

XXIV Curso de Uso Escolar de Sensoriamento Remoto  
no Estudo do Meio Ambiente

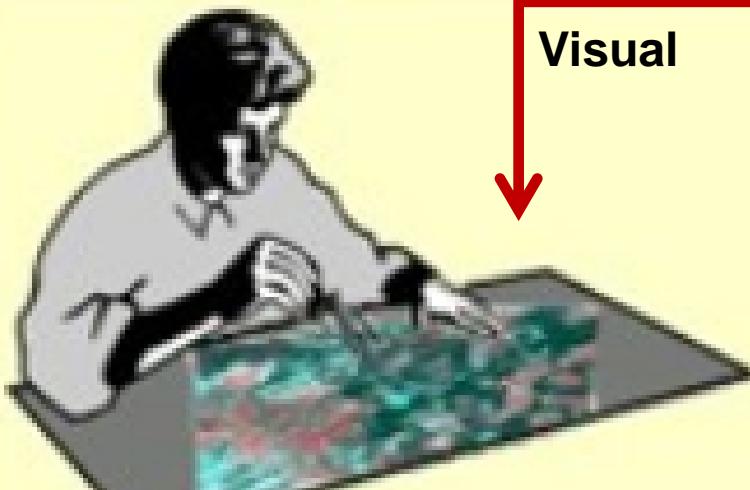
# Interpretação Visual de Imagens de SR e Aplicações

Elisabete Caria Moraes  
elisabete.moraes@inpe.br

São José dos Campos - SP  
01 de Dezembro de 2021



Visual



Automatizada



# Interpretação de Imagens de Satélites

Processos técnicos para a obtenção de mapas temáticos através da diferenciação dos elementos presentes na superfície registrados através de dados de sensoriamento remoto

Áreas de aplicação:

Uso do solo	Geologia	Urbanismo
Vegetação	Geomorfologia	Limnologia
Agricultura	Pedologia	Oceanografia, etc

# Interpretação de Imagens de Satélites

A interpretação e a análise temporal das imagens de satélites ambientais permitem:

- ❑ Compreender os conceitos geográficos desta área
  - desde uma visão global até a local (Terra, continente, país, região, estado, cidade, bairro, quarteirão, rua e edificação).
- ❑ Monitorar constantemente uma dada localização ou região
- ❑ Identificar os processos de mudanças ambientais
  - Naturais
  - Antropogênicas

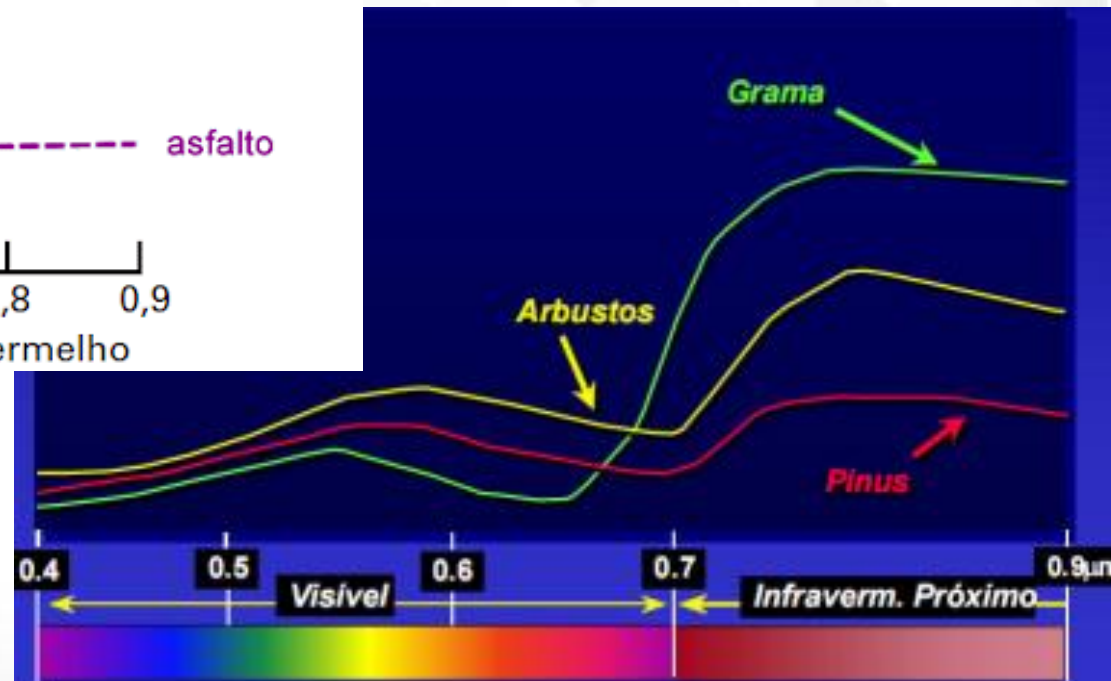
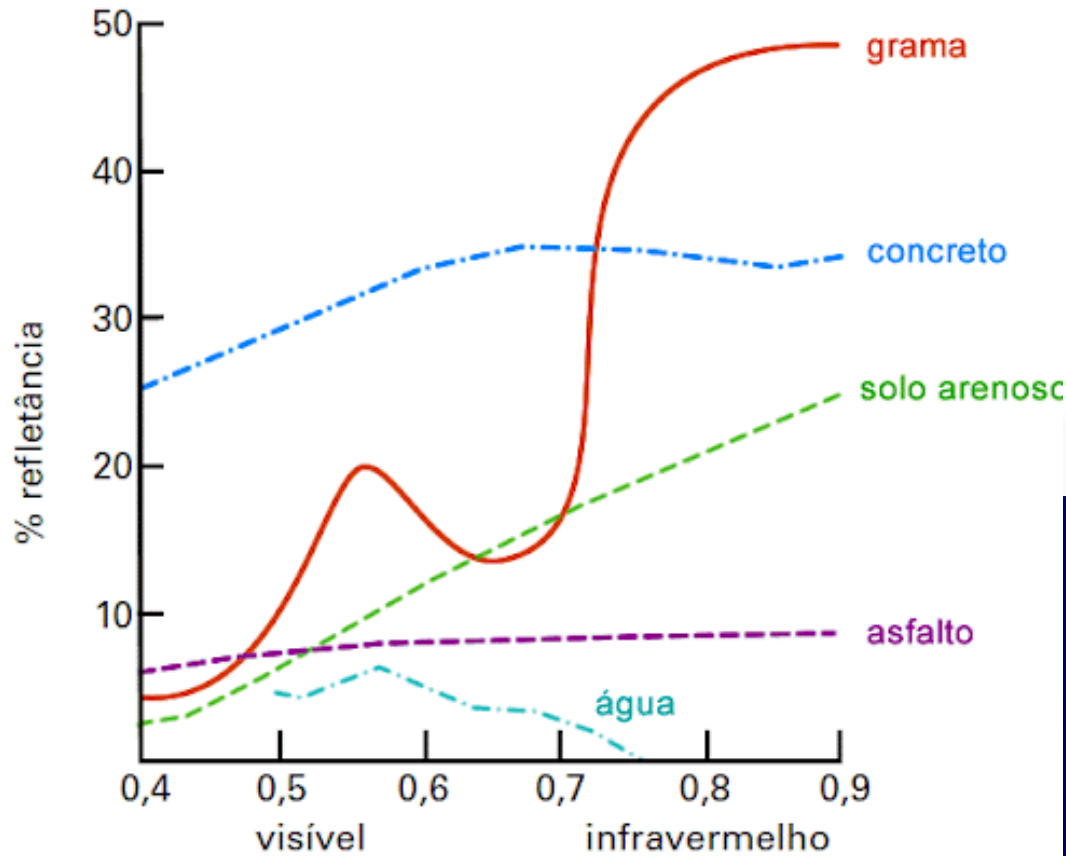


# Interpretação de Imagens de Satélites

O uso de imagens de satélites e sua interpretação permite a **geração de mapas** com a descrição dos diferentes padrões espaciais.

Esta tecnologia e produtos são ferramentas imprescindíveis no atual contexto da sociedade em que há uma acelerada mudança ambiental e climática.

# DISTINÇÃO ATRAVÉS DE COMPORTAMENTO ESPECTRAL



# Aspectos Físicos Diferenciáveis nas Imagens

- ❑ Distinção e delimitação entre terras e oceanos
- ❑ Localização e delimitação de cursos d'água
- ❑ Relevo continental
  - (distribuição de planalto, planície, cadeias de montanhas e depressões)
- ❑ Relevo litorâneo
  - (baías, restingas, lagoas, golfos, praias, penínsulas, enseadas, falésias, fiorde, cabos, arquipélagos e foz em delta)
- ❑ Mudanças do uso e cobertura da terra
  - Evolução da cobertura vegetal
  - Alterações das áreas agropecuárias
  - Configuração, organização e expansão das grandes cidades (conurbação)
  - Estudos de desastres ambientais (enchentes, deslizamento, etc)
  - Alterações em ambientes aquáticos como derramamento de óleo
  - Entre outros

# Elementos de Interpretação Visual de Imagens de Satélites

**CRITÉRIOS**



## Tons de cinza

Quanto mais REM um objeto refletir, maior é seu brilho e mais claro ele aparecerá na imagem.

Quanto mais REM absorver, mais escuro ele estará na imagem de satélite.



Imagem de Ubatuba, obtida no canal 3 do Landsat



# Tonalidade

## Tons de cinza

Que objeto  
reflete mais?

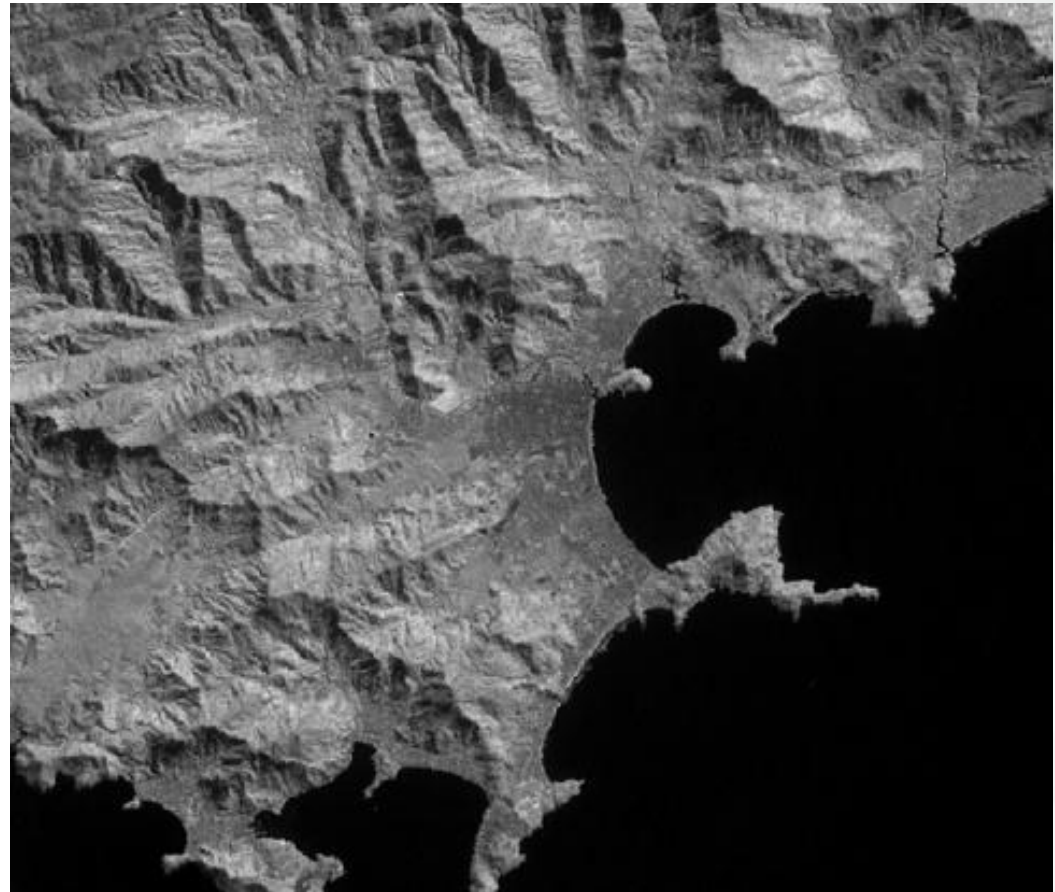
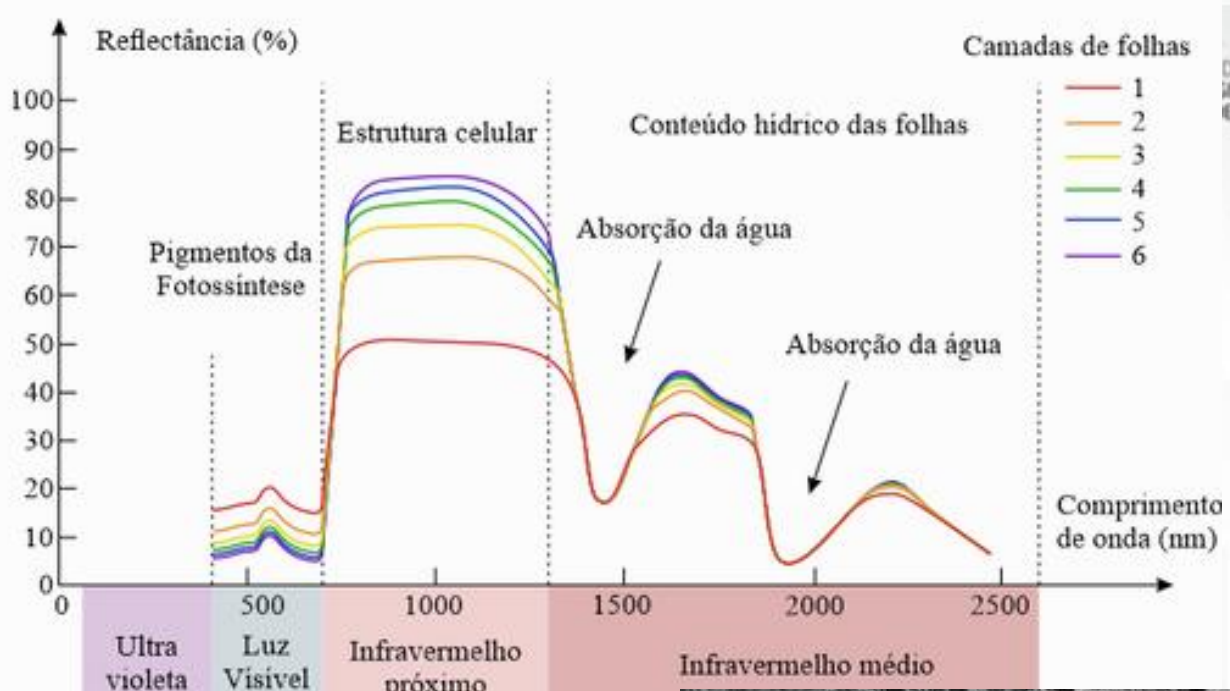
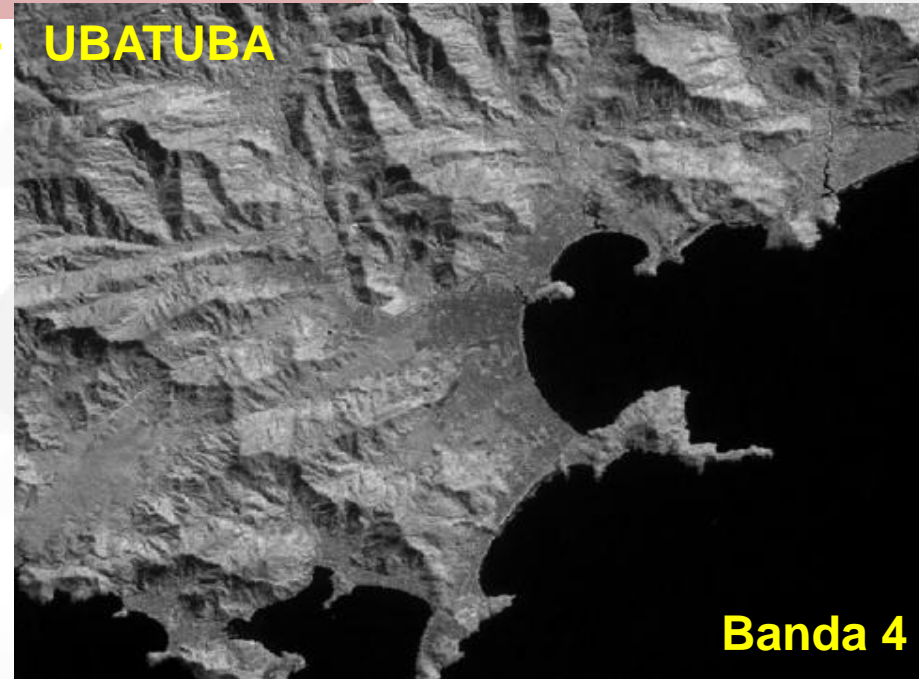
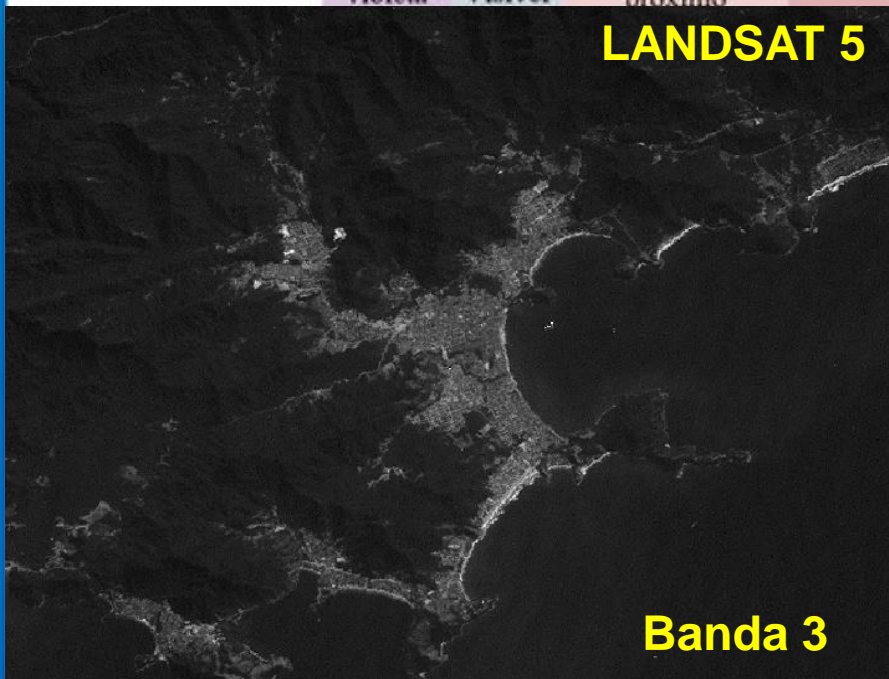


Imagem de Ubatuba, obtida no canal 4 do Landsat

A imagem em níveis de cinza permite identificar padrões de hidrografia, relevo, de ocupação urbana, de área agrícola



## LANDSAT 5 - UBATUBA



Proveniente da composição colorida, que dependerá de quais bandas são consideradas, da radiação eletromagnética refletida em cada banda, da mistura entre as cores que forem associada às imagens originais.

A cor vermelha foi associada a banda 4 do Landsat 5, cuja faixa espectral apresenta a maior reflectância da energia pela vegetação.

**A vegetação é representada pela cor vermelha**



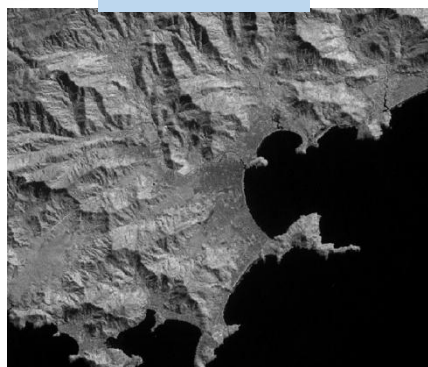
Imagem de Ubatuba - LANDSAT



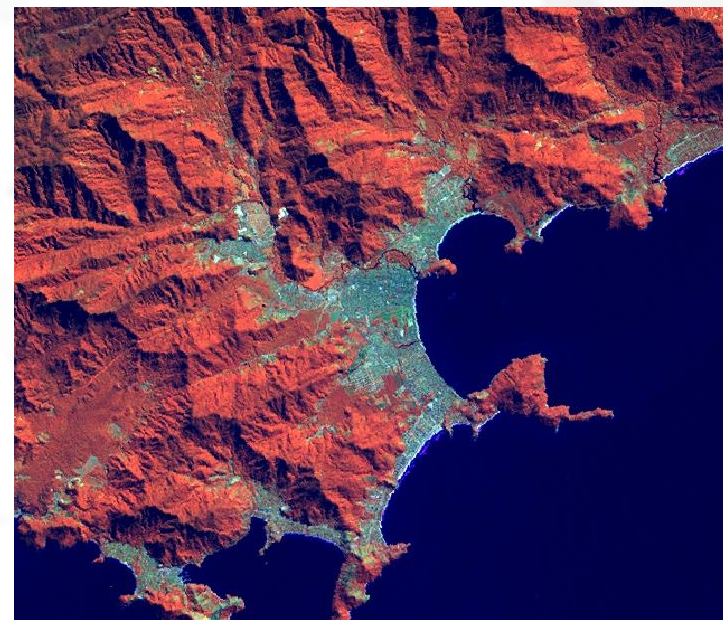
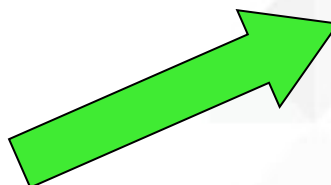
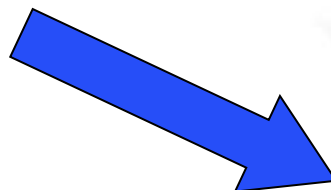
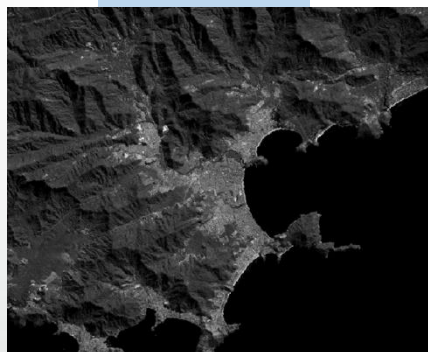
Banda 3



Banda 4



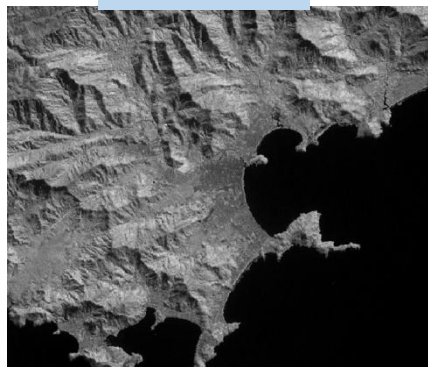
Banda 5



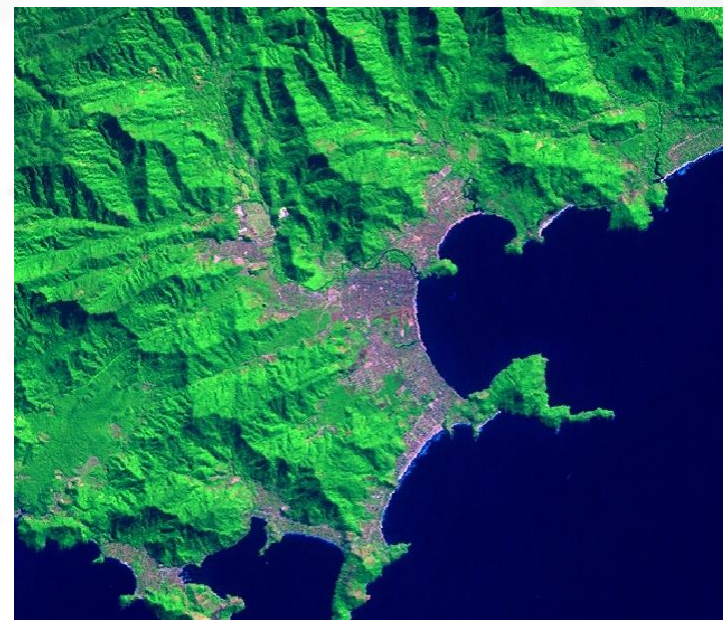
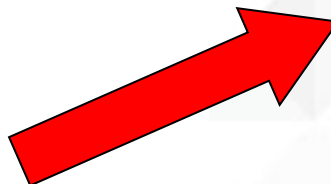
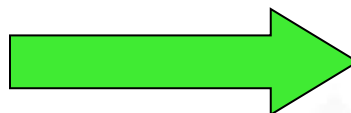
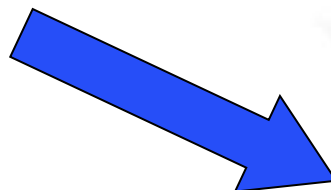
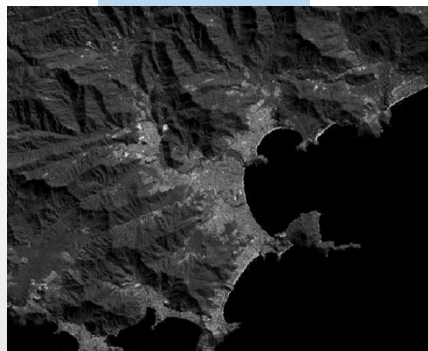
Banda 3



Banda 4



Banda 5

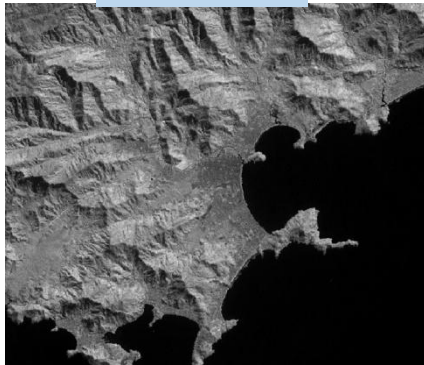




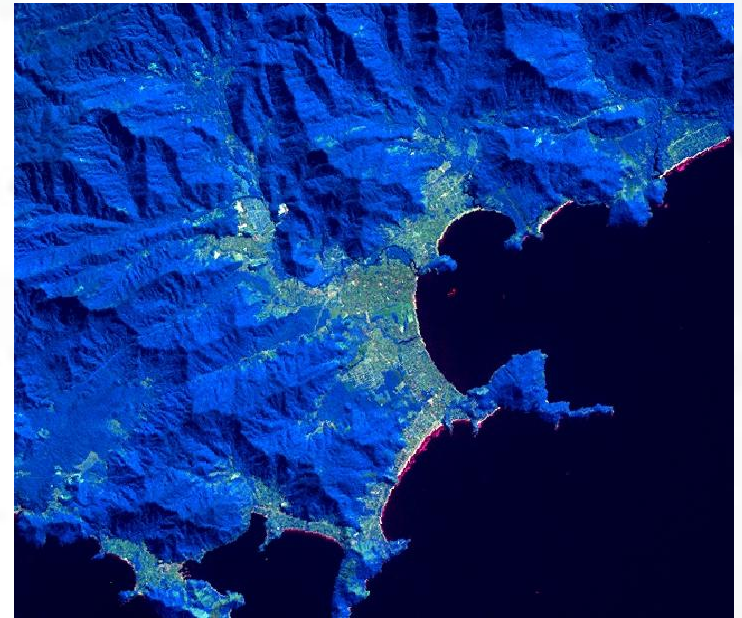
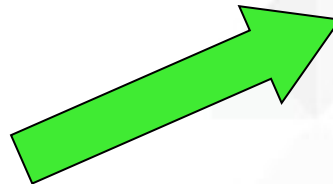
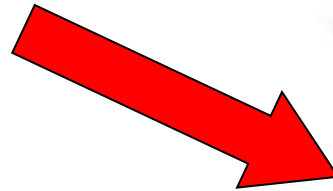
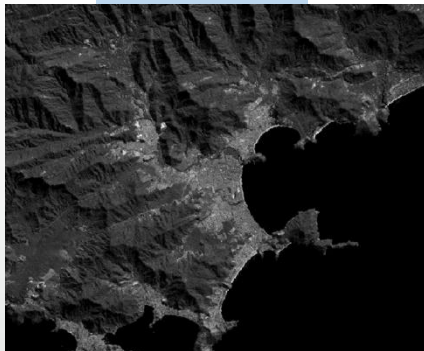
Banda 3



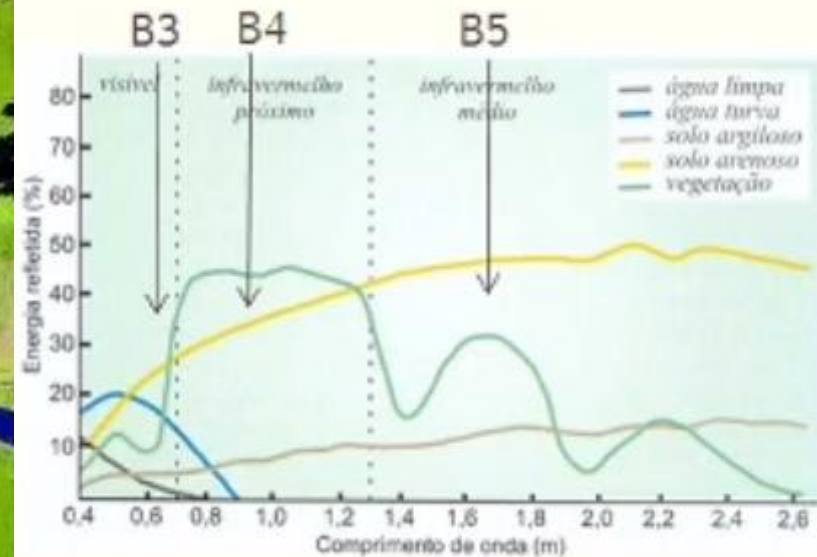
Banda 4



Banda 5



# Encontro dos Rios Negro e Solimões



Imagens Landsat – 5  
Bandas 3(B) 4 (G) 5 (R)

# Textura

- Refere-se ao aspecto liso ou rugoso dos objetos em uma imagem.
- Importante na identificação de unidades de relevo: a textura lisa corresponde à área de relevo plano, enquanto que a textura rugosa corresponde à área de relevo acidentado.





