

**XXII Curso de Uso Escolar de Sensoriamento Remoto  
no Estudo do Meio Ambiente**

# **Aplicações do Sensoriamento Remoto no Estudo de Fenômenos Ambientais**

Elisabete Caria Moraes  
elisabete.moraes@inpe.br

São José dos Campos - SP  
Julho/2021

# Monitoramento da

# Atmosfera e dos Recursos Terrestres





# Promove o desenvolvimento de benefícios sociais

Energia



Agricultura



Ecosystemas



Transporte



Saúde



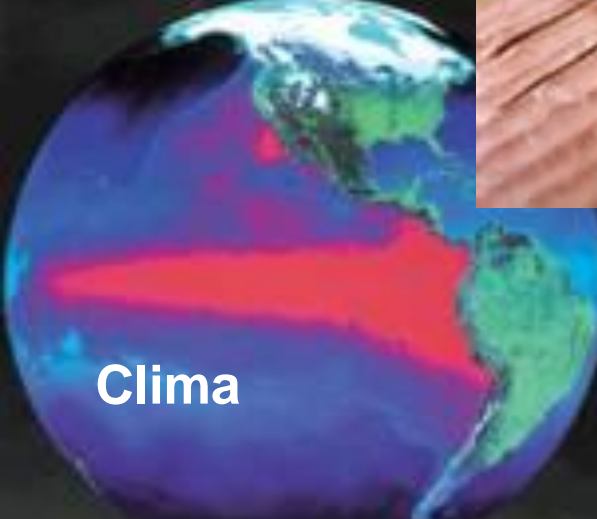
Lazer



Segurança



Clima



Desastres



Biodiversidade











**O GLOBO**

**Tragédia e descaso**

Mais um temporal do janeiro deixa 271 mortos na Região Serrana

32° CHUVA NO NOROESTE DO ES

**GAZETA DE ALAGOAS**

**RETRATO DA TRAGÉDIA**

**6 mortos e 70 mil desabrigados**

FHC promete operação de guerra em AI

The political awakening of Taylor Swift *Exclusive inter*

A week in the life of the world | *Global edition*  
30 AUGUST 2019 | VOL. 201 No.12 | \$12

**The Guardian Weekly**

Blairitz breakdown  
The story of a wild G7 summit

**The burning of the Amazon.**

On The Front

**The Washington Post**

Friday, August 23, 2019

**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

PHOTO: JONAS

**Shadow falls over Trump's economy**

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

BY DANIEL PALATKA, RONALD CAHOON, JON DAVIES AND PAUL BROWER

The White House admits another month that more internal forecasts showed that the economy could start slipping over the course of the year, despite the fact that the president's approval ratings are still high.

PHOTO: JONAS

**As Amazon burns, Bolsonaro takes swipes**

A scorched plot of the Brazilian Amazon. Drought is a key factor in the fires sweeping the region, which since January has suffered 73,000 fires, according to the Brazilian agency that monitors the Amazon, as it prepared to jump from the same spot last year.

**jornal do commercio**

**Drama se repete**

PHOTO: JONAS

**CIDADE**

**baixo nível de oxigênio matou peixes**

rios são a estiagem e a concentração de poluentes, aponta a Cetesb

PHOTO: JONAS

**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

**As Amazon burns, Bolsonaro takes swipes**

PHOTO: JONAS

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

**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**

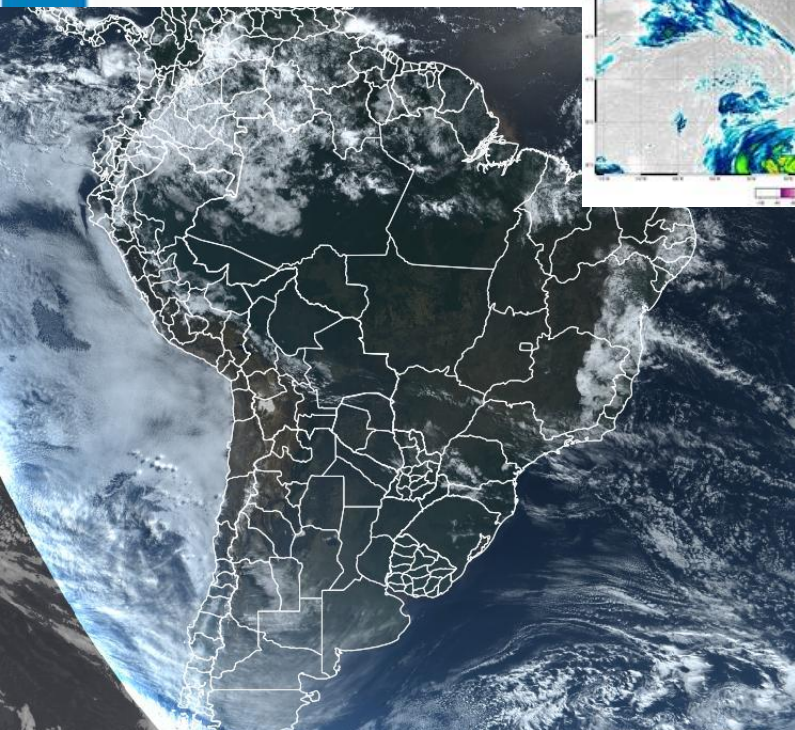
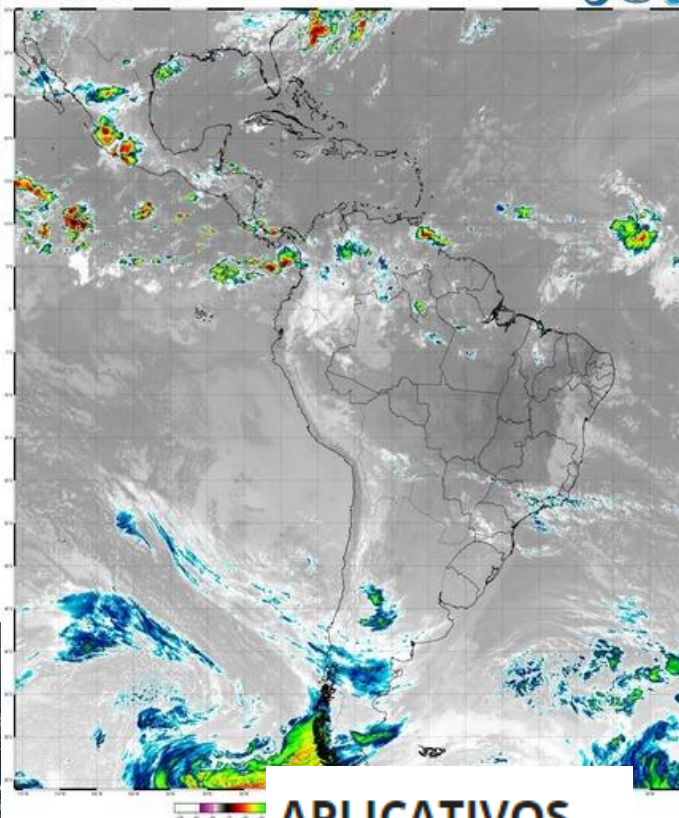
**FOMOS AO TAPAJÓIS VER A REVOLTA DOS ÍNDIOS MUNDURUCUS CONTRA AS NOVAS HIDRELÉTRICAS**

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

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

PHOTO: JONAS





## APLICATIVOS



CPTEC  
Previsão de Tempo



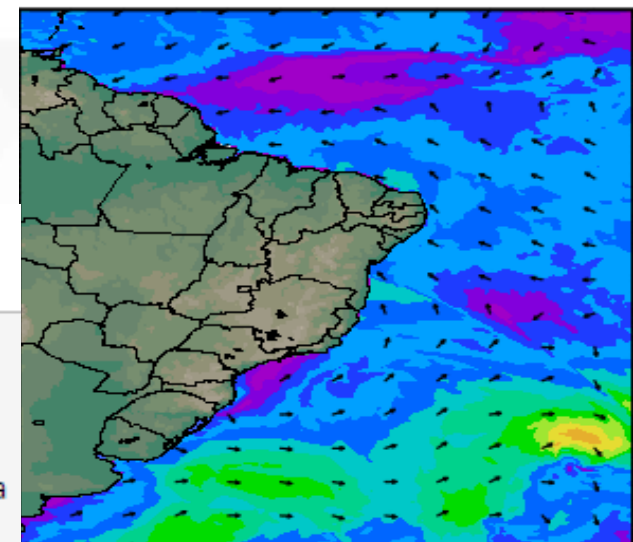
MapSAT



SOS Chuva

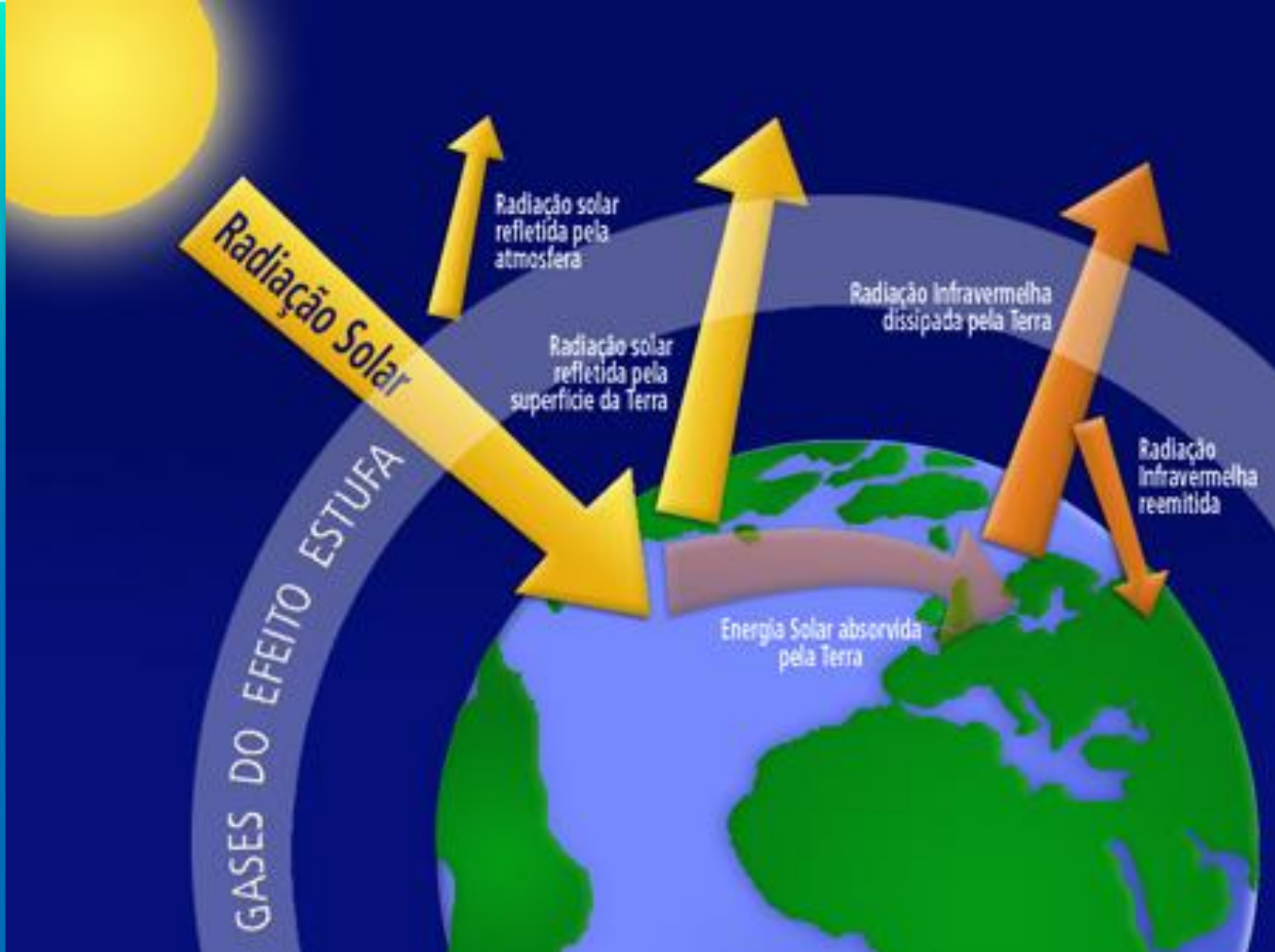
Vento

00Z do dia 21/07/2021



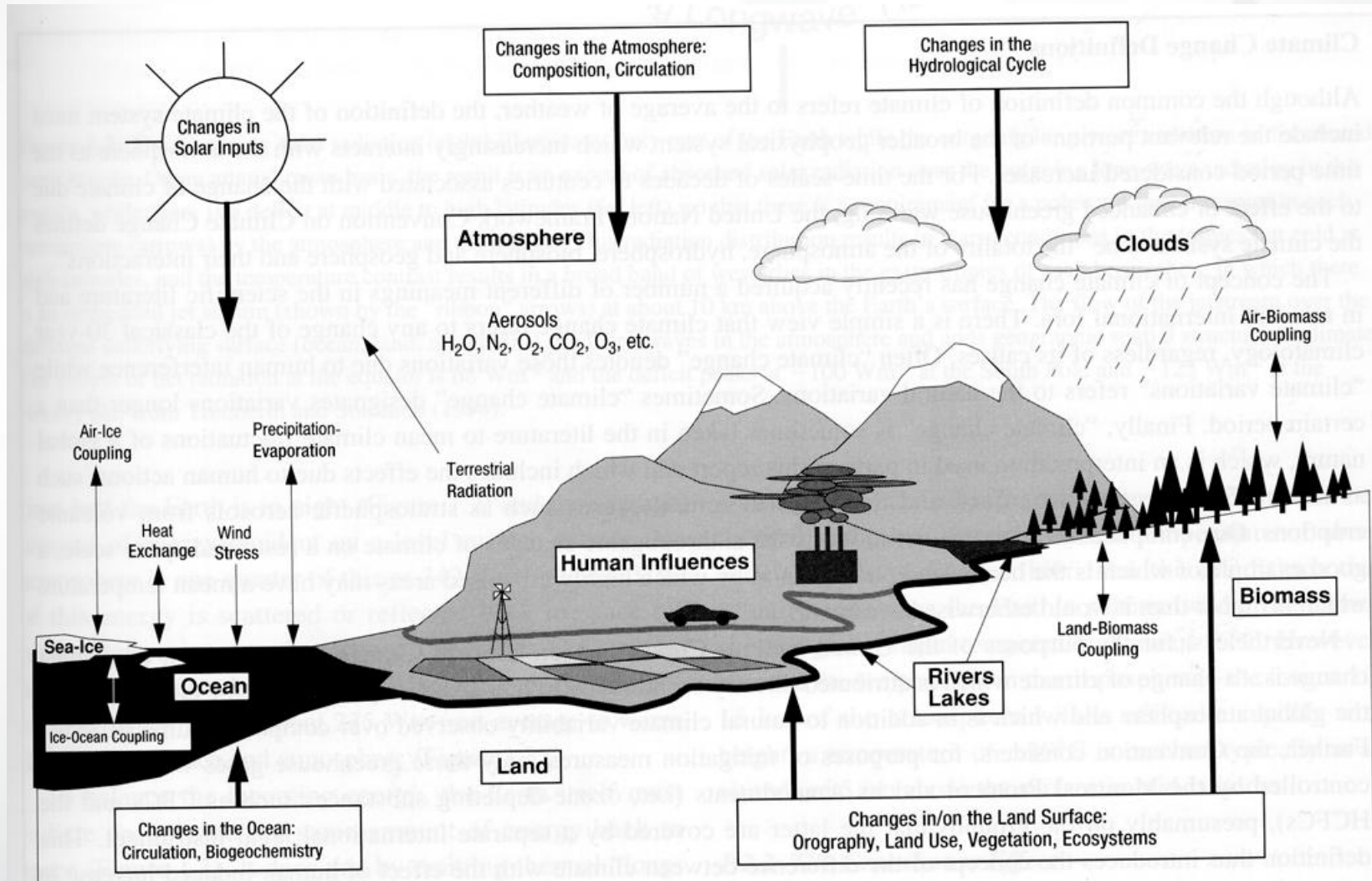




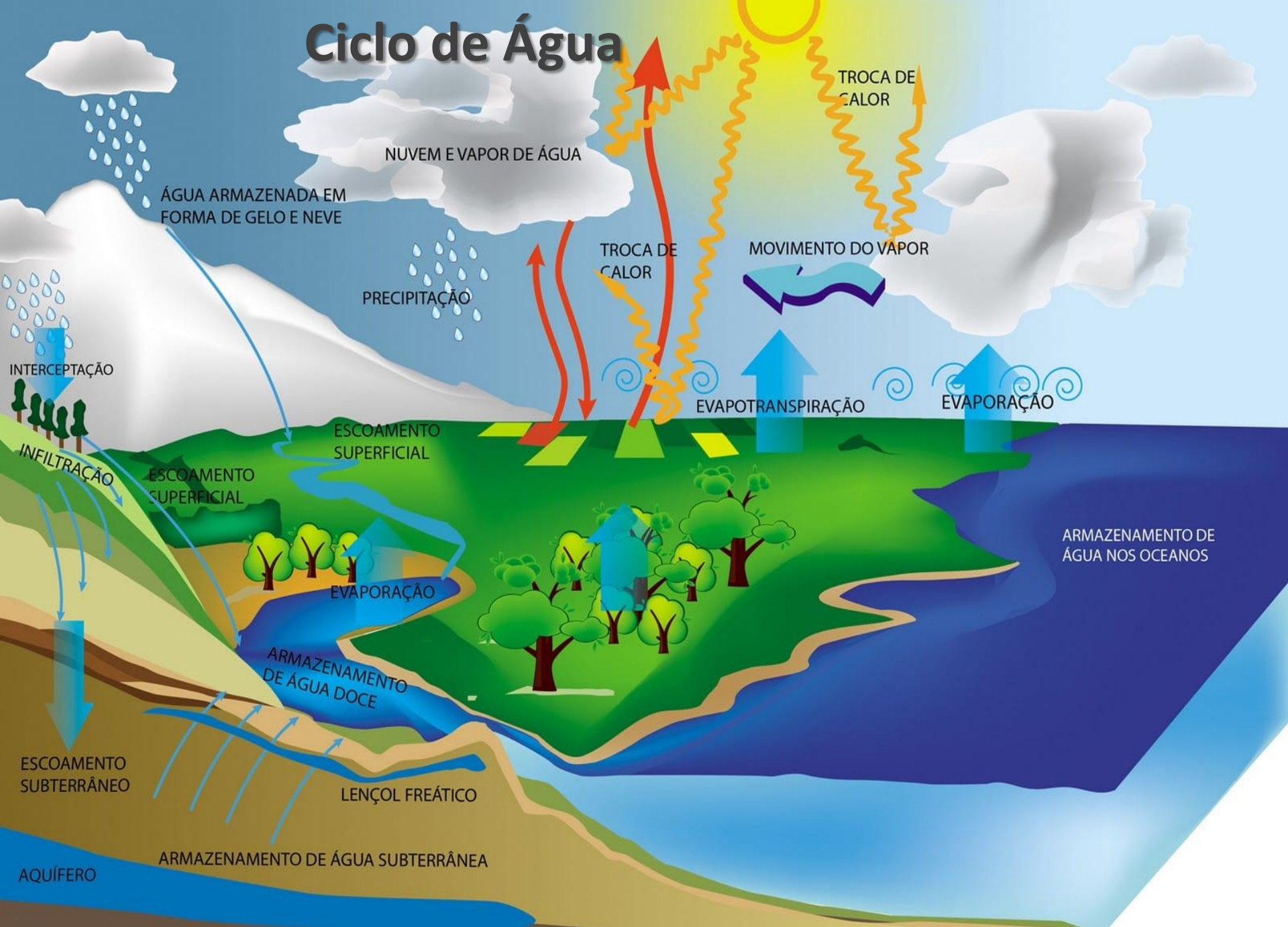




## Resultado de complexas interações entre diversos subsistemas



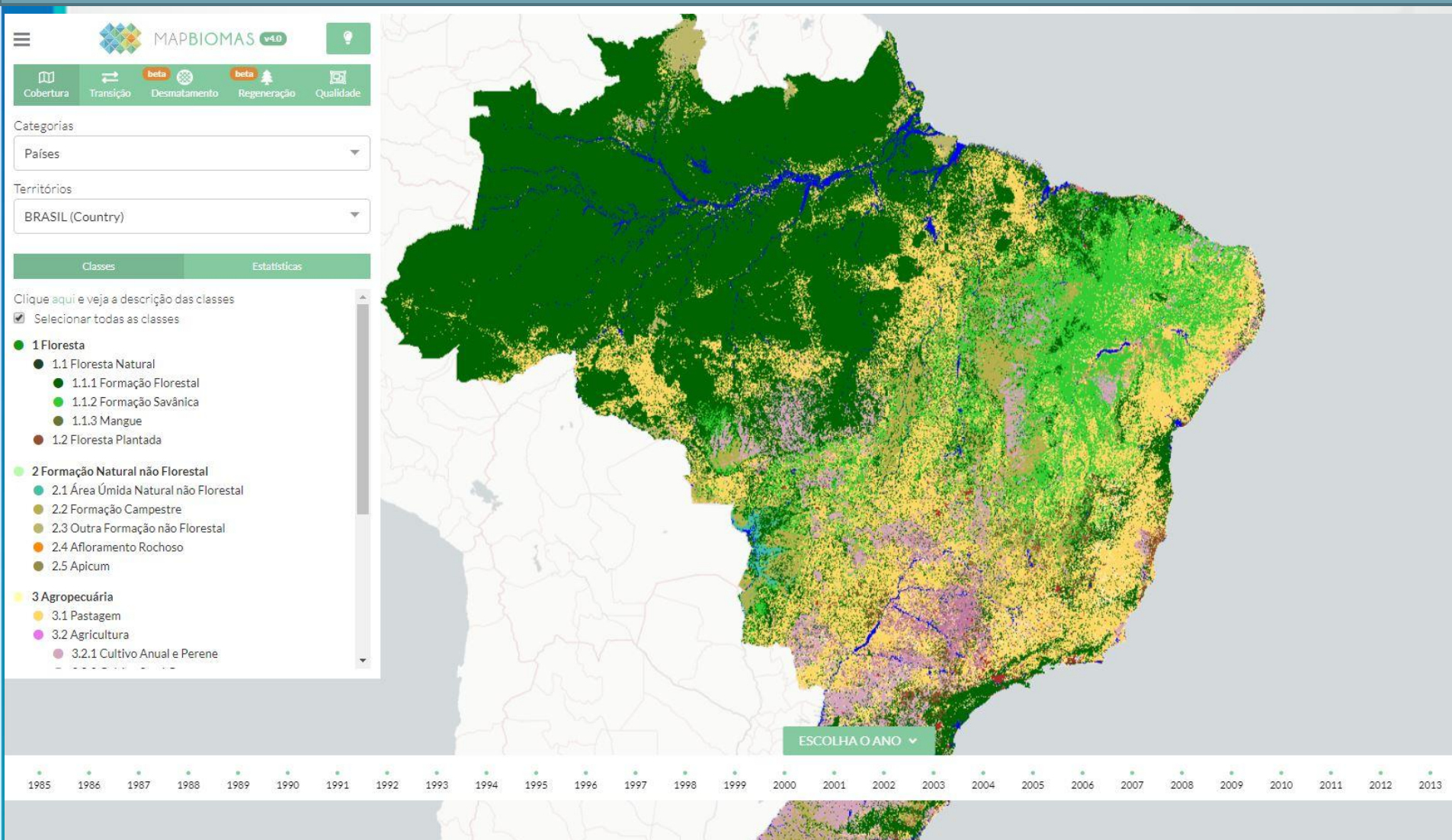
# Ciclo de Água





# **Produtos derivados de Imagens de Satélites e sua entrada em modelagem atmosférica (tempo e clima)**

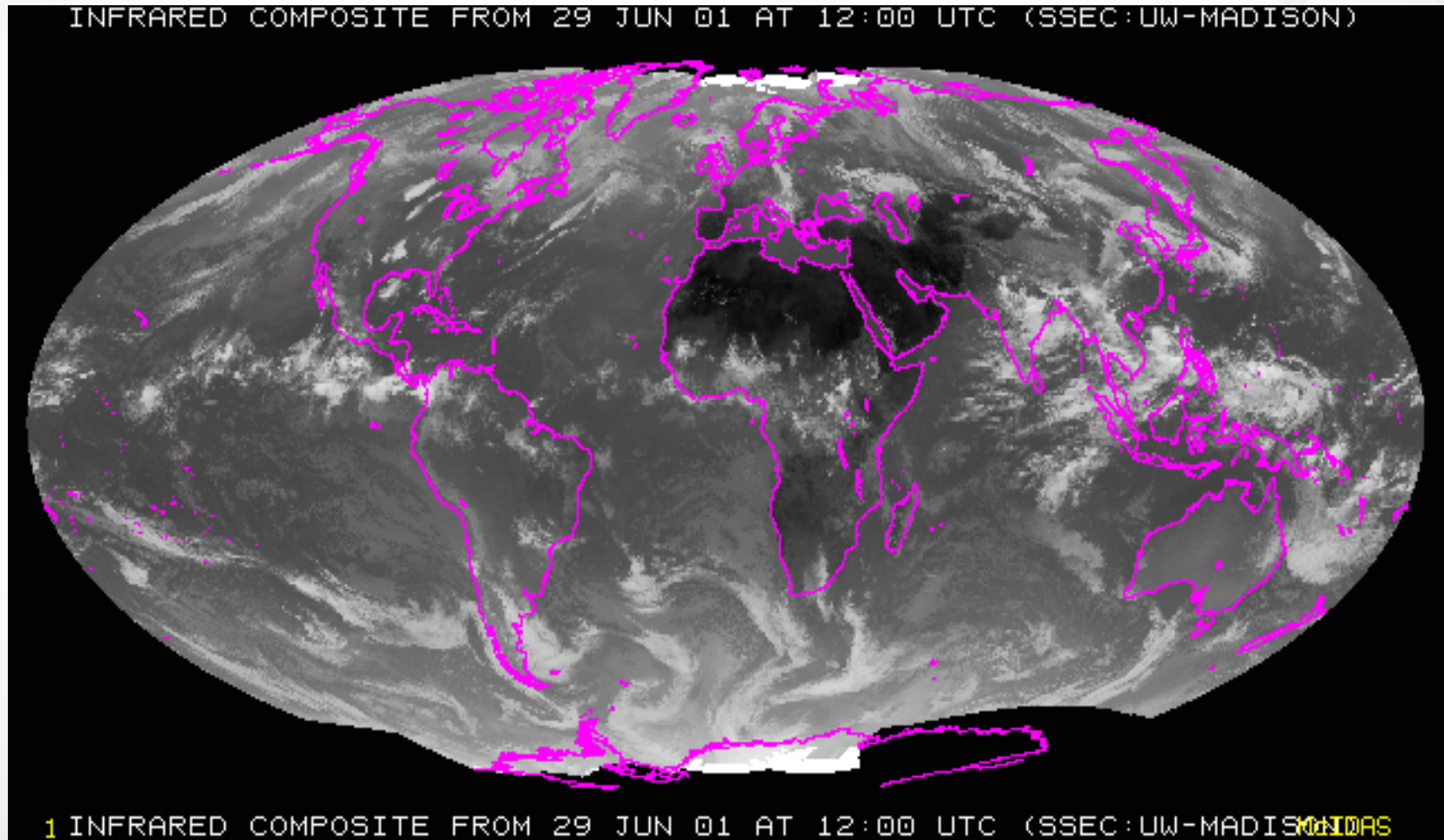
# Plataforma MapBiomias atualiza a cartografia da evolução anual de cobertura e uso do solo no território brasileiro 1984 e 2018



