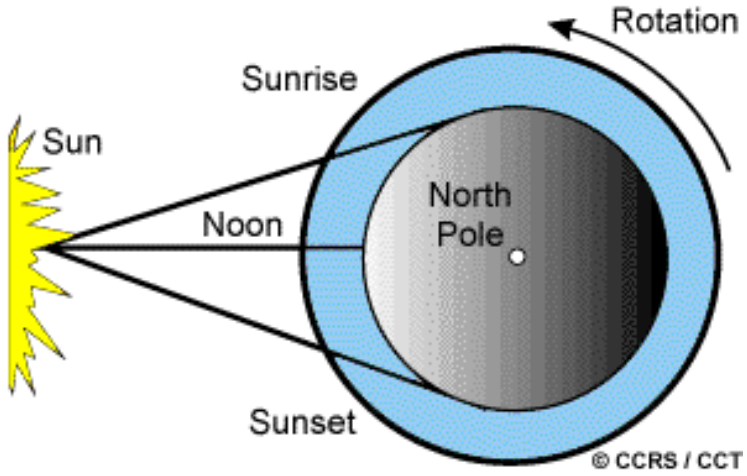
A **Dispersão** consiste na alteração da direção de propagação da radiação eletromagnética (ou do fotão) sem que ocorra troca de energia com a atmosfera.

Três tipos de dispersão:

- **Rayleight**
- **Mie**

O processo de dispersão da radiação depende da relação entre o comprimento de onda da radiação incidente e o diâmetro (D) das partículas intervenientes.

Interacção com a Atmosfera



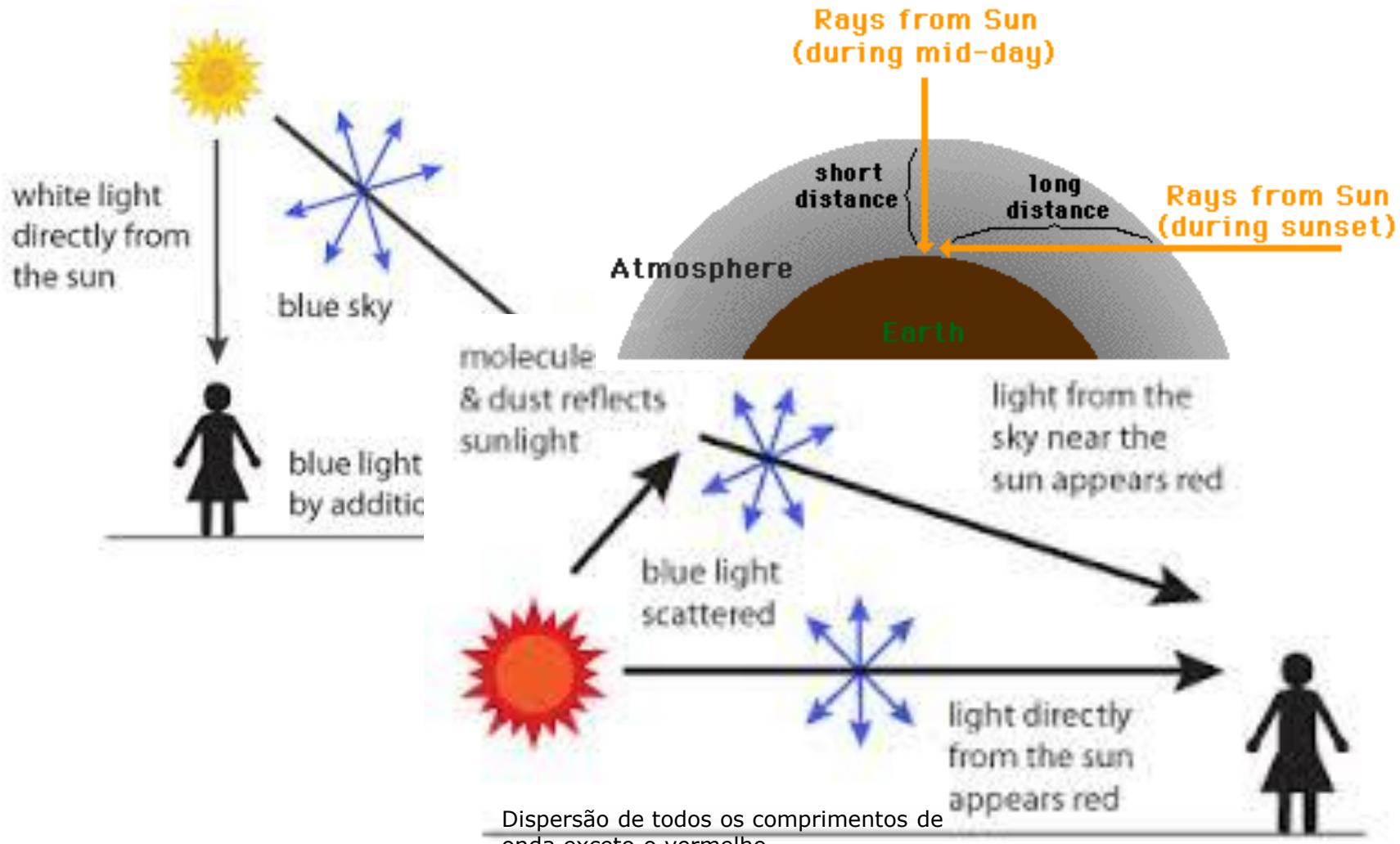
A dispersão Rayleigh ocorre quando as partículas são muito pequenas quando comparadas com o comprimento de onda da radiação (pequenas partículas de pó ou moléculas de oxigénio ou nitrogénio).

A dispersão Rayleigh é o resultado de uma maior dispersão nos pequenos comprimento de onda que nos grandes comprimentos de onda (por isso o céu é azul).

A dispersão Rayleigh é dependente do comprimento de onda $\sim\lambda^{-4}$

I (400 nm) > 9 * I(700 nm): a Intensidade de scattering a 400 nm é 9 vezes maior que a 700 nm

A dispersão Rayleigh



Dispersão de todos os comprimentos de onda exceto o vermelho

Interacção com a Atmosfera

A **dispersão de Mie** ocorre quando as partículas são do mesmo tamanho que o comprimento de onda da radiação.

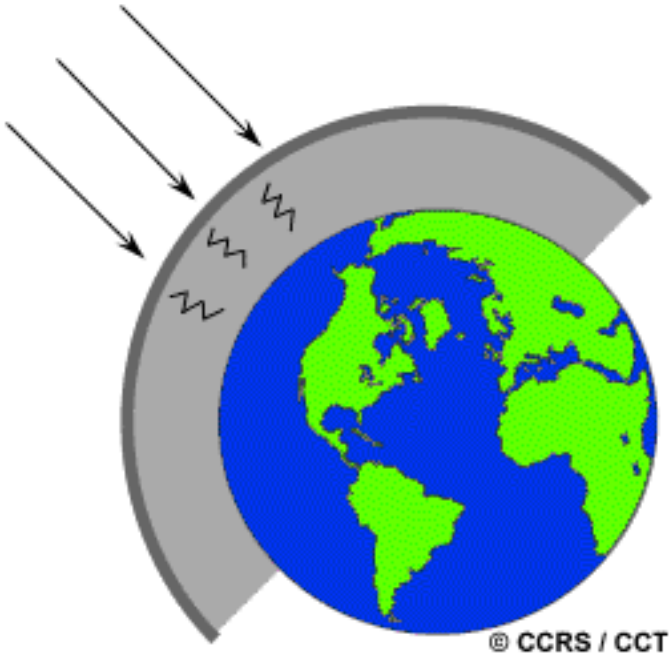
São exemplos: o pó, pólen, fumo e vapor de água

Estes elementos causam a dispersão Mie que tem tendência para afectar **maiores comprimentos** de onda que a dispersão de Rayleigh.

A dispersão de Mie ocorre nas porções mais baixas da atmosfera onde as grandes partículas são mais abundantes.

É o caso da dispersão da luz visível por gotículas das nuvens traduzido na cor esbranquiçada das nuvens

Interacção com a Atmosfera



Absorção: este fenómeno faz com que as moléculas na atmosfera absorvam energia nos vários comprimentos de onda.

O ozono, dióxido de carbono e o vapor de água são os três constituintes atmosféricos que absorvem radiação.

O **Ozono** absorve a radiação ultravioleta prejudicial à maioria dos seres vivos.

Interacção com a Atmosfera

Já ouvimos referir que o **dióxido de carbono** é o gás de efeito de estufa.

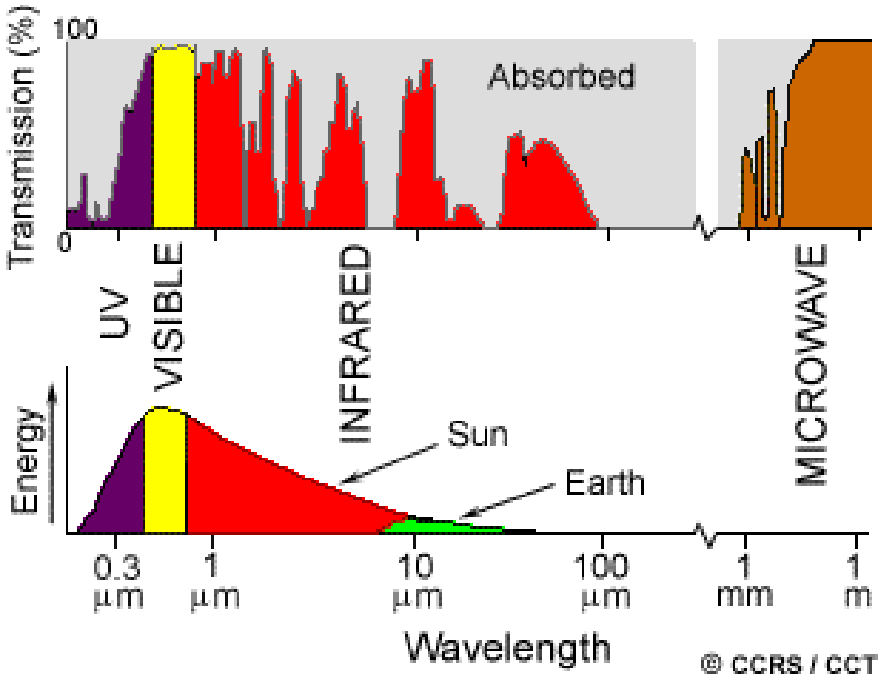
Isto é porque tende a absorver (fortemente) radiação na porção do espectro do infravermelho afastado – a área associada ao aquecimento térmico – que provoca o aquecimento da atmosfera.

O **vapor de água** na atmosfera absorve muitos dos grandes comprimentos de onda no infravermelho afastado e nas microondas.

A presença de vapor de água na atmosfera varia muito no tempo e no espaço.

O vapor de água é um elemento importante na degradação da qualidade do registo da radiação pelo sensor.

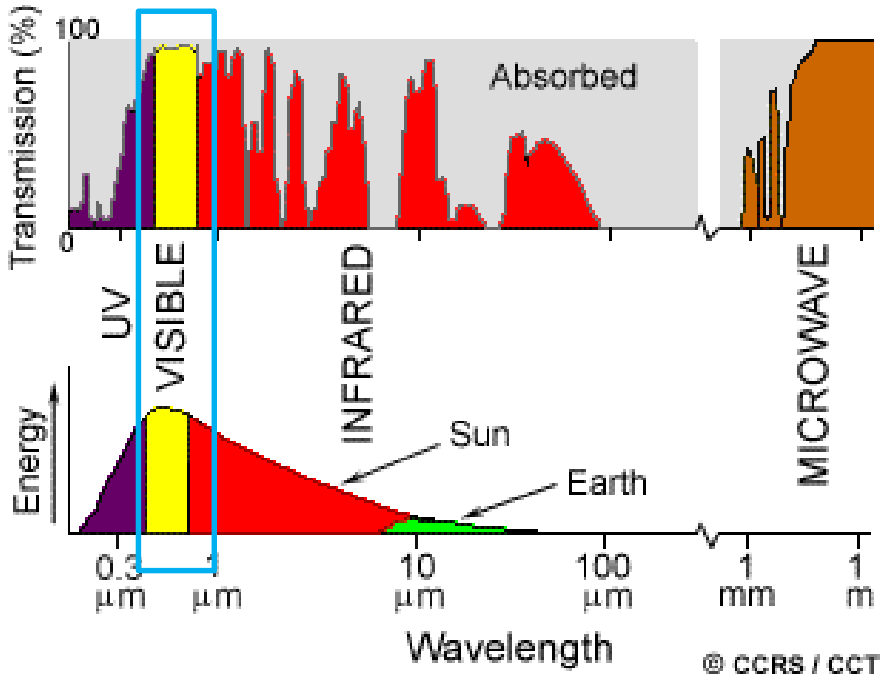
Interacção com a Atmosfera



Como estes gases absorvem energia electromagnética em regiões muito especificas do espectro, eles influenciam onde podemos "olhar" para efeitos da detecção remota.

Essas áreas do espectro que <u>não são</u> severamente influenciadas pela absorção atmosférica, e são consequentemente úteis para a detecção remota, são chamadas: **janelas atmosféricas** (atmospheric windows)

Interacção com a Atmosfera

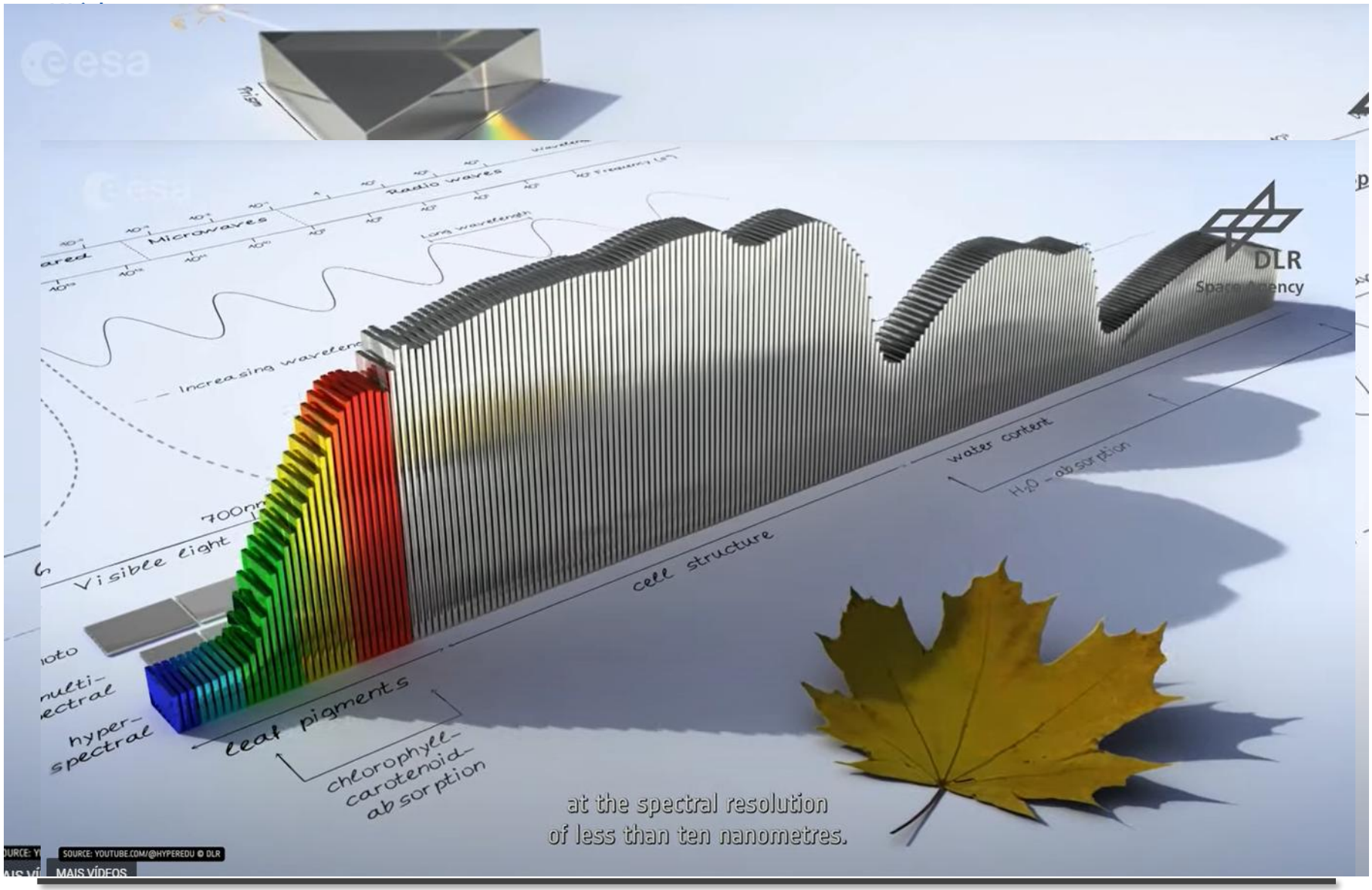


A parte visível do espectro, aos quais os nossos olhos são sensíveis, corresponde a uma janela atmosférica e também a um pico de energia do Sol.

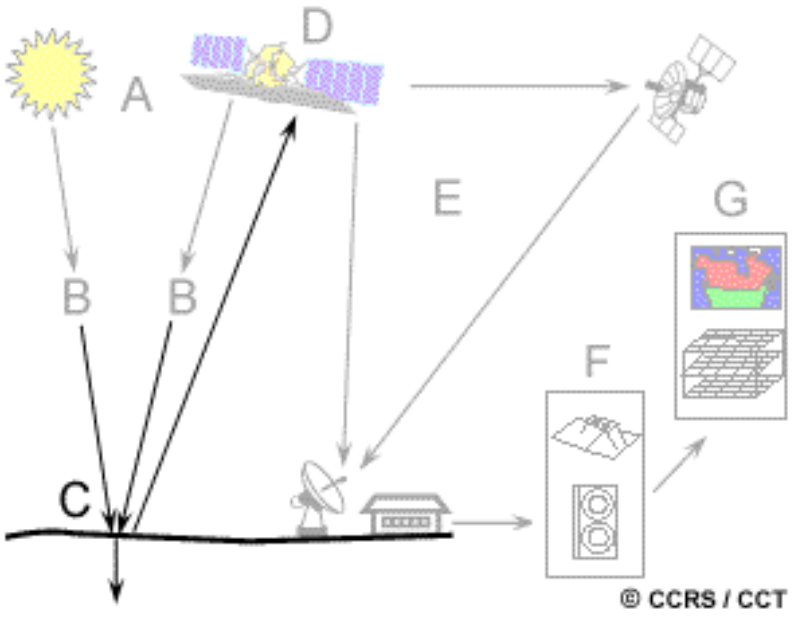
A energia calorífica emitida pela Terra corresponde a uma janela em torno dos 10 µm no IV térmico e a grande janela dos comprimentos de onda maiores que 1mm corresponde às microondas.

Ciências

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Future_of_Copernicus_Expansion_Missions_secured?utm_source=substack&utm_medium=email



Interacção Radiação - Alvo



A radiação que não é absorvida ou dispersa na atmosfera pode chegar e interagir com a superfície da Terra.

Existem três formas de interagir com a superfície:

- **Absorção**
- **Transmissão**
- **Reflexão**

A **energia total incidente** irá interagir com a superfície de uma ou mais que uma destas formas.

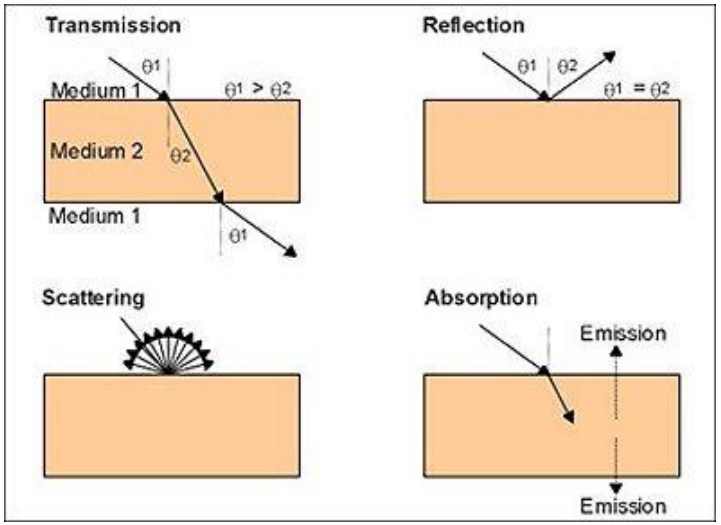
Interacção Radiação - Alvo

Absorção (A): ocorre quando a radiação (energia) é absorvida pelo alvo

Transmissão (T): Ocorre quando a radiação passa pelo alvo.

Reflexão (R) Ocorre quando a radiação é reflectida no alvo e é redireccionada.

Em detecção remota estamos interessados em medir a **radiação reflectida** nos alvos

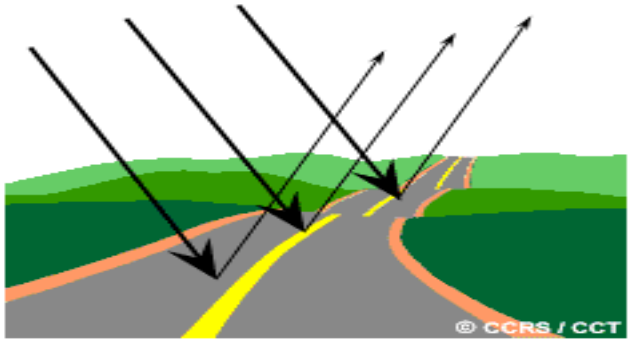


Interacção Radiação - Alvo

Separamos a Reflexão em dois casos extremos:

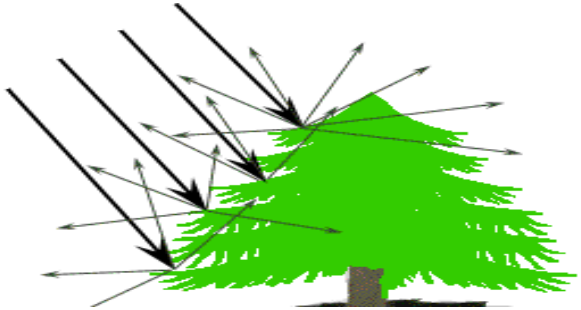
Especular

Numa superfície suave toda ou quase toda a energia é reflectida numa única direcção



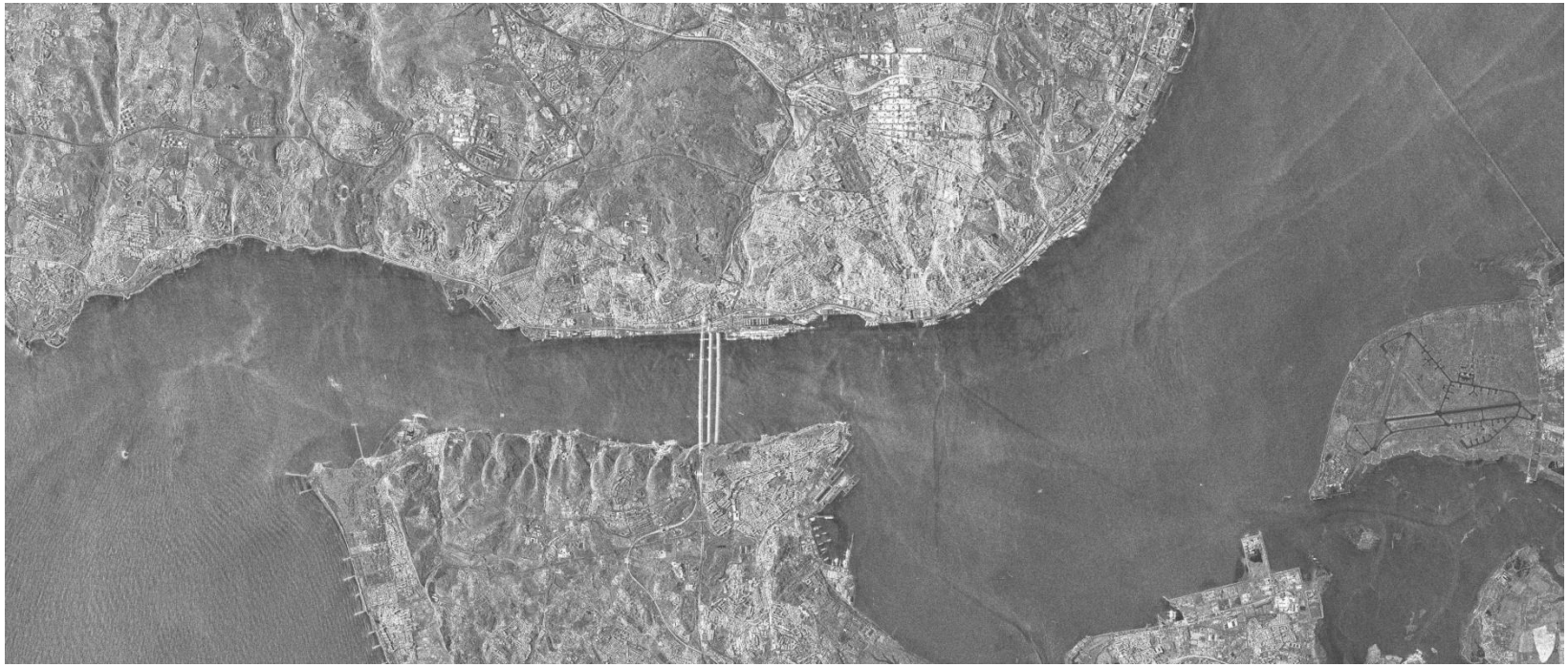
Difusa

Quando a superfície é rugosa e a energia é reflectida uniformemente em todas as direcções



Se o comprimento de onda é muito mais pequeno que as variações da superfície ou o tamanho das partículas, dominará a reflexão difusa.

Interacção Radiação - Alvo



Interacção Radiação - Alvo

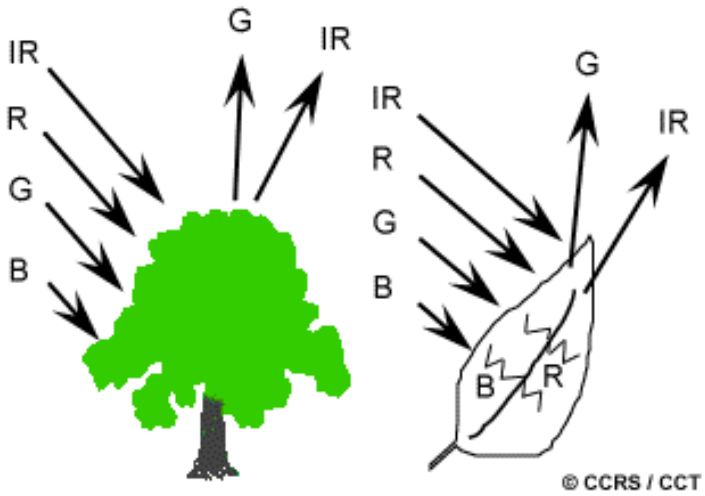
Difusa



Especular



Interacção Radiação – Alvo
Exemplo: As folhas



A clorofila presente nas folhas absorve radiação no vermelho e no azul mas reflecte os comprimentos de onda verdes.

Na primavera e verão, quando o conteúdo de clorofila é máximo as folhas são verdes.