Rugosa

Média

Fina

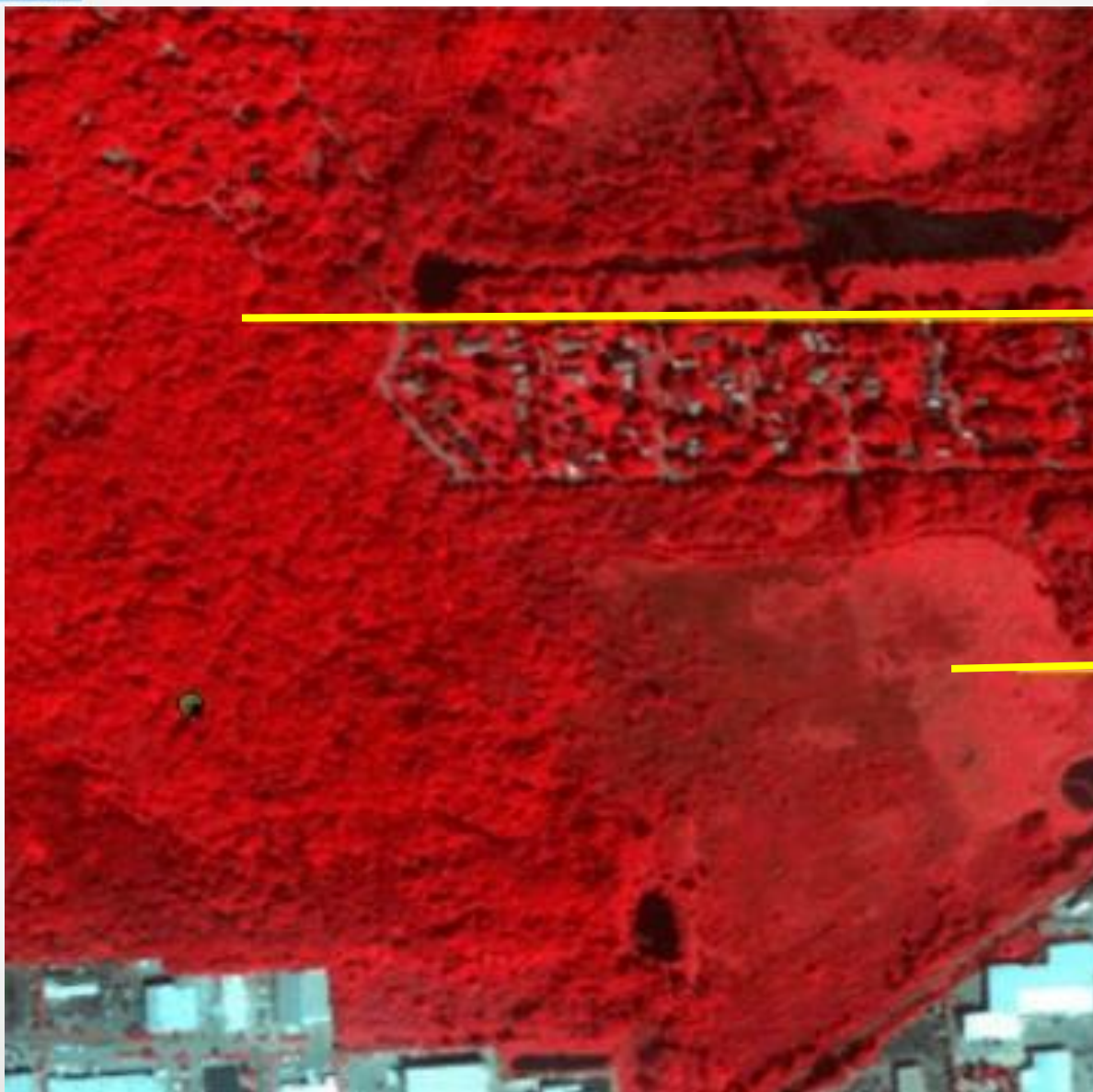
Rugosa



# Identificação na Cobertura Vegetal

- Textura mais rugosa = área de mata heterogênea.
  - floresta densa normalmente se apresenta com textura mais rugosa em razão da diferença na altura das árvores, cuja sombra interfere na assinatura espectral, criando rugosidade
- Textura menos rugosa = área de mata homogênea (reflorestamento).
- Textura mais lisa = área de cultura.

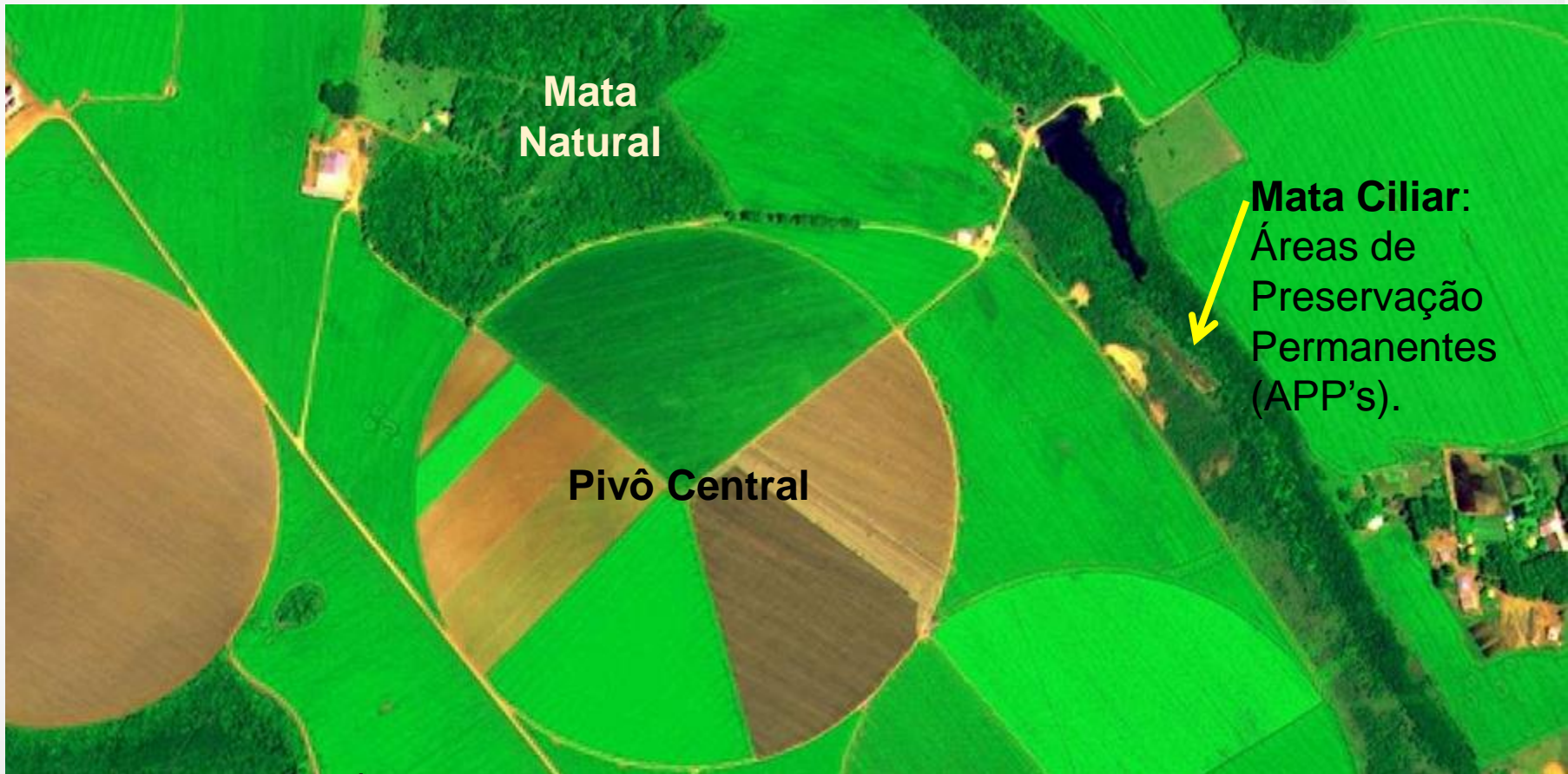




Mata  
(rugosa)

Pastagem  
(lisa)

# Composição colorida de imagem do satélite CBERS 4A com resolução espacial de 2 metros



Fonte: Artigo de Área irrigada por pivôs centrais no Brasil atinge 1,6 milhão de hectares da Embrapa



Afloramento  
Rochoso

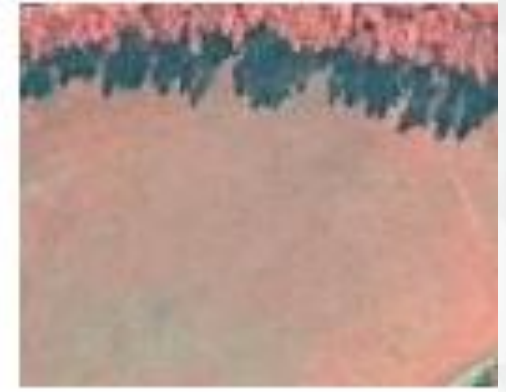


RGB 123



RGB 432

Campo



Imagens de 2009

Solo exposto











# Formas

## ➤ Formas irregulares

Objetos naturais

(matas, lagos, feições de relevo, pântanos, etc.).

## ➤ Formas regulares

Objetos construídos pelo homem

(indústrias, aeroportos, área de reflorestamento, áreas agrícolas, etc.).

# Exemplos

**Estradas e rios** → forma linear.

**Construções** → formas regulares e bem definidas  
(quadrados e retângulos).

**Campo de futebol** → forma retangular.

**Área de cultivo** → formas geométricas.

**Culturas irrigadas por sistema de pivô central**  
↓  
formas circulares.



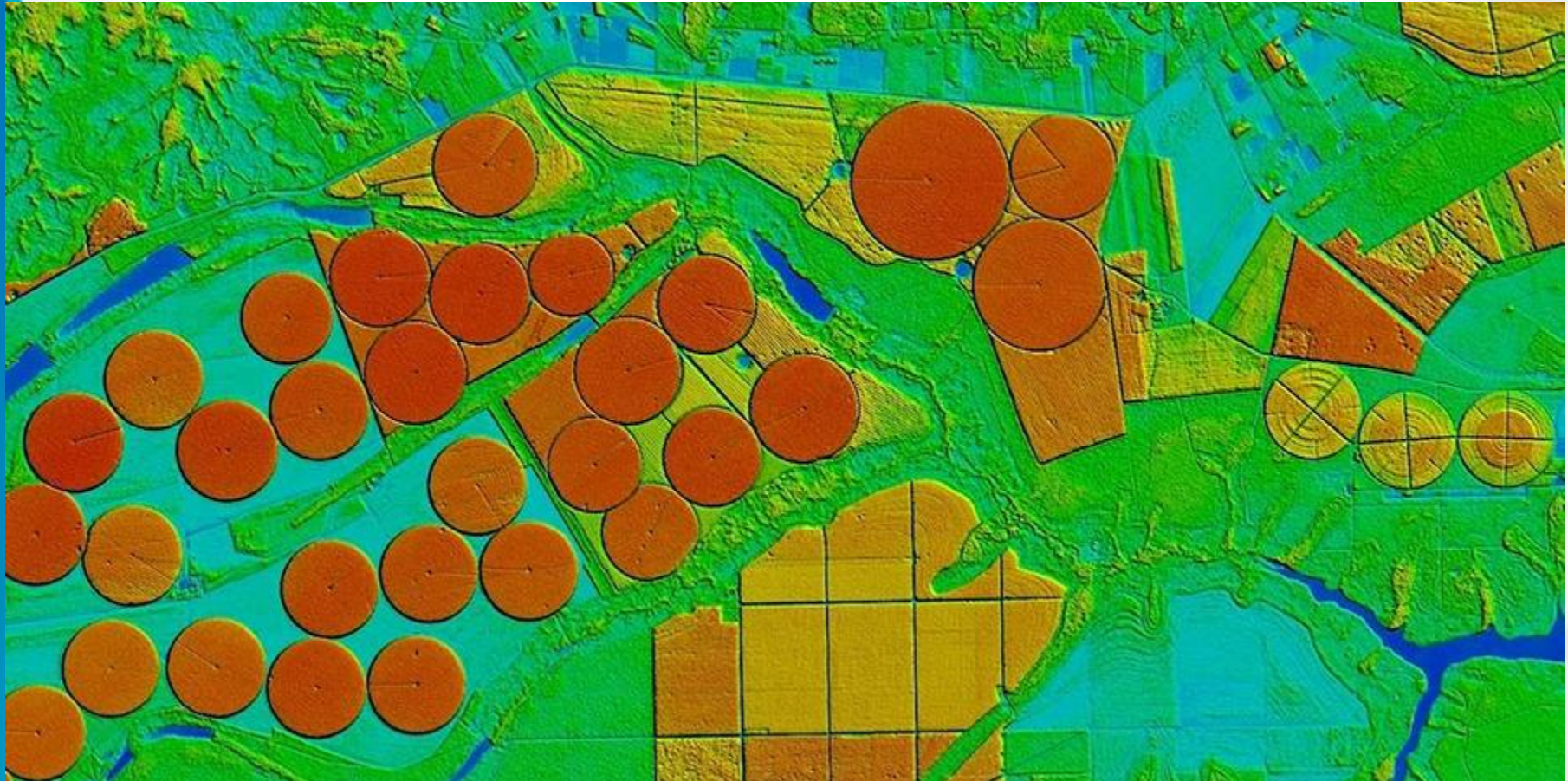
Formas  
geométricas,  
significa intervenção  
humana.

Imagem de Matopiba  
Área Agrícola



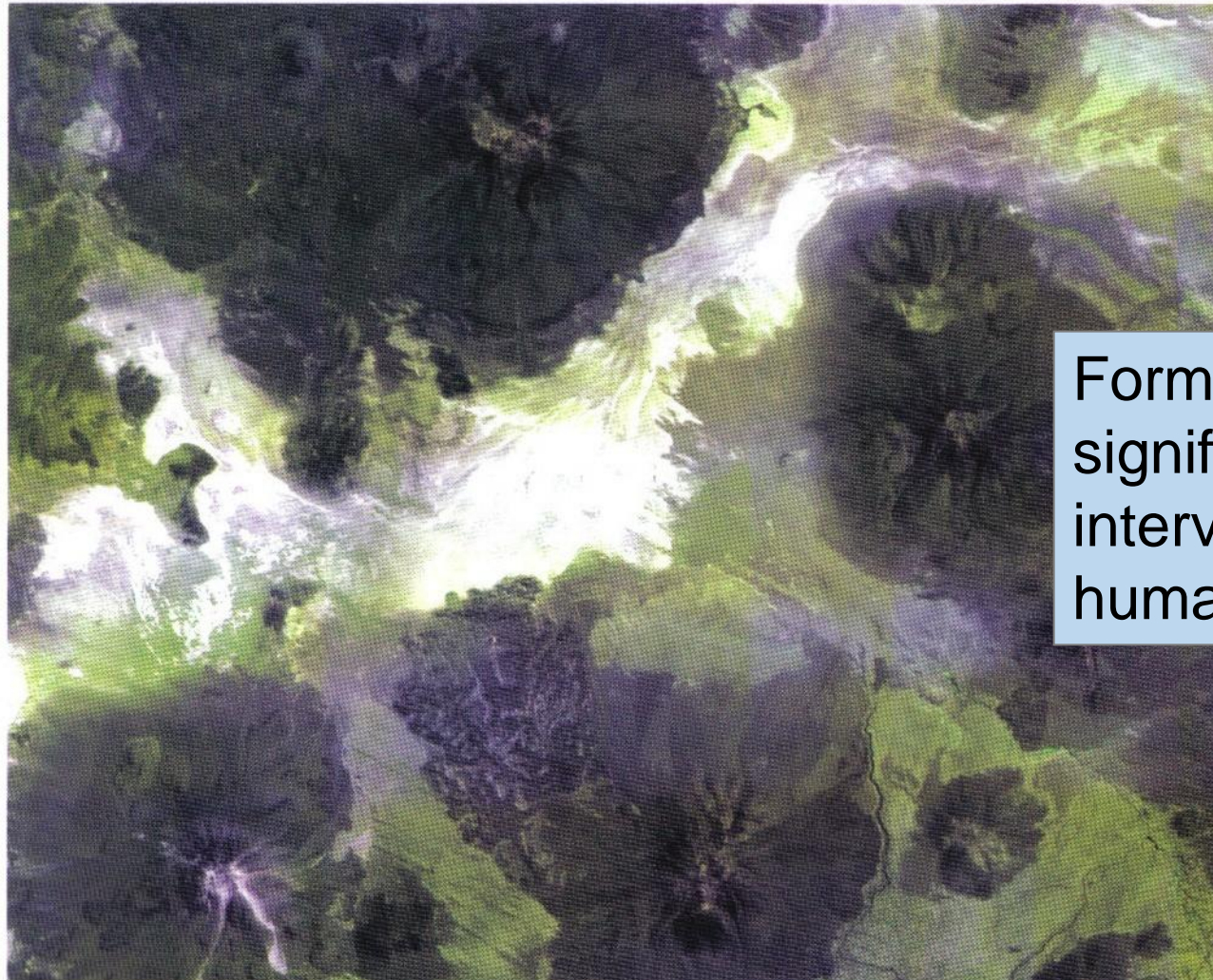


# Índices espectrais em imagens do satélite Sentinel para o mapeamento de pivôs centrais



Fonte: Artigo de Área irrigada por pivôs centrais no Brasil atinge 1,6 milhão de hectares da Embrapa





Formas irregulares,  
significa não  
intervenção  
humana.

Imagem CBERS 04/11/2000

Área de vulcões no Chile e em branco um salar.

Fonte:FLORENZANO (2002)



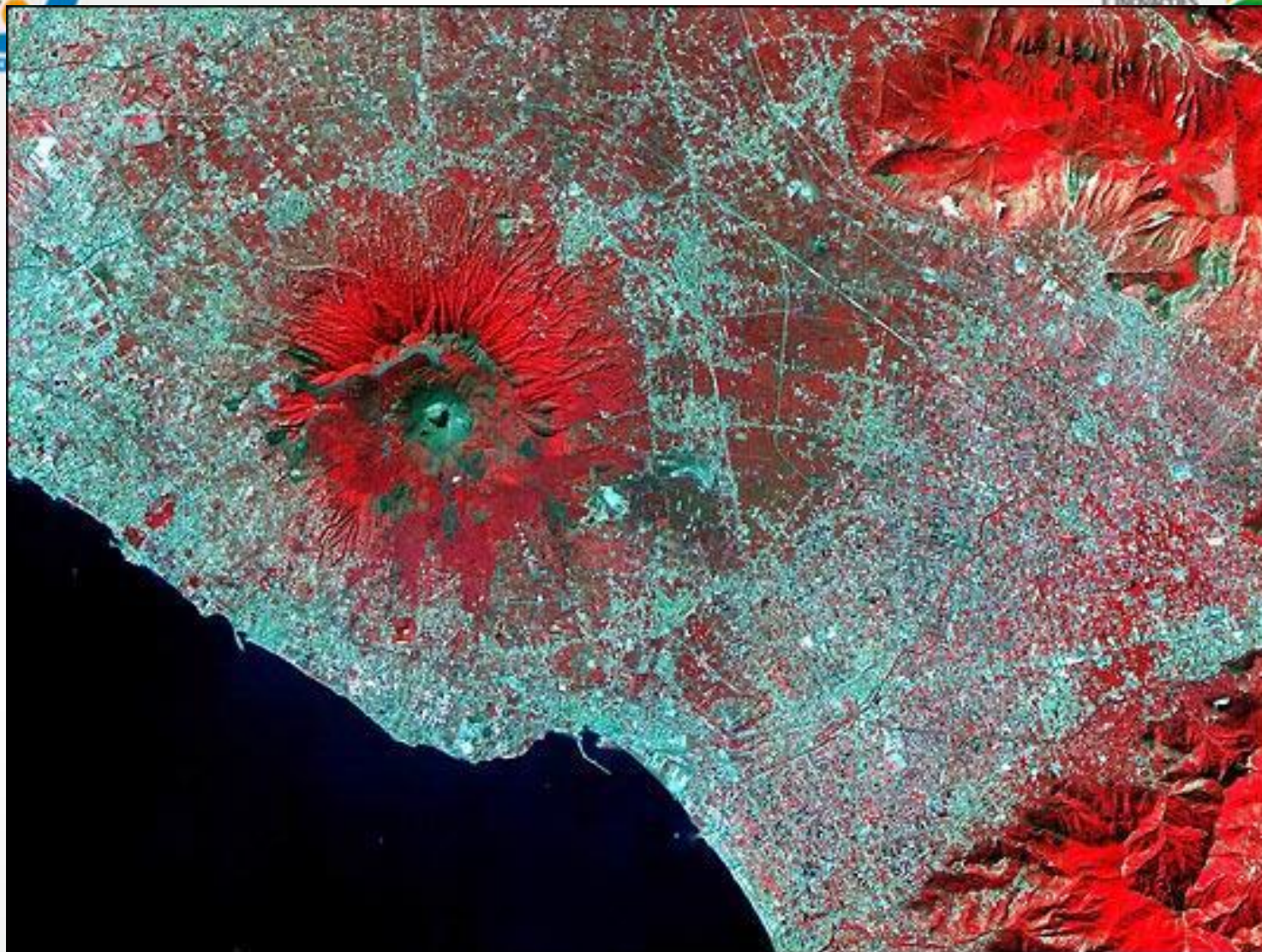


Imagem ASTER (satélite Terra) do Vulcão Vesúvio – Nápoles-Itália

Fonte: NASA



# Tamanho

Em função do tamanho, pode-se distinguir:

- uma residência de uma indústria,
- área industrial de área residencial,
- grandes avenidas de ruas de tráfego local,
- um sulco de erosão de voçoroca,
- agricultura de subsistência de agricultura comercial
- entre outras

# Complexo esportivo Maracanã - RJ



Fonte: <http://globalgeo.com.br/mkt/06/>







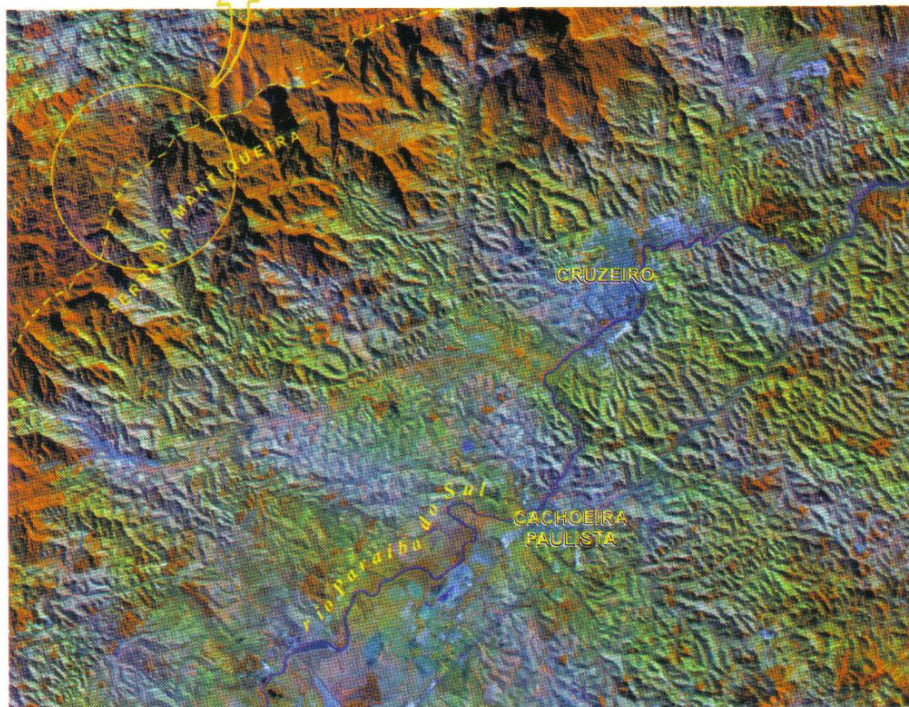
# Sombra

Esse elemento de interpretação permite com base na forma e no tamanho da sombra projetada, a identificação de objetos.