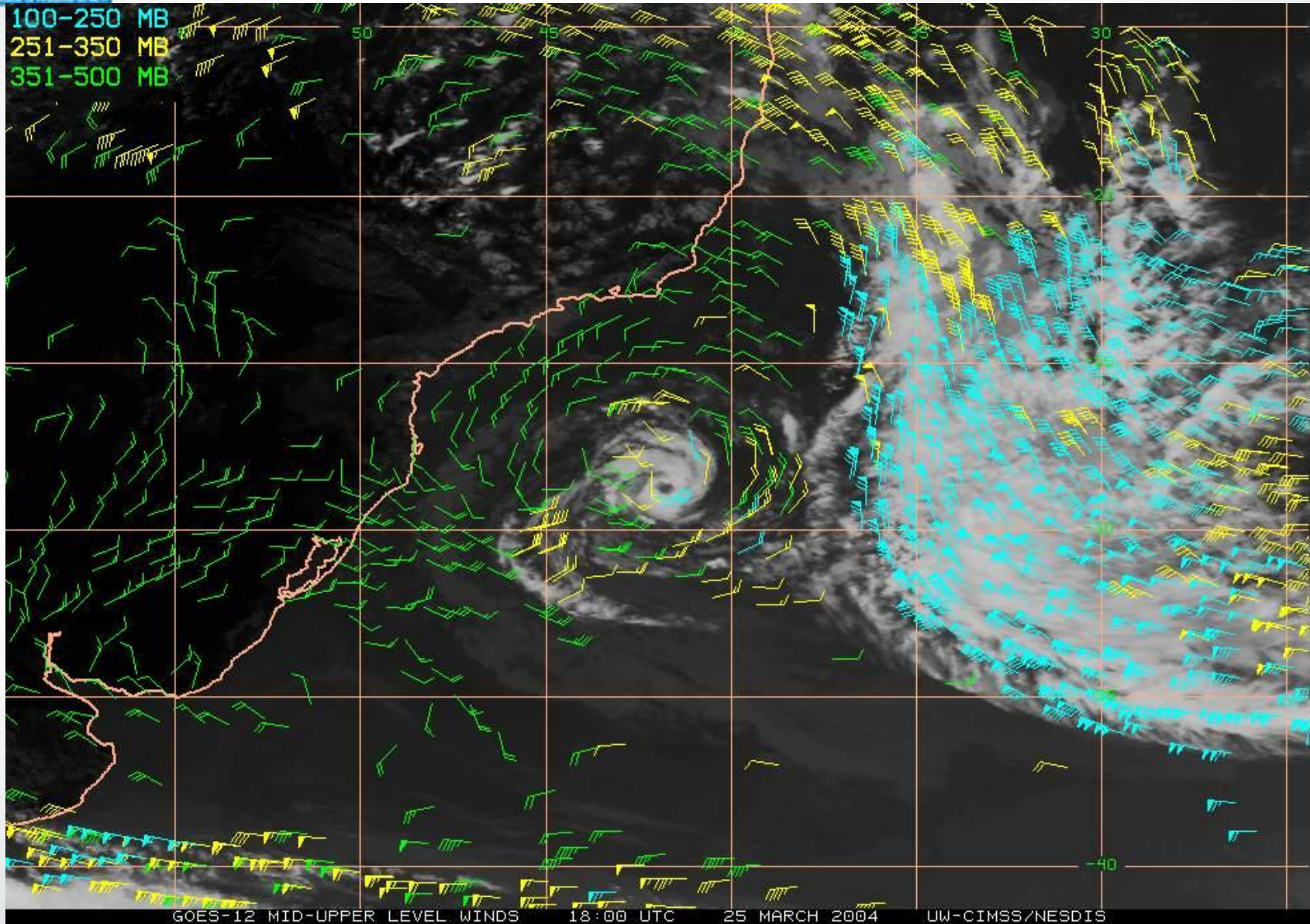
<http://plataforma.mapbiomas.org/map#transitions> e <http://plataforma.mapbiomas.org/map#coverage>



# Mosaico das Imagens dos Satélites Geoestacionários

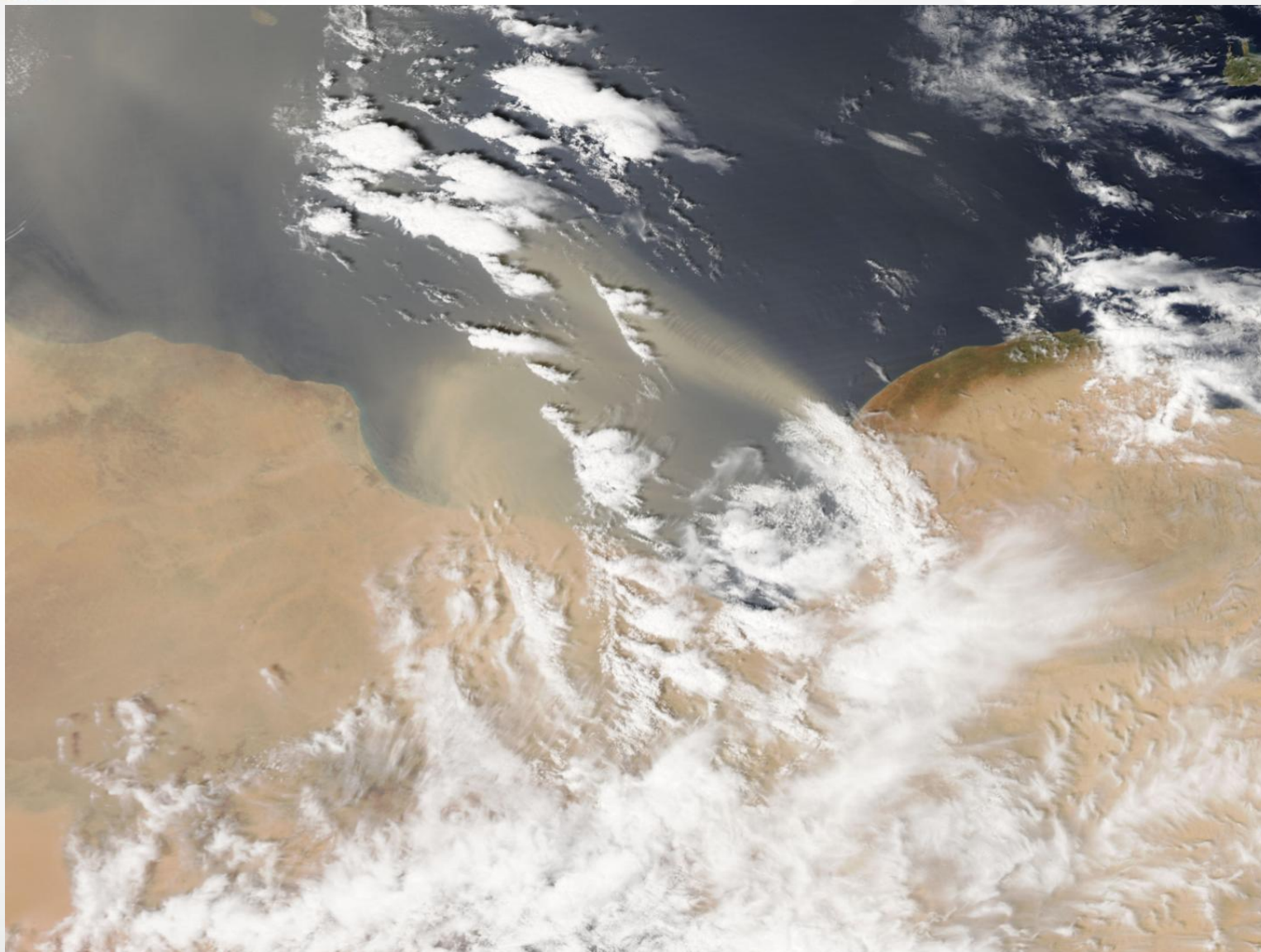


# Estimativa de Vento

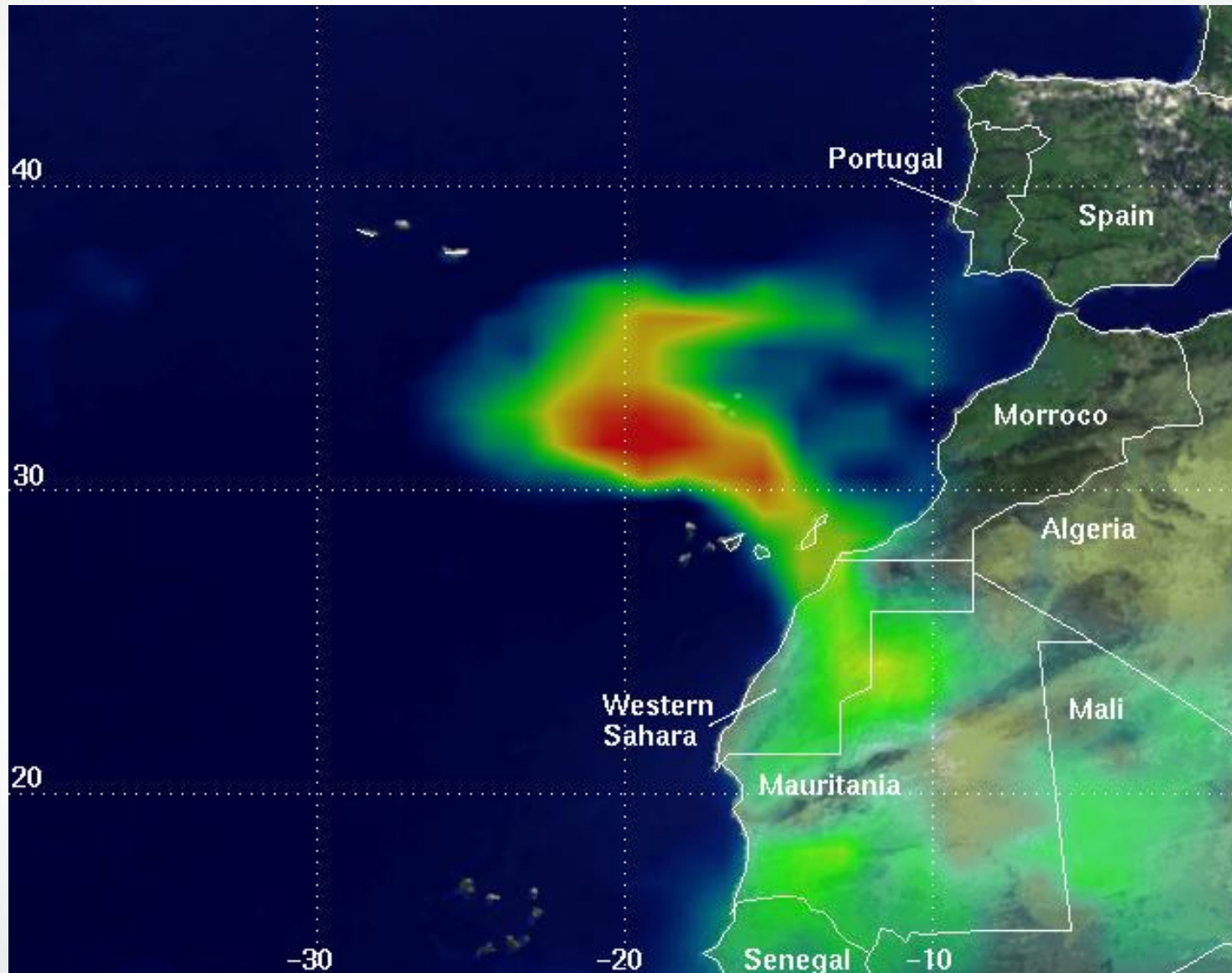




# Aerossóis

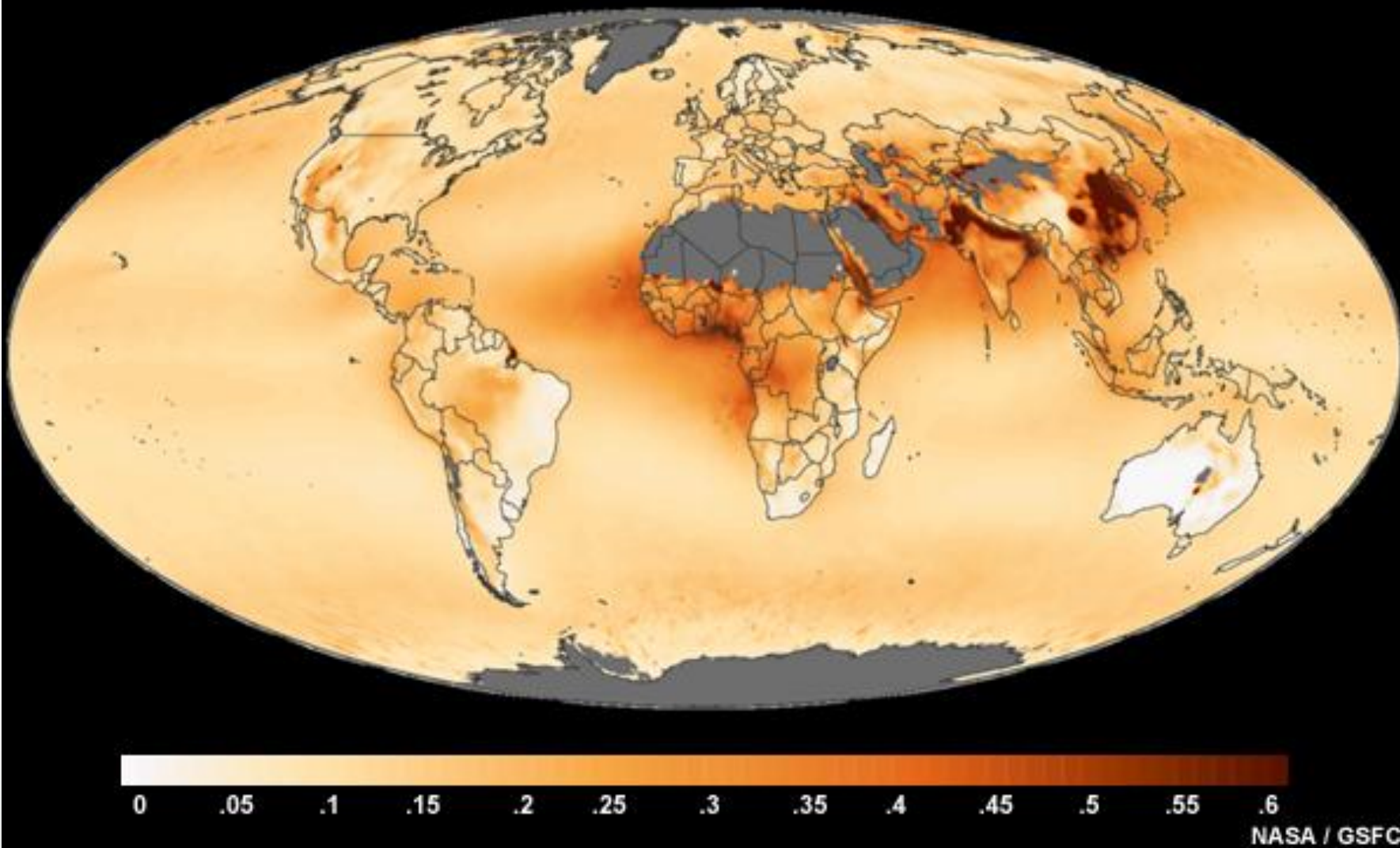


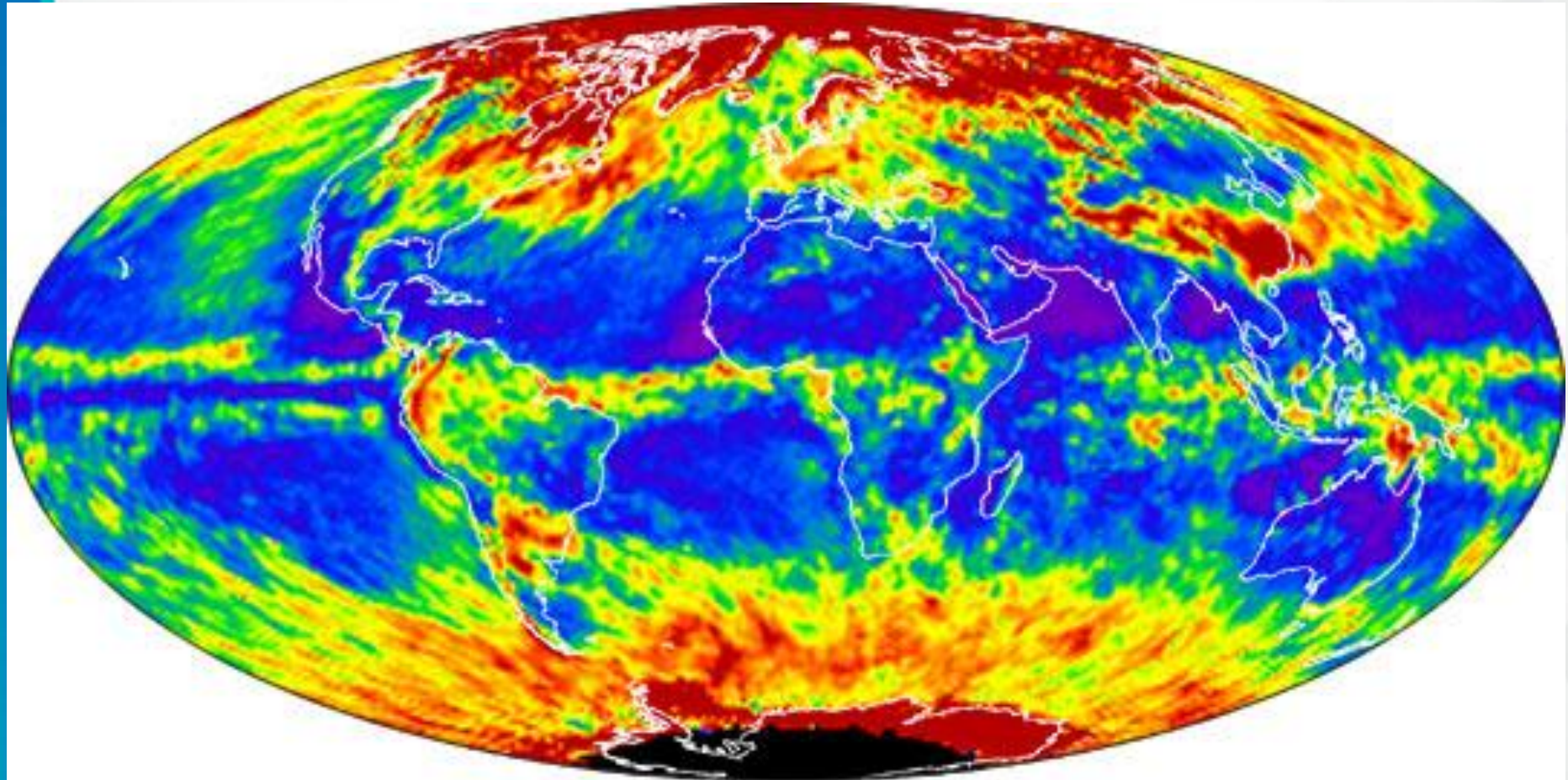
# Aerossóis





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

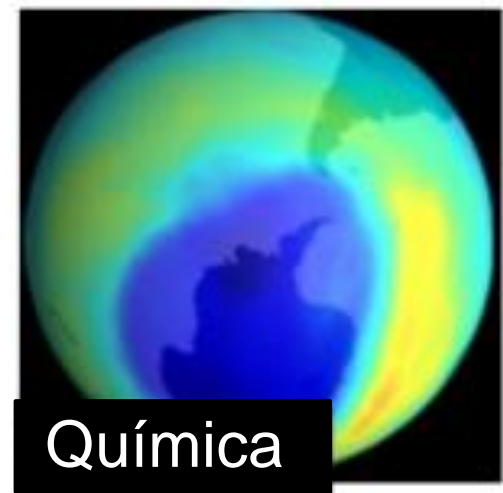




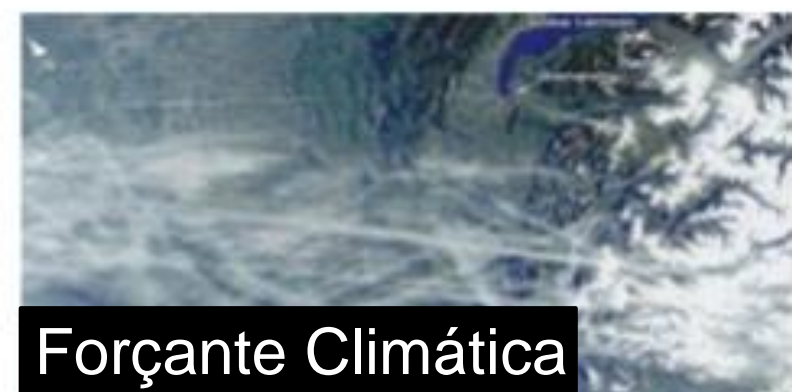
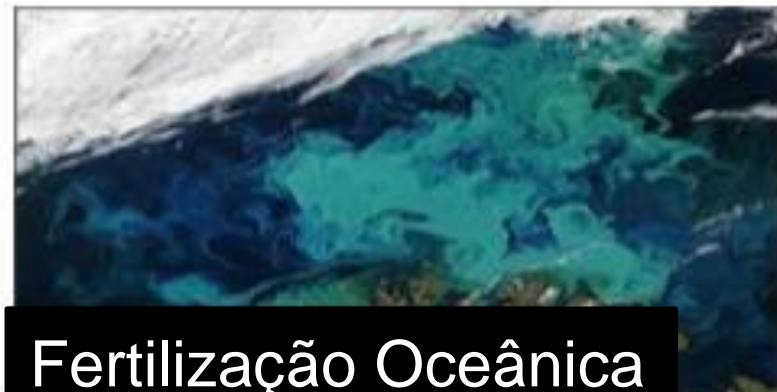
Cloud Optical Thickness







