

## XXV Curso de Uso Escolar de Sensoriamento Remoto no Estudo do Meio Ambiente



# Aplicações do Sensoriamento Remoto

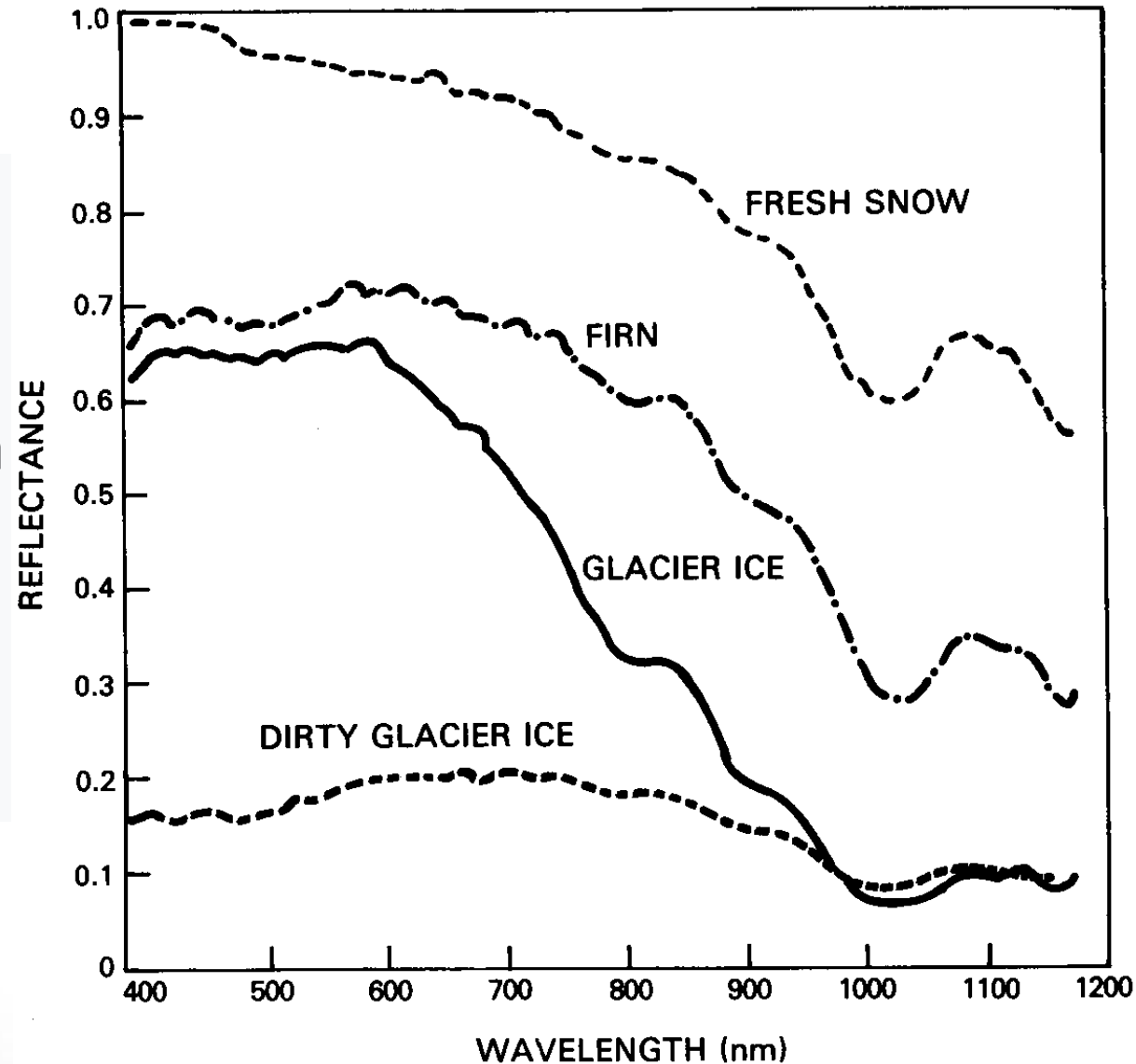
Elisabete Caria Moraes  
elisabete.moraes@inpe.br

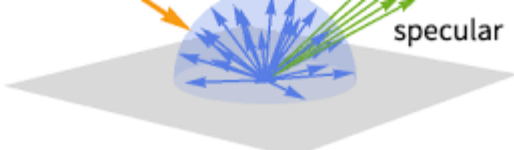
São José dos Campos - SP  
13 de julho de 2022

## Reflectância da Neve

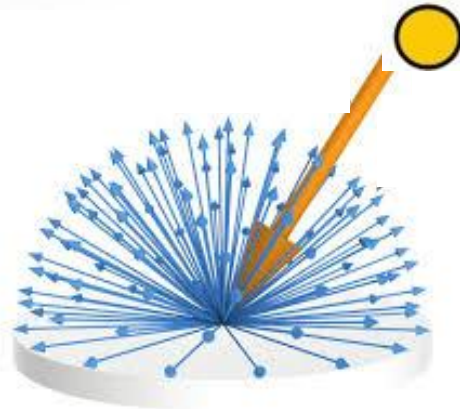
Recém-caída → alta  
Derretida → médio  
Suja → baixa  
Gelo → médio no vis e baixo no IVP

Fonte: Hall et al., 1985

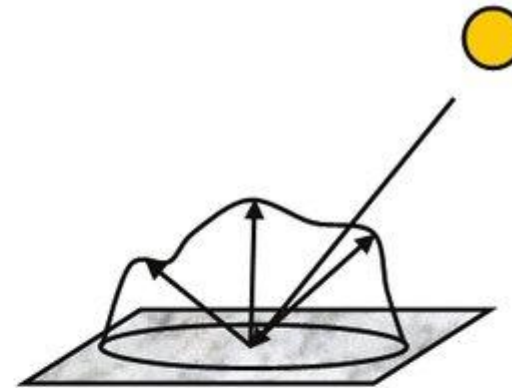




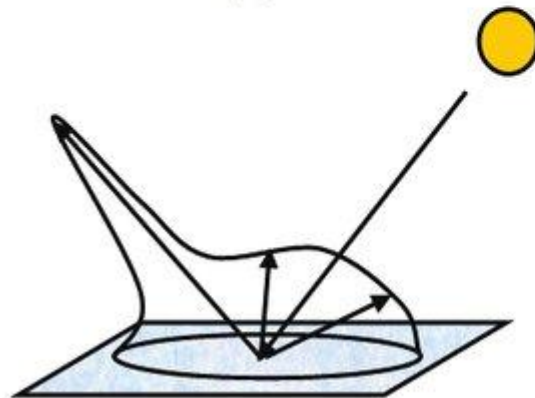
## Exemplos de Refletância de Superfície



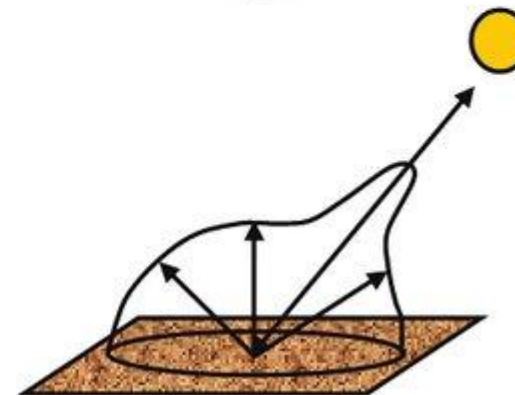
refletância lambertiana



refletância não lambertiana

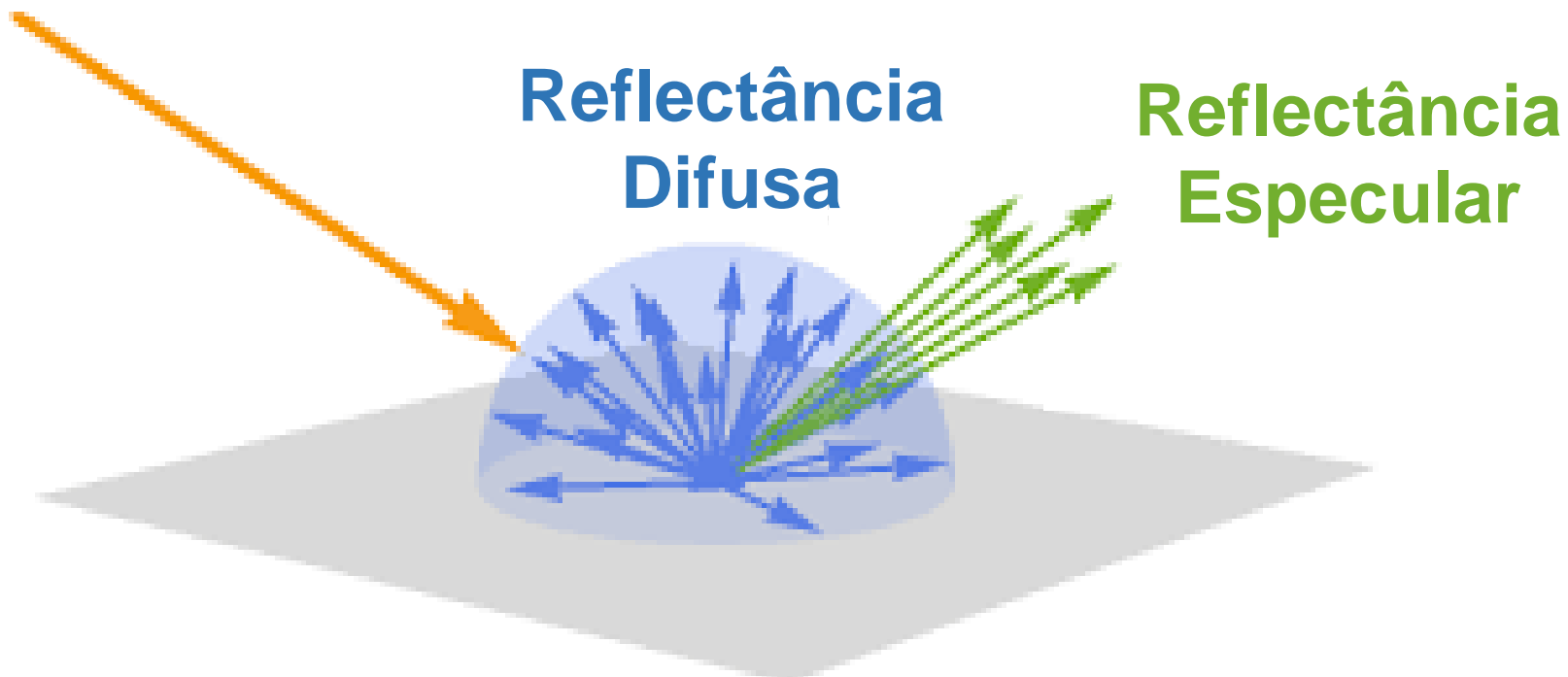


refletância especular  
(semelhante a espelho)



pico de retrorreflexão  
(hotspot)

## Irradiância Solar





# Influência da Geometria de visada



$\theta = -75^\circ$

Backscatter

$\theta = -45^\circ$

$\theta = 0^\circ$

$\theta = 45^\circ$

Forwardscatter

$\theta = 75^\circ$





06/02/1985



14/06/1985



30/06/1985



02/09/1985

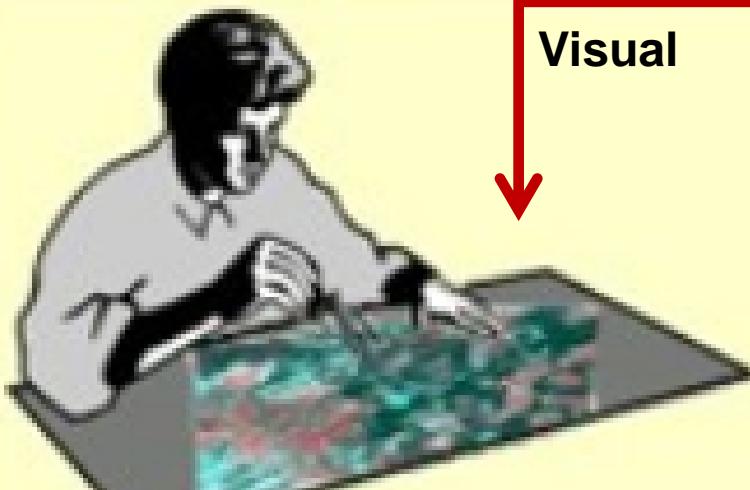


# Aplicações do Sensoriamento Remoto





Visual



Automatizada





**Ambientes  
Marítimos**

**Gerenciamento  
Emergencial**

**Monitoramento  
da Atmosfera**

**Aplicações**

**Segurança**

**Mudanças  
Climáticas**

**Monitoramento  
da Superfície**



# Promove o desenvolvimento de benefícios sociais

Energia



Agricultura



Ecosystemas



Transporte



Segurança



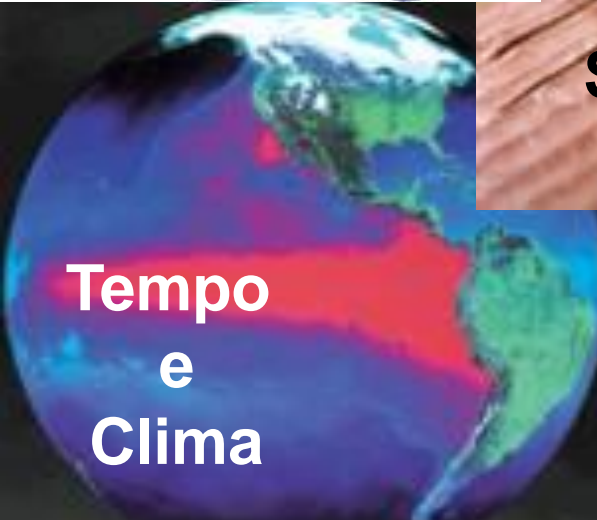
Saúde



Lazer



Tempo  
e  
Clima



Desastres



Biodiversidade





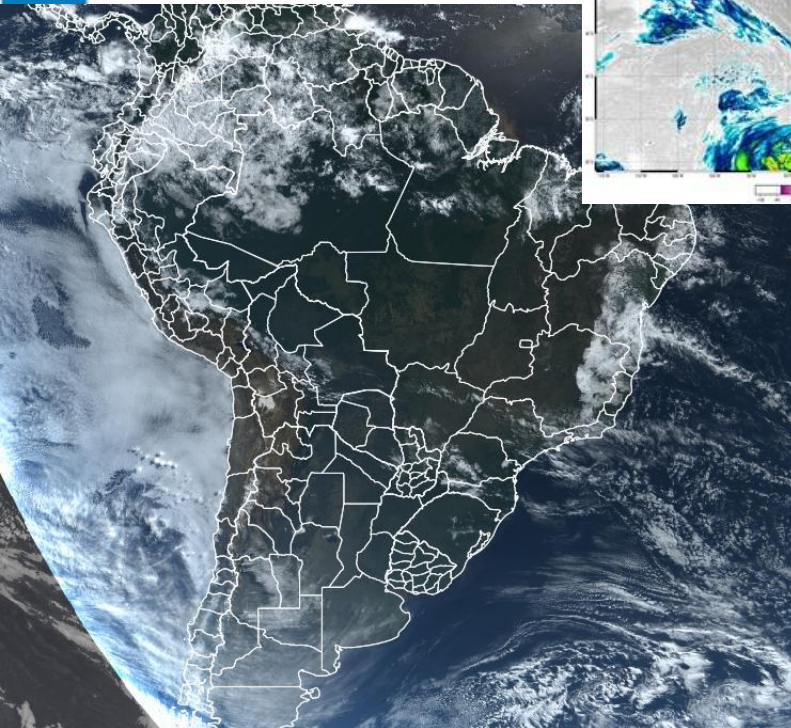
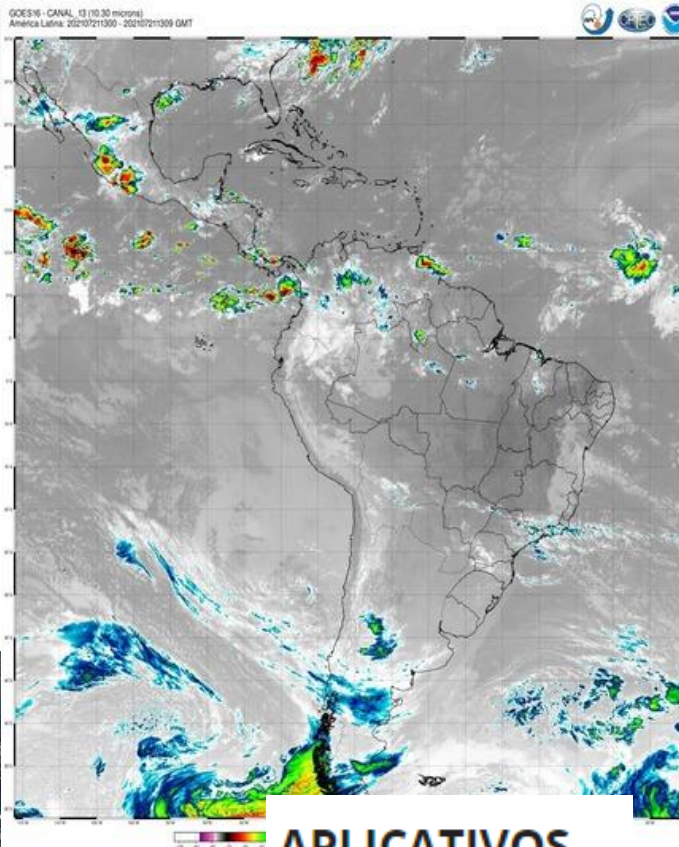








# Previsão do Tempo



## APLICATIVOS



CPTEC  
Previsão de Tempo



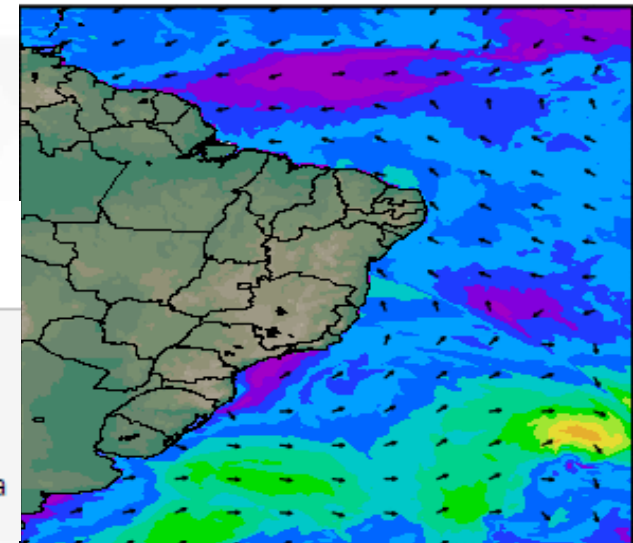
MapSAT



SOS Chuva

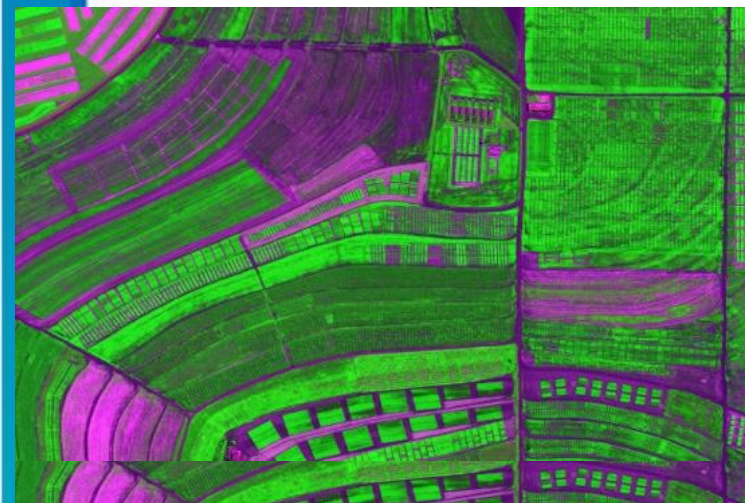
Vento

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.






# NDVI

## Índice de Vegetação por Diferença Normalizado

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red}}$$

- 
- Apresenta alta relação com aspectos fisiológicos e nutricionais das plantas, o que permite analisar parâmetros como nutrição de plantas (em especial o Nitrogênio), sua sanidade, déficits hídricos, entre outros.
  - Imagens de NDVI permitem monitorar e determinar o acúmulo de biomassa das culturas.

