

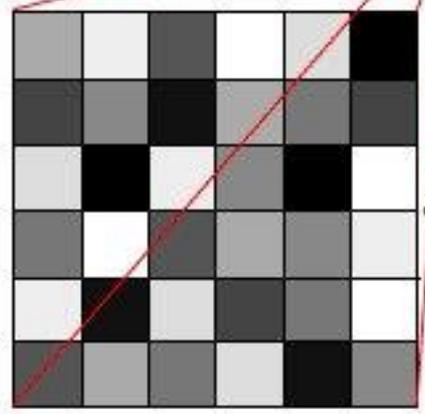
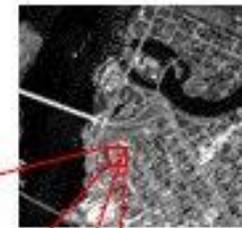
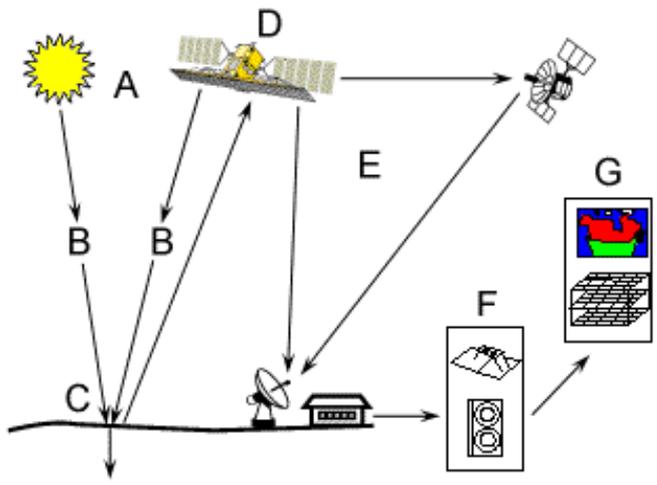
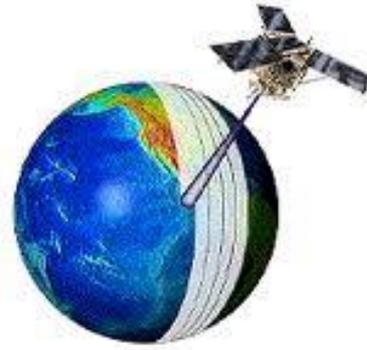
# Observação da Terra por satélite

## Oportunidades e desafios

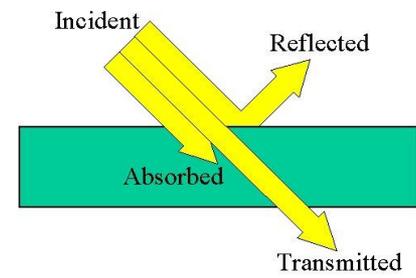
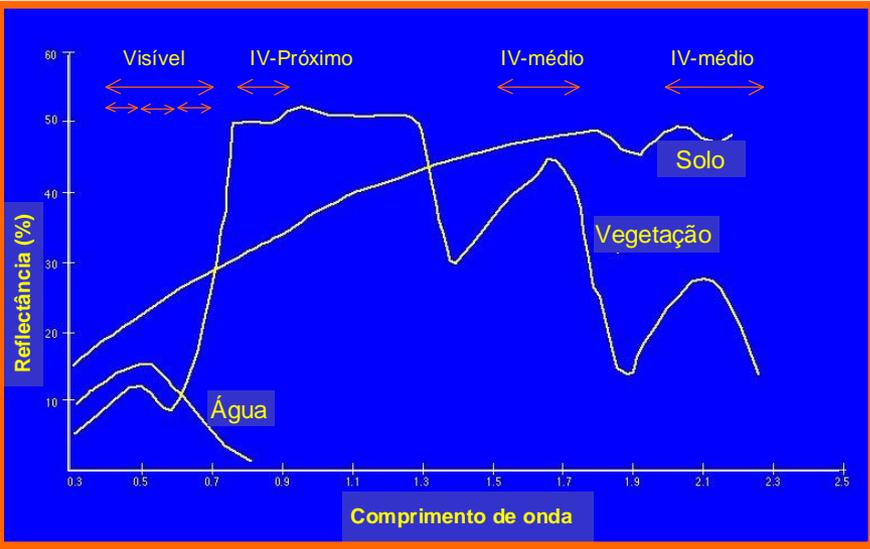
Mário Caetano

Março, 2018



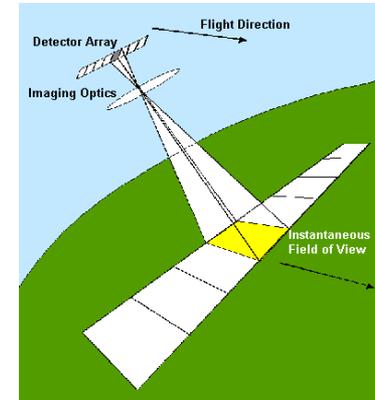


170	238	85	255	221	0
68	136	17	170	119	68
221	0	238	136	0	255
119	255	85	170	136	238
238	17	221	68	119	255
85	170	119	221	17	136

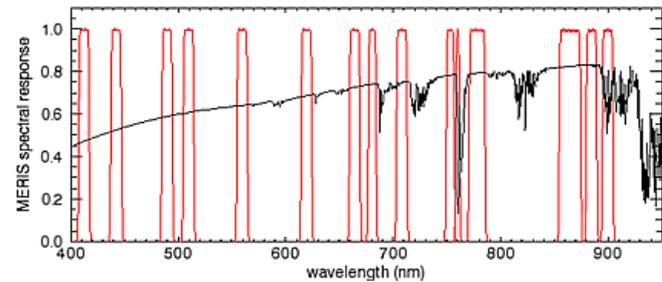


# A extração de informação de imagens de satélite depende de:

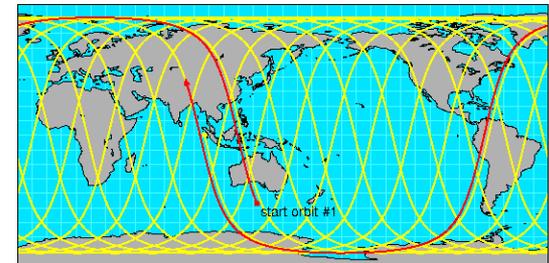
Resolução espacial, i.e. área no terreno coberta por cada pixel