# Porque se preocupar com aerossóis atmosféricos?



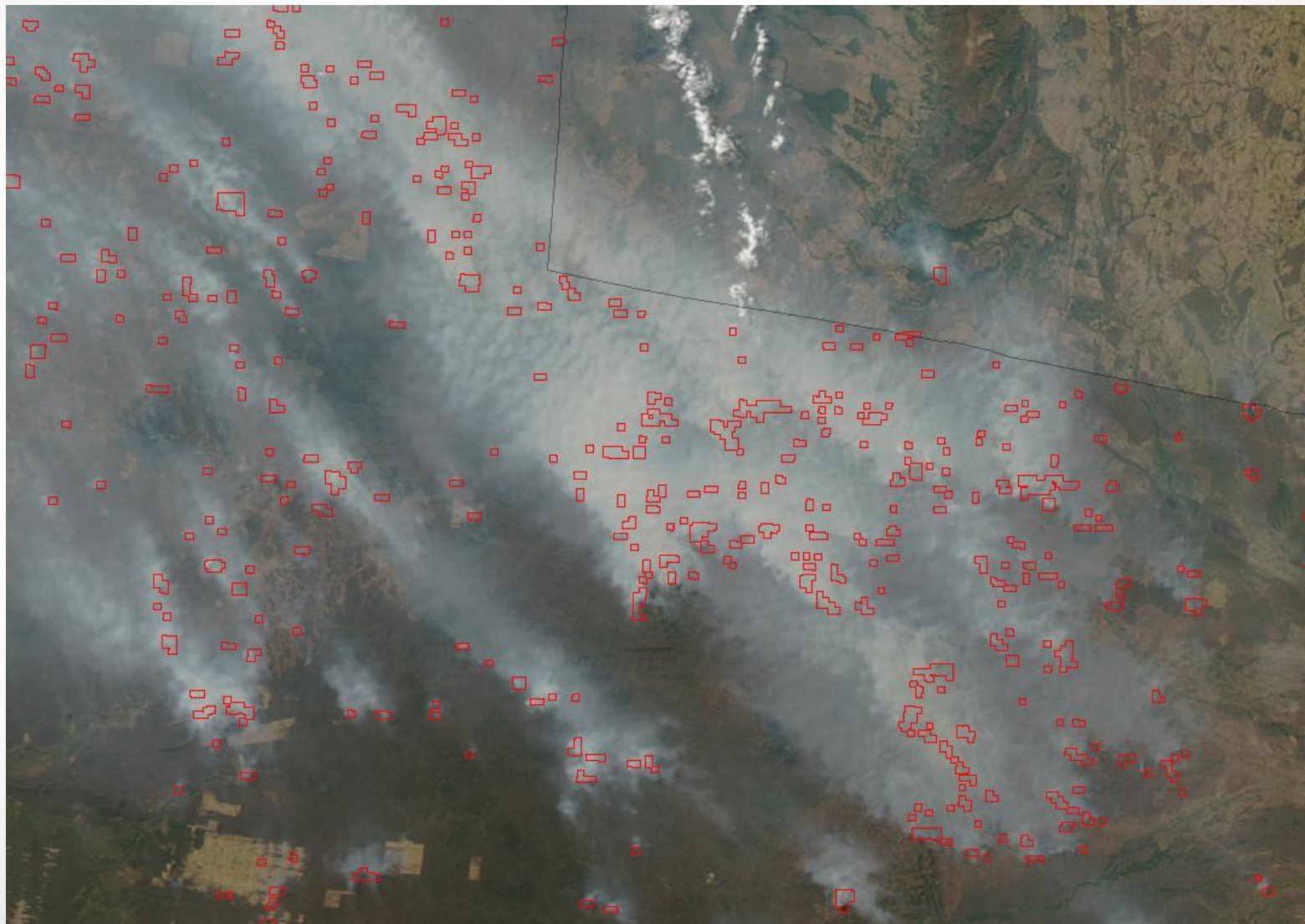
# Estudo de Queima de Biomassa

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



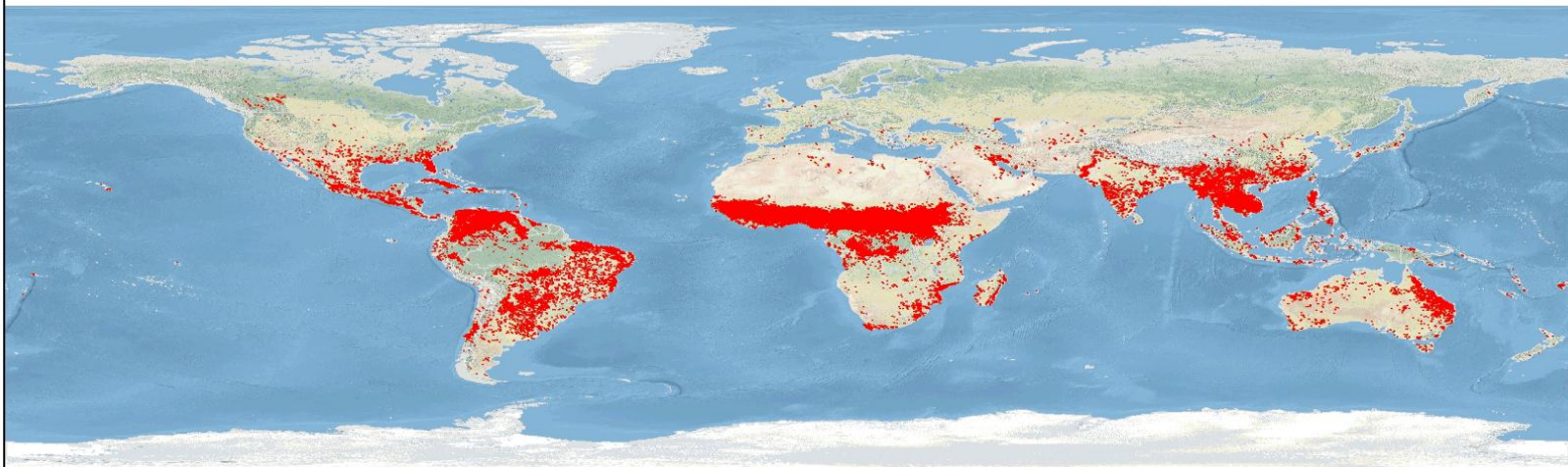
# Queima de Biomassa

## Satélite Terra – sensor MODIS





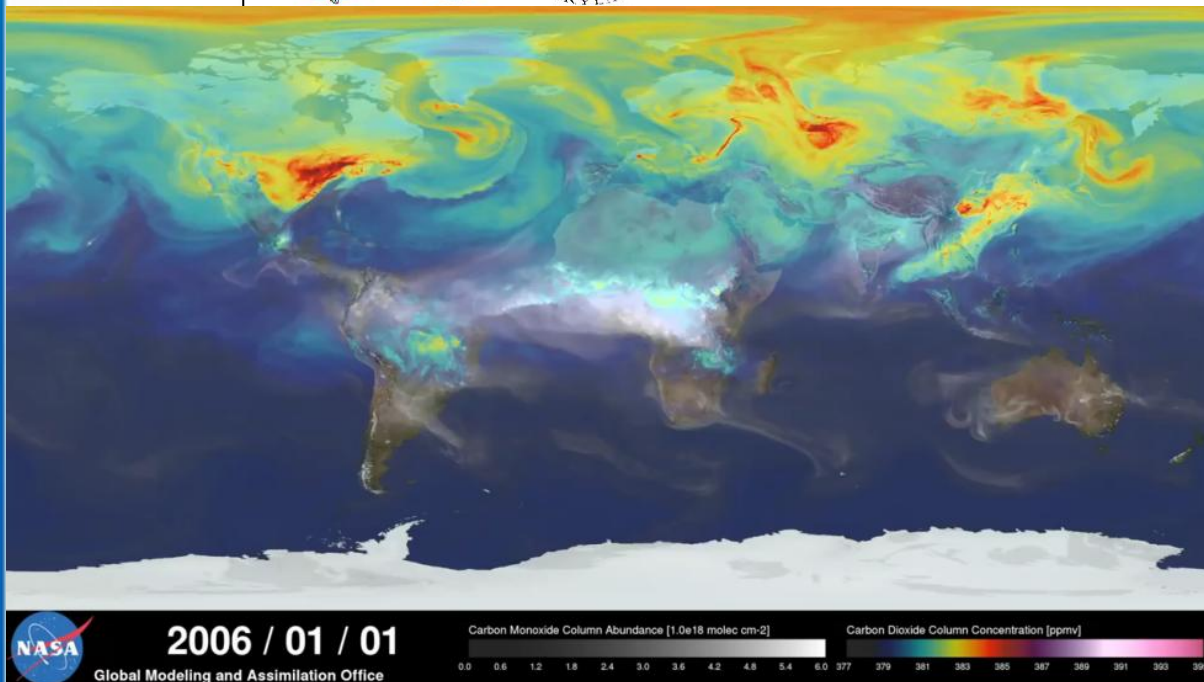
### 2010 MODIS Active Fire Detections



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

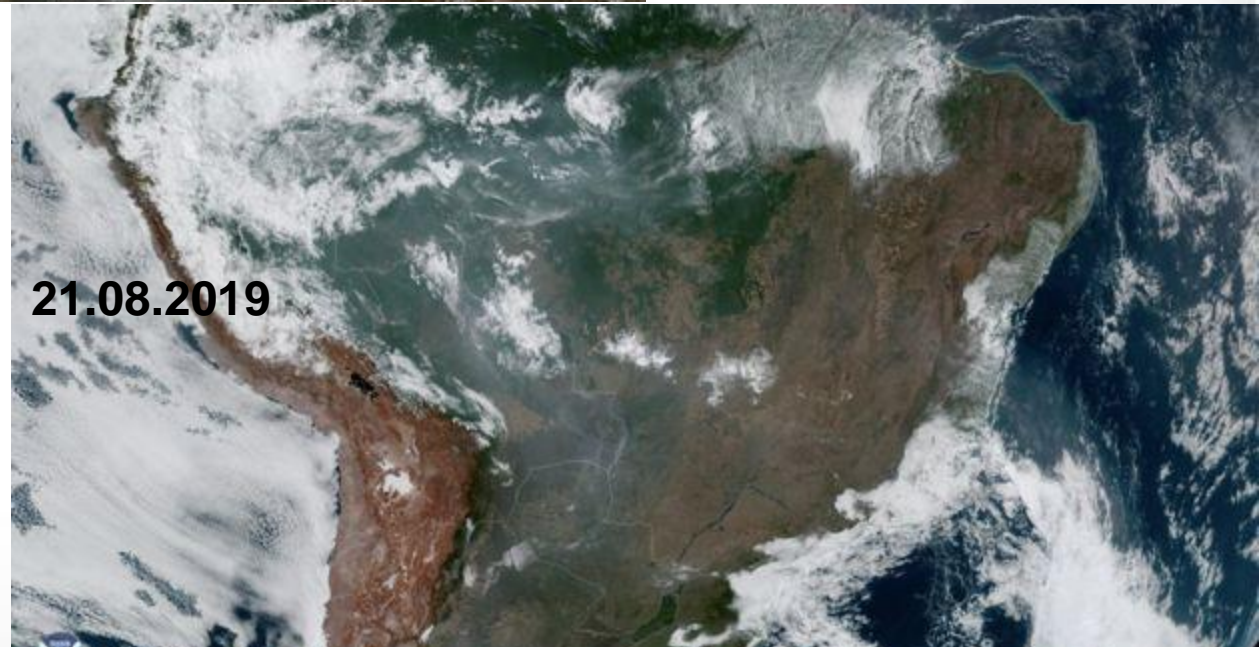




# Imagens do NOAA-20

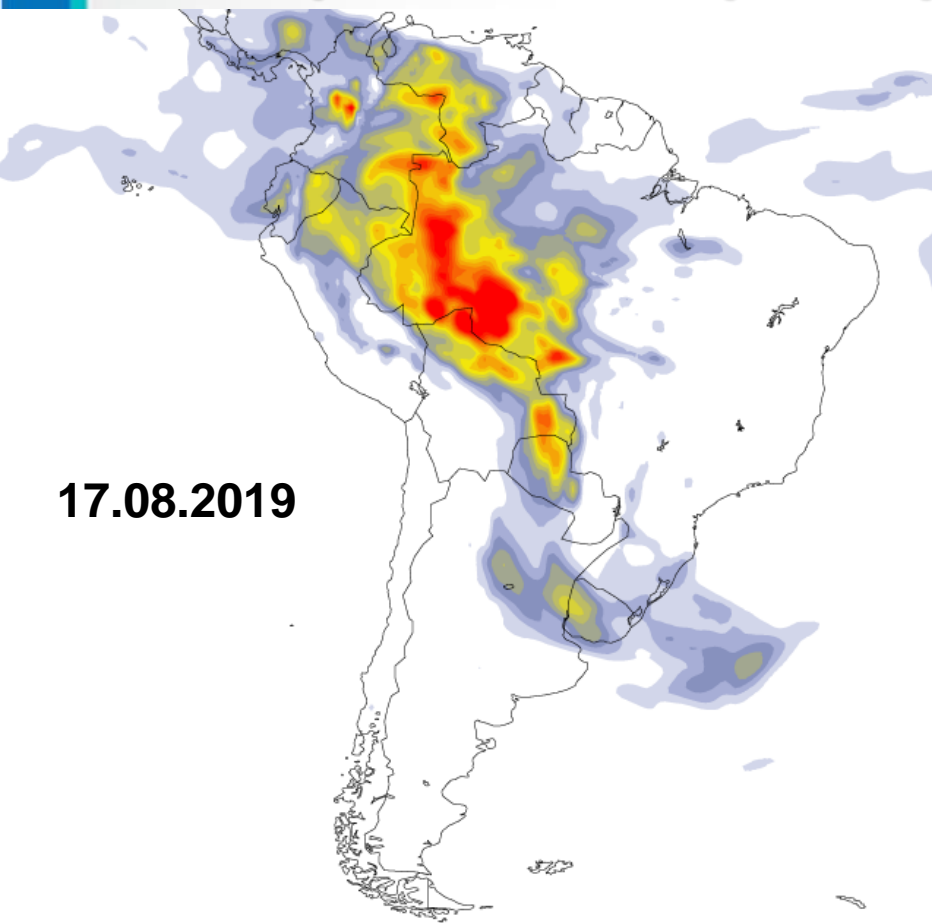


# Imagens do GOES-16

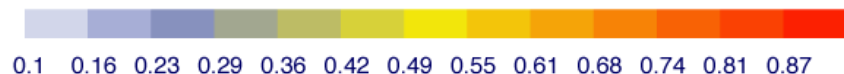


# Concentração de aerossóis produzidos pela queima de biomassa

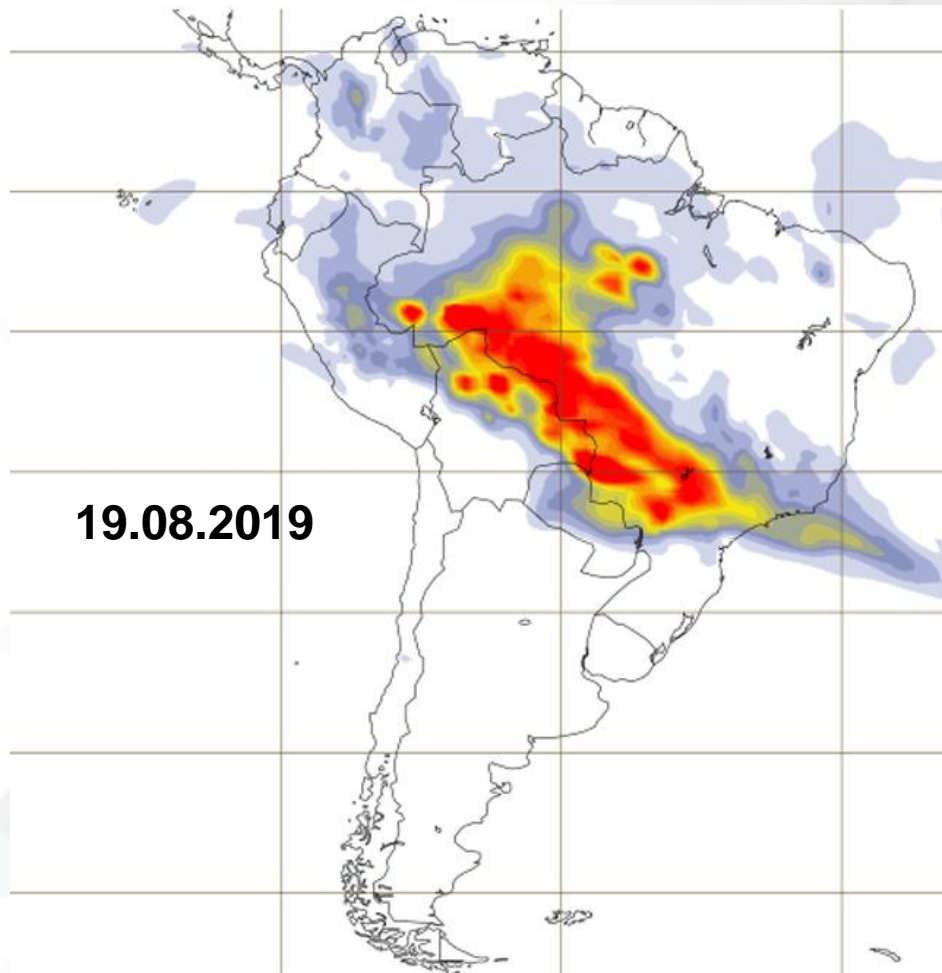
17.08.2019



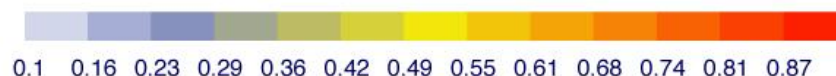
Profundidade óptica de aerossóis produzidos pela queima de biomassa em 500 nm



19.08.2019

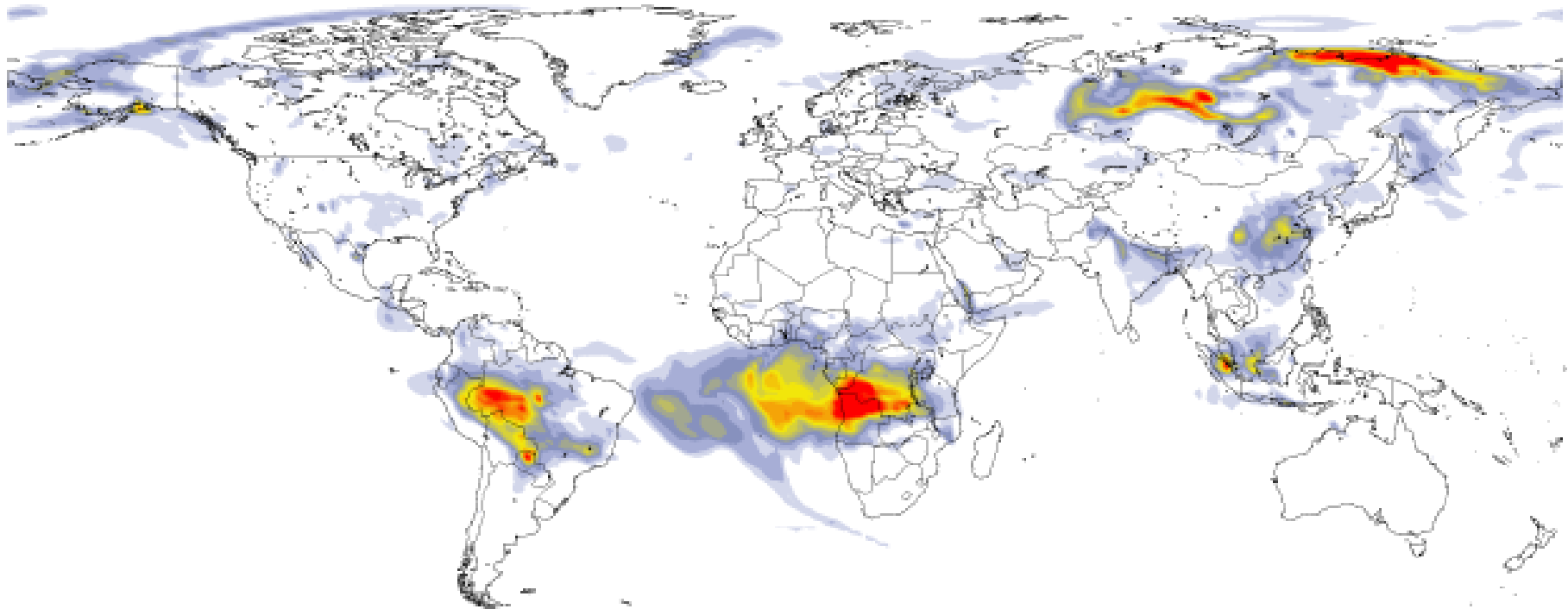


Profundidade óptica de aerossóis produzidos pela queima de biomassa em 500 nm

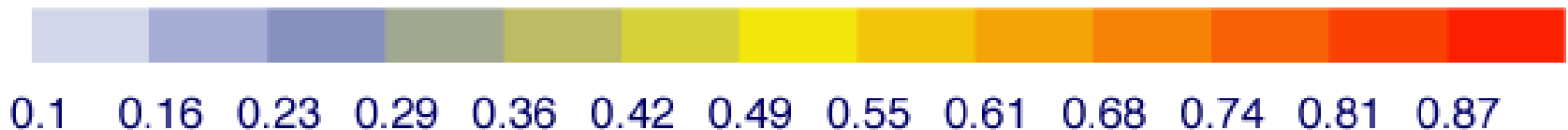




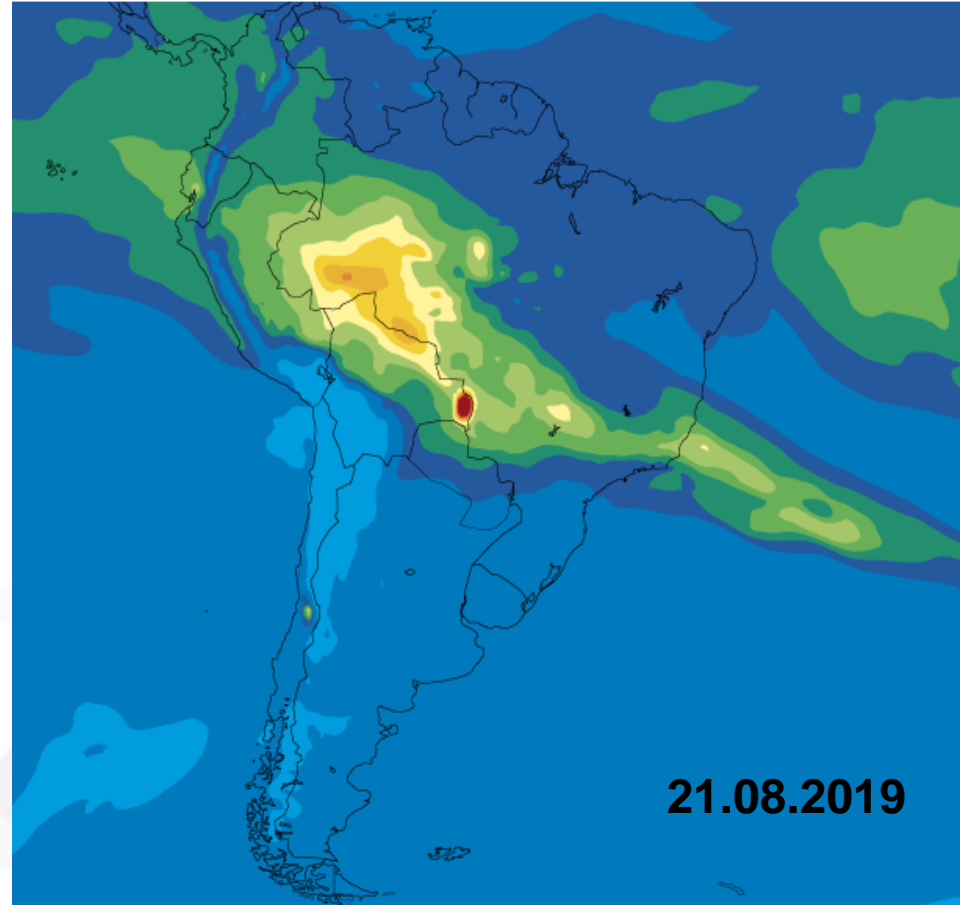
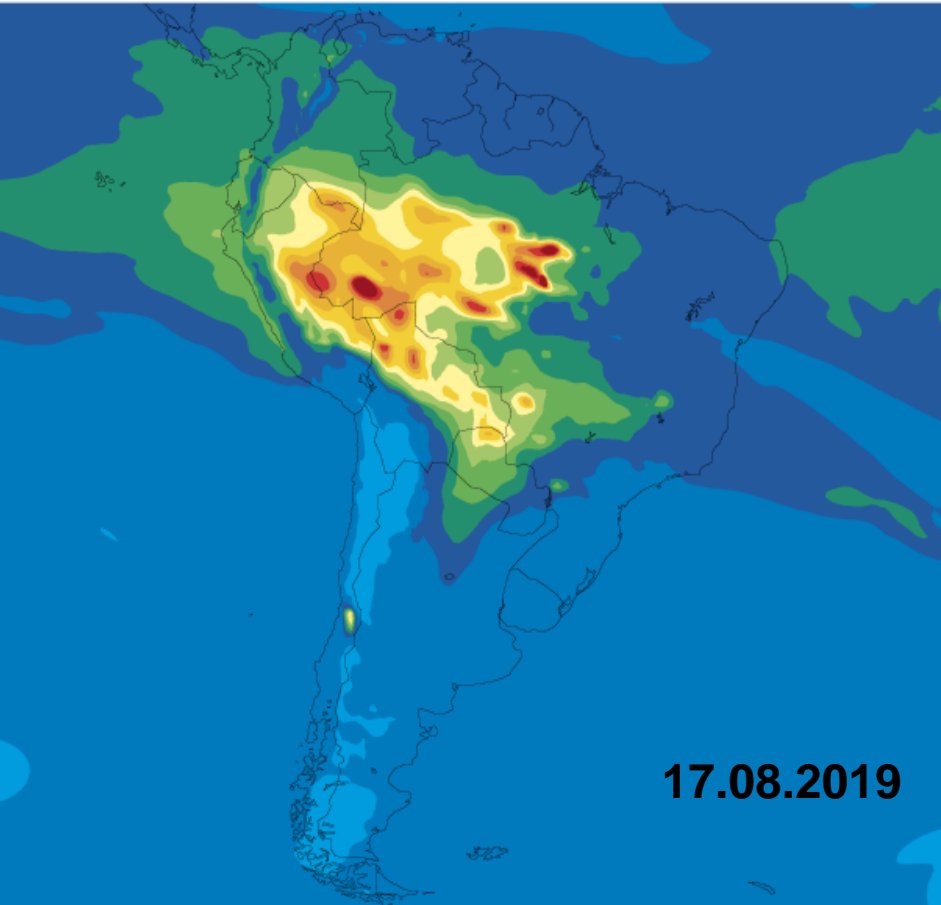
# Concentração de aerossóis produzidos pela queima de biomassa