- pontes
- postes
- edificações
- árvores
- feições de relevo
- nuvens



**As áreas de maior  
sombreamento indicam  
relevos mais altos.**



**Sombras intermediárias  
encontram-se nas áreas  
de morro.**

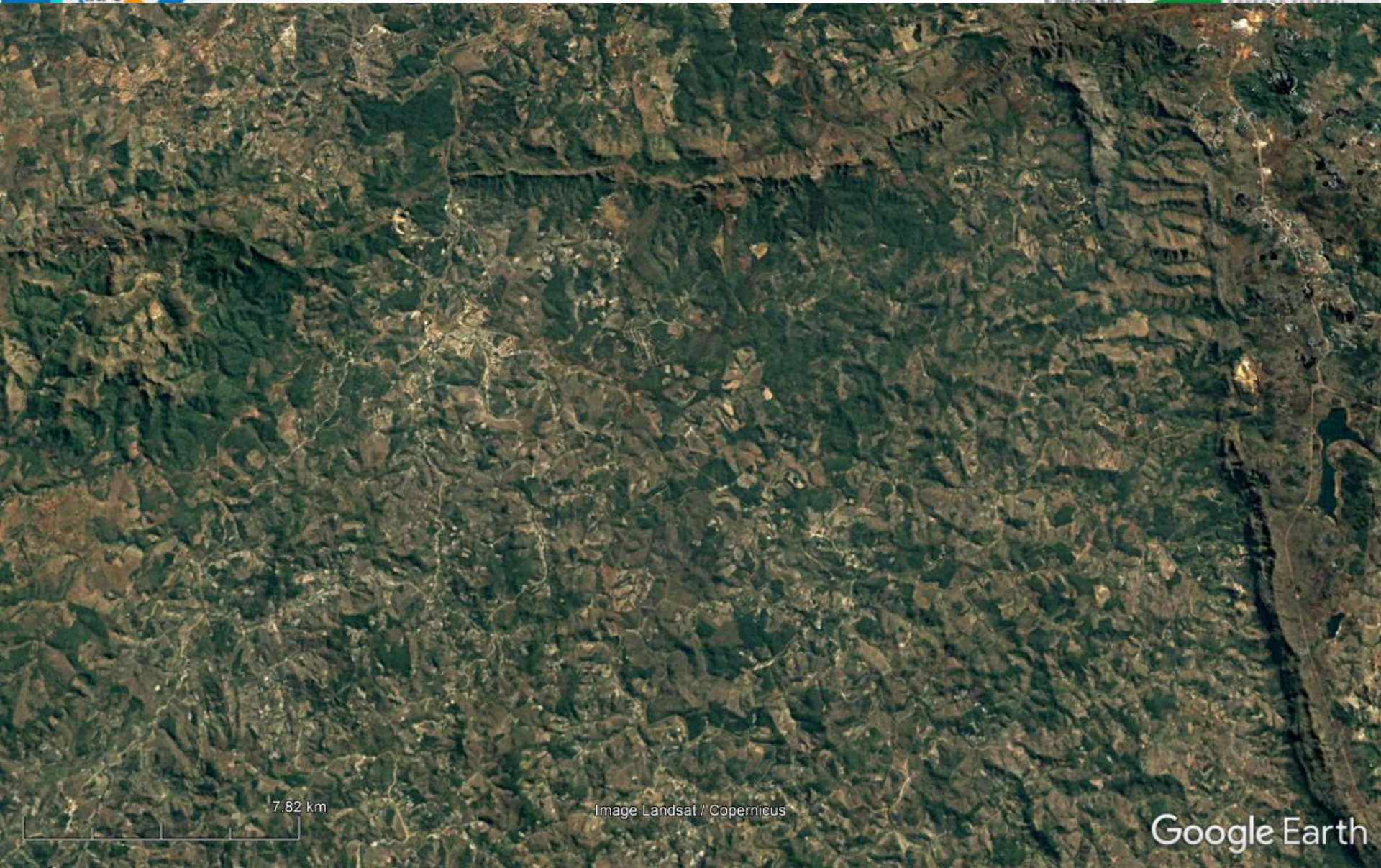
**Sombras menores, áreas  
de colinas**

**Relevo muito plano, não  
há sombras**

Imagem TM-LANDSAT 25/06/1997, da região de Cruzeiro e Cachoeira Paulista no Vale do Paraíba, São Paulo.

Fonte: FLORENZANO (2002)





7.82 km

Image Landsat / Copernicus

Google Earth









*Imagem de satélite feita em 15 de setembro mostra a destruição da região atingida, em NY (Foto: Reprodução NASA)*



30 de junho de 2000

11 de setembro de 2010



Imagens de satélite mostram a mudança na área onde ficavam as torres do World Trade Center. (Foto: GeoEye Satellite Imagery/Reuters)

# Sombra

- Elemento a ser evitado por muitas vezes acarretar perdas de mapeamento do uso e ocupação da superfície.
- Na Amazônia a cobertura de nuvens dificulta e as vezes torna inviável o monitoramento do desmatamento, sendo necessário que a imagem passe por vários processos de correção, para que seja possível a interpretação.



Essencial a utilização de vários satélites com resolução espacial semelhantes



# Padrão

Arranjo espacial ou à organização dos objetos em uma superfície.

## Exemplos Urbanos:

### Áreas residenciais de alto padrão



unidades habitacionais grandes, baixa densidade, muita área verde.

### Área de favela



tamanho mínimo das unidades, sem espaçamentos entre si, nem organização espacial.



Imagem IKONOS-2 13/10/2000

São José dos Campos – SP

Fonte:FLORENZANO (2002)



## Imagem QuickBird de 2006 – setores de S.J. dos Campos



A

B

C

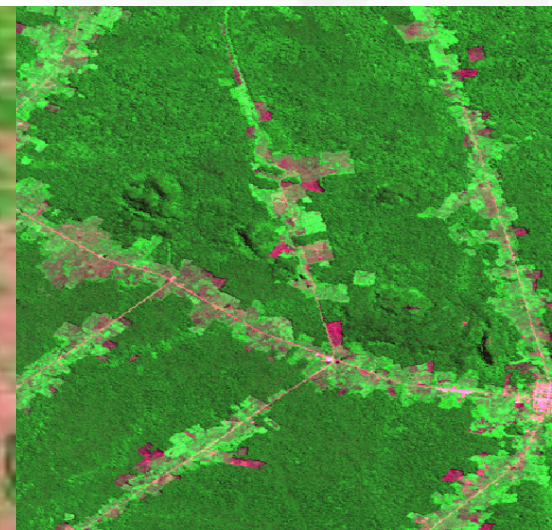
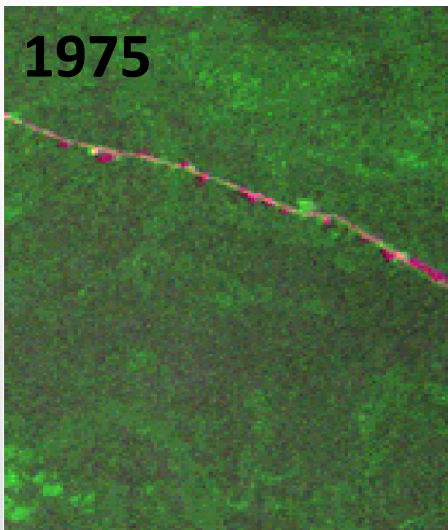
# Padrão

## Exemplos Desmatamento:

### Desmatamento de uma área na floresta amazônica:



começa com a abertura de uma estrada e culmina na expansão de grandes clareiras, relacionadas à exploração madeireira.





# Localização

A partir de um ponto de referência, que é um lugar conhecido e identificado com facilidade na imagem, os demais elementos do ambiente também são identificados ou reconhecidos.

Importante:

- Para inexperientes em interpretação de imagens, recomendamos que iniciem por uma imagem de área conhecida.
- Levantar em livros, mapas e no campo, informações sobre a área de estudo, também facilita a interpretação.

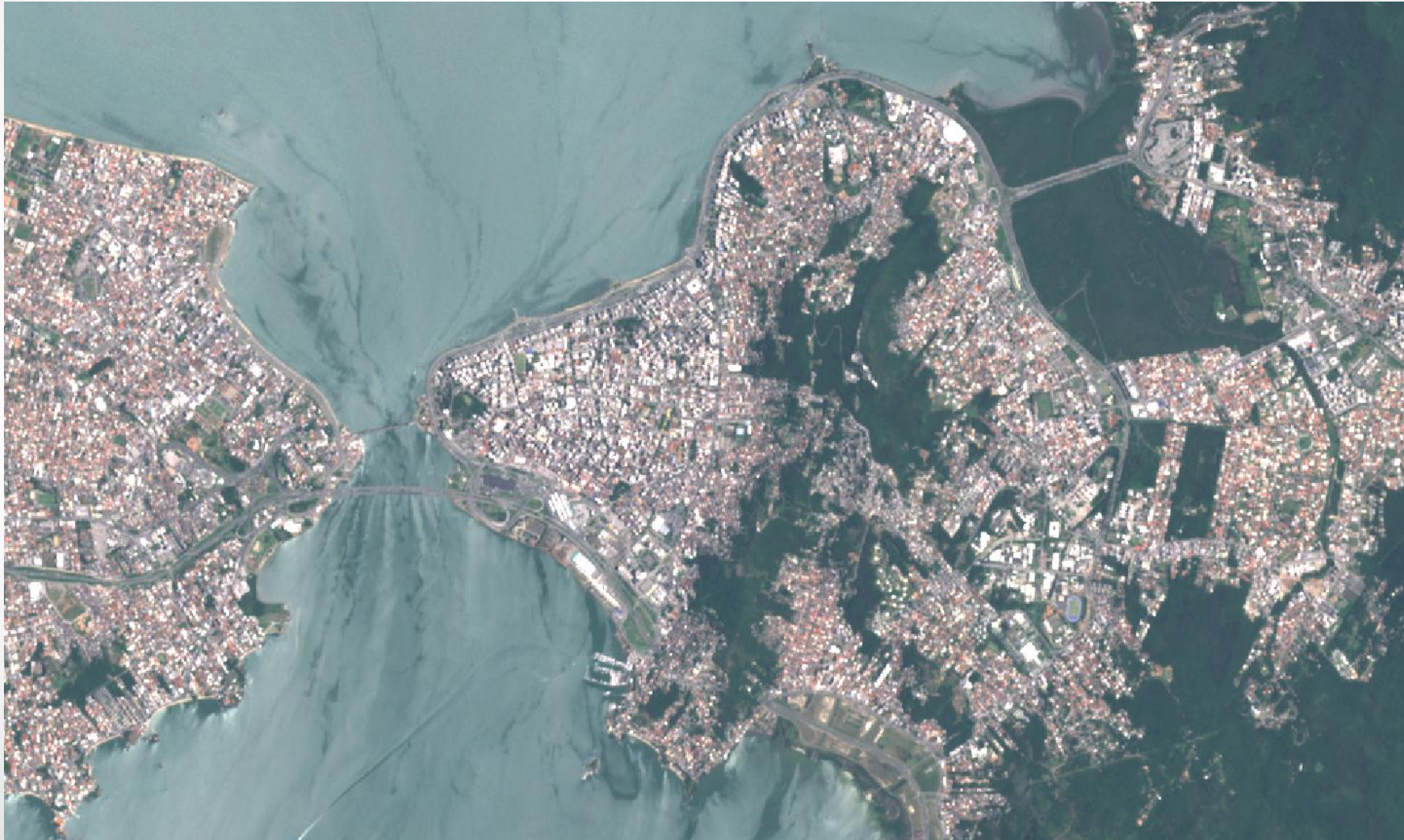
# Ponte Rio – Niteroi RJ





# Imagem Sentinel-2

## Florianópolis – SC, 10 m de resolução





# Lavras, MG

Cerrado

Área  
Construída



Floresta

Água

Pastagem

**Imagem do Satélite Quickbird  
(21/04/2009)  
Cor Verdadeira - 1 (B) 2 (G) 3 (R)**





06/02/1985



14/06/1985



30/06/1985



02/09/1985

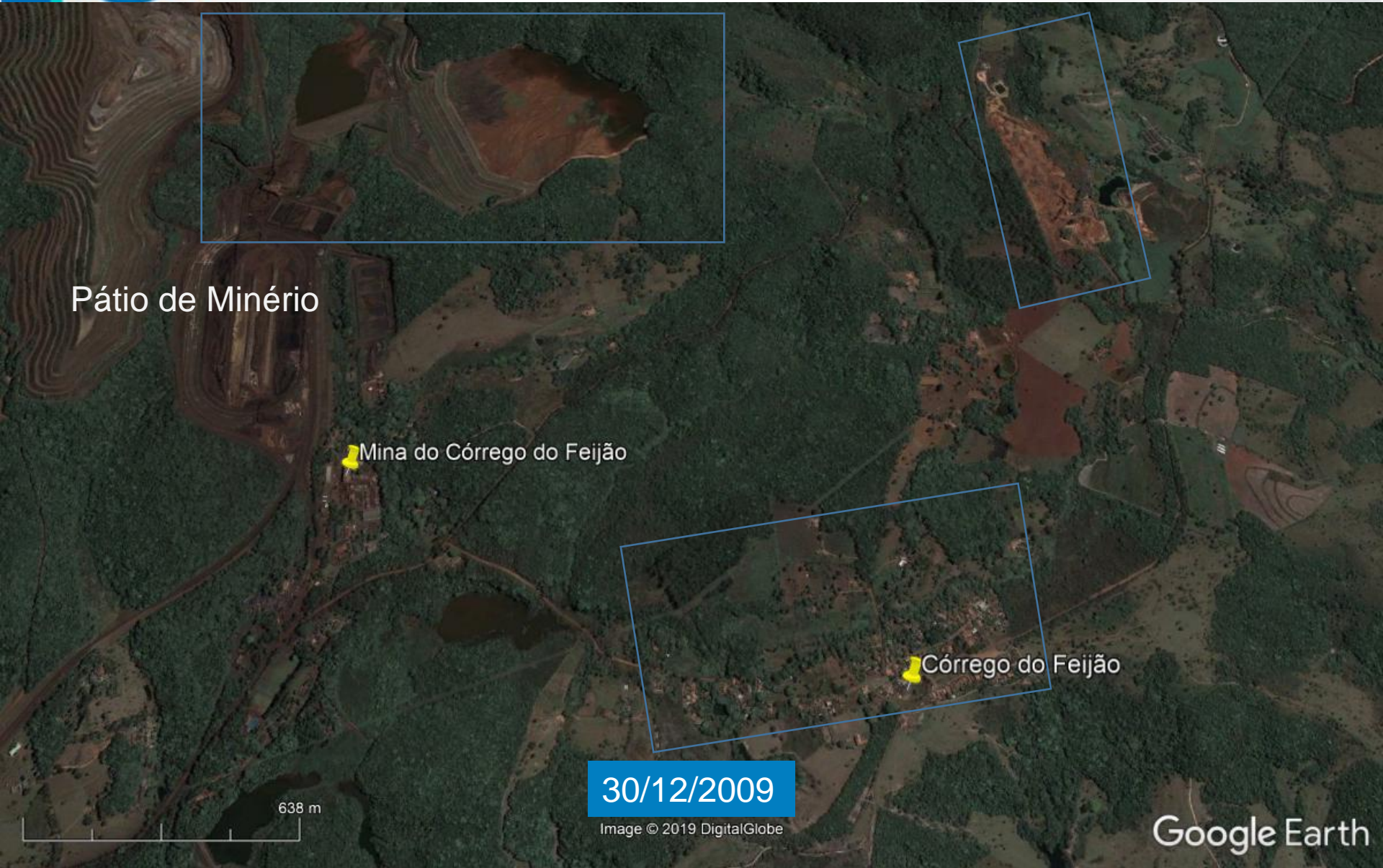




# Brumadinho – Minas Gerais

## Rompimento da Barragem de Rejeitos da Vale

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



Pátio de Minério

Mina do Córrego do Feijão

Córrego do Feijão

30/12/2009

Image © 2019 DigitalGlobe

Google Earth



Pátio de Minério

Mina do Córrego do Feijão

Córrego do Feijão

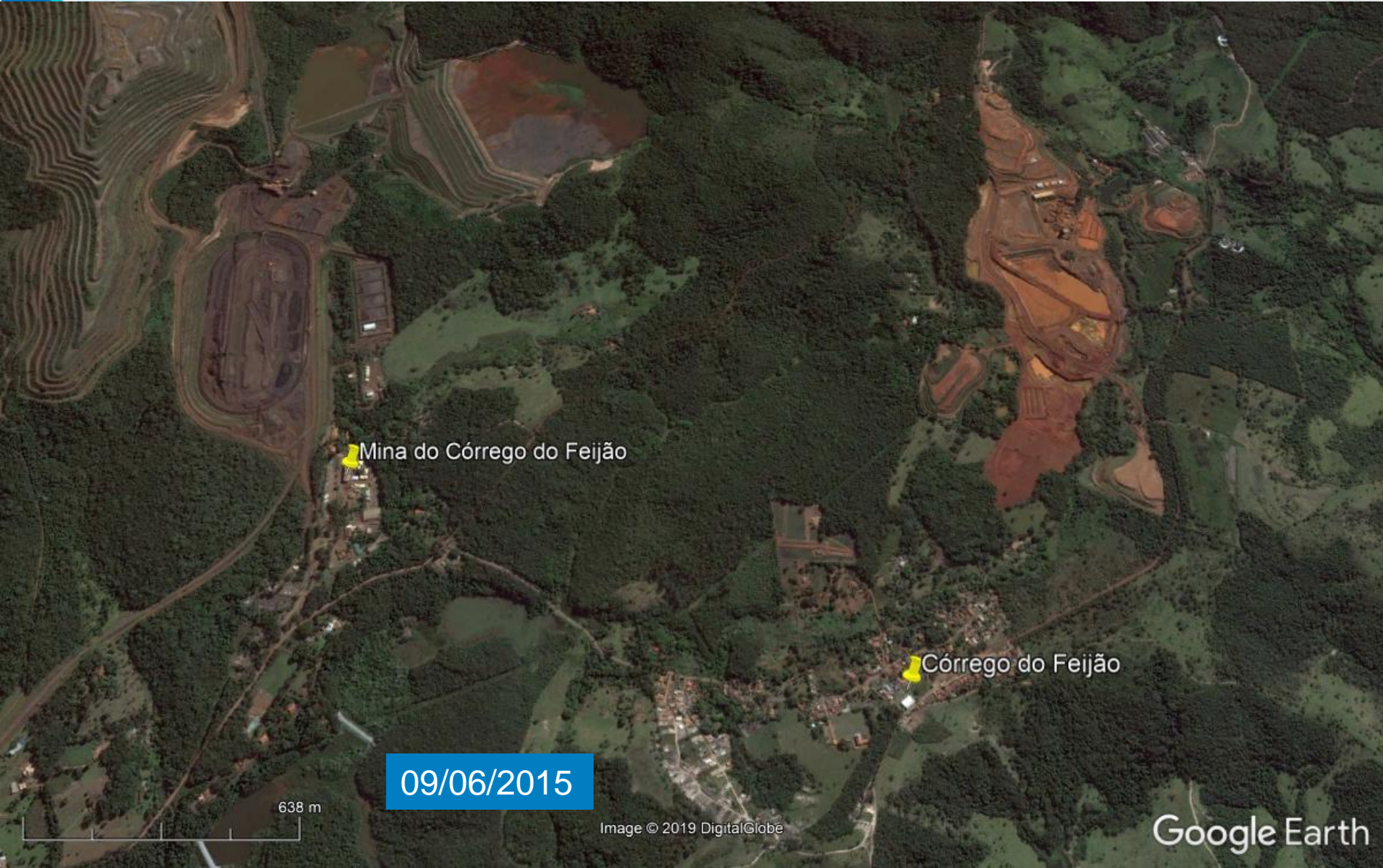
30/07/2011

638 m

Image © 2019 DigitalGlobe

Google Earth













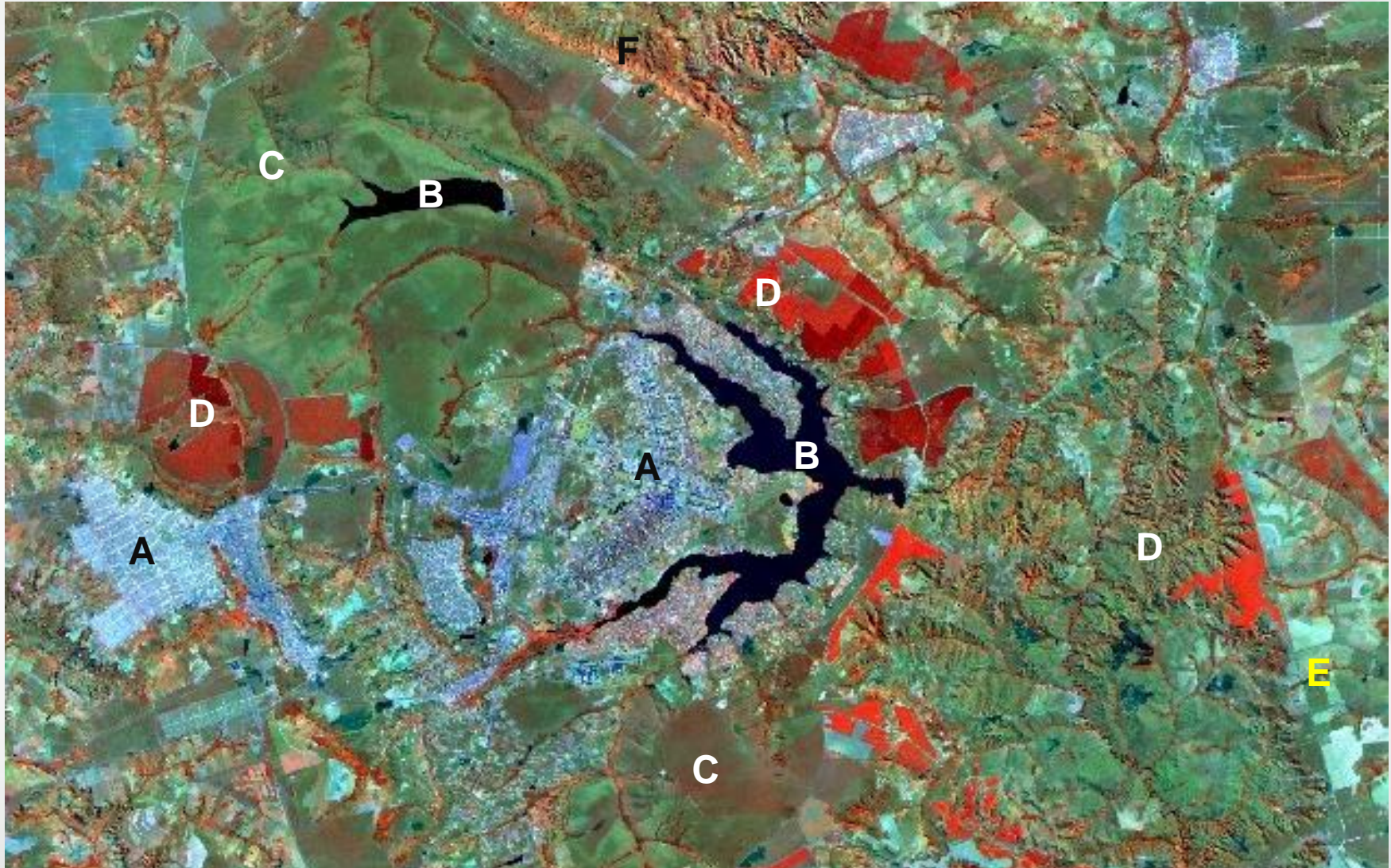
**imagens do satélite da SCON/Planet, cedidos pelo projeto MapBiomas**  
**Fonte: Folha de São Paulo**



# Interpretação visual de imagens

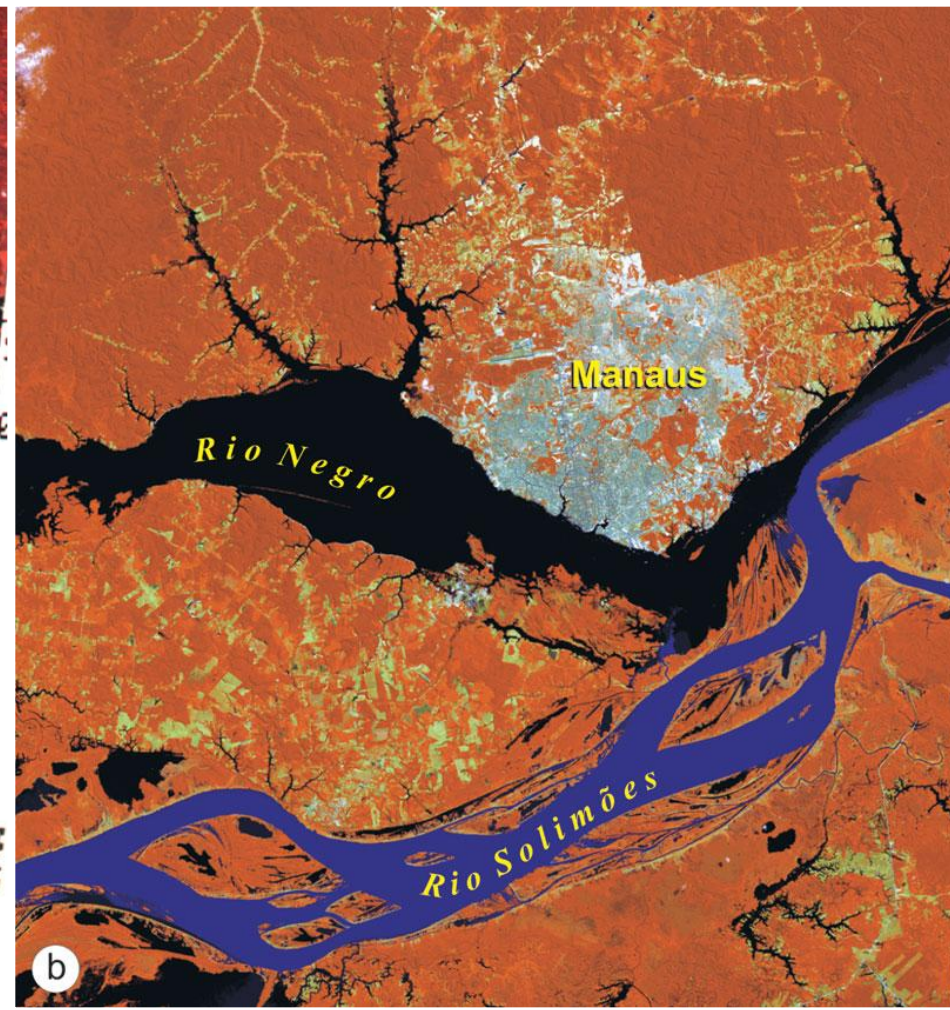
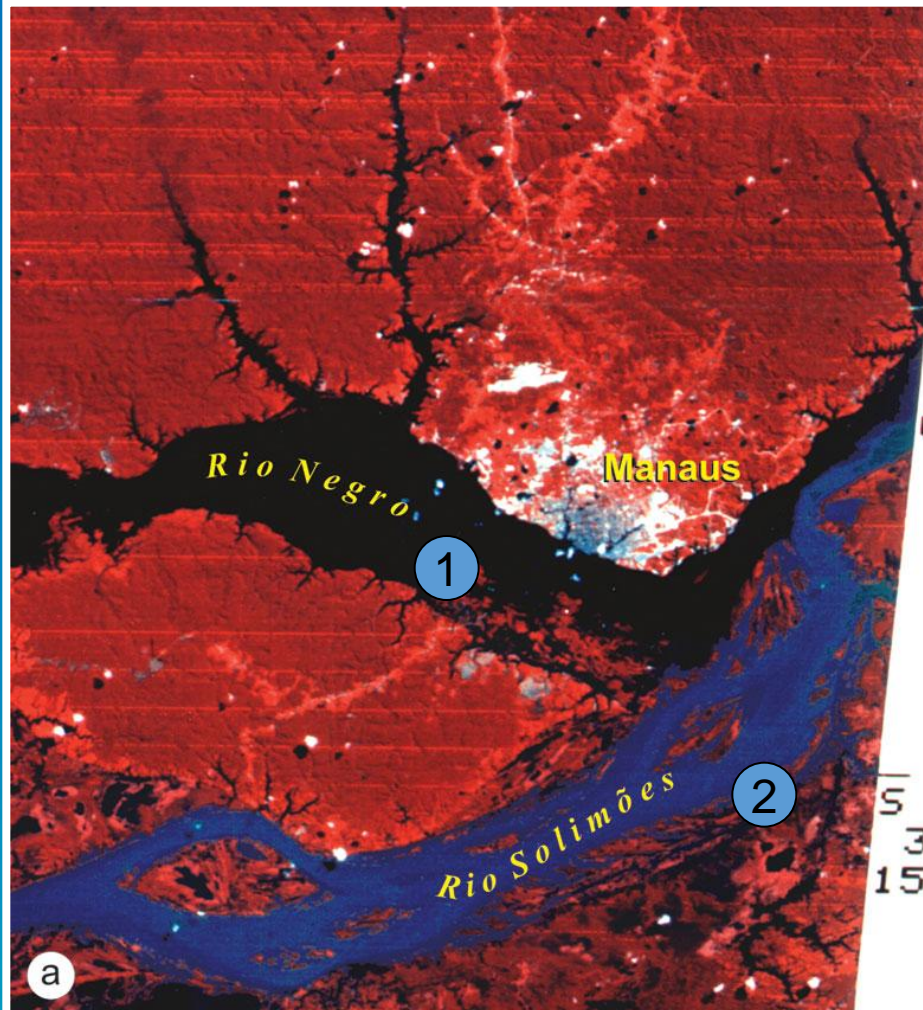
## Exercícios

área urbana e Piloto de Brasília;  
áreas agrícolas; lago; cerrado;  
reflorestamento; mata ciliar ou de galeria/drenagem





# Interprete as Imagens de Manaus – AM (Landsat de 1973 e 2001)



Fonte: Florenzano





**Ambientes  
Marítimos**



**Gerenciamento  
Emergencial**



**Monitoramento  
da Atmosfera**



**Aplicações**



**Segurança**



**Mudanças  
Climáticas**



**Monitoramento  
do Solo**



# Promove o desenvolvimento de benefícios sociais

Energia



Agricultura



Ecosistemas



Transporte



Saúde



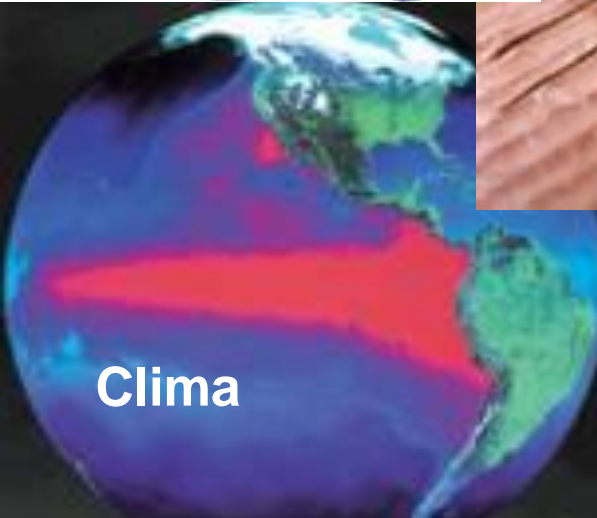
Lazer



Segurança



Clima



Desastres



Biodiversidade











**O GLOBO**

**Tragédia e descaso**

Mais um temporal do janeiro deixa 271 mortos na Região Serrana

**GAZETA DE ALAGOAS**

**RETRATO DA TRAGÉDIA**

**6 mortos e 70 mil desabrigados**

The political awakening of Taylor Swift *Exclusive inter*

A week in the life of the world | *Global edition*  
30 AUGUST 2021 | VOL. 201 No.12 | \$12

**The Guardian Weekly**

Blairitz breakdown  
The story of a wild G7 summit

**The burning of the Amazon.**

**The Washington Post**

Friday, August 21, 2021

**Biden puts electability first, like him or not**

Campaign's argument: Even with flaws, he's the best bet to beat Trump

BY MATT YOKER

PEOPLE, 2021 — Joe Biden, his wife and his entire campaign team have put an electability question at the center of their strategy. It's a strategy that has inspired concern among Democratic voters like Joe Biden, who is not his verbal misadventures.