# Interpretação do NDVI

**-1,00 - 0,00**

**VEGETAÇÃO SEM  
ATIVIDADE E ALVOS  
NÃO-VEGETAIS**

**0,00 - 0,33**

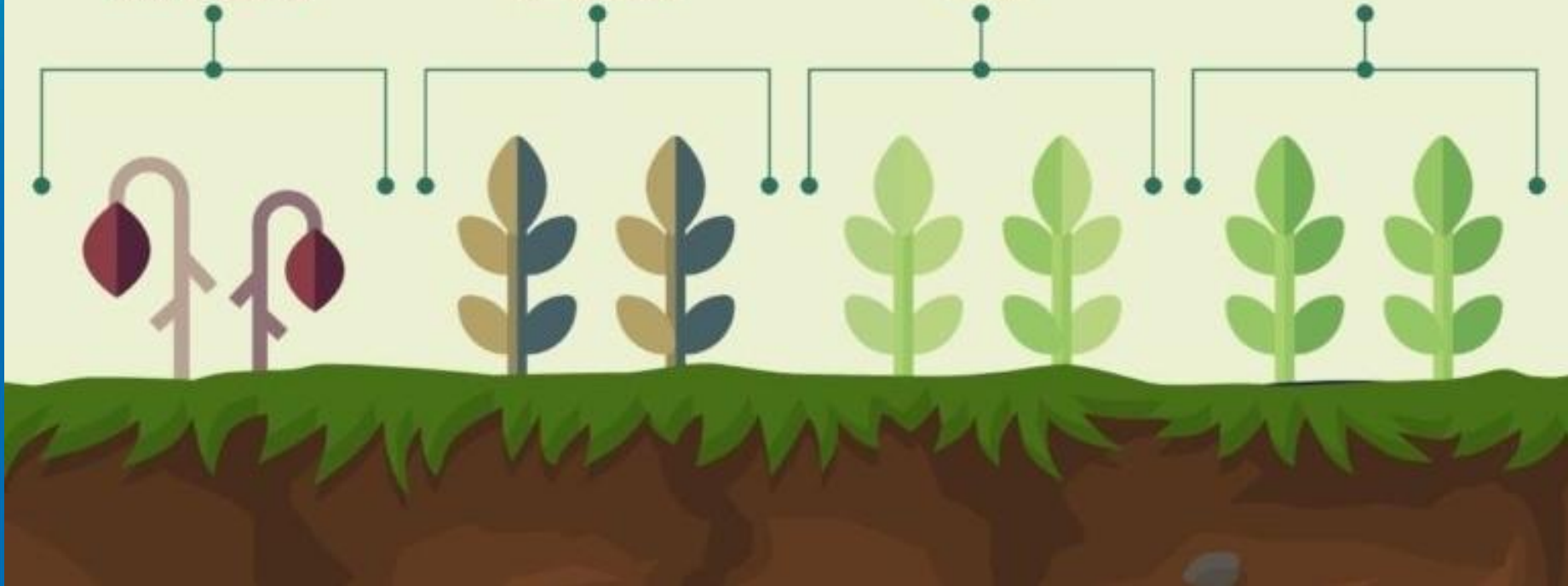
**VEGETAÇÃO COM  
ALGUM TIPO DE  
DEFICIÊNCIA**

**0,33 - 0,66**

**VEGETAÇÃO  
MODERADAMENTE  
SADIA**

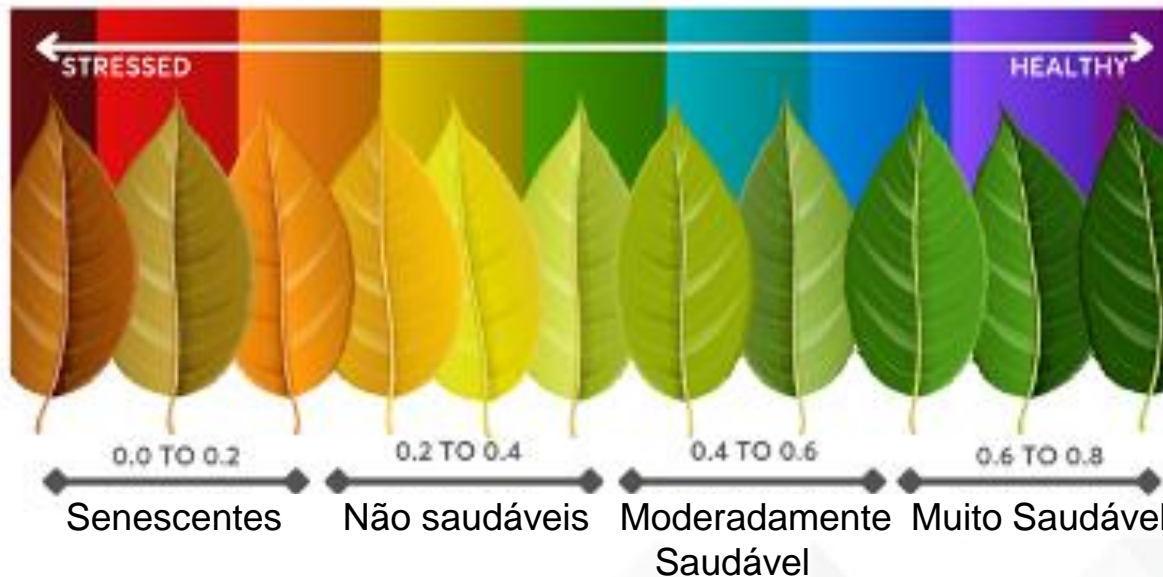
**0,66 - 1,00**

**VEGETAÇÃO MUITO  
SADIA**

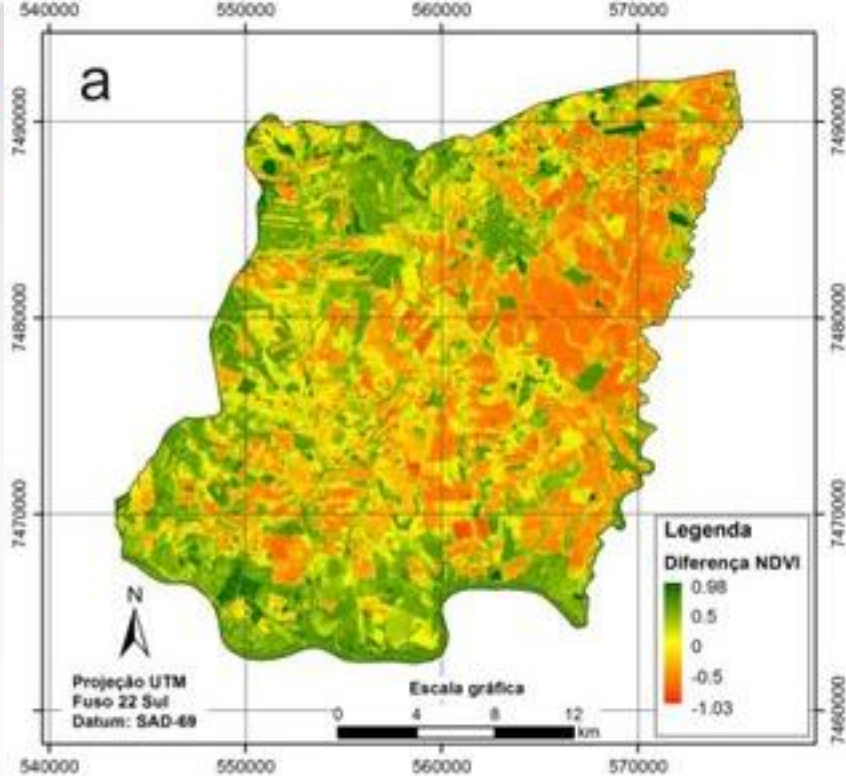




# Quais são os benefícios para a agricultura do uso de imagens de NDVI?

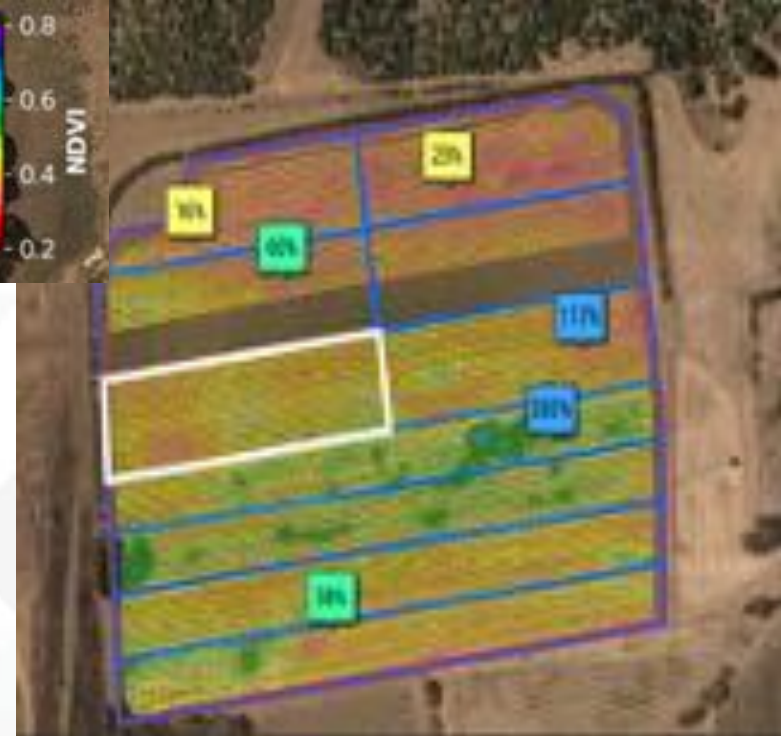
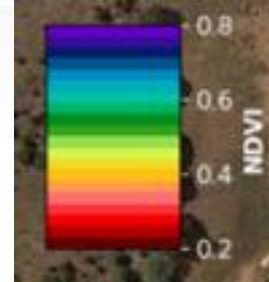


- Visão ampla e detalhada de fazenda e lavoura, topografia, solo e vegetação;
- Análise das falhas de plantio;
- Análise da fotossíntese e produtividade de culturas;
- Análise da superfície do solo, assim como identificação de erosões e da presença de nematóides



Município de Cândido Mota  
(28.05.2011)

Fonte: Demarchi e Piroli, 2015



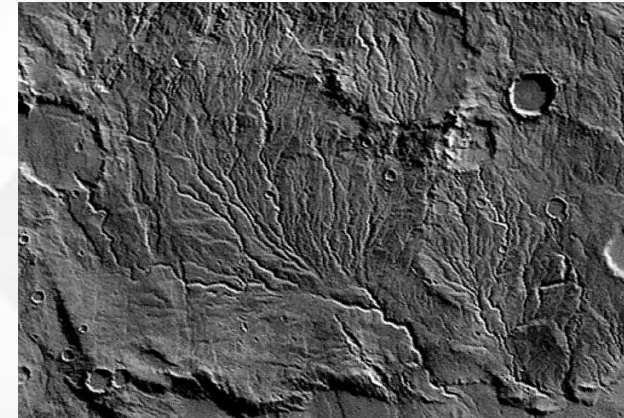
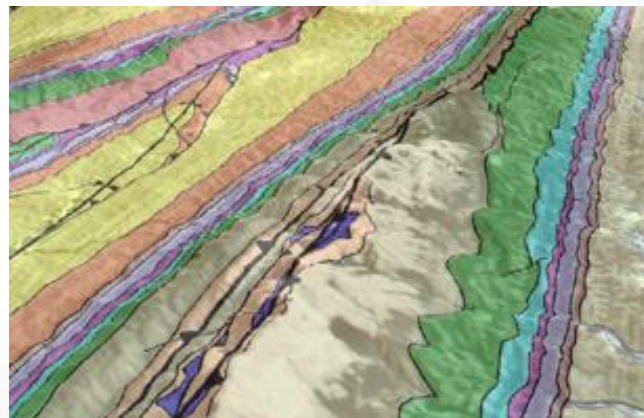
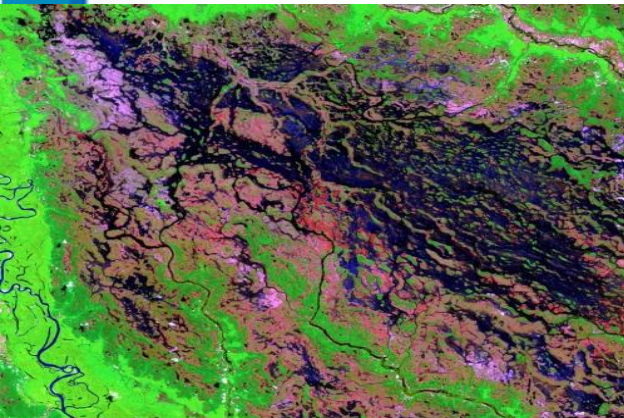
Vinhedo de Shiraz - California  
(17.02.2020)

O município ou o produtor rural pode analisar as imagens de NDVI, identificar potenciais problemas, tomar decisões para corrigir as falhas, reduzindo perdas e elevando a produtividade.



# 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.





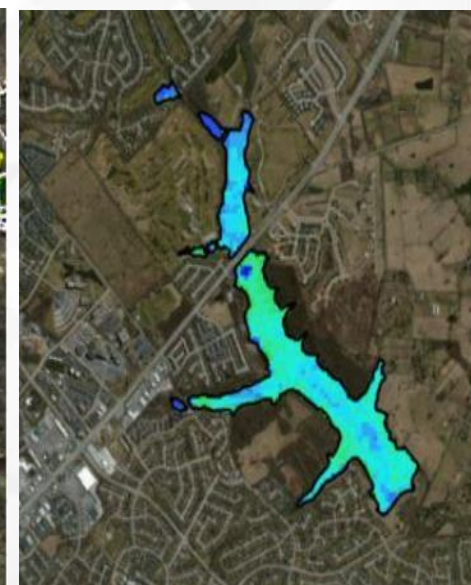
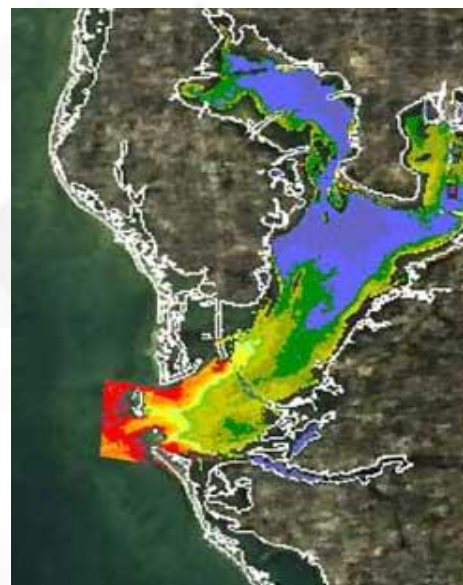
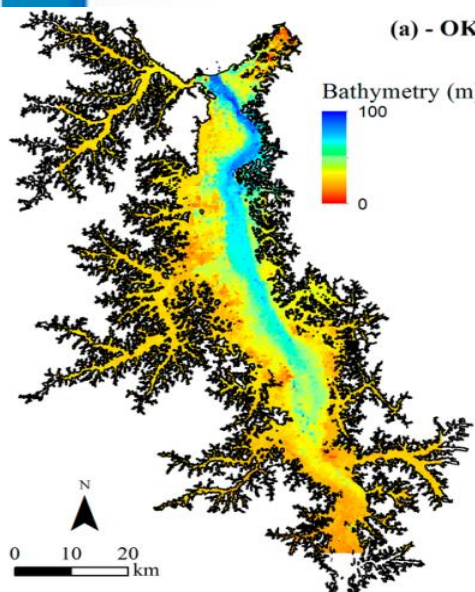
## através de Imagens de Satélite

- Dados de satélite podem fornecer várias informações que auxiliam o processo de exploração de minérios, especialmente em áreas remotas ou perigosas, onde a exploração é mais difícil.
- É possível a geração de índices e melhorias que destaquem os corpos de minério, a variabilidade ao longo da exploração local, bem como recursos estruturais associados, como direções de camadas, de cinturão de cisalhamento e falhas.
- Auxilia no estudo de viabilidade e planejamento de missões, pois permite identificar a infraestrutura da região e a proximidade de áreas sensíveis.
- Auxiliam na identificação e manejo dos riscos ambientais
- Monitoramento do processo de encerramento e revitalização



# Sensoriamento Remoto Aplicado à Processos da Hidrosfera

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



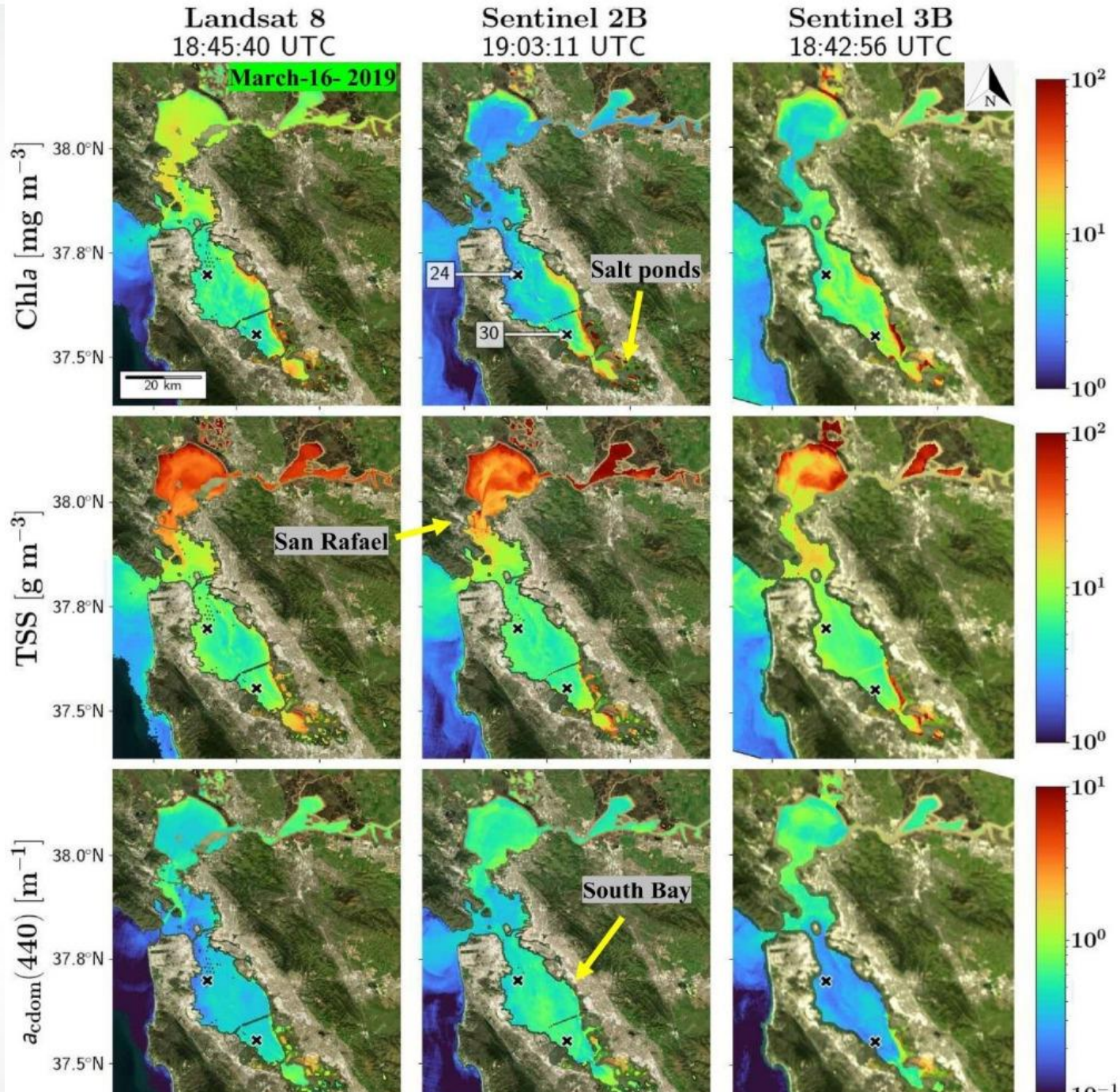




## Qualidade de água da San Francisco Bay

derivados de imagens dos sensores OLI, MSI e OLCI, a bordo do Landsat-8, Sentinel-2 and Sentinel-3.

Equipe LabISA (DIOTG/INPE)





- 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.