Resolução espectral, i.e. comprimentos de onda captados pelo sensor



Resolução temporal, i.e. periodicidade da aquisição de imagens

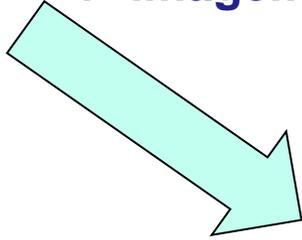




TIROS

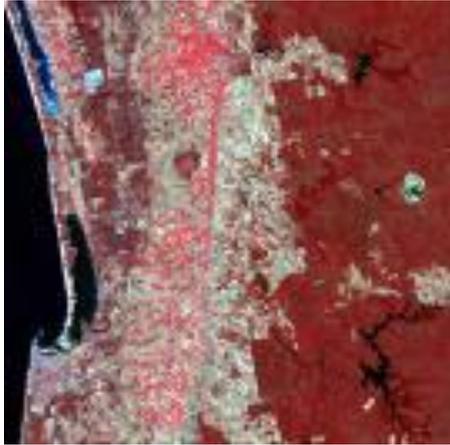
1960

1ª imagem obtida por um satélite

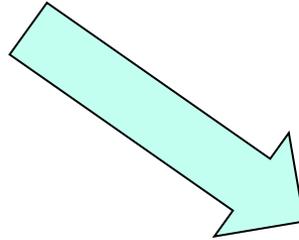


1972

1º satélite de observação da Terra  
Landsat 1 - MSS - Pixel – 80m

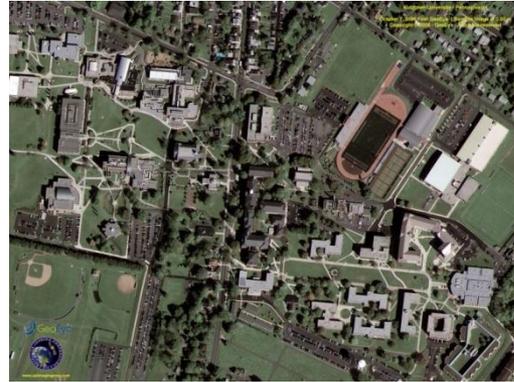


Landsat-MSS

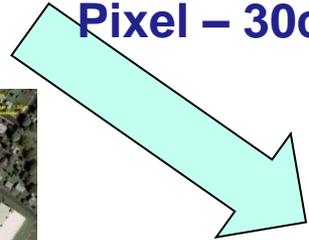


2018

GeoEye2,  
Worldview 4  
Pixel – 30cm



Worldview 4 (GeoEye 2)



GeoEye 1 (lançado em 2008)  
Resolução espacial 50 cm

Kutztown University - Pennsylvania  
October 7, 2008 First GeoEye-1 Satellite Image at 0.50 m  
Copyright © 2008 - GeoEye - All rights reserved

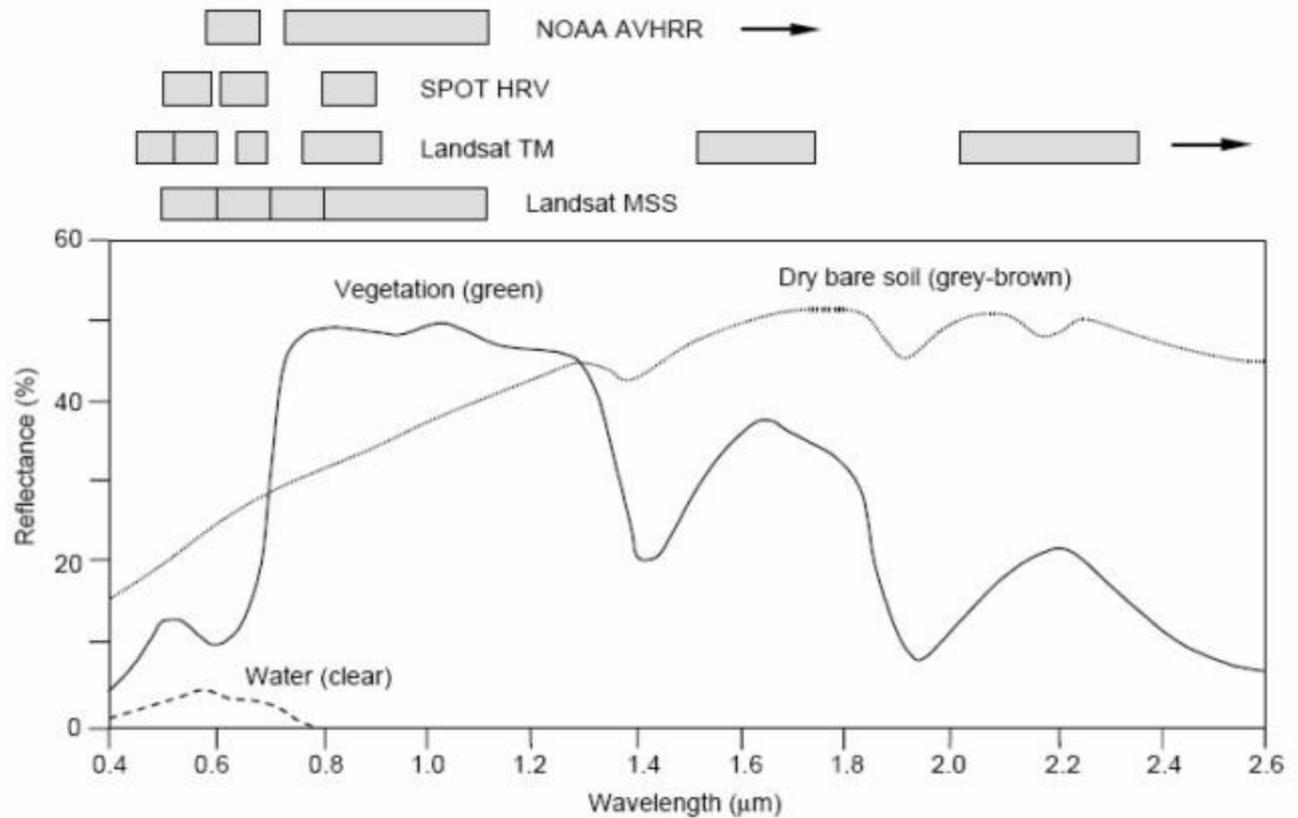


GeoEye



www.satimagingcorp.com

# Resolução espectral



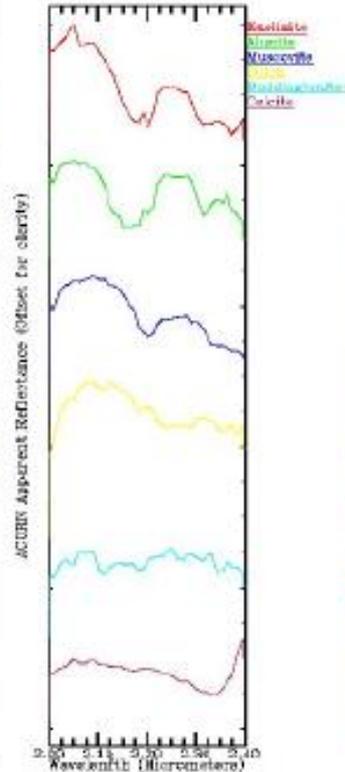
# Resolução espectral Hyperion (30m, 220 bands)