While acknowledging that Biden is the party's best bet to win with him — and that he may not win — they are working to make the case that he is the Democratic best positioned to beat President Trump.

“I think Biden has done more in six weeks than any other president who is best capable of defeating this president than any other president I have to agree with the person of the party,” Biden said Wednesday in a speech multiple political opponents.

“The point of his electability is the point of his campaign.”

**Shadow falls over Trump's economy**

President's sudden shifts, aides' infighting, message chaos rattle markets, GDP

BY DANIEL PALATKA, RONALD COHEN, JIM DEWANEY AND PAUL RIVKIN

The White House admits another month that more internal forecasts showed that the economy could still struggle over the coming year, despite hopes of a recovery that could begin to take hold in the second half of 2021.

The global economy, one of several indicators that have been downgraded by the International Monetary Fund, is expected to be in a recession in 2022.

From the side view of a boat, the Amazon is a vast, green expanse of water.

**jornal do commercio**

**Drama se repete**

**CIDADE**

**baixo nível de oxigênio matou peixes**

baixos níveis de oxigênio e a concentração de poluentes, aponta a Cetesb

**As Amazon burns, Bolsonaro takes swipes**

**ÉPOCA**

EDIÇÃO VERDE

**O BRASIL PEDE ÁGUA**

**NO PLANALTO**  
O poder e a influência do ex-diretor da Petrobras preso pela polícia

**DIETA DA PRINCESA**  
“O açúcar é o vilão”, diz o criador do regime do Kate Middleton

A SUCESSÃO DE ERROS QUE GEROU A CRISE DE ENERGIA E AMEAÇA FECHAR NOSSAS TORNEIRAS

FOMOS AO TAPAJÓIS VER A REVOLTA DOS ÍNDIOS MUNDURUCUS CONTRA AS NOVAS HIDRELÉTRICAS

POR QUE A OPÇÃO PELAS USINAS TÉRMICAS CUSTOU CARO E NOS TORNOU MAIS POLUIDORES

**em discussão**

**ESCARSEZ DE ÁGUA**

**Cada gota é preciosa**

Falta de chuva evidencia insegurança hídrica no país. Senado analisa soluções

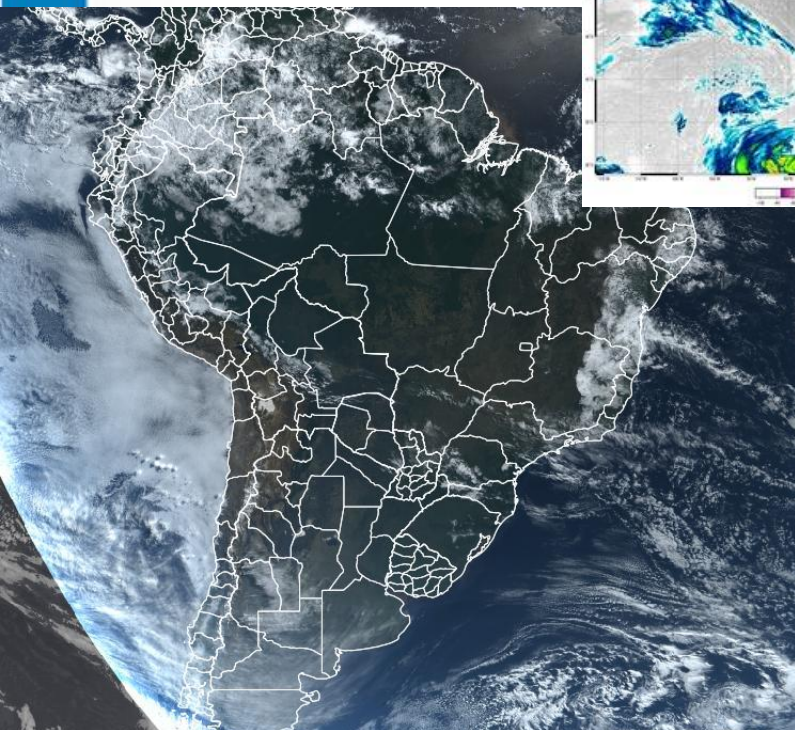
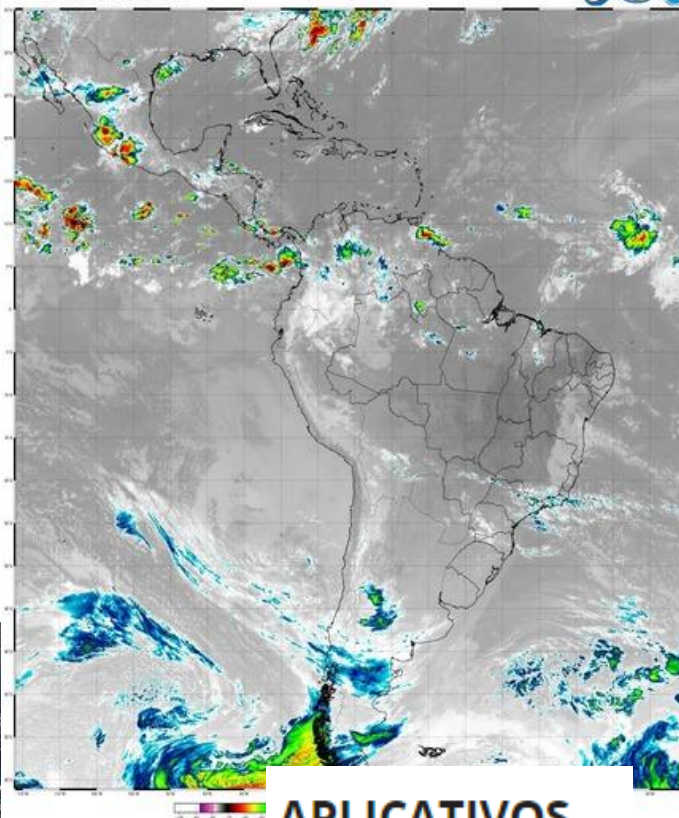
LEIA TAMBÉM

Expansão da banda larga espera mais recursos  
Reforma política e prioridade na pauta de 2015

**Área queimada no Pantanal em 2020 foi 5 vezes maior que a média**

**Fumaça de queimadas florestais aumenta o risco de contrair COVID-19, diz**





## APLICATIVOS



CPTEC  
Previsão de Tempo



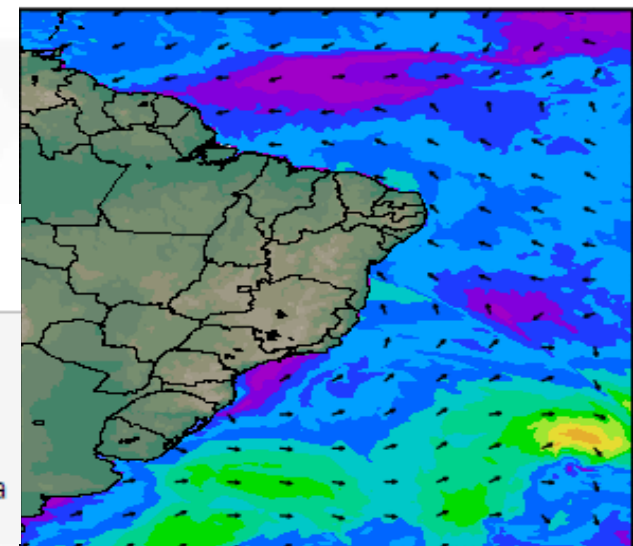
MapSAT



SOS Chuva

Vento

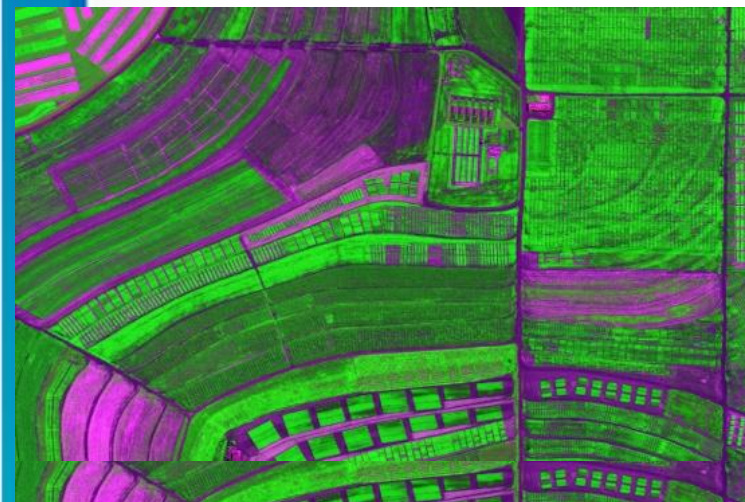
00Z do dia 21/07/2021





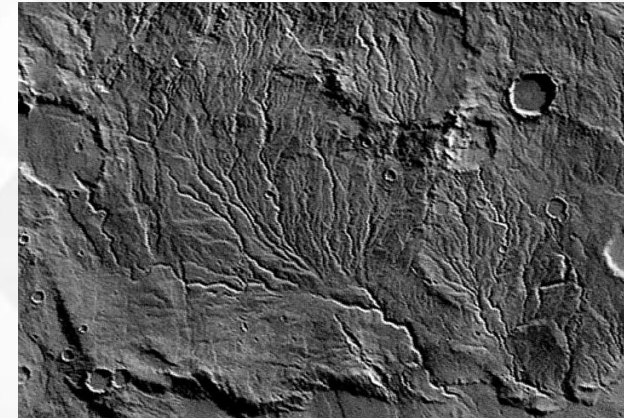
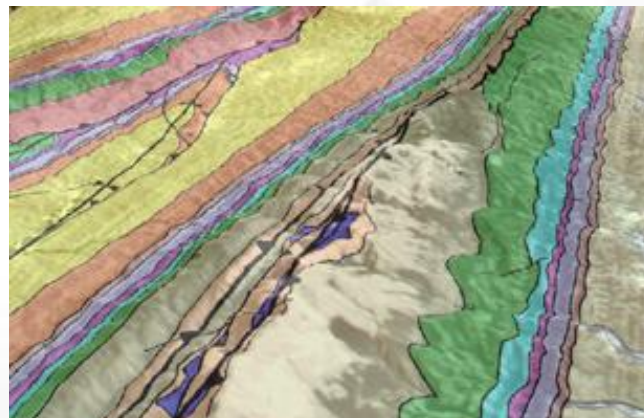
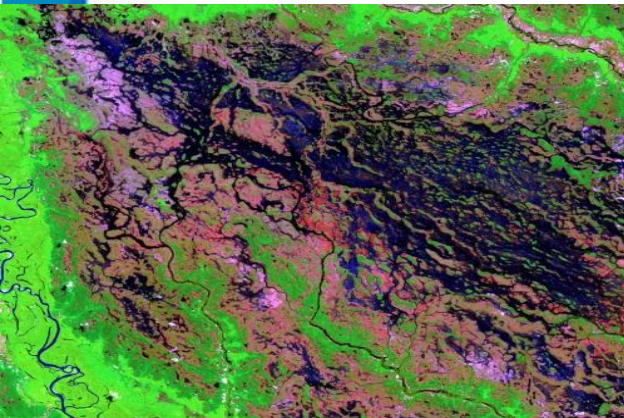
➤ Estimativa:

- área plantada com culturas agrícolas;
  - balanço de energia e de carbono;
  - produtividade de culturas agrícolas por meio de modelagem agrometeorológica;
- Experimentação agrônômica para o estabelecimento de relações entre variáveis espectrais e parâmetros biofísico.



# Sensoriamento Remoto Aplicado à Geologia

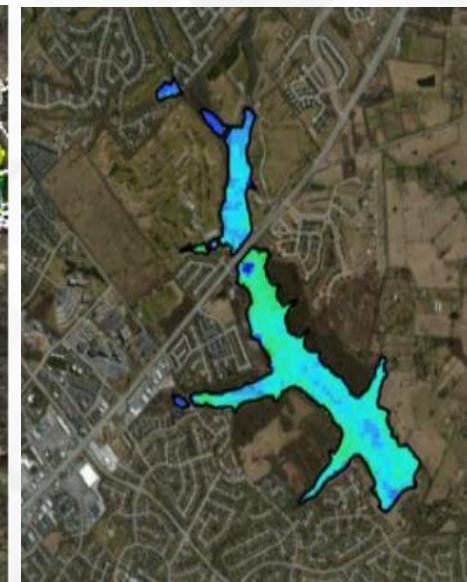
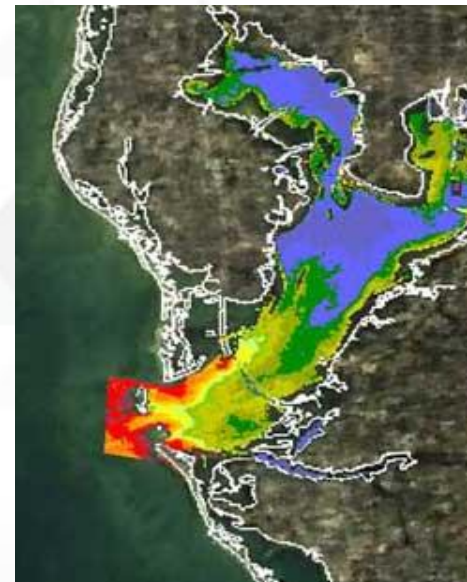
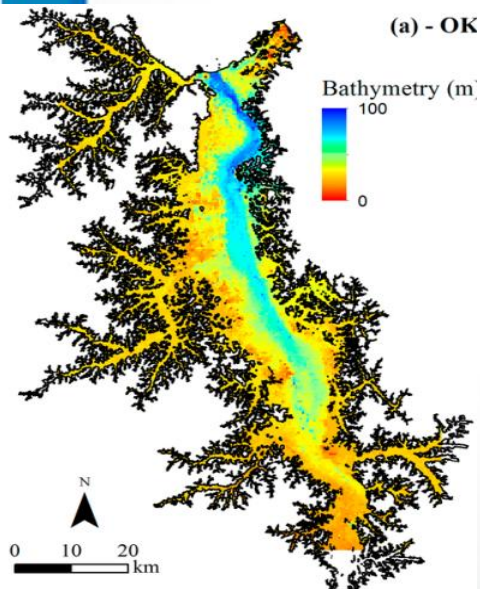
- Discriminação multi-espectral e hiper-espectral de alvos geológicos;
- Fotogeologia com imagens orbitais;
- Tecnologia de GIS em aplicações geológicas;
- Sensoriamento remoto por radar em geologia;
- Reconstituição da paisagem em ambientes de cobertura sedimentar no tempo e espaço.





# Sensoriamento Remoto Aplicado à Processos da Hidrosfera

- Processos Oceânicos e Costeiros;
- Ecossistemas Marinhos;
- Monitoramento Ambiental dos Sistemas Aquáticos.



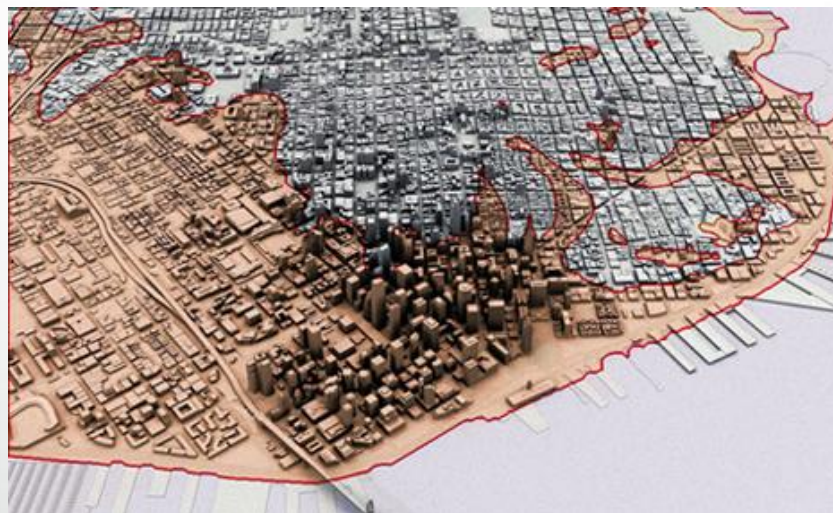
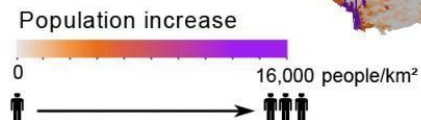
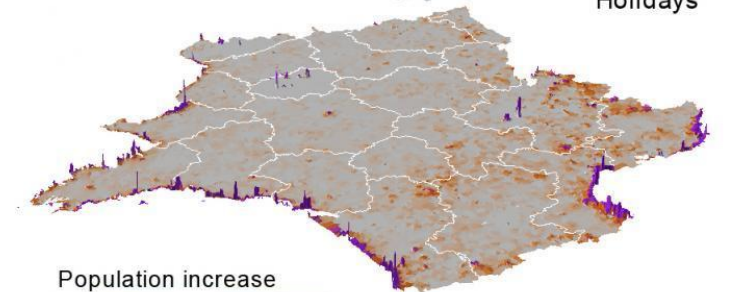
- Mudanças de Uso da Terra;
- Estudos Urbanos;
- Saúde Pública;
- Modelagem Ambiental;
- Estatística Espacial.



Working periods



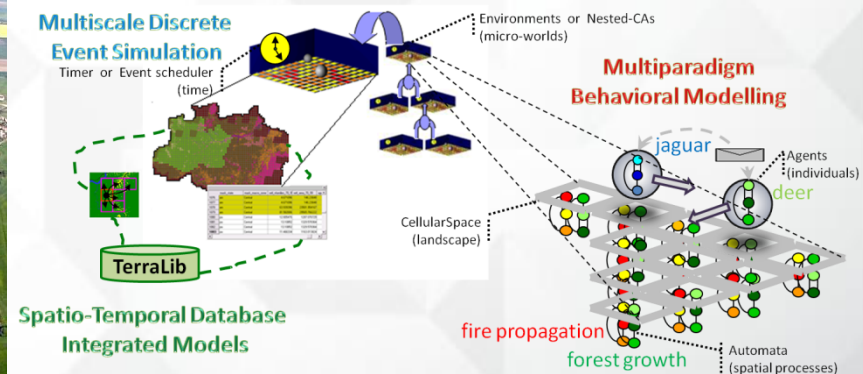
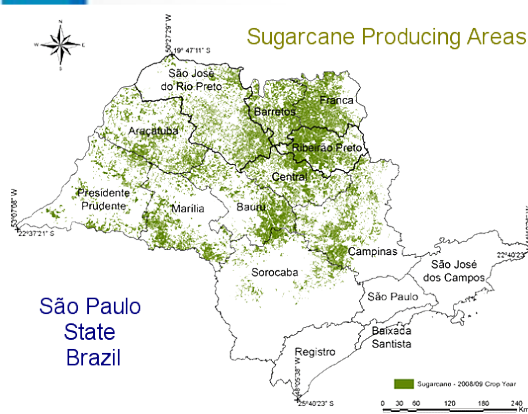
Holidays





# Sensoriamento Remoto Aplicado à Ecossistemas Terrestres

- Classificação e Monitoramento;
- Dinâmica do uso da terra;
- Modelagem de processos.



- Propriedades Espectrais de Culturas Agrícolas e Solos, por Radiometria e Modelagem;
- Caracterização Espectral da Vegetação;
- Detecção e Avaliação de Queima de Biomassa e sua Emissão de Gases do Efeito Estufa;
- Detecção da Radiação e Caracterização de sua Interação com a Atmosfera;
- Sensoriamento Remoto Hiperespectral.

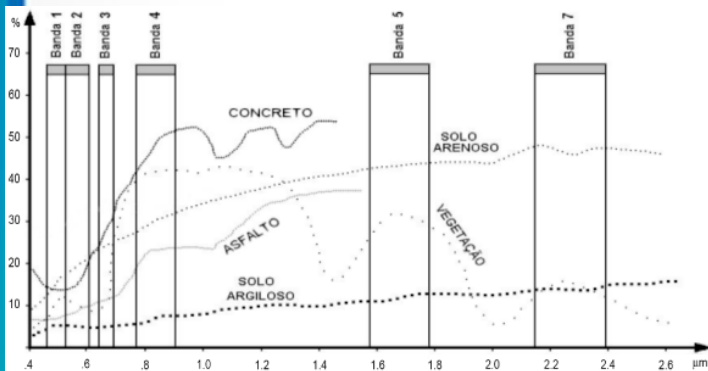
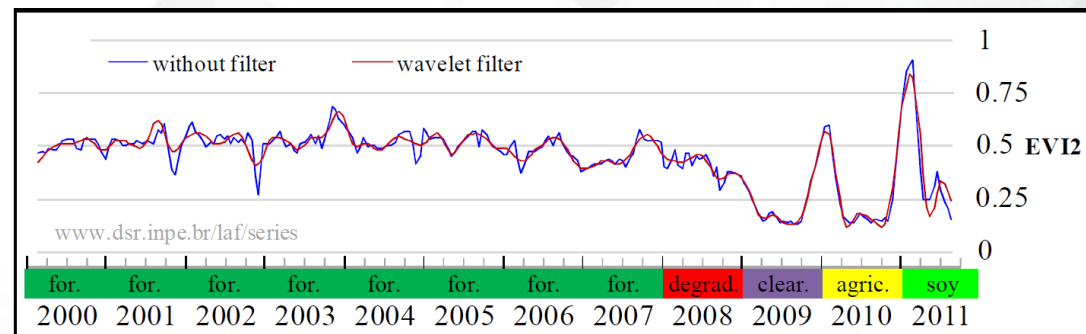
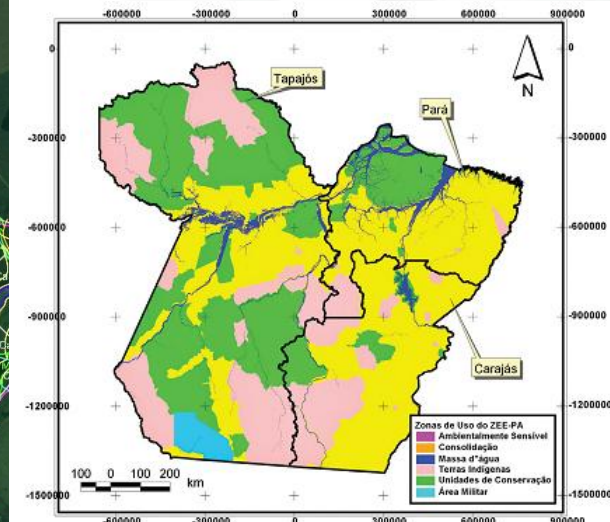
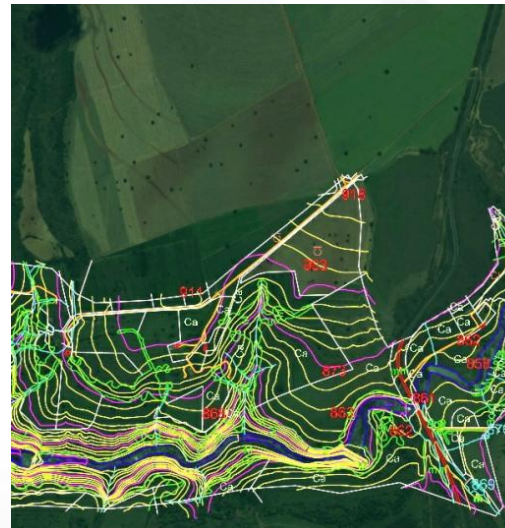


Figura 3. Bandas do TM e comportamento espectral de alguns objetos. Fonte: adaptada de Bowker (1985).



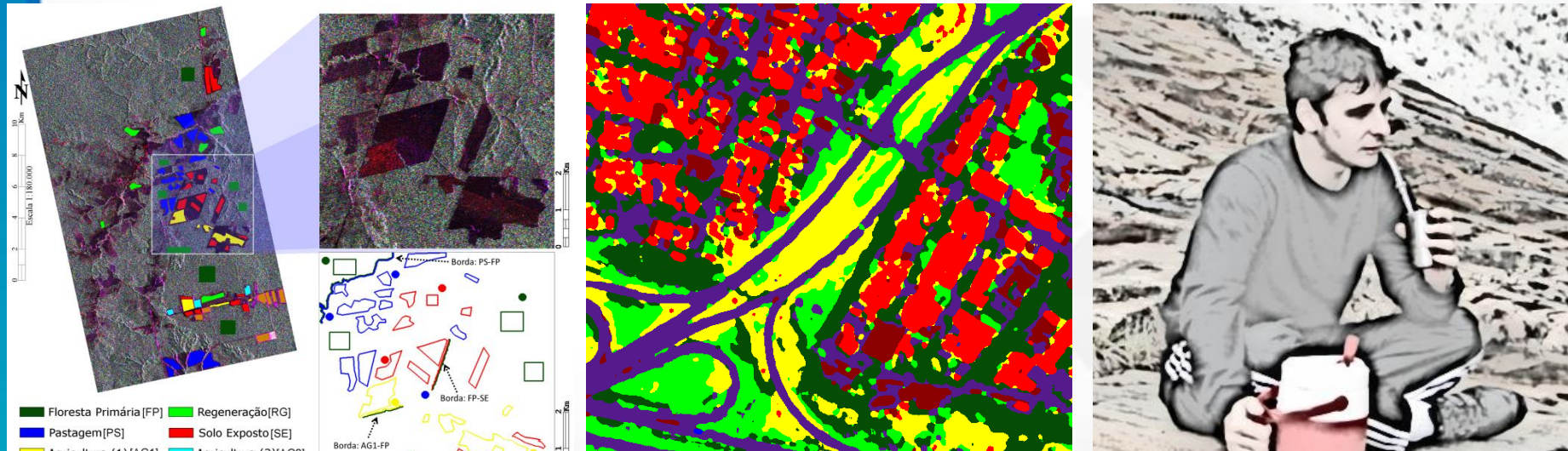


- Geoinformação para Gestão Municipal;
- Gestão Ambiental;
- Zoneamento Ecológico-Econômico.