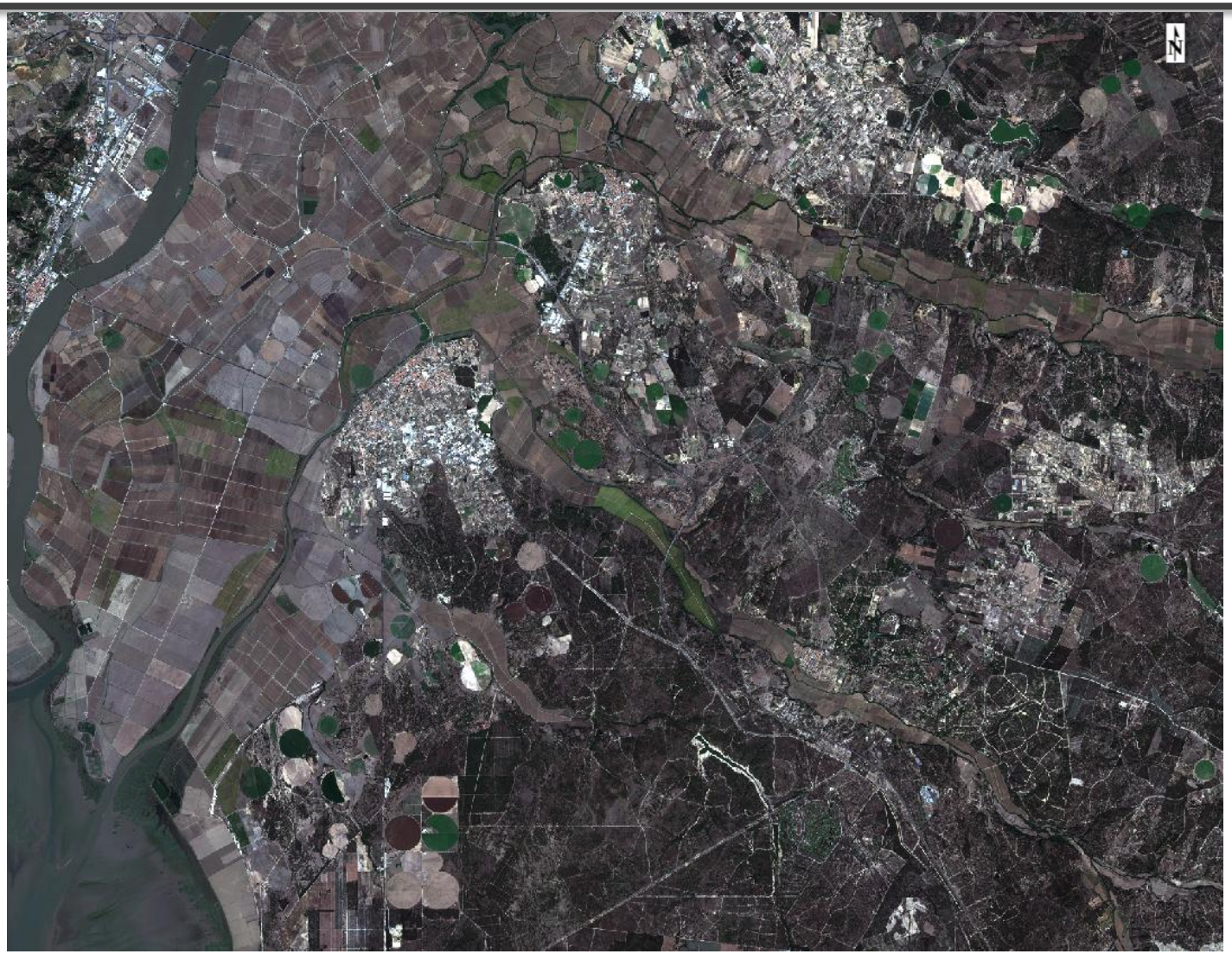
No Outono há menos clorofila, e por isso menos absorção do vermelho (vermelho é refletido) e por isso as folhas surgem amarelas (combinação verde+vermelho)

A estrutura interna das folhas têm uma reflexão difusa nos comprimentos de onda do IV. Por isso monitorizando a reflectância no IV é um indicador da saúde da vegetação

Ciências ULisboa

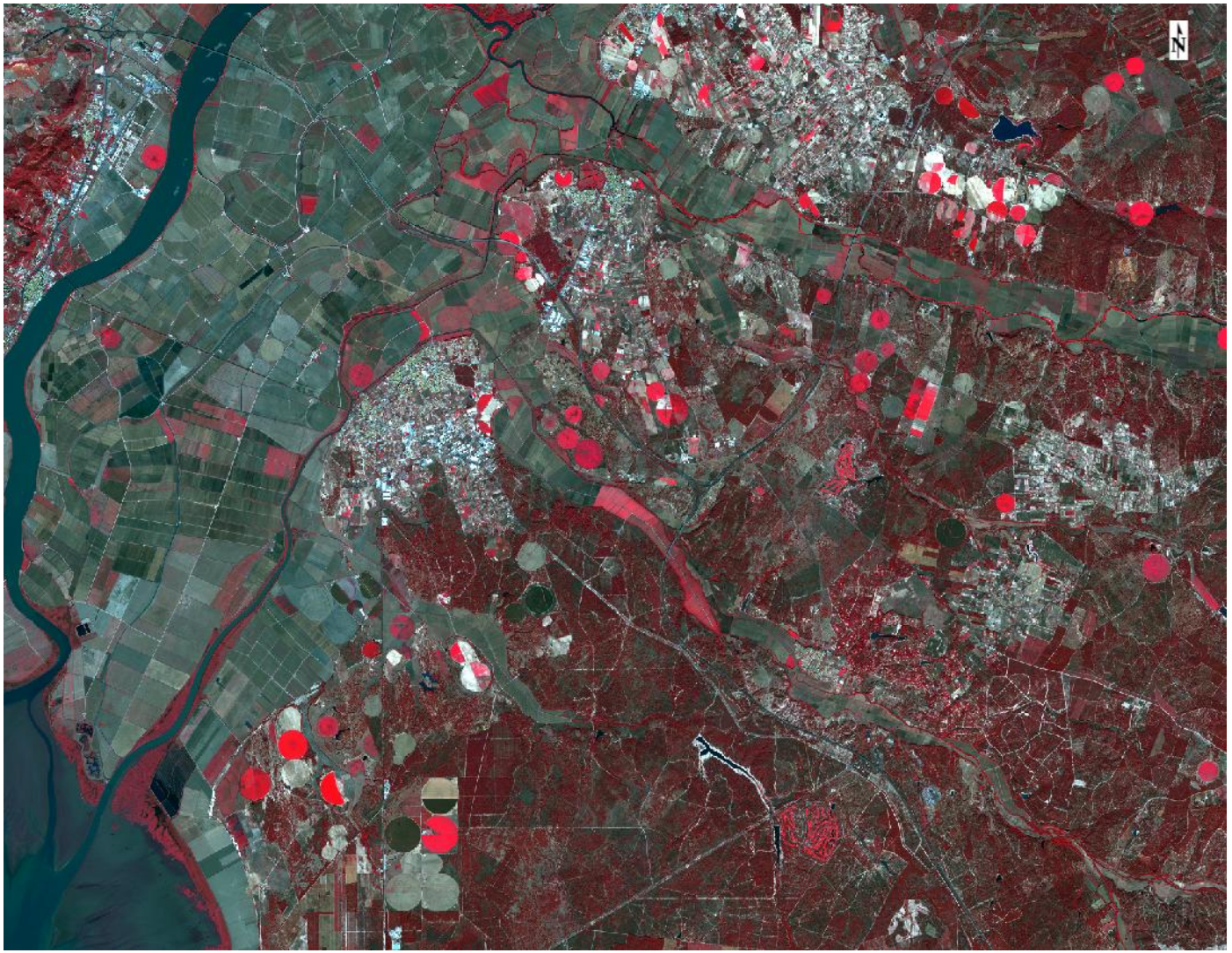
Sentinel-2:composição 4-3-2

22 out 2017



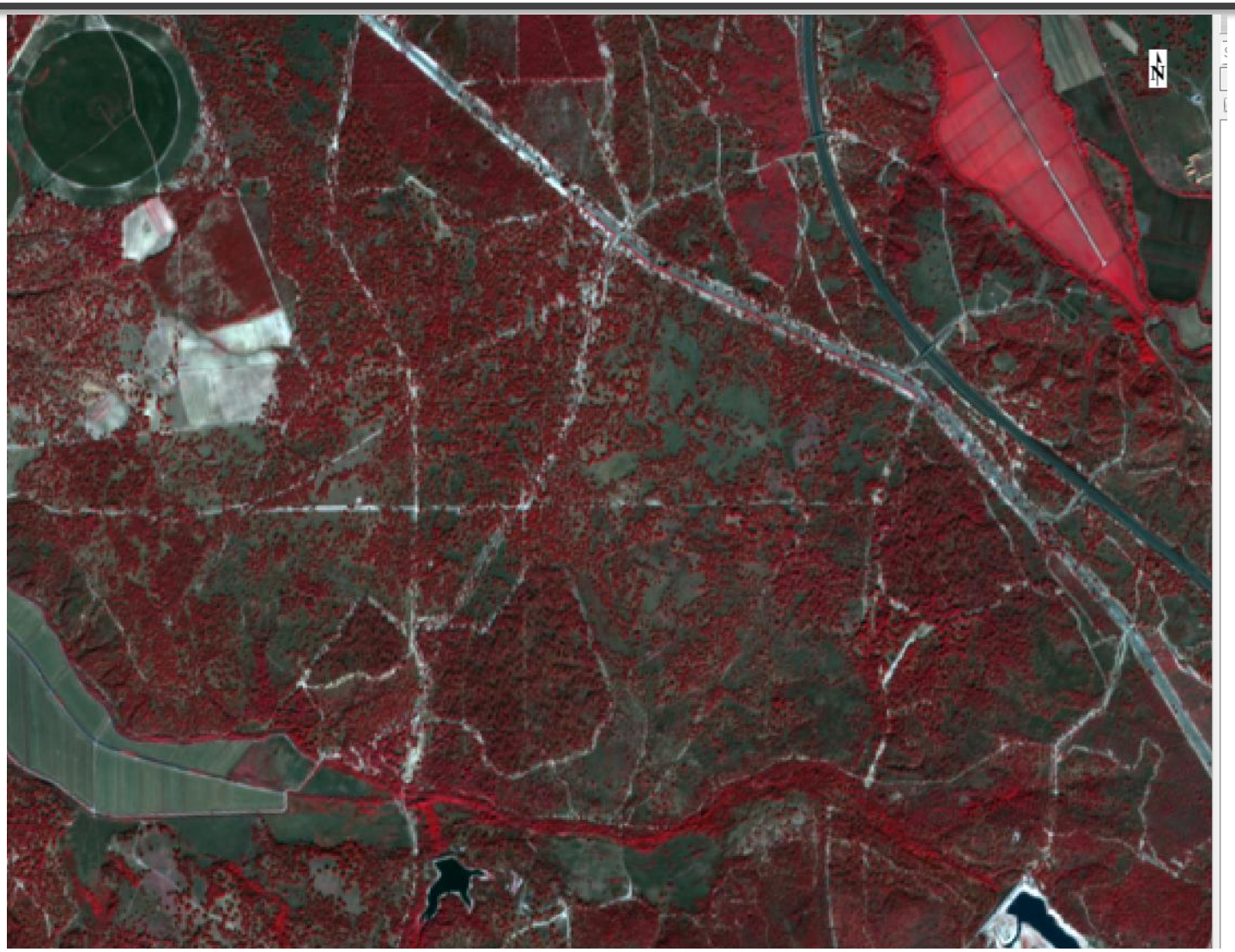
Sentinel-2:composição 8-4-3

22 out 2017

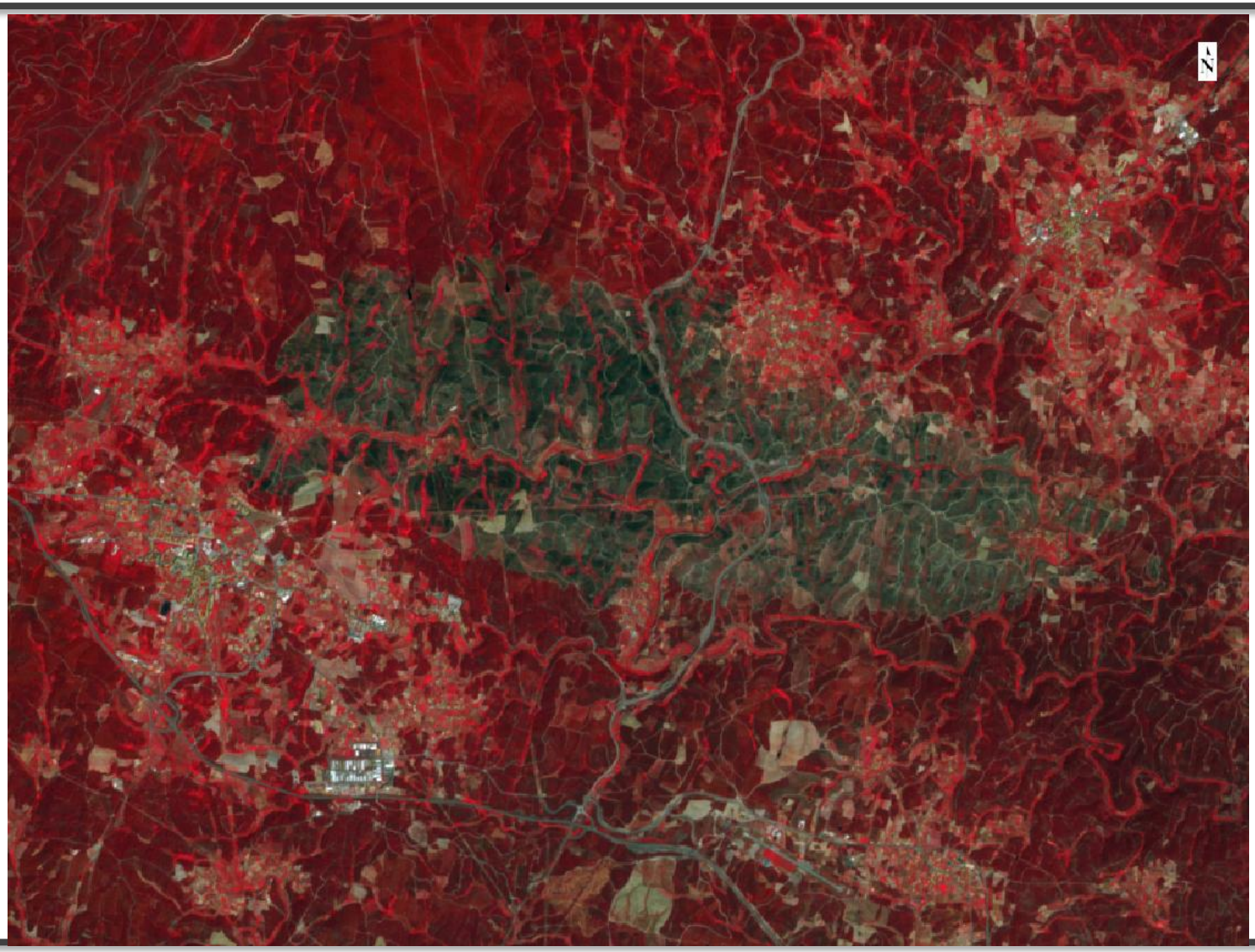


Sentinel-2:composição 8-4-3

Companhia das Lezirias



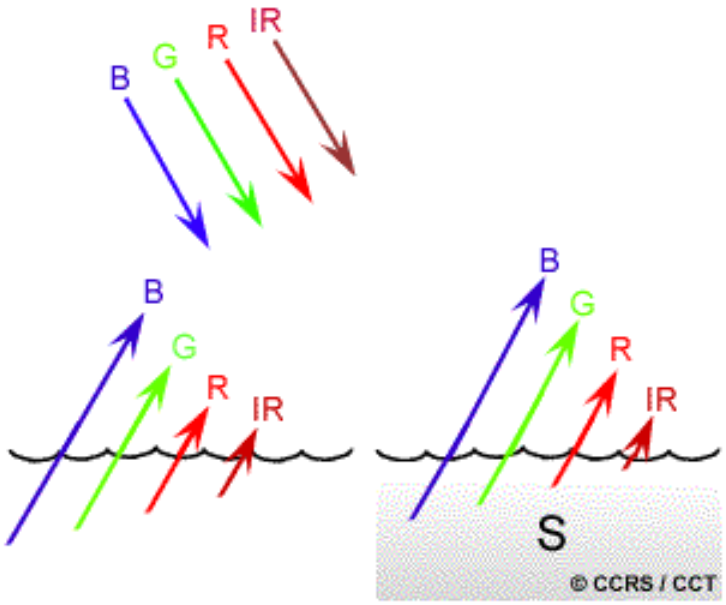
Sentinel-2:composição 8-4-3



Sentinel-2:composição 4-3-2



Interacção Radiação – Alvo
Exemplo: água



A água absorve mais os grandes comprimentos de onda do visível (vermelho) e IV que os pequenos comprimentos de onda.

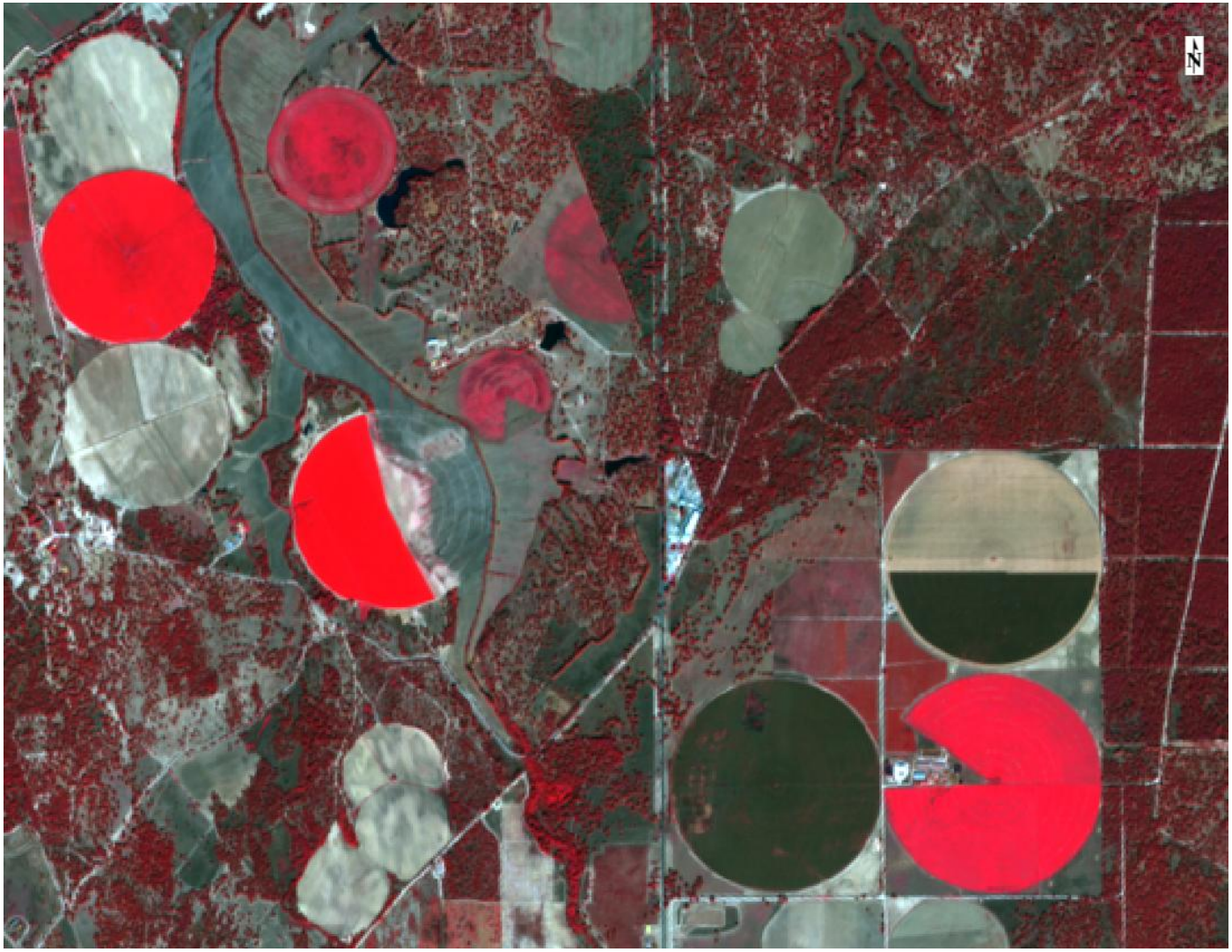
Por isso a água aparece azul aos nossos olhos e escura se vista nos maiores comprimentos de onda.

Se existirem sedimentos (S) em suspensão nas camadas superiores permitirá uma maior reflectividade e um aspecto mais brilhante da água.

A clorofila nas algas absorve mais o azul e reflecte o verde fazendo parecer a água verde na presença de algas.