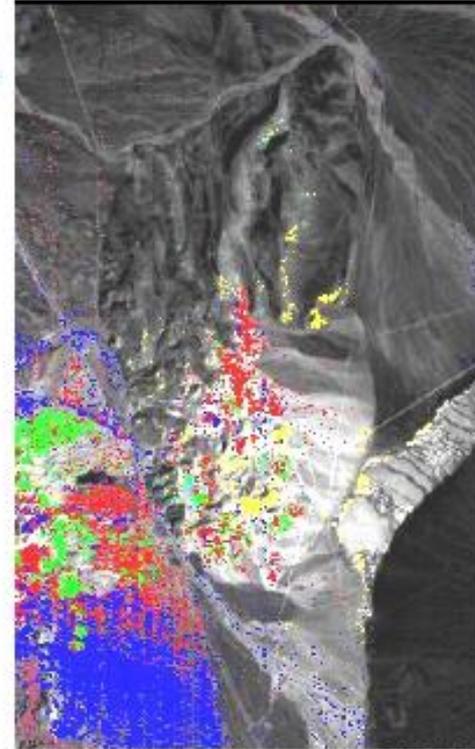
## Cuprite – A Mineral Analysis



Hyperion True  
Color Image



Hyperion SWIR  
Endmember Spectra



Hyperion SWIR  
Mineral Map

Courtesy of Fred Kruse AIGLIC

# Resolução espectral – o futuro

## EnMAP - Environmental Mapping and Analysis Program

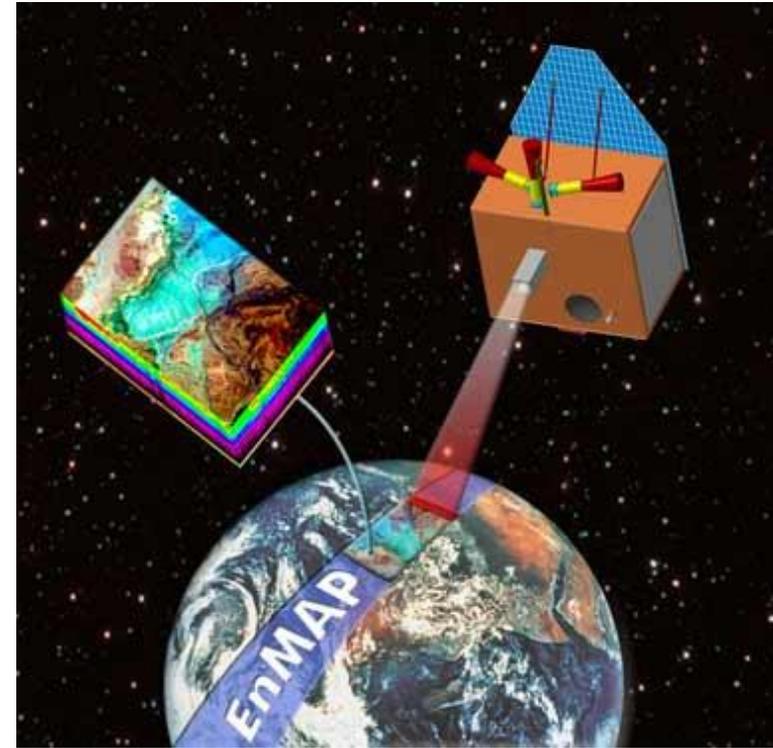
Vai ser lançado em 2020 (?)

EnMAP foi proposto pelo GFZ e o DLR vai ser o gestor do programa

Resolução espacial – 30 m

Resolução espectral – 250 bandas (IVP e IVM: 420 a 2450 nm)

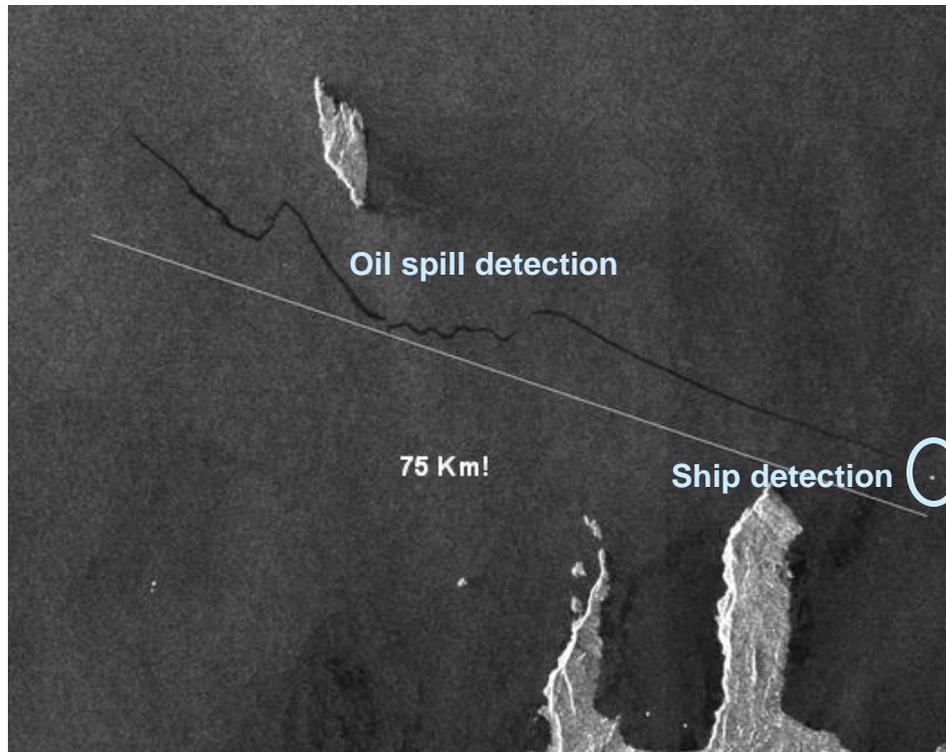
Resolução temporal – 4 dias



# Resolução temporal

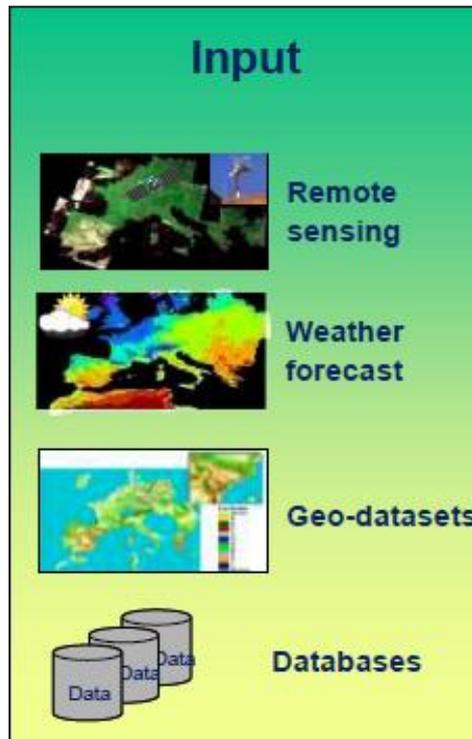
## A importância de uma monitorização contínua

A detecção de navios com imagens SAR é importante para a monitorização do tráfico marítimo em áreas específicas de interesse (pescas, turismo) e para a detecção de poluentes e derrames ilegais de óleo.