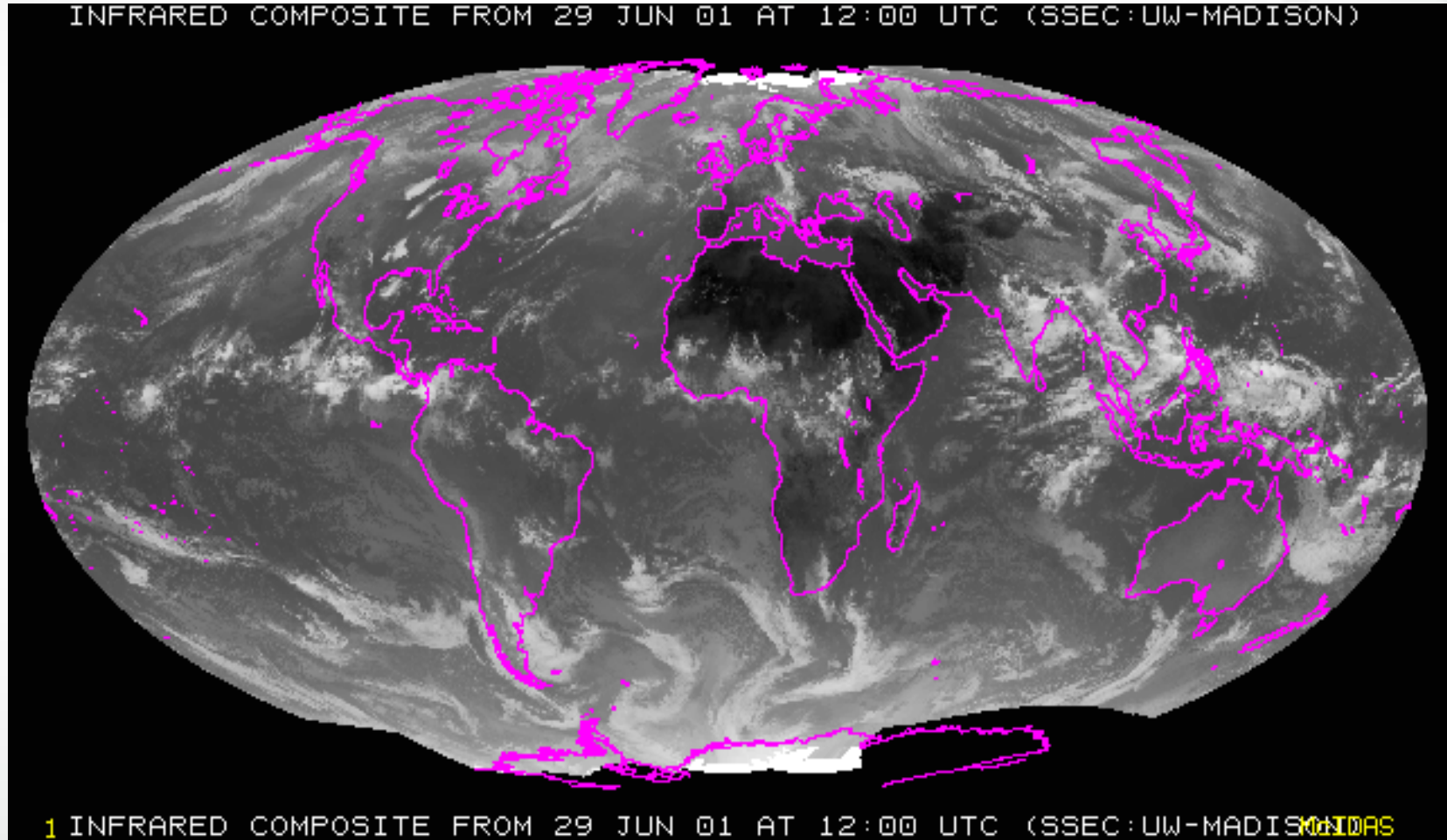
# Processamento de Imagens

- Processamento e Análise de Imagens Ópticas e Novos Sensores;
- Processamento e Análise de Imagens de Radar;
- Morfologia Matemática.

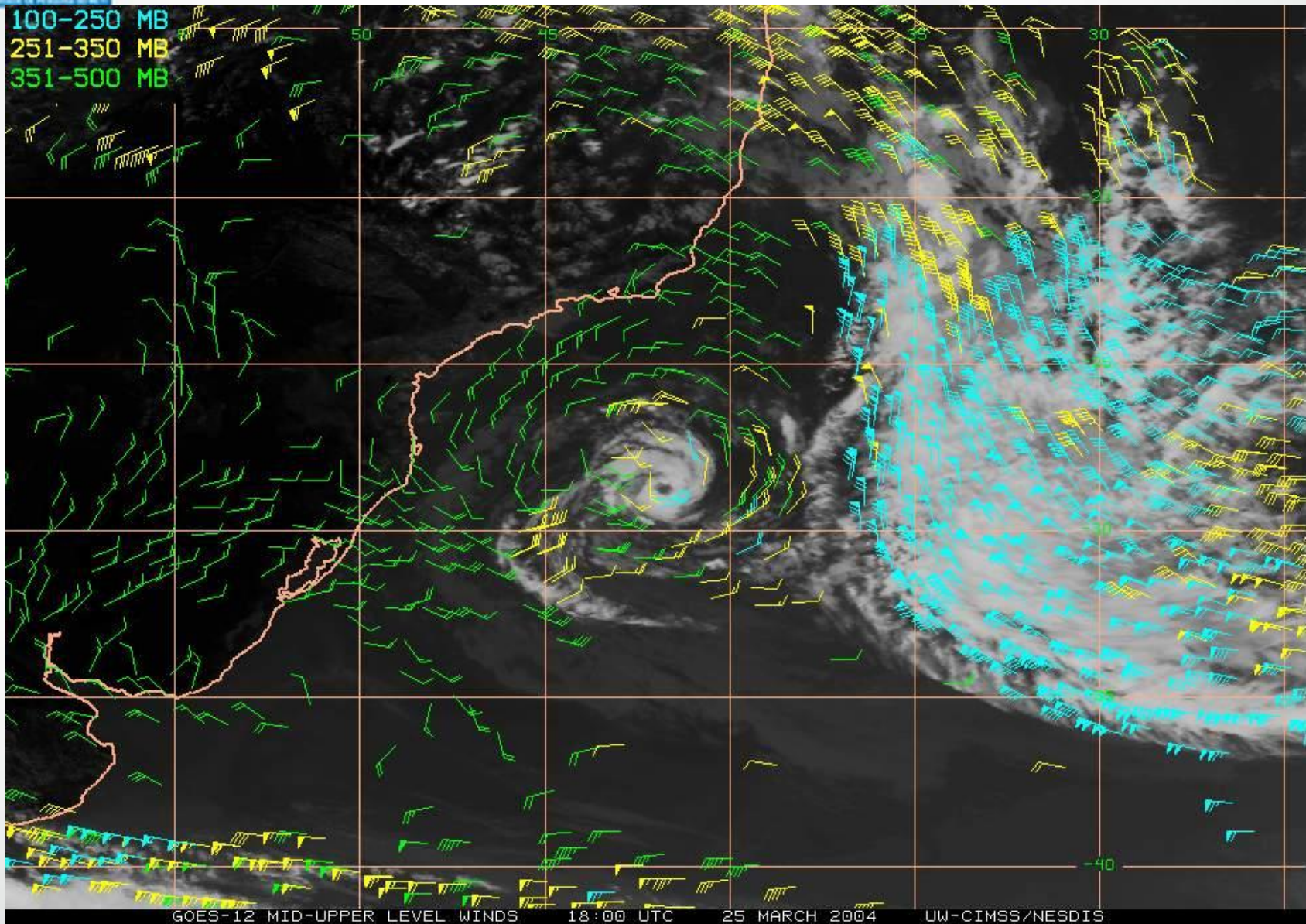




# Mosaico das Imagens dos Satélites Geoestacionários

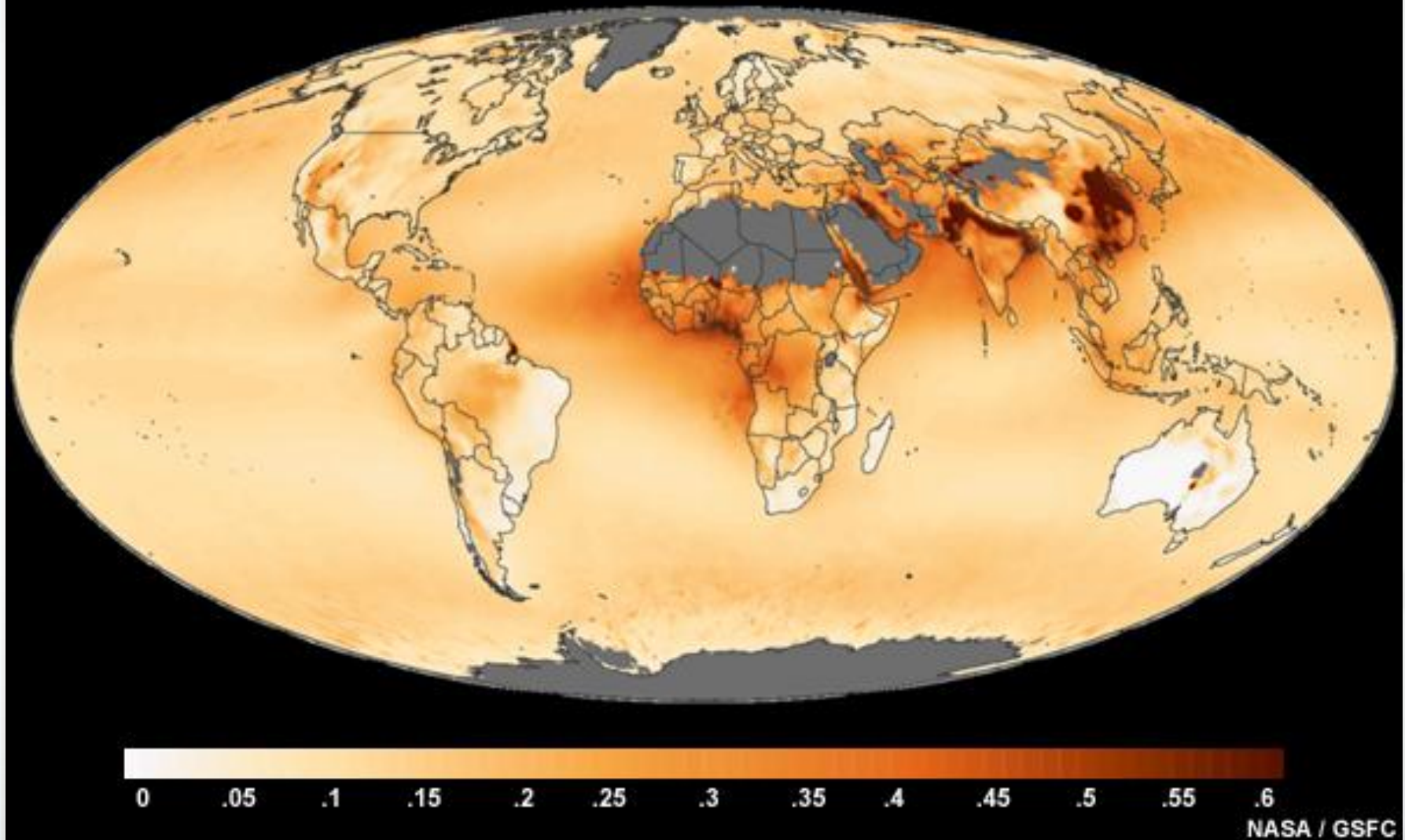


# Estimativa de Vento

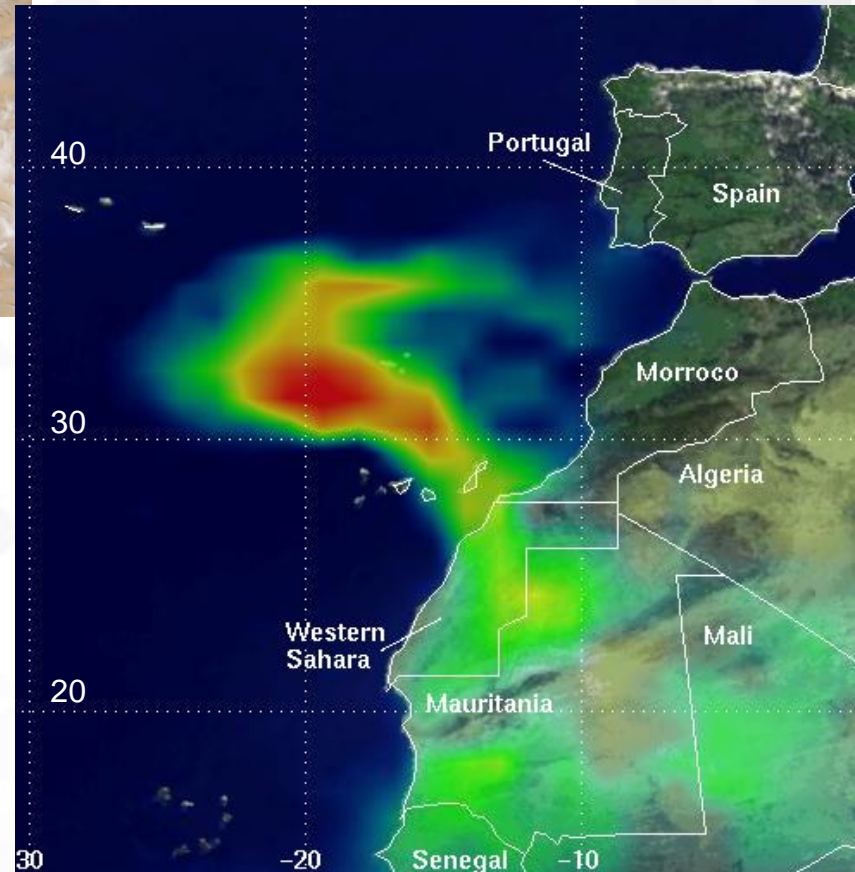
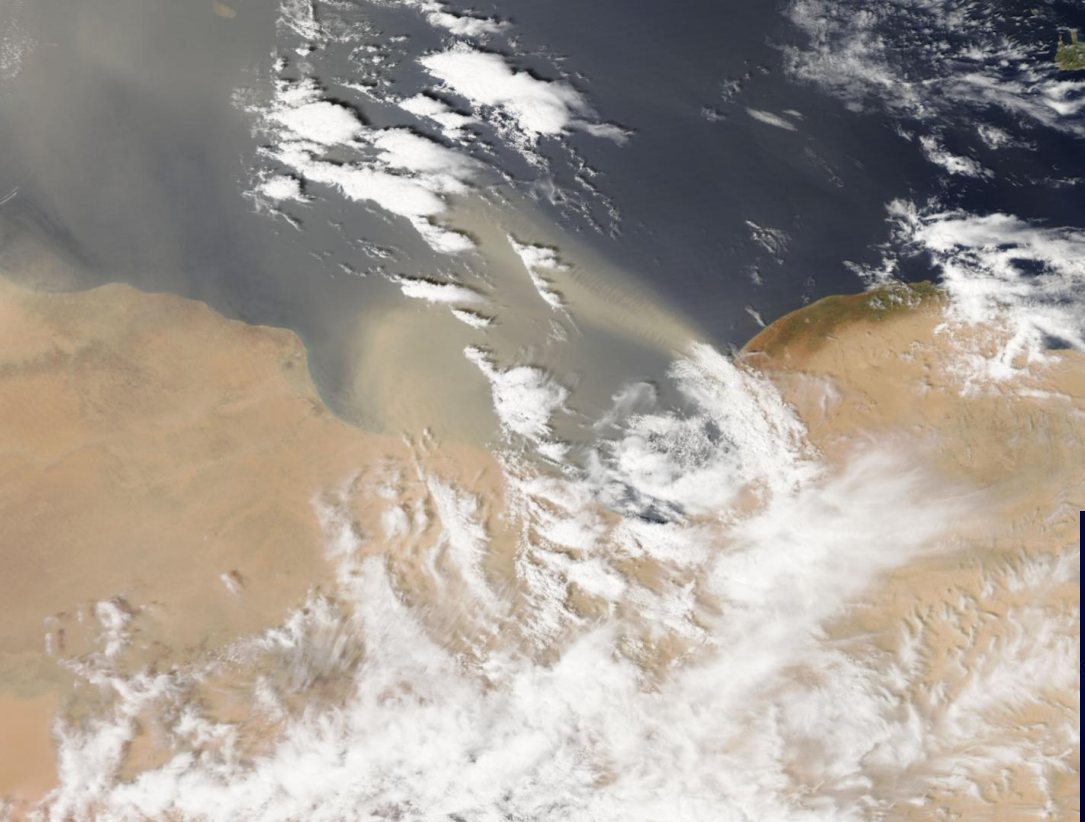




Modis Terra Aerosol Optical Depth at 550nm Averaged From Jan 2005 to Jan 2010



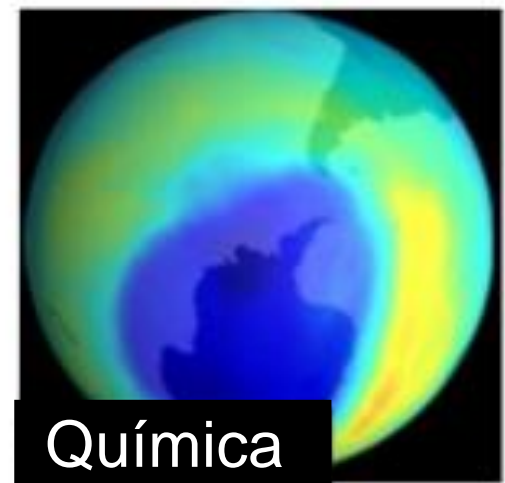
# Aerossóis





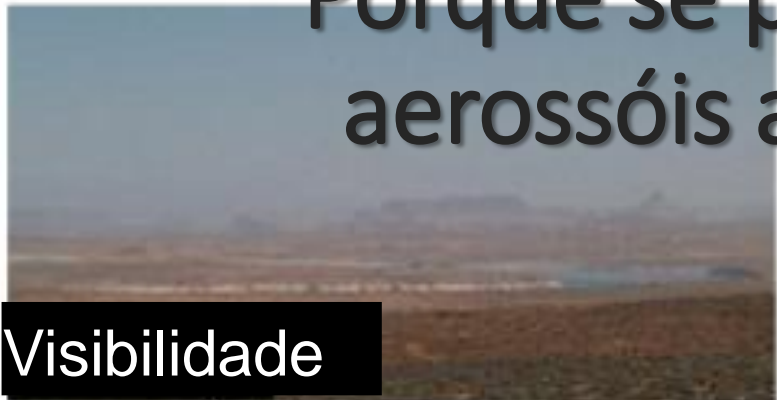


Saúde Pública

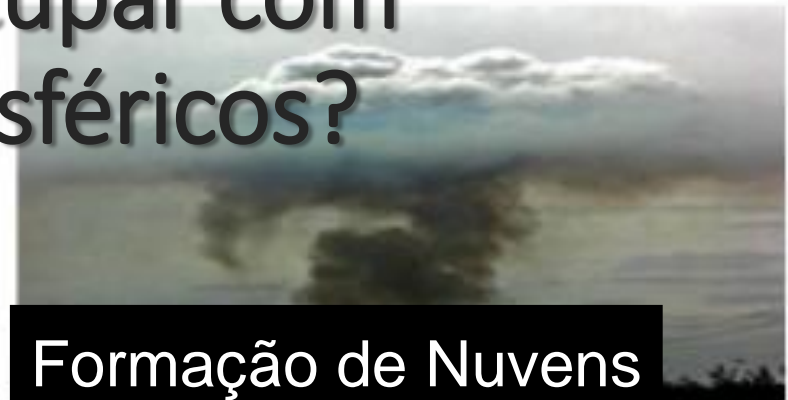


Química

# Porque se preocupar com aerossóis atmosféricos?



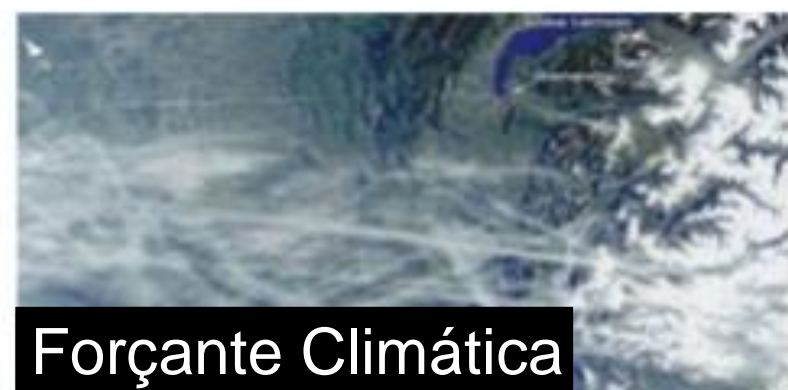
Visibilidade



Formação de Nuvens



Fertilização Oceânica



Forçante Climática

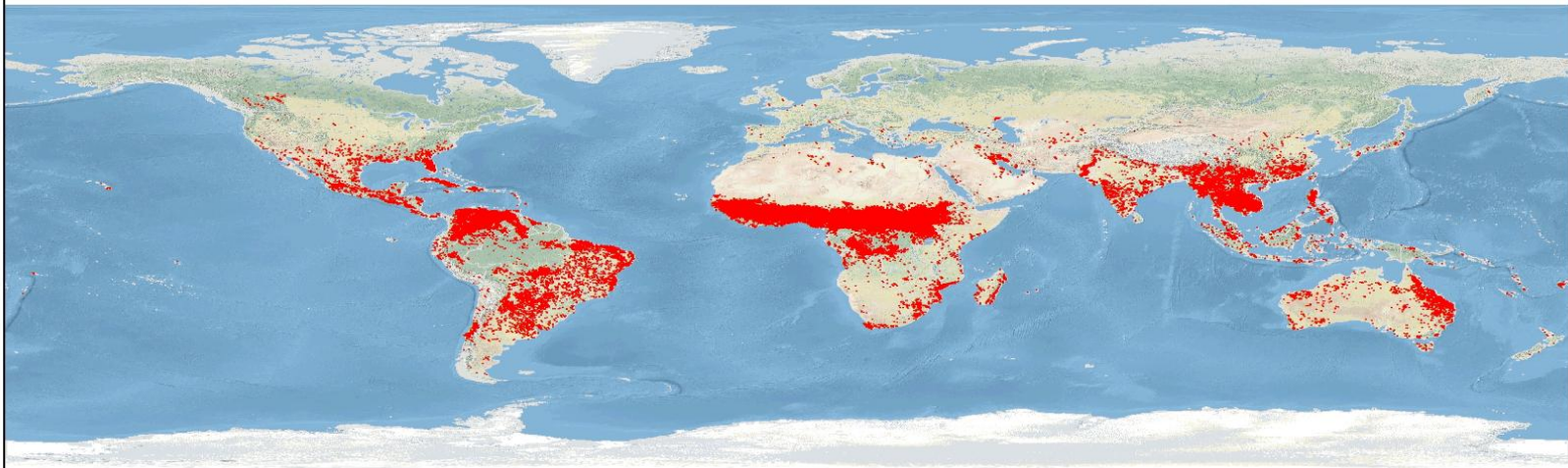
# Estudo de Queima de Biomassa

- Distribuição espacial e temporal dos focos de calor
- Estimativa da área queimada
- Estimativa da biomassa queimada e emissões
- Severidade do fogo
- Risco de fogo





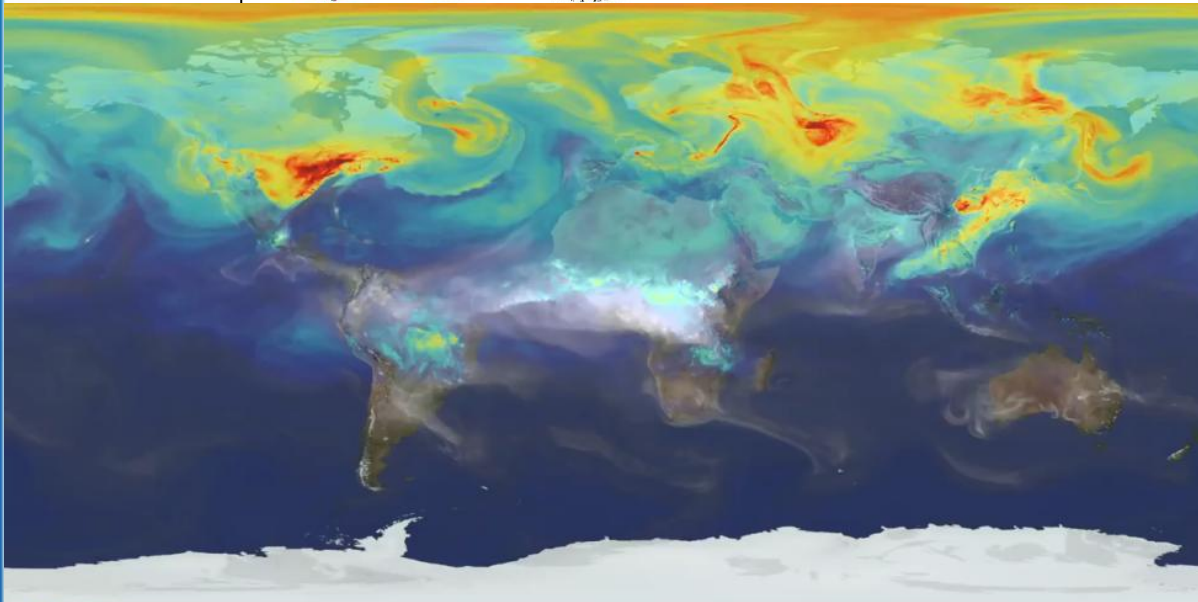
### 2010 MODIS Active Fire Detections



January February March April May June July August September October November December



Active fires, shown in red, are detected using MODIS data from the Terra and Aqua Satellites.  
Source: Fire Information for Resource Management System (FIRMS)  
<http://maps.geog.umd.edu/firms/>;  
MODIS Rapid Response System  
<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/>; and MODAPS