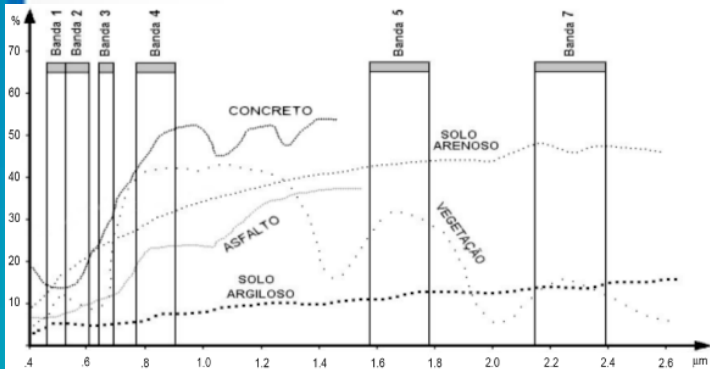
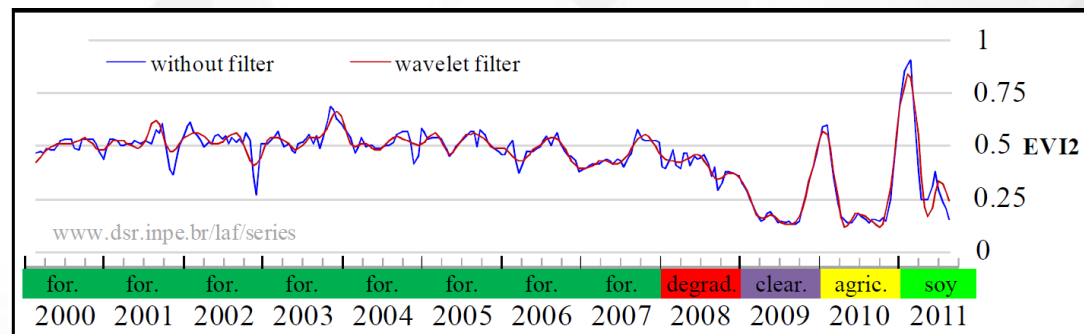


Figura 3. Bandas do TM e comportamento espectral de alguns objetos. Fonte: adaptada de Bowker (1985).



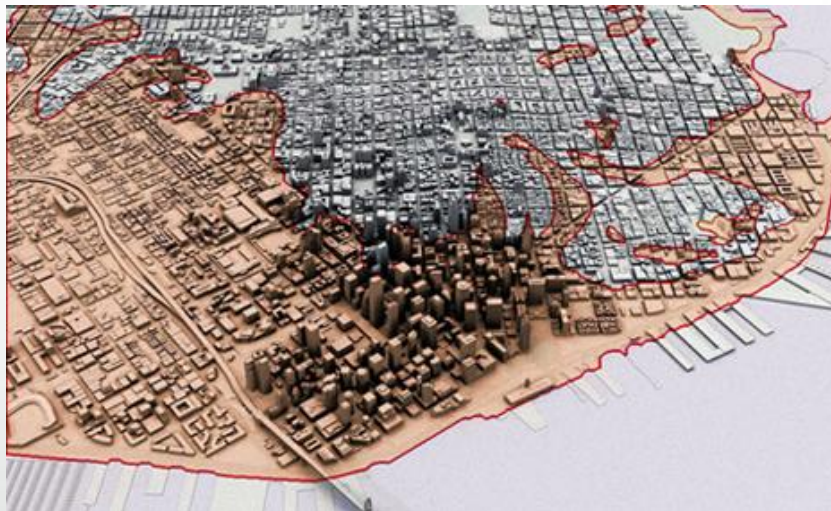
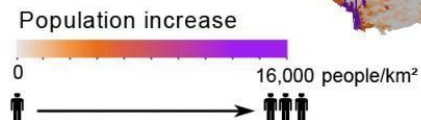
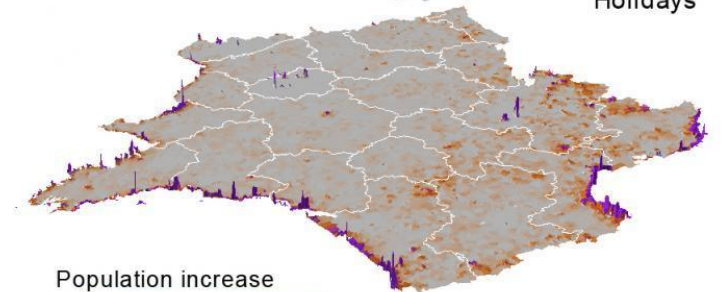
- Mudanças de Uso da Terra;
- Estudos Urbanos;
- Saúde Pública;
- Modelagem Ambiental;
- Estatística Espacial.



Working periods



Holidays

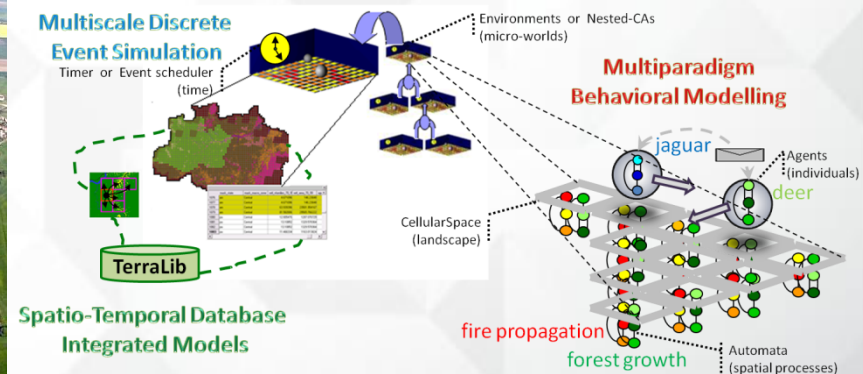
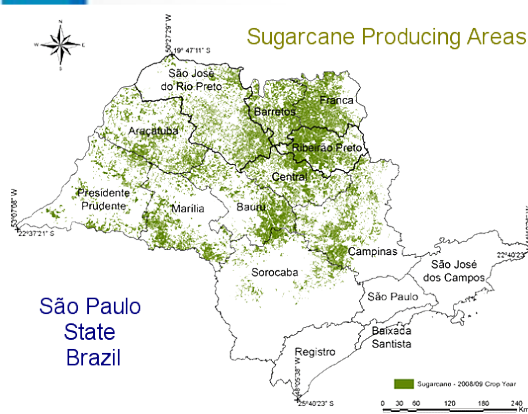


As imagens de satélite fornecem uma boa representação no planejamento de projetos, no **monitoramento de desastres e calamidades naturais e na orientação de pessoas para a defesa civil.**

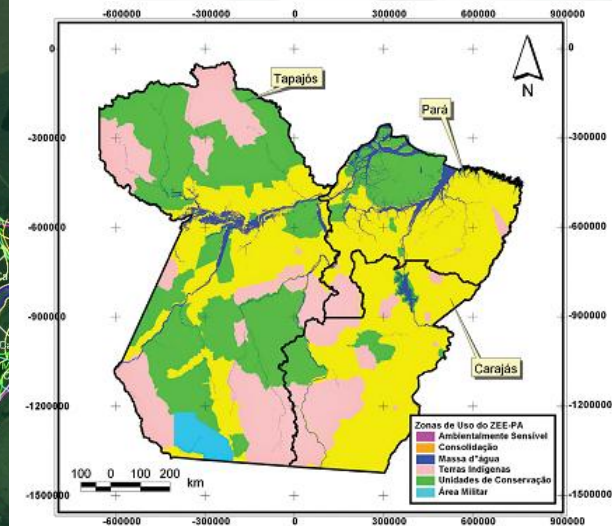
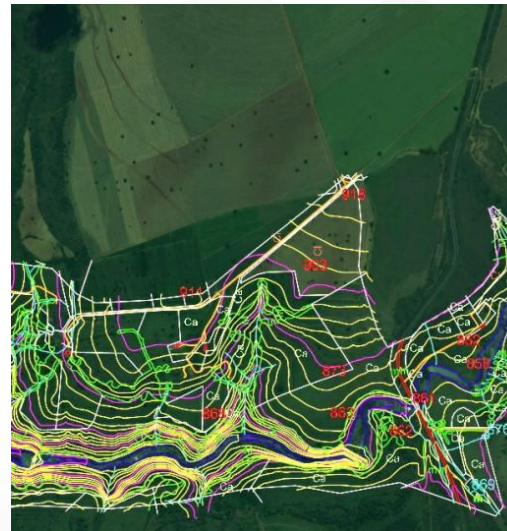
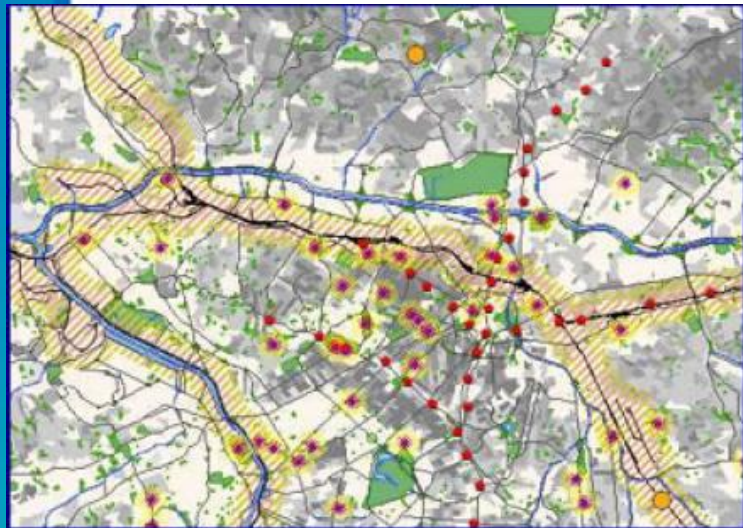


# Sensoriamento Remoto Aplicado à Ecossistemas Terrestres

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



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



# Exploração de Imagens de Satélites em Áreas Urbanas

O uso da tecnologia espacial na administração pública permite resolver muitos dos problemas que acometem as cidades e sua gerência.

O mapeamento e o monitoramento da atividade humana obtidos por imagens de satélites e a espacialização de problemas sociais em cidades ou em áreas escassamente povoadas, auxilia governos e as autoridades locais a entender o impacto da população no uso e cobertura da superfície.

Permite a melhoria dos planejamentos ambientais, de saúde, segurança, transporte, coleta de lixo, emissão de carbono e de outras atividades essenciais na região.





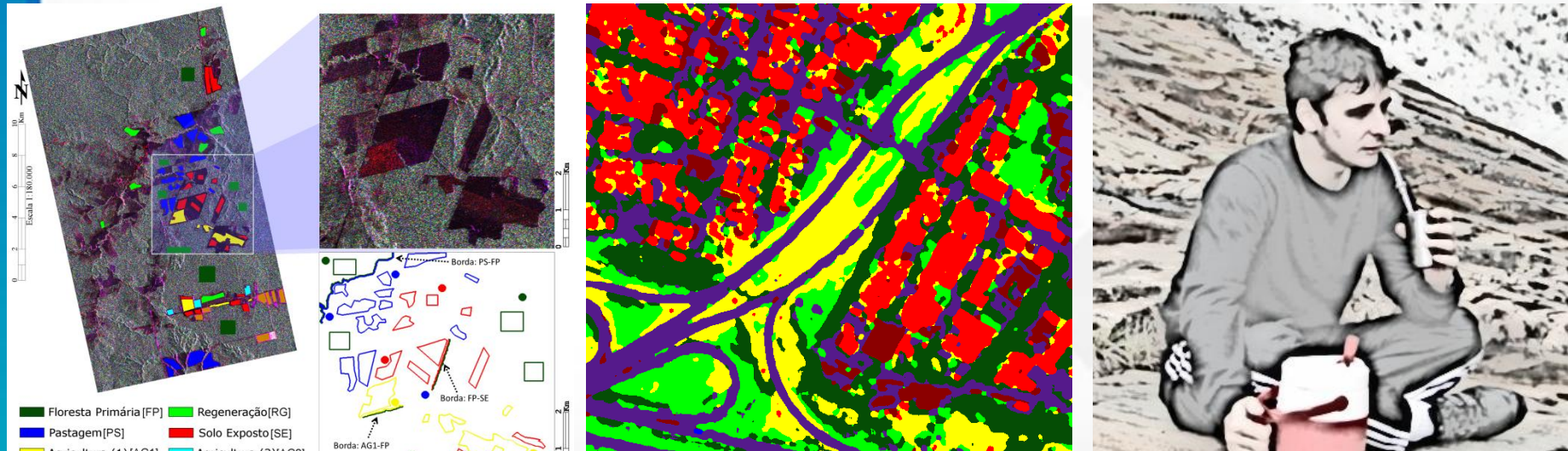
A variabilidade de resoluções temporais das imagens de satélite auxiliam na geração de **mapas de cobertura do solo para planejamento ambiental, detecção de mudanças no uso da terra e planejamento urbanos, como por ex. de transporte.**

<https://www.codexremote.com.br/blogcodex/imagens-de-satelite-no-planejamento-municipal/>