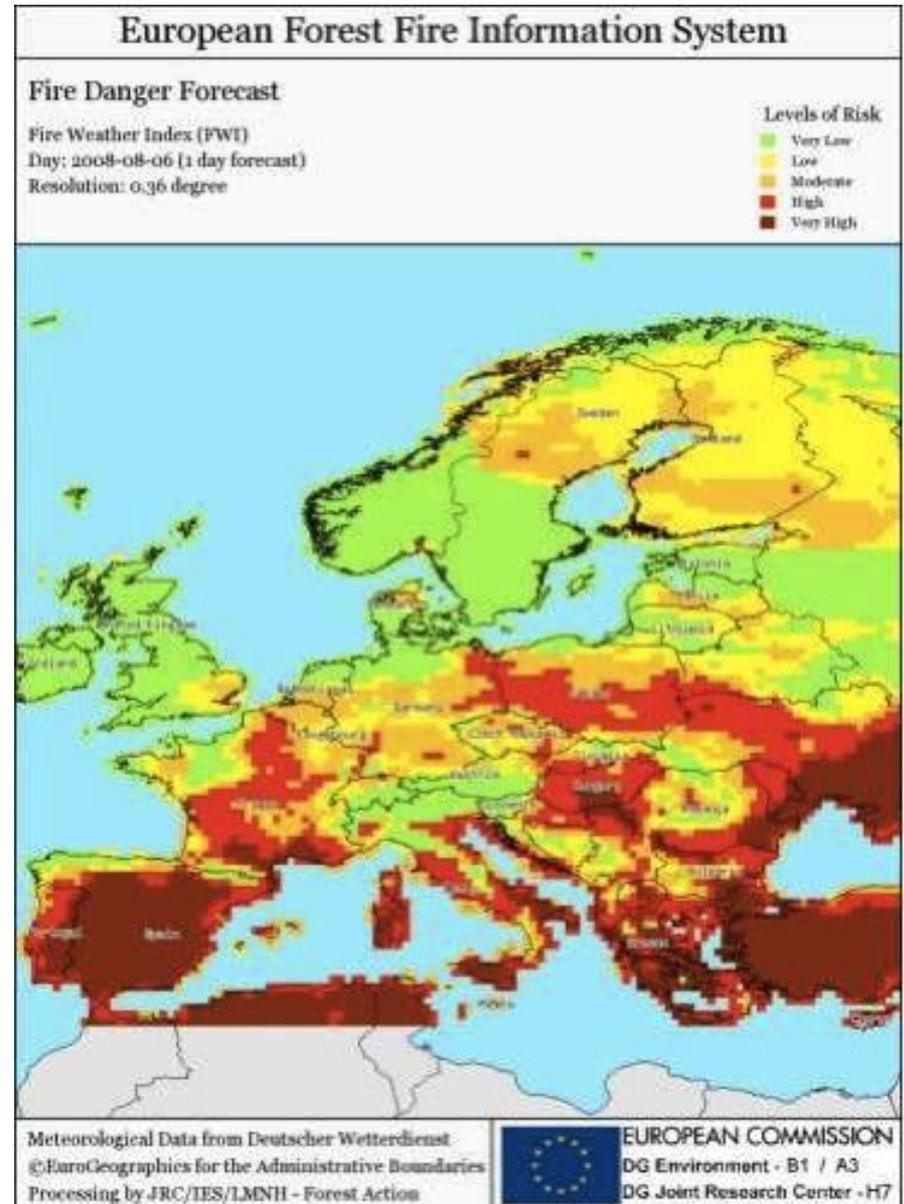


Para uma monitorização efetiva de uma determinada área tem que se adquirir imagens com uma grande periodicidade.

# Resolução temporal

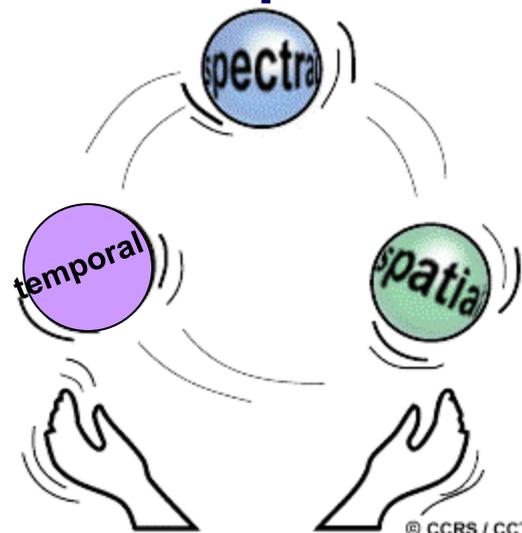


O EFFIS (*European Forest Fire Information System*) disponibiliza diariamente para toda a Europa mapas de risco de incêndio com base em imagens de satélite.



# Limitações atuais da detecção remota por satélite

**"...you just can't have it all!"**



A detecção remota pode fornecer imagens com grande resolução espacial, temporal e espectral, mas não simultaneamente pelo mesmo satélite.

Por exemplo:

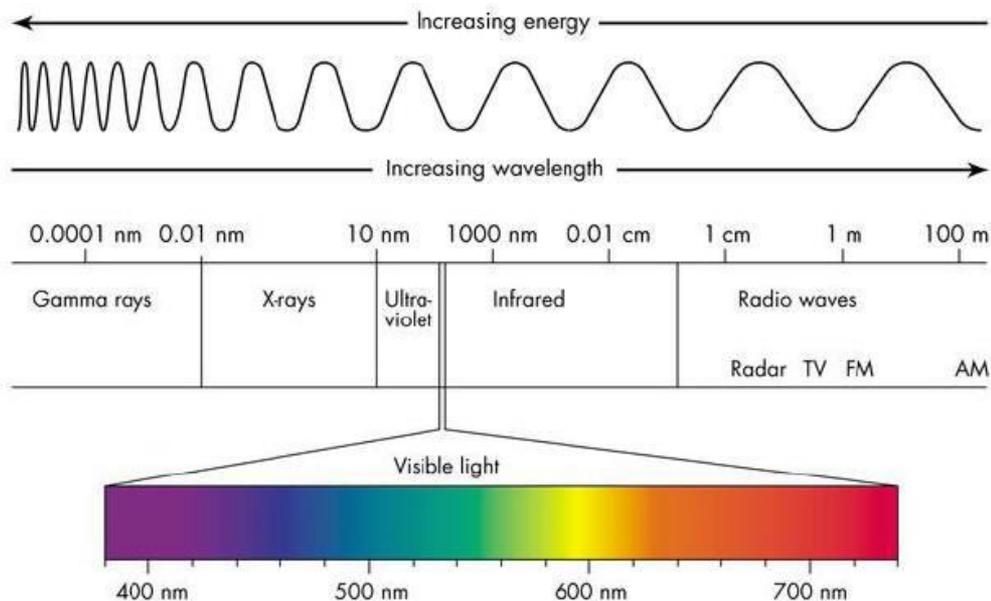
- os satélites meteorológicos têm uma resolução espacial pequena mas uma grande resolução temporal;
- os satélites Landsat têm uma grande resolução espacial mas baixa resolução temporal e espectral.