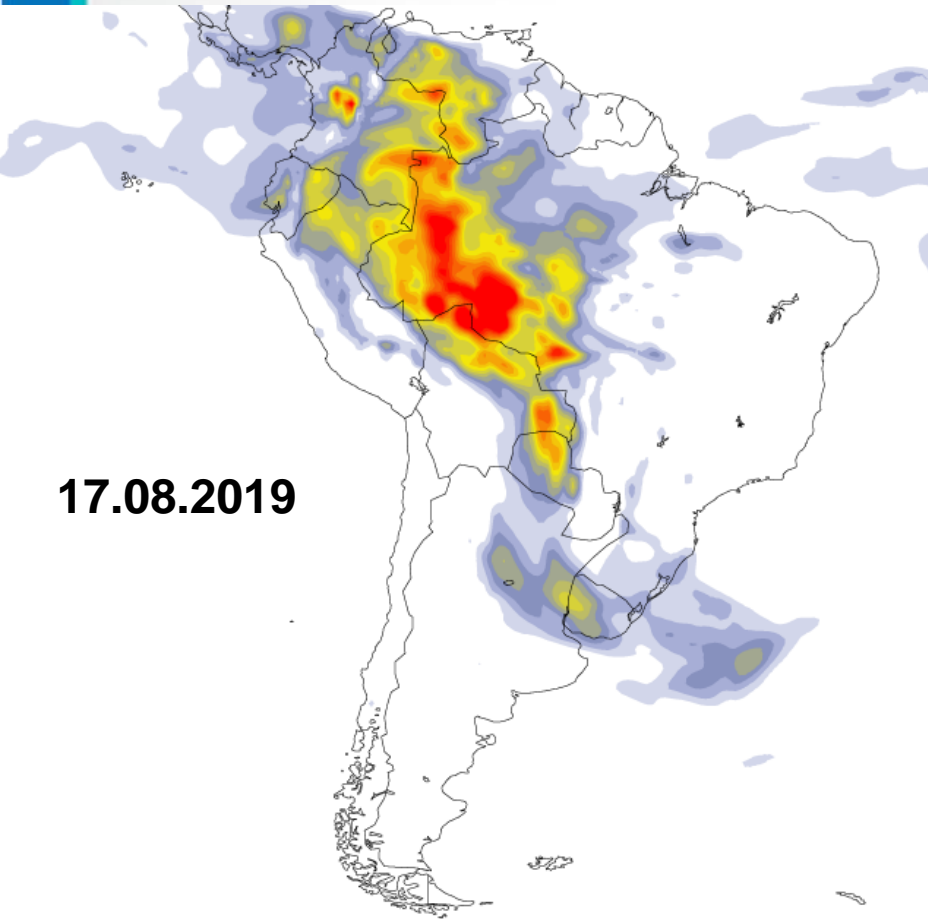
**Emissões globais de CO<sub>2</sub>  
em 2006.  
Fonte: NASA (2015)**

 **2006 / 01 / 01**  
Global Modeling and Assimilation Office

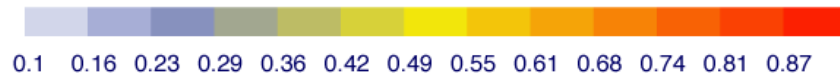


# Concentração de aerossóis produzidos pela queima de biomassa

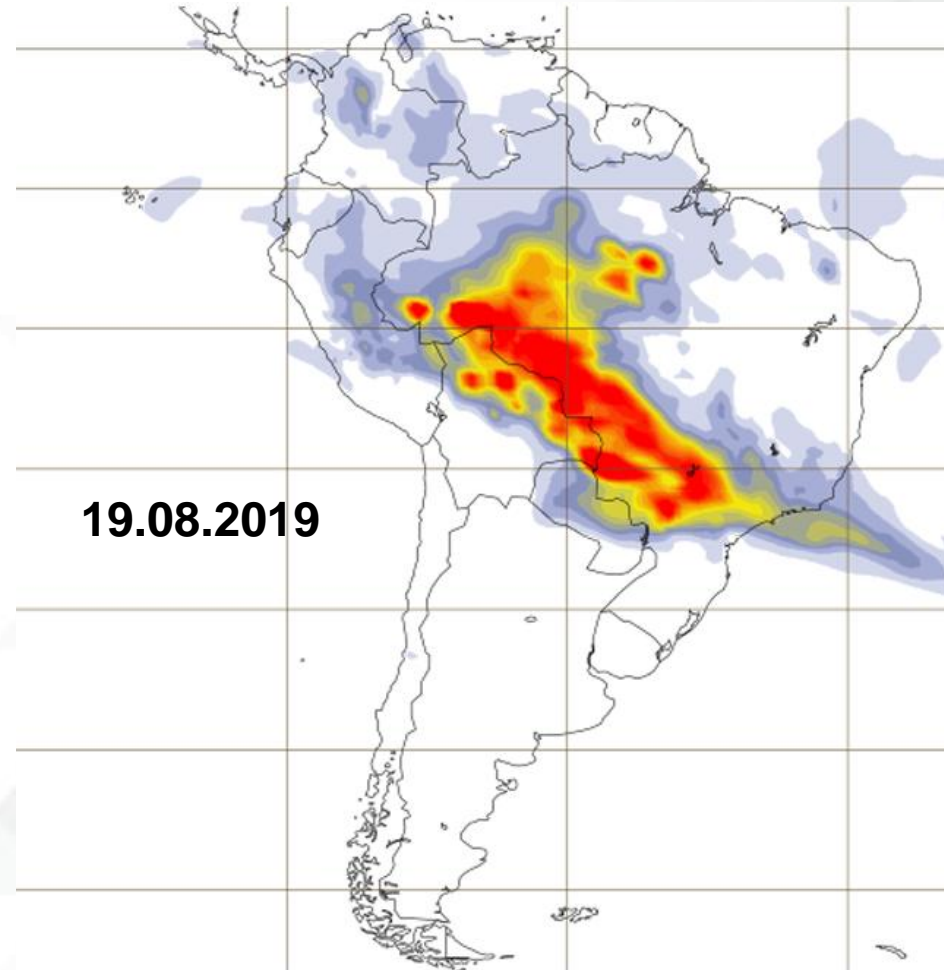
17.08.2019



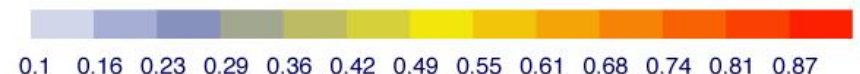
Profundidade óptica de aerossóis produzidos pela queima de biomassa em 500 nm



19.08.2019

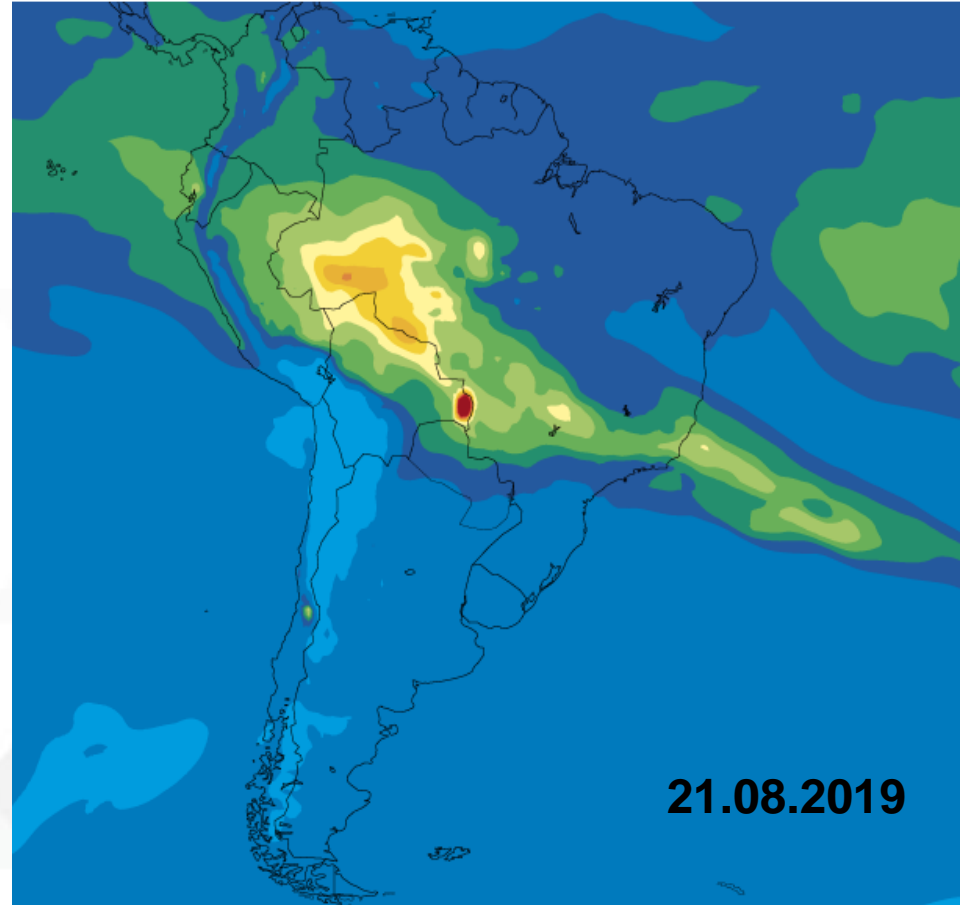
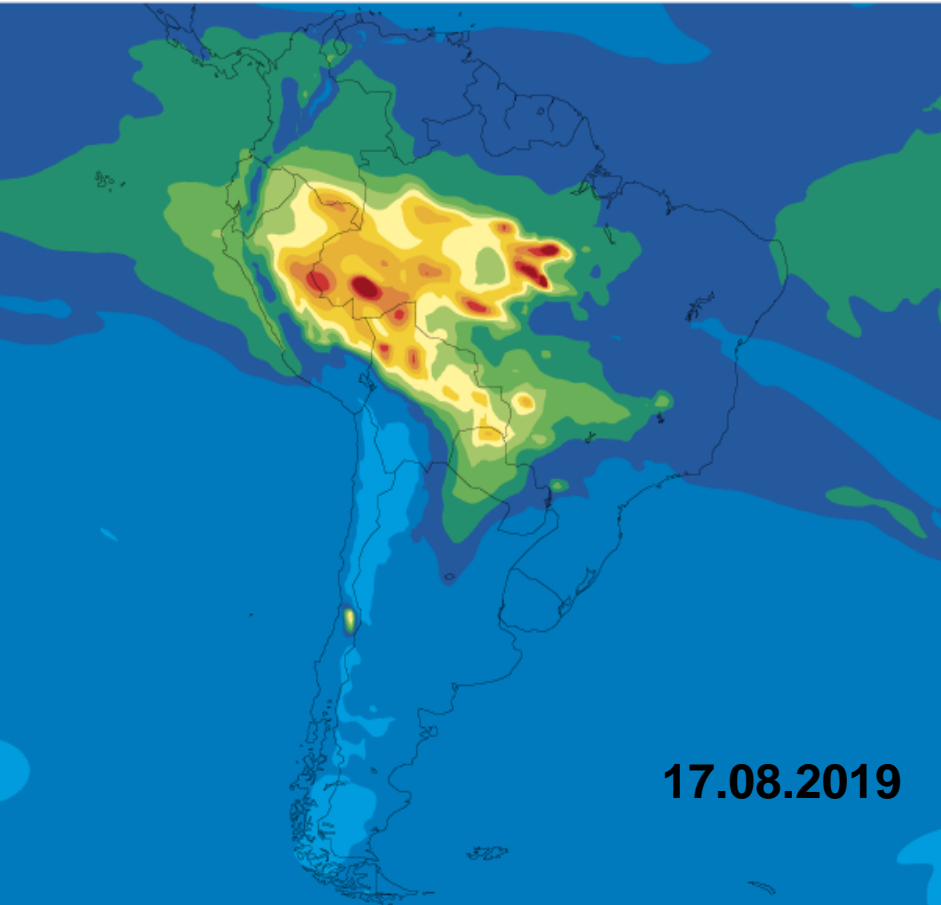


Profundidade óptica de aerossóis produzidos pela queima de biomassa em 500 nm





# Emissões estimadas de monóxido de carbono



Coluna total de monóxido de carbono ( $10^{18}$  moléculas/cm<sup>2</sup>)

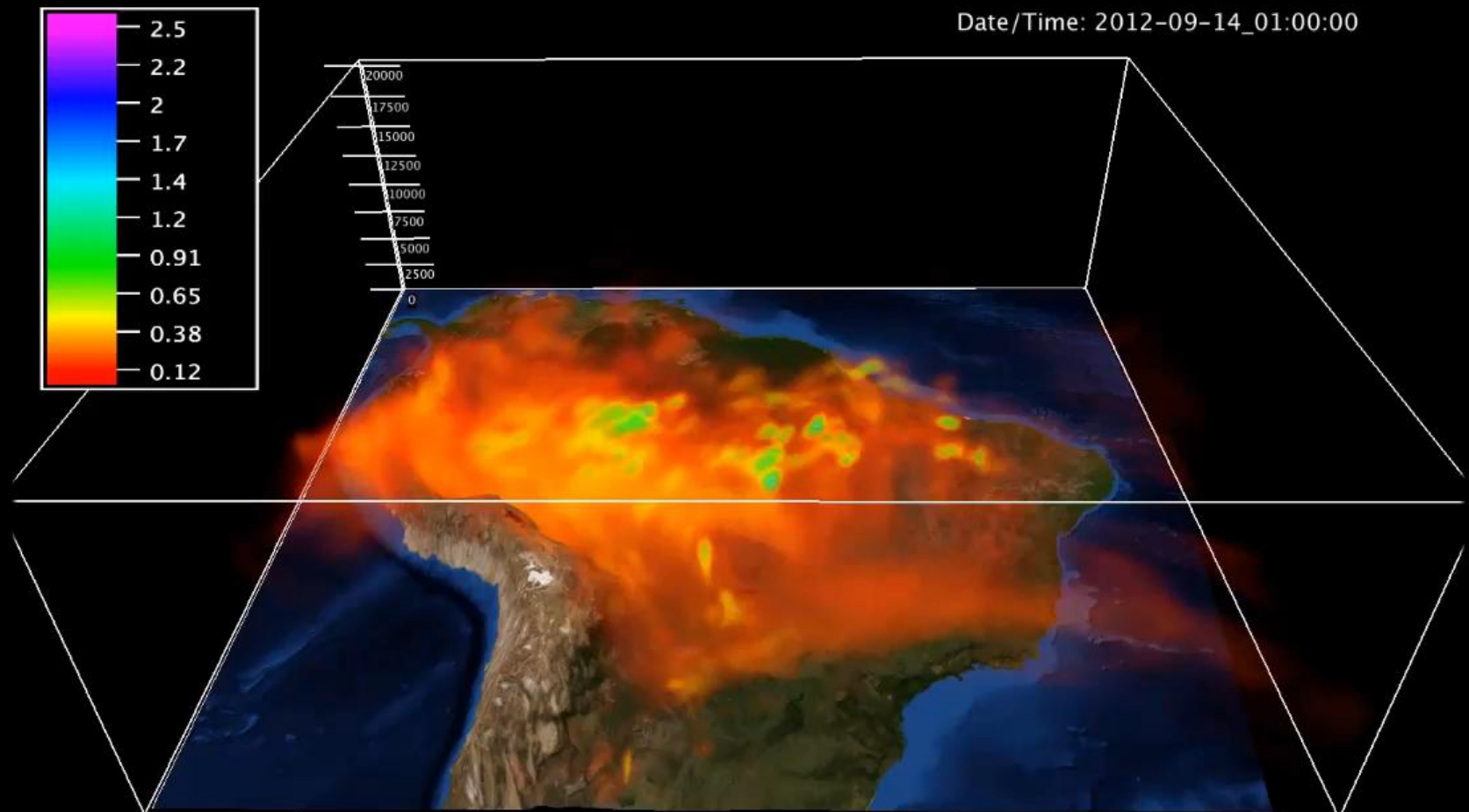
0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 10

Coluna total de monóxido de carbono ( $10^{18}$  moléculas/cm<sup>2</sup>)

0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 10

*Inclusão dos processos radiativos derivados da queima de biomassa (GRELL et al. 2011)*

Permite verificar o impacto das emissões sobre as variáveis meteorológicas

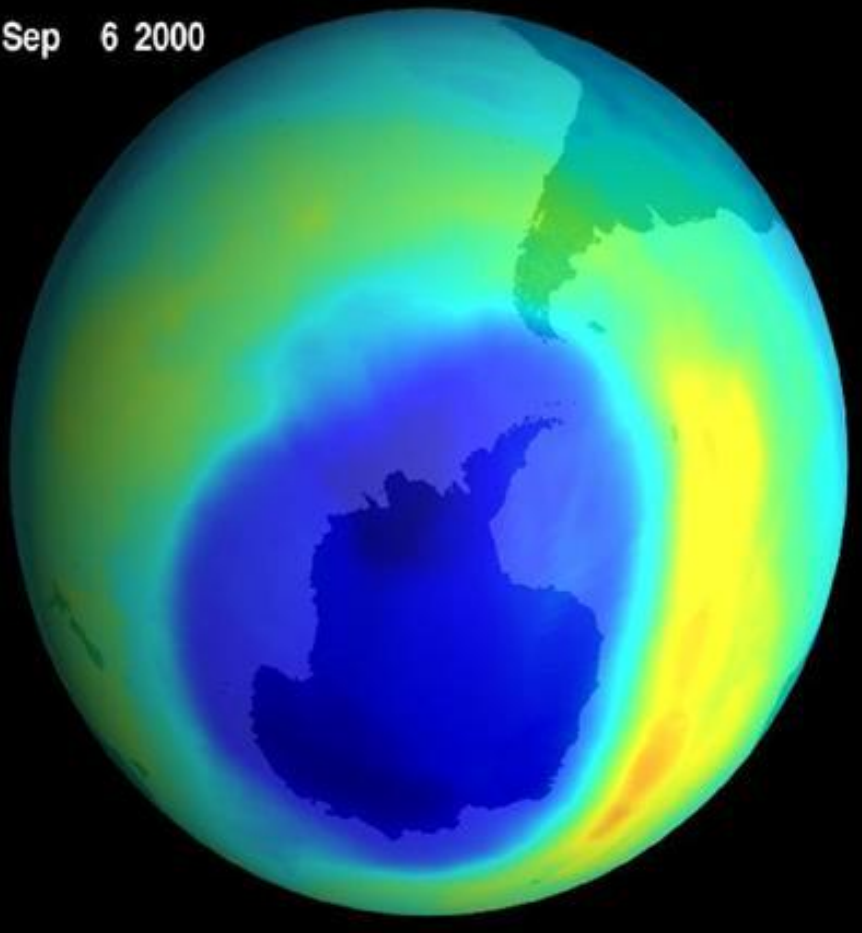


**Simulação da previsão do CO (ppm) emitido executada no WRF-Chem**

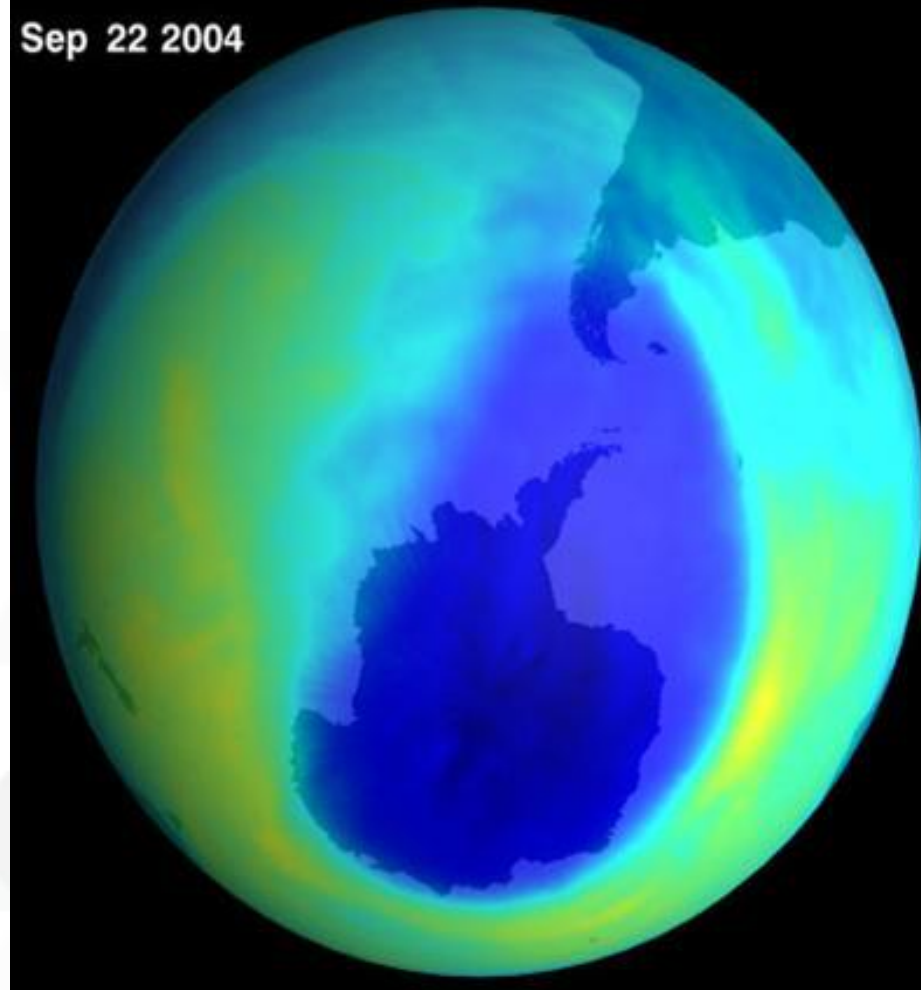




Sep 6 2000

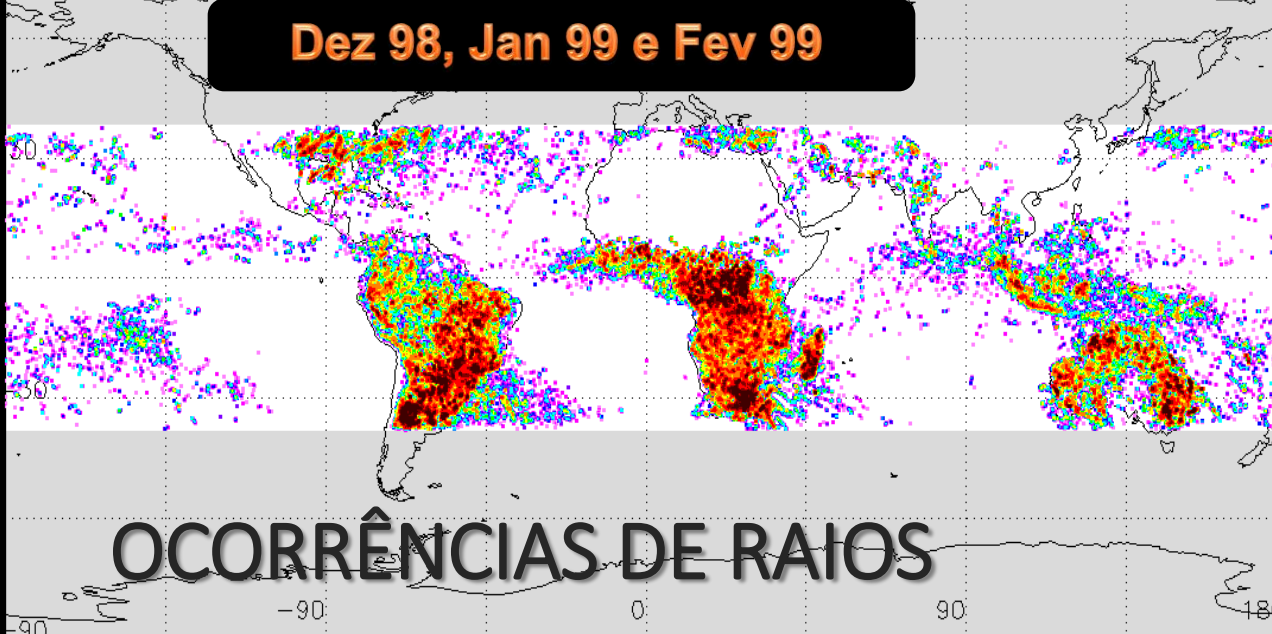


Sep 22 2004





**Dez 98, Jan 99 e Fev 99**

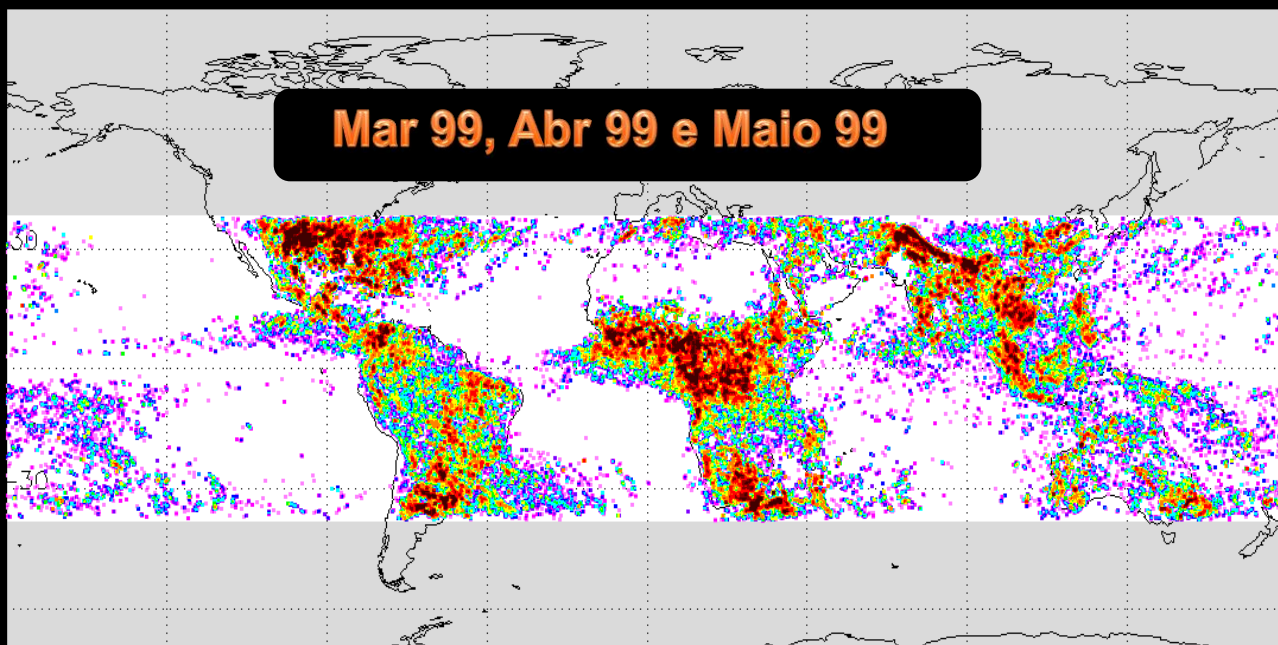


# OCORRÊNCIAS DE RAIOS

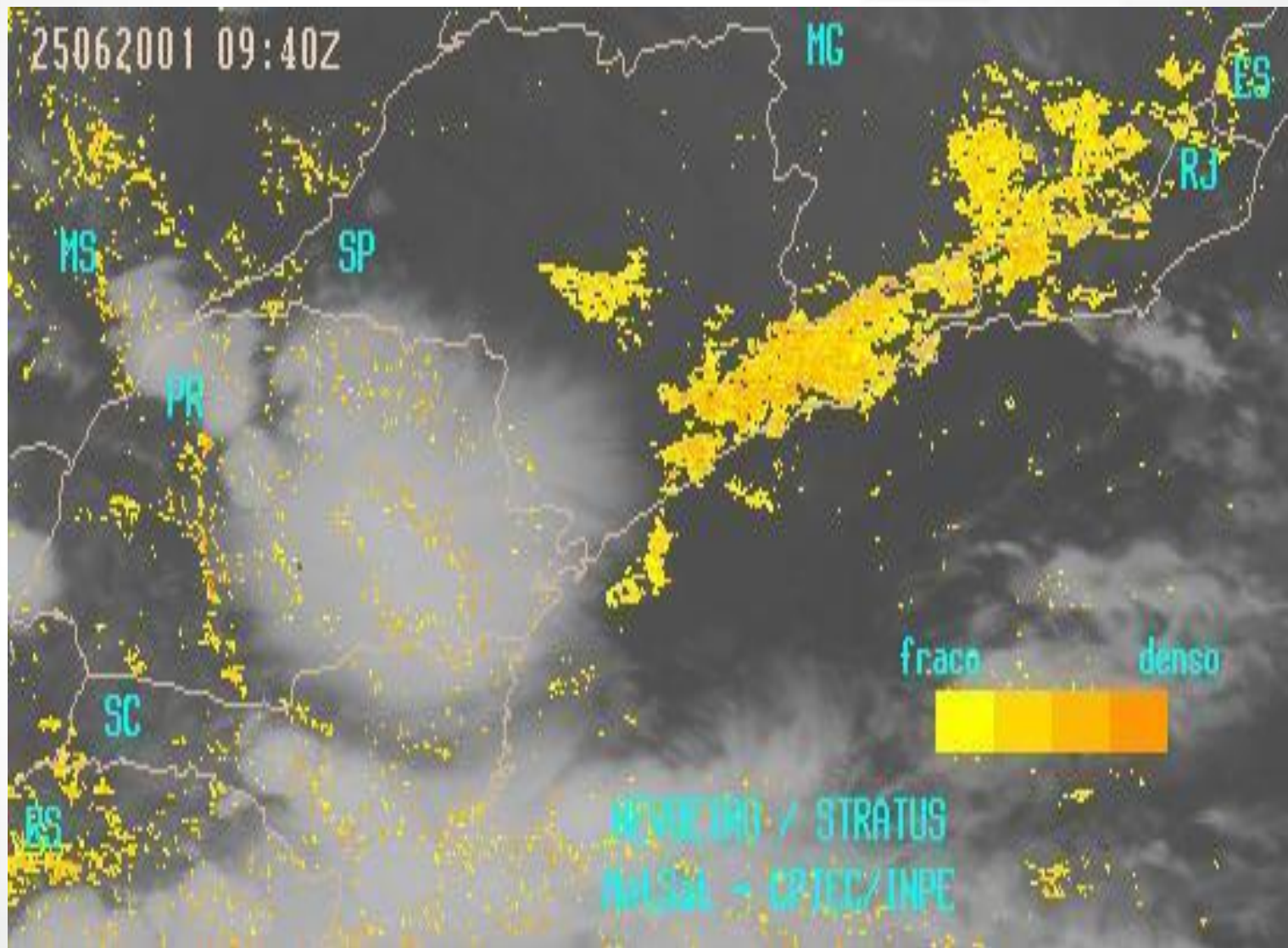
Orbits 1419  
Areas 50785  
Flashes 231007