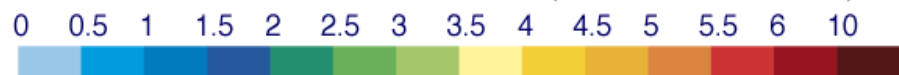
Profundidade óptica de aerossóis produzidos pela queima de biomassa em 500 nm



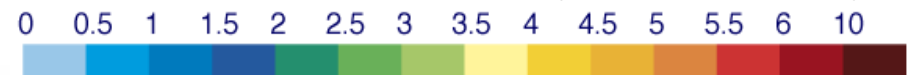
# Emissões estimadas de monóxido de carbono



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

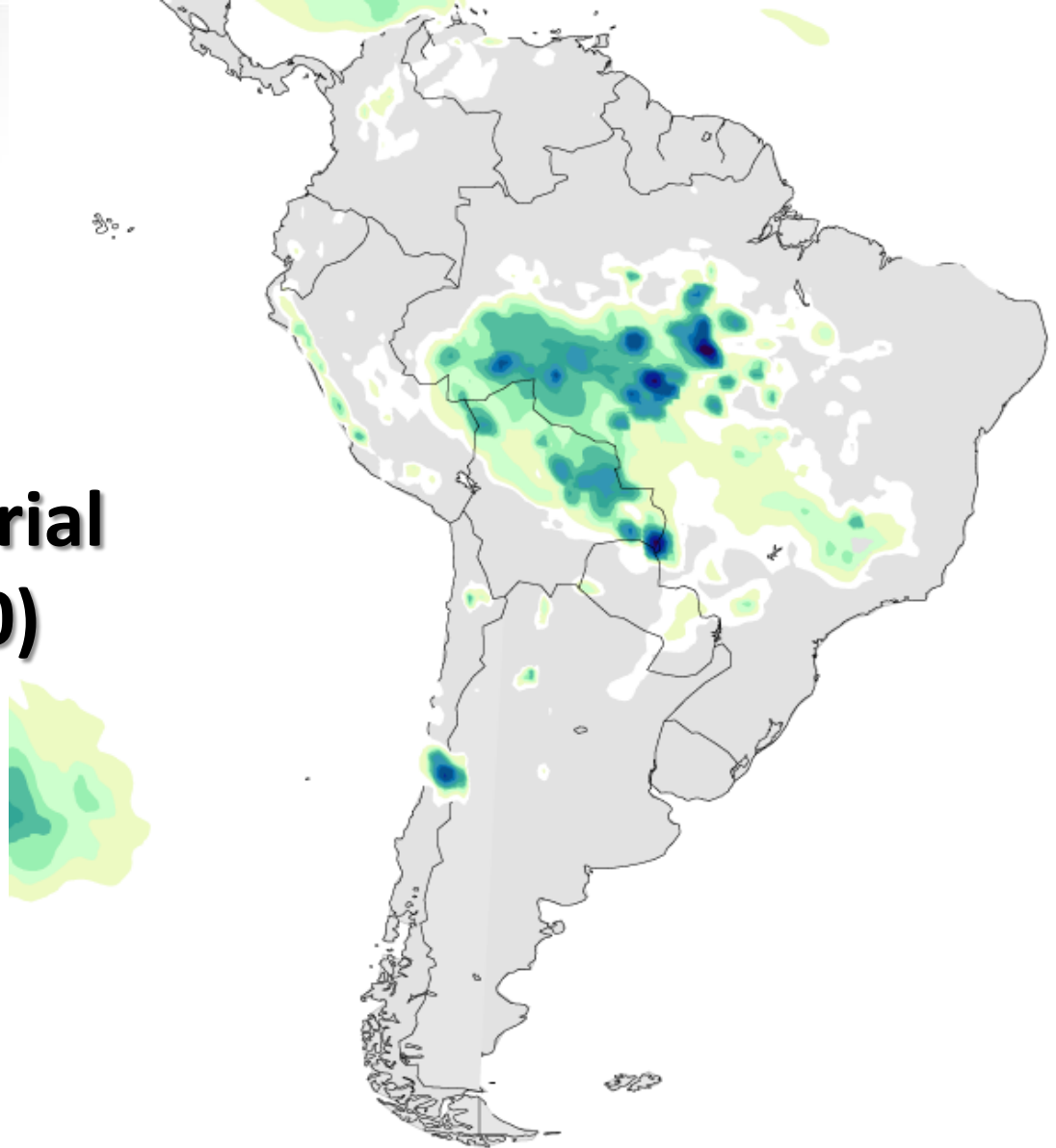


Coluna total de monóxido de carbono ( $10^{18}$  moléculas/cm<sup>2</sup>)

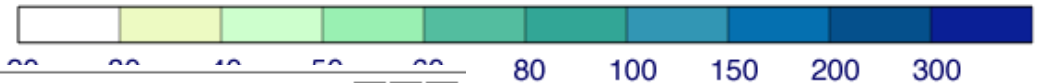




# Concentração estimada de material particulado (PM10)



PM10- material particulado grosso (em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

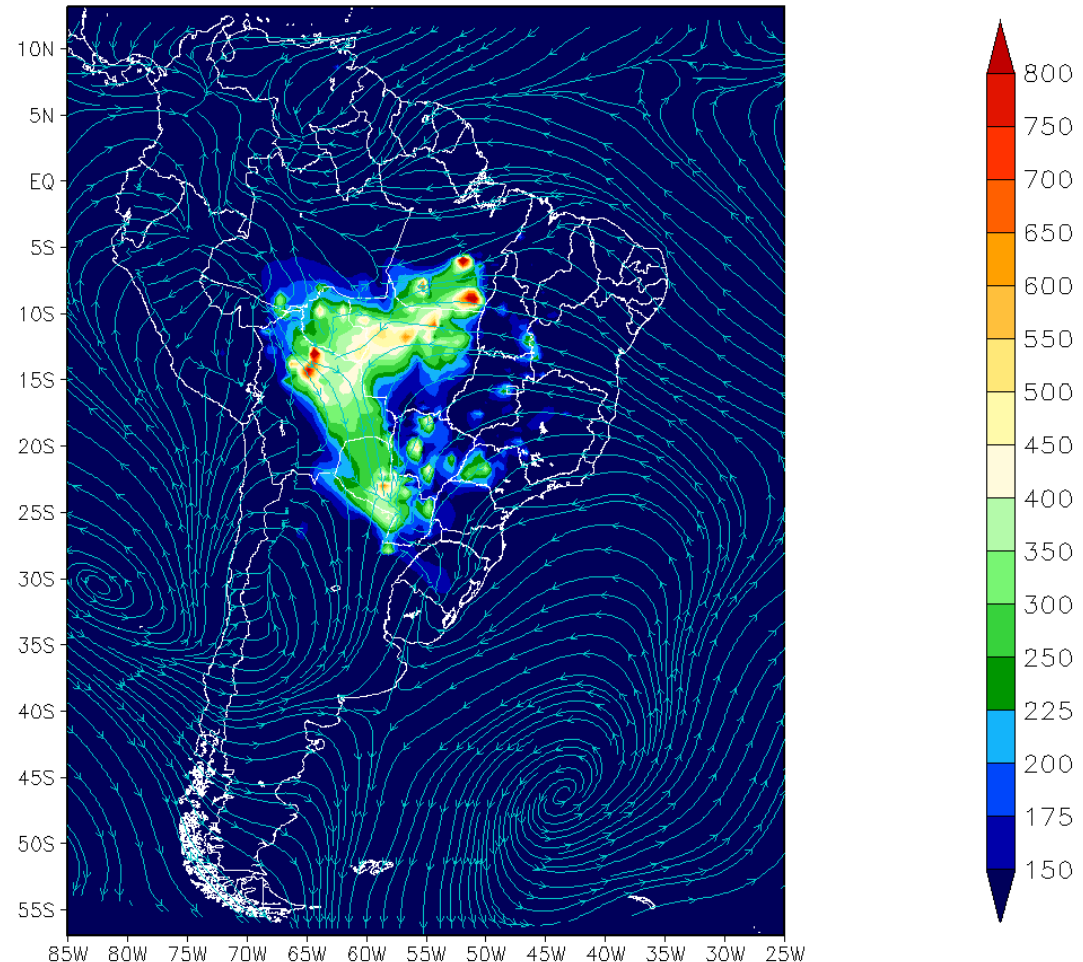


# Modelagem climática e emissões

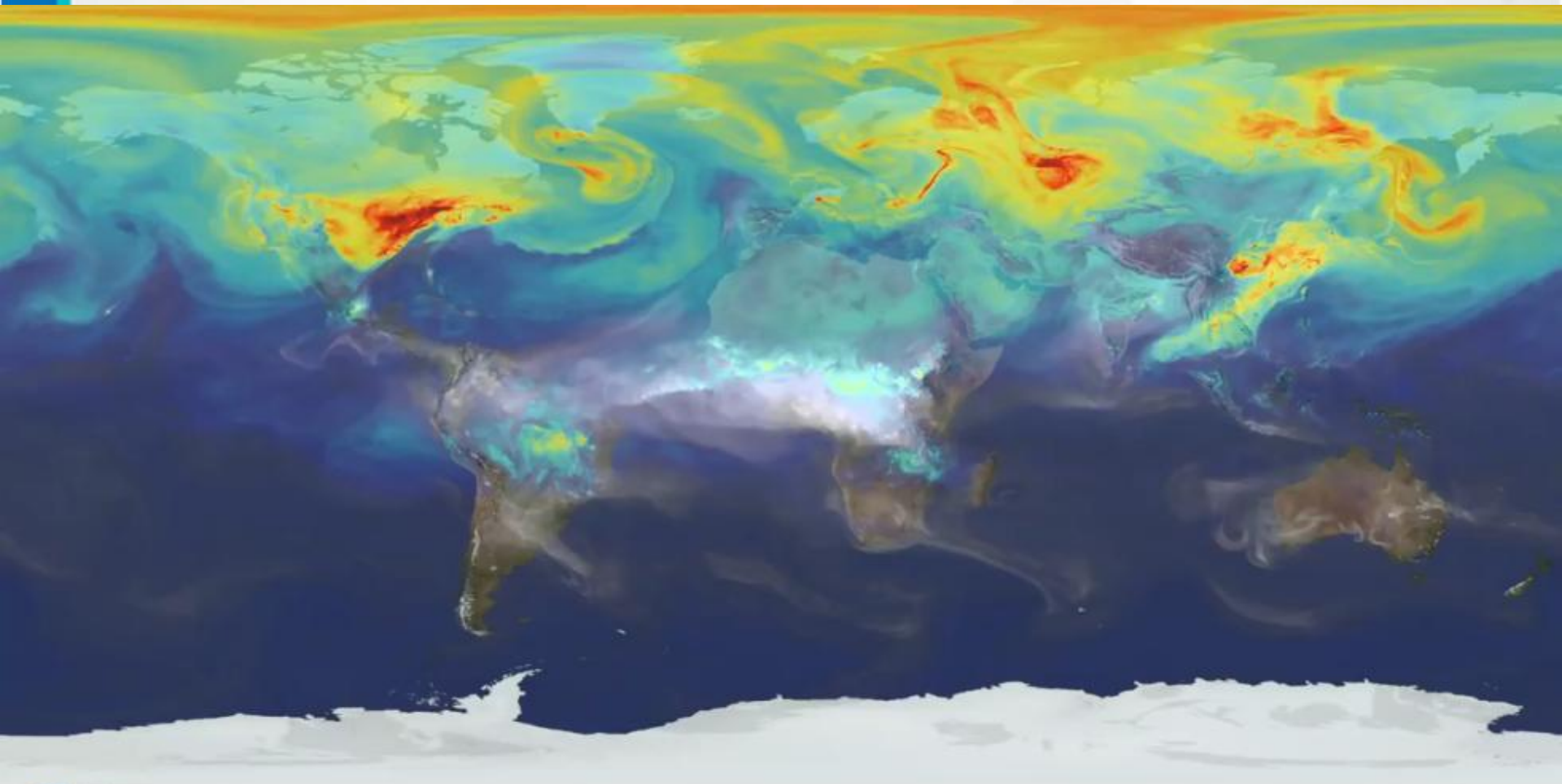
- Importante fonte de dados de entrada em modelos numéricos (XU et al. 2010)
- Modelos de Previsão do Tempo
- Modelos de Transporte Atmosférico
- Modelos Regionais e Globais do Clima

**Simulação da concentração de CO emitido pela queima de biomassa realizada no modelo CCATT-BRAMS**

CO Concentração ppvb  
21Z08AUG2002







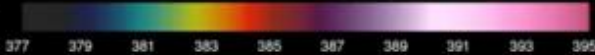
2006 / 01 / 01

Global Modeling and Assimilation Office

Carbon Monoxide Column Abundance [ $1.0 \times 10^{18}$  molec  $\text{cm}^{-2}$ ]

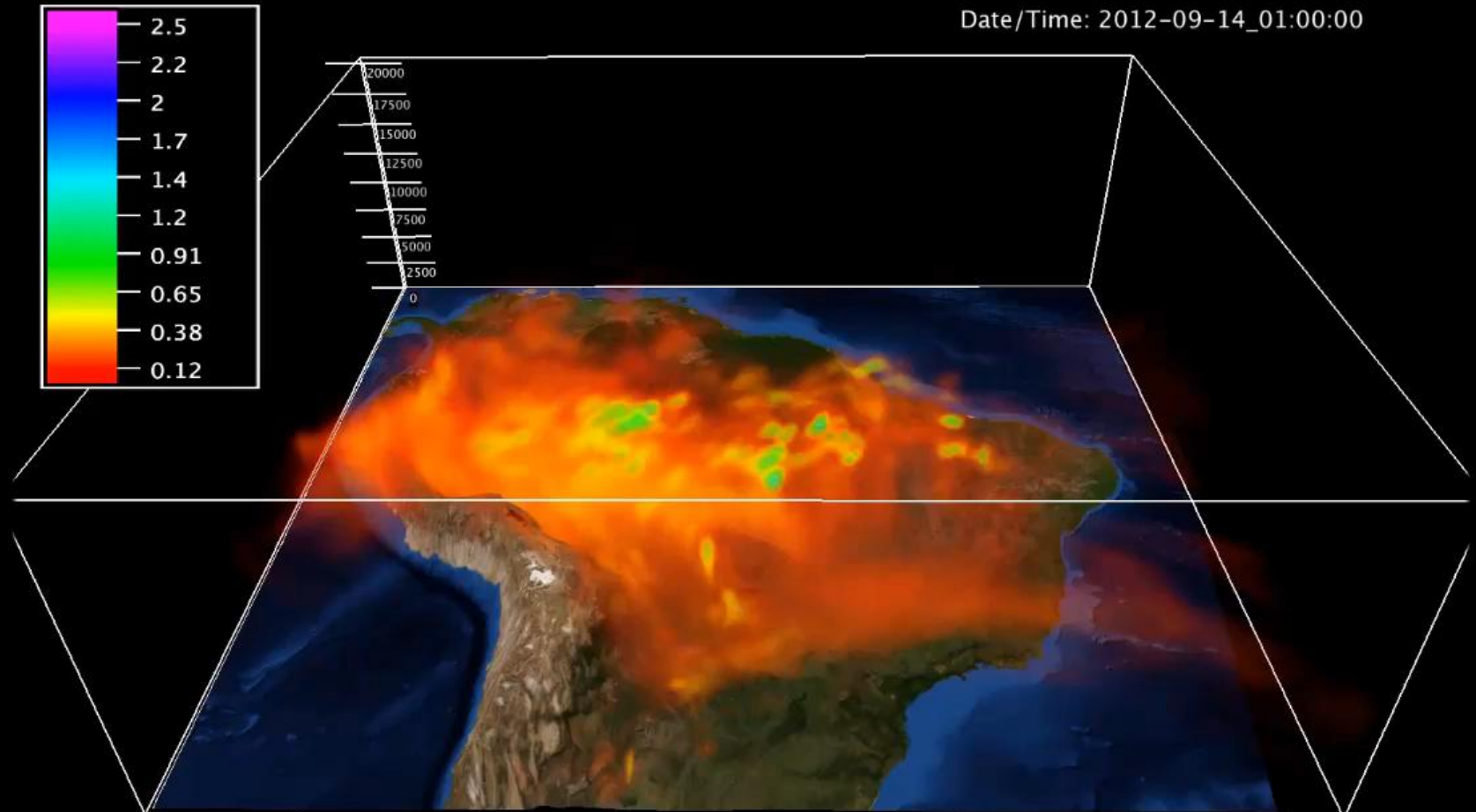


Carbon Dioxide Column Concentration [ppmv]