Sentinel-2:composição 8-4-3

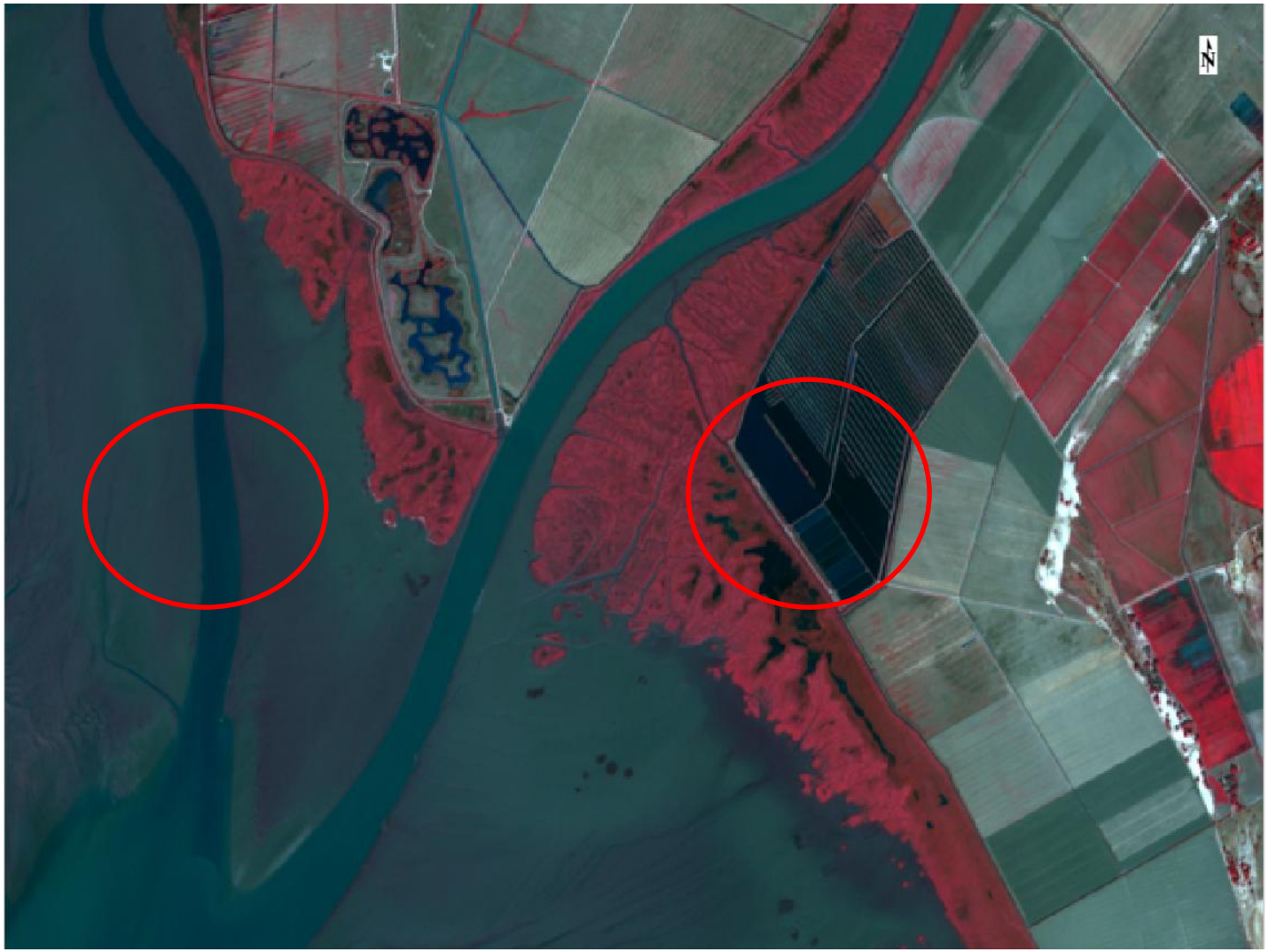
Reflectância da água no infravermelho



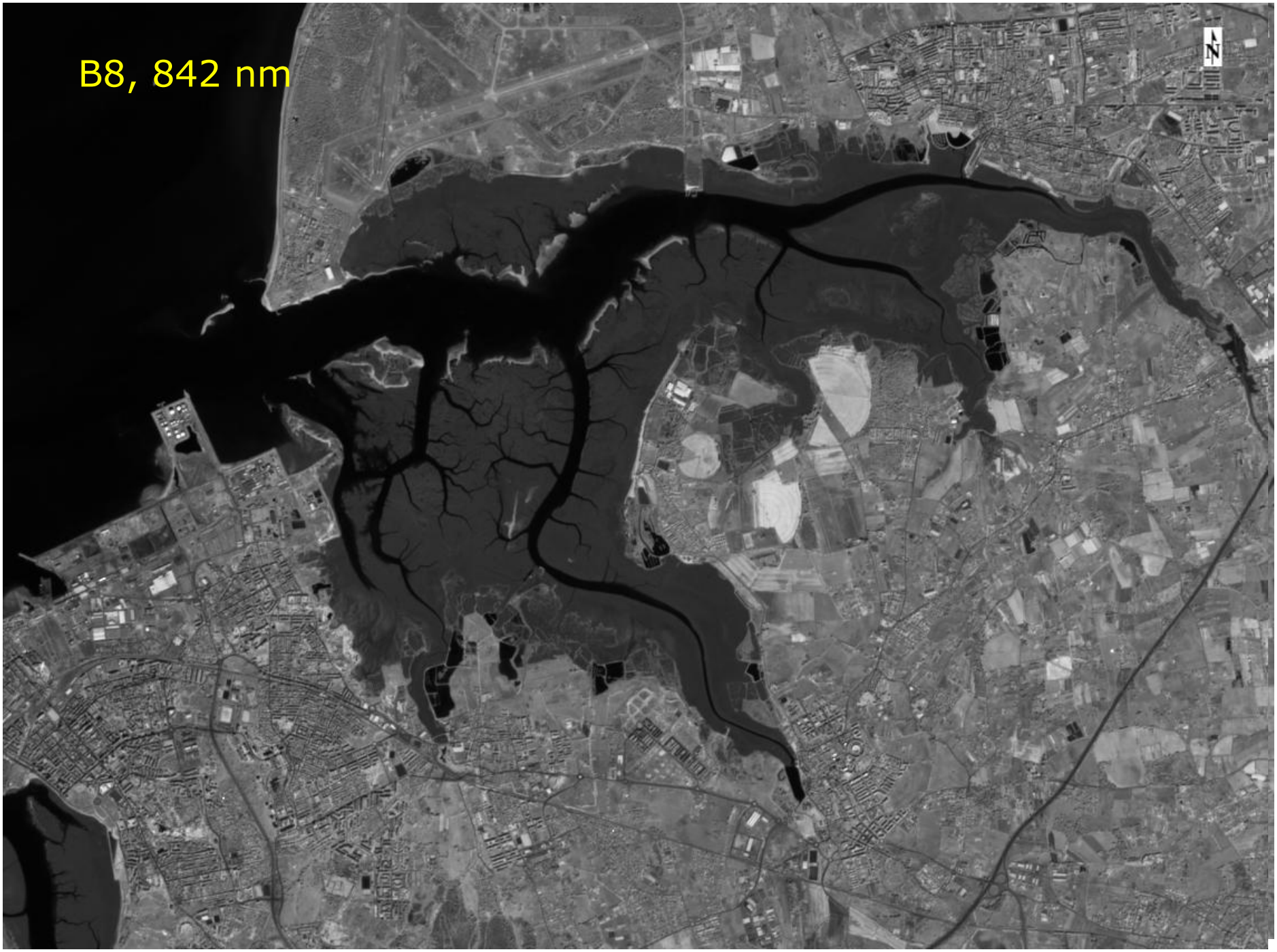
22 out 2017

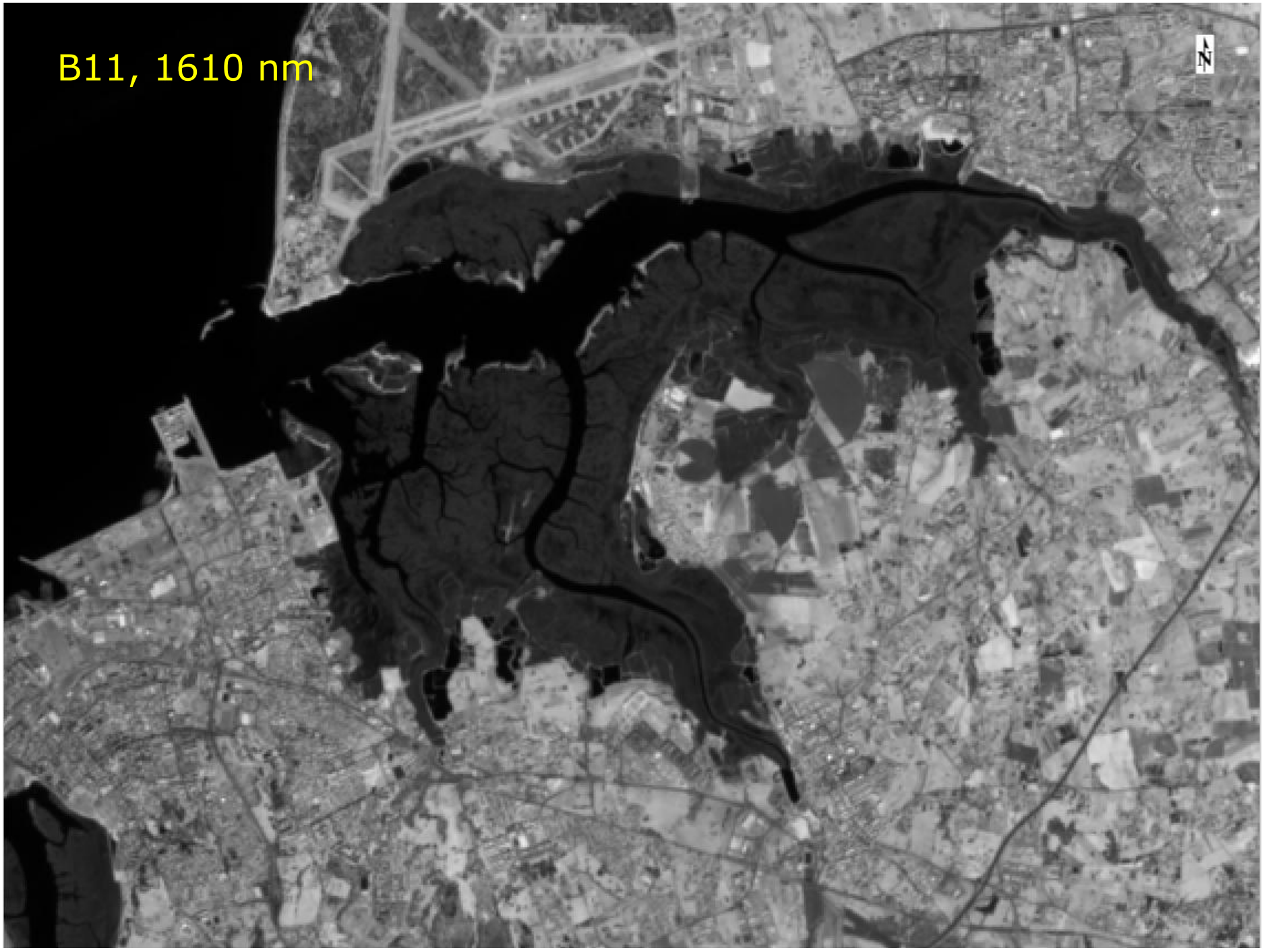
Sentinel-2:composição 8-4-3

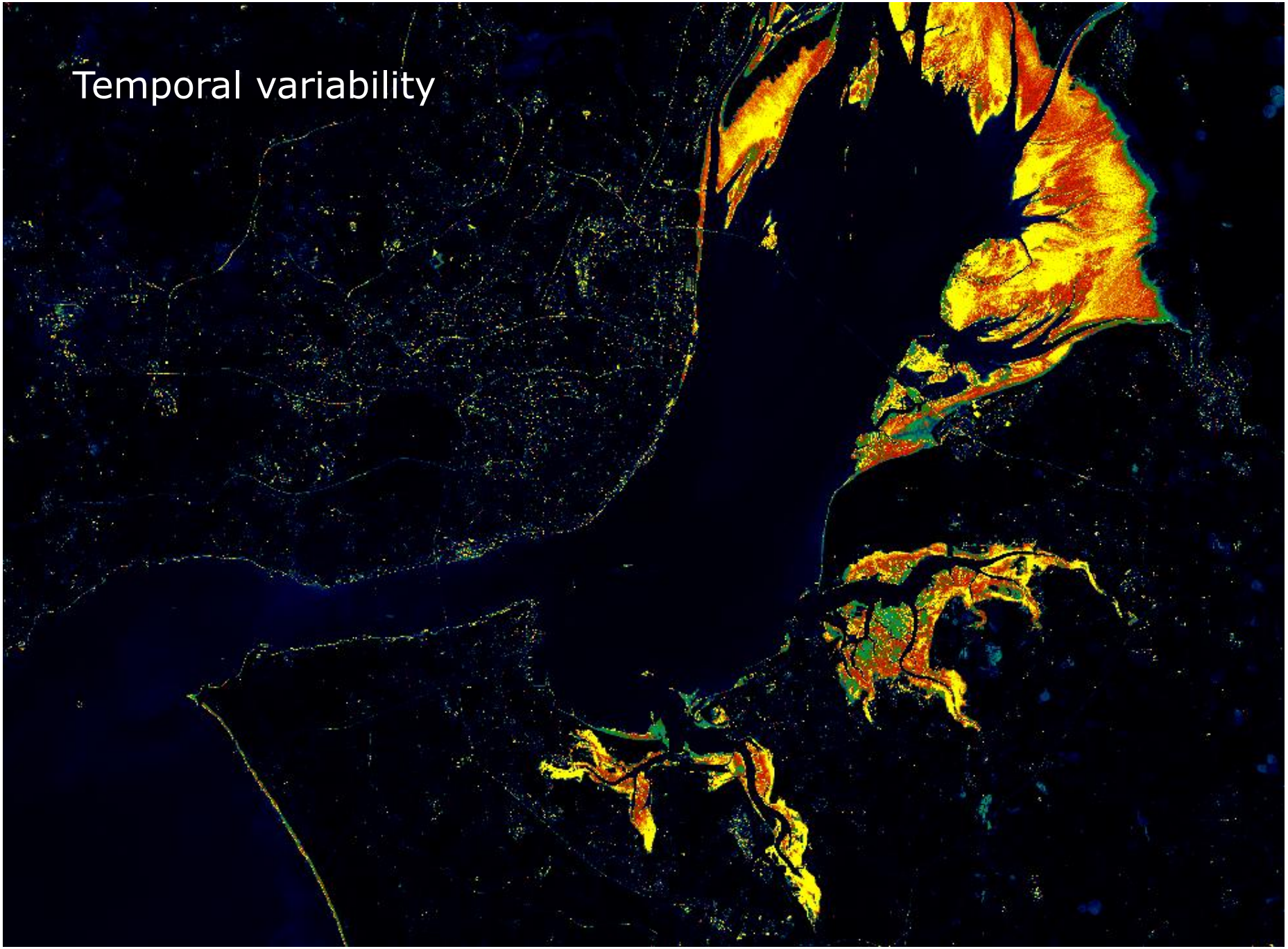
Reflectância da água no infravermelho

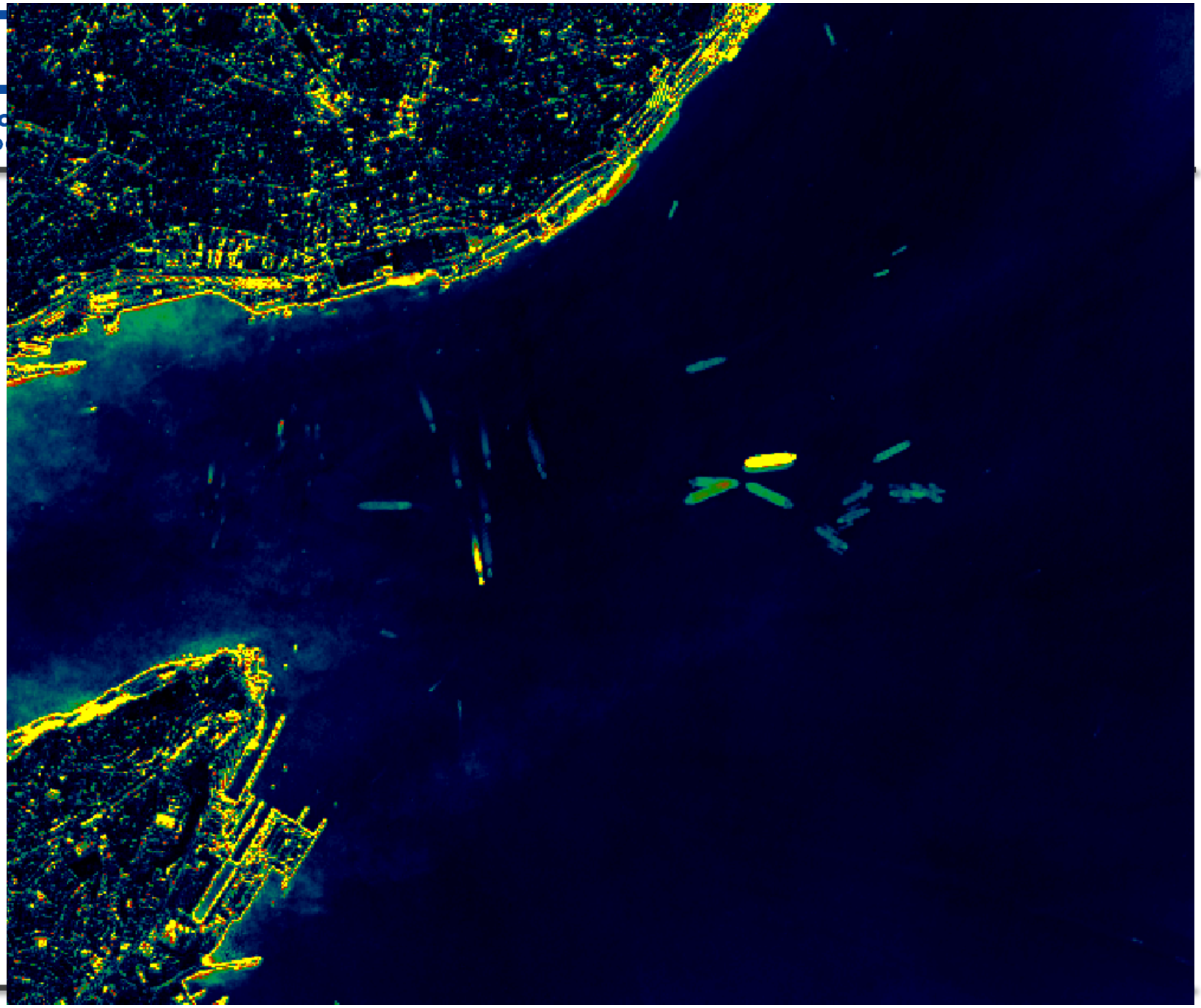


22 out 2017

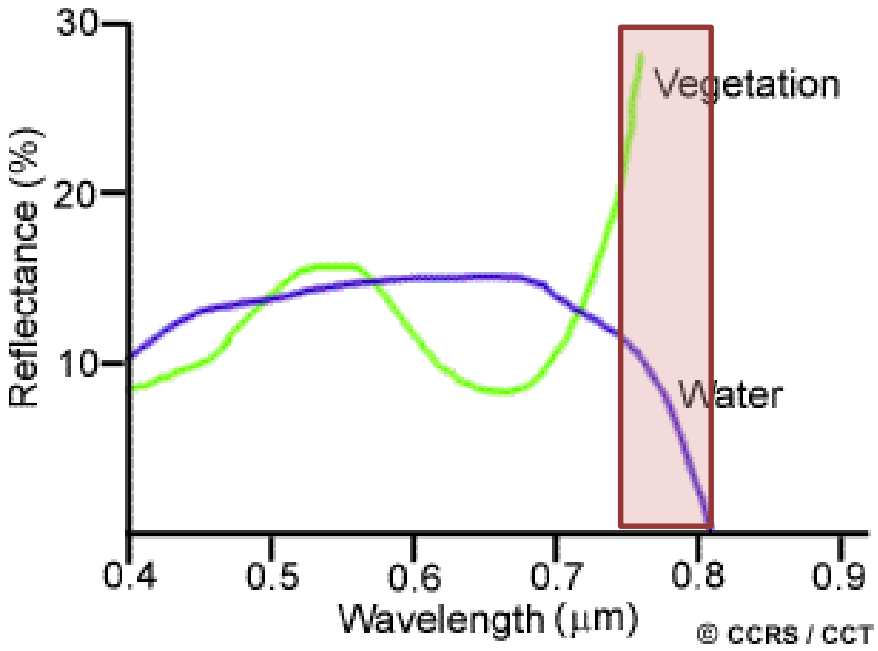

B8, 842 nm
N


B11, 1610 nm
N


Temporal variability



Interacção Radiação - Alvo



Medindo a energia que é reflectida (ou emitida) pelos alvos em vários comprimentos de onda pode construir-se **a resposta espectral** para cada objecto.

Comparando o padrão de resposta de diferentes entidades podemos distingui-las, mesmo que o conseguíssemos fazer analisando apenas um comprimento de onda.

Assinatura Espectral

A resolução espectral dos sensores a bordo dos satélites é demasiado pequena para identificar muitos dos objectos pela sua forma ou detalhe espacial.

Em alguns casos é possível identificar estes objectos por medições espectrais no terreno.

Existe um grande interesse na medição das **assinaturas espectrais** dos materiais como vegetação, solo, rocha no intervalo espectral.

A deteção remota multi-espectral baseia-se na possibilidade de distinguir os diferentes elementos da superfície com base na sua assinatura espectral

Assinatura Espectral

Contudo a assinatura espectral registada no satélite é alterada por diversos factores, como:

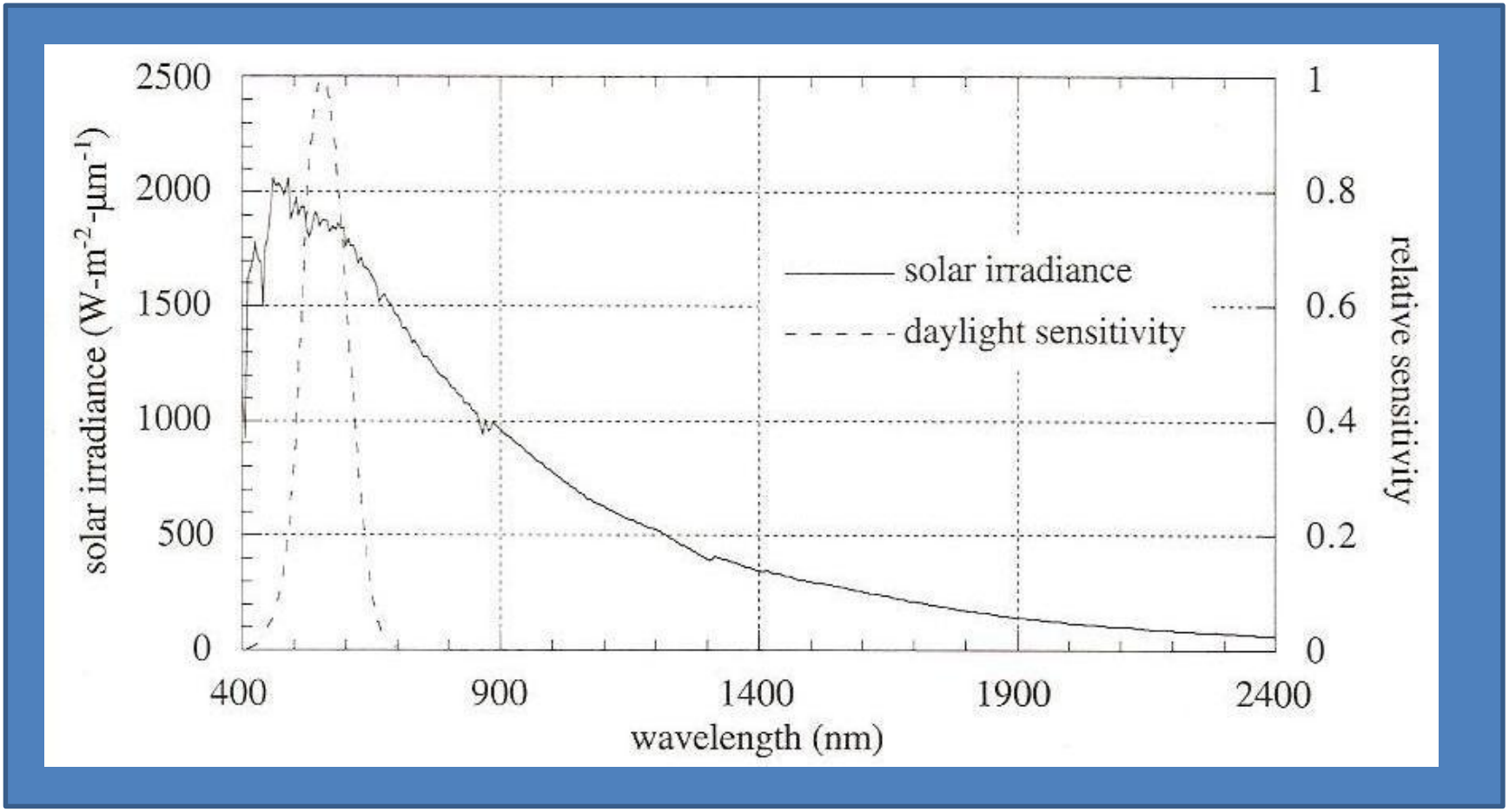
1. Variabilidade natural para um determinado tipo de material.

2. Resolução geométrica e radiância dos sistemas

3. Modificação das assinaturas pela atmosfera

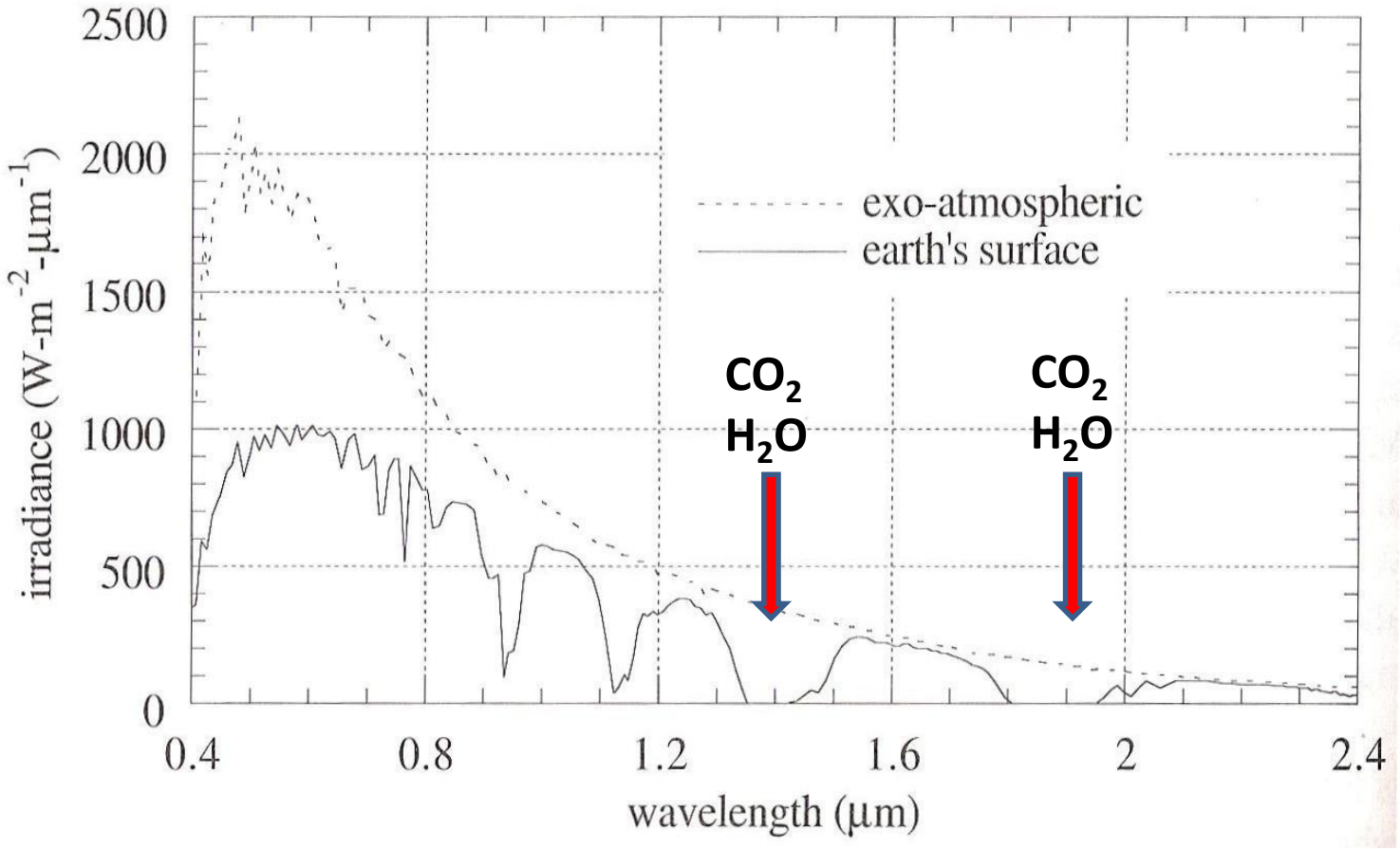
Não existe garantia que os materiais exibam assimetrias mensuráveis no ambiente natural.