**Mar 99, Abr 99 e Maio 99**

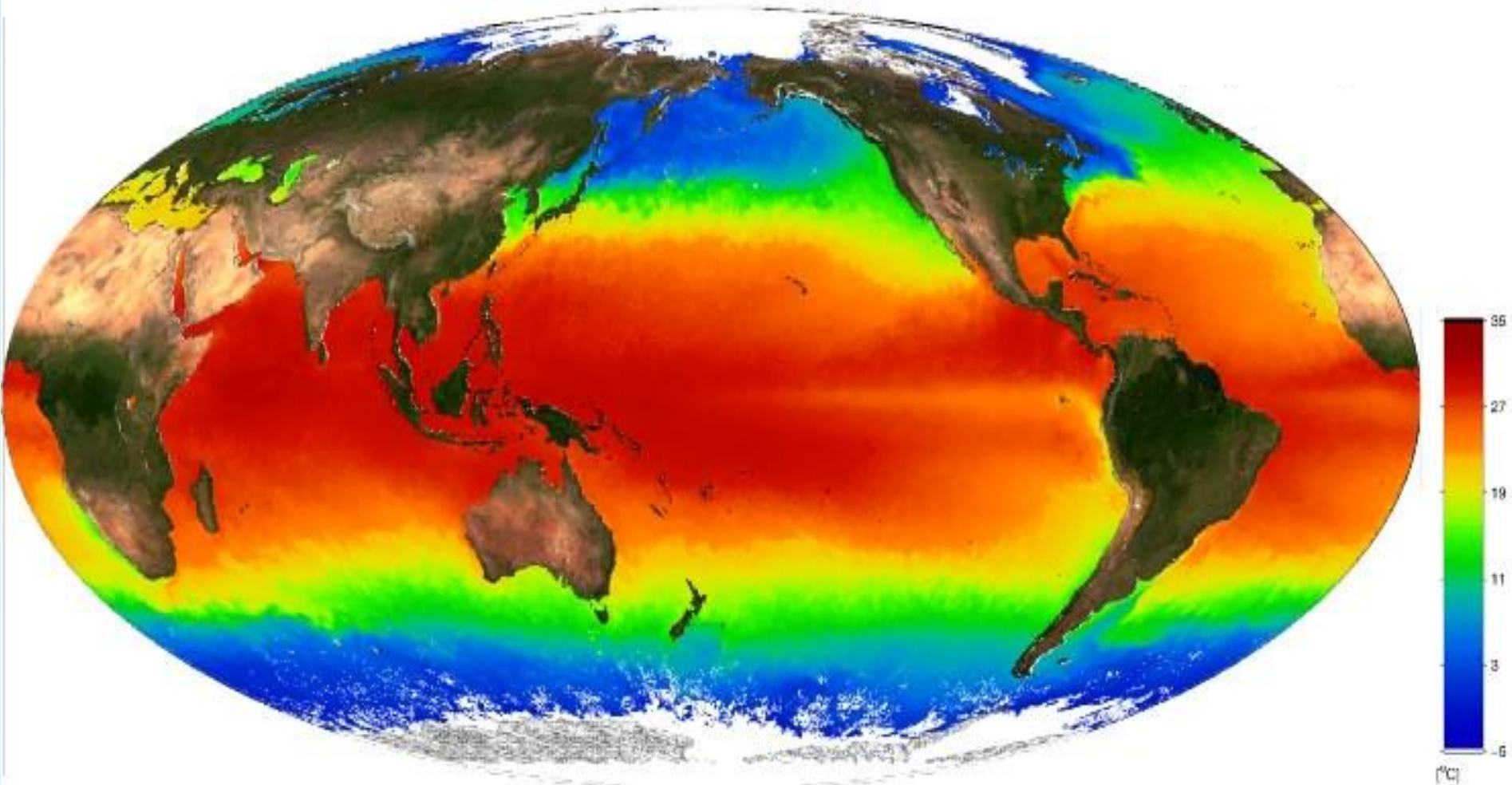


# Nevoeiro

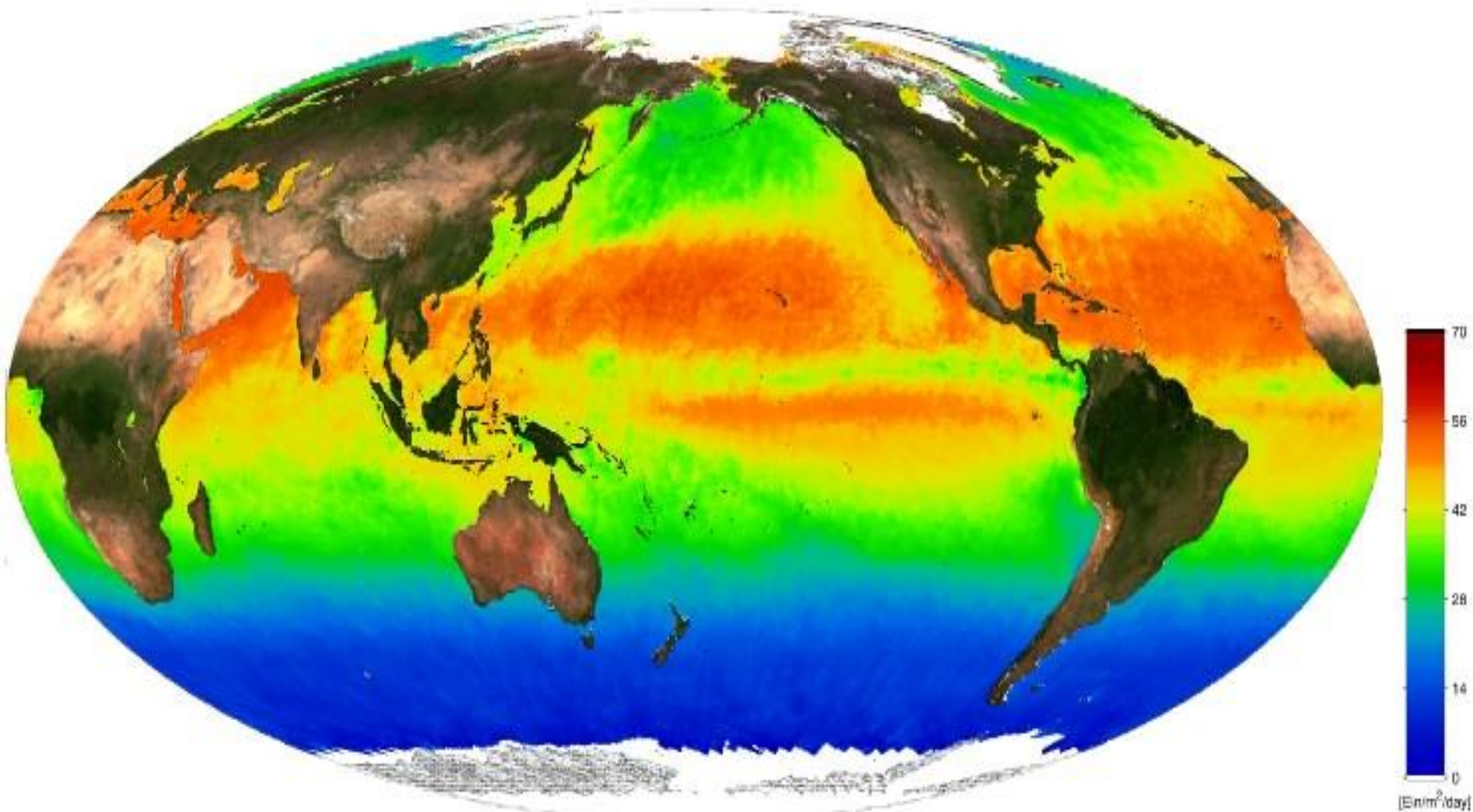




## Temperatura da Superfície do Mar

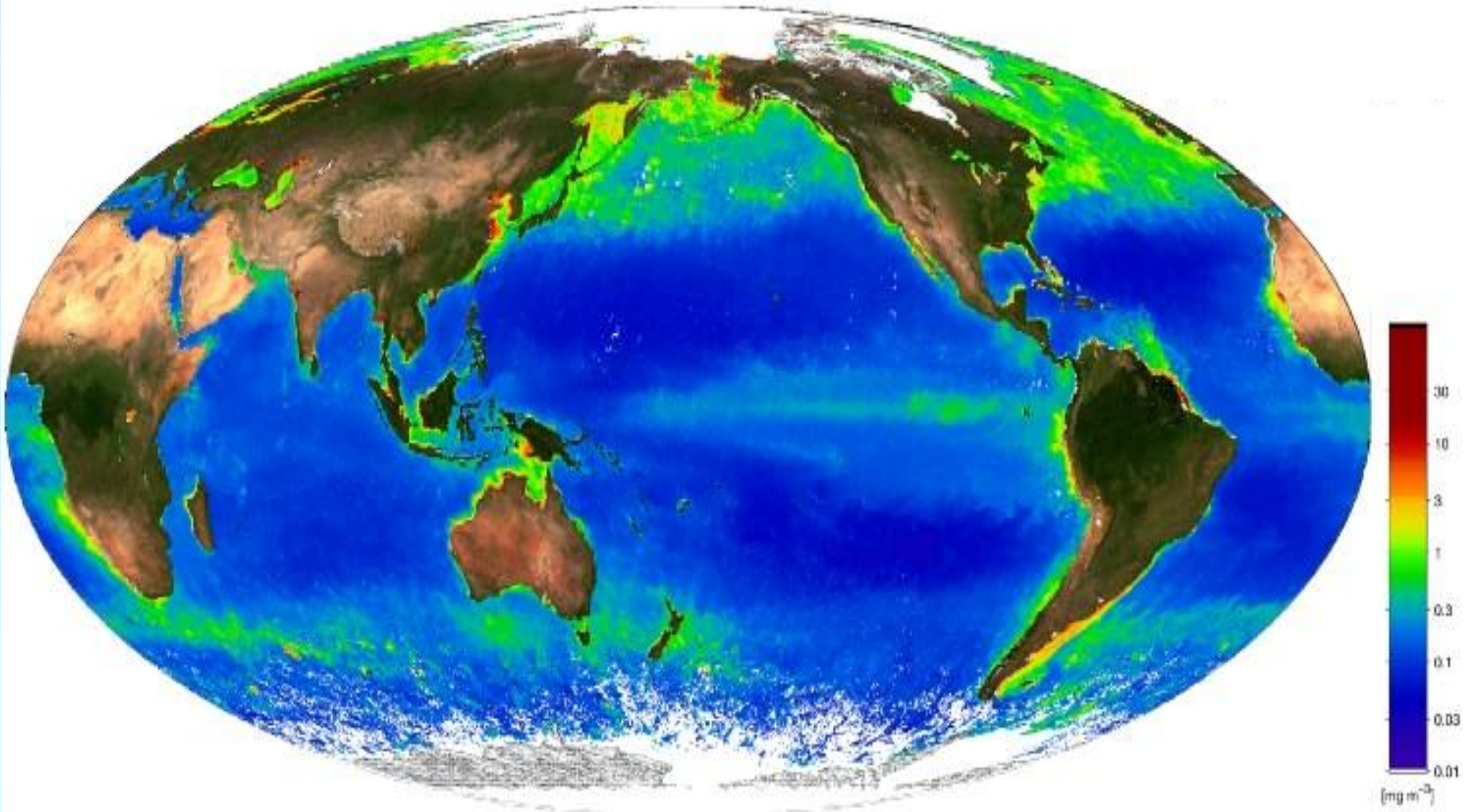


# Produto Radiação Fotossinteticamente Ativa



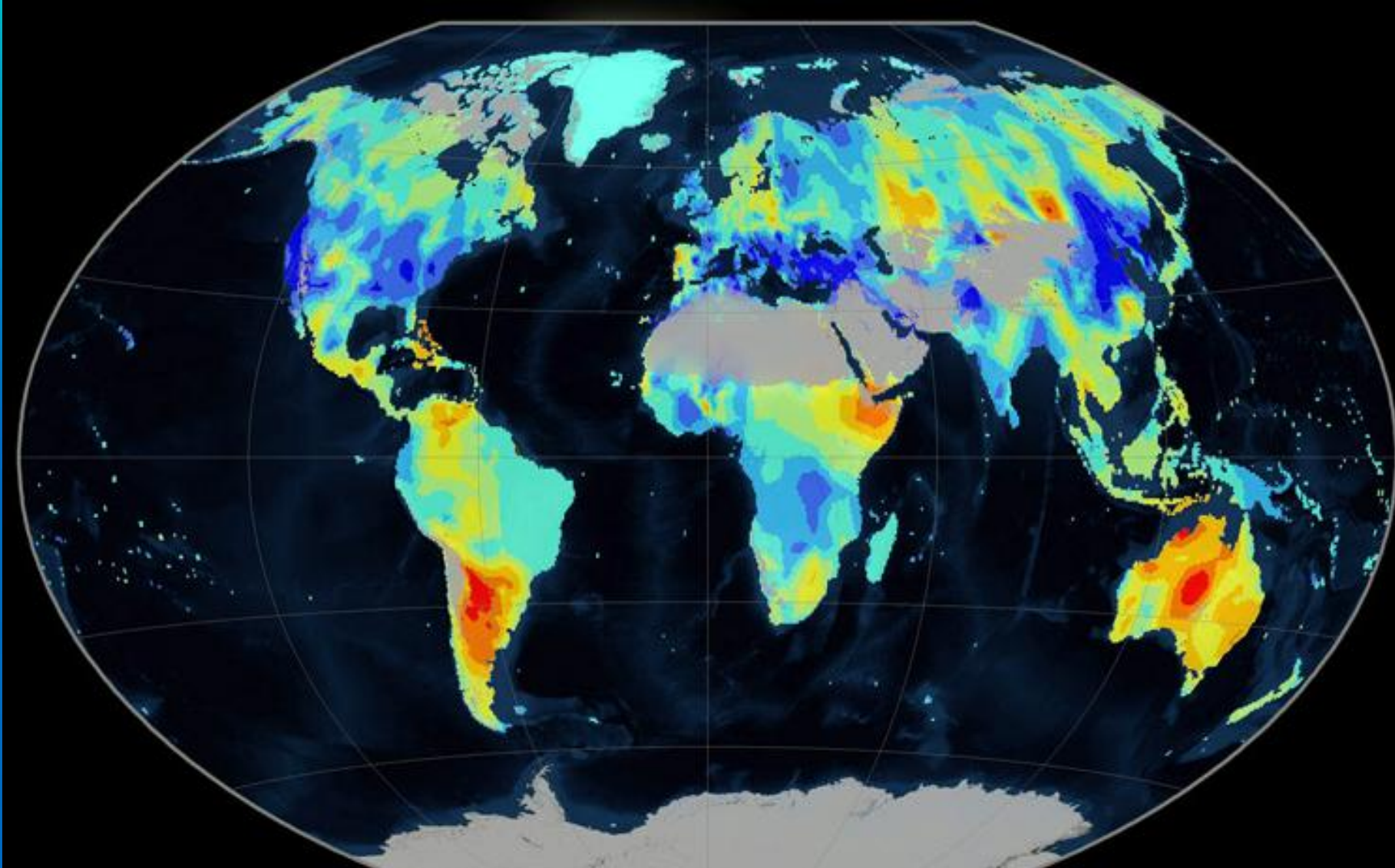


# Produto Clorofila-a global



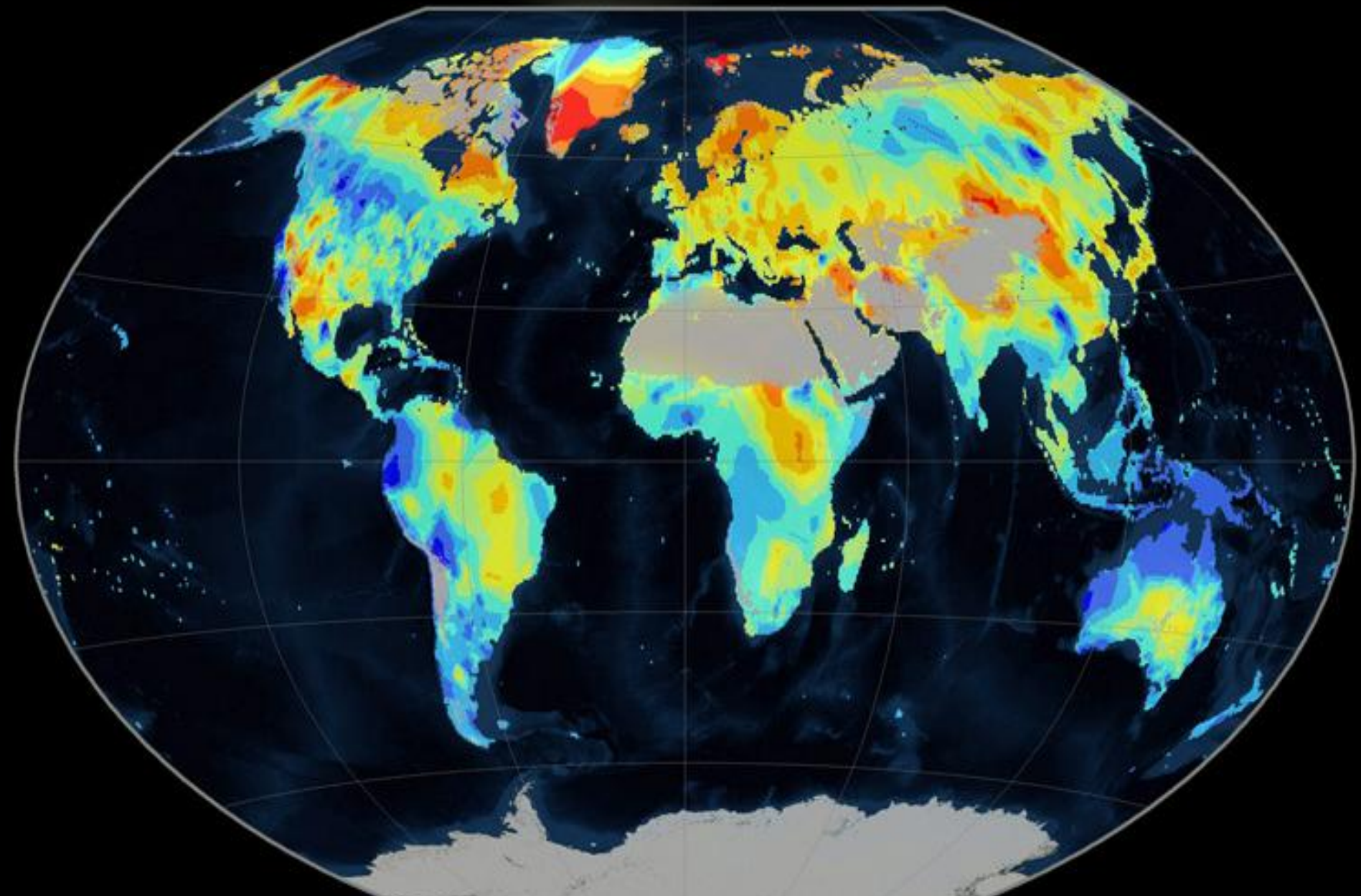
# Análise sobre os continentes

## Nebulosidade

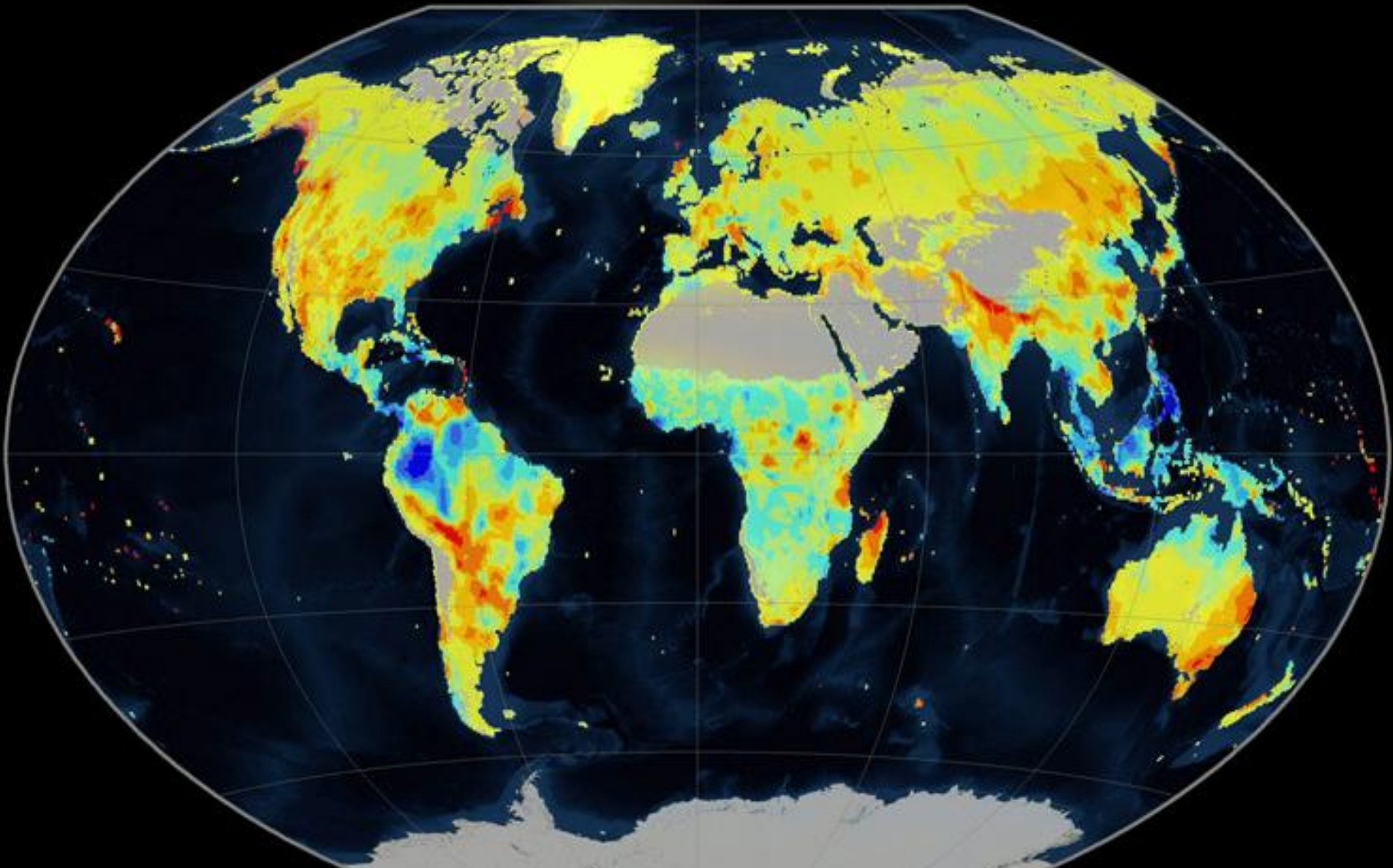




# TEMPERATURA

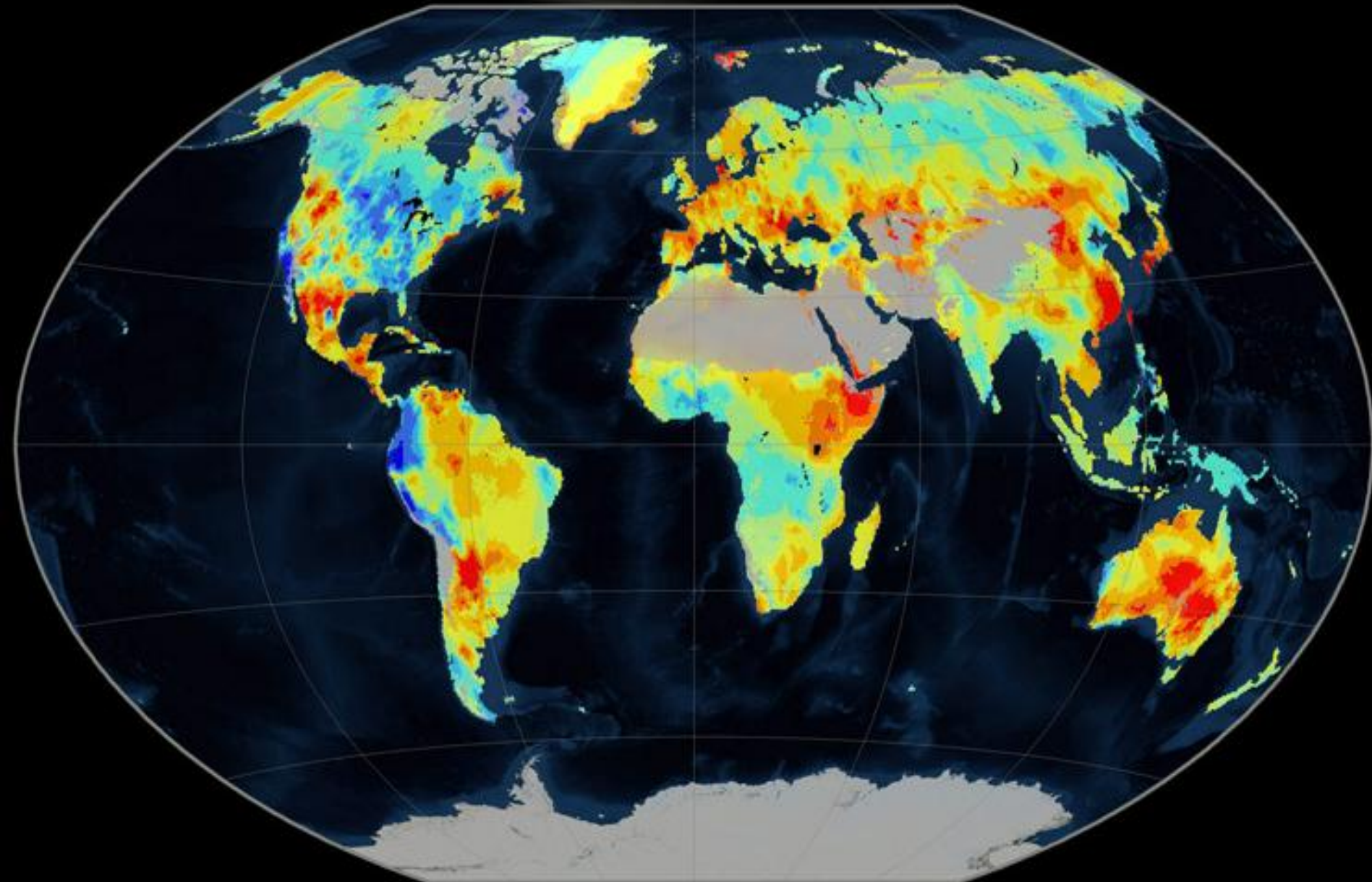


# PRECIPITAÇÃO

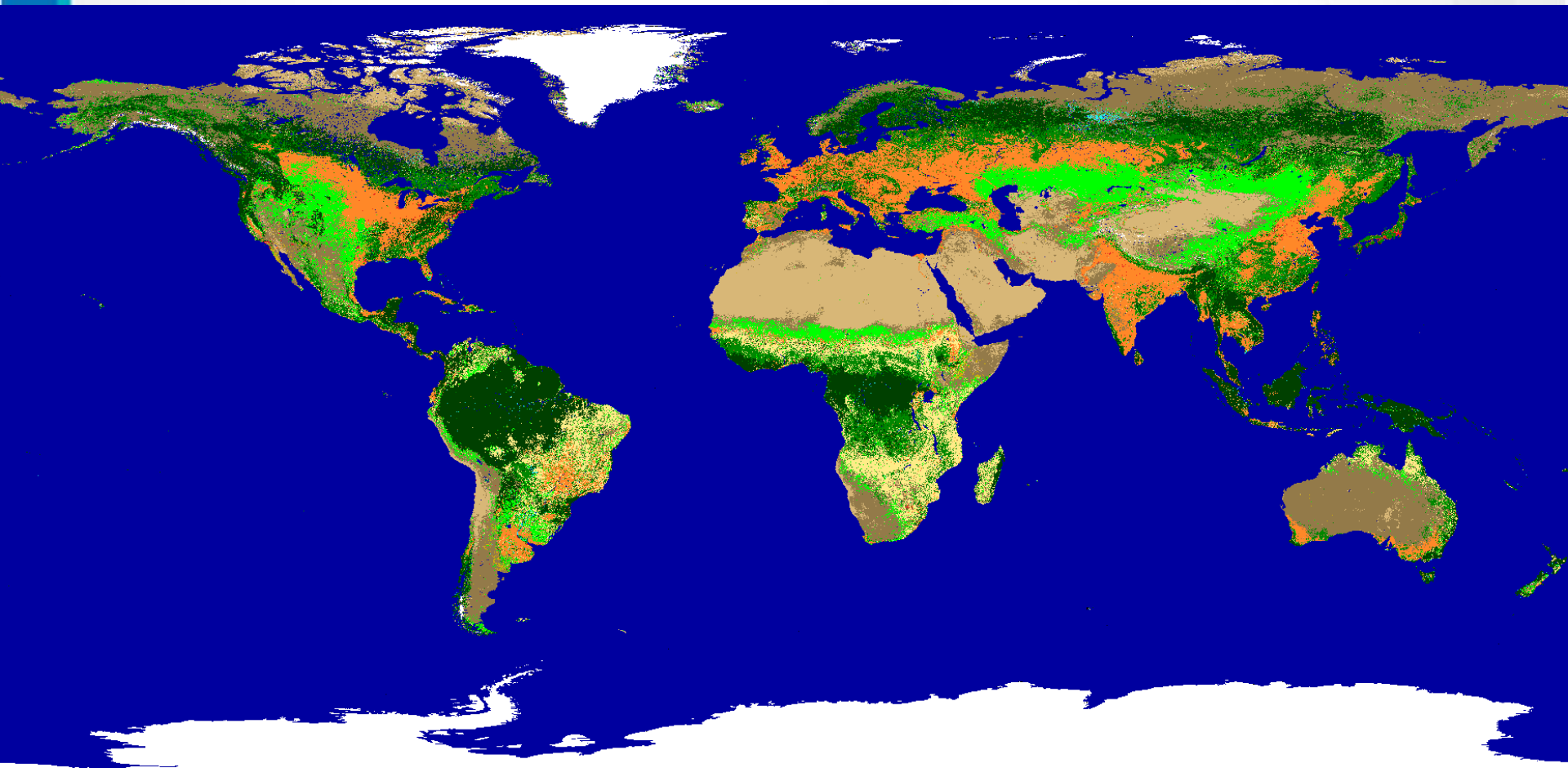




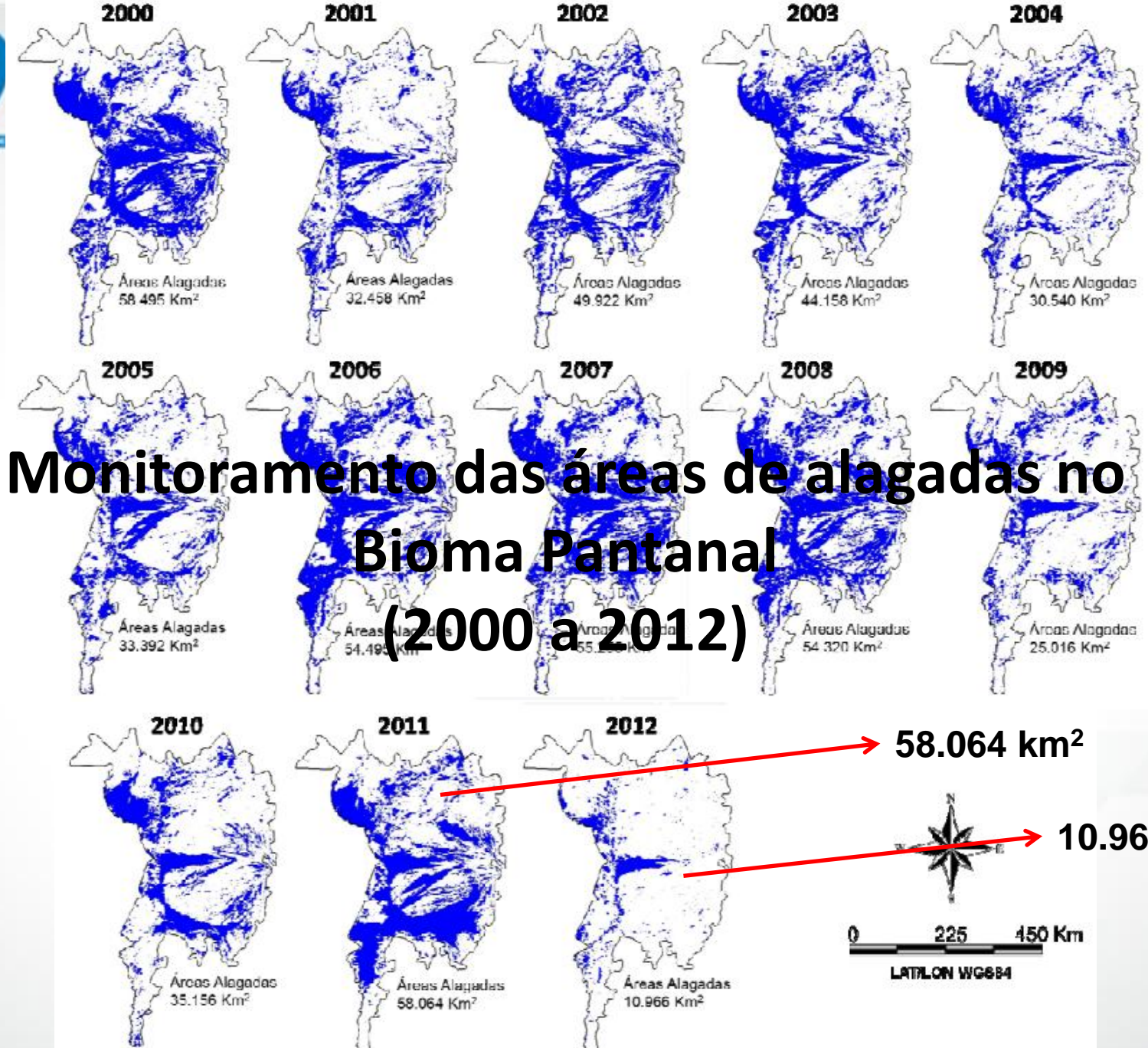
# EVAPOTRANSPIRAÇÃO



# Uso do Solo







# Monitoramento de áreas com déficit de chuva (2011 a 2016)

Ano hidrológico  
(outubro a setembro)

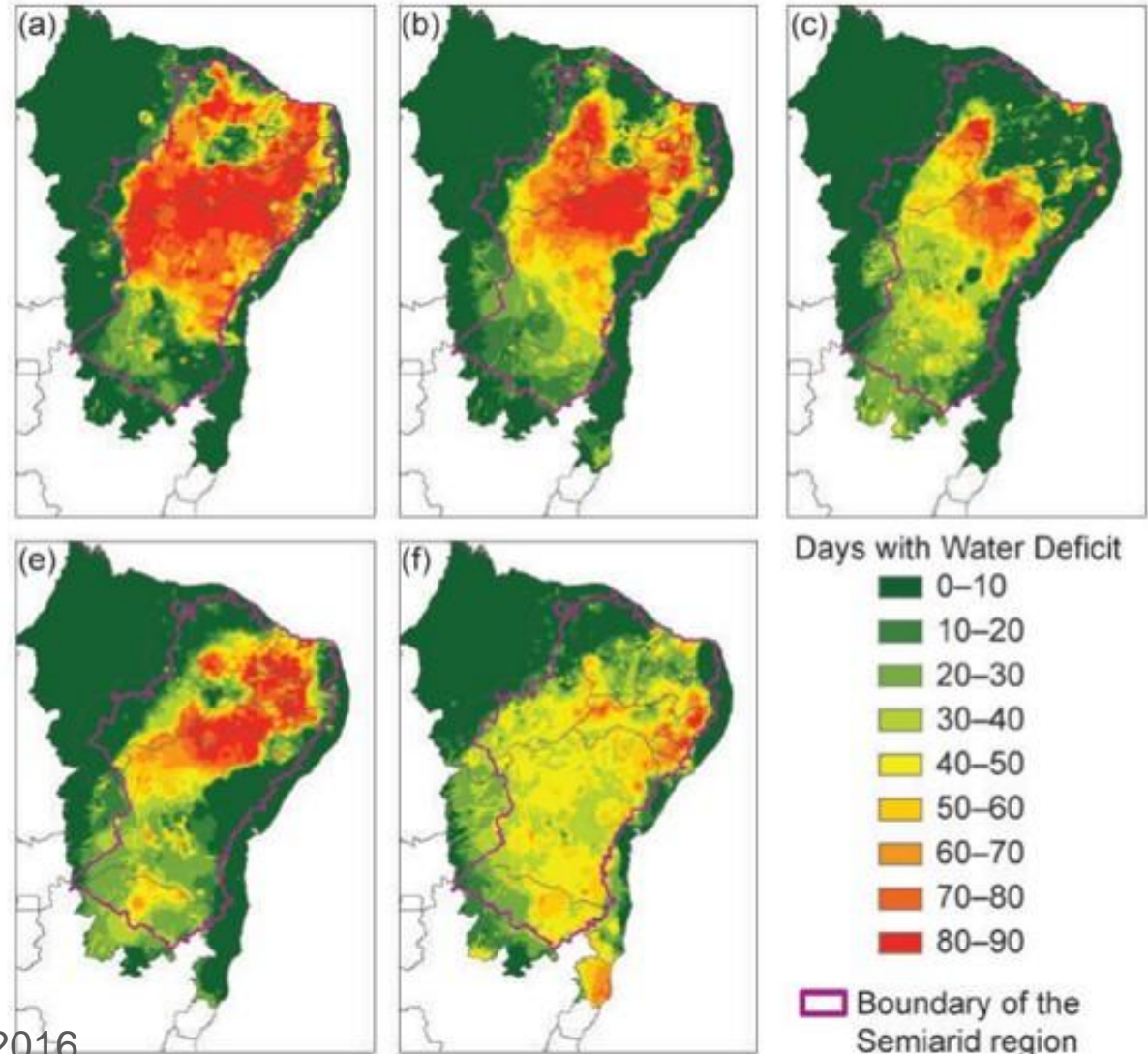
(a) 2011-2012

(b) 2012-2013

(c) 2013-2014

(d) 2012-2013

(e) 2015-2016

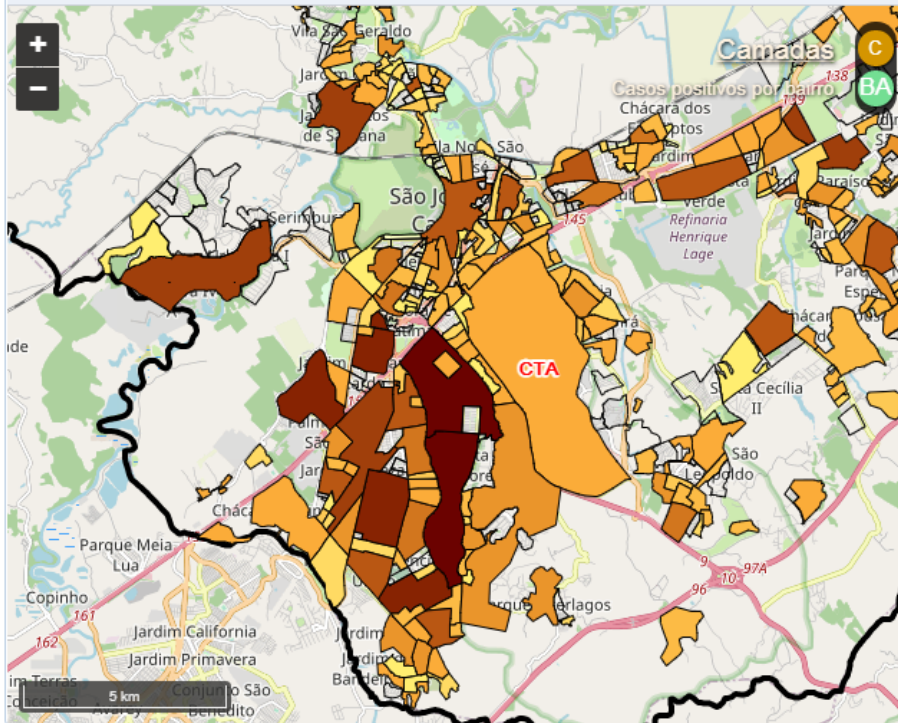


Fonte: State of the climate in 2016

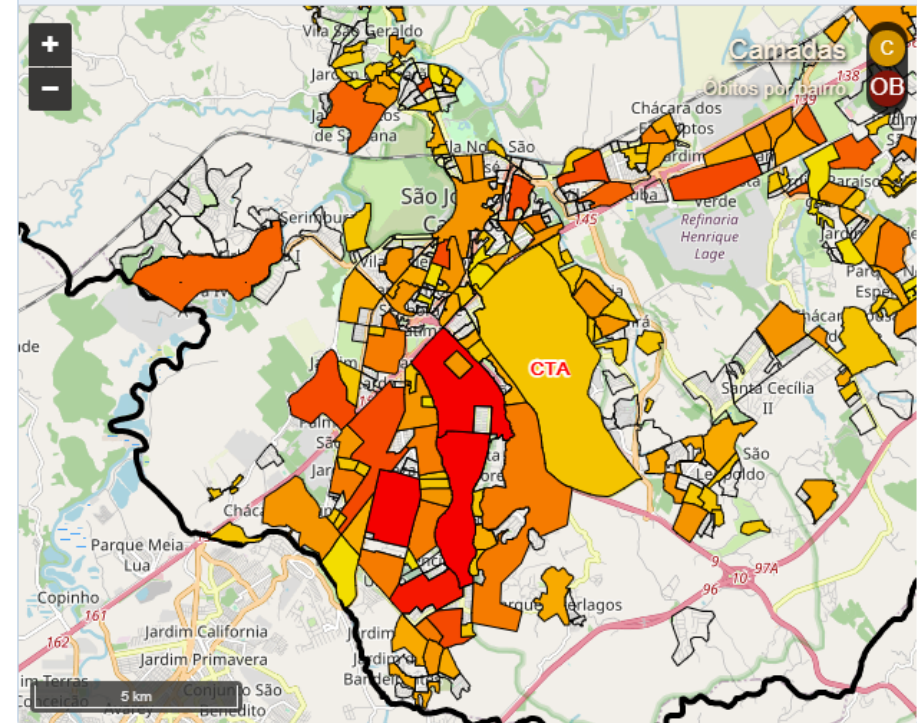


# Monitoramento do contágio e óbitos por Covid-19

Mapa de Casos Positivos por Bairro até 09/07/2021

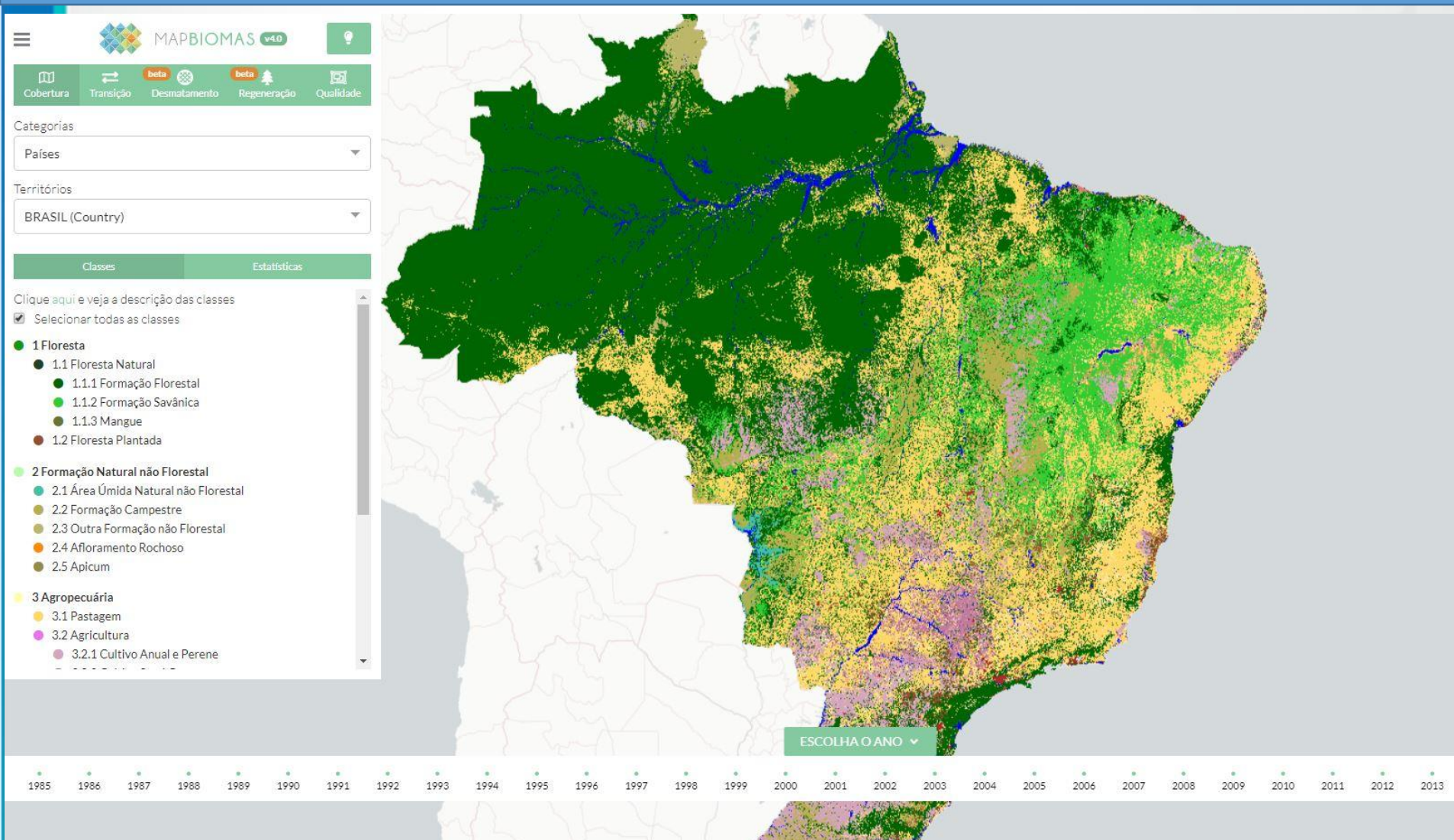


Mapa de Óbitos por Bairro até 09/07/2021



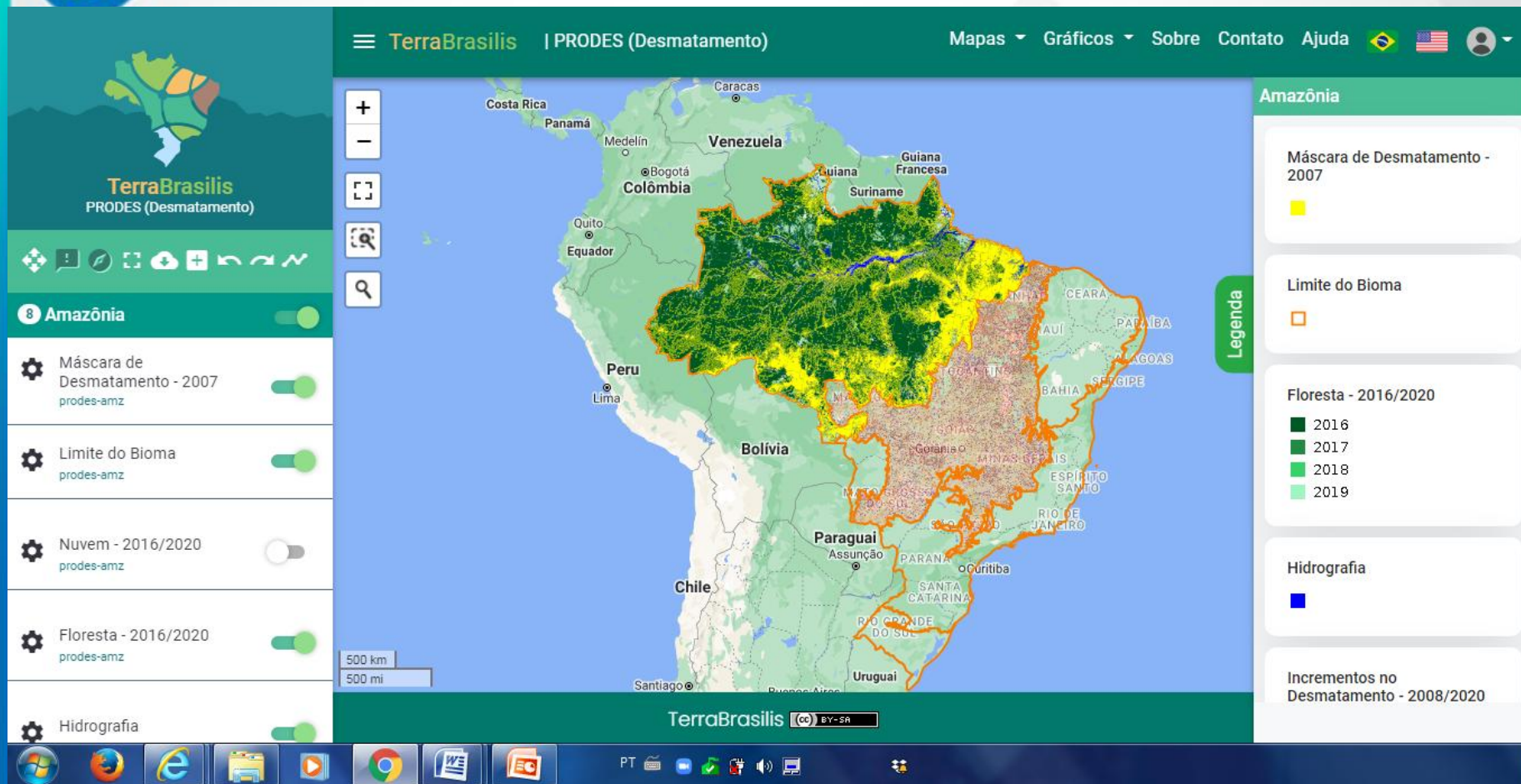