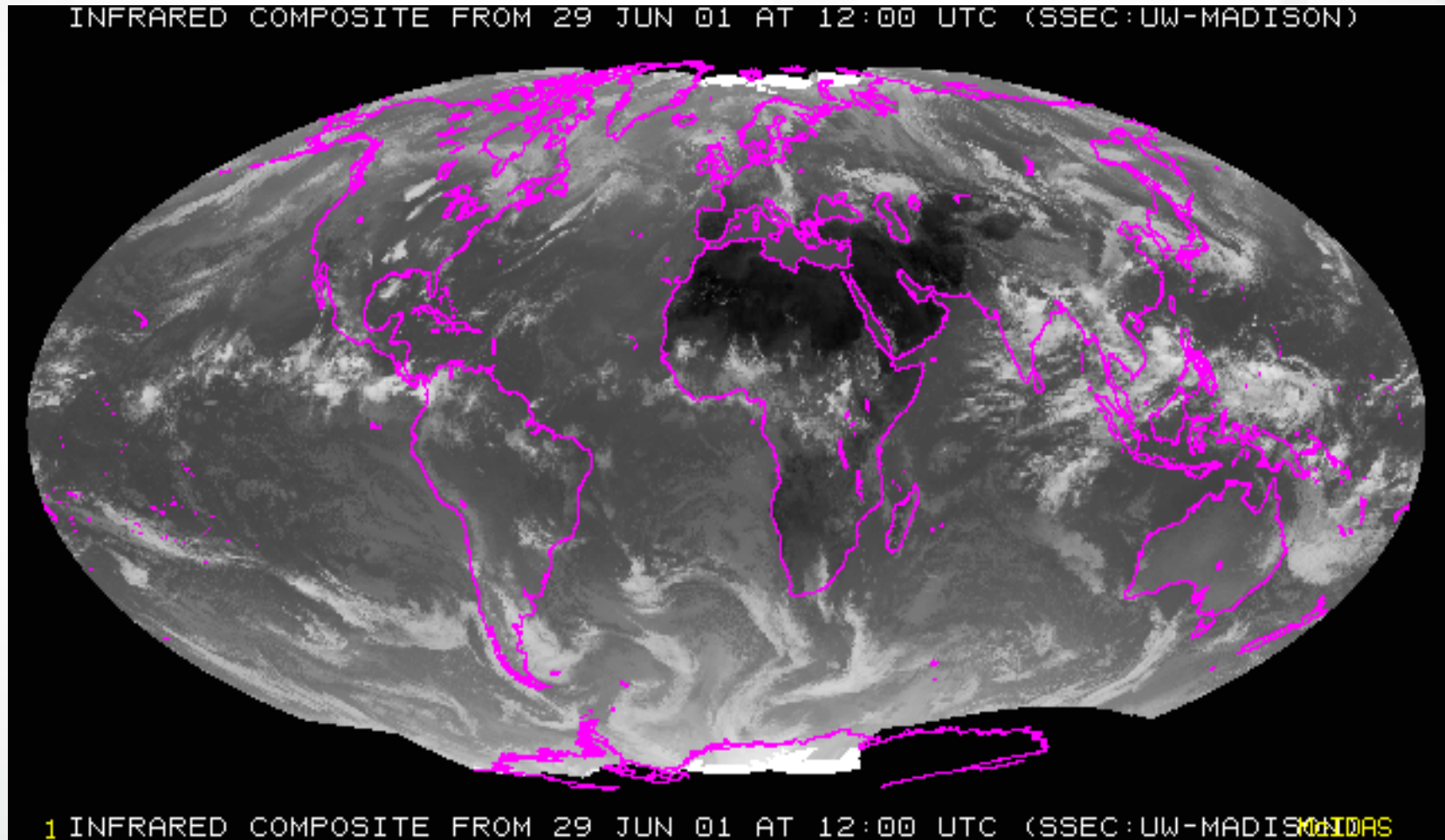
# Processamento de Imagens

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

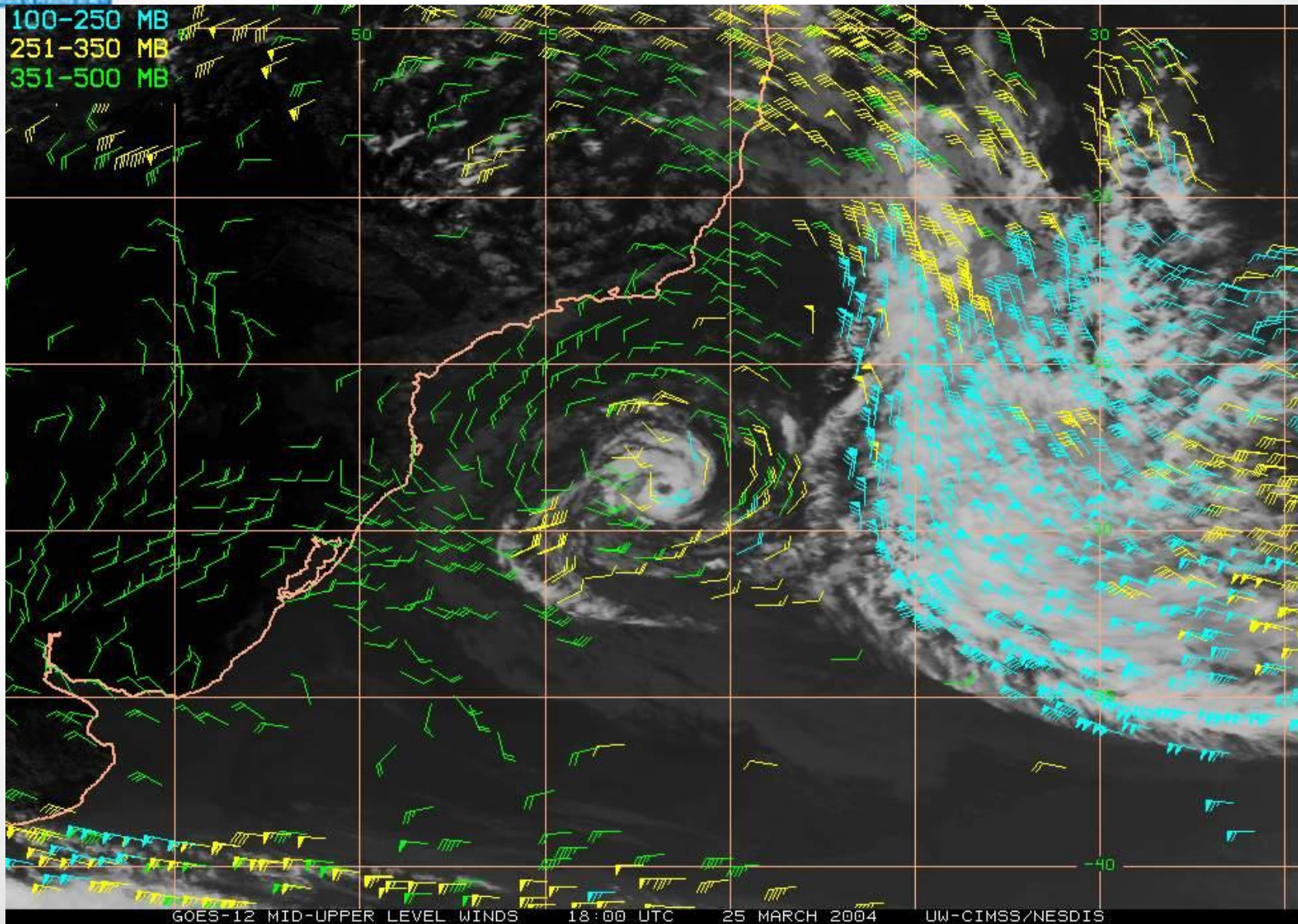




# Mosaico das Imagens dos Satélites Geoestacionários

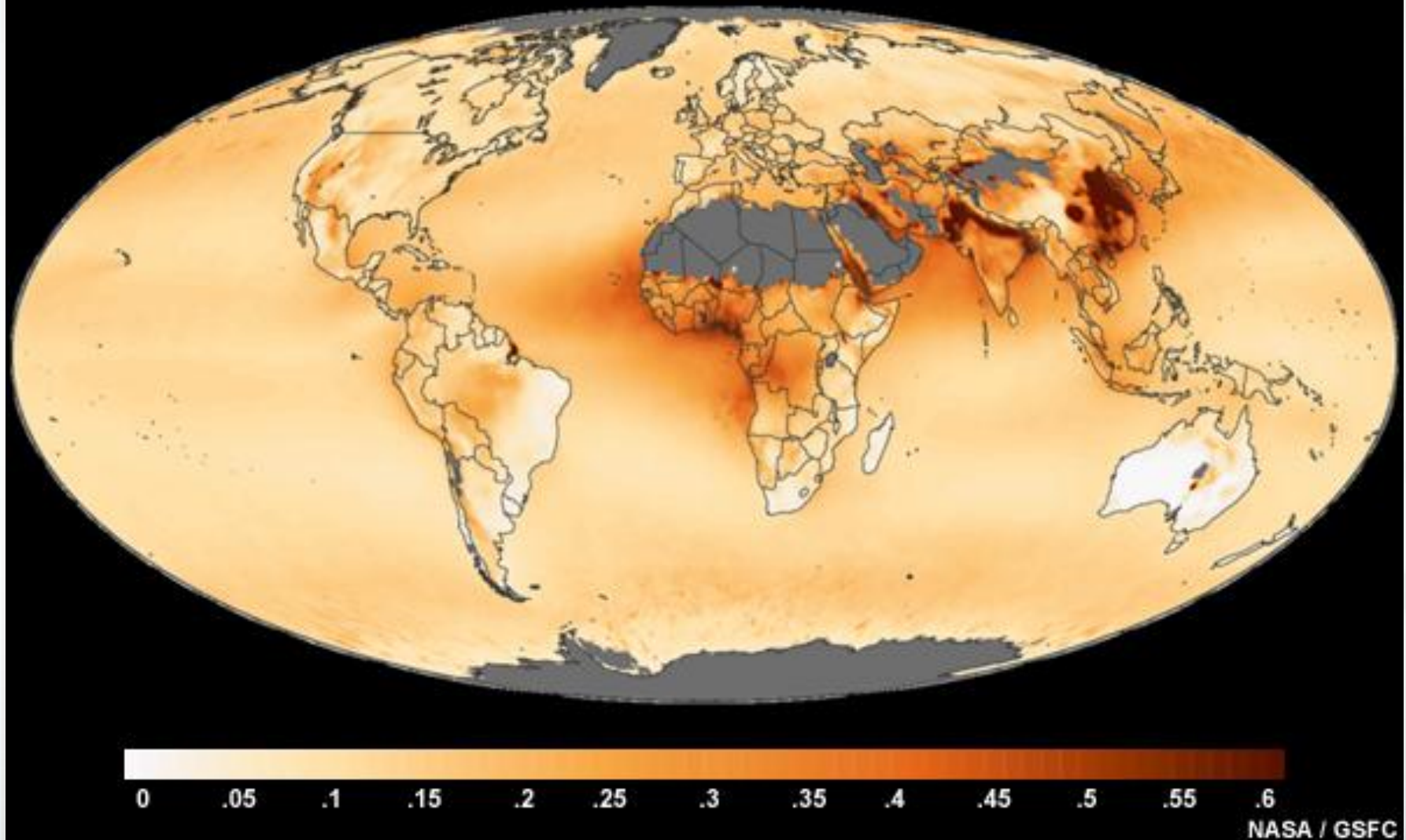


# Estimativa de Vento

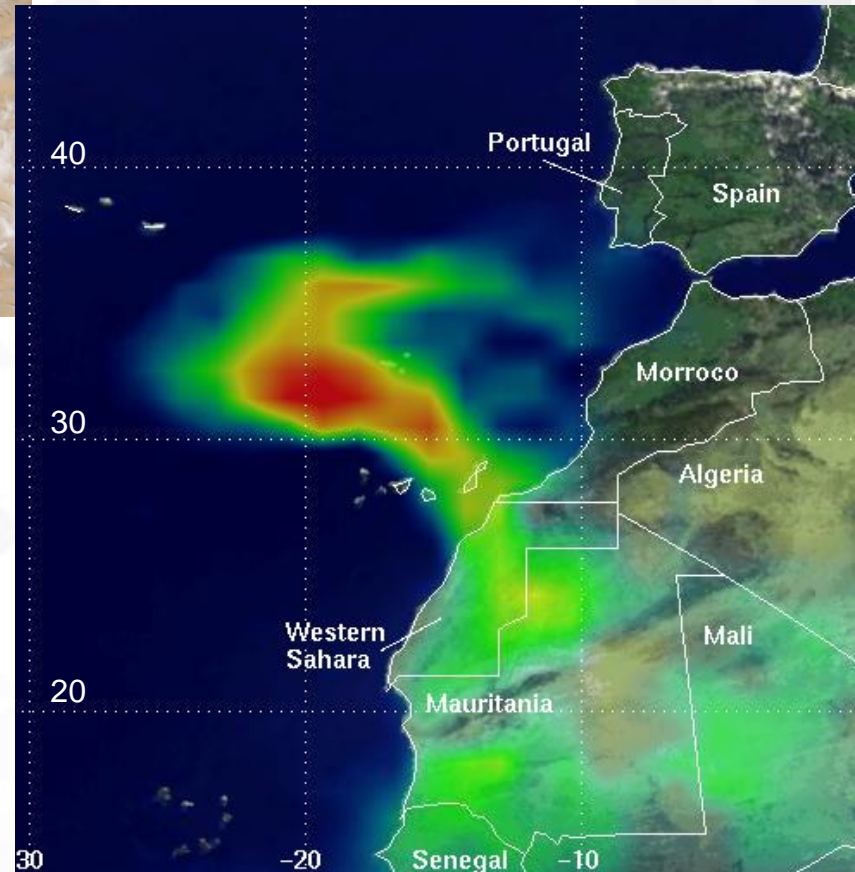
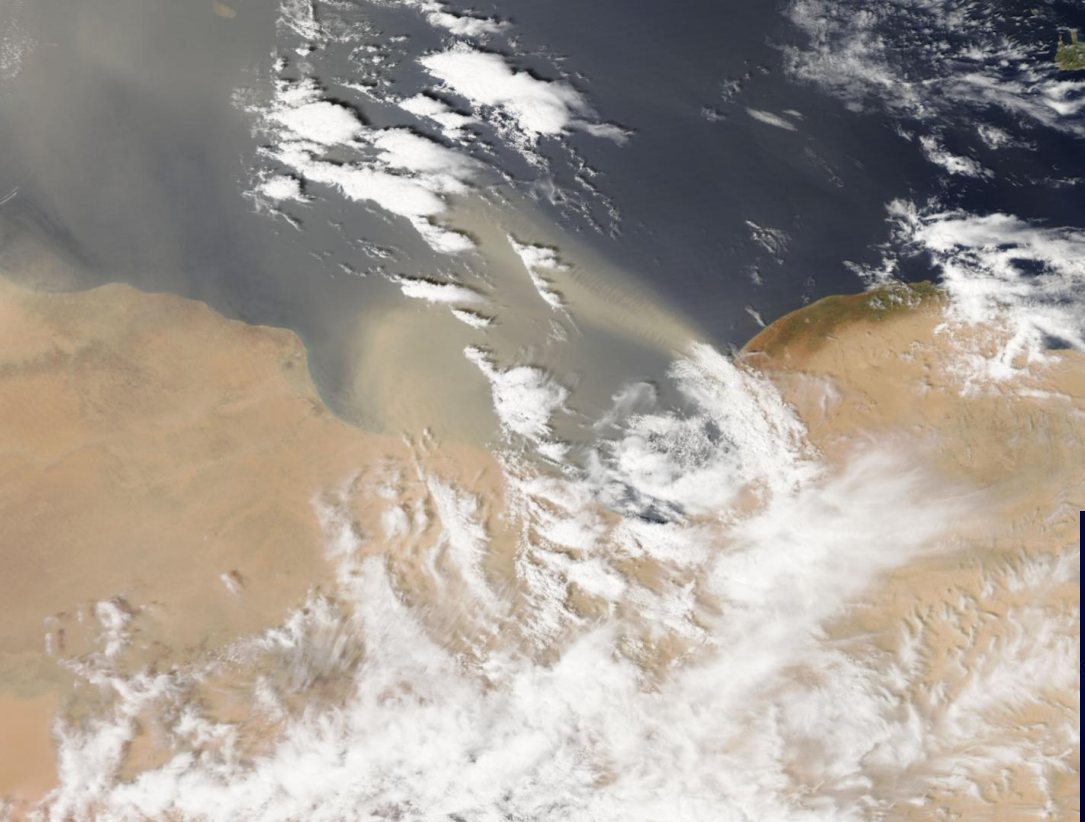




Modis Terra Aerosol Optical Depth at 550nm Averaged From Jan 2005 to Jan 2010



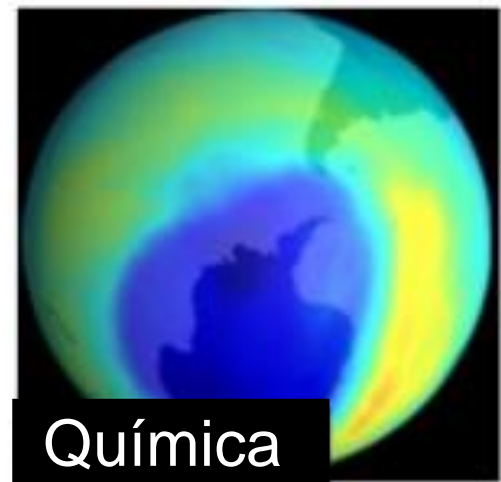
# Aerossóis





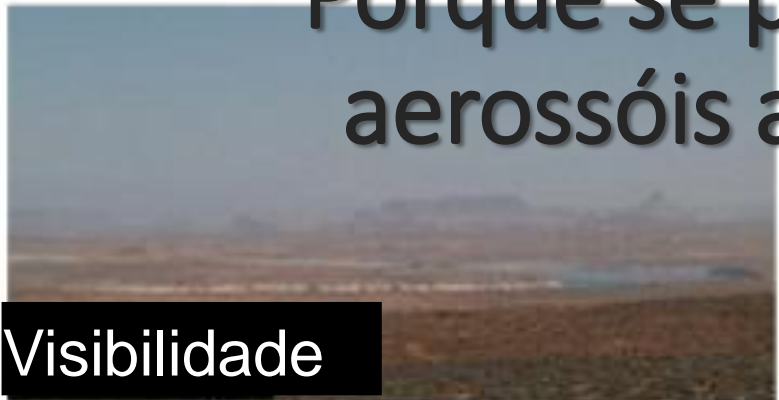


Saúde Pública

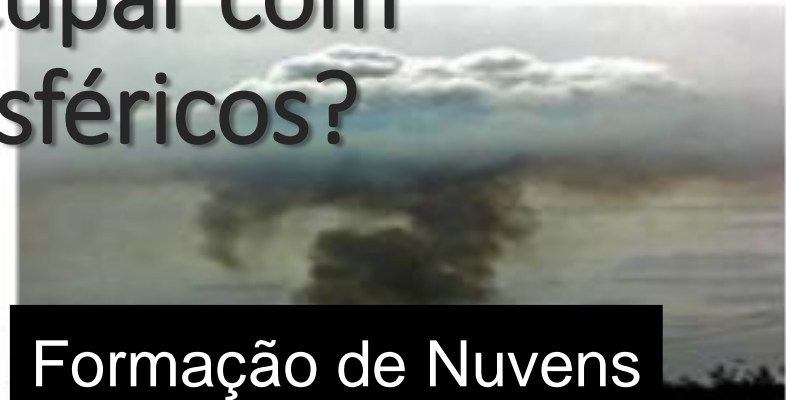


Química

## Porque se preocupar com aerossóis atmosféricos?



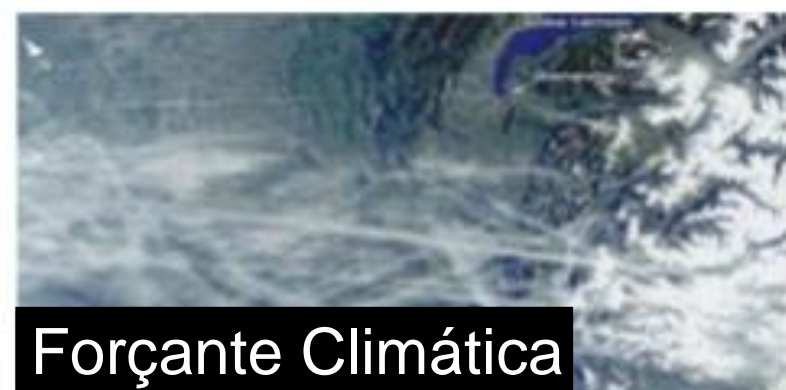
Visibilidade



Formação de Nuvens



Fertilização Oceânica

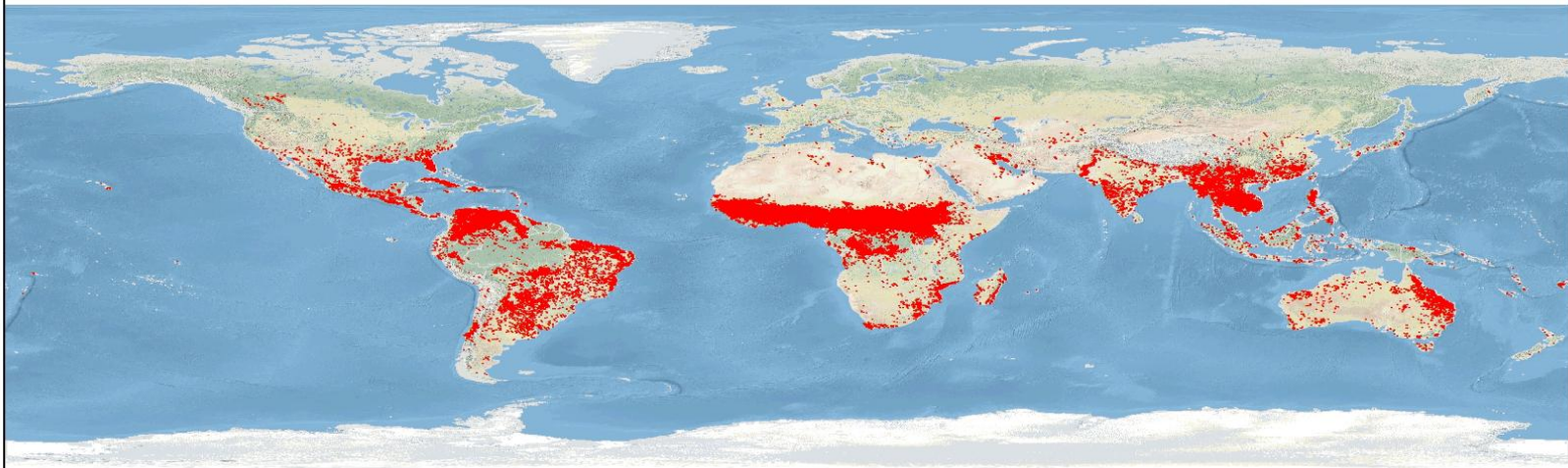


Forçante Climática

# 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

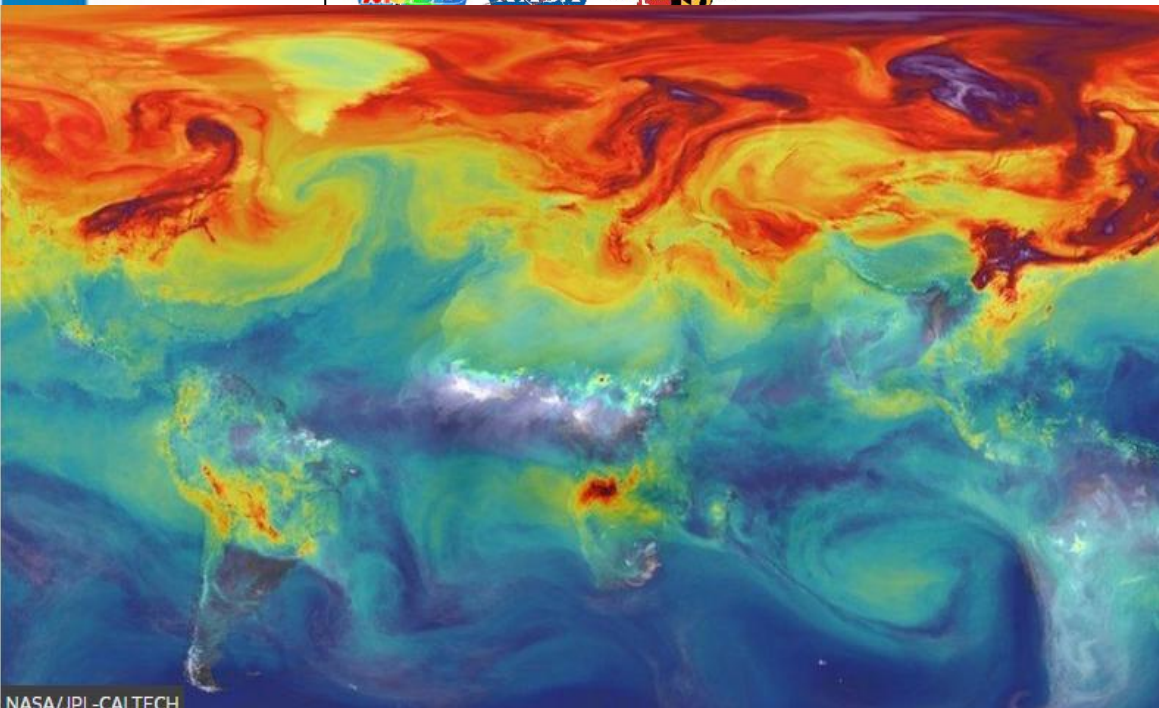




January February March April May June July August September October November December



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



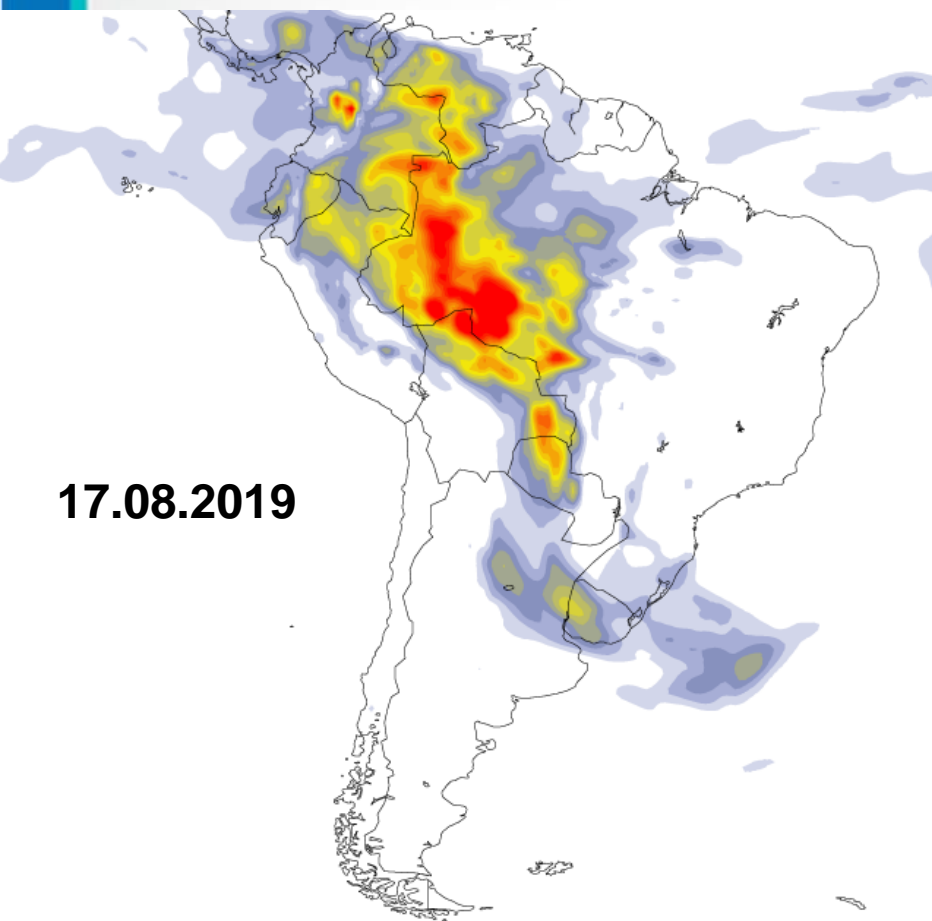
**Emissões globais de CO<sub>2</sub>  
em 2006.**