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

Permite verificar o impacto das emissões sobre as variáveis meteorológicas

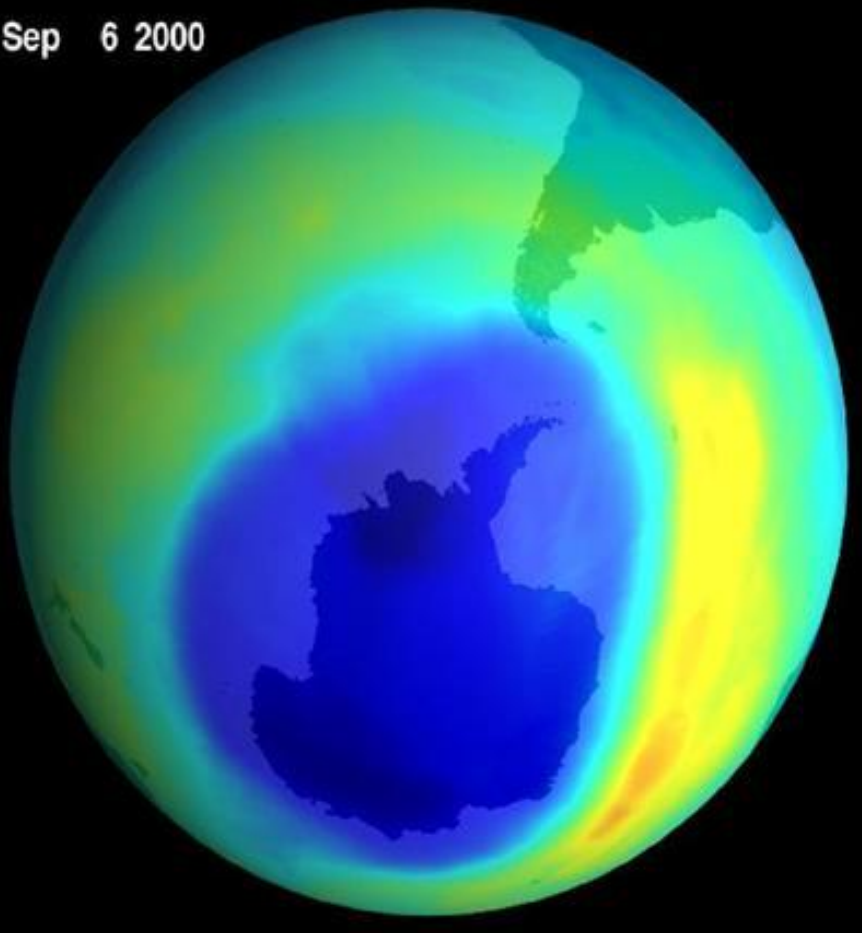


**Simulação da previsão do CO (ppm) emitido executada no WRF-Chem**

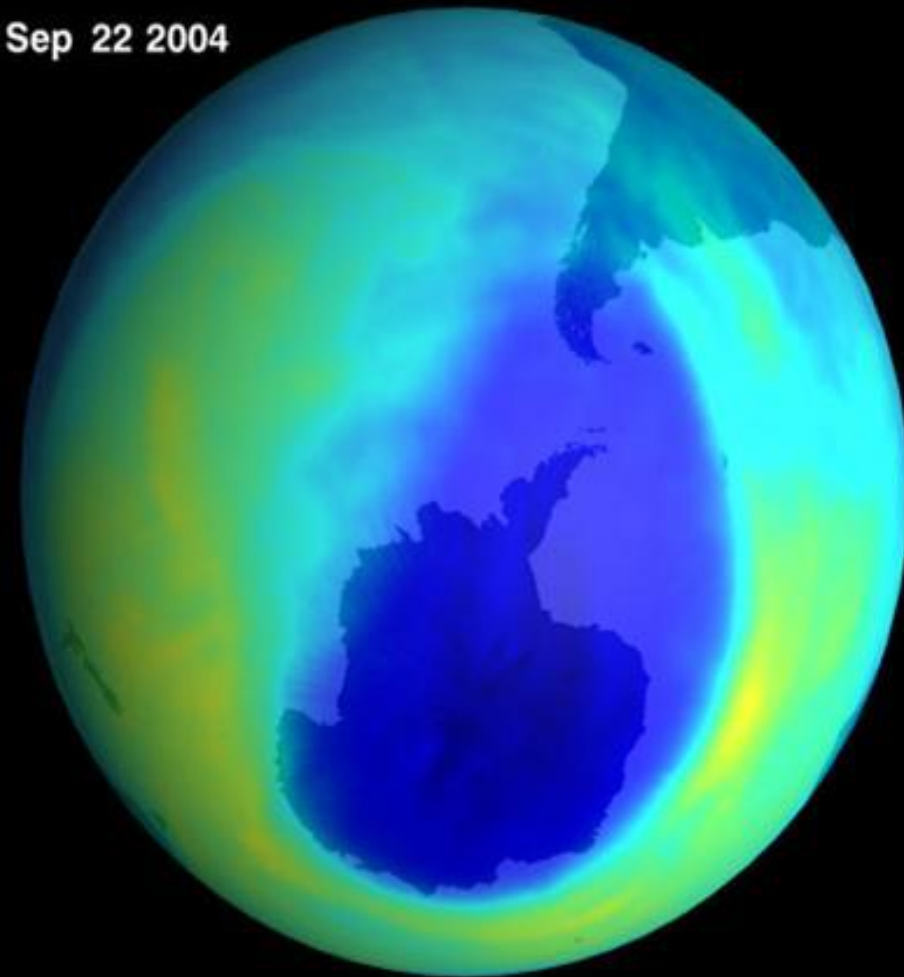




Sep 6 2000

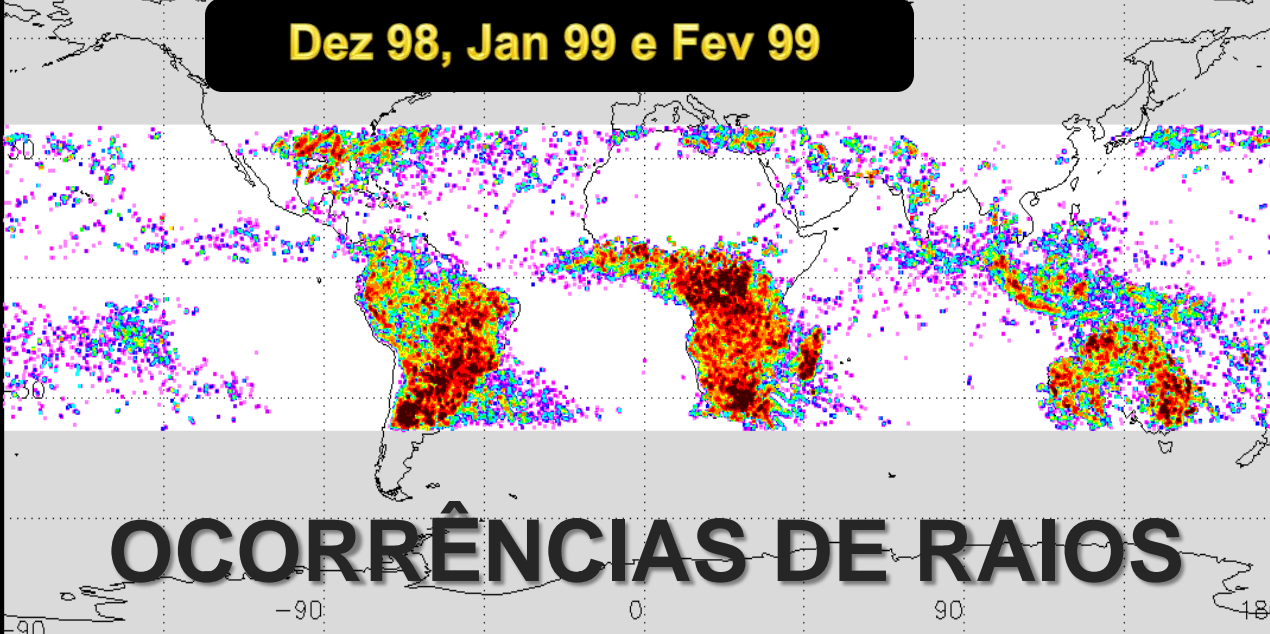


Sep 22 2004





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

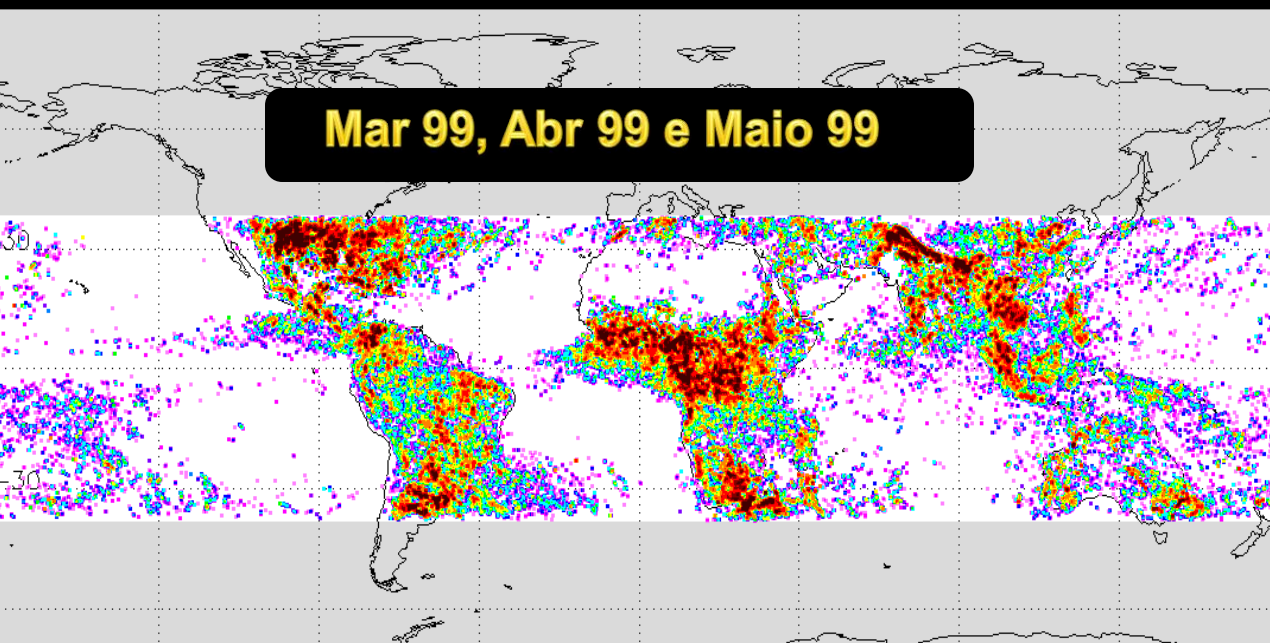


# OCORRÊNCIAS DE RAIOS

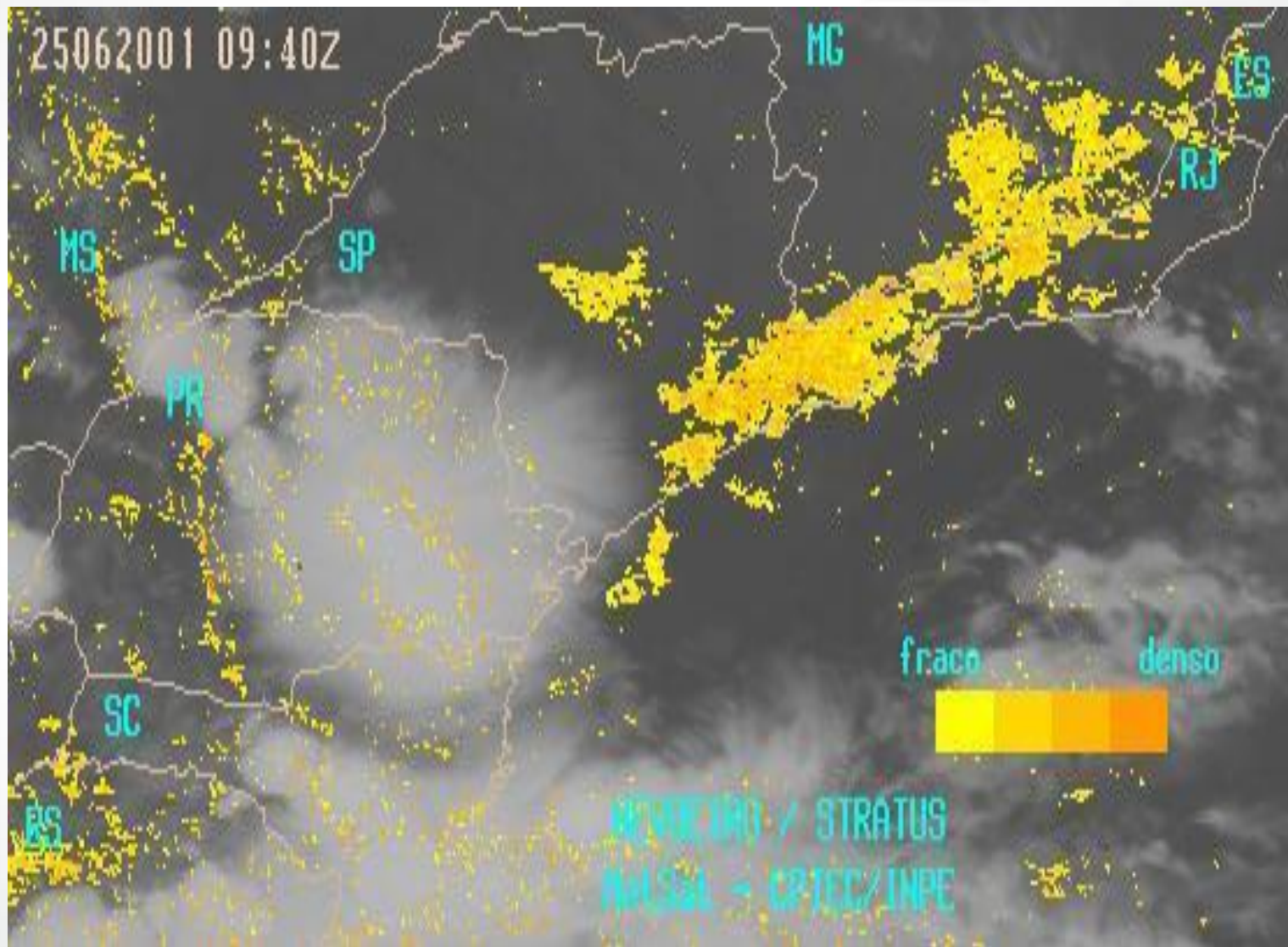
Orbits 1419  
Areas 50785  
Flashes 231007