Irradiância espectral solar no topo da atmosfera

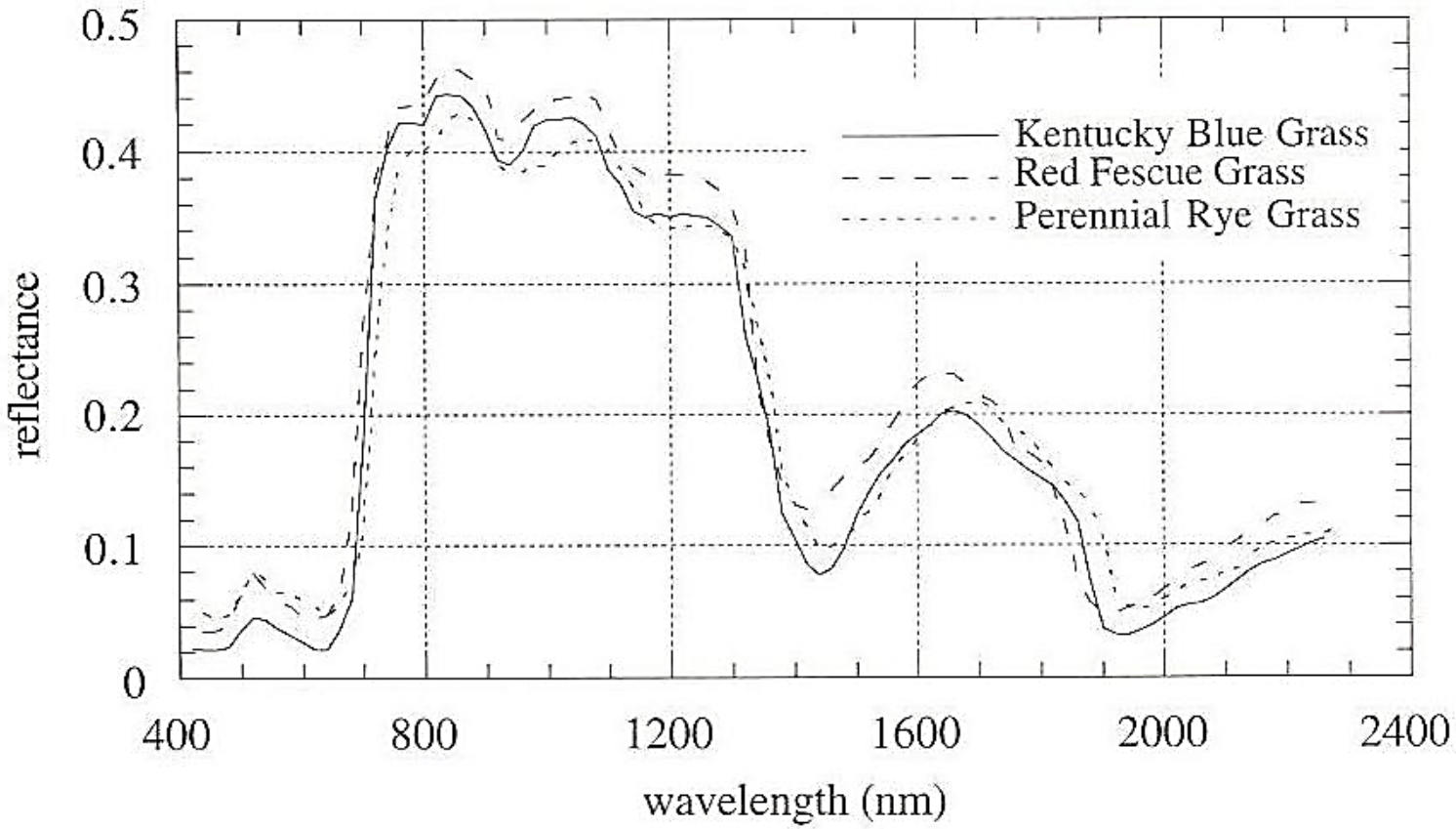


Irradiância espectral solar e a resposta do olho humano

Irradiância espectral solar na superfície da Terra

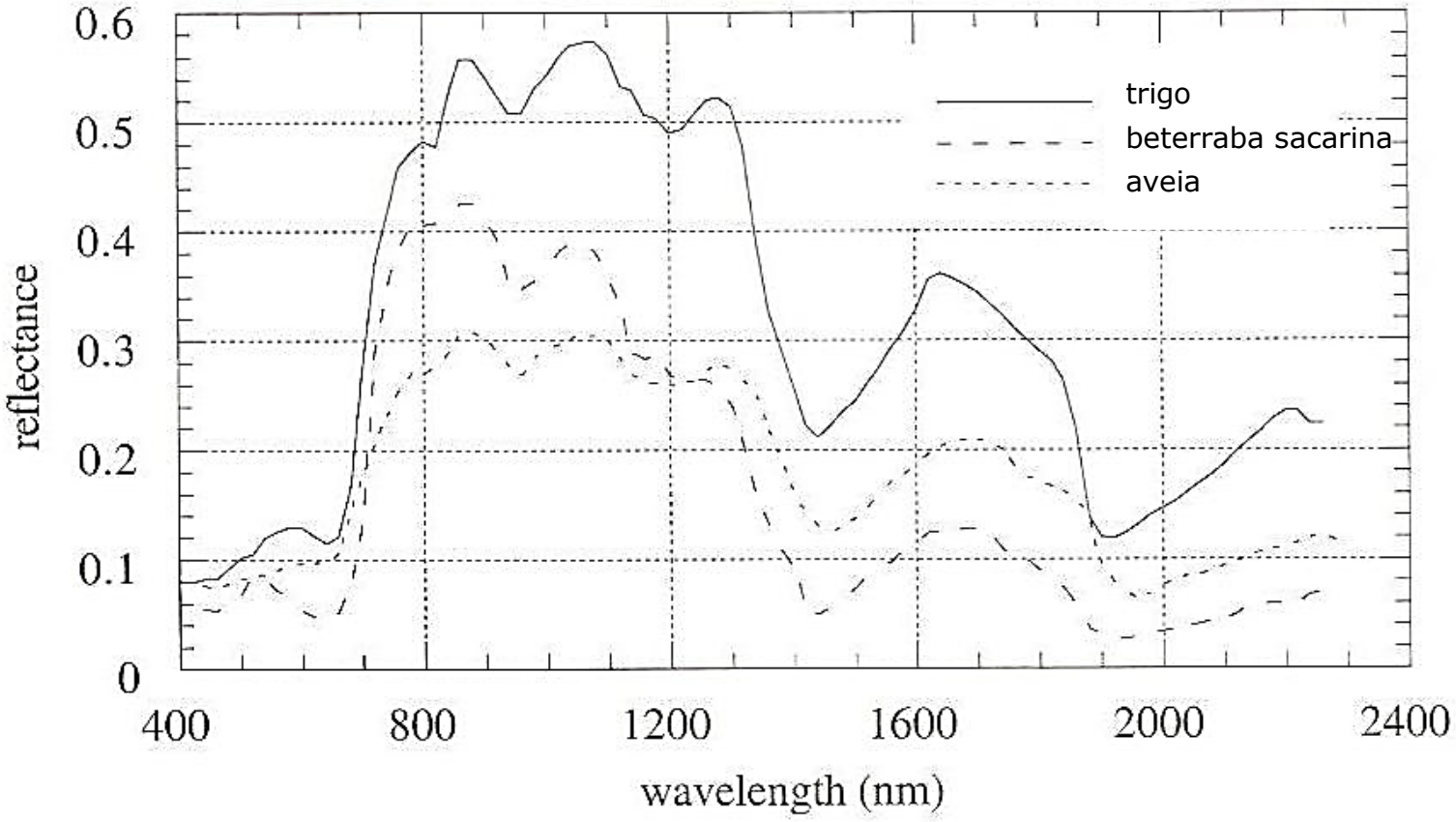


Assinatura Espectral



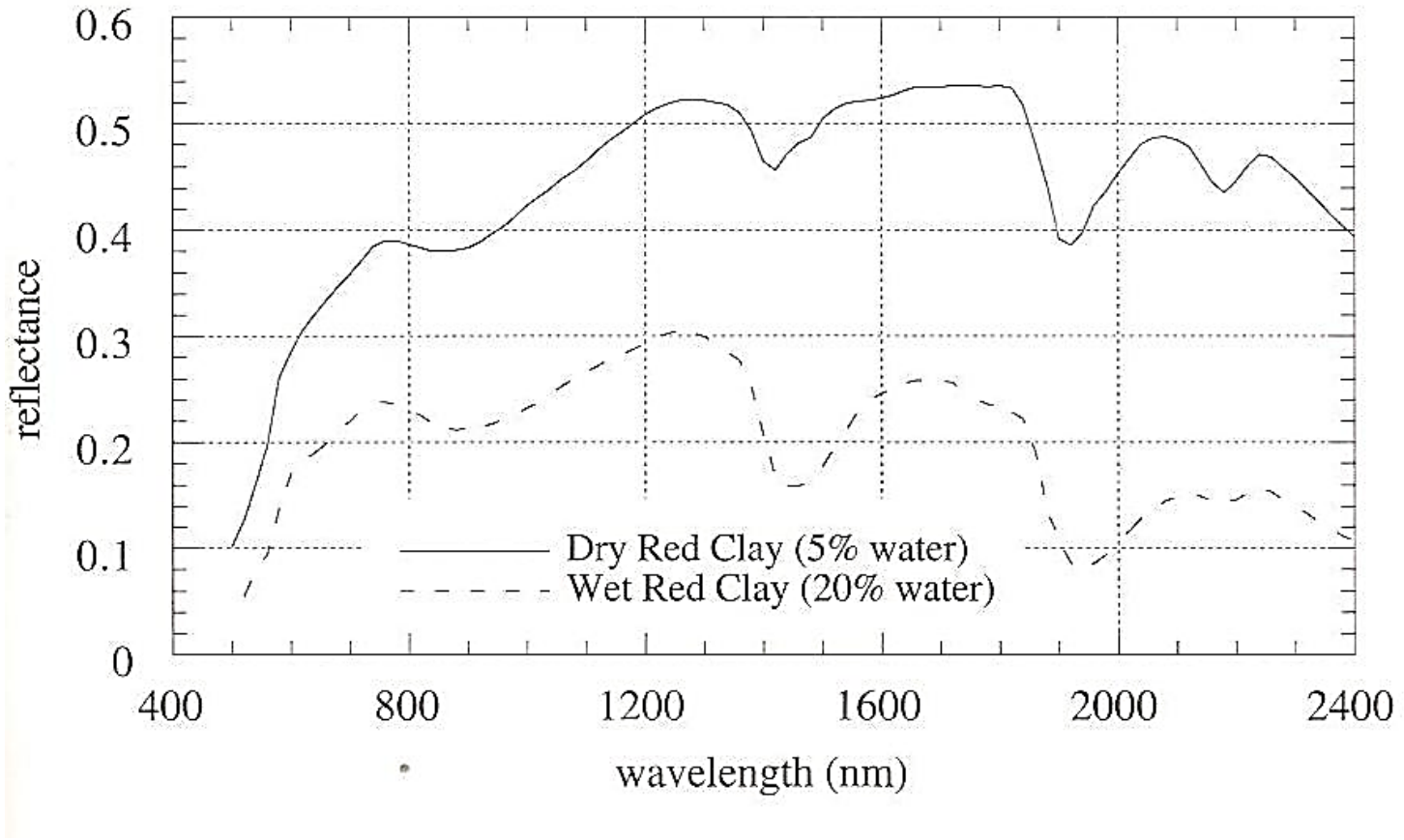
Exemplo de curvas de reflectância espectral

Assinatura Espectral Vegetação



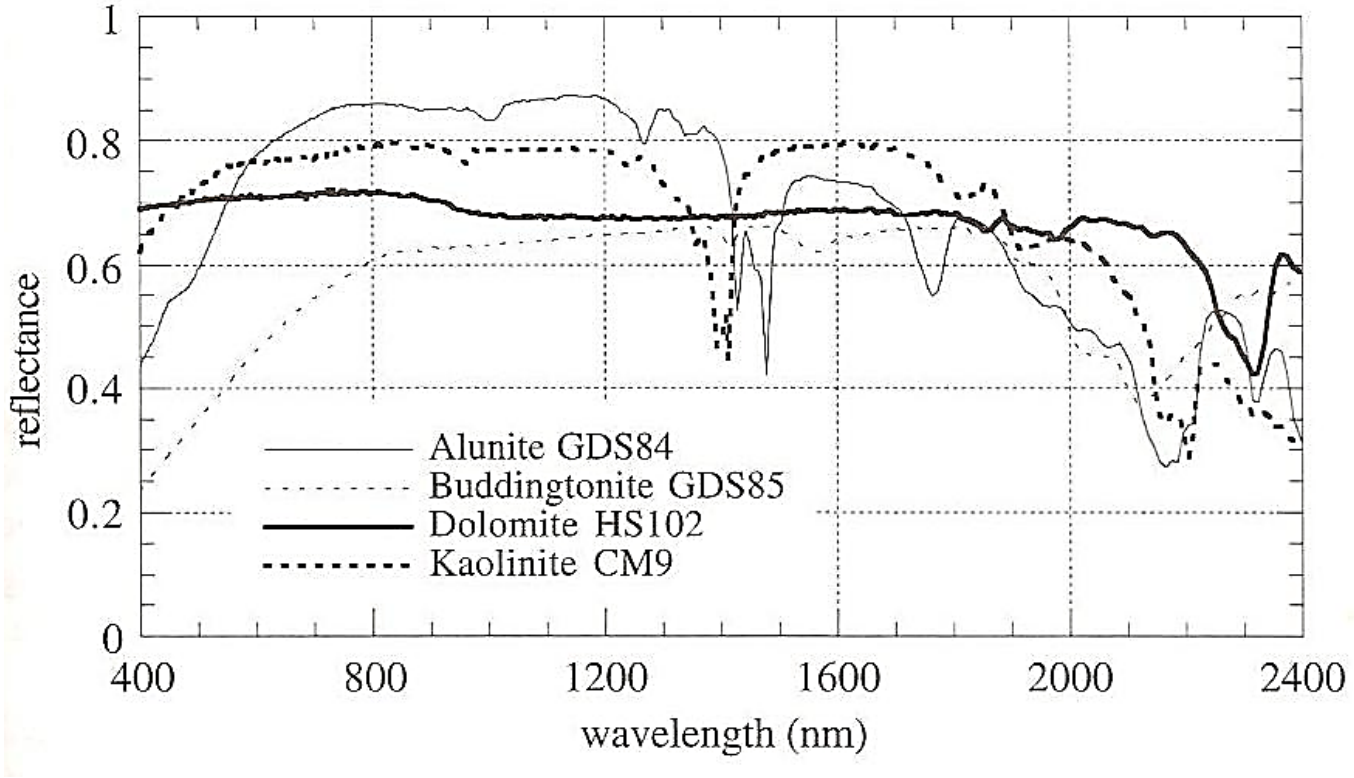
Exemplo de curvas de reflectância espectral

Assinatura Espectral Solo



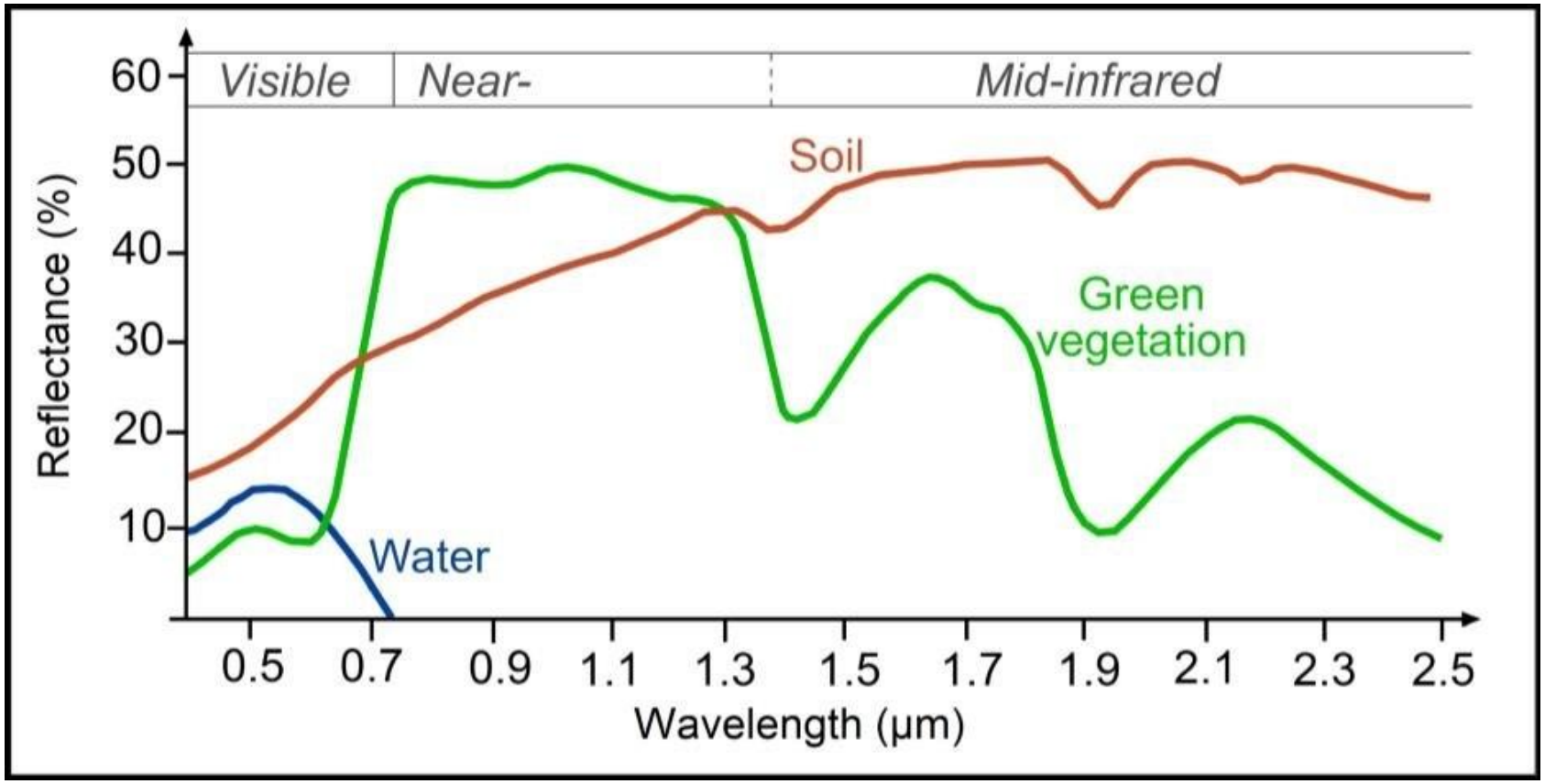
Exemplo de curvas de reflectância espectral (Clay = argila)

Assinatura Espectral Minerais



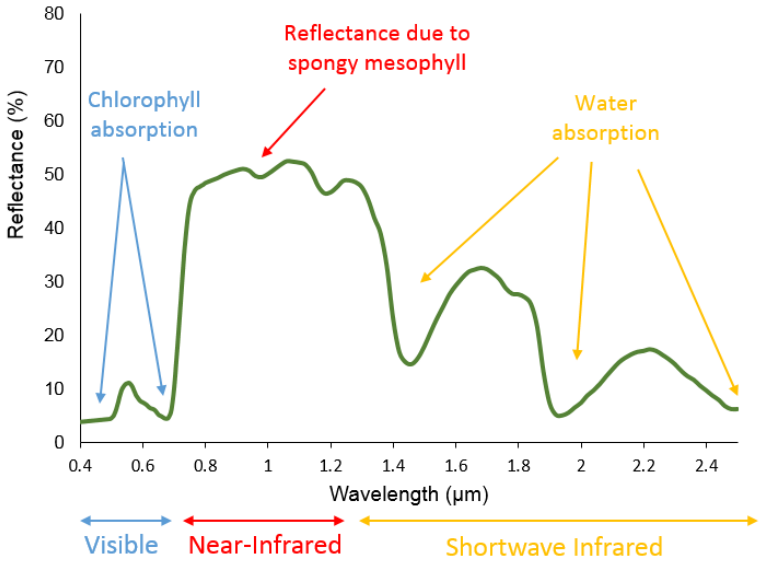
Exemplo de curvas de reflectância espectral

Assinatura Espetral



Sintese das assinaturas espetrais dos elementos mais representativos da ocupação do solo

Vegetation Index



Índice razão.

$$I_1 = \frac{BLand_{red}}{BLand_{NIR}} = \frac{\text{vermelho}}{\text{infravermelho próximo}}$$

Índice de vegetação normalizado NDVI

Normalized Difference Vegetation Index

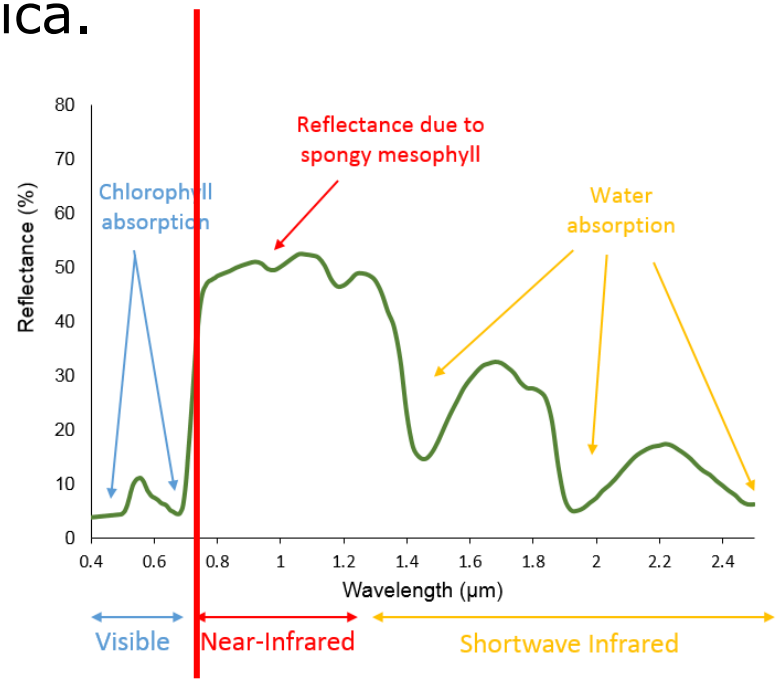
$$NDVI = \frac{InfraRED - red}{InfraRed + Red}$$

Sempre entre -1 e +1. Valores típicos para a vegetação são superiores a 0.3.

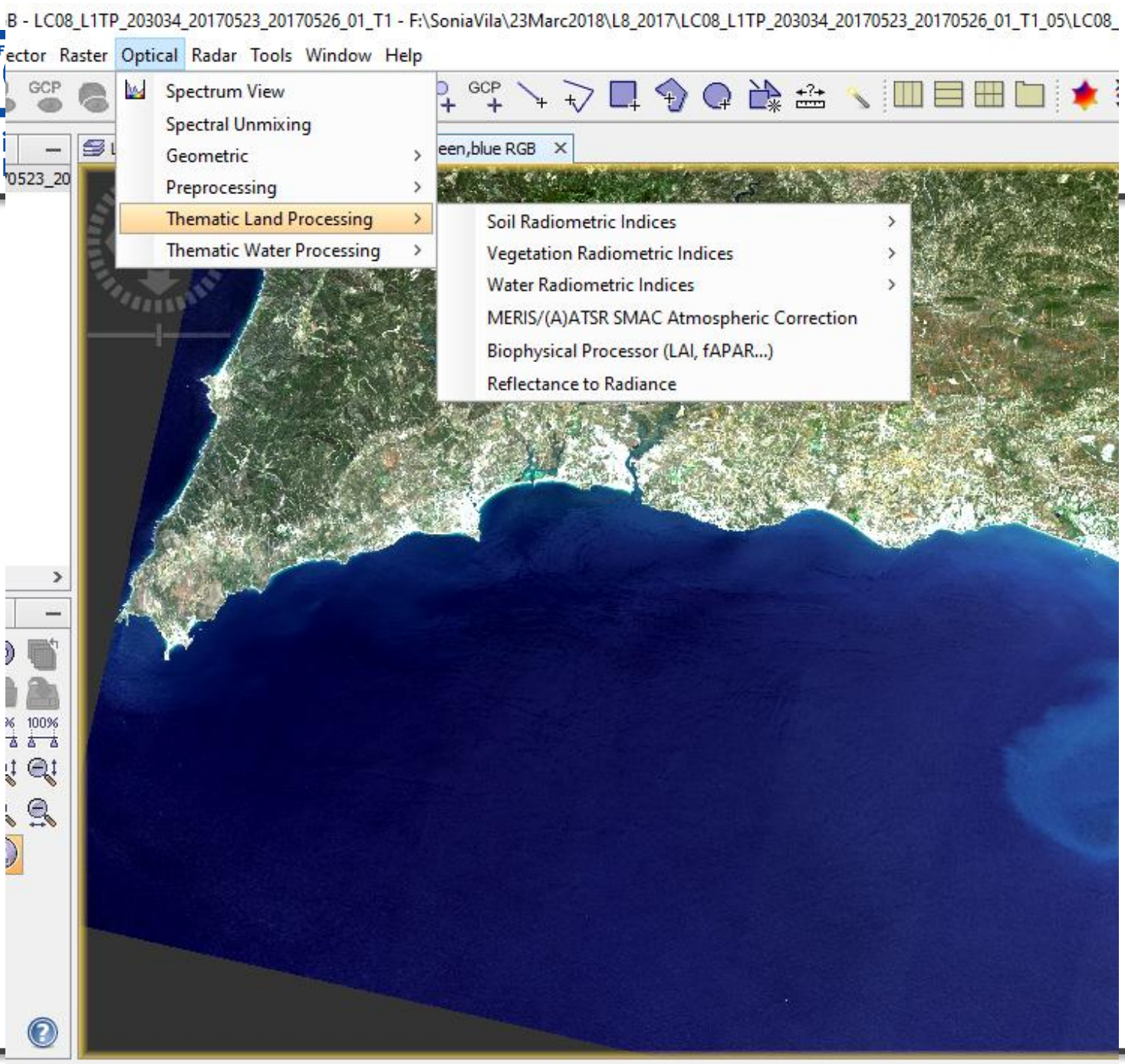
Valores superiores a 0.5 indicam a presença de vegetação no pleno do seu estado vegetativo.

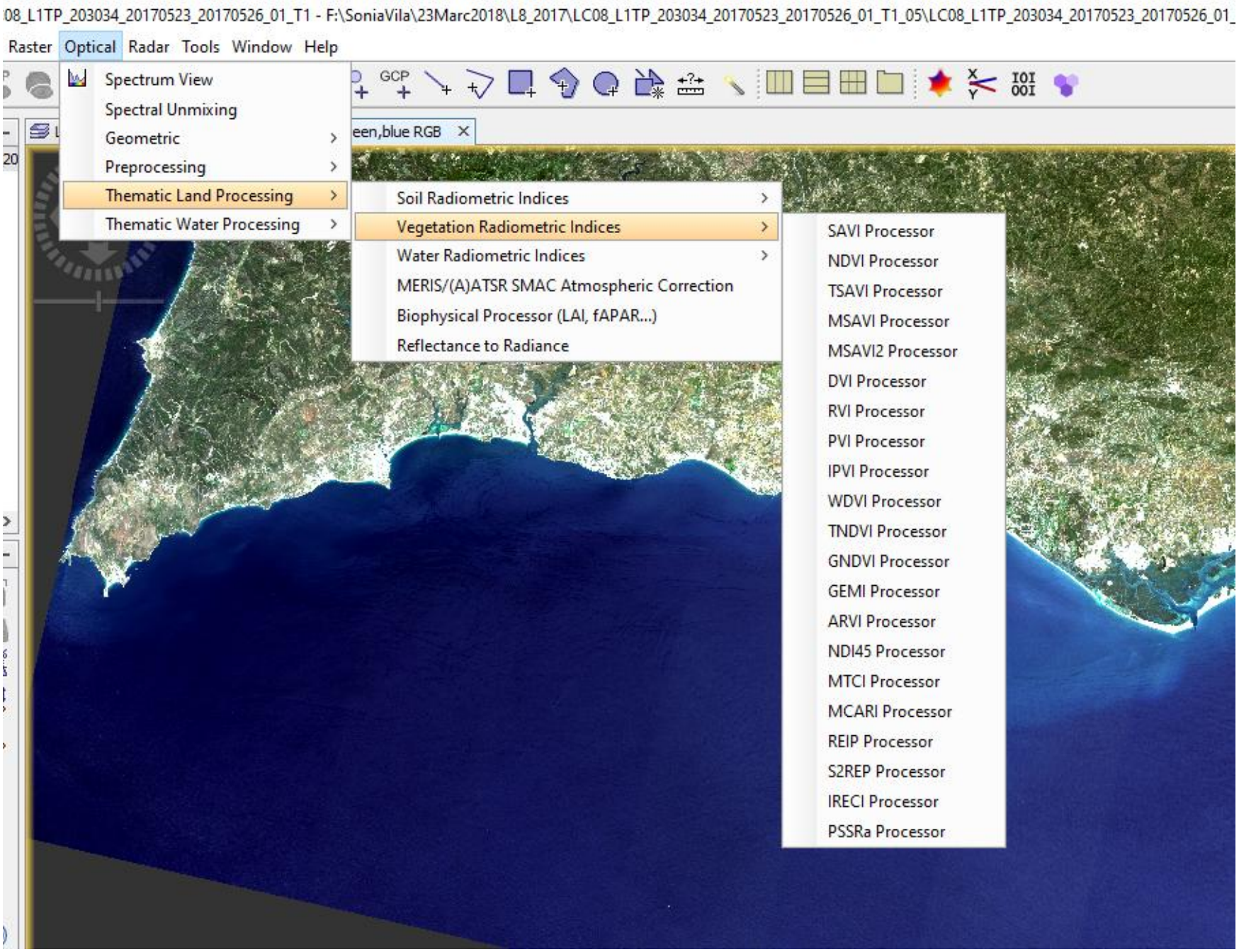
Vegetation Index

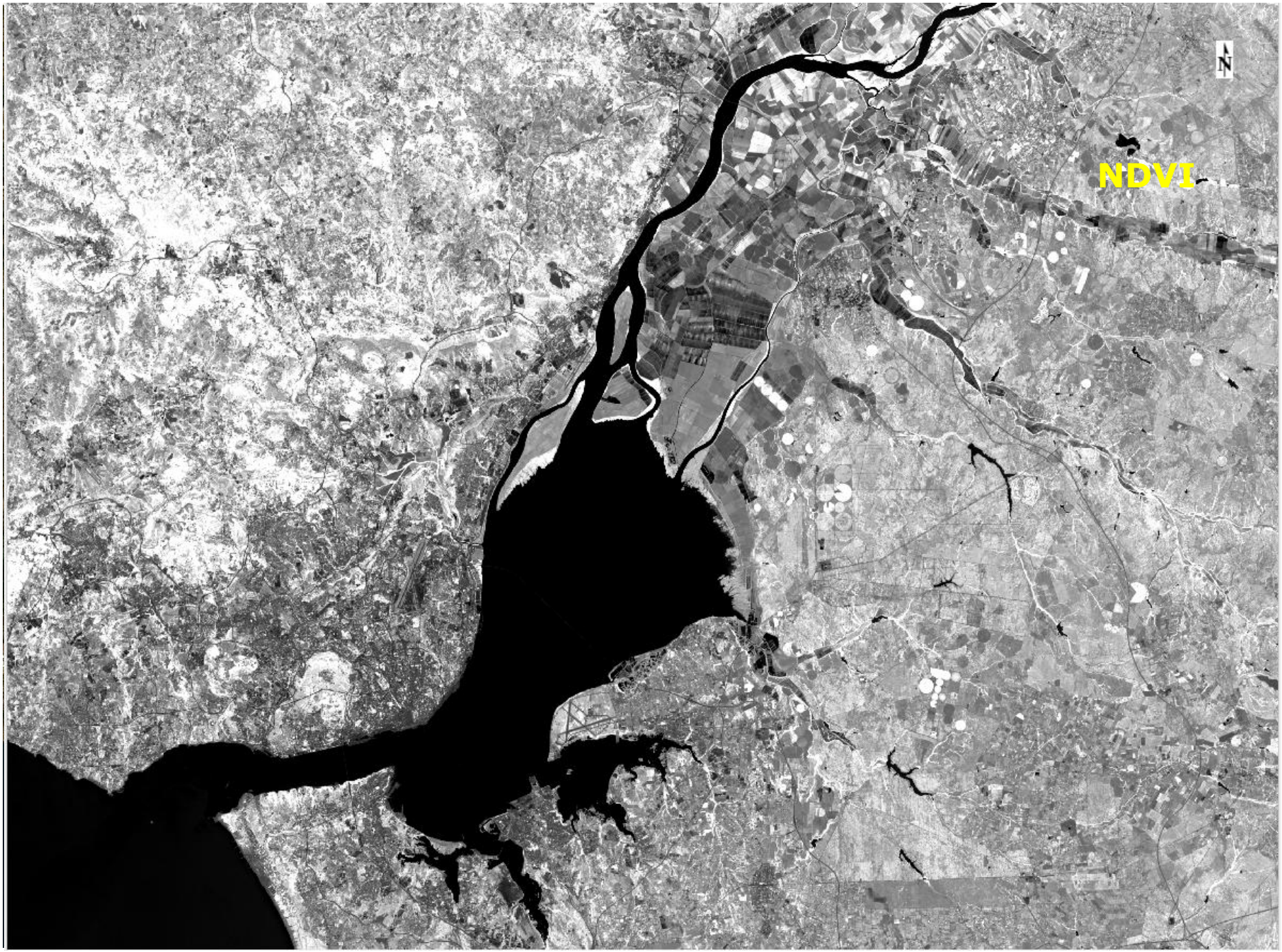
Os índices de vegetação, baseiam-se no facto que a vegetação "verde" interagir de forma característica com a radiação eletromagnética.