<http://sistemas.cemaden.gov.br/covid19/>

# Plataforma MapBiomas atualiza a cartografia da evolução anual de cobertura e uso do solo no território brasileiro 1984 e 2018



<http://plataforma.mapbiomas.org/map#transitions> e <http://plataforma.mapbiomas.org/map#coverage>





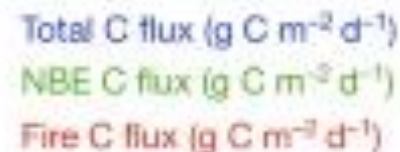
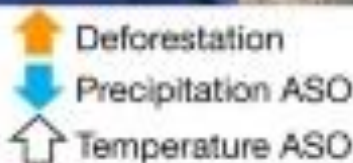
Desde maio de 2004 o **INPE** utiliza dados dos satélites Terra e Aqua, e CBERS. O INPE enviar alertas de focos de **desmatamento** aos órgãos de fiscalização e controle.

# Alerta sobre o papel da Floresta Amazônica no Clima

A floresta Amazônica sempre foi considerada o pulmão do planeta, porém a degradação florestal, desmatamento está fazendo a floresta perder a capacidade de absorver o CO<sub>2</sub> atmosférico e, em decorrência, ocasionar mudanças no clima.



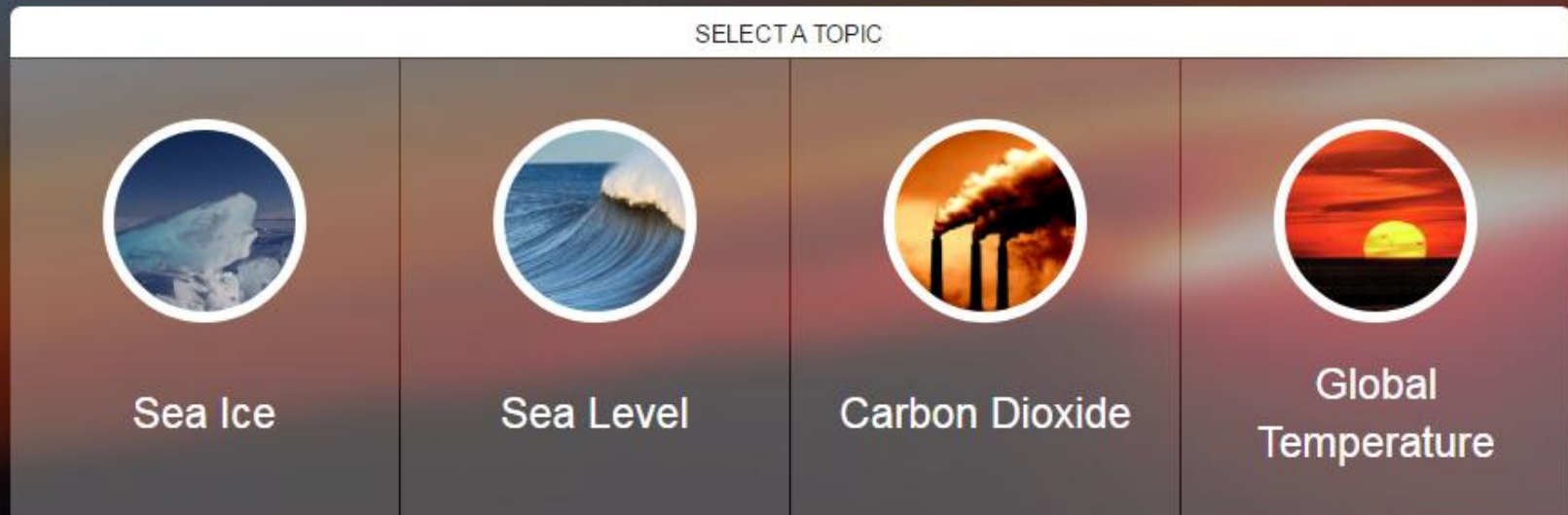
**Floresta Amazônica reduz o seu potencial de mitigação das mudanças climáticas.**





## Climate Time Machine

This series of visualizations shows how some of Earth's key climate indicators are changing over time.



<https://climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine>

**OBRIGADA!**

**[elisabete.moraes@inpe.br](mailto:elisabete.moraes@inpe.br)**

**Instagram: bete5041**