# Limitações atuais da detecção remota por satélite

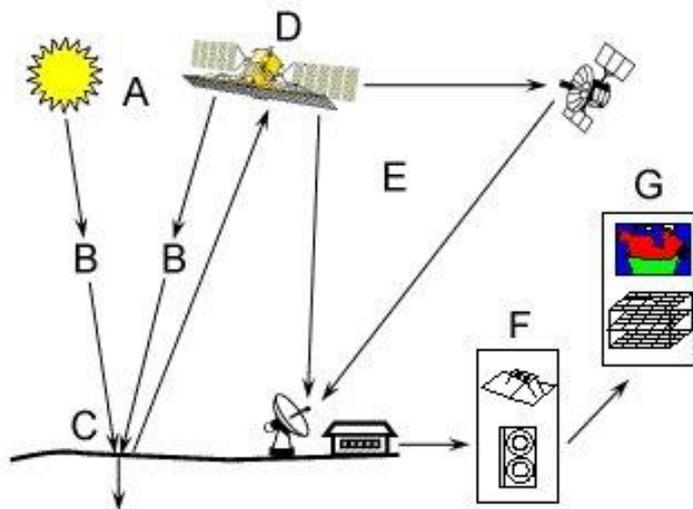
As imagens com uma grande resolução espacial só têm bandas no **visível** e no **infravermelho próximo**, e.g. IKONOS, GeoEye, WorldView (pixels < 5m)

Se se quiser bandas no **infravermelho médio** tem que se optar por imagens com uma menor resolução espacial, e.g. SPOT, Landsat (pixel – 20m, 30m)

O Infravermelho médio refletido por áreas pequenas não é suficiente para estimular o sensor de um satélite.



# Limitações atuais da detecção remota por satélite



O volume de dados aumenta significativamente com o aumento da resolução espacial.

Problemas com o armazenamento dos dados/imagens

# Limitações atuais da detecção remota por satélite

**Durante muito tempo, uma importante vantagem da detecção remota por satélite foi a aquisição contínua de imagens**

Os sensores dos satélites estão sempre ligados.

Pode-se obter uma imagem de qualquer momento no passado.

Importante para caracterização de alterações de ocupação do solo, por ex.

**As imagens de satélite de muito grande resolução espacial não fazem uma aquisição contínua/permanente de imagens, porque não existiria capacidade para guardar tanta informação.**

Os sensores dos satélites estão sempre desligados. Os sensores só são ligados quando houver uma ordem de aquisição de imagens.

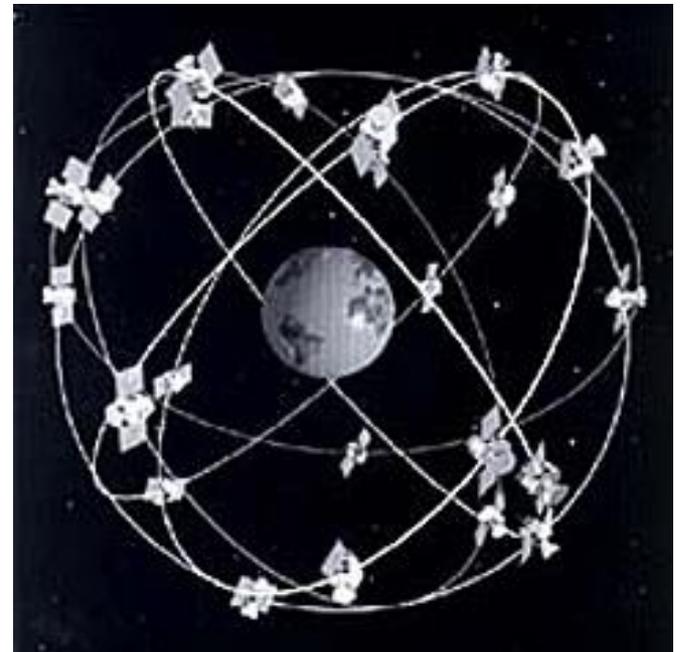
Esta característica pode inviabilizar estudos de alterações.

# A tendência Constelações de satélites

*Os satélites de uma constelação têm uma cobertura de solo coordenada e sincronizada e têm um controlo de operações partilhada.*

**Vantagens: Uma constelação de satélites permite a recolha de um elevado número de imagens do mesmo local adquiridas em curtos intervalos de tempo.**

As constelações de satélite permitem aumentar a resolução temporal sem perder resolução espacial e/ou espectral.



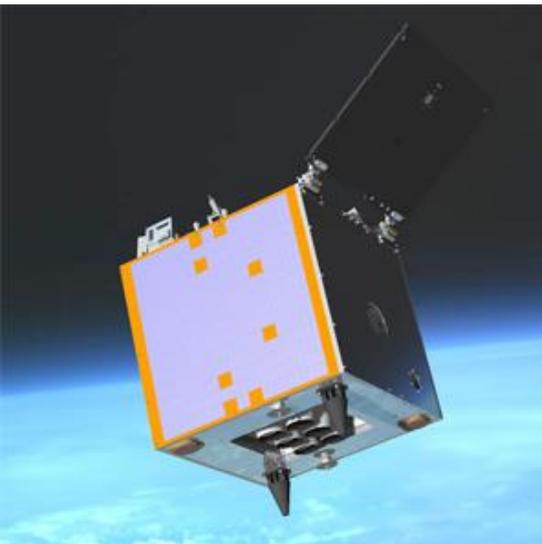
# Disaster Monitoring Constellation (DMC)

A DMC tem atualmente 4 satélites e foi concebida para adquirir imagens diárias de qualquer parte da Terra, sempre que necessário.

Os satélites DMC são propriedade de: UK (UKDMC e UK DMC-2), Nigéria (NigeriaSat-1), China (Beijing-1) e Espanha (Deimos-1).



SSTL



DEIMOS-1

A DMC permite a gestão de desastres, e.g. acidentes industriais, sismos, incêndios, secas.