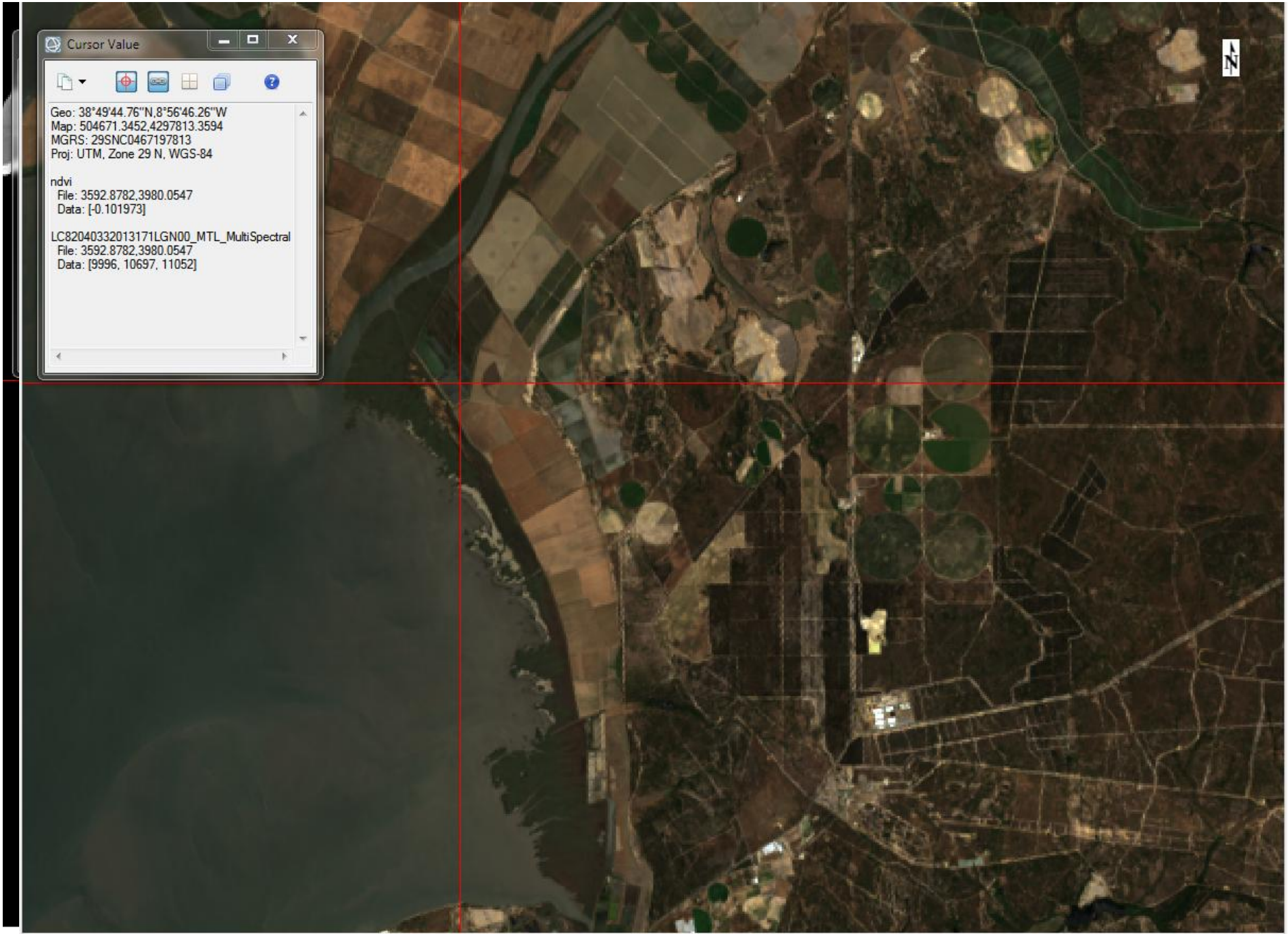


Os índices de vegetação relacionam a refletância na zona do infravermelho e na zona do visível.

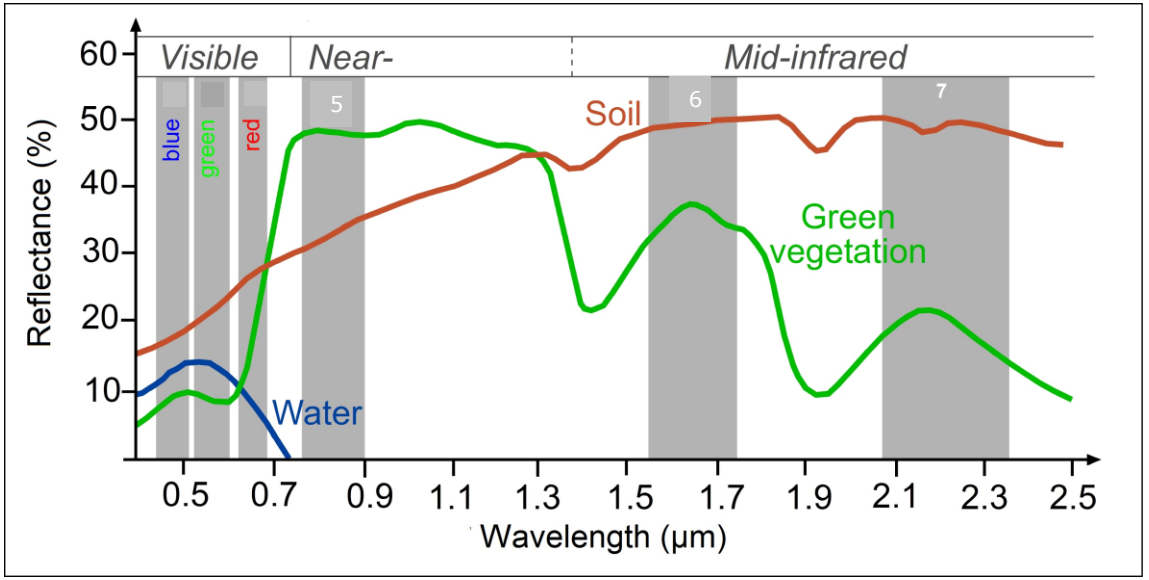

B - LC08_L1TP_203034_20170523_20170526_01_T1 - F:\SoniaVila\23Marc2018\L8_2017\LC08_L1TP_203034_20170523_20170526_01_T1_05\LC08_
ector Raster Optical Radar Tools Window Help
Spectrum View
Spectral Unmixing
Geometric
Preprocessing
Thematic Land Processing
Thematic Water Processing
Soil Radiometric Indices
Vegetation Radiometric Indices
Water Radiometric Indices
MERIS/(A)ATSR SMAC Atmospheric Correction
Biophysical Processor (LAI, fAPAR...)
Reflectance to Radiance
GCP
GCP
een,blue RGB
100%


08_L1TP_203034_20170523_20170526_01_T1 - F:\SoniaVila\23Marc2018\L8_2017\LC08_L1TP_203034_20170523_20170526_01_T1_05\LC08_L1TP_203034_20170523_20170526_01_
Raster
Optical
Radar
Tools
Window
Help
Spectrum View
Spectral Unmixing
Geometric
Preprocessing
Thematic Land Processing
Thematic Water Processing
GCP
een,blue RGB
Soil Radiometric Indices
Vegetation Radiometric Indices
Water Radiometric Indices
MERIS/(A)ATSR SMAC Atmospheric Correction
Biophysical Processor (LAI, fAPAR...)
Reflectance to Radiance
SAVI Processor
NDVI Processor
TSAVI Processor
MSAVI Processor
MSAVI2 Processor
DVI Processor
RVI Processor
PVI Processor
IPVI Processor
WDVI Processor
TNDVI Processor
GNDVI Processor
GEMI Processor
ARVI Processor
NDI45 Processor
MTCI Processor
MCARI Processor
REIP Processor
S2REP Processor
IRECI Processor
PSSRa Processor


N
NDVI


Cursor Value
Geo: 38°49'44.76"N,8°56'46.26"W
Map: 504671.3452,4297813.3594
MGRS: 29SNC0467197813
Proj: UTM, Zone 29 N, WGS-84
ndvi
File: 3592.8782,3980.0547
Data: [-0.101973]
LC82040332013171LGN00_MTL_MultiSpectral
File: 3592.8782,3980.0547
Data: [9996, 10697, 11052]
N

Indice da Água



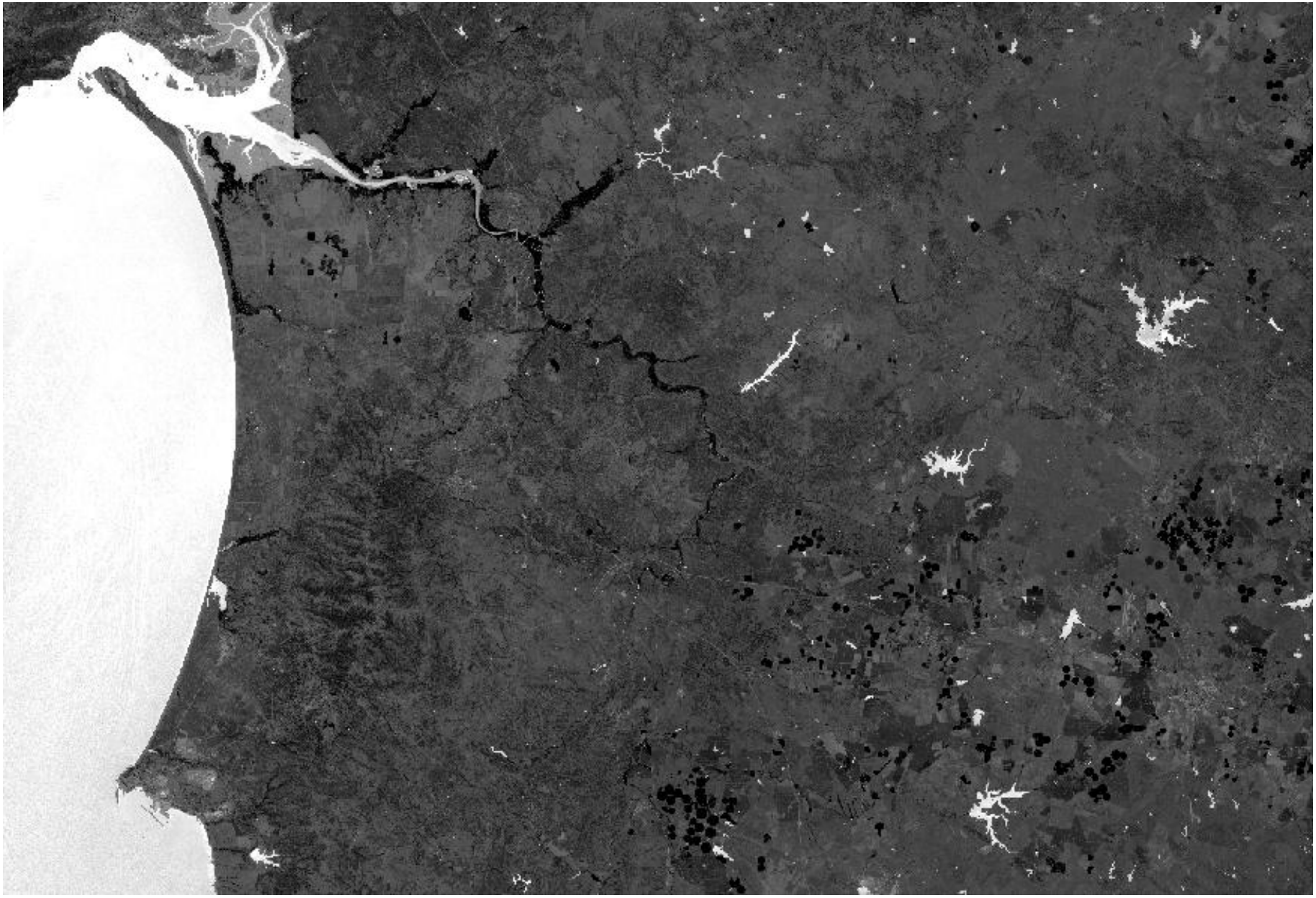
$$NDWI = \frac{NIR - SWIR2}{NIR + SWIR2}$$

(conteúdo de água na vegetação)

(Normalized Difference Water Index)

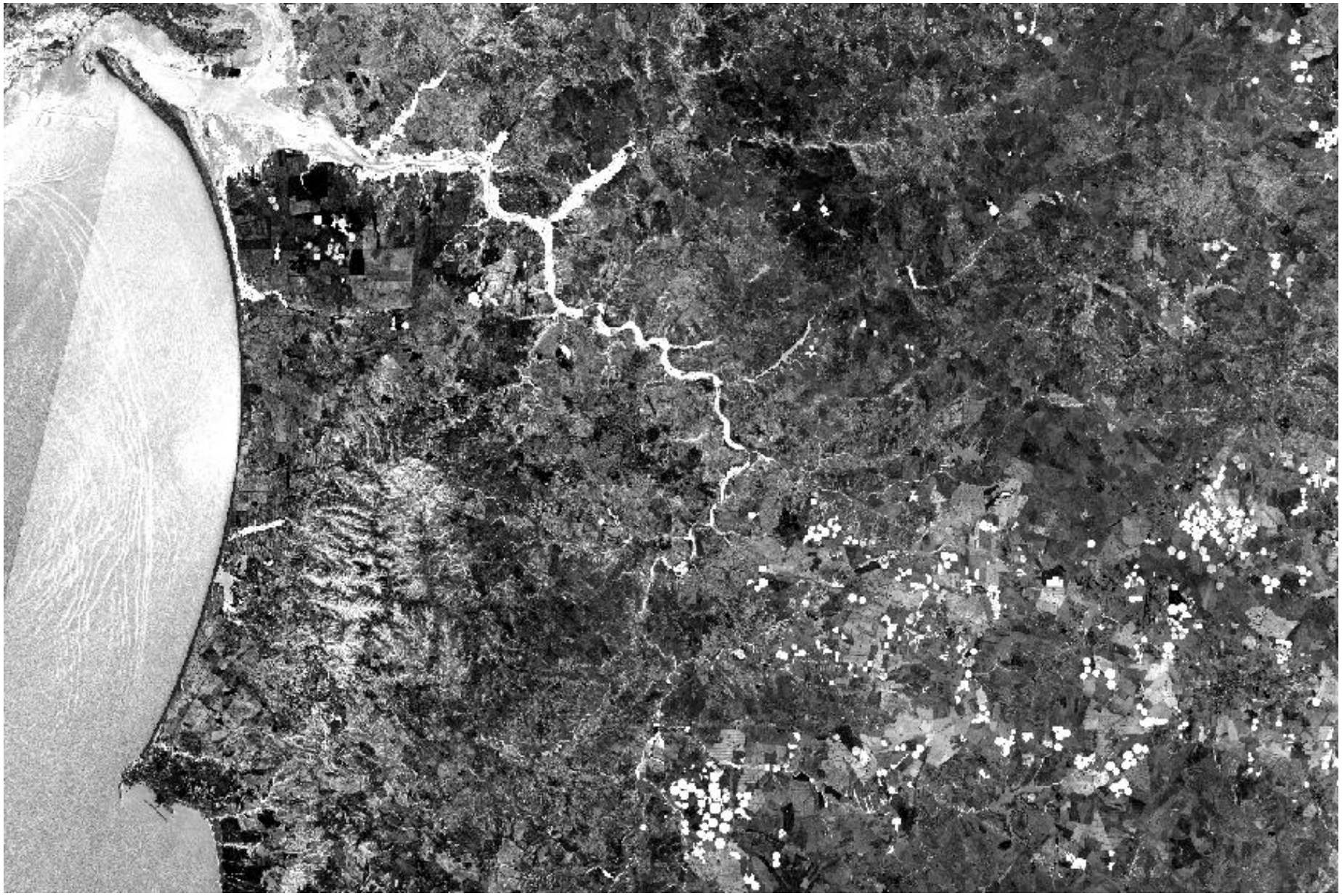
$$NDWI2 = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$$

Elemento Água



Sentinel-2, T29SNC, 3/8/2019

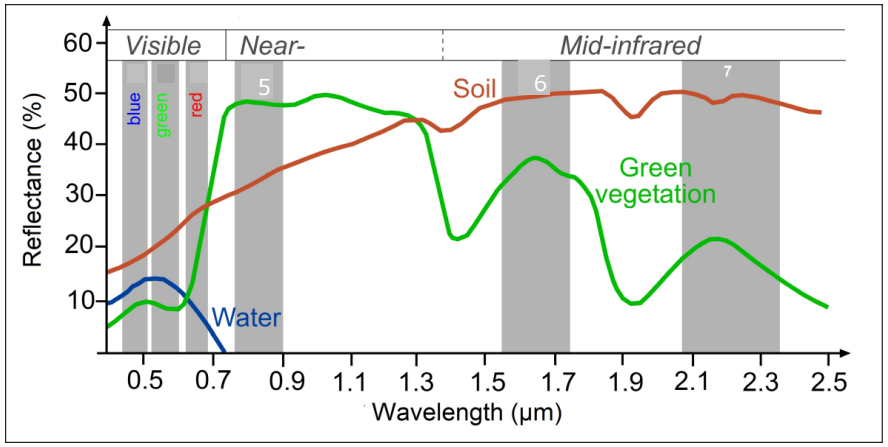
NDWI2



Sentinel-2, T29SNC, 3/8/2019

NDWI

Indice de área ardida



Índices	Designação	Referência
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	Rouse et al., 1974
GEMI	Global Environmental Monitoring Index	Pinty & Verstraete, 1992
BAI	Burned Area Index	Martín et al., 1998
BAIMS		Martín et al., 2005
BAIML		
NBRS	Normalized Burn Ratio	Key & Benson, 1999
NBRL		
MIRBI	Mid Infrared Burned Index	Trigg & Flasse, 2001

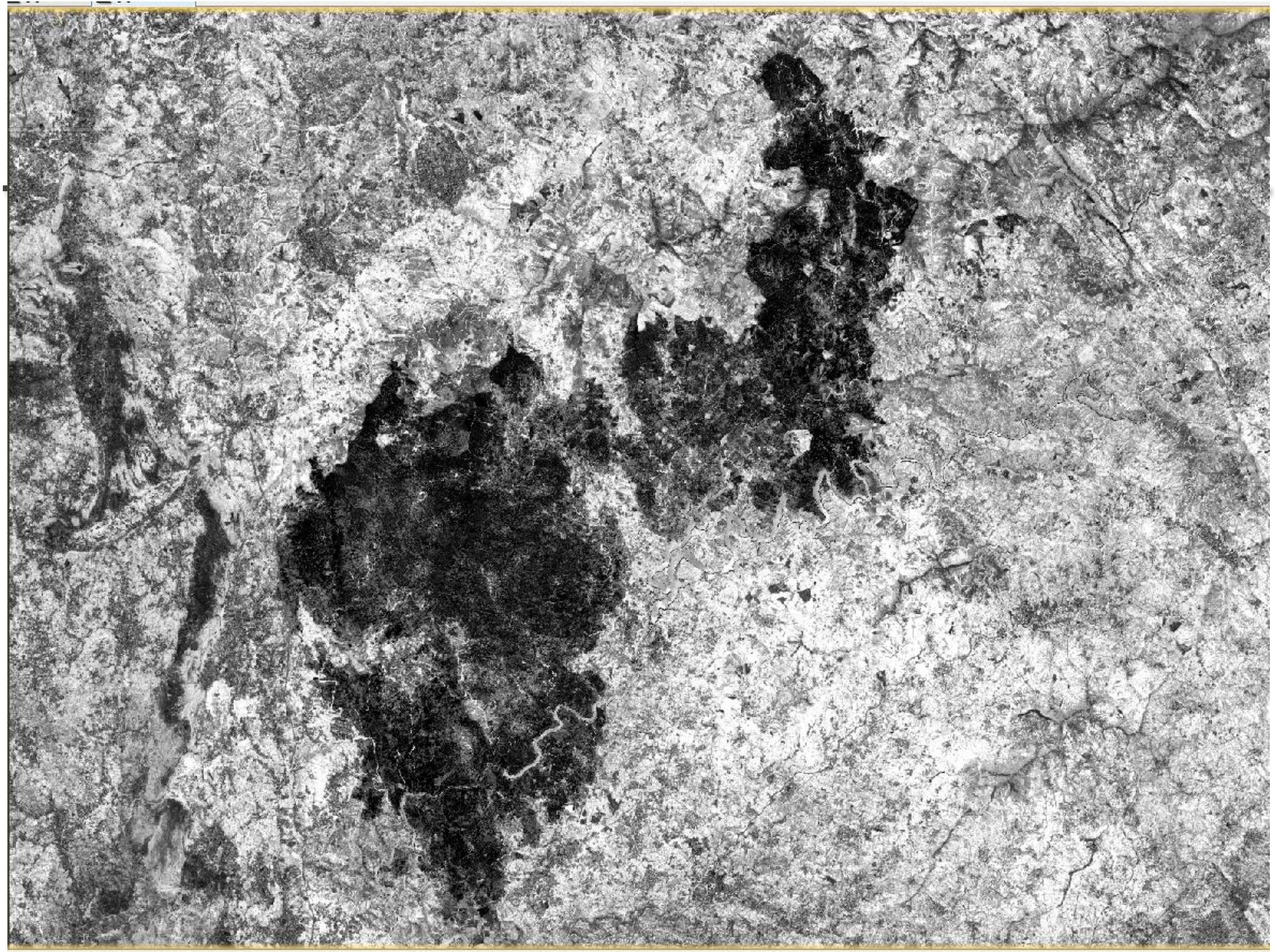
$$BAI = \frac{1}{(\rho_{NIR} - 0.06)^2 + (\rho_{Red} - 0.1)^2}$$

$$NBRS = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}}$$



Sentinel-2, T29TNE, 4/7/2017

Burned Area Index (Post_BAI > 188.88)



Sentinel-2, T29TNE, 4/7/2017

Normalized Burn ratio, Post_NBRS < –0.17079

Aplicações dos Indices

Segmentação de Imagem

(Divisão da imagem em regiões ou objectos, segundo um critério)

- NDWI2: Água / não Água
- NDVI: Vegetação / não Vegetação
- NDVI: Culturas temporárias/ Culturas Permanentes.
- NDVI: Vitalidade da vegetação

Sensores Ópticos

Cada píxel representa uma média em cada uma das três dimensões:

Espaço | **Comprimento de onda** | **Tempo**

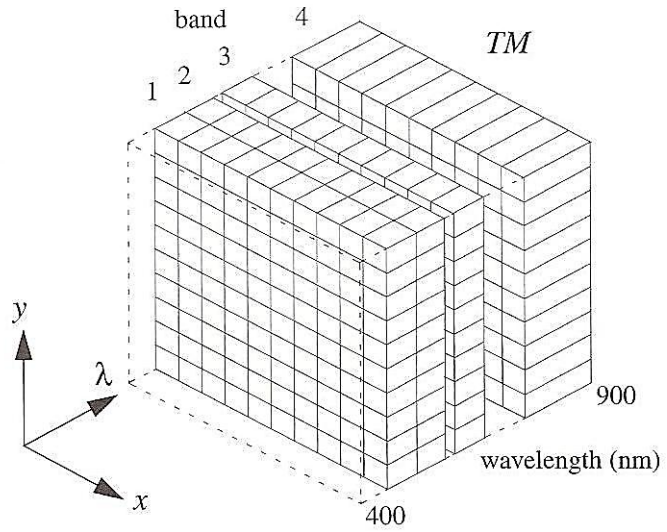
A média no tempo é geralmente muito pequena (na ordem dos micro segundos para sensores whiskbroom como TM e milissegundos para sensores pushbroom como o SPOT) e é inconsequente na maioria das aplicações.

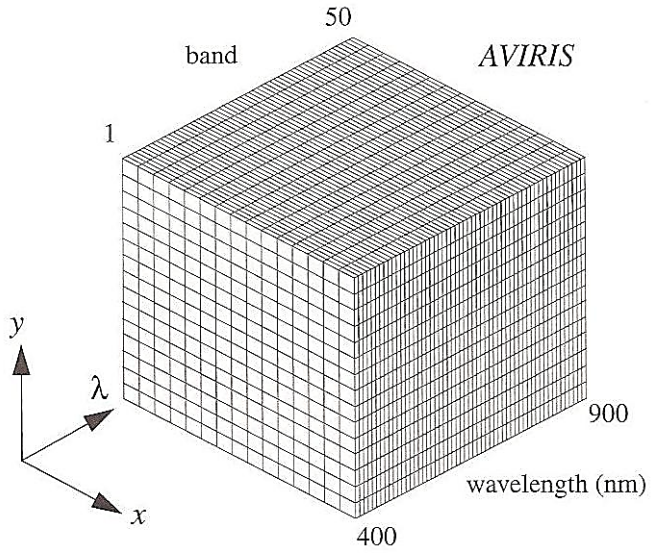
A média no espaço e no comprimento de onda define as características dos dados nestas dimensões criticas.

Whiskbroom = movimento rápido

Sensores Ópticos

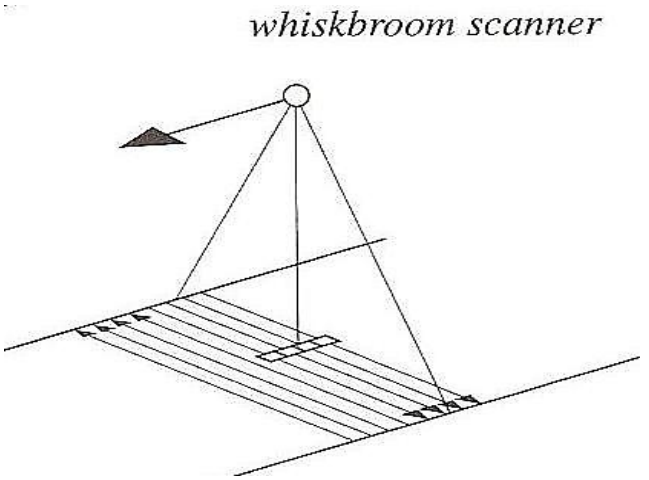
Se considerarmos um espaço contínuo tri-dimensional paramétrico (x,y,λ), definido com as coordenadas (x,y) e o comprimento de onda (λ) podemos visualizar cada píxel de uma imagem como representando uma integração sobre um elemento de volume pequeno.