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



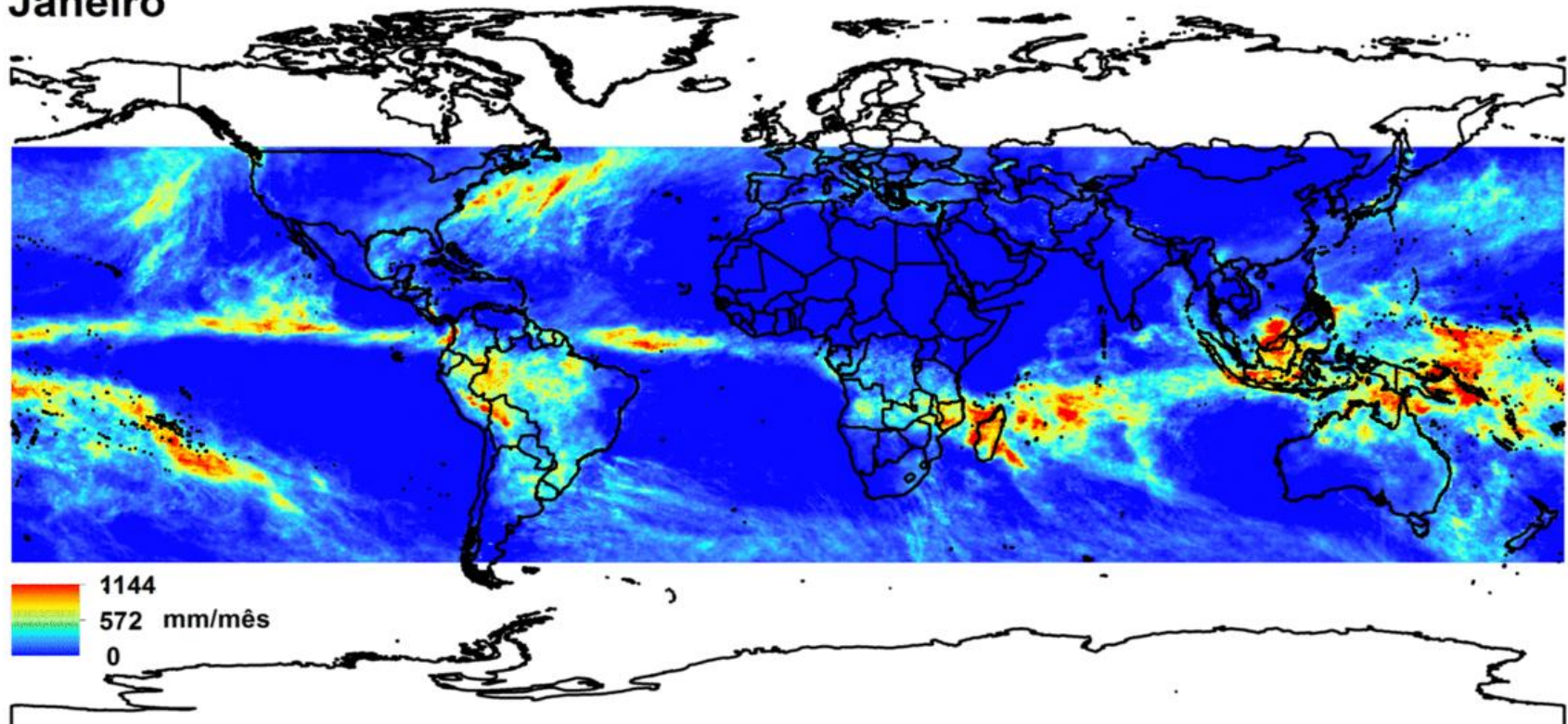
# Nevoeiro





# Precipitação estimada através do TRMM

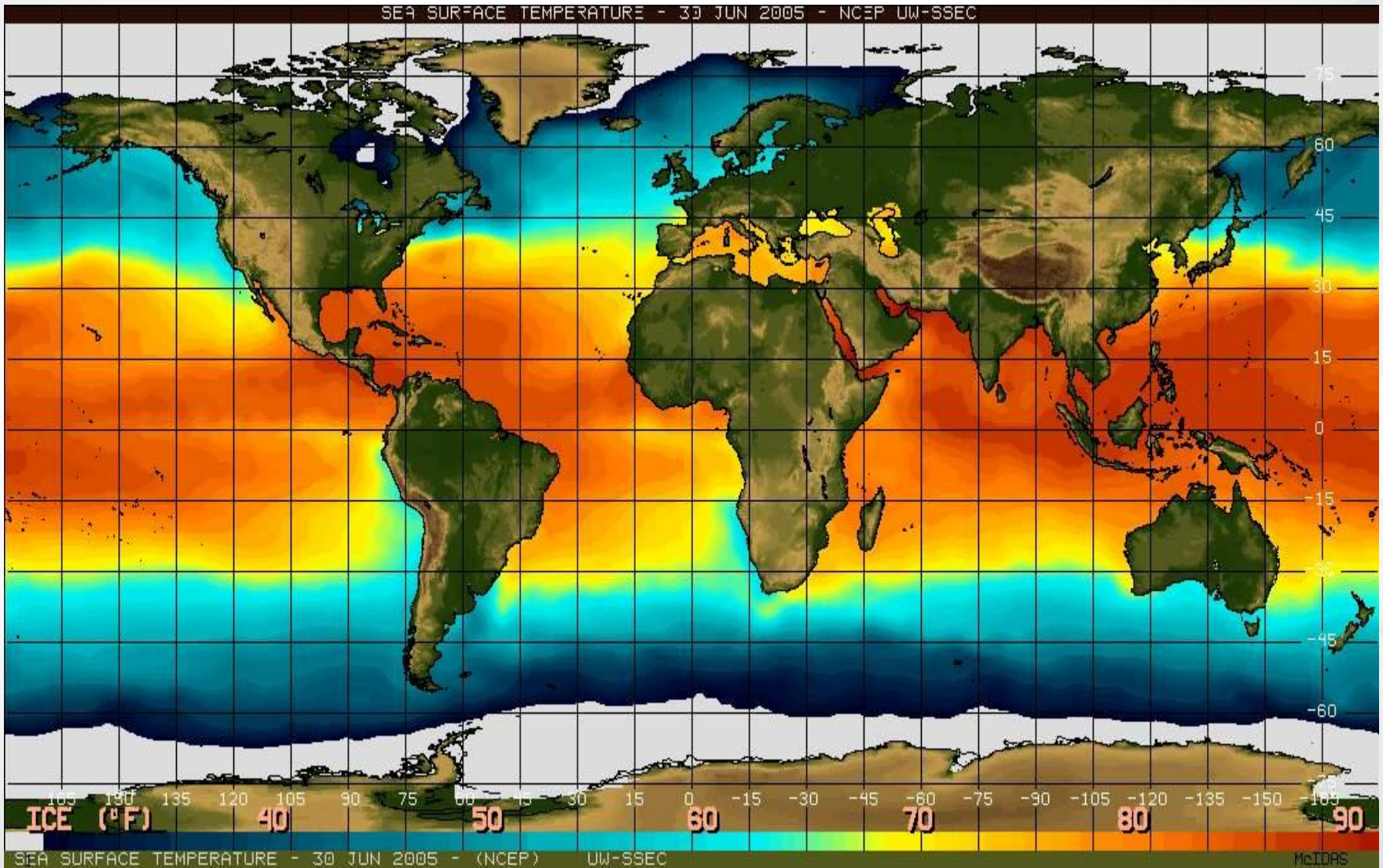
Janeiro



**Produto de precipitação mensal do  
TRMM (3B43) para o ano de 2015**

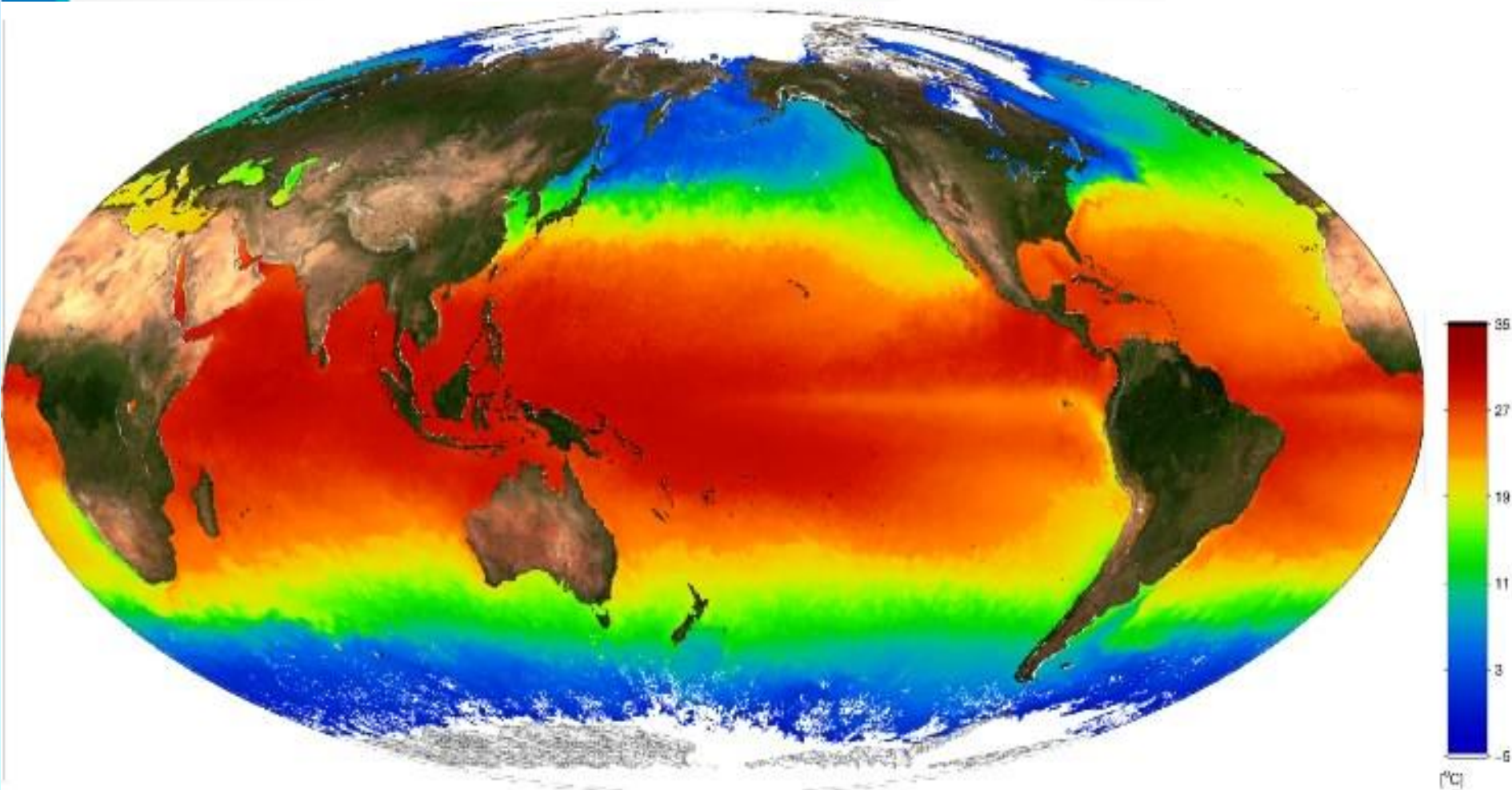


## Temperatura da Superfície do Mar

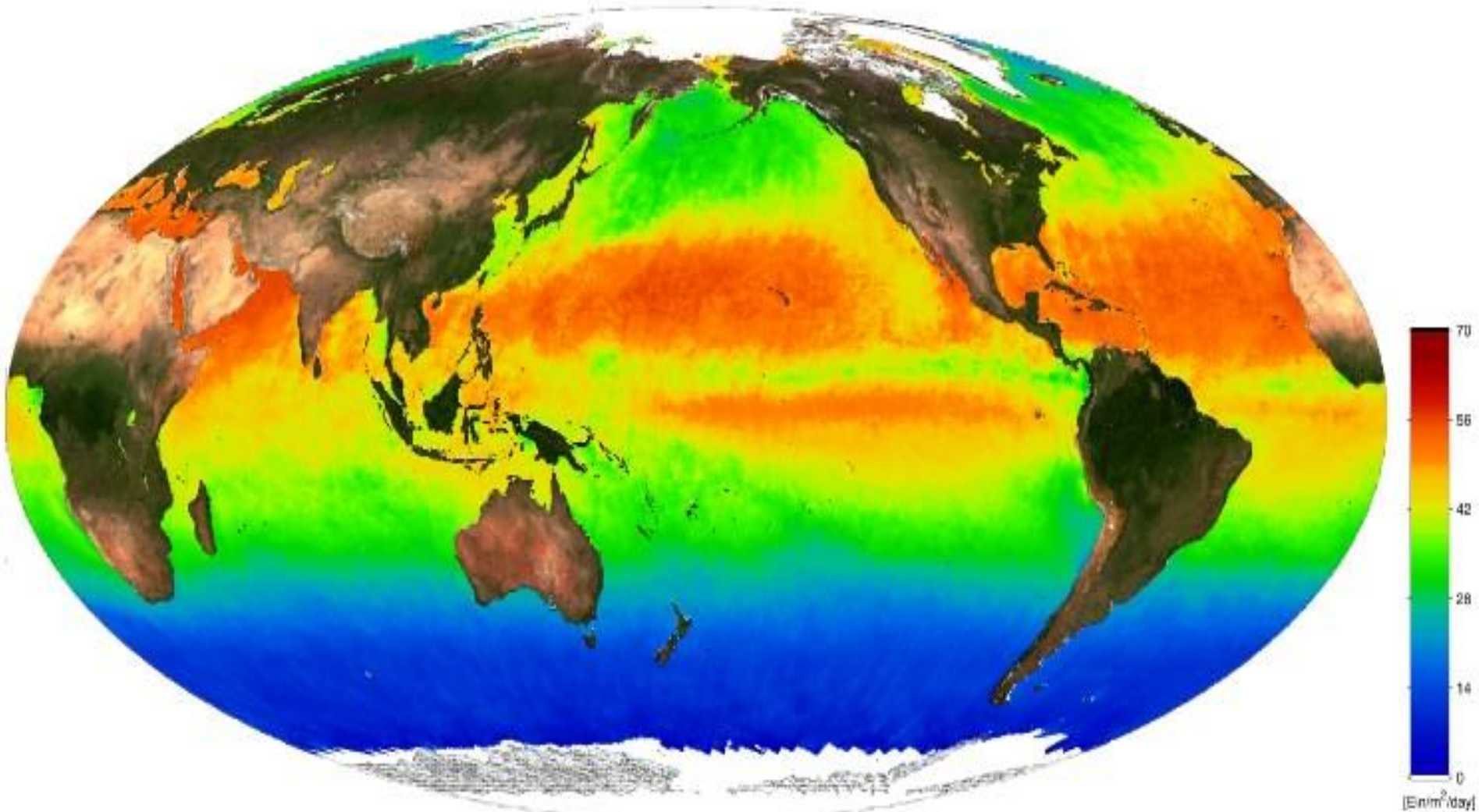




# TSM

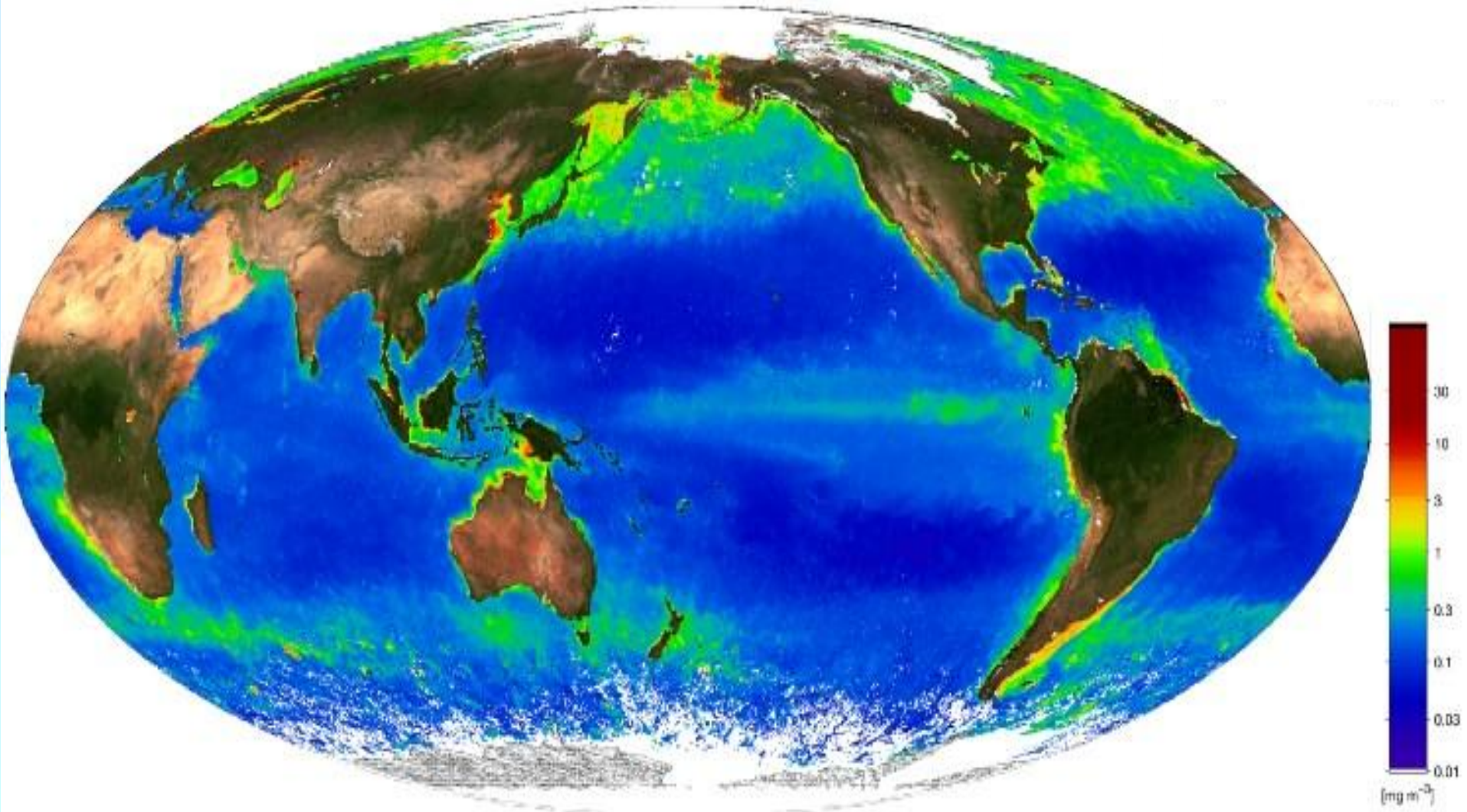


# Produto Radiação Fotossinteticamente Ativa



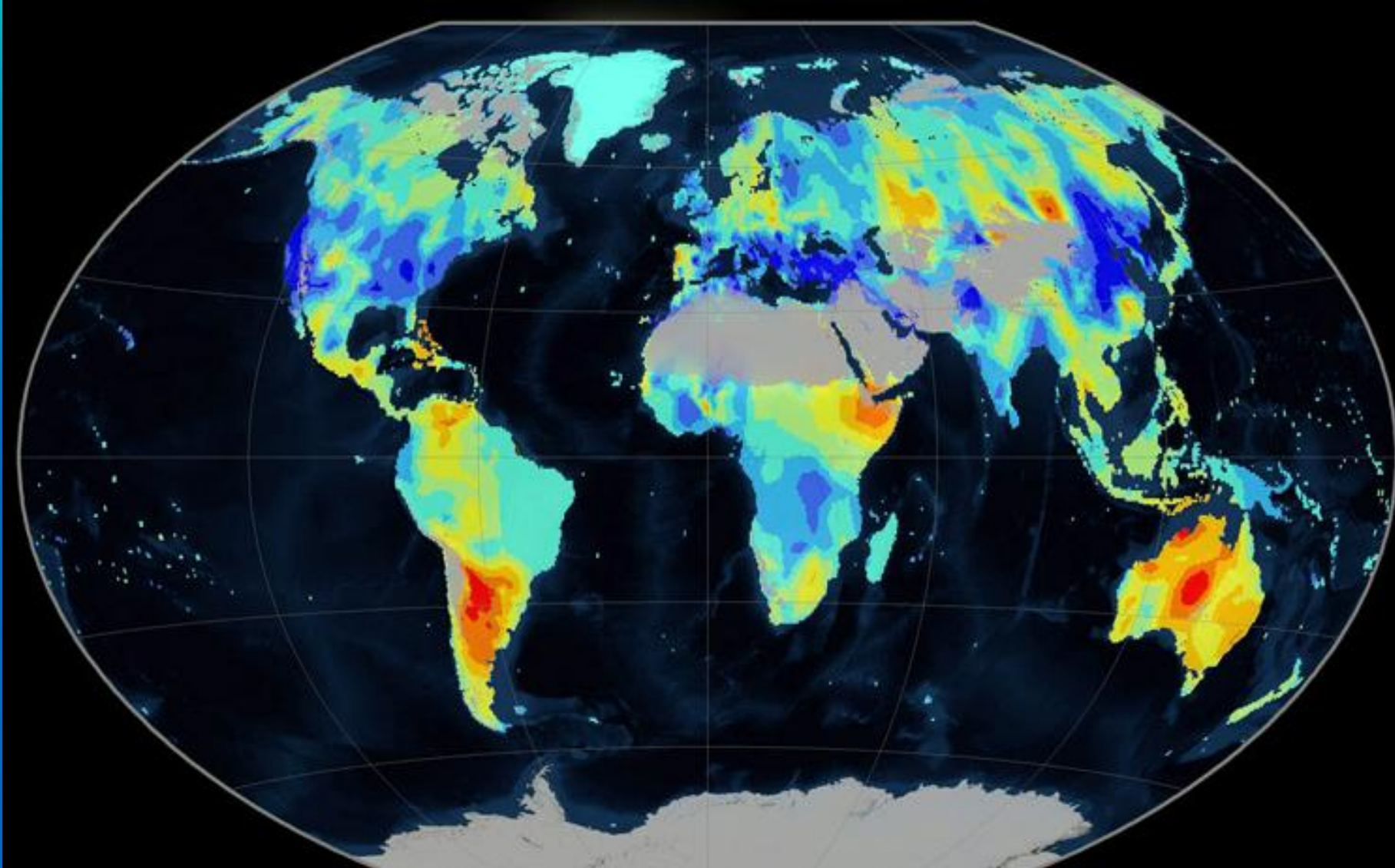


# Produto Clorofila-a global



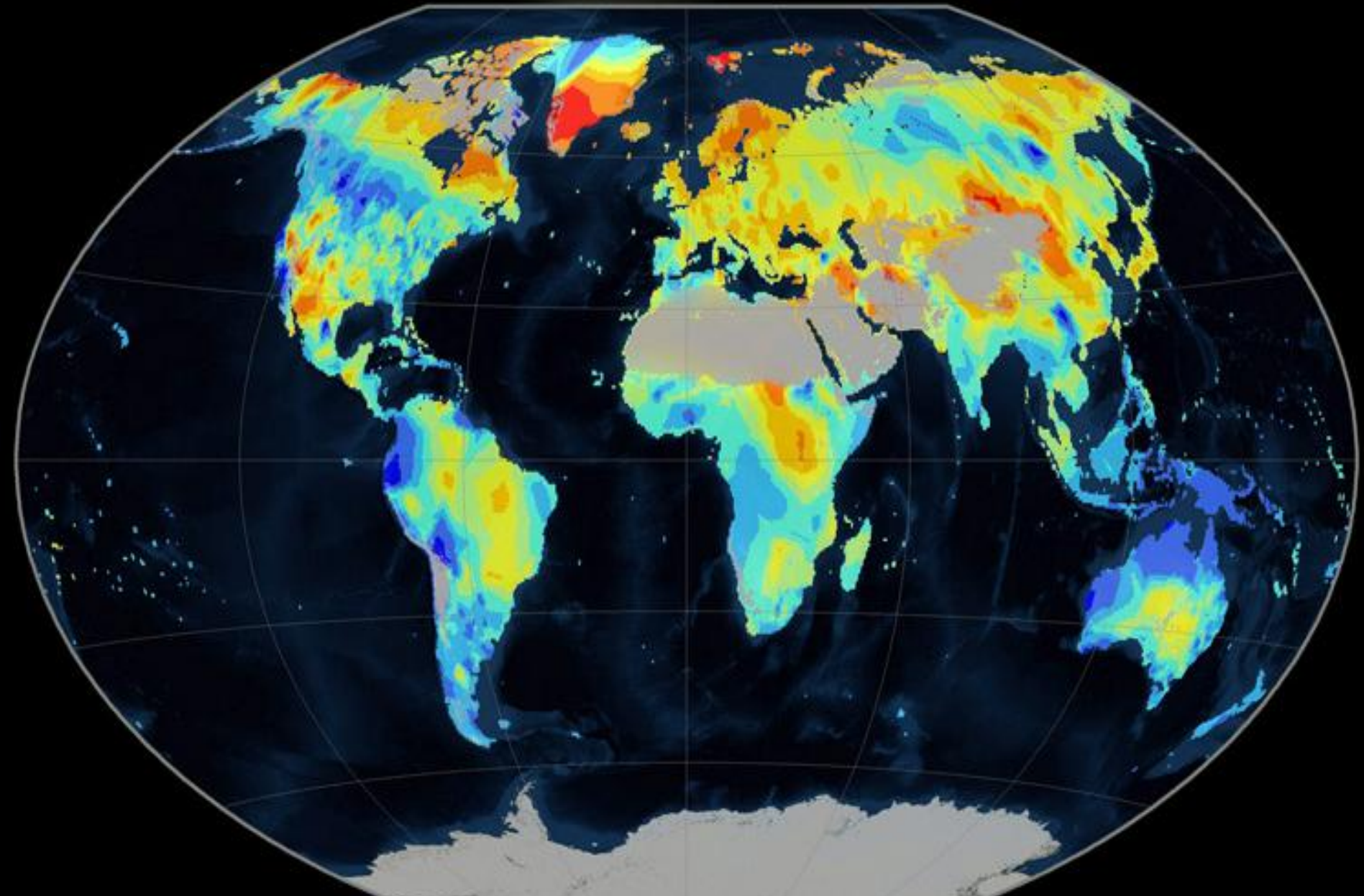
# Análise sobre os continentes

## Nebulosidade

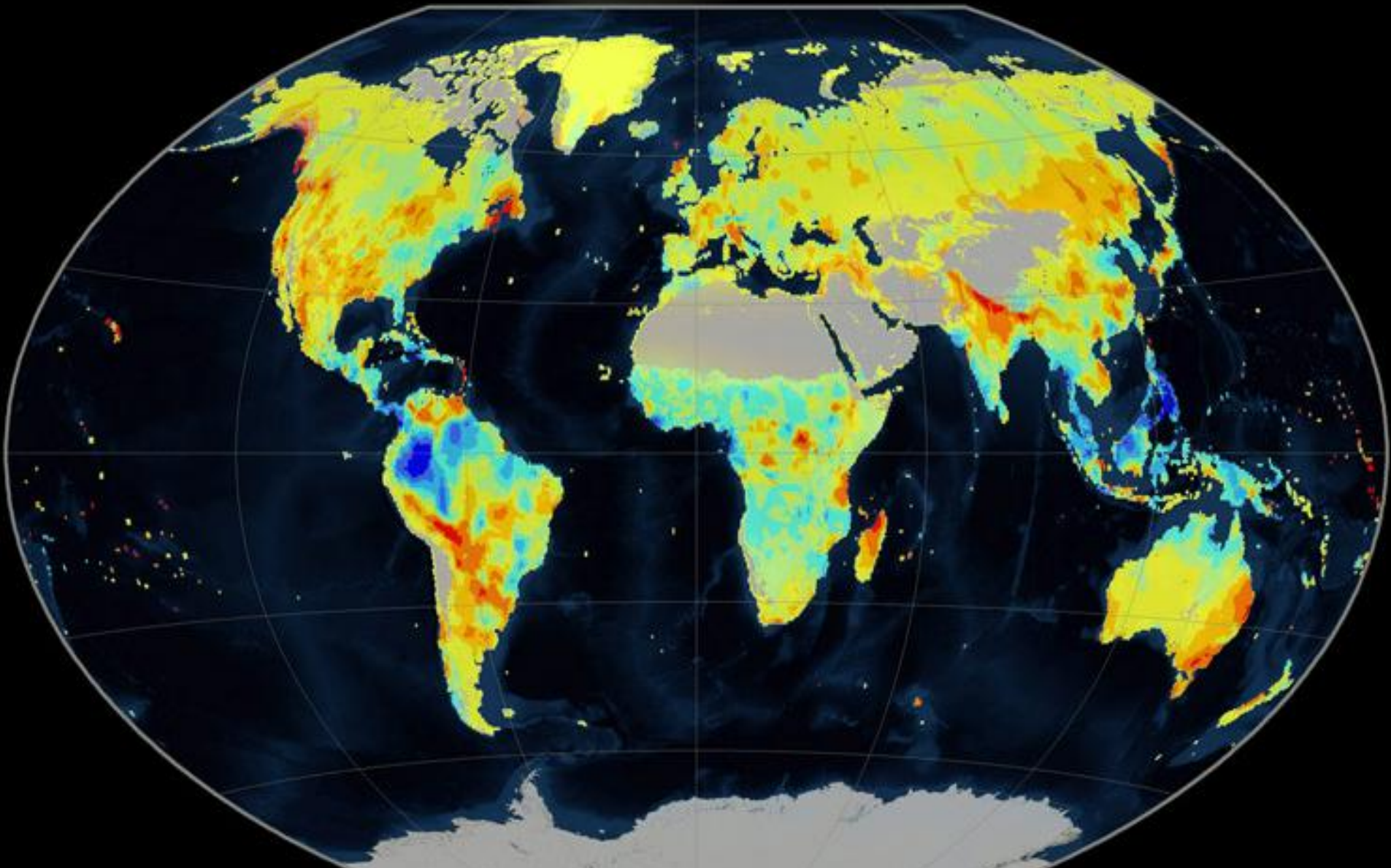




# TEMPERATURA

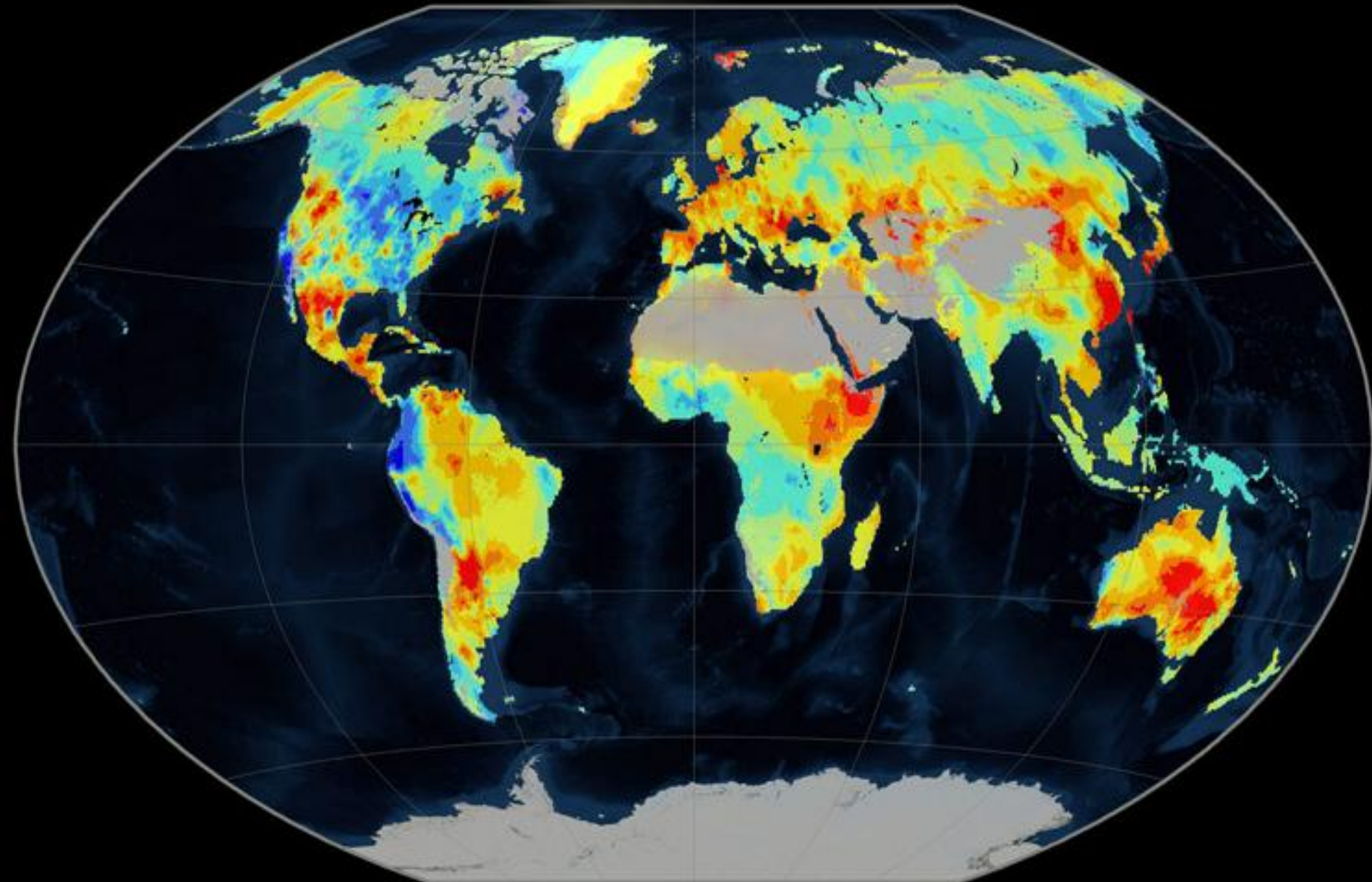


# PRECIPITAÇÃO

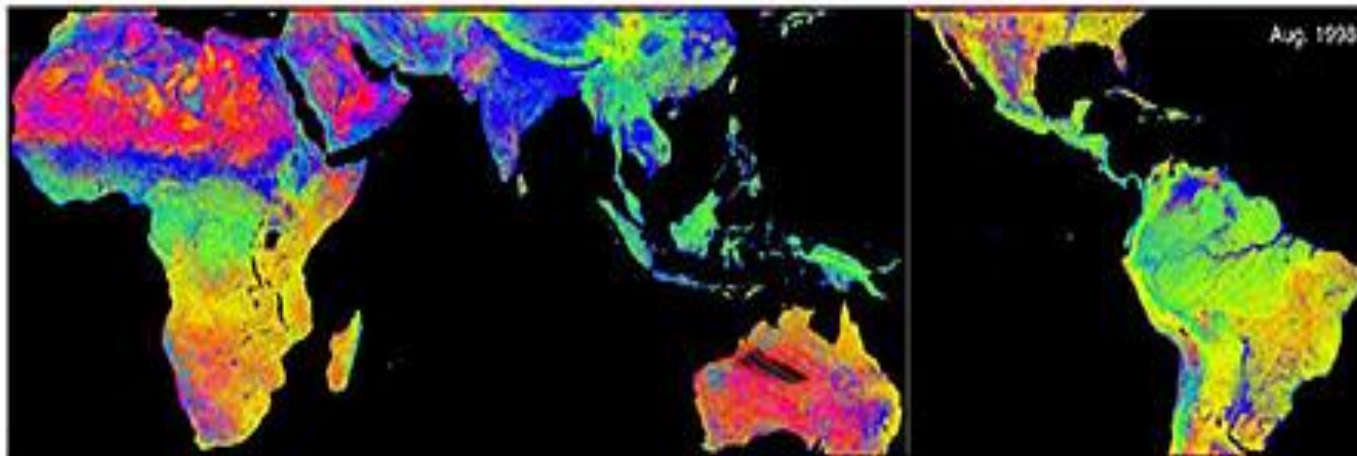
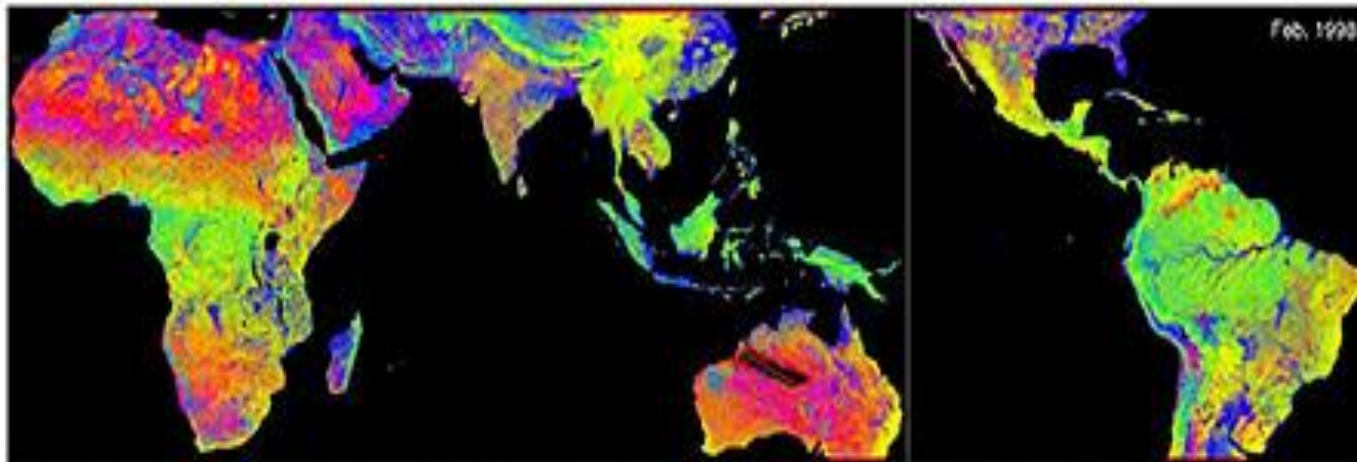




# EVAPOTRANSPIRAÇÃO



## Land Surface Observation by TRMM/PR



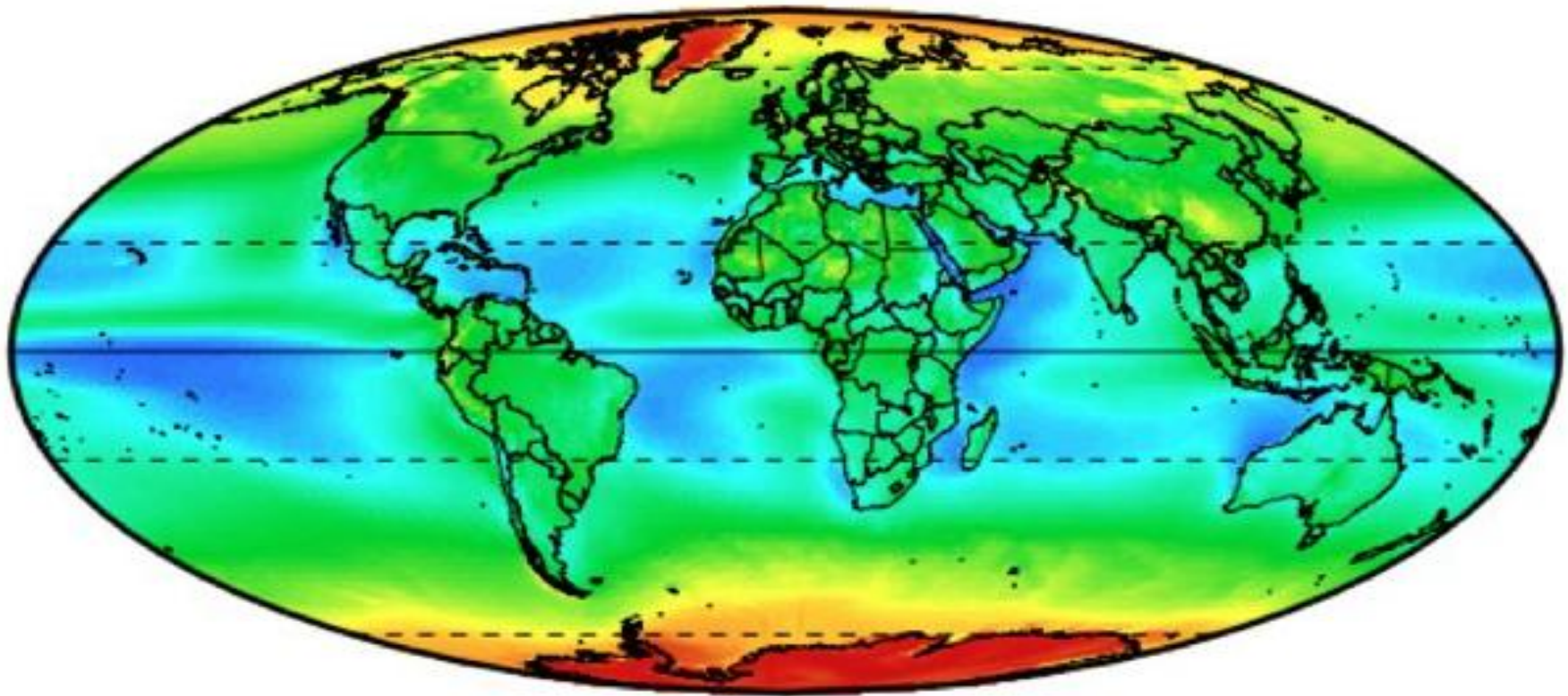
Green : correspond to forest density (3 to 8 degree)  
Blue : correspond to wet surface (9 to 13 degree)  
Red : correspond to arid / desert areas (14 to 18 degree)

Blue

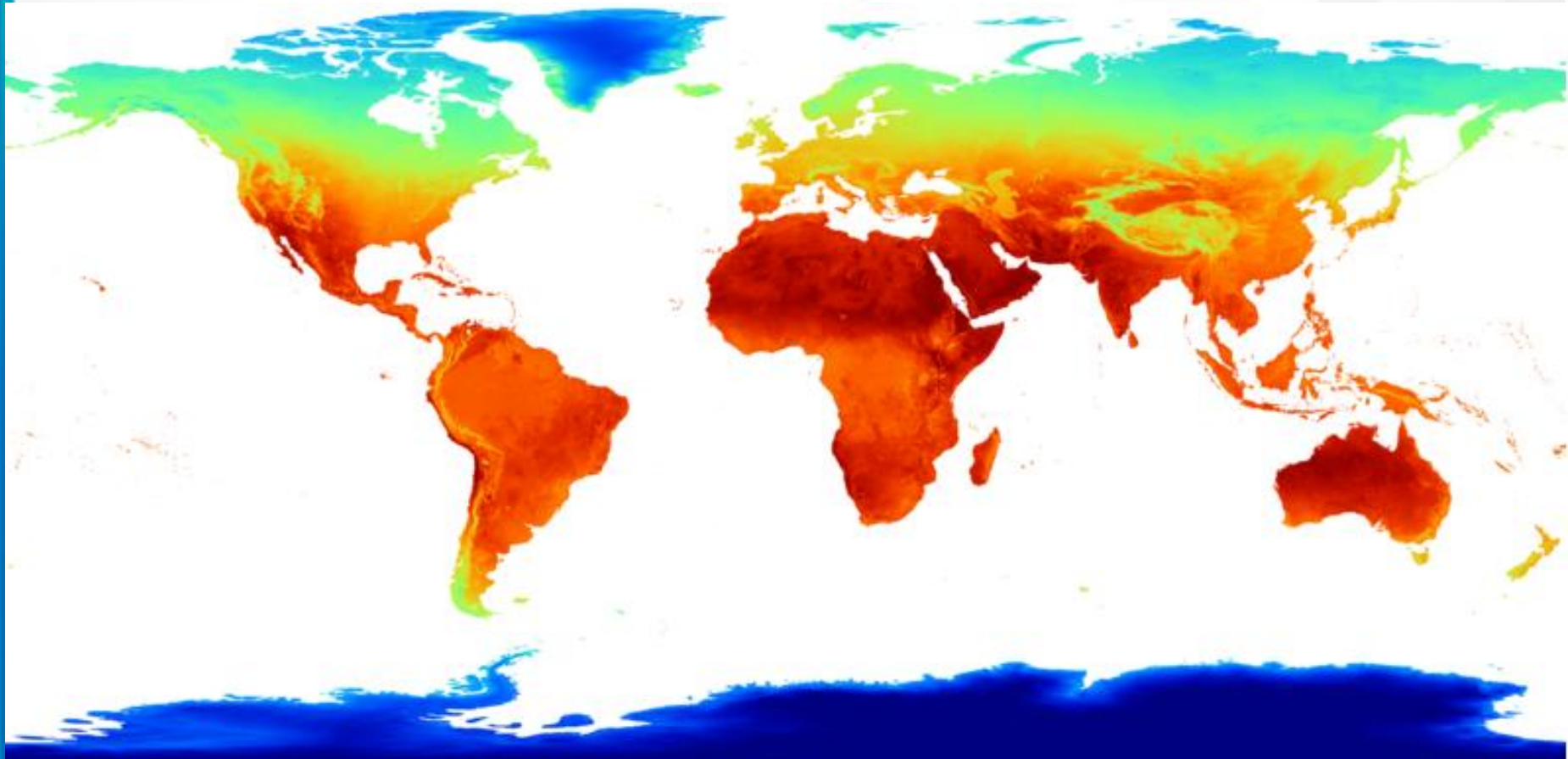


# Albedo Médio da Terra

Avg Globe: 31.6 NH: 31.2 SH: 32 Trop: 23.3  
Arc: 52 Ant: 68.2 Land: 33.9 Ocean: 30.7 %