Aisat-1



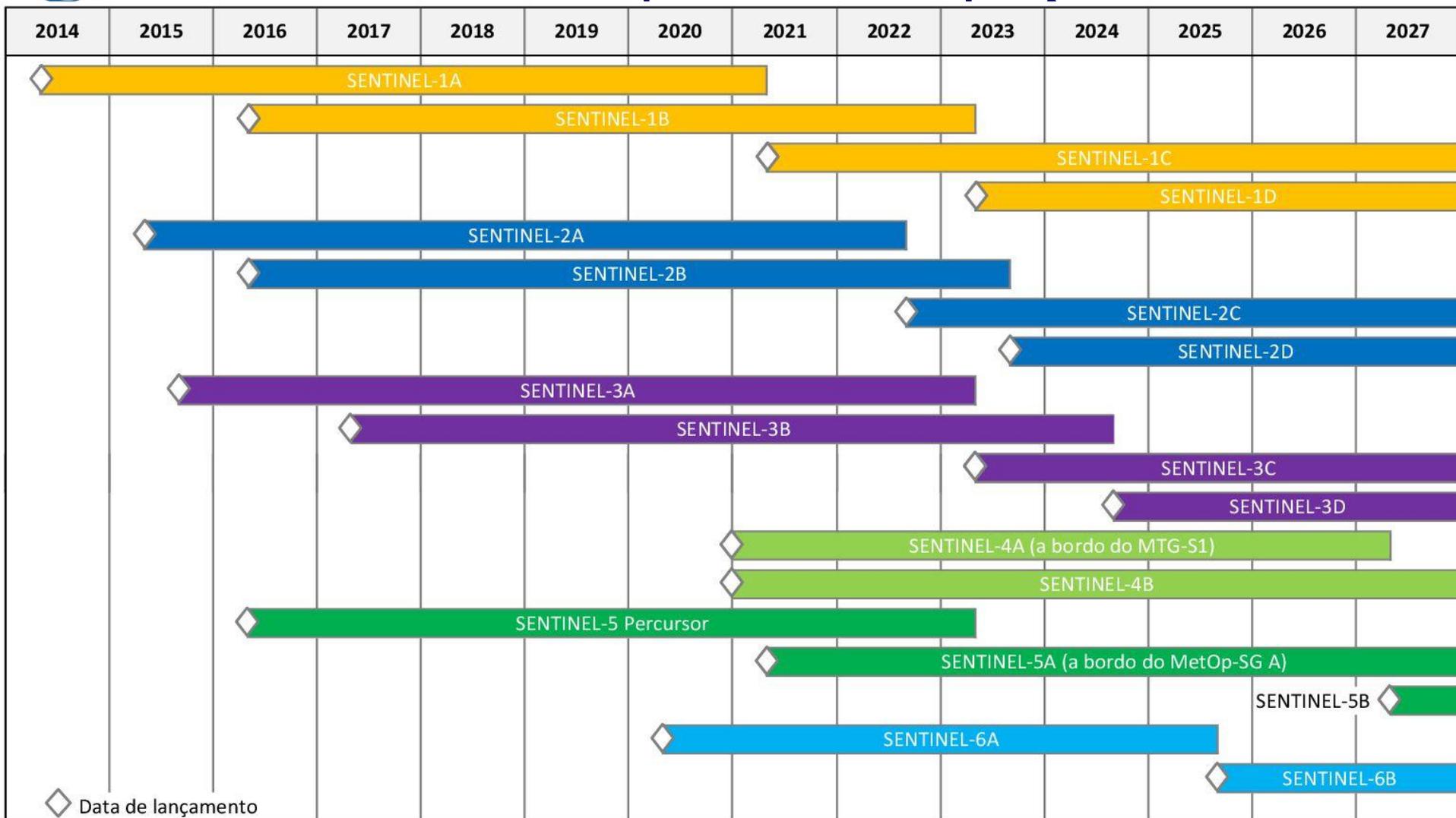
Nigeriasat-1



UKDMC -1



A União Europeia  
conquista a  
**independência** na  
Observação da Terra por  
satélite



# Sentinels

## satélites do Programa Europeu de Monitorização da Terra

### Sentinel 1

(SAR) (banda C), dia e noite, todas as condições atmosféricas  
 Continuação do ERS, RADARSAT

2014

2016

### Sentinel 2

13 bandas multiespectrais; 10m, 20m, 30m  
 Continuação do Landsat, SPOT

2015

2017

### Sentinel 3

21 bandas; temperatura, cor da terra e do oceano; 300m  
 Continuação do MERIS

2016

2018

### Sentinel 4

Monitorização da composição da atmosfera, geoestacionário  
 A montar no MTG

2020

2022

### Sentinel 5

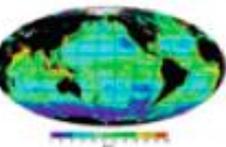
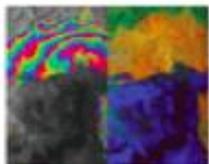
Monitorização da composição da atmosfera, órbita baixa  
 A montar no MetOP-SG

2020

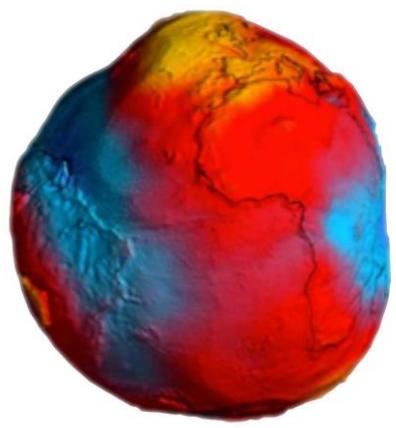
### Sentinel 6

Monitorização da altura do nível médio do mar

2020

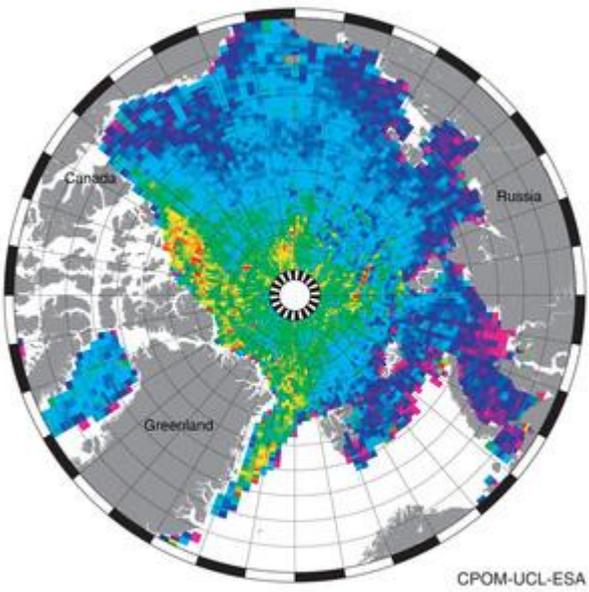


# GOCE

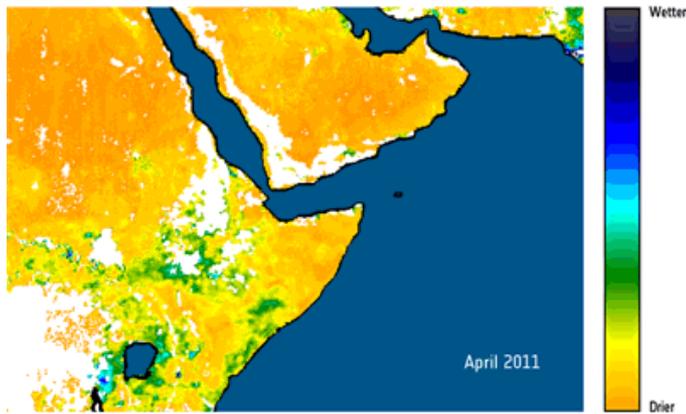


Os satélites Earth Explorers da ESA são pequenos satélites desenvolvidos para realizar medições muito específicas