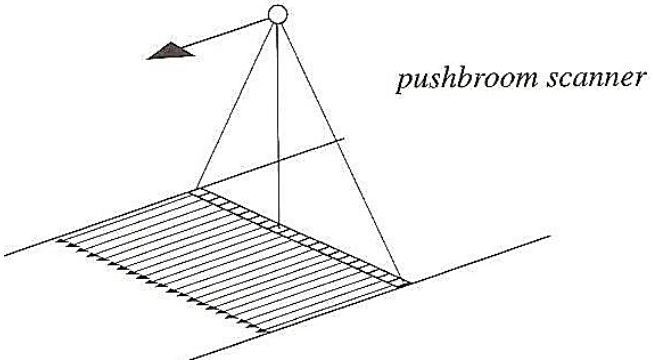


Sensores Ópticos

Os scanners whiskbroom, como o Landsat TM, usam vários elementos detectores alinhados com a direcção do movimento para efectuar o varrimento paralelo.



Os scanners Pushbroom, como o SPOT, têm um vector linear de detectores (sensores) com milhares de elementos, alinhados cross-track que varrem a totalidade da largura da imagem em paralelo.



Sensores Ópticos

A quantidade mais frequentemente usada é o IFOV (Instantaneous Field of View) definido como o ângulo subentendido por um único detector no eixo do sistema óptico.

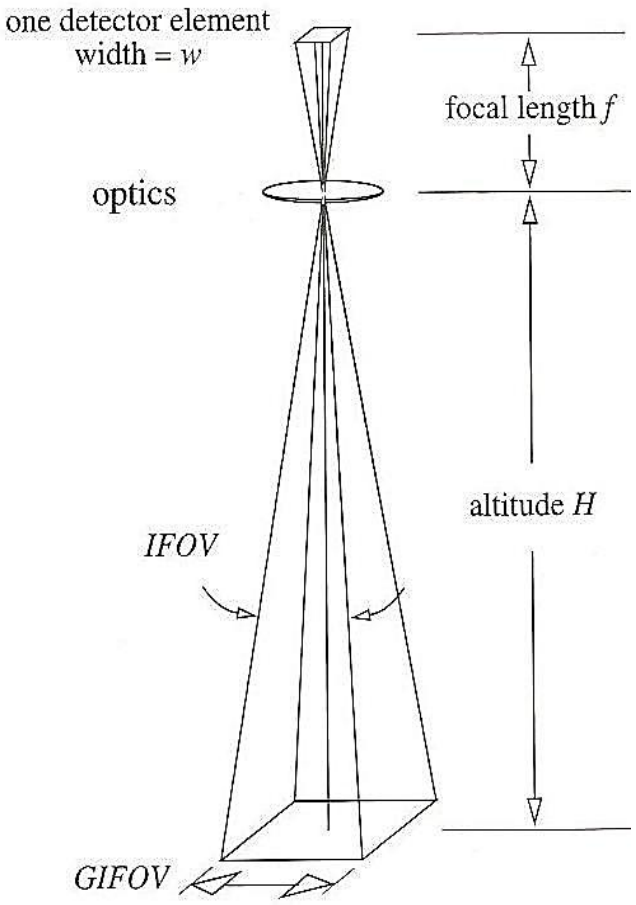
IFOV = FOV / (número píxeis)

O IFOV é independente da altitude do satélite.

O valor de GIFOV é:
(Ground-projected Instantaneous Field of View)

$$GIFOV = H\ tg(IFOV)$$

ou GSD, Ground Sampling Distance



Resolução Espacial

A resolução espacial é o valor do GIFOV, a menor que é representada na imagem.

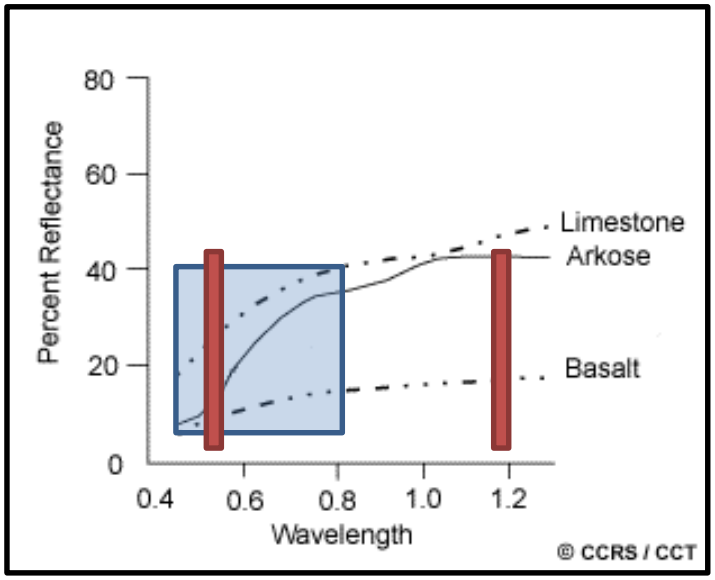
Dizemos que a resolução **é baixa ou grosseira** quando não é possível observar elementos de pequena dimensão.

Dizemos que a resolução **é elevada** quando os pequenos objectos são detectáveis





Resolução Espectral



A **Resolução Espectral** é a capacidade do sensor definir intervalos de comprimentos de onda finos.

Quanto mais fina a resolução espectral mais estreito o intervalo de comprimento de onda para uma determinada banda ou canal

Por exemplo estes tipos de rochas não poderão ser distinguidos com os intervalos de comprimentos de onda usados por este sensor.

Resolução Espectral

Muitos sistemas de DR registam a energia em vários intervalos de comprimentos de onda separados com várias resoluções espectrais.

- Estes sensores são referidos por: **Sensores multi-espectrais.**
- Outros sensores mais avançados que detectam centenas de bandas muito estreitas desde o visível, ao IV próximo e médio do e.m. são chamados **Hiper-espectrais**.

Uma elevada resolução espectral facilita a discriminação entre diferentes alvos baseados na sua resposta espectral em cada uma das suas bandas estreitas

Resolução Radiométrica

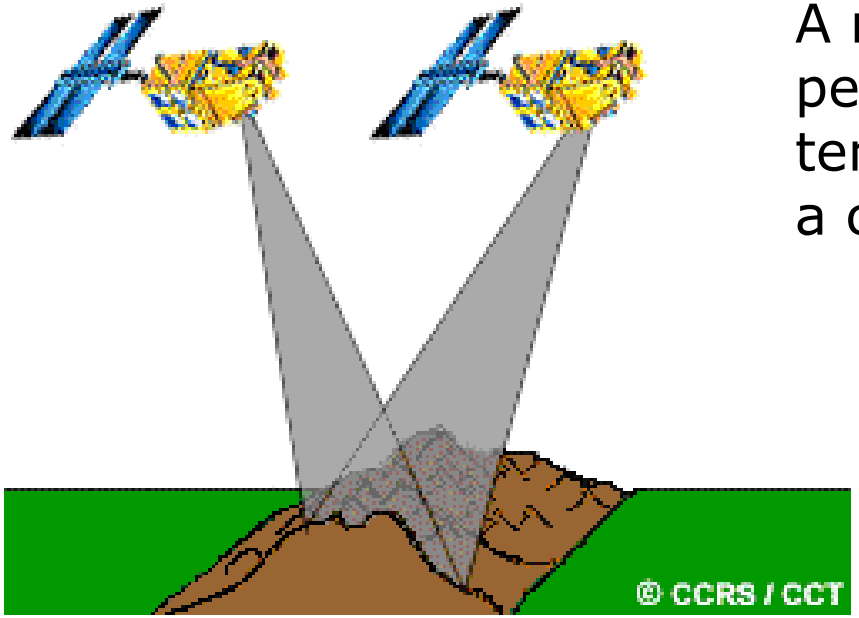


A resolução radiométrica de uma imagem descreve a capacidade de discriminar pequenas diferenças na energia.

Quanto maior a resolução radiométrica de um sensor mais sensível será na detecção de pequenas diferenças na energia reflectida ou emitida.

Quanto maior for o número de bits para representar os valores de intensidade de uma imagem maior será a sua resolução radiométrica.
(este assunto será retomado seguidamente)

Resolução Temporal

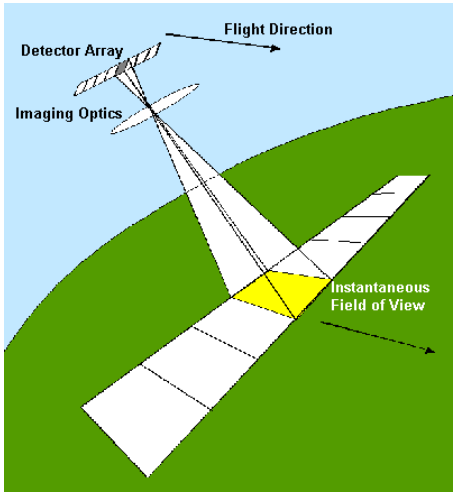


A resolução temporal é o período de revisita, ou seja o tempo que demora um satélite a completar um ciclo orbital.

O período de revisita é geralmente de vários dias. No caso do Sentinel1 é 12 dias, Sentinel-2 10 dias, Landsat 15 dias, SPOT 26 dias.

Alguns satélites têm a capacidade de redireccionar os sensores e permitir registar dados de uma área em passagens (traços) diferentes separados por períodos de um até 5 dias.

Número Digital



Em cada pixel, é medido pelo sensor a **radiância** de uma área relativamente pequena do total da imagem.

A radiância "vista" pelo detector em cada pixel é convertida num sinal eléctrico e posteriormente quantificado num valor discreto inteiro:

O Número Digital (DN)

Nos dados digitais é usado um número finito de bits, **Q**, para codificar como números binários os dados contínuos de medição. O número discreto de DNs é dado por:

$$N_{DN} = 2^{Q} \qquad (Q=8 \text{ bits}, N= 256 \text{ níveis})$$

Número Digital

Quanto maior o valor de Q, mais aproximado é o valor registado dos dados contínuos originais e maior a **resolução radiométrica** do sensor.

Os sensores SPOT e TM têm 8 bits por pixel, enquanto que o AVHRR tem 10 bits por pixel e o IKONOS tem 11 bits por pixel, MODIS 12 bits por pixel, Landsat-8 tem 12 bits.

Em resumo:

Um pixel é caracterizado, numa primeira ordem, por três quantidades:

- GIFOV (resolução efectiva no terreno)
- resolução espectral (numero de bandas e largura das banda)
- Resolução radiométrica (numero de bits)

Sistemas de Imagem

As imagens de Detecção Remota são guardadas no disco num dos três formatos:

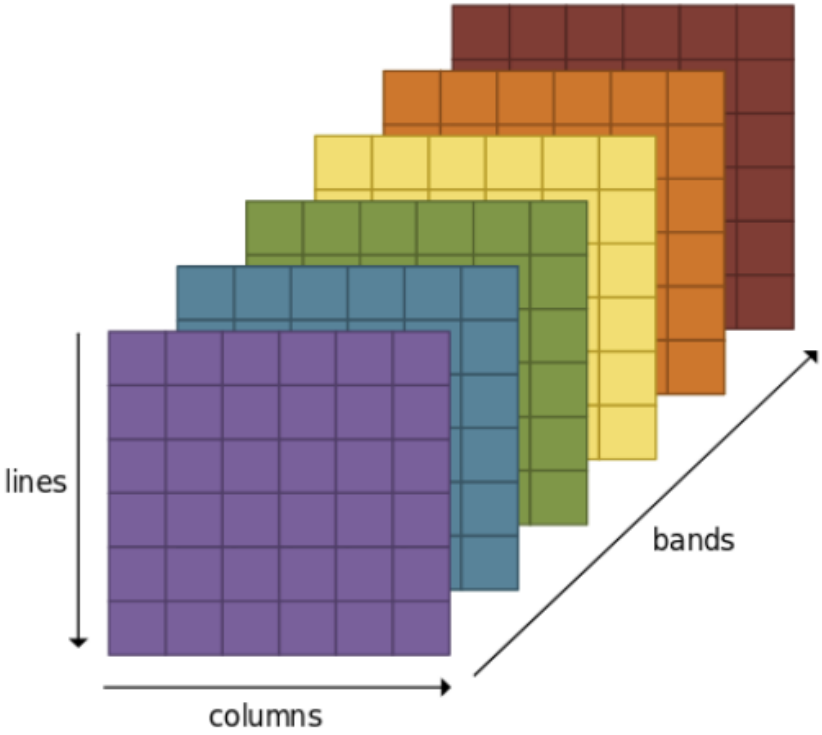
BSQ (Band SeQuential)
BIP (Band Interleaved by Pixel)
(BIS – Band Interleaved by Sample)
BIL (Band Interleaved by Lines)

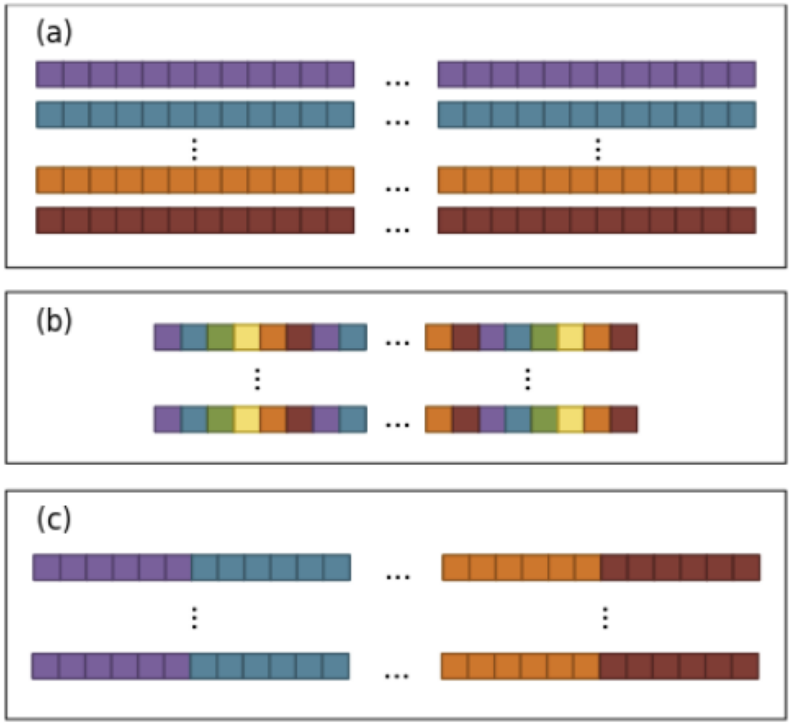
Estes formatos são determinados por diferentes ordenações das três dimensões dos dados. Do ponto de vista do tempo de acesso:

- o formato BSQ é preferível se estamos interessados em trabalhar individualmente com as bandas

- o formato BIS é preferível se estamos a trabalhar com todas as bandas numa pequena área.

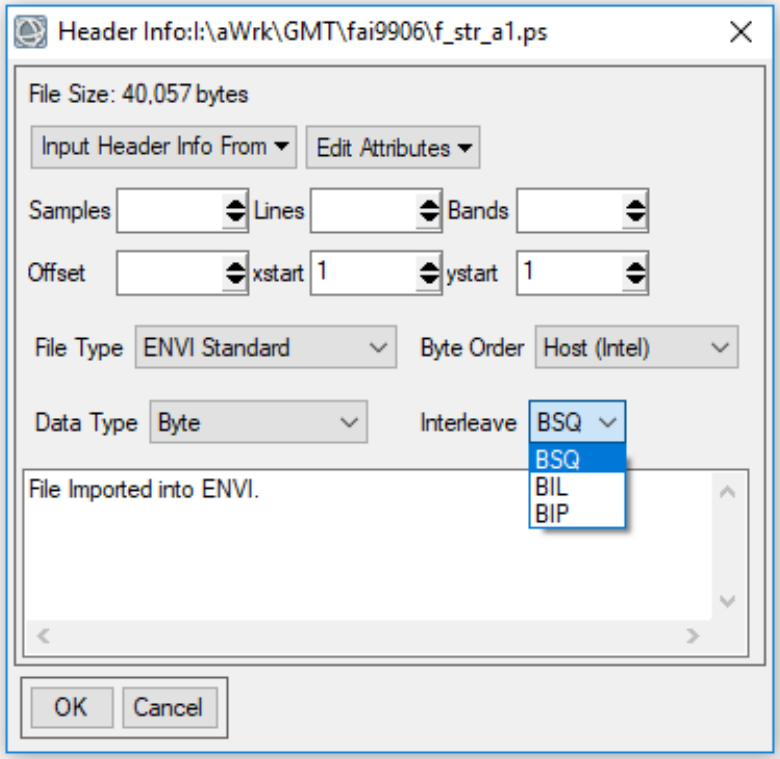
Sistemas de Imagem

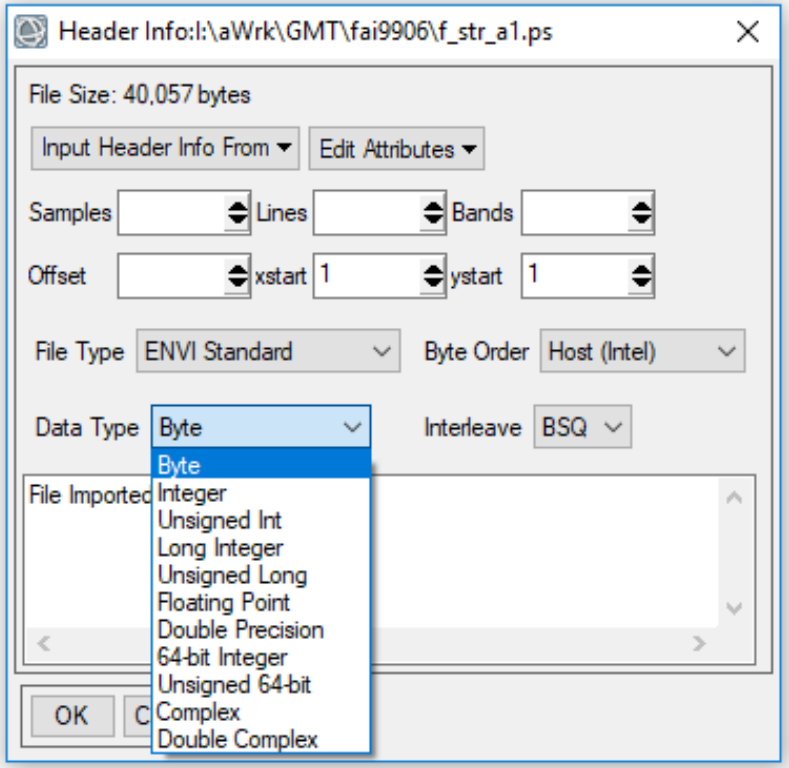




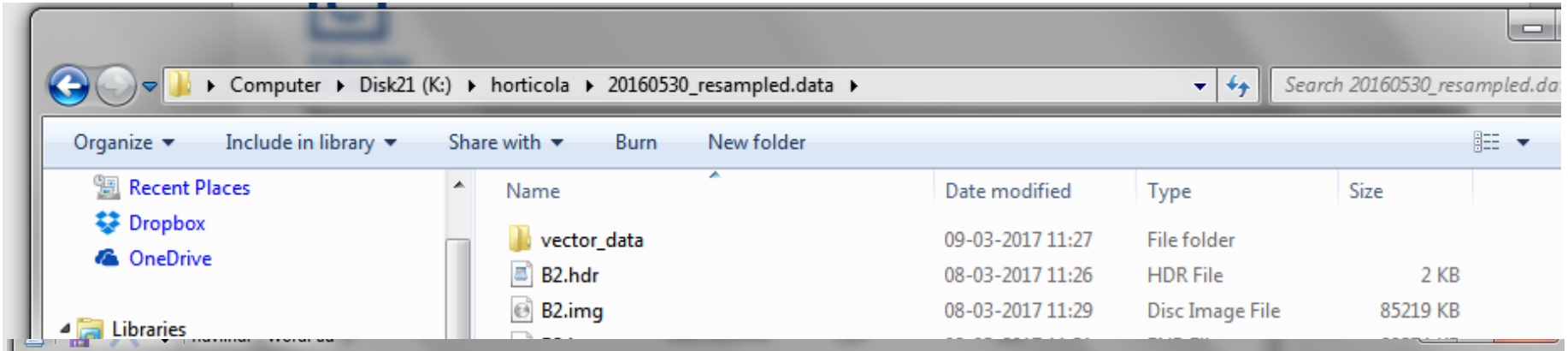
a) BSQ (Band SeQuential)
b) BIP (Band Interleaved by Pixel)
c) BIL (Band Interleaved by Lines)

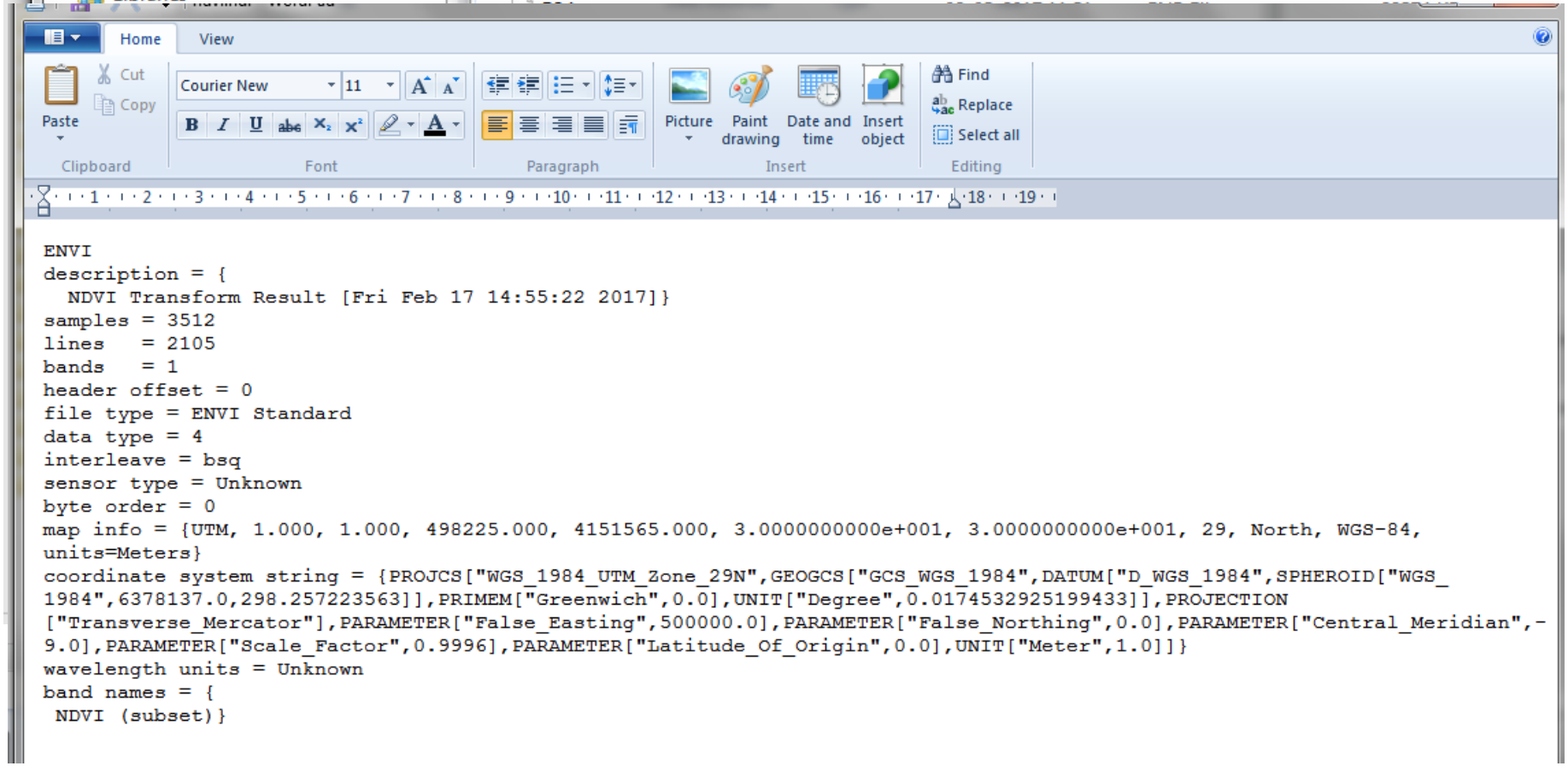
Leitura de um ficheiro imagem binário





map info	Lists geographic information in the following order: ▪ Projection name ▪ Reference (tie point) pixel **x** location (in file coordinates) ▪ Reference (tie point) pixel **y** location (in file coordinates) ▪ Pixel easting ▪ Pixel northing ▪ x pixel size ▪ y pixel size ▪ Projection zone (UTM only) ▪ North or South (UTM only) ▪ Datum ▪ Units See Enter Map Information for Georeferenced Files for further details.
values	
data type	The type of data representation: ▪ 1 = Byte: 8-bit unsigned integer ▪ 2 = Integer: 16-bit signed integer ▪ 3 = Long: 32-bit signed integer ▪ 4 = Floating-point: 32-bit single-precision ▪ 5 = Double-precision: 64-bit double-precision floating-point ▪ 6 = Complex: Real-imaginary pair of single-precision floating-point ▪ 9 = Double-precision complex: Real-imaginary pair of double precision floating-point ▪ 12 = Unsigned integer: 16-bit ▪ 13 = Unsigned long integer: 32-bit ▪ 14 = 64-bit long integer (signed) ▪ 15 = 64-bit unsigned long integer (unsigned)
default bands	Indicates which band numbers to automatically load into the Data Manager **Greyscale** or **R**, **G**, and **B** fields every time the file is opened. By default, a new i automatically loaded when a file that has default bands defined in its header is opened. If only one band number is used, then ENVI loads a greyscale image.
default stretch	Determines what type of stretch (% linear, linear range, Gaussian, equalization, square root) to use when ENVI displays the image.
dem band	Index (starting at 1) of a selected DEM band associated with the image. The `dem band` is not written if the DEM file contains a single band, or if the first band chosen. In these cases, the `dem band` value defaults to 0.
dem file	Path and filename of a DEM associated with the image.
descrip	






```
ENVI
description = {
  NDVI Transform Result [Fri Feb 17 14:55:22 2017]}
samples = 3512
lines   = 2105
bands   = 1
header offset = 0
file type = ENVI Standard
data type = 4
interleave = bsq
sensor type = Unknown
byte order = 0
map info = {UTM, 1.000, 1.000, 498225.000, 4151565.000, 3.0000000000e+001, 3.0000000000e+001, 29, North, WGS-84,
units=Meters}
coordinate system string = {PROJCS["WGS_1984_UTM_Zone_29N",GEOGCS["GCS_WGS_1984",DATUM["D_WGS_1984",SPHEROID["WGS_
1984",6378137.0,298.257223563]],PRIMEM["Greenwich",0.0],UNIT["Degree",0.0174532925199433]],PROJECTION
["Transverse_Mercator"],PARAMETER["False_Easting",500000.0],PARAMETER["False_Northing",0.0],PARAMETER["Central_Meridian",-
9.0],PARAMETER["Scale_Factor",0.9996],PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0.0],UNIT["Meter",1.0]]}
wavelength units = Unknown
band names = {
 NDVI (subset)}
```

Distorção Geométrica das imagens

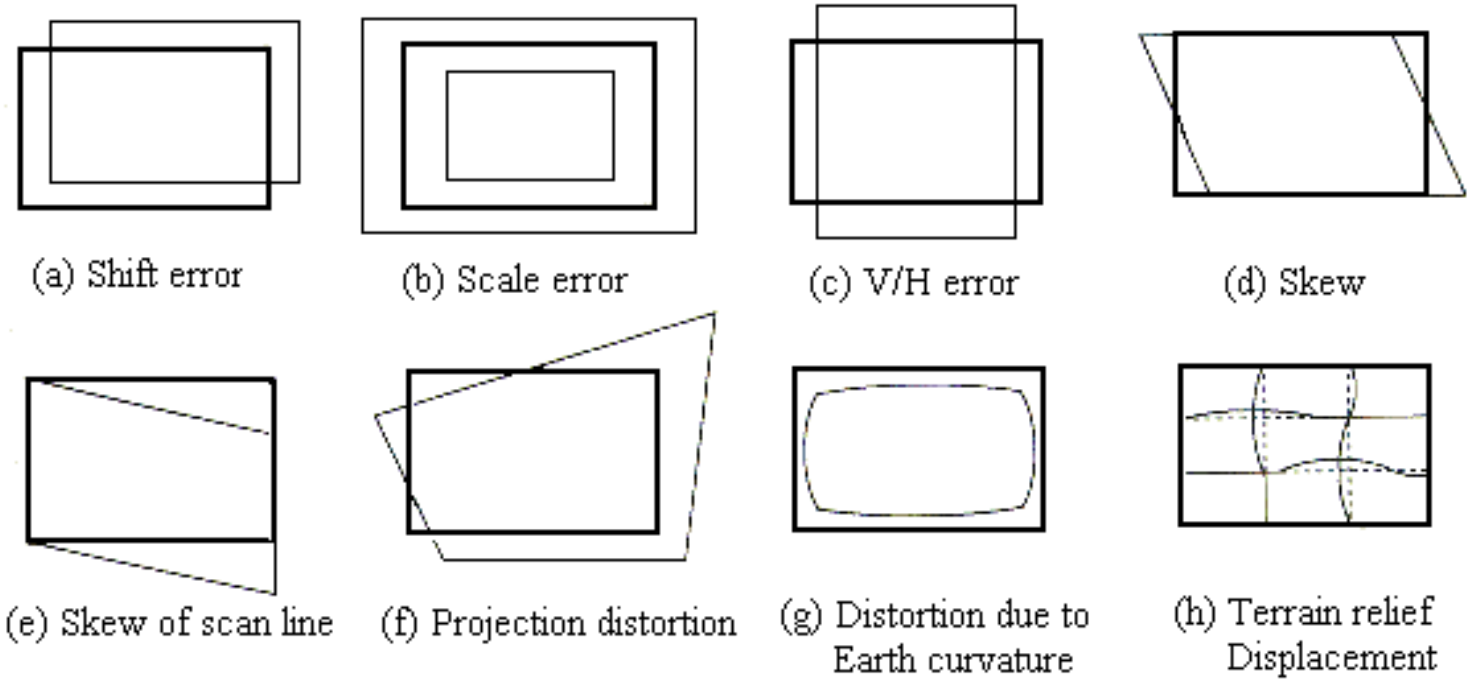
Qualquer sistema de DR terá distorções geométricas. Este é um problema inerente à DR uma vez que pretendemos representar a superfície da Terra 3D numa imagem bidimensional. (matematicamente equivalente ao problema da cartografia matemática, acrescida de outras deformações)

Os elementos que contribuem para a distorção geométrica das imagens são:

a) O movimento do sistema de varrimento
b) A instabilidade da plataforma.
c) A atitude da plataforma
d) O relevo do terreno
e) Curvatura e rotação da Terra.