**Satélite GOES-5  
Fonte: NASA (2015)**

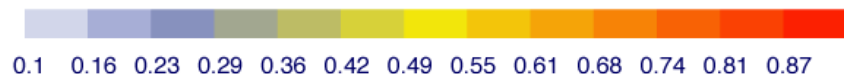
<https://svs.gsfc.nasa.gov/11719>

# Concentração de aerossóis produzidos pela queima de biomassa

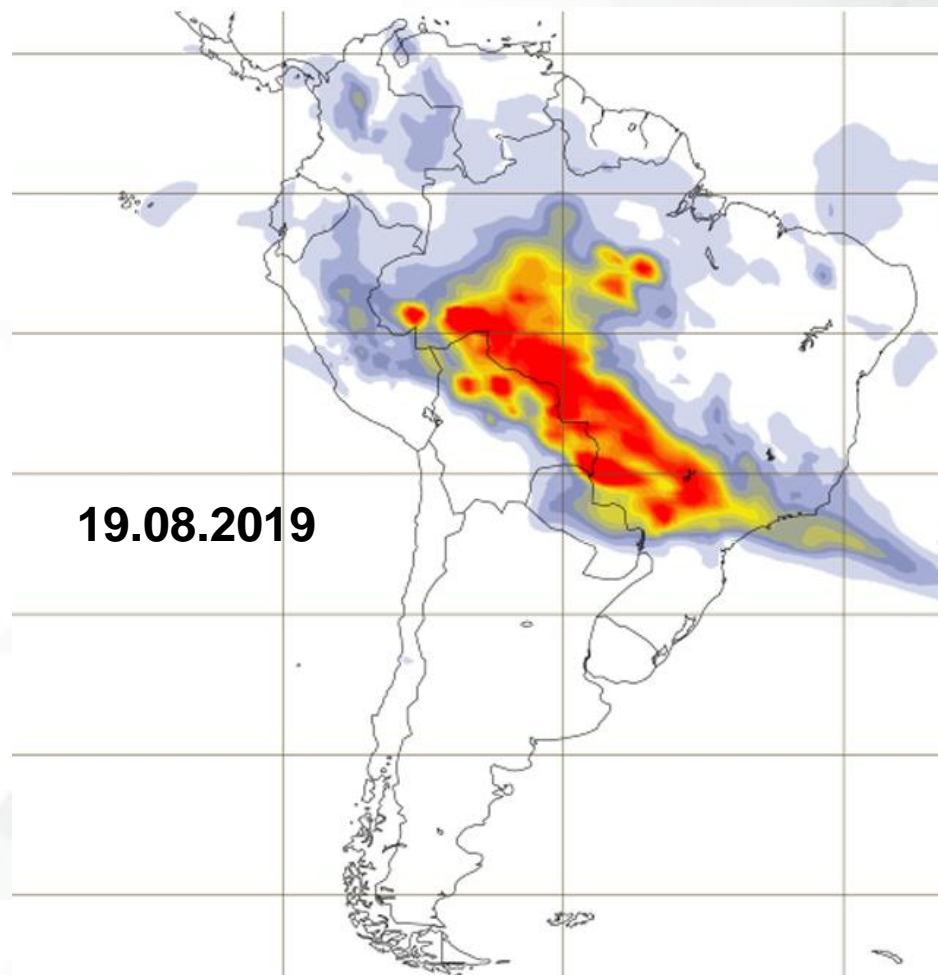
17.08.2019



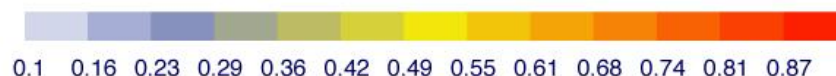
Profundidade óptica de aerossóis produzidos pela queima de biomassa em 500 nm



19.08.2019

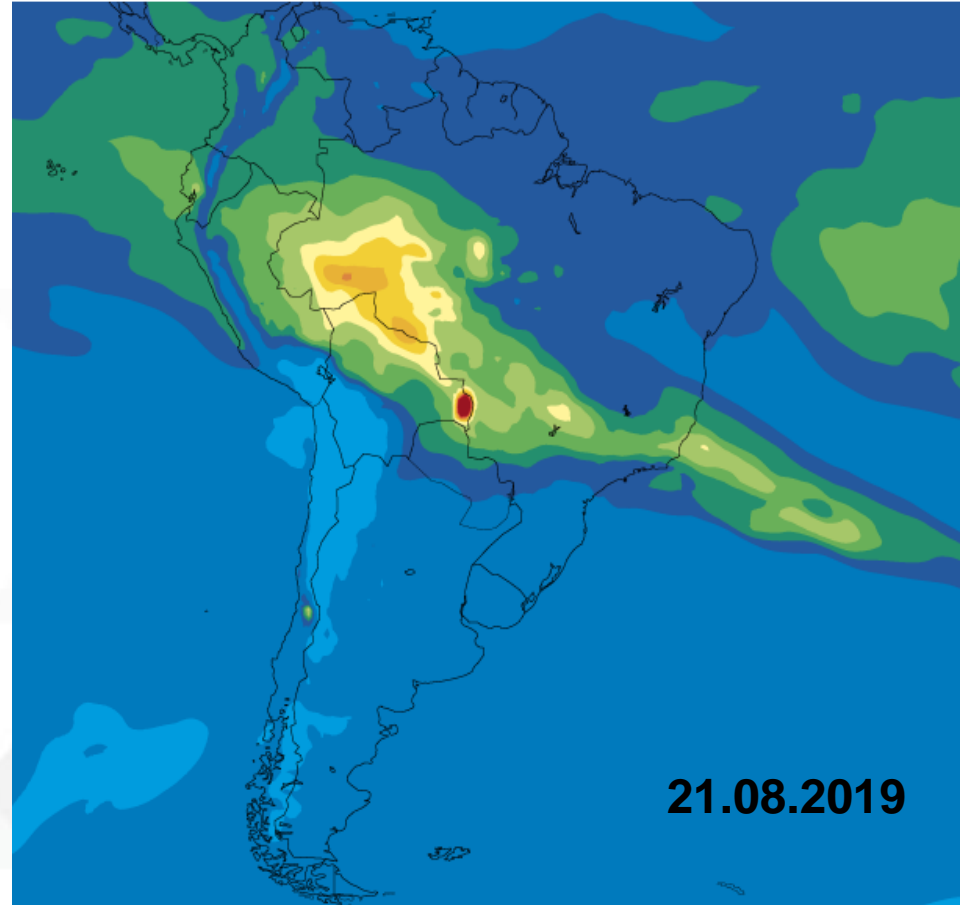
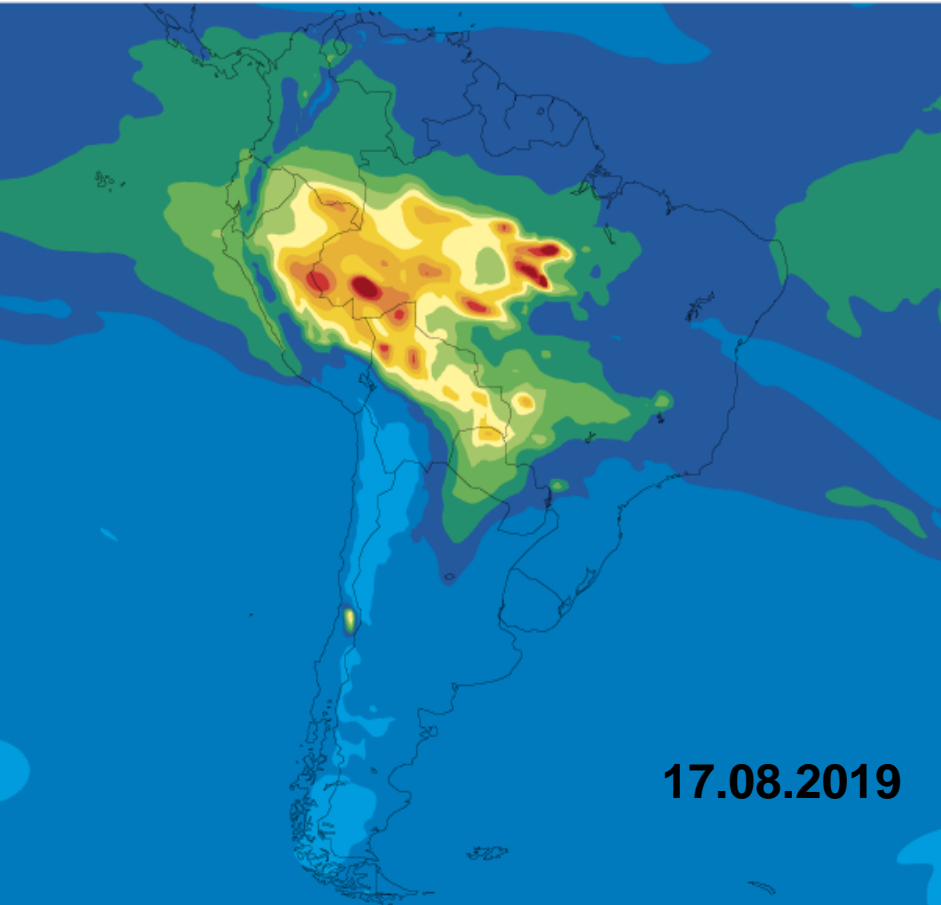


Profundidade óptica de aerossóis produzidos pela queima de biomassa em 500 nm

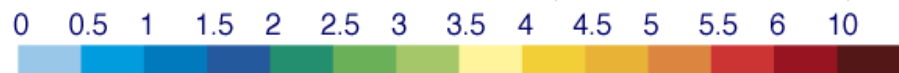




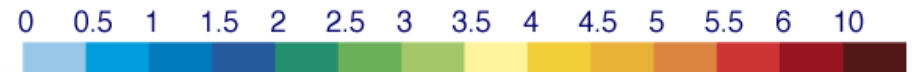
# Emissões estimadas de monóxido de carbono



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

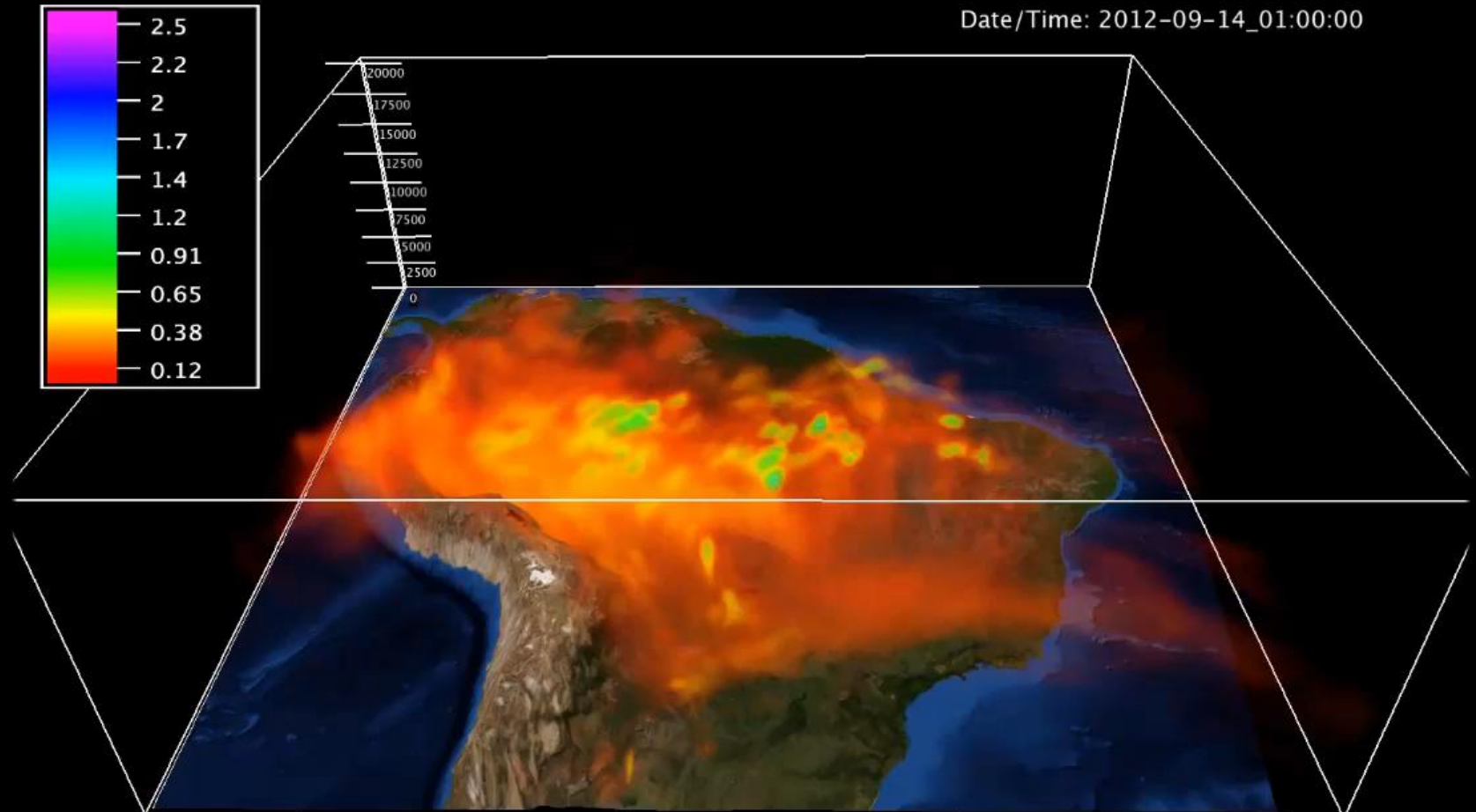


Coluna total de monóxido de carbono ( $10^{18}$  moléculas/cm<sup>2</sup>)



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

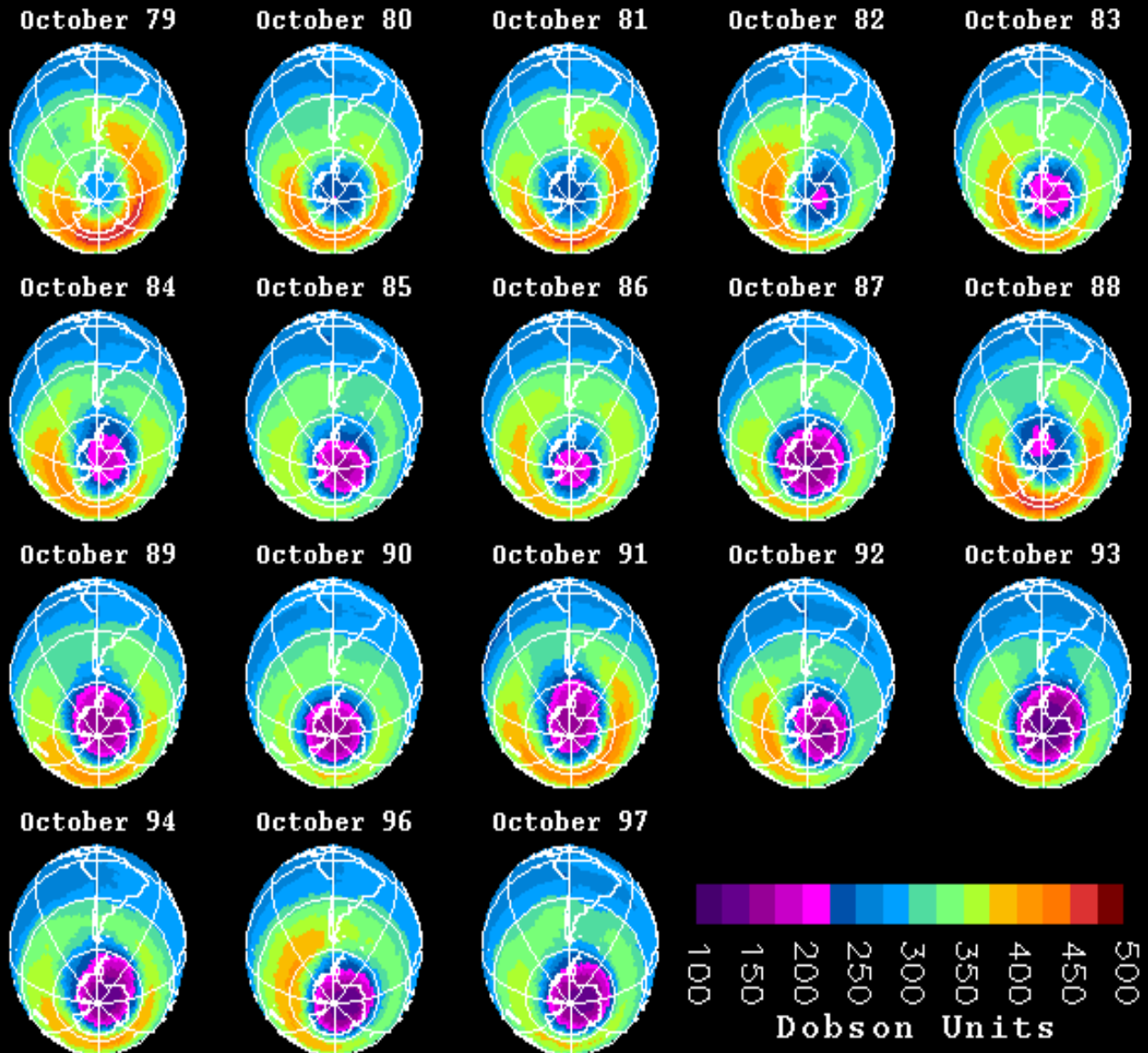
Permite verificar o impacto das emissões sobre as variáveis meteorológicas



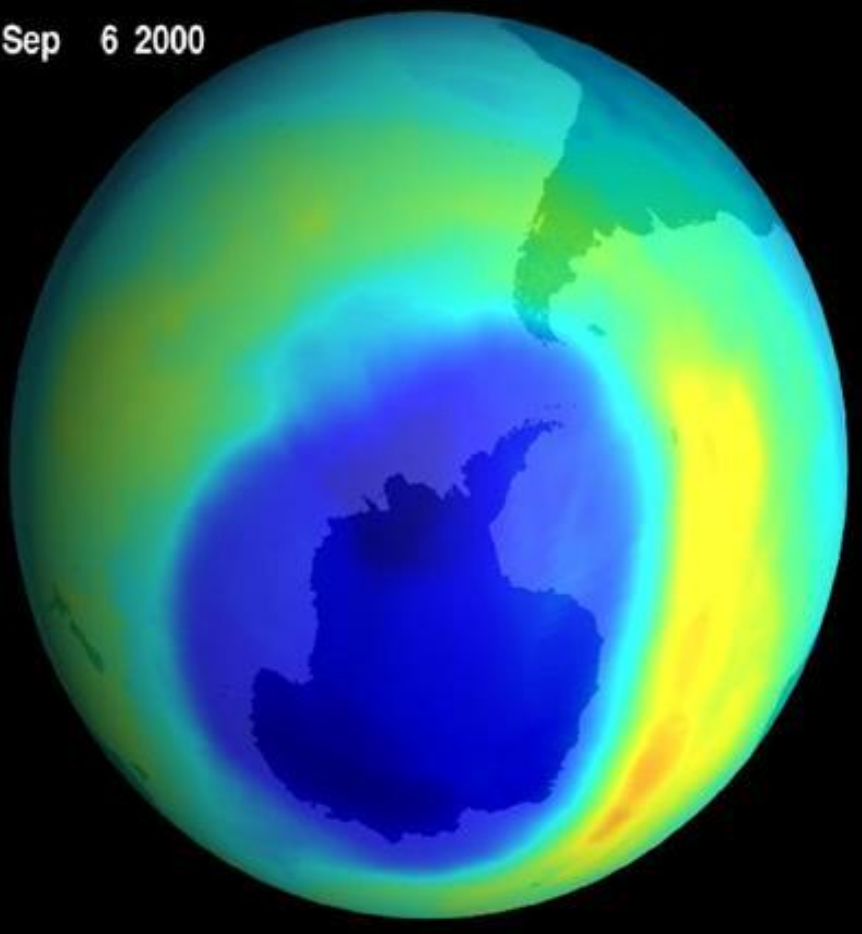
**Simulação da previsão do CO (ppm) emitido executada no WRF-Chem**