Sea ice thickness in the Arctic ocean  
(January/February 2011)



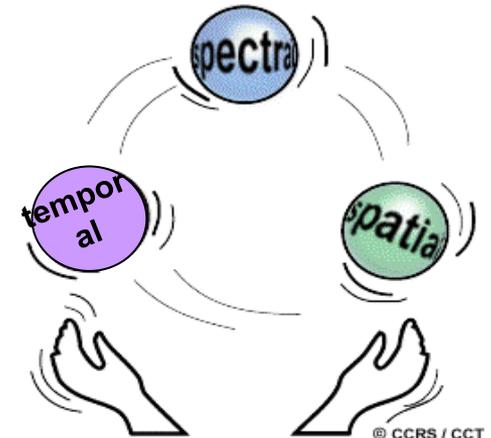
# CryoSat



# SMOS

# Evolução dos satélites de Observação da Terra

	1972	2018	Future
<b>Resolução espacial</b>	80 m	0.30 m	? m
<b>Resolução espectral</b>	4 bandas	220 bandas	250 bandas
<b>Resolução temporal</b>	18 dias	1 dia	minutos



# Big data

- **A abundância de dados coloca novos desafios**
  - ❖ Tecnológicos: armazenamento e processamento de dados
  - ❖ Metodológicos: métodos tradicionais desenvolvidos com poucos dados (e.g. significância estatística, dimensionalidade dos dados)
- **Desafios específicos em Detecção Remota**
  - ❖ Análise em tempo quase real
  - ❖ Novos métodos de análise que harmonizem as componentes espacial, espectral, e temporal (e.g. inteligência artificial)

# Observação da Terra por satélite

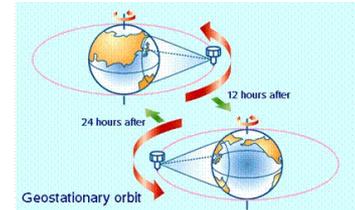
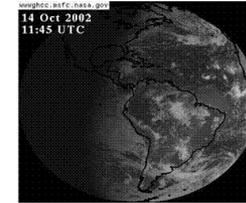
- 1 De programas governamentais (e.g., Landsat) para empresas privadas (e.g. DigitalGlobe)
- 2 Adopção de políticas de dados abertos
- 3 De missões multipropósito (e.g., Landsat) a missões específicas (e.g., SMOS)
- 4 De radiância de imagem (ND) à disponibilização quase em tempo real de produtos de nível 2 (LAA, SST)
- 5 Evolução dos sistemas radar

# Satélites de Observação da Terra:

## Desenvolvimento de satélites de órbita geostacionária (GEO) com grande resolução espacial (e.g., 10m)

Os satélites GEO têm a capacidade de observação contínua de uma determinada região

Os satélites GEO atuais têm uma resolução espacial muito pequena (e.g., 1000 m)



## Constelações de mini- e/ou micro-satélites de órbita baixa (LEO)

Uma constelação de satélites aumenta a periodicidade de aquisição de imagens



## Videos de satélites

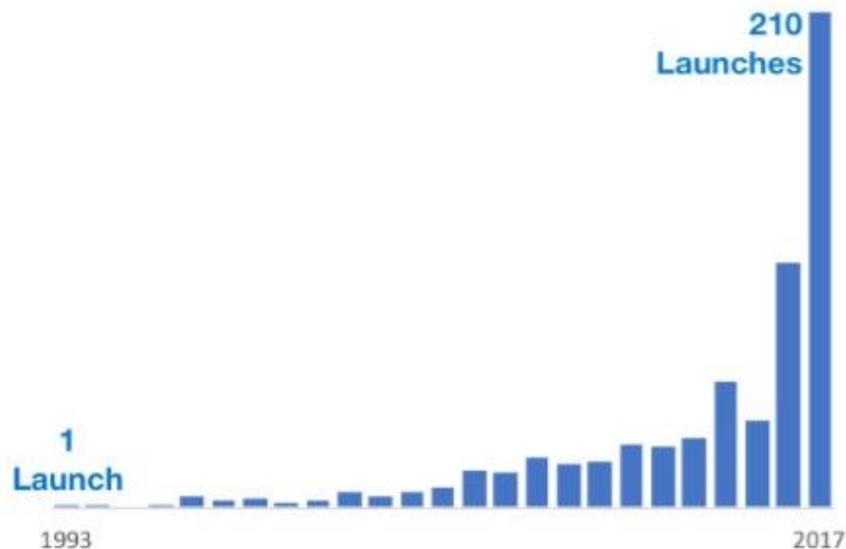
## Novas plataformas

Stratolites

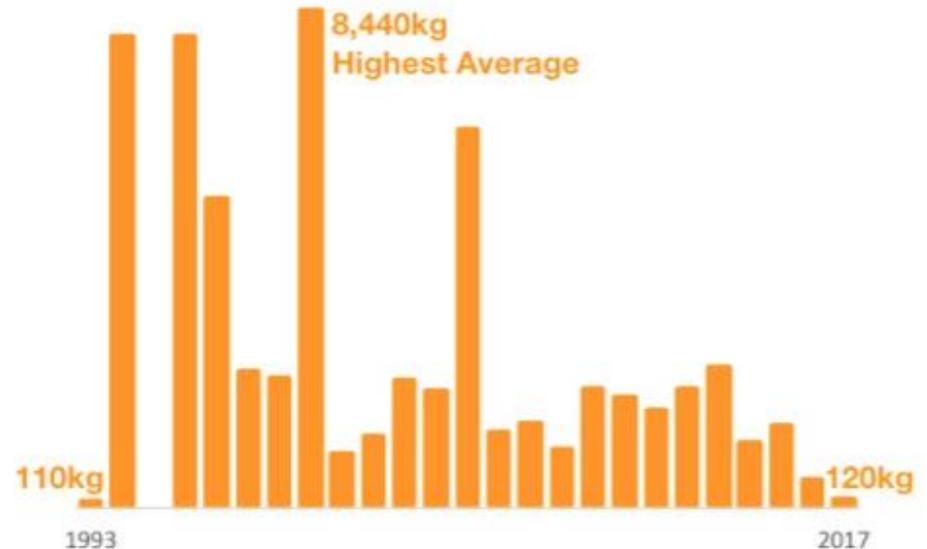
# Smaller Satellites are a Growing Trend

Between 2003-2017, 594 Earth observation satellites were launched, compared to 26 in the previous decade. While the number of satellites launched has increased significantly, the average size (launch mass) has decreased dramatically.