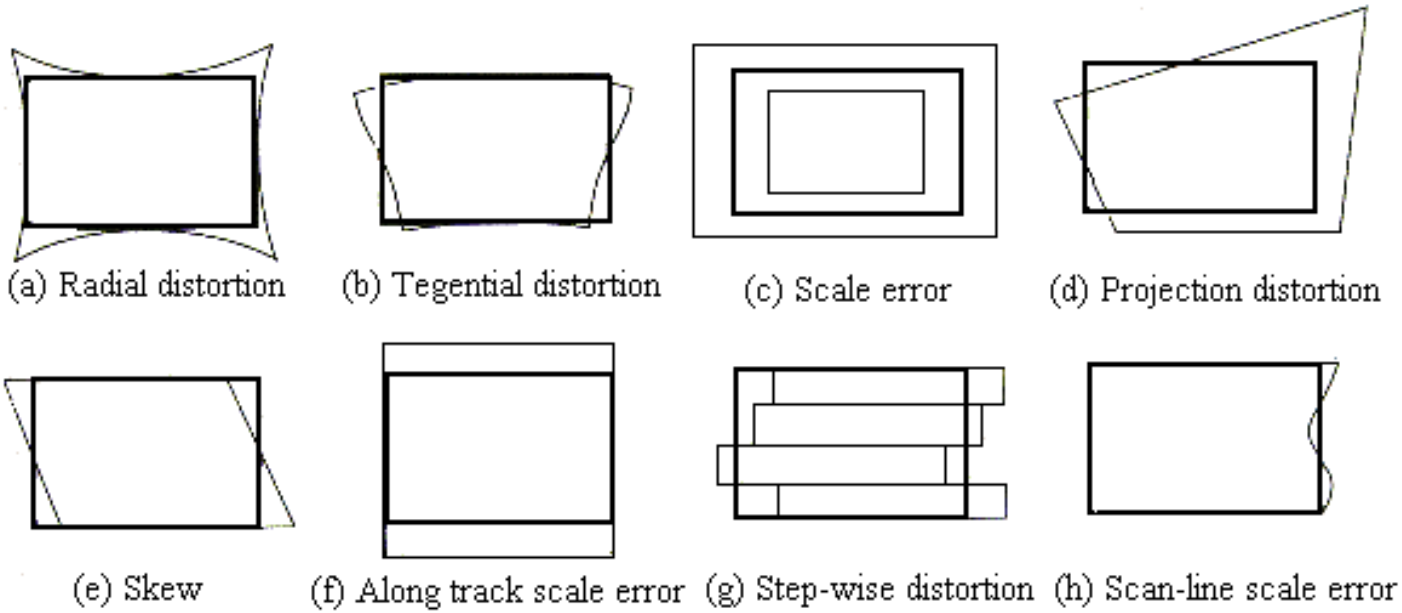
Distorção Geométrica das imagens

External Distortions

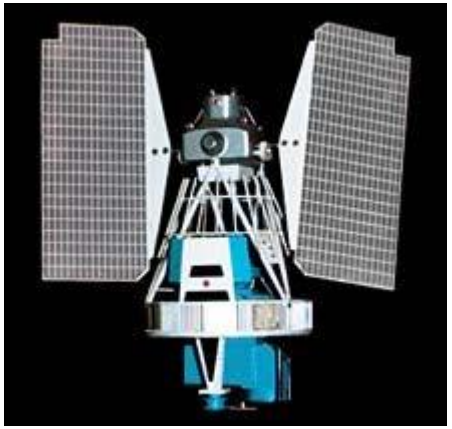


Distorção Geométrica das imagens

Internal Distortions



Satélites de Observação da Terra (EOS)



O LANDSAT foi o primeiro sistema de satélites de observação da Terra desenhado para obter uma cobertura global da superfície da Terra numa base regular.

O primeiro LANDSAT foi lançado em 1972.

O primeiro nome deste programa foi ERTS (Earth Resources Technology Satellite).

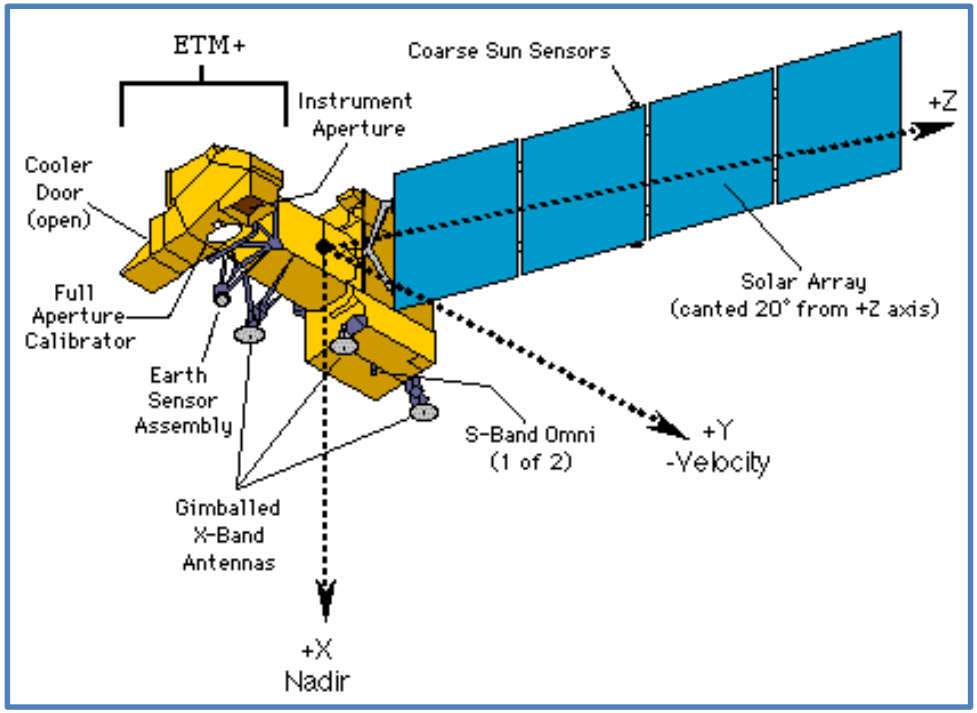
Foram lançados os satélites Landat-2 (1975), Landsat-3 (1978), Landat-4 (1982) e Landsat-5 (1984). Landsat-6 (1993, não chegou a funcionar), Landsat-7 (1999) e Landsat-8 (Fev 2013), Landsat-9 (Set 2021).

LANDSAT 7- Satélite

O principal instrumento é o ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) apontando para o nadir.

A banda S é usada para operações de comando e a banda X para transmissão de dados.

Tem um disco de 378Gb que armazenam 42 minutos de imagens.



A energia é fornecida por um painel solar e duas baterias de Niquel-Hidrogénio.

LANDSAT 8

Foi lançado a 11 de Fevereiro de 2013.

O Landsat 8 tem a bordo dois sensores:

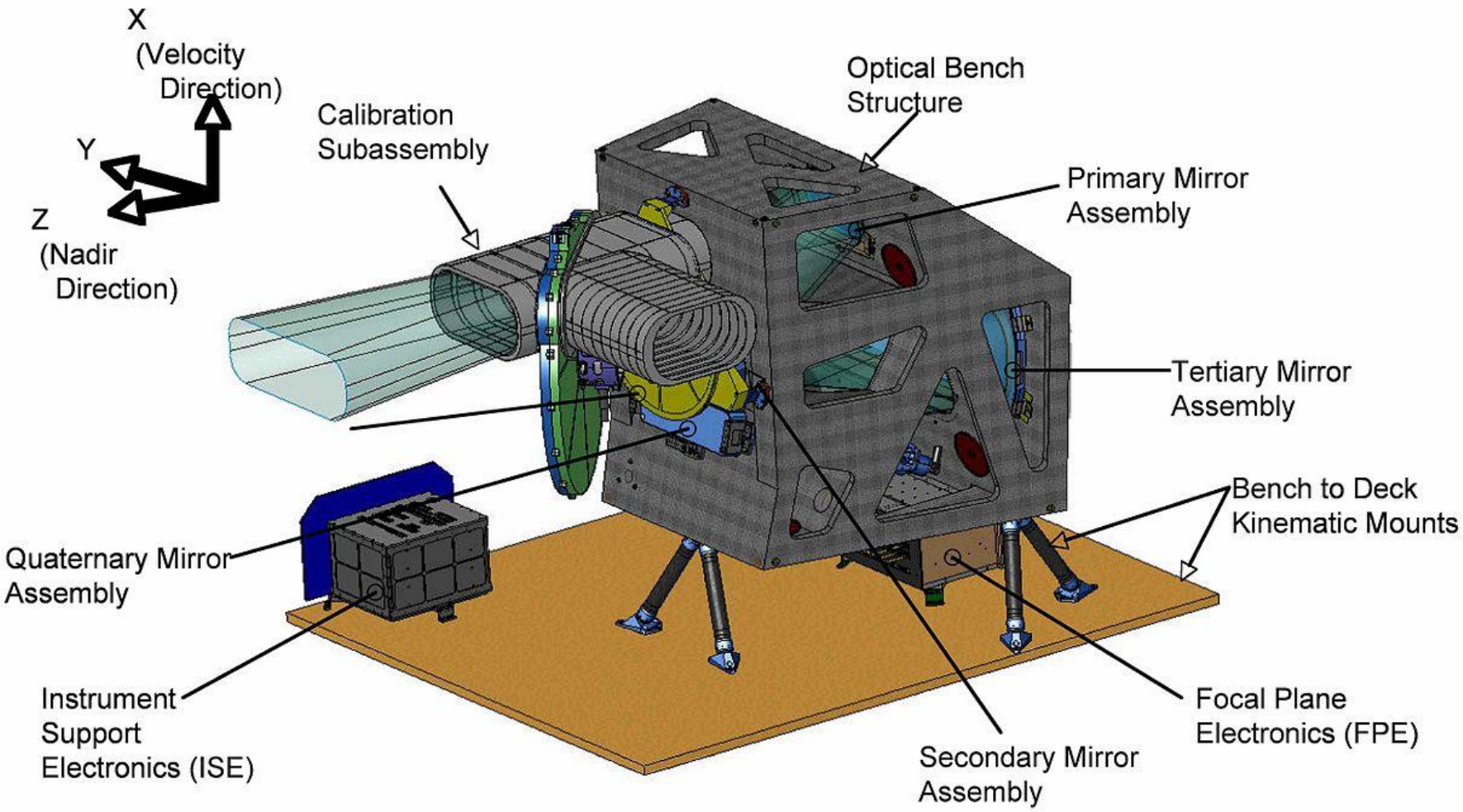
- Operational Land Imager (OLI)
- Thermal InfraRed Sensor (TIRS).

The Landsat 8 scene size is 185-km-cross-track-by-180-km-along-track.

The nominal spacecraft altitude will be 705 km.

Cartographic accuracy of 12 m or better (including compensation for terrain effects) is required of Landsat 8 data products.

OLI Instrument Overview



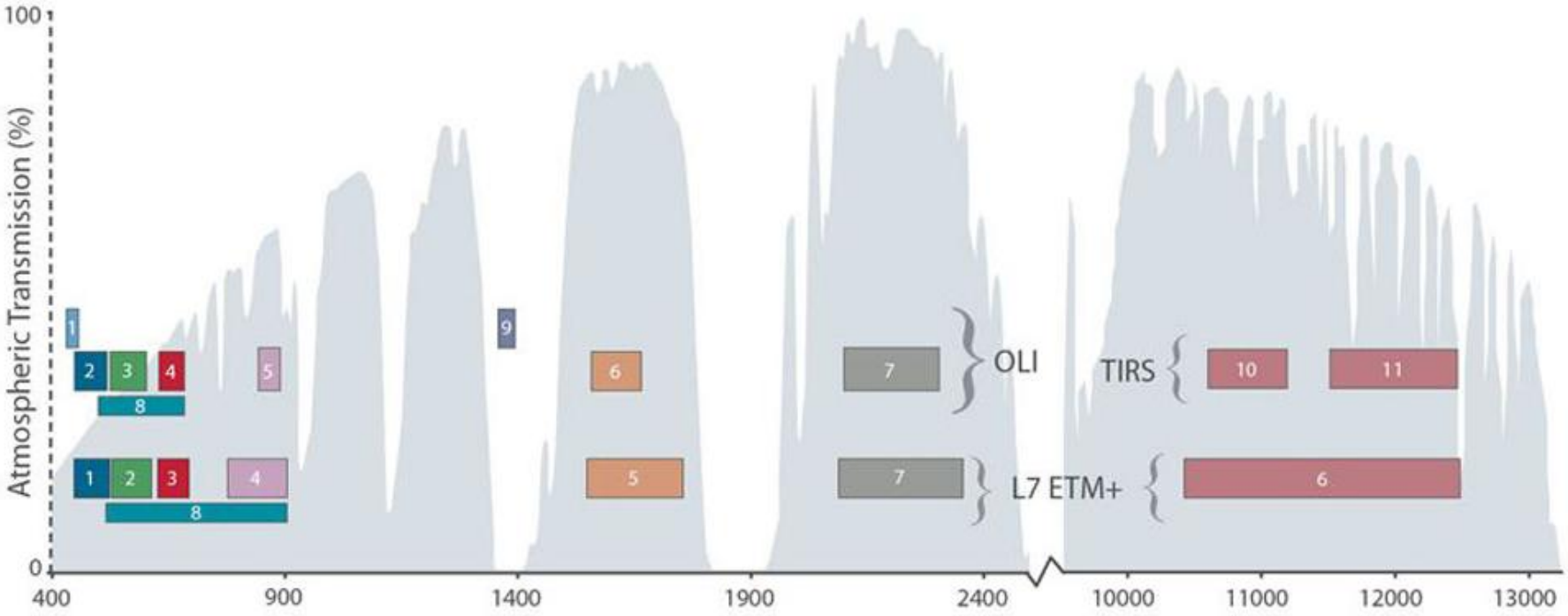
15-degree field-of-view, 7000 pixels per spectral band, exception of the 15 m panchromatic band that requires over 13,000 detectors (http://landsat.gsfc.nasa.gov/?p=5775)

LANDSAT 8 – Bandpass wavelenght

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) Launched February 11, 2013	Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
	Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
	Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
	Band 3 - Green	0.53 - 0.59	30
	Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
	Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
	Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
	Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

Short wave IR

LANDSAT 8 e 9 – Bandpass wavelenght



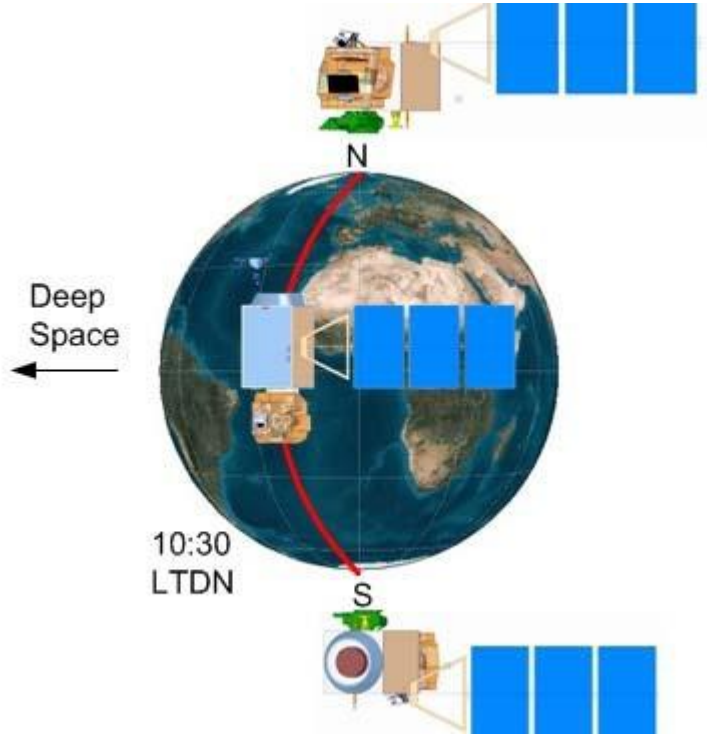
Bandpass wavelengths for Landsat 8 OLI and TIRS sensor, compared to Landsat 7 ETM+ sensor

Note: atmospheric transmission values for this graphic were calculated using MODTRAN for a summertime mid-latitude hazy atmosphere (circa 5 km visibility).

New infrared channel (band 9) for the detection of cirrus clouds.

Radiometric quantization (12-bits)

Sentinel -2

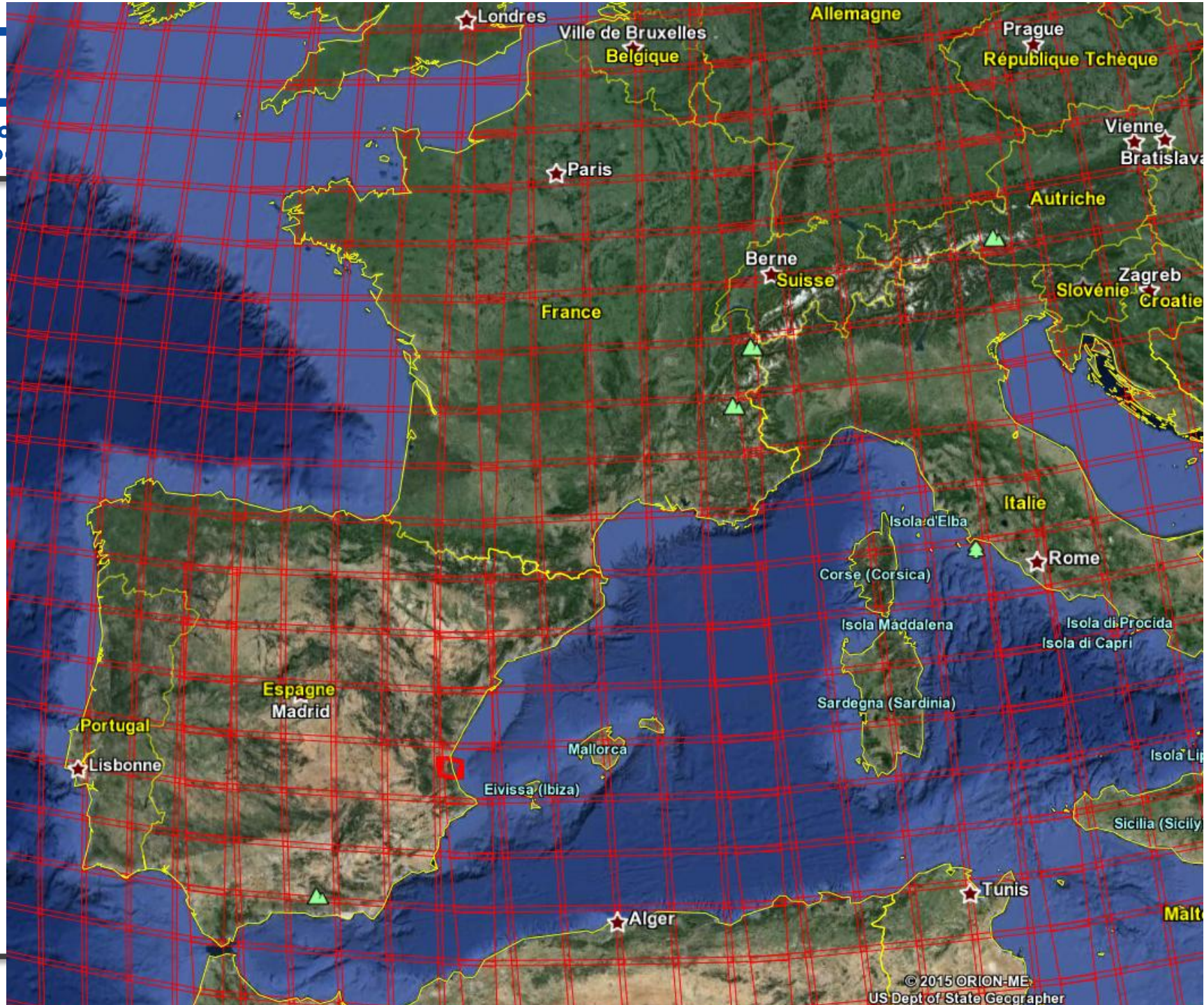


Sentinel-2 carries an innovative wide swath high-resolution multispectral imager with 13 spectral bands for a new perspective of our land and vegetation.

Aplications:
Plant Health, Changing lands, Water bodies, Disaster Mapping

The span of 13 spectral bands, from the visible and the near infrared to the shortwave infrared at different spatial resolutions ranging from 10 to 60 m takes land monitoring to an unprecedented level.

Sentinel-2 include three bands in the 'red edge',


Londres
Ville de Bruxelles
Belgique
Allemagne
Prague
République Tchèque
Vienne
Bratislava
Paris
Autriche
Berne
Suisse
Zagreb
Slovénie
Croatie
France
Italie
Isola d'Elba
Rome
Corse (Corsica)
Isola Maddalena
Isola di Procida
Isola di Capri
Espagne
Madrid
Sardegna (Sardinia)
Portugal
Lisbonne
Mallorca
Eivissa (Ibiza)
Sicilia (Sicily
Tunis
Alger
© 2015 ORION-ME
US Dept of State Geographer