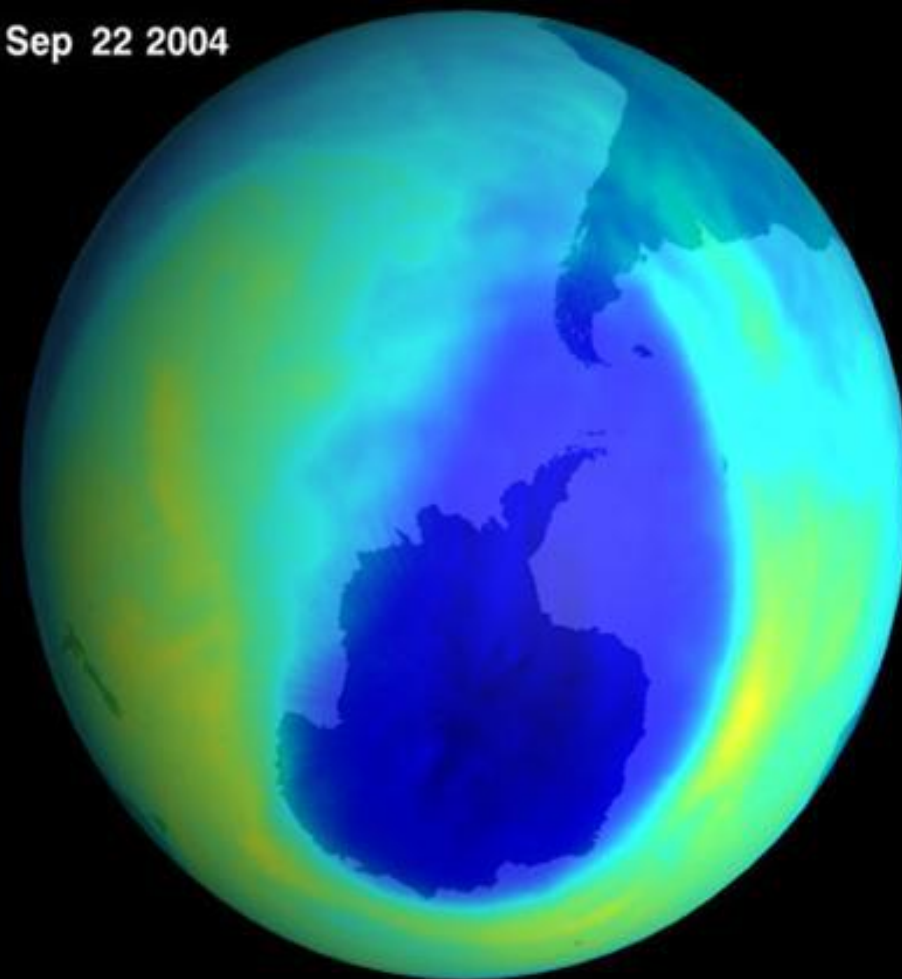
# TOMS Total Ozone Monthly Averages



Sep 6 2000

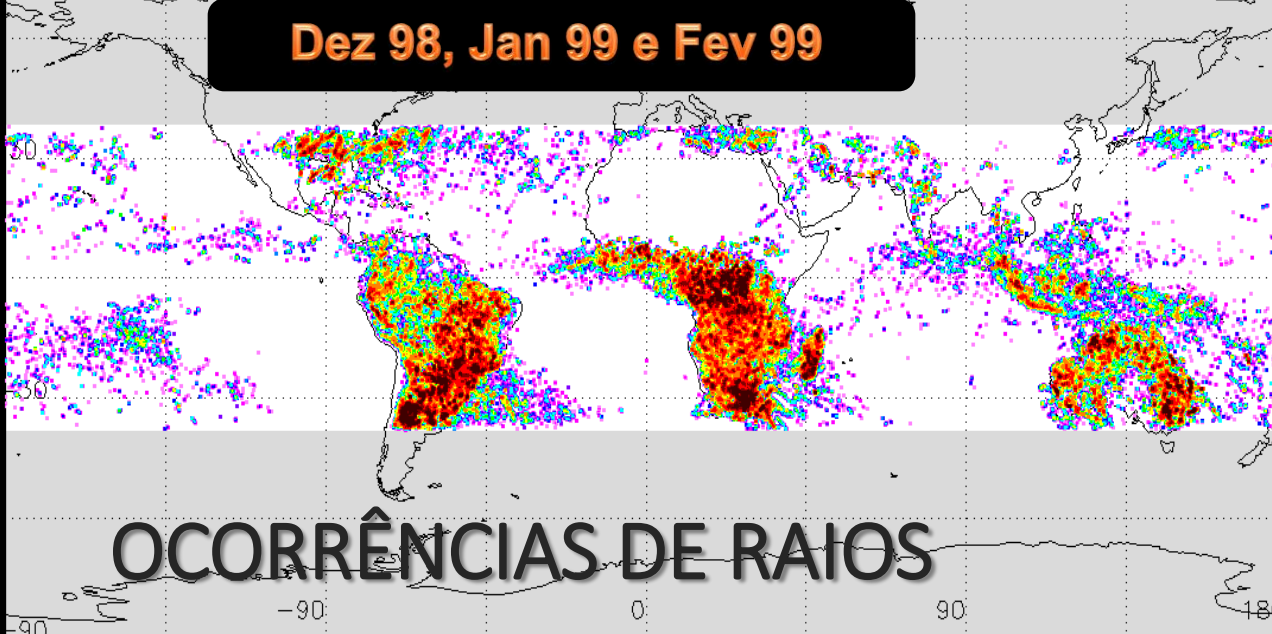


Sep 22 2004





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

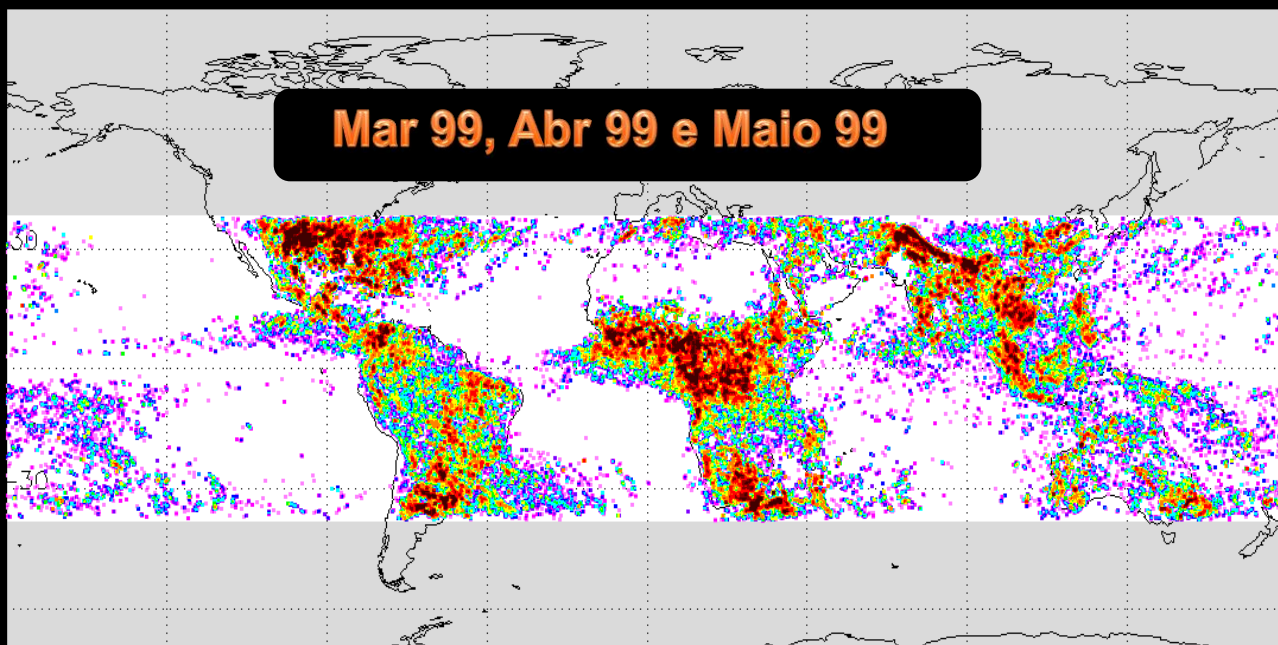


# OCORRÊNCIAS DE RAIOS

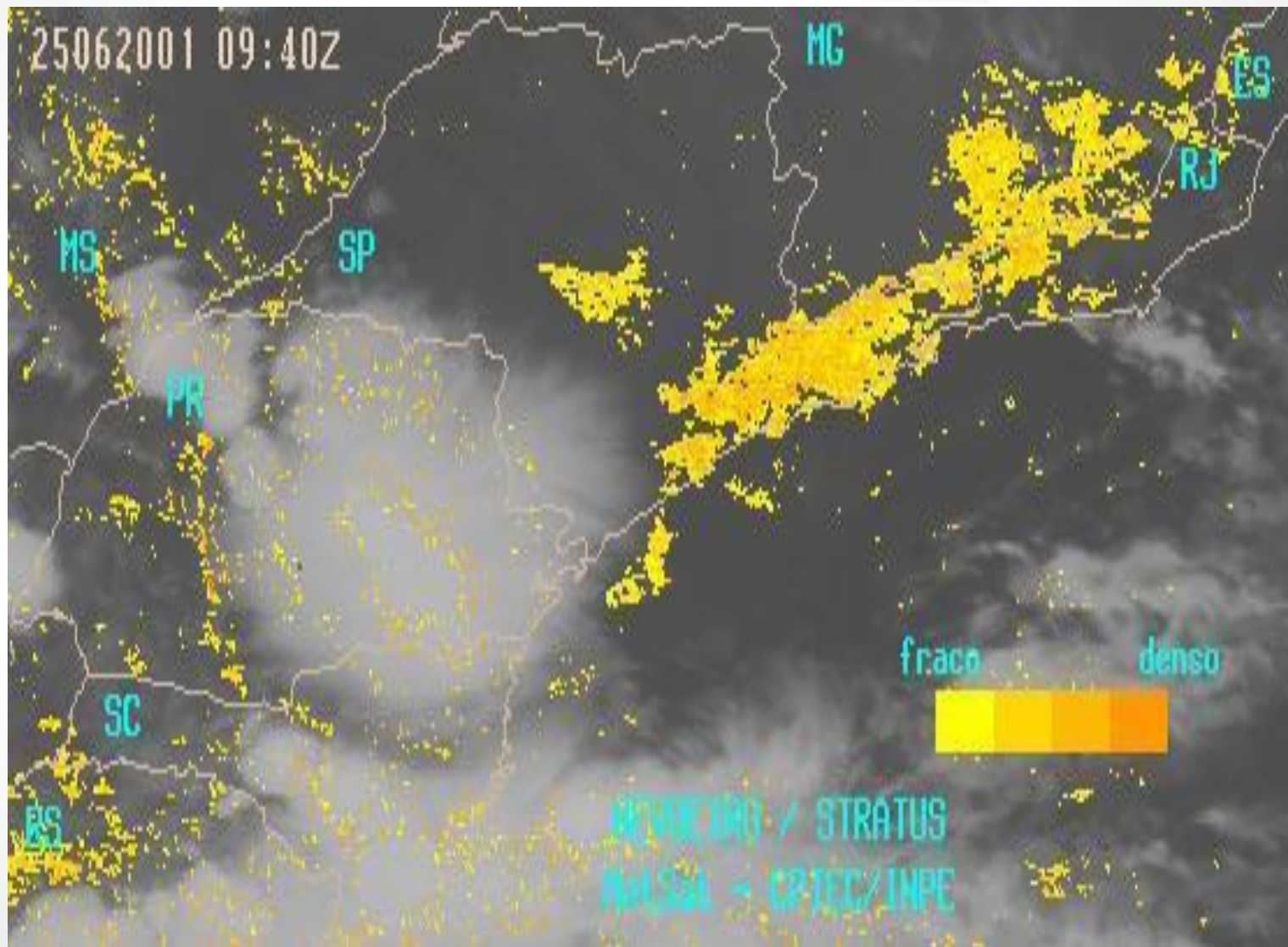
Orbits 1419  
Areas 50785  
Flashes 231007