**Satellites Launched**  
(Number of launches per year)



**Lighter Weight and Smaller Satellites**  
(Average launch mass in kg)

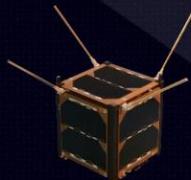


**SOURCE:** Union for Concerned Scientists database, <https://www.ucsusa.org/nuclear-weapons/space-weapons/satellite-database>

Source: <https://medium.com/radiant-earth-insights/observing-the-earth-fueling-global-development-solutions-1c69fd5632bc>



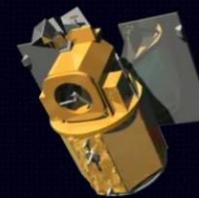
Picosatellite  
(0.1 – 0.99 kg)



Nanosatellite  
(1 – 10 kg)



Microsatellite  
(10 – 100 kg)



Small/Medium Satellite  
(100 – 1000 kg)



# Constelações de microsátélites para observação da Terra

<b>Empresa</b>	<b>Satélites lançados/planeados</b>	<b>Primeiro lançamento</b>
Planet (Terra Bella / Skybox)	13 / 24	2013
BlackSky / Spaceflight	1 / 60	2016
GHGSat	1 / 20	2016
Satelogic	3 / 25	2016
Axelspace	0 / 50	2018
Earth-i	0 / 15	2019
EarthNow	0 / 500	-
NorStar NorthStar	0 / 40	-

Source: Kulu E. (2017)

# Vídeos de alta resolução a partir de satélites

- Earth-i está a construir a primeira constelação global (**Vivid-i**) capaz de fornecer vídeos a cores

## Constelação Vivid-i

**Composição** - 15 satélites lançados em grupos de 5 de cada vez, com novos lançamentos em função da procura.

**Resolução espacial:** 60 cm ou 1 m

**Órbita:** 500 km

3 bandas cor verdadeira



# Vídeos de alta resolução a partir de satélites

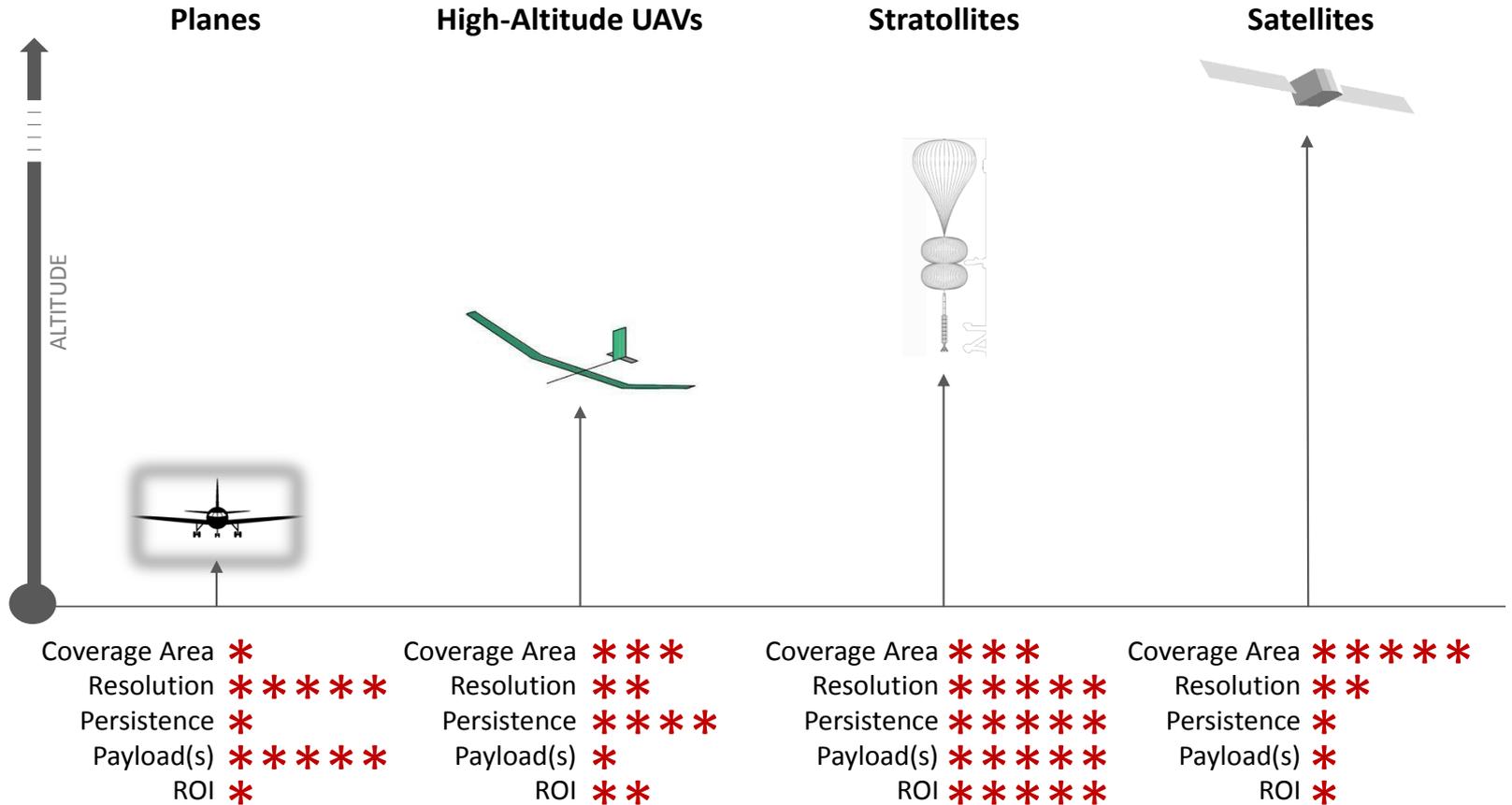
## Potenciais aplicações do vídeo por satélite:

- **Monitorização do tráfego** terrestre, marítimo e aéreo, incluindo a velocidade e direção de um objecto.
- Construção de séries temporais de modelos digitais do terreno para monitorização de grandes obras (ex. área de construção ou **extração com cálculo de volumes diários**).
- Plano de resposta em tempo real a **desastres naturais** (ex. desabamentos de estruturas, deslizamentos de terra, fast-floods, sismos, tsunamis etc.).

[https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=3&v=OBxJSroyTcl](https://www.youtube.com/watch?time_continue=3&v=OBxJSroyTcl)



# EO PLATFORMS FOR PERSISTENT SURVEILLANCE



<https://youtu.be/GFdXBQPuznU>



**WORLD VIEW.**



**1984** escrito em 1950

visão profética de George Orwell



*big brother is watching you*