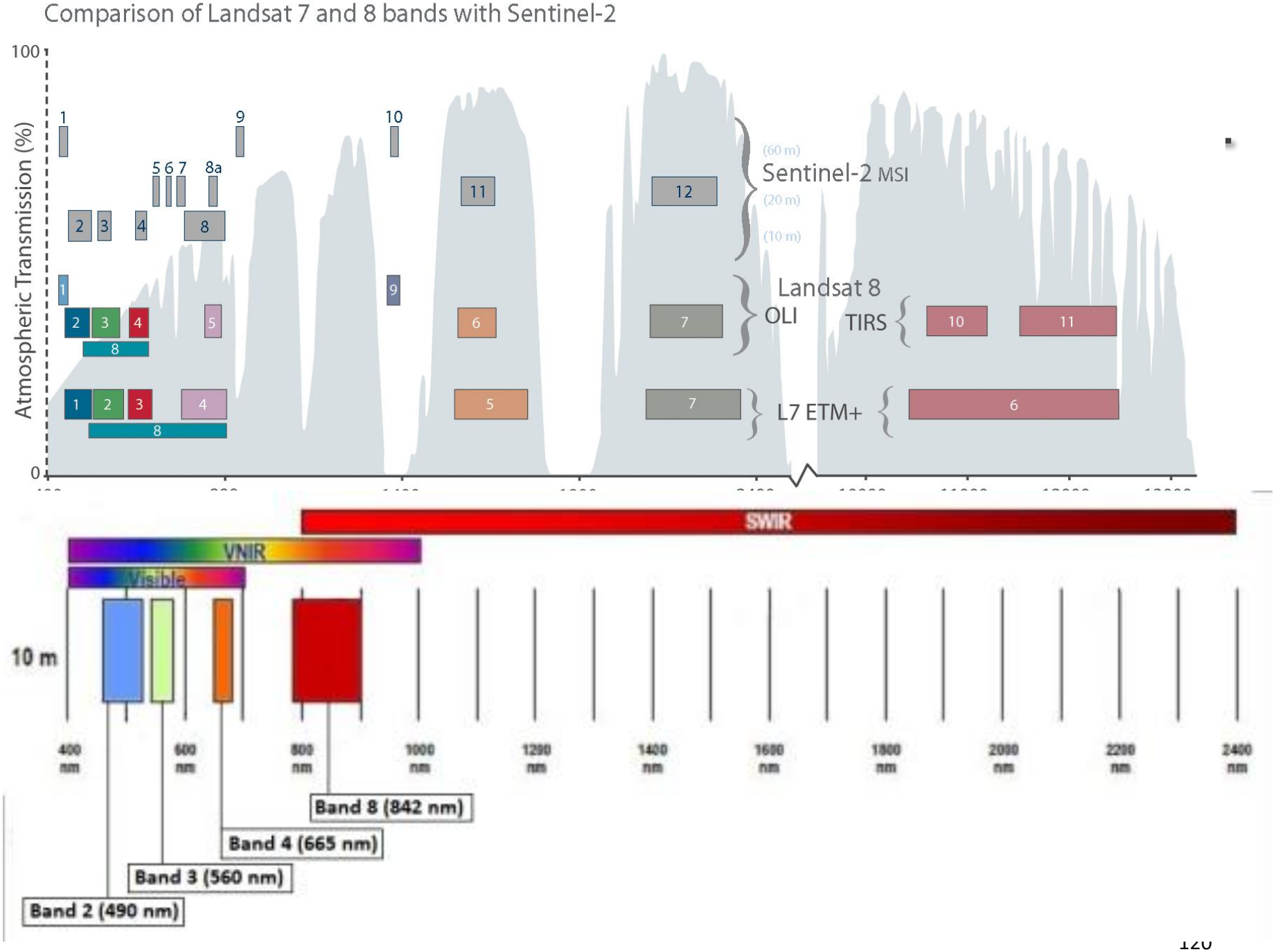
Sentinel -2

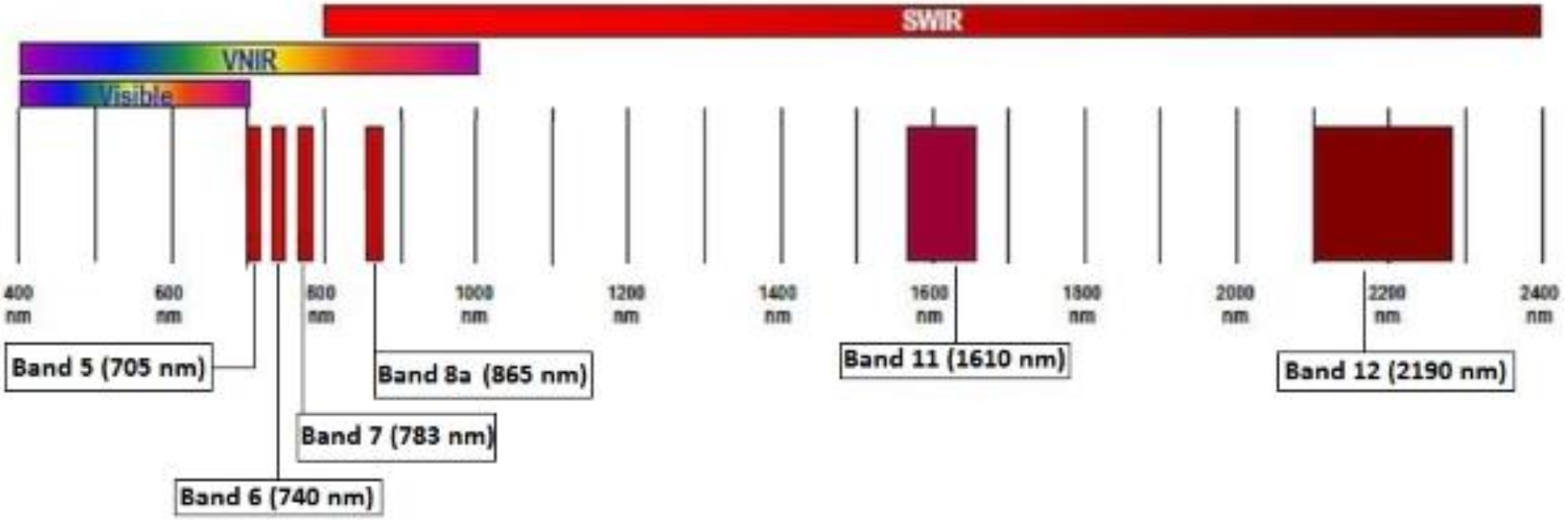
Launch: 23 June 2015

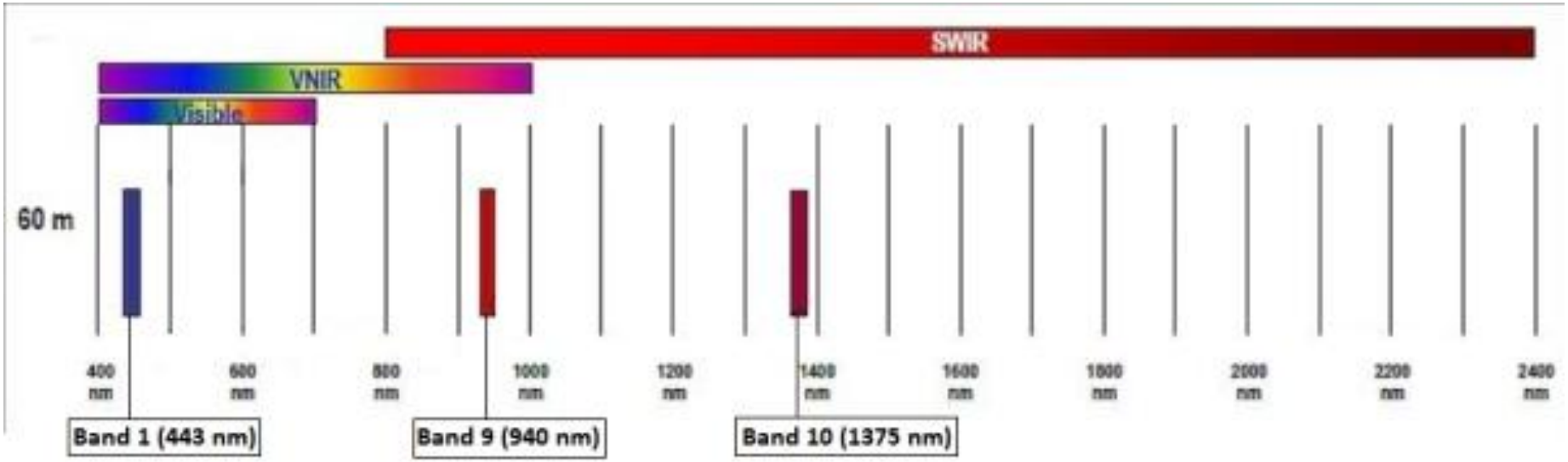
Orbit: Polar, Sun-synchronous at altitude of 786 km
Revisit time: Five days from two-satellite constellation (at equator)

Satellite: 3.4 m long, 1.8 m wide, 2.35 m high

Instrument:
Multispectral imager (MSI) covering 13 spectral bands (443 nm–2190 nm)
with a swath width of 290 km and
spatial resolutions of :
10 m (4 visible and near-infrared bands),
20 m (6 red-edge/shortwave-infrared bands) and
60 m (3 atmospheric correction bands)

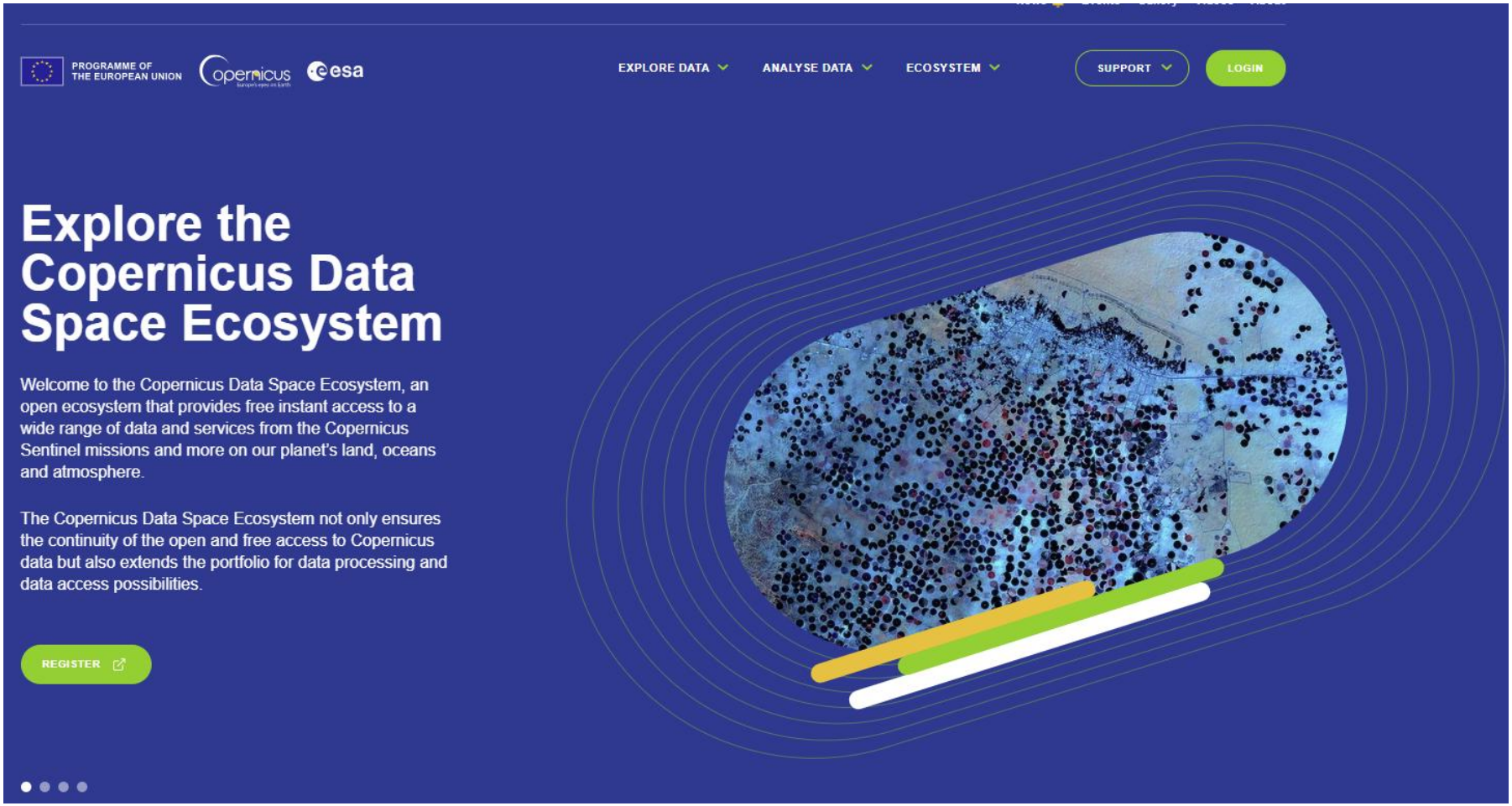

Comparison of Landsat 7 and 8 bands with Sentinel-2
Atmospheric Transmission (%)
100
0
Sentinel-2 MSI
(60 m)
(20 m)
(10 m)
Landsat 8
OLI
TIRS
L7 ETM+
SWIR
VNIR
Visible
10 m
400 nm
600 nm
800 nm
1000 nm
1200 nm
1400 nm
1600 nm
1800 nm
2000 nm
2200 nm
2400 nm
Band 8 (842 nm)
Band 4 (665 nm)
Band 3 (560 nm)
Band 2 (490 nm)


SWIR
VNIR
Visible
400 nm
600 nm
800 nm
1000 nm
1200 nm
1400 nm
1600 nm
1800 nm
2000 nm
2200 nm
2400 nm
Band 5 (705 nm)
Band 8a (865 nm)
Band 11 (1610 nm)
Band 12 (2190 nm)
Band 7 (783 nm)
Band 6 (740 nm)

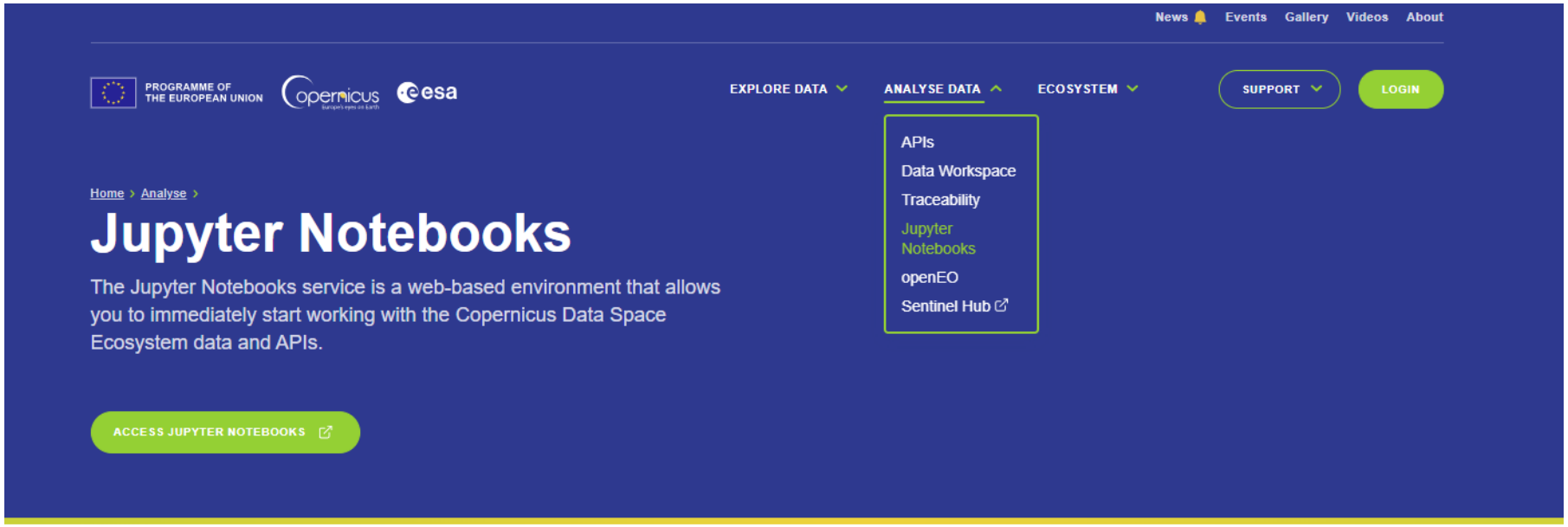

SWIR
VNIR
Visible
60 m
400 nm
600 nm
800 nm
1000 nm
1200 nm
1400 nm
1600 nm
1800 nm
2000 nm
2200 nm
2400 nm
Band 1 (443 nm)
Band 9 (940 nm)
Band 10 (1375 nm)

Ciências ULisboa

https://dataspace.copernicus.eu/



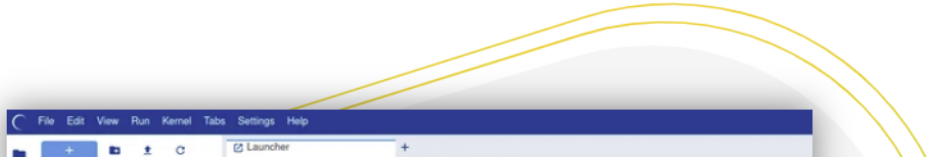
Ciências ULisboa



Simplify your data processing

Enhance your experience and streamline your workflows with the Jupyter Notebooks service. This service enables you to leverage the Copernicus Data Space Ecosystem services and access data effortlessly.

The Jupyter Notebooks service allows you to dive into data exploration, visualization, and analysis without the hassle of installing dependencies or downloading large data sets.



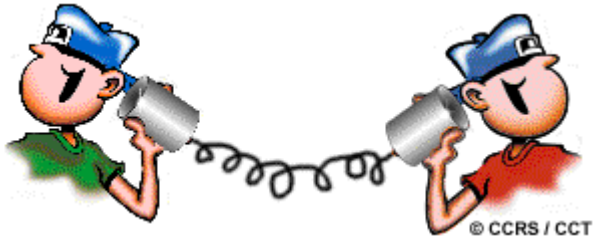
Ciências ULisboa

FIM do 1º Capitulo

Curiosidades e questões

Questões

Pode a Detecção Remota usar algo mais que a radiação electromagnética?



Resposta:

Embora o uso do termo detecção remota pressuponha o uso de radiação electromagnética, a definição mais geral de "aquisição de informação à distância", não exclui outras formas de energia. O uso do som é uma alternativa óbvia.
Um exemplo são os sonares acústicos usados no mar.

Questões

Assumindo que a velocidade da luz é $3x10^8$ m/s. Se a frequência de uma onda electromagnética é de 500.000 GHz (giga hertz GHz = 10^9 Hz), qual é o comprimento de onda da radiação?
Expresse sua resposta em micrómetros (μm).

Resposta:

$c = \lambda f$

$3x10^8$ (m/s) = λ (m) ($500000x10^9$ Hz)

$\lambda = 3x10^8 / 5x10^{14} = 6 \times 10^{-7}$ m

Reposta : 0.6 μm

1 Hz = 1 s^{-1} (f=1/T)

Questões

Quais seriam as condições atmosféricas ideais para a DR na área do visível?

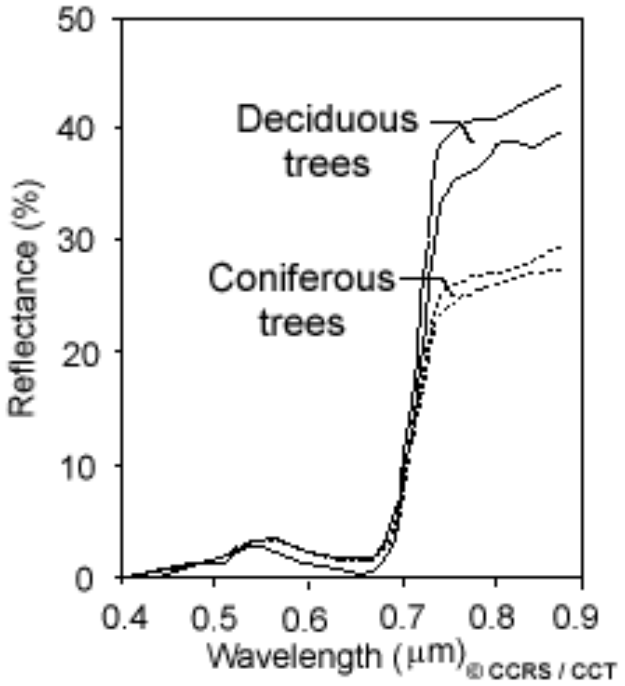
Resposta:

Por volta do meio-dia num dia de sol, seco, sem nuvens e nenhuma poluição seria o ideal para a DR.
Ao meio-dia o sol está no seu ponto mais alto, o que reduz a distancia que a radiação tem de percorrer e, portanto, os efeitos de difusão são mínimos.

Questões

Se pretendêssemos mapear as árvores de folha caduca e as coníferas (por exemplo, pinheiros, ou abetos) numa floresta usando dados de DR, qual seria a melhor maneira de fazer este mapeamento?

Use as curvas de reflectância que ilustram o padrão de resposta espectral destas espécies para explicar a resposta.



Questões

Resposta:

Como ambos os tipos de árvores aparecem verdes ao olho nu não poderemos usar a banda do visível.

Olhando para as curvas da reflectância para os dois tipos de árvores, é claro que seria difícil distinguir com qualquer um dos comprimentos de onda visíveis.

No entanto, no infravermelho próximo, embora ambos os tipos reflictam uma parte significativa da radiação, são claramente separáveis.

Assim, um sistema de DR que detecte o infravermelho próximo (0,8 μm de comprimento de onda) seria ideal para esta finalidade.

Questões

Qual é a vantagem de se trabalhar com várias bandas espectrais como combinação colorida em vez de se examinar cada uma das imagens individualmente?

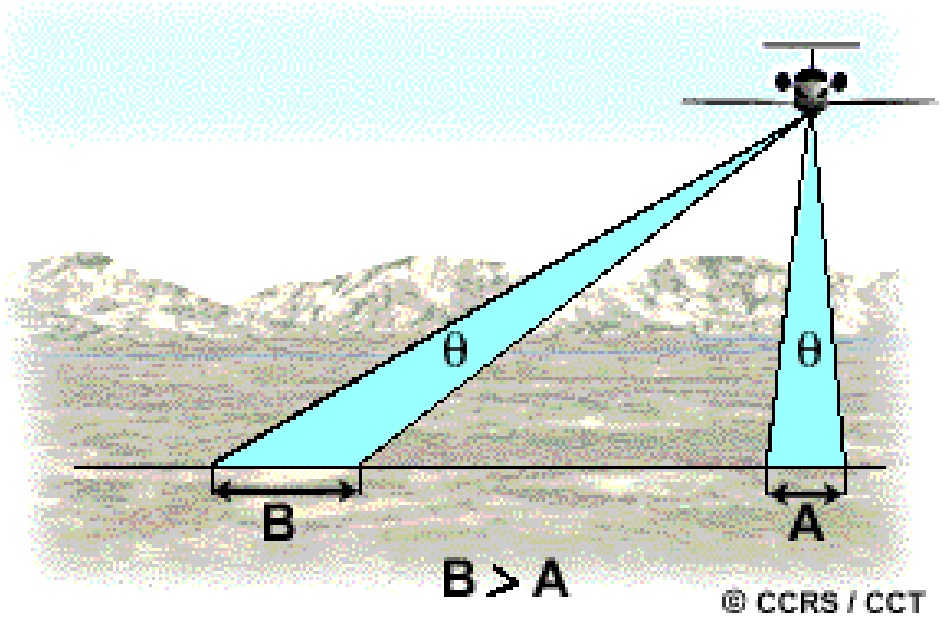
Resposta:

Combinando diferentes canais de diferentes comprimentos de onda numa imagem , podemos conseguir identificar combinações de reflectância entre os diferentes canais que evidenciem entidades/ caracteristicas que de outra forma não poderiam ser detectadas, se examinássemos um canal de cada vez.

Adicionalmente, estas combinações podem manifestar , elas mesmo, um subtil variação na cor (aos quais os nossos olhos sejam mais sensíveis) mais que as variações nos tons de cinzento que seriam vistos quando examinamos cada banda individualmente.

Curiosidades

Se o IFOV é constante (o que é normalmente o caso), então a área no terreno representada no terreno no nadir terá uma maior escala de representação que os pixels afastados do nadir. Isto significa que a resolução espacial varia do centro da imagem para a periferia.



Curiosidades

Existe uma relação entre a resolução espacial, espectral e radiométrica que deverá ser tomada em consideração no desenho do sensor.

Para uma maior resolução espacial o IFOV deverá ser reduzido.

Contudo, isto reduz a quantidade de energia que pode ser detectada uma vez que a área da célula no terreno passou a ser menor. Isto conduz a uma menor resolução radiométrica – a capacidade para detectar diferenças de energia mais finas.

Curiosidades

Para aumentar a quantidade de energia detectada (e consequentemente a resolução radiométrica) sem reduzir a resolução espacial temos de aumentar a largura da banda detectada por cada canal ou banda.

Infelizmente, isto reduz a resolução espectral do sensor.

De forma inversa, uma resolução espacial mais grosseira permitirá um aumento da resolução radiométrica ou espectral.

Estes três tipos de resolução deverão ser balanceados em função das capacidades e objectivos da missão.

Questões

1. Se a largura de banda espectral do satélite CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager), com 288 canais, é exactamente de 0.40 µm a 0.90 µm e cada banda cobre um comprimento de onda de 1.8 nm (nanometros, 10^{-9} m), haverá sobreposição entre as bandas espectrais?

Resposta:

A largura de banda é 0.90-0.40 µm = 0.50 µm.
Se existem 288 canais de 1.8 nm cada, então:

1.8 nm = 1.8 x 10^{-9} m
1.8 x10^{-9} m X 288 = 0.0000005184 m
0.0000005184 m = 0.5184 µm
Como 0.5184 é maior que 0.50, a resposta é afirmativa:
haverá sobreposição de algumas bandas entre as 288 bandas.

Questões

Supondo que temos uma imagem digital com uma resolução radiométrica de 6 bits, qual é o numero digital máximo representado nessa imagem?

Resposta:

$2^6 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 64$.

Como os números digitais nas imagens começam no zero, quer dizer que o valor máximo representado é 63.

Questões

1. Sabendo que o GFOV do Landsat é 185 km diga qual o valor do FOV.

2. Sabendo que o Landsat tem um GIFOV de 30 m qual o valor de IFOV e quantos píxeis tem a imagem?

3. Num ficheiro imagem em formato binário com 1000x2000 píxeis e com 17.5×10^5 bytes, quantas bandas tem a imagem

4. Uma imagem com 4 bandas, 1000 x 3000 píxeis em formato float, quantos bytes tem?

Questões

Uma imagem digitalizada, 2 bandas 7 x 7, sistema BIL

5	3	4	5	4	5	5	5	5	4	6	7	7	7	2	2	3	4	4	4	6	2	4

6	5	5	6	5	2	2	3	3	6	6	8	5	3	5	7	6	6	8	2	2	6	6

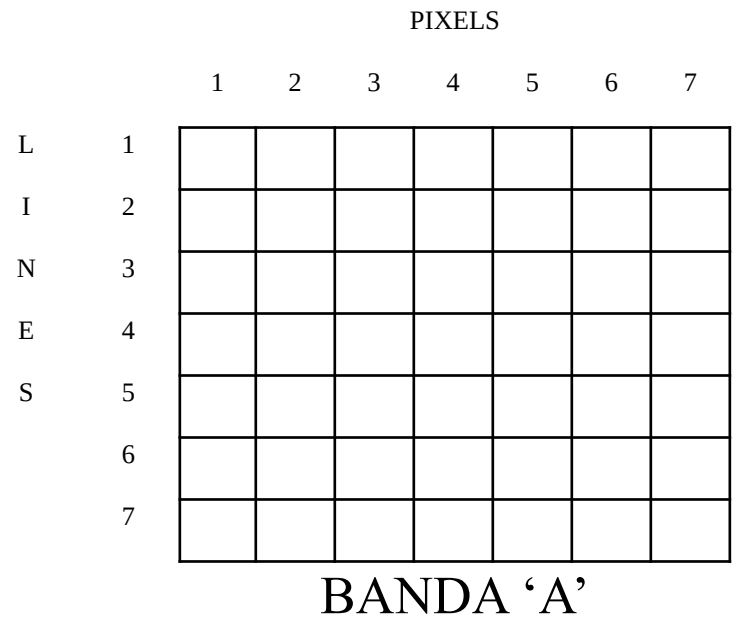
9	8	7	3	4	5	6	8	8	7	3	6	8	8	8	7	4	3	5	8	8	8	7

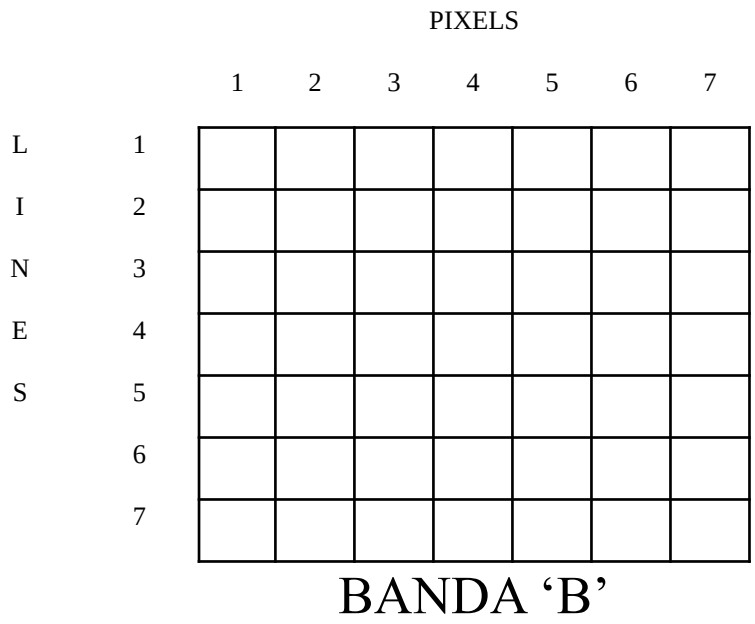
1	3	6	8	7	2	3	2	4	5	8	7	1	0	0	4	6	7	3	3	2	1	3

6	7	0	0	0	0

Questões

A imagem na sua forma convencional





Questões

A imagem na sua forma convencional

PIXELS

LINES	1	2	3	4	5	6	7
1	5	3	4	5	4	5	5
2	2	2	3	4	4	4	6
3	2	2	3	3	6	6	8
4	2	2	6	6	9	8	7
5	3	6	8	8	8	7	4
6	3	6	8	7	2	3	2
7	4	6	7	3	3	2	1

BANDA 'A'

PIXELS

LINES	1	2	3	4	5	6	7
1	5	5	4	6	7	7	7
2	2	4	6	5	5	6	5
3	5	3	5	7	6	6	8
4	3	4	5	6	8	8	7
5	3	5	8	8	8	7	1
6	4	5	8	7	1	0	0
7	3	6	7	0	0	0	0

BANDA 'B'