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

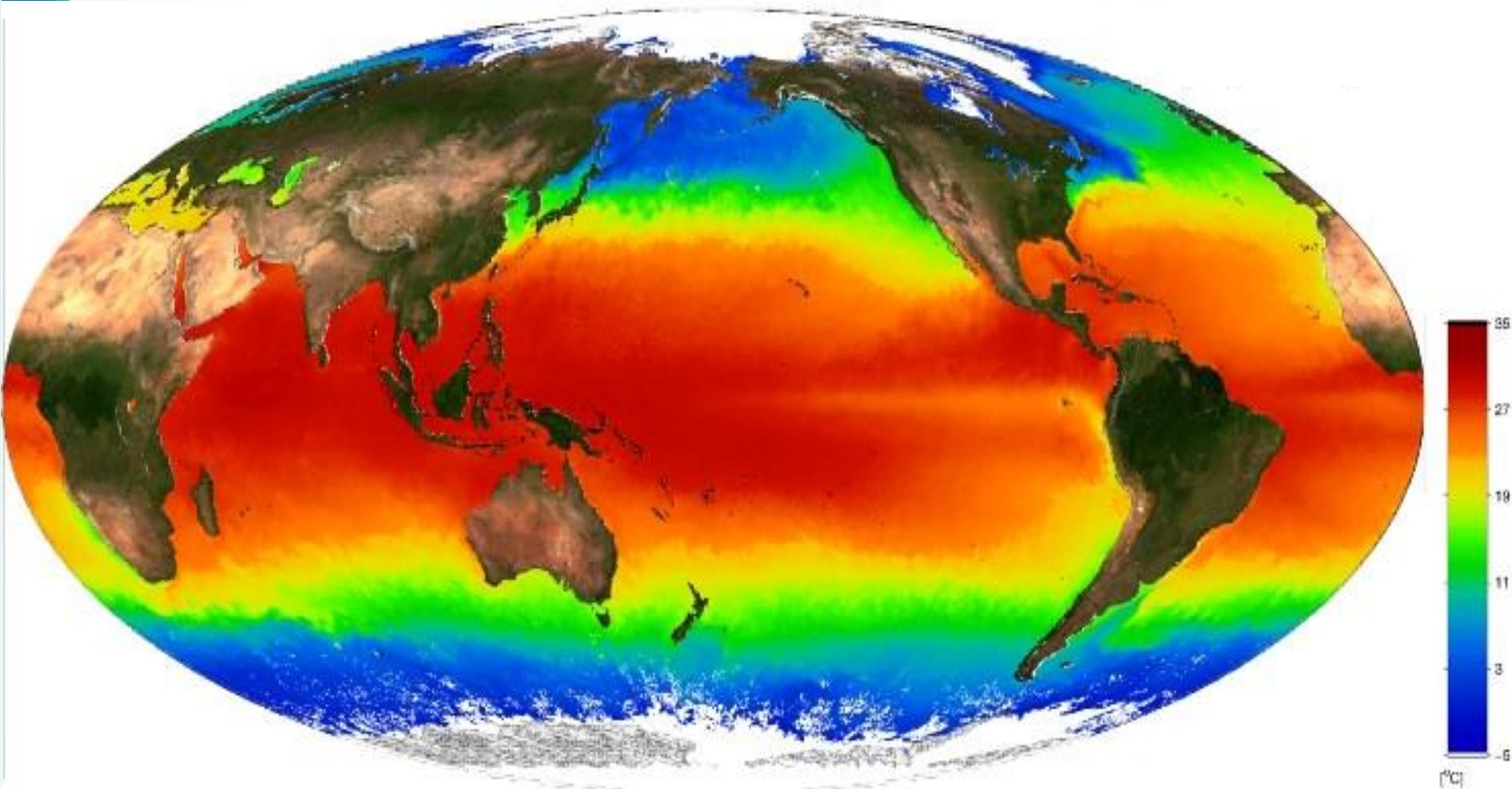


# Nevoeiro

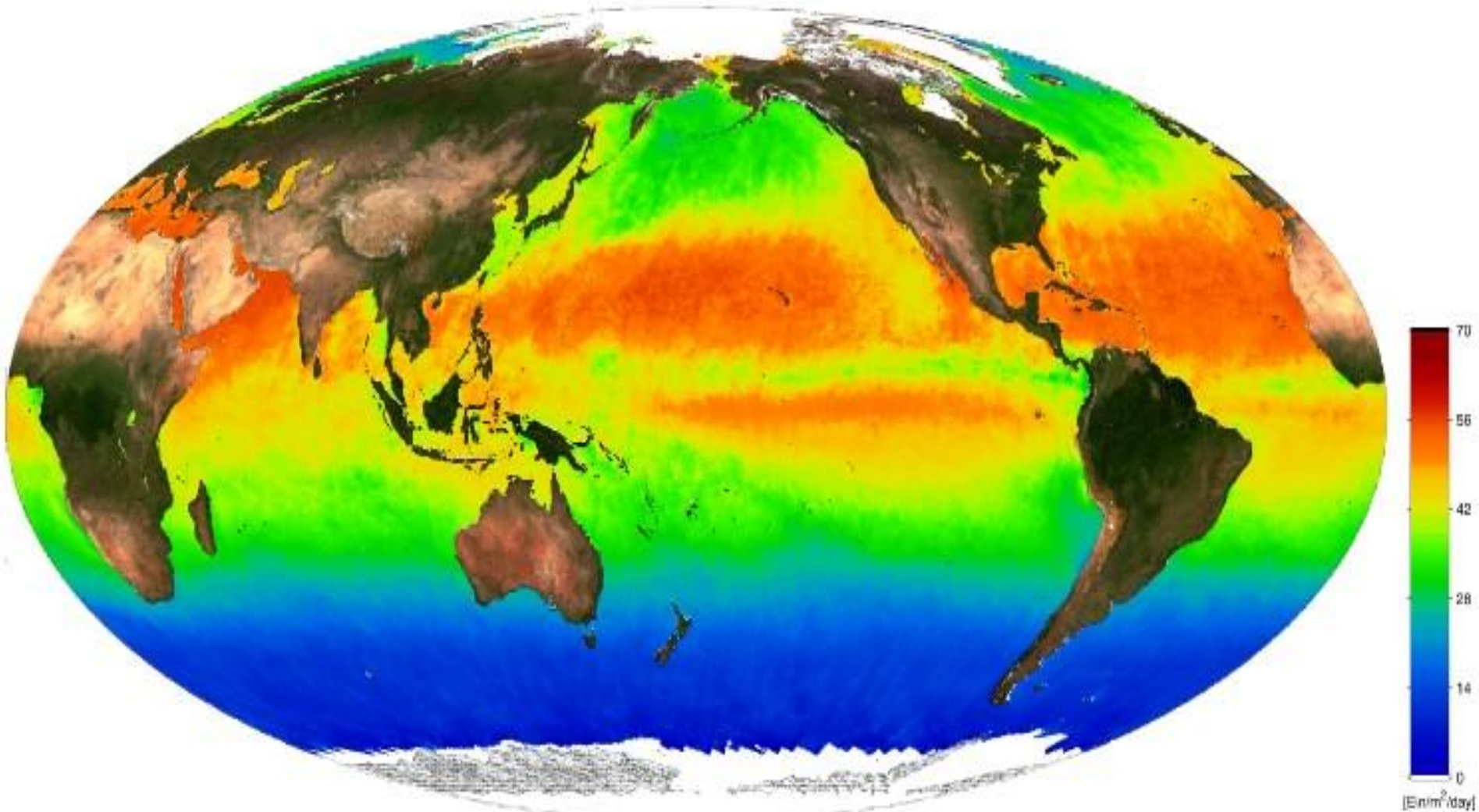




## Temperatura da Superfície do Mar

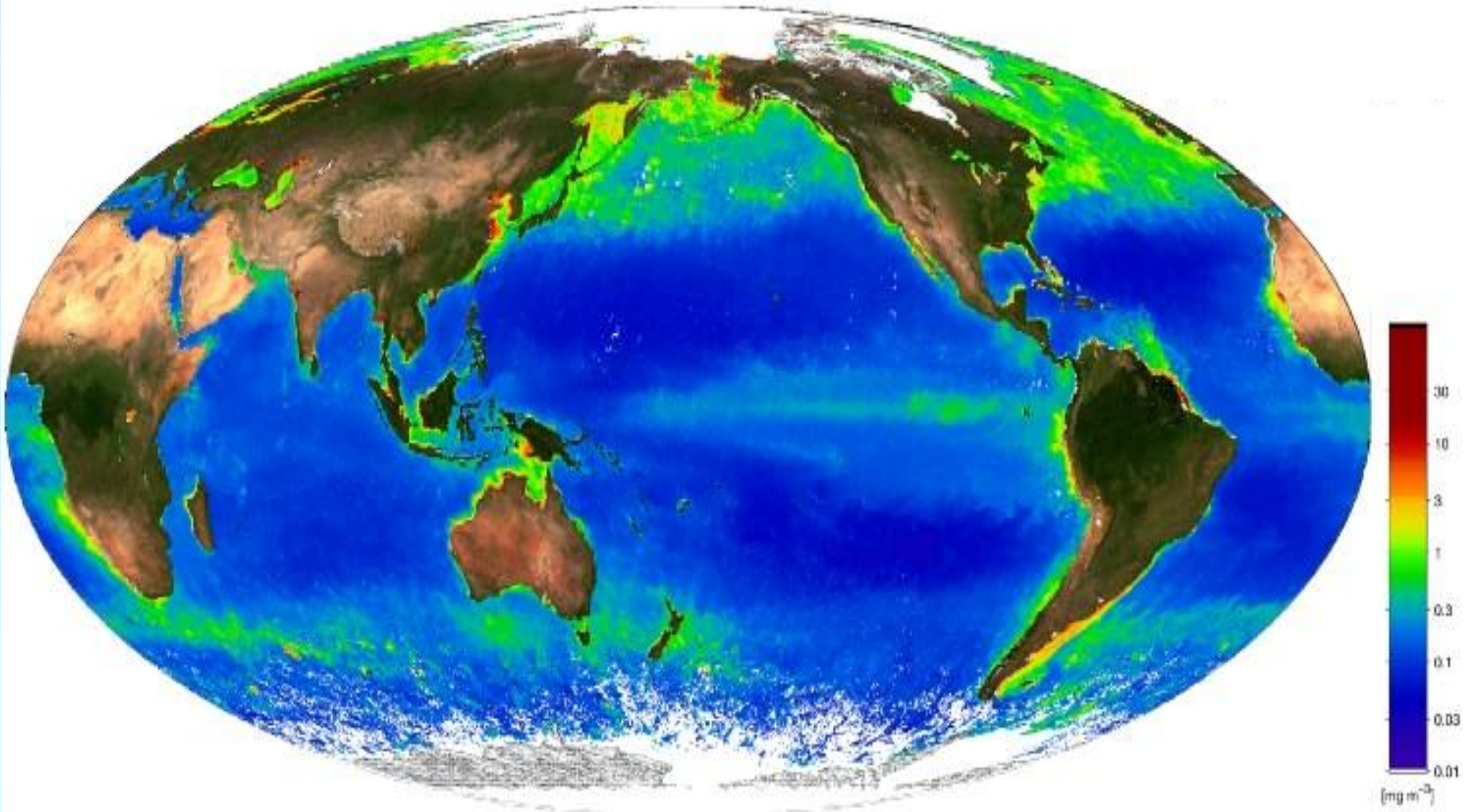


# Produto Radiação Fotossinteticamente Ativa



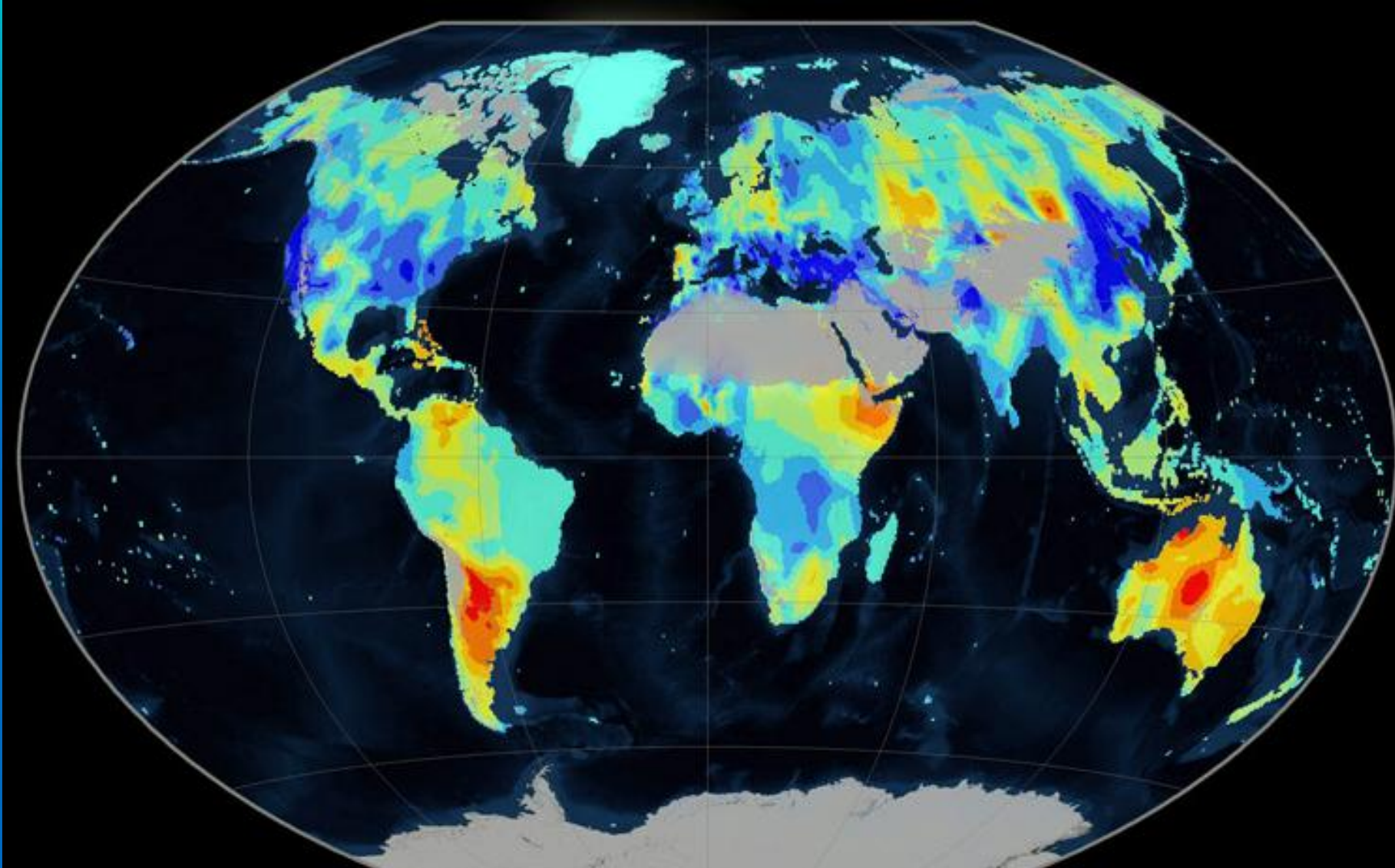


# Produto Clorofila-a global



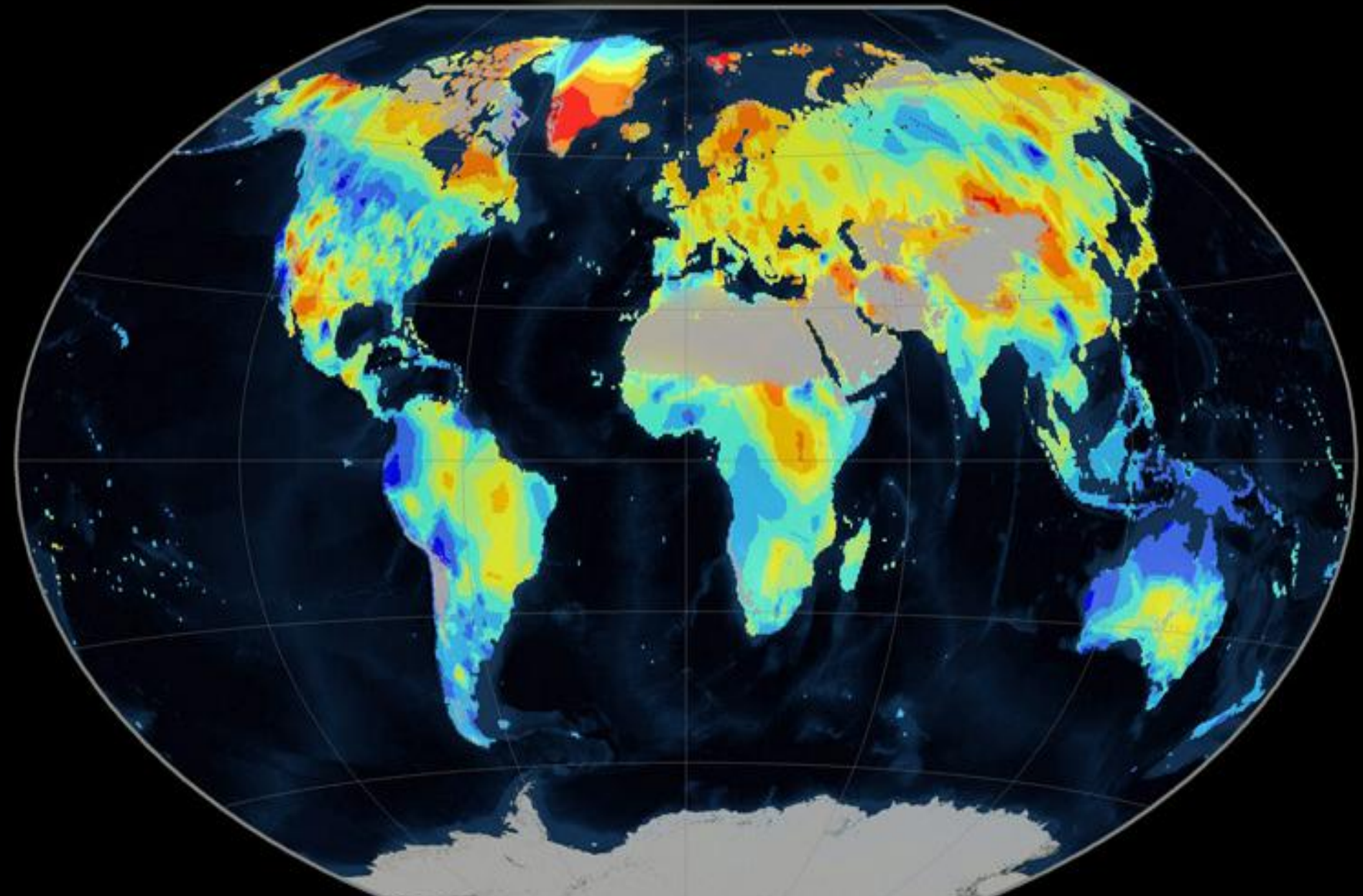
# Análise sobre os continentes

## Nebulosidade

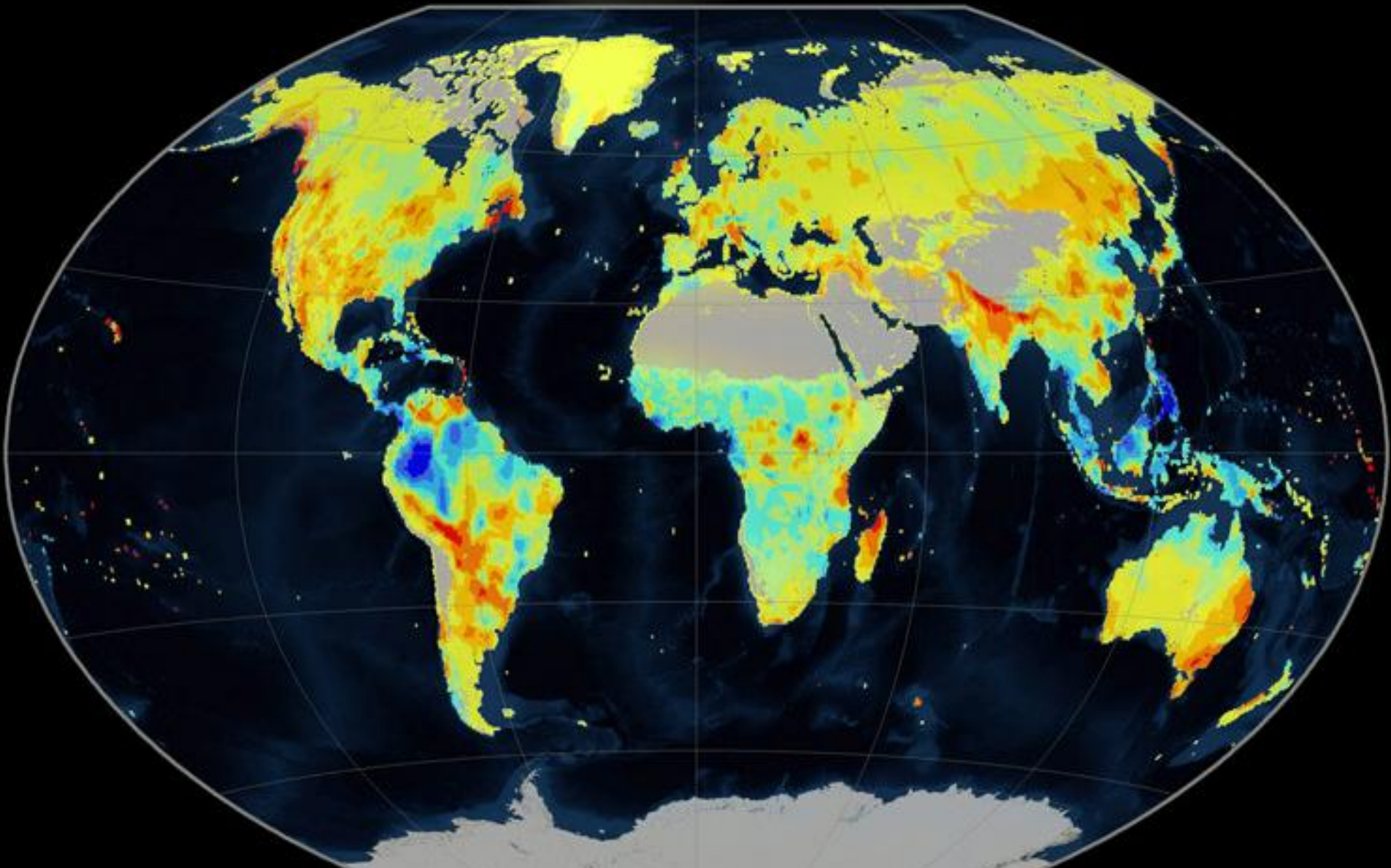




# TEMPERATURA

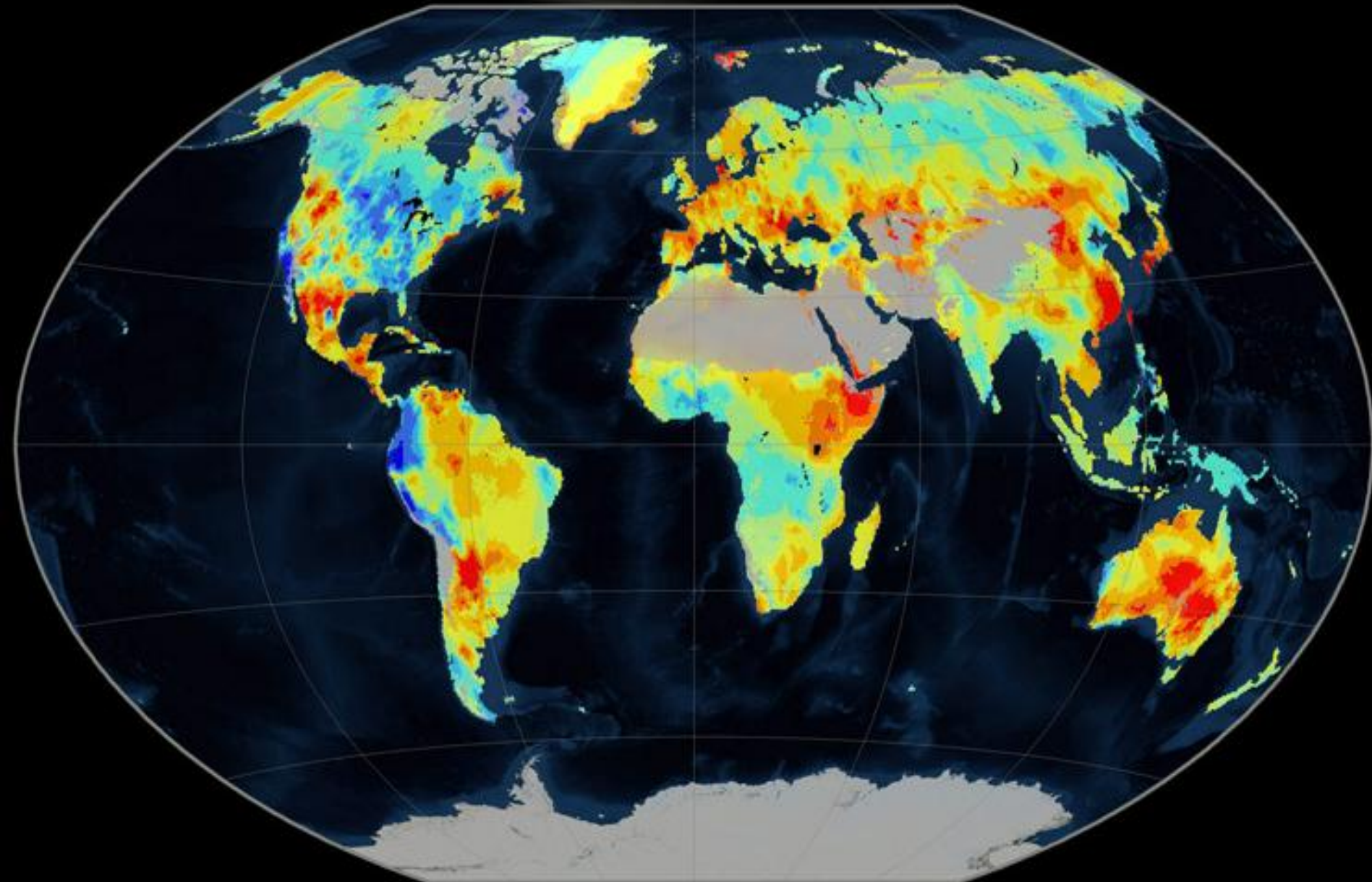


# PRECIPITAÇÃO

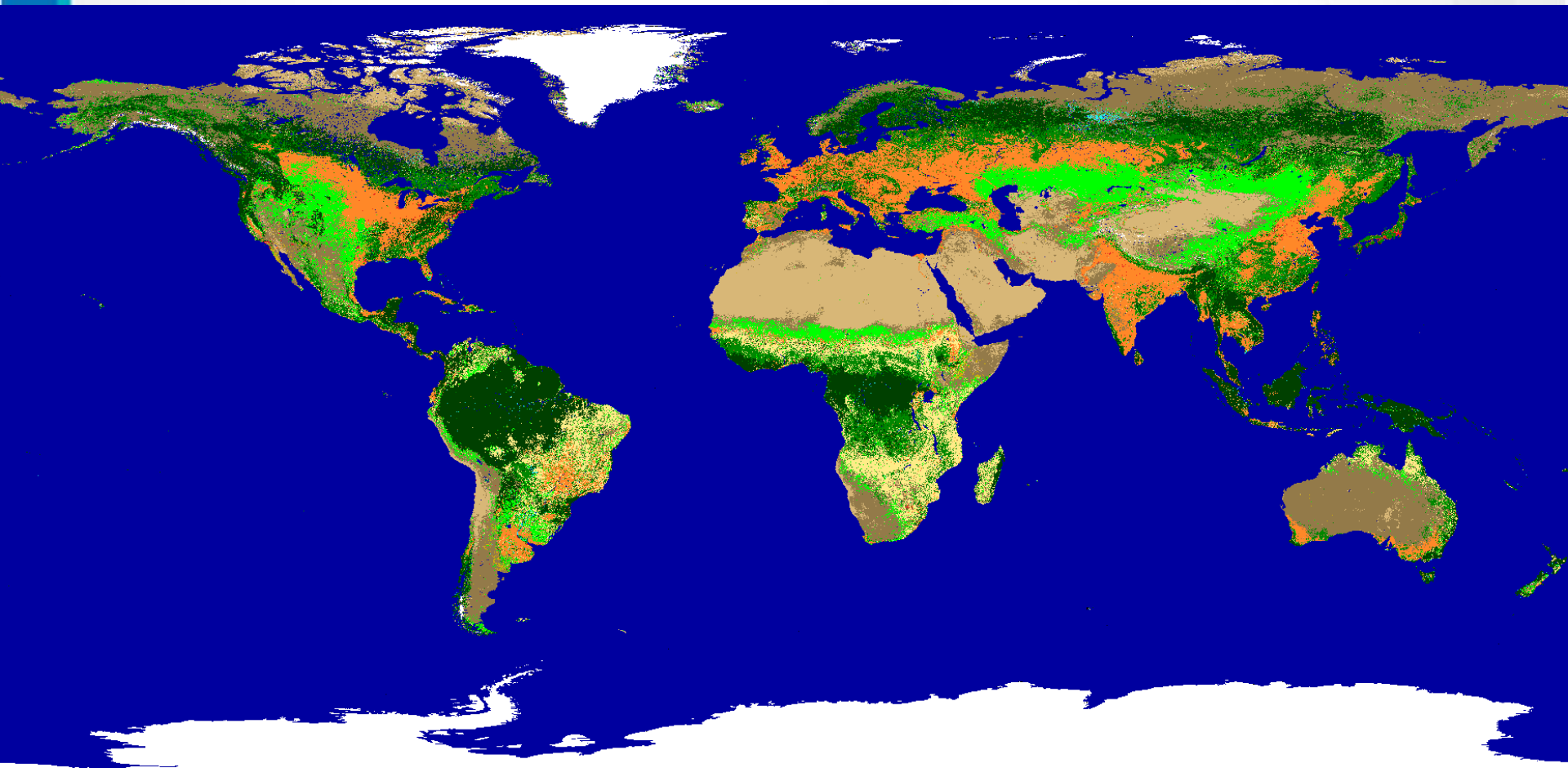




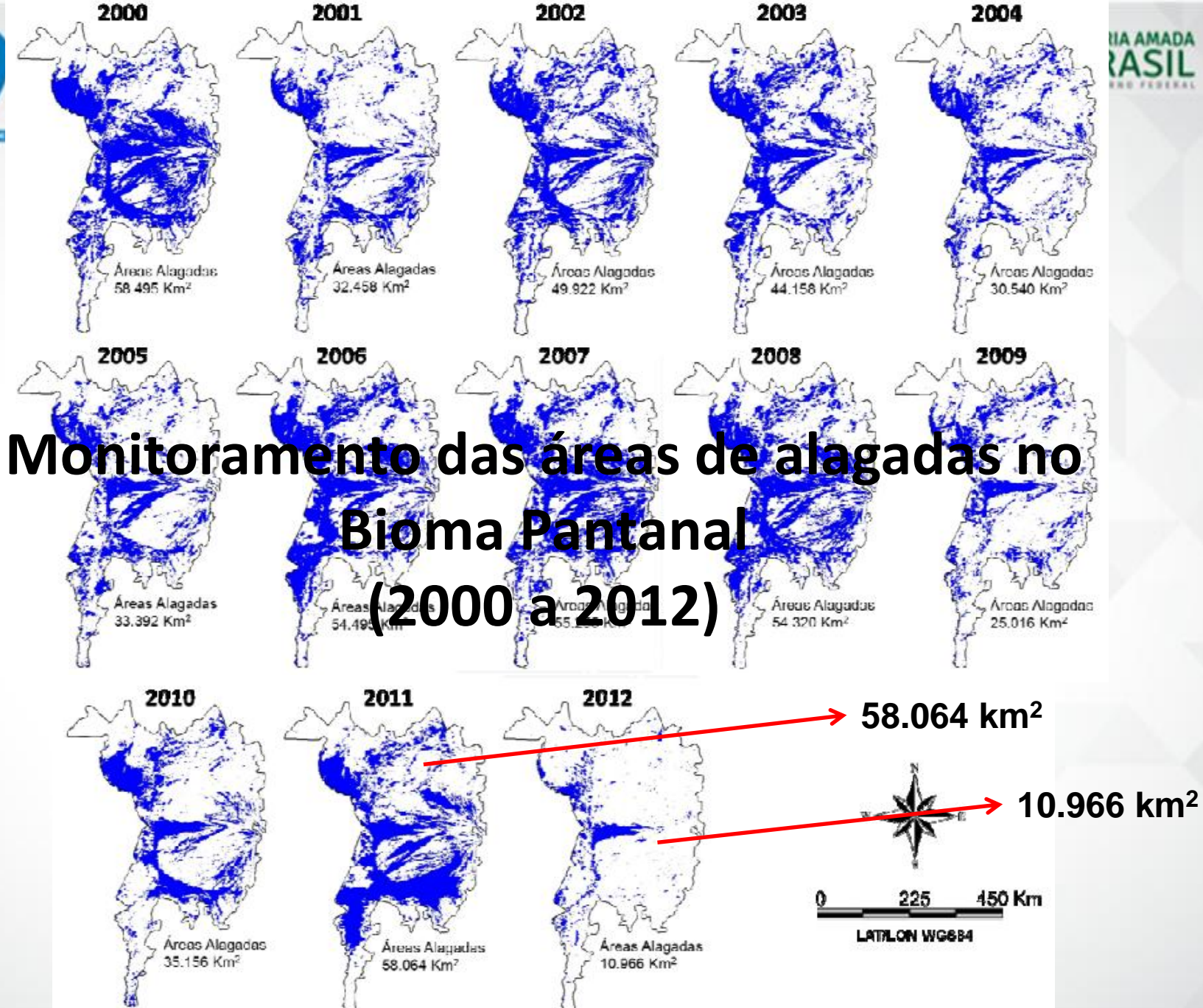
# EVAPOTRANSPIRAÇÃO



# Uso do Solo







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

Ano hidrológico  
(outubro a setembro)

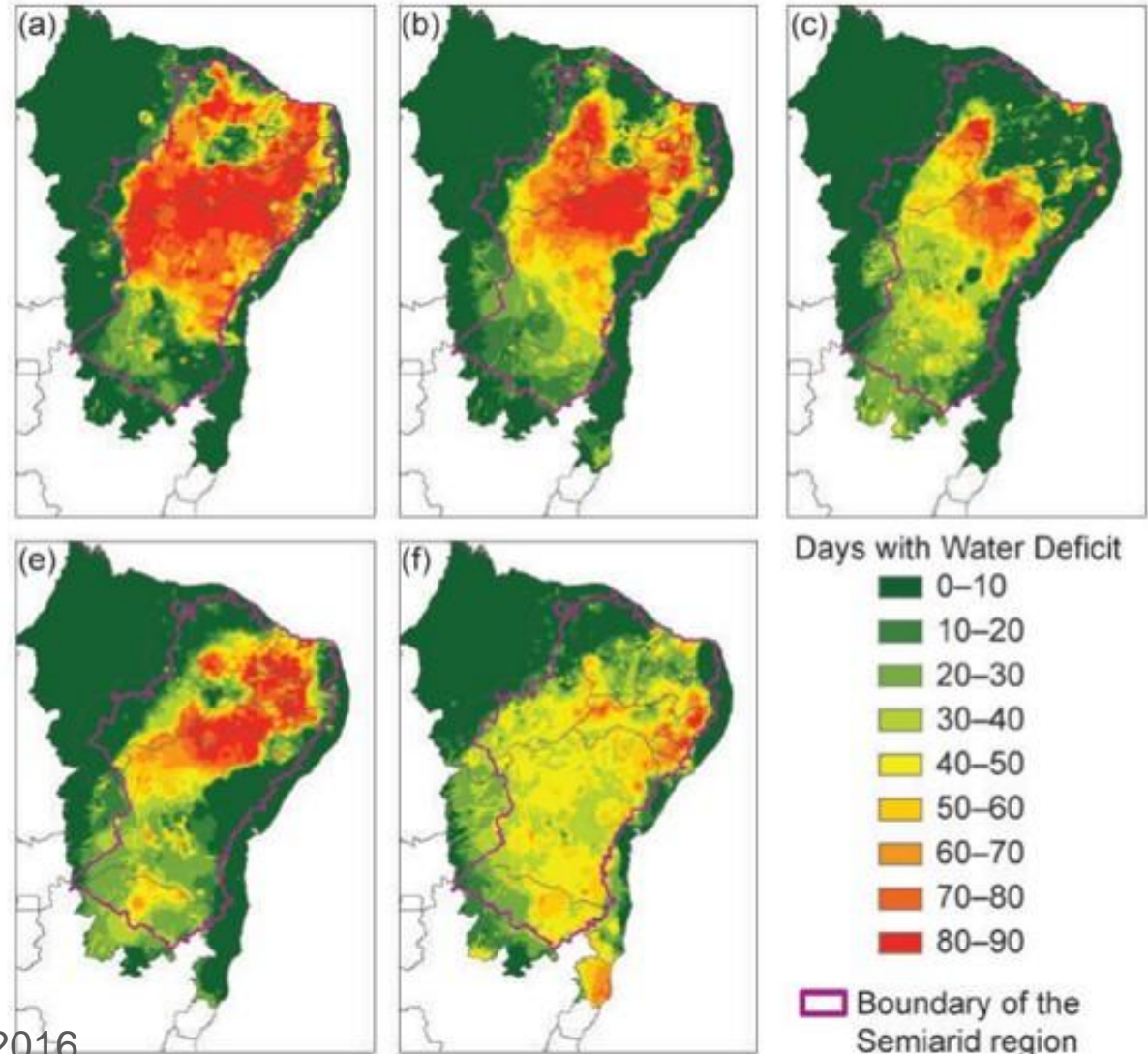
(a) 2011-2012

(b) 2012-2013

(c) 2013-2014

(d) 2012-2013

(e) 2015-2016

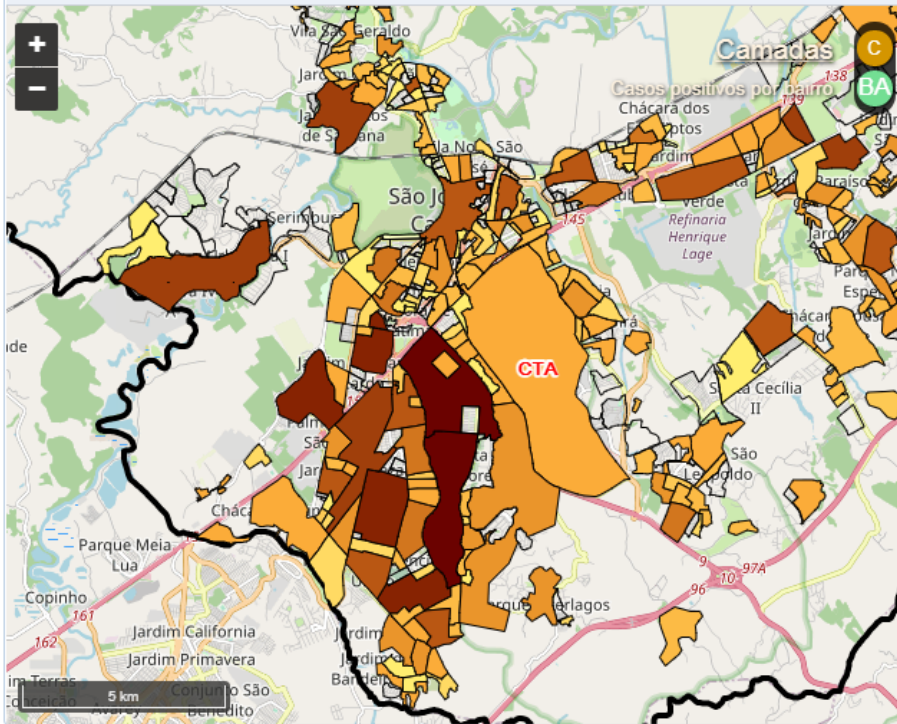


Fonte: State of the climate in 2016