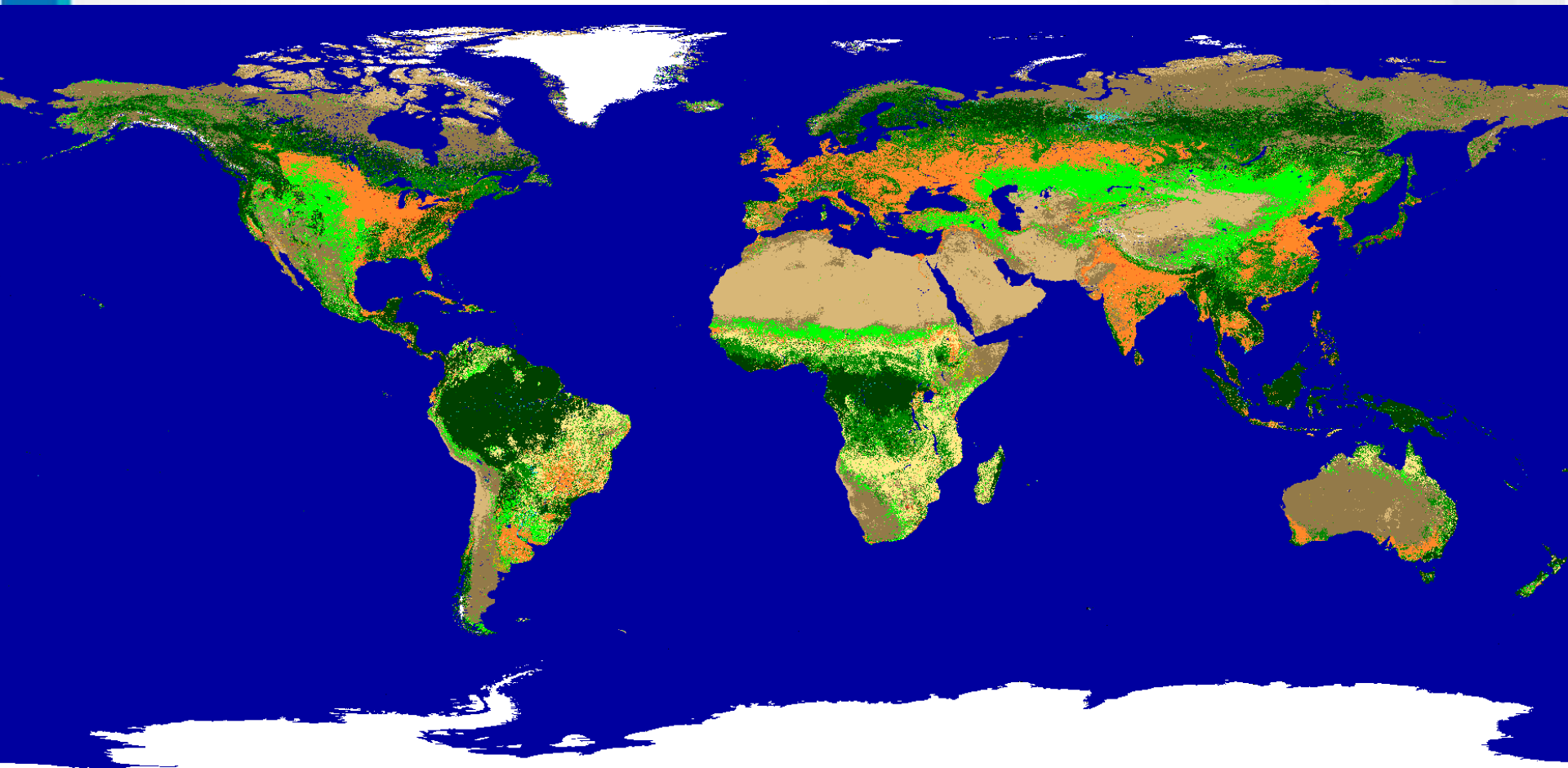


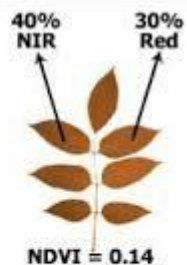
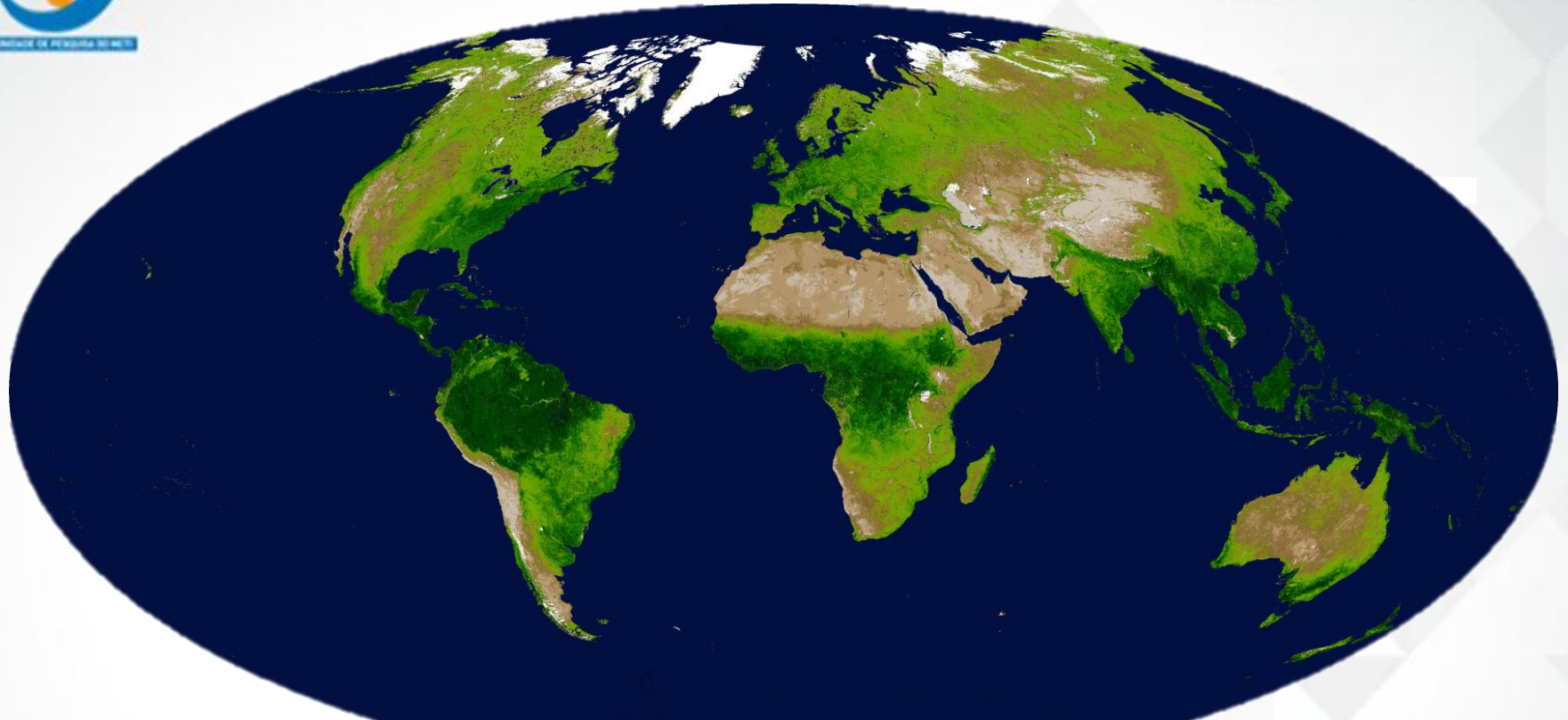
## Temperatura



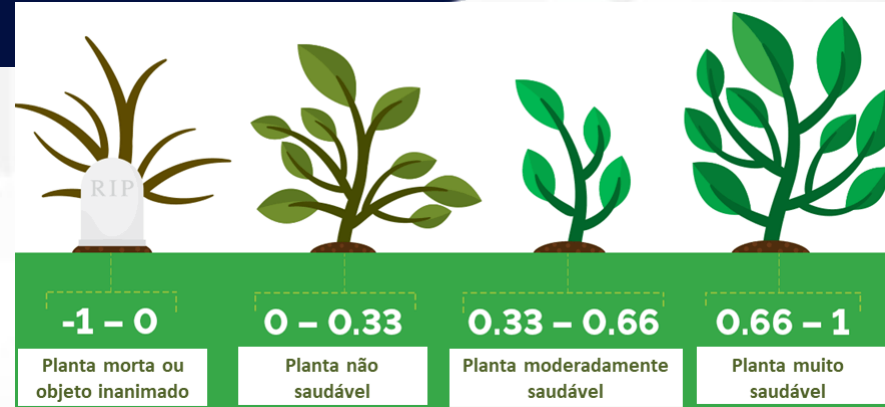


# Uso do Solo



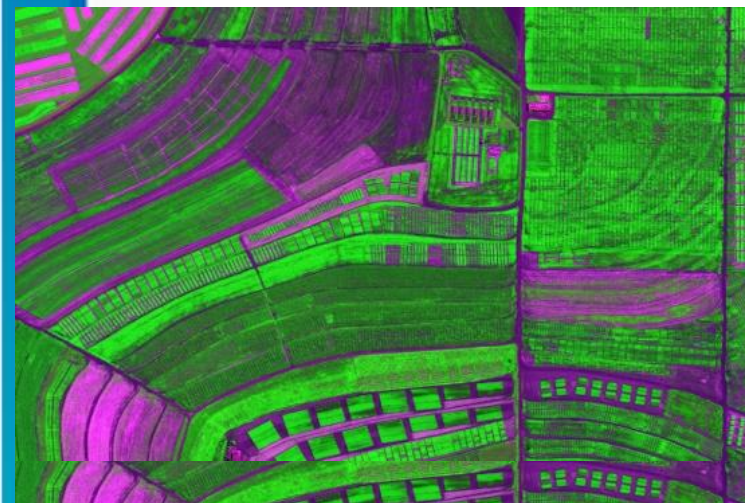


$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$



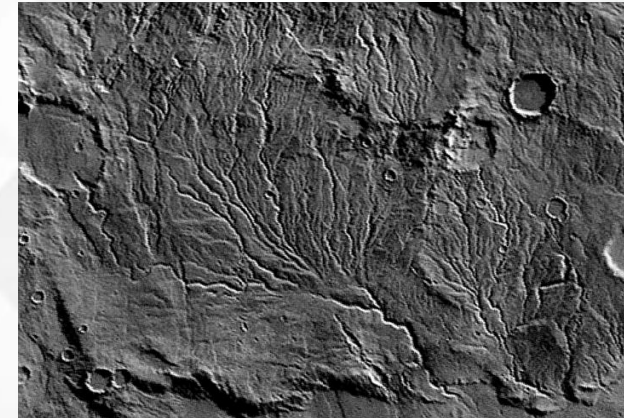
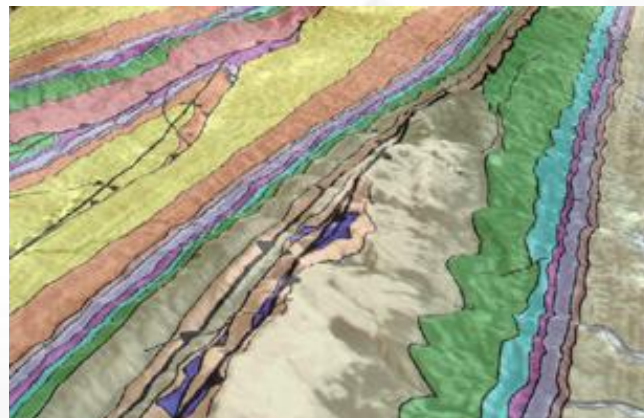
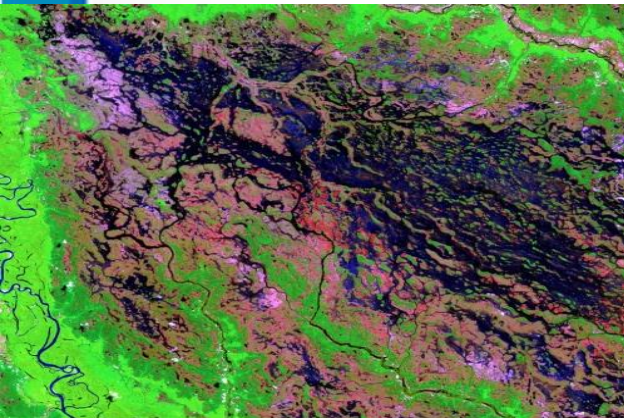


- Estimativa de área plantada com culturas agrícolas;
- Estimativa do balanço de energia e de carbono;
- Estimativa de produtividade de culturas agrícolas por meio de modelagem agrometeorológica;
- Experimentação agrônômica para o estabelecimento de relações entre variáveis espectrais e parâmetros biofísico.



# Sensoriamento Remoto Aplicado à Geologia

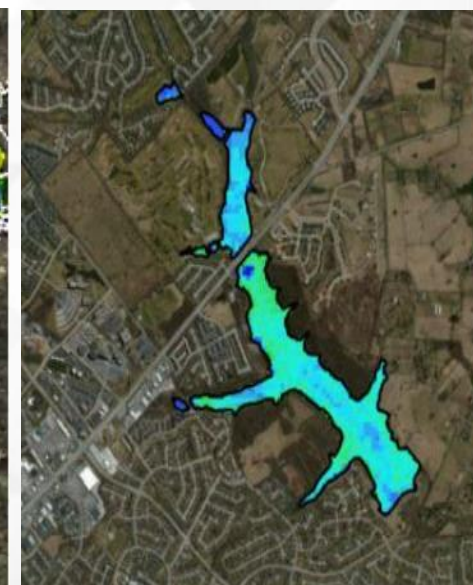
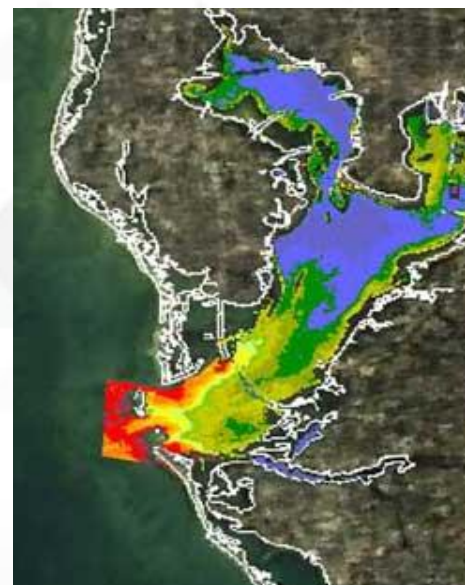
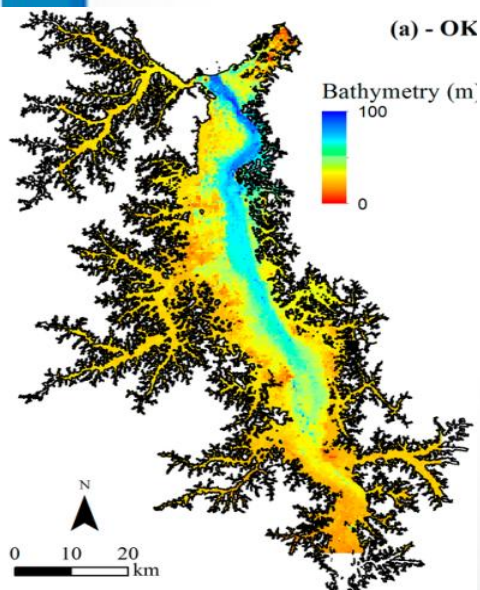
- Discriminação multi-espectral e hiper-espectral de alvos geológicos;
- Fotogeologia com imagens orbitais;
- Tecnologia de GIS em aplicações geológicas;
- Sensoriamento remoto por radar em geologia;
- Reconstituição da paisagem em ambientes de cobertura sedimentar no tempo e espaço.





# Sensoriamento Remoto Aplicado à Processos da Hidrosfera

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



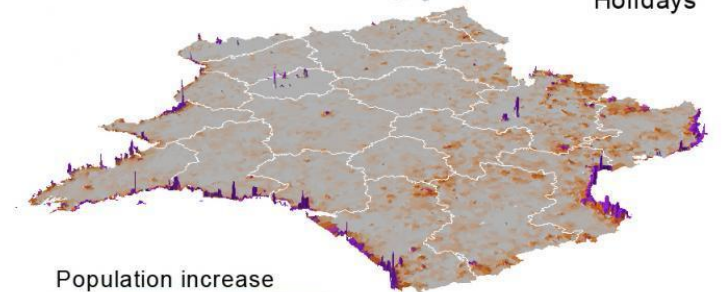
- Mudanças de Uso da Terra;
- Estudos Urbanos;
- Saúde Pública;
- Modelagem Ambiental;
- Estatística Espacial.



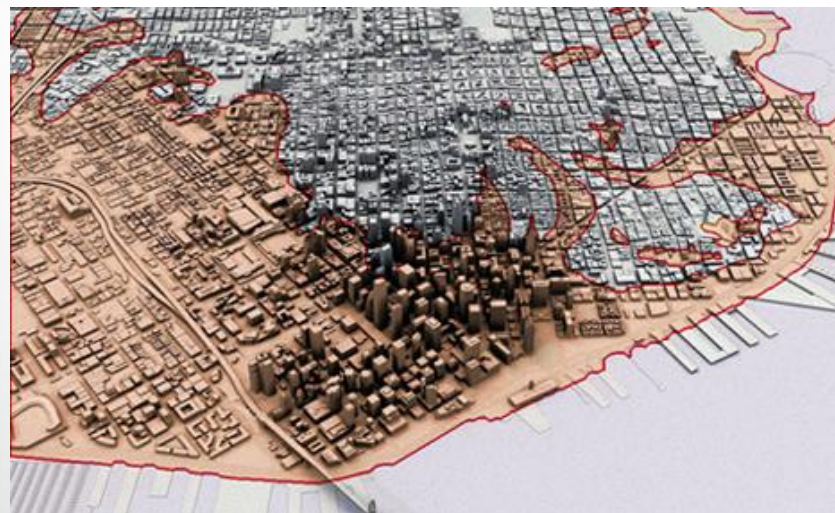
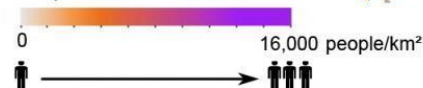
Working periods



Holidays



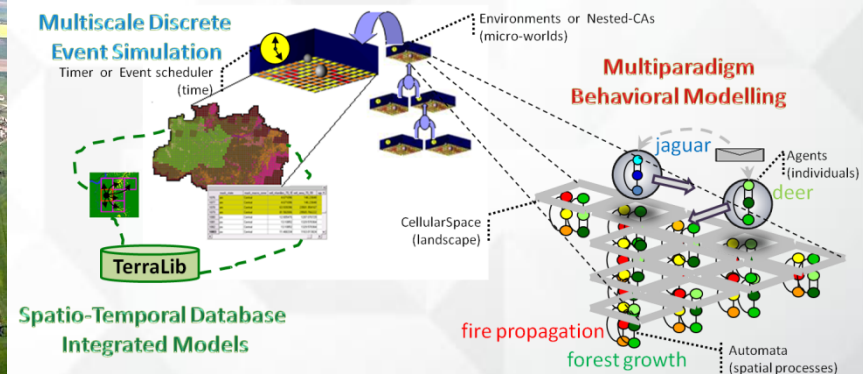
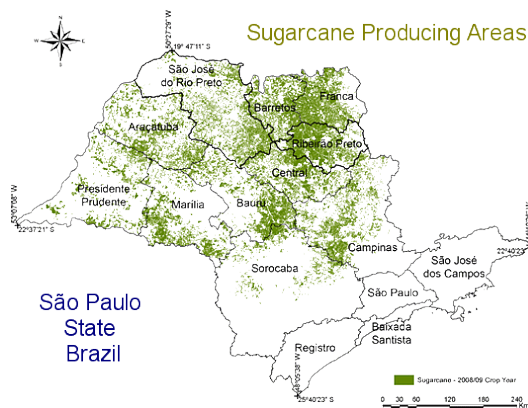
Population increase





# 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.

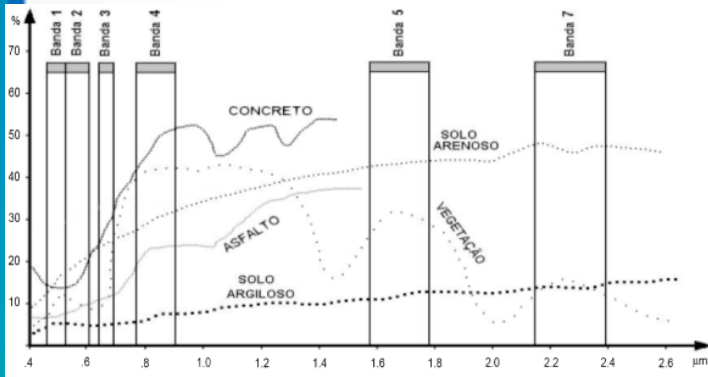
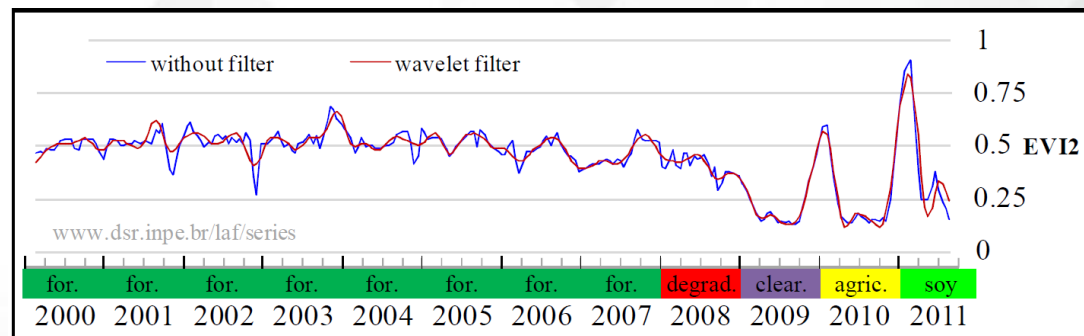
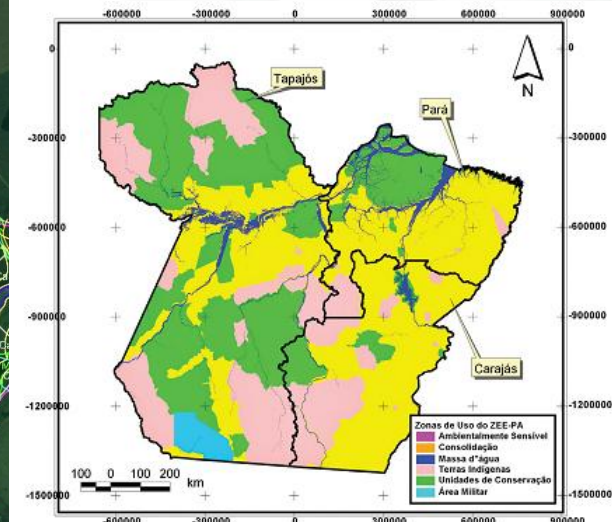
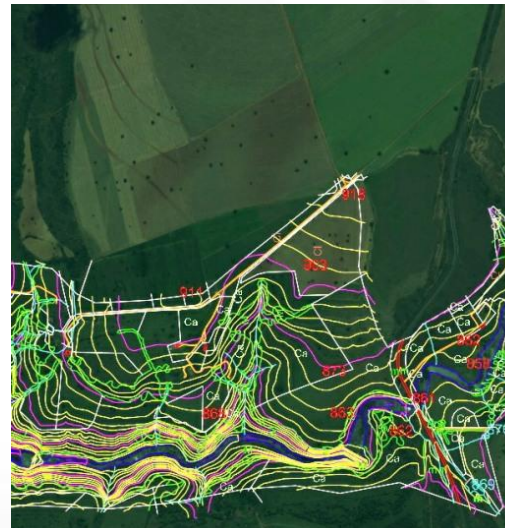


Figura 3. Bandas do TM e comportamento espectral de alguns objetos. Fonte: adaptada de Bowker (1985).



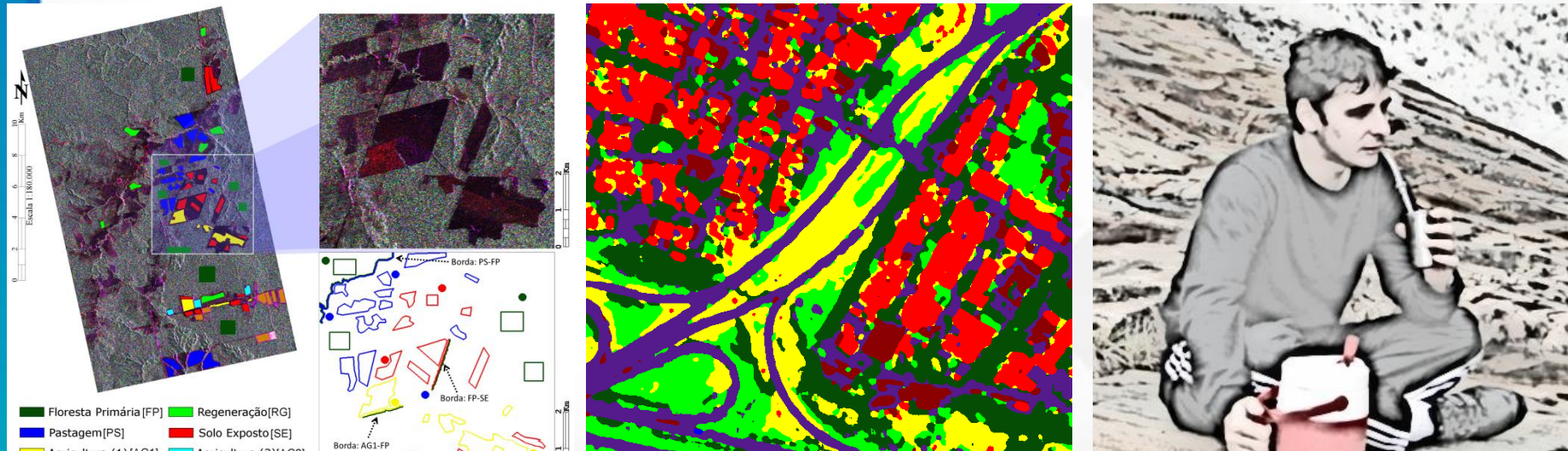


- Geoinformação para Gestão Municipal;
- Gestão Ambiental;
- Zoneamento Ecológico-Econômico.