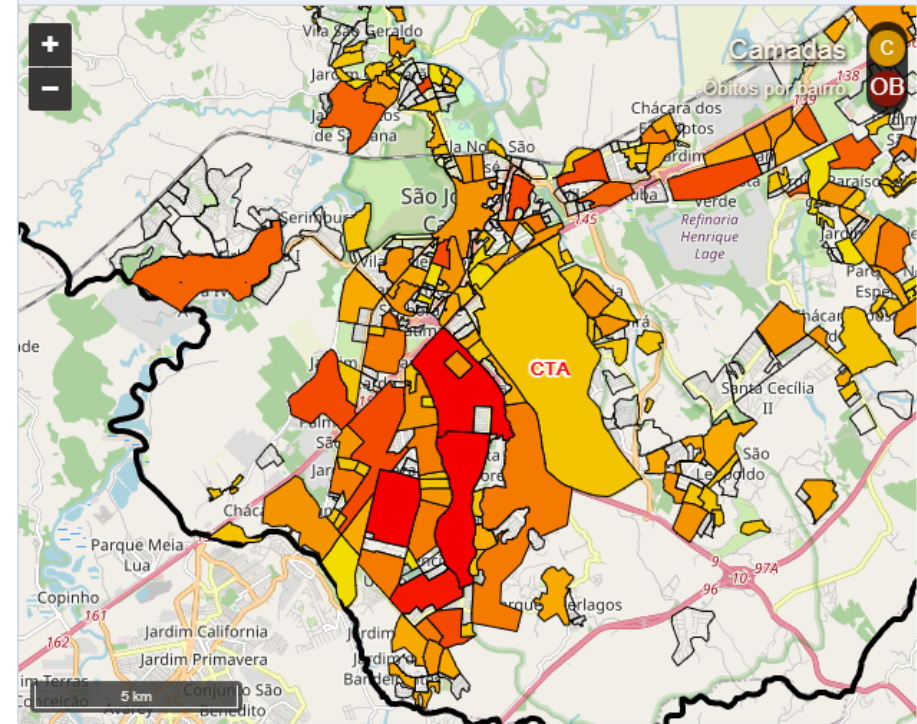


# Monitoramento do contágio e óbitos por Covid-19

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

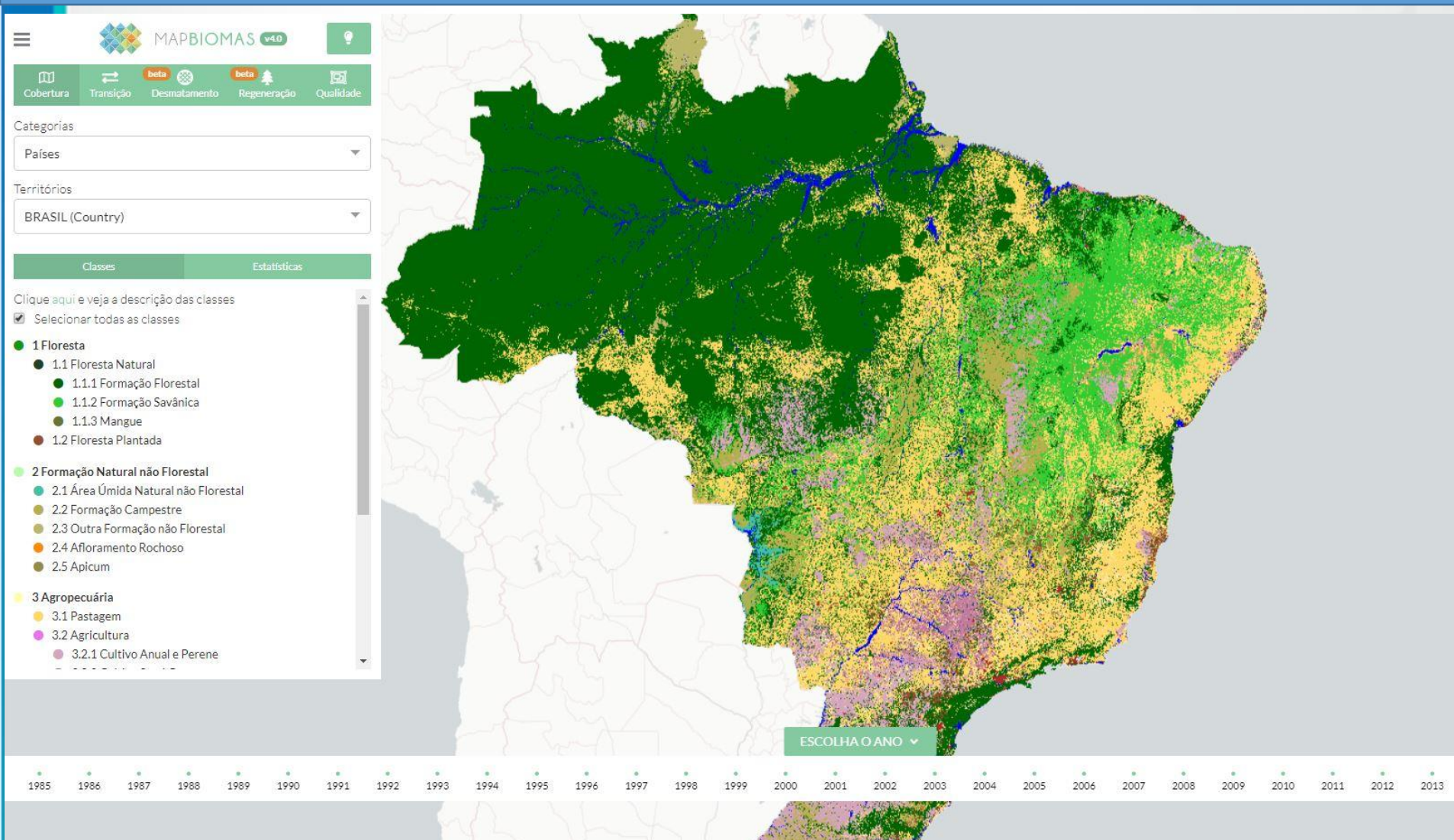


Mapa de Óbitos por Bairro até 09/07/2021



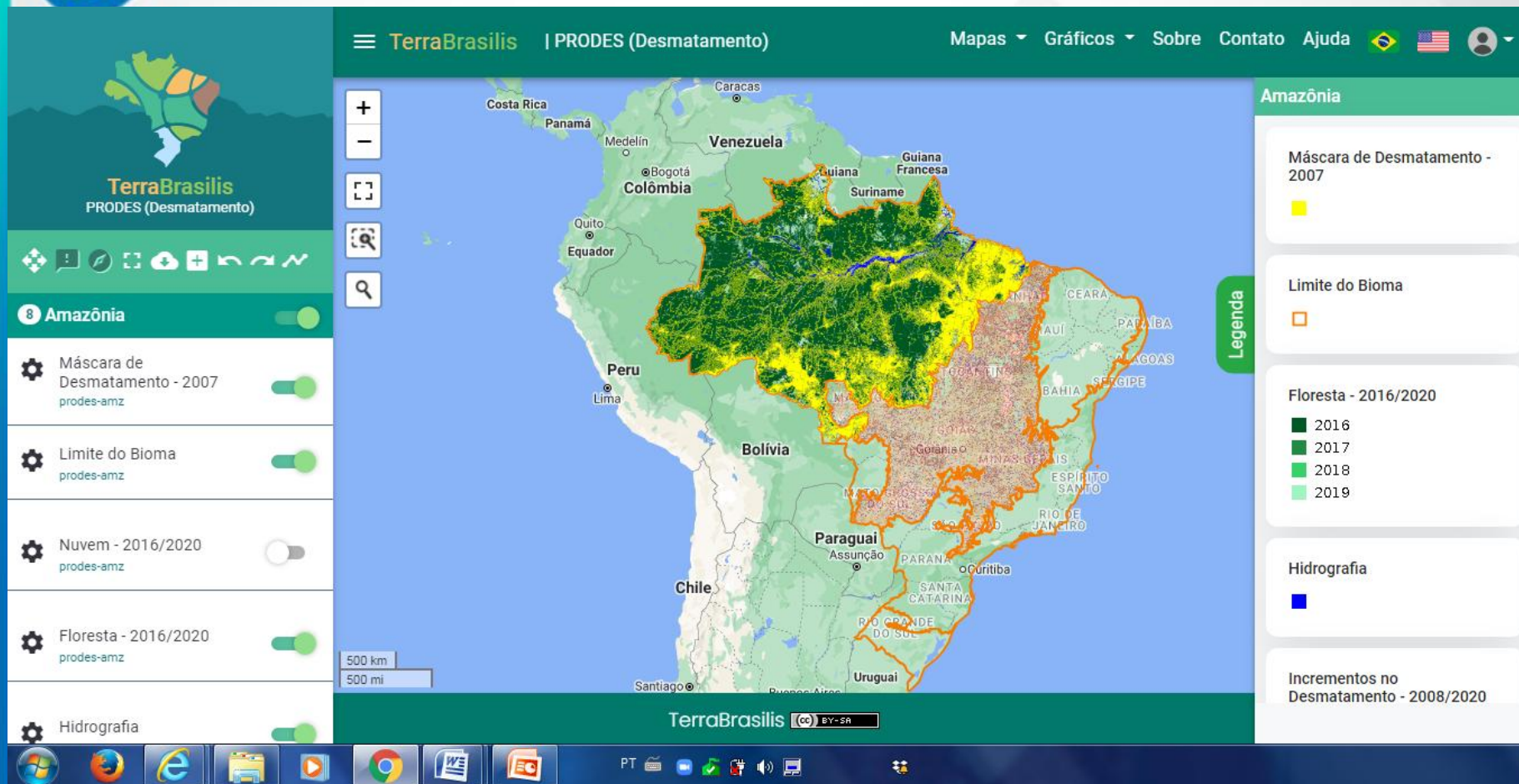
<http://sistemas.cemaden.gov.br/covid19/>

# 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.**



-  Deforestation
-  Precipitation ASO
-  Temperature ASO





-  Total C flux (g C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>)
-  NBE C flux (g C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>)
-  Fire C flux (g C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>)



## Climate Time Machine

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

SELECT A TOPIC

 <p>Sea Ice</p>	 <p>Sea Level</p>	 <p>Carbon Dioxide</p>	 <p>Global Temperature</p>
--	--	---	---

**OBRIGADA!**

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

**Instagram: @bete5041**