# Processamento de Imagens

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







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.

## DETER Intenso

Sistema de alerta de evidências de alterações na cobertura florestal da Amazônia Brasileira, que desde 2019 utiliza os satélites CBERS-4 (WFI e MUX), Landsat 8 (OLI), Sentinel 2 (MSI) e imagens do sensor SAR a bordo do satélite Sentinel 1 (banda C) .

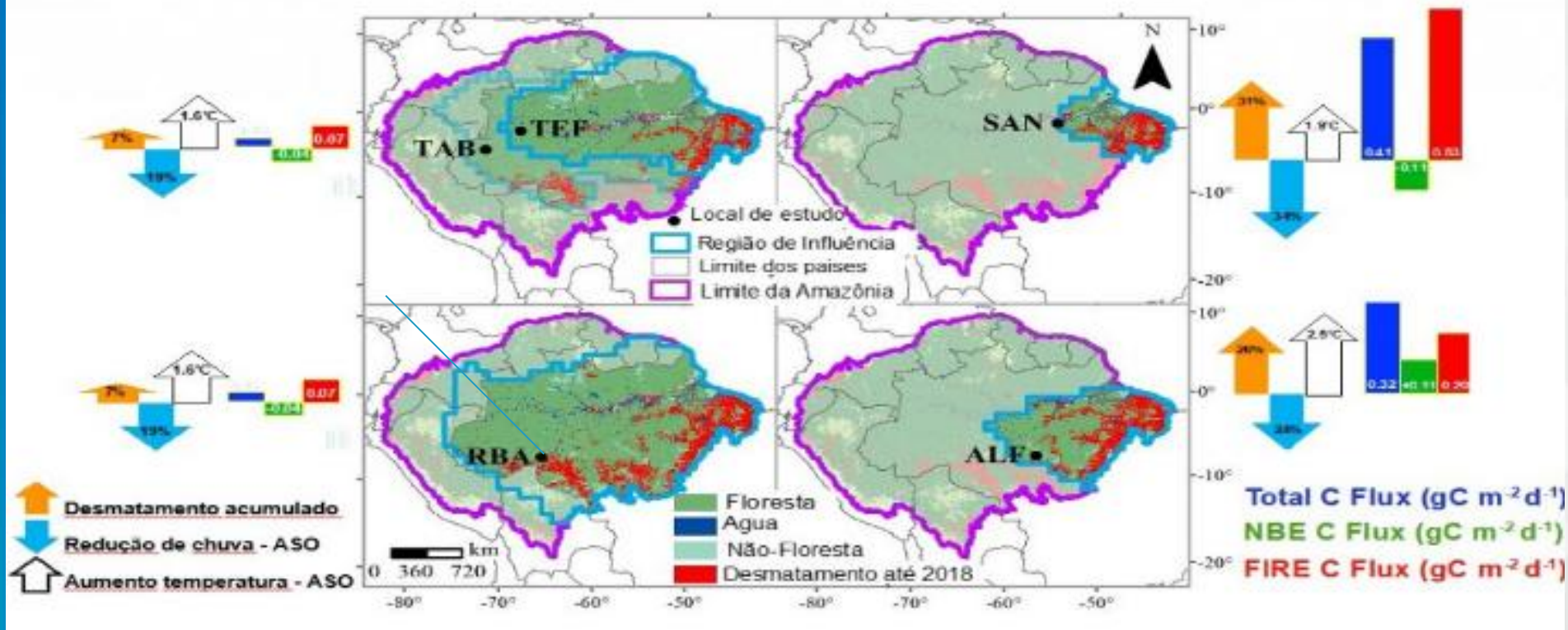
Oferece suporte à fiscalização e controle de desmatamento e da degradação florestal.

Baseia-se em interpretação visual e técnica de Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME)

- **DESMATAMENTO:** Desmatamento com solo exposto, Desmatamento com vegetação e Mineração
- **DEGRADAÇÃO:** Degradação, Cicatriz de incêndio florestal
- **EXPLORAÇÃO MADEIREIRA:** Corte Seletivo Tipo 1 (Desordenado) Corte Seletivo Tipo 2 (Geométrico)



# Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change



As regiões da Amazônia com desmatamento em torno de 30% ou superior apresentaram uma importante alteração na estação seca (principalmente agosto, setembro e outubro), ficando mais seca, mais quente e mais longa, representando um período de grande estresse para a floresta. Estas regiões apresentaram uma emissão de carbono 10 vezes maior que as regiões com desmatamento inferior a 20%.

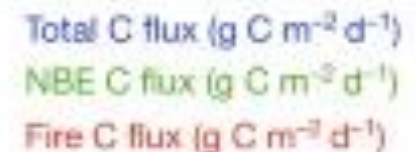
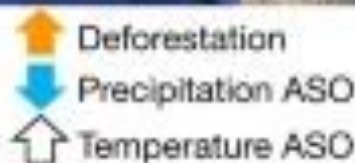
Fonte: **Gatti , L.V. et al. Nature volume 595, pages388–393 (2021)**

# 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.

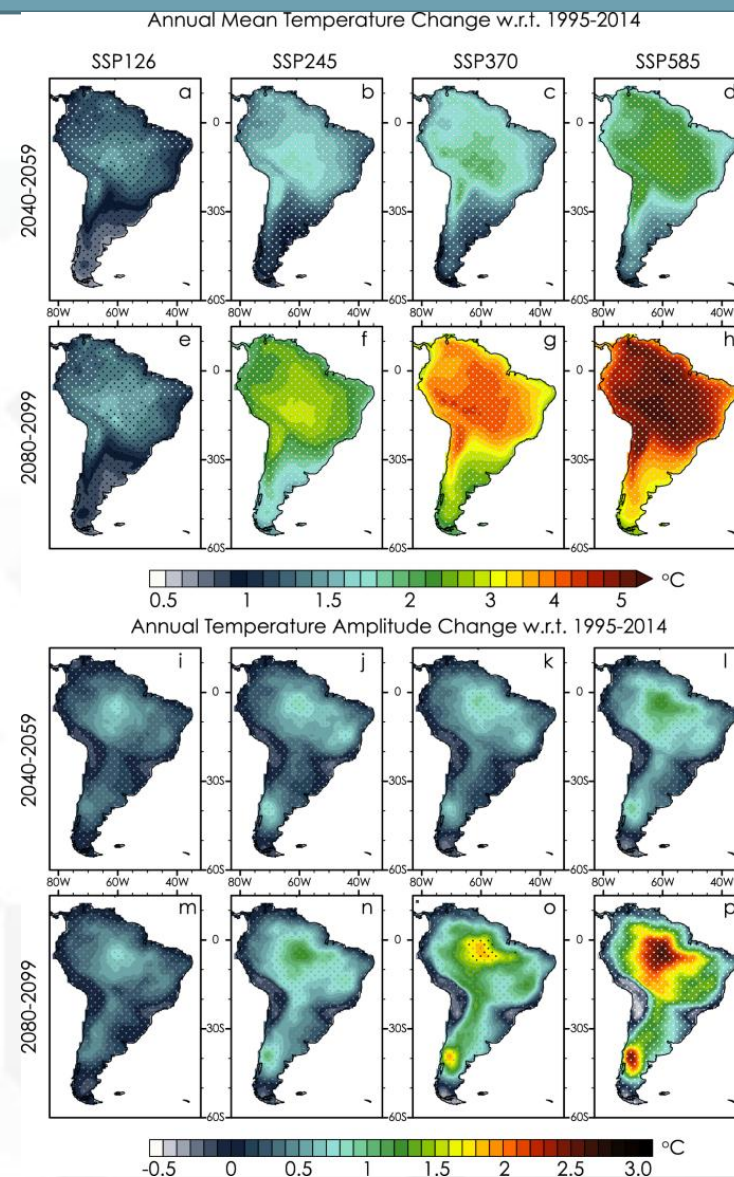
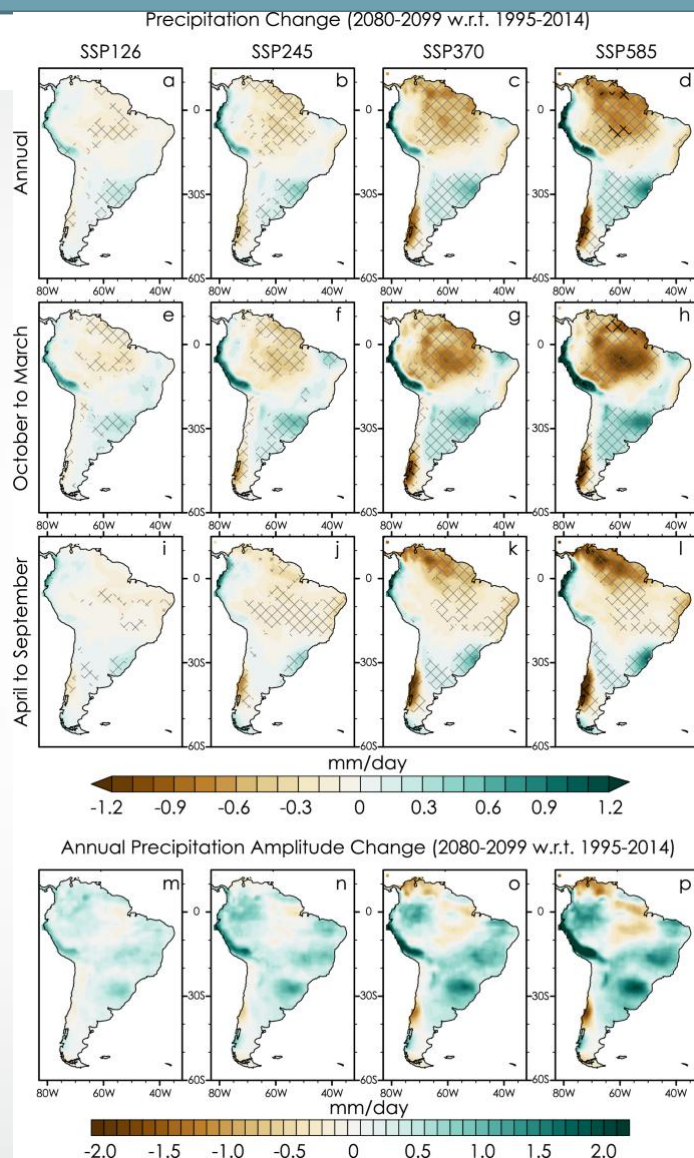


**Floresta Amazônica reduz o seu potencial de mitigação das mudanças climáticas.**



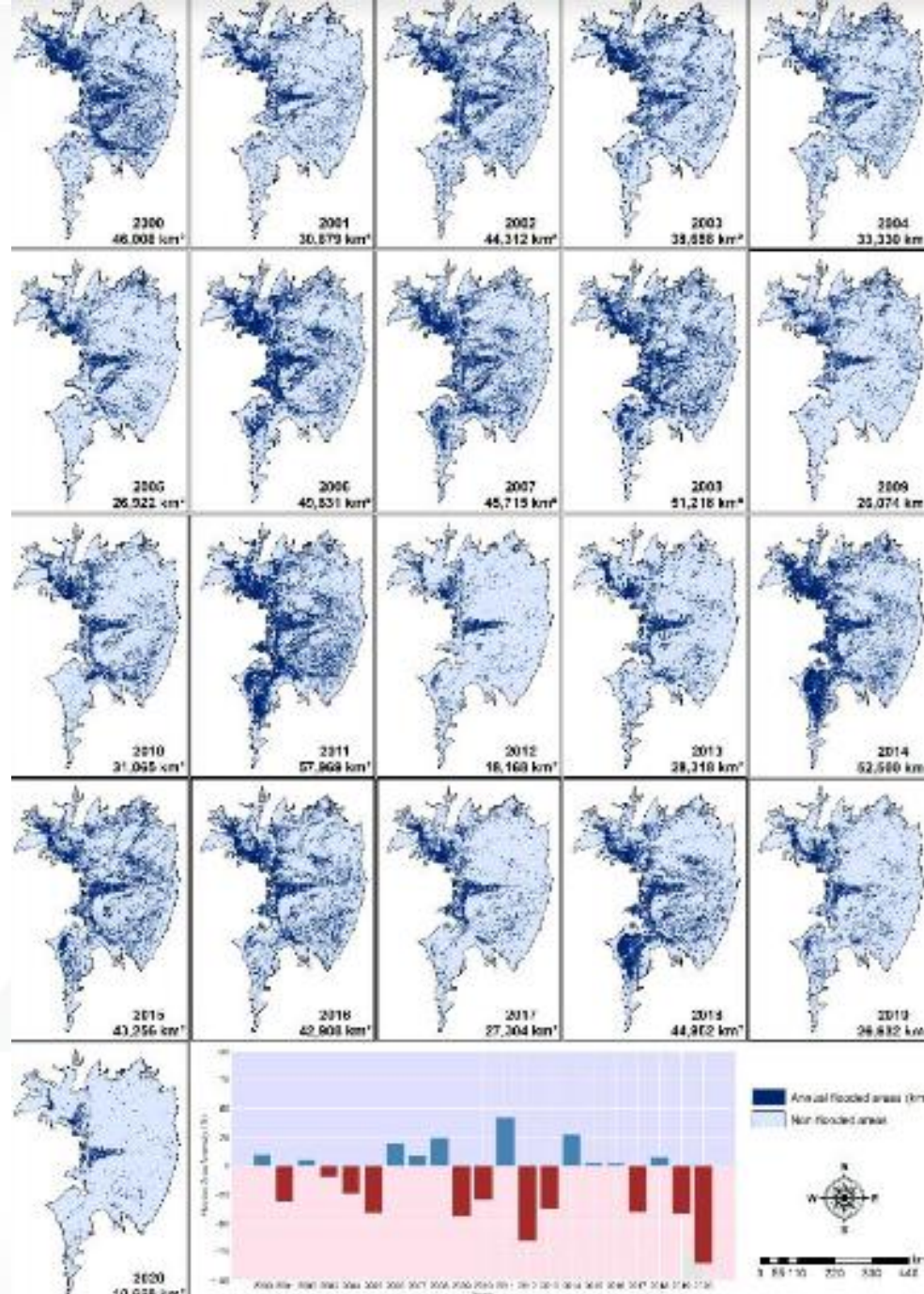


# Mudança da Precipitação e da Temperatura média anual (°C) nos períodos de (2040–2059; a–d) e (2080–2099; e–h) em relação ao período de (1995–2014)

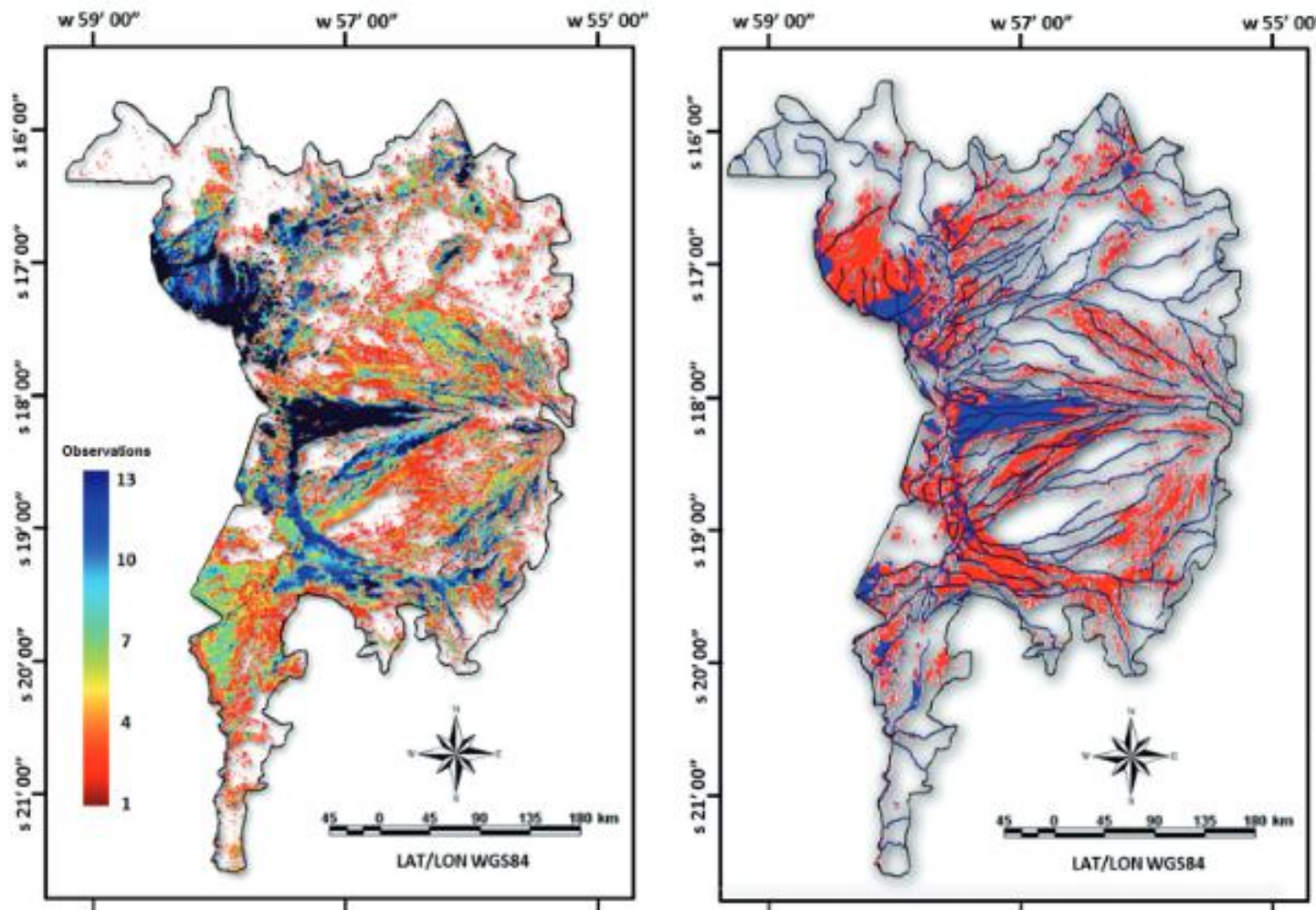


Almazroui, M. *et al.* Assessment of CMIP6 Performance and Projected Temperature and Precipitation Changes Over South America. *Earth Syst Environ* **5**, 155–183 (2021). <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00233-6>

# Monitoramento das áreas de cheia no Bioma Pantanal (2000 a 2019)







- a) Mapa do número de eventos de inundação durante o período de 2000 a junho de 2012;  
b) Mapa comparativo as áreas de inundação em 2012 (em azul) com regiões cuja frequência de eventos de inundação ocorreram em mais de 6 anos (vermelho)

Fonte: Moraes, E.C. et al. Geografia, v. 38 (2013)

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

Ano hidrológico  
(outubro a setembro)

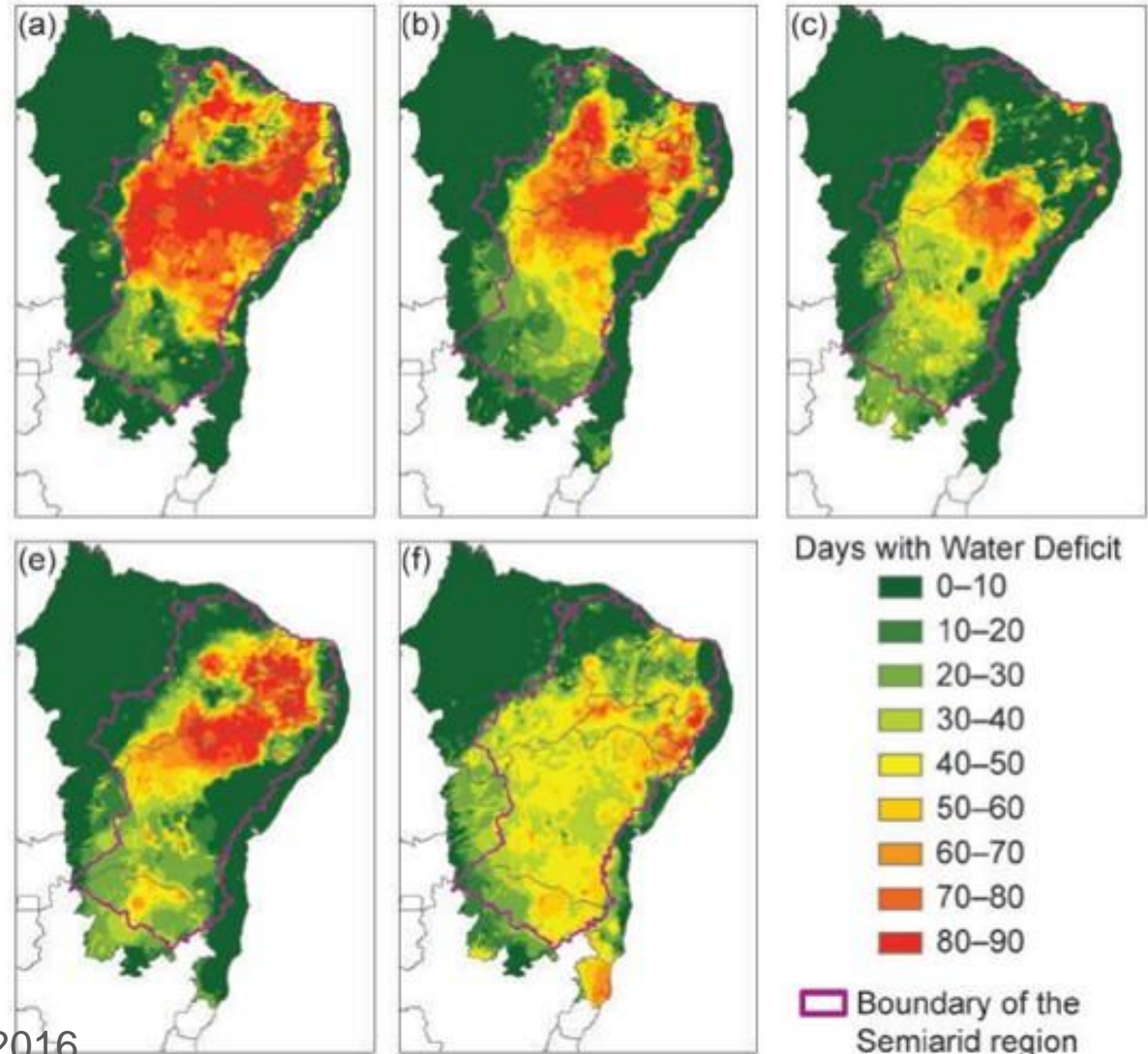
(a) 2011-2012

(b) 2012-2013

(c) 2013-2014

(d) 2012-2013

(e) 2015-2016

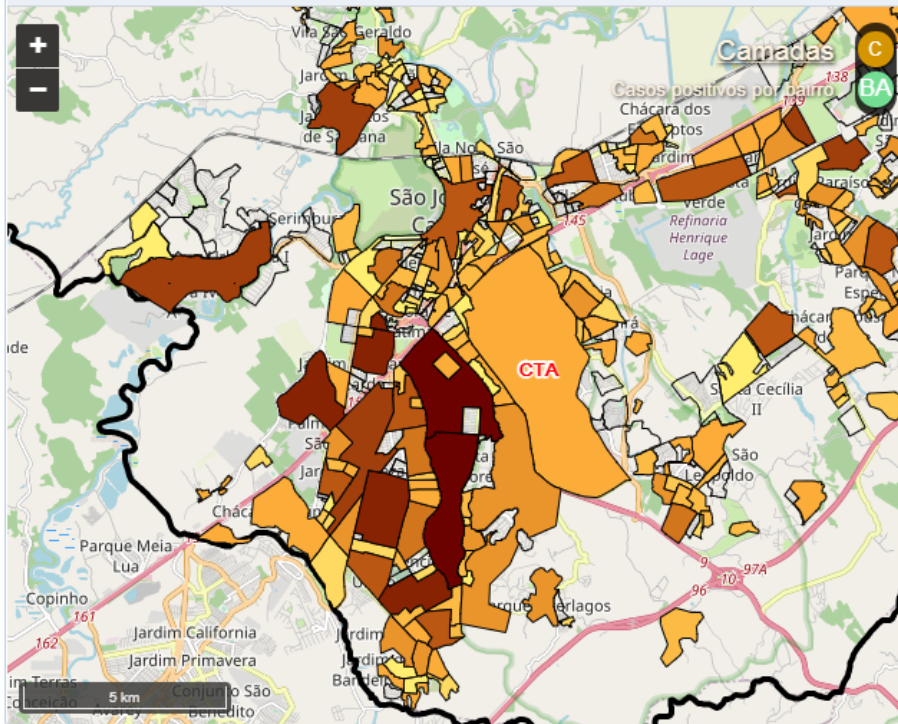


Fonte: State of the climate in 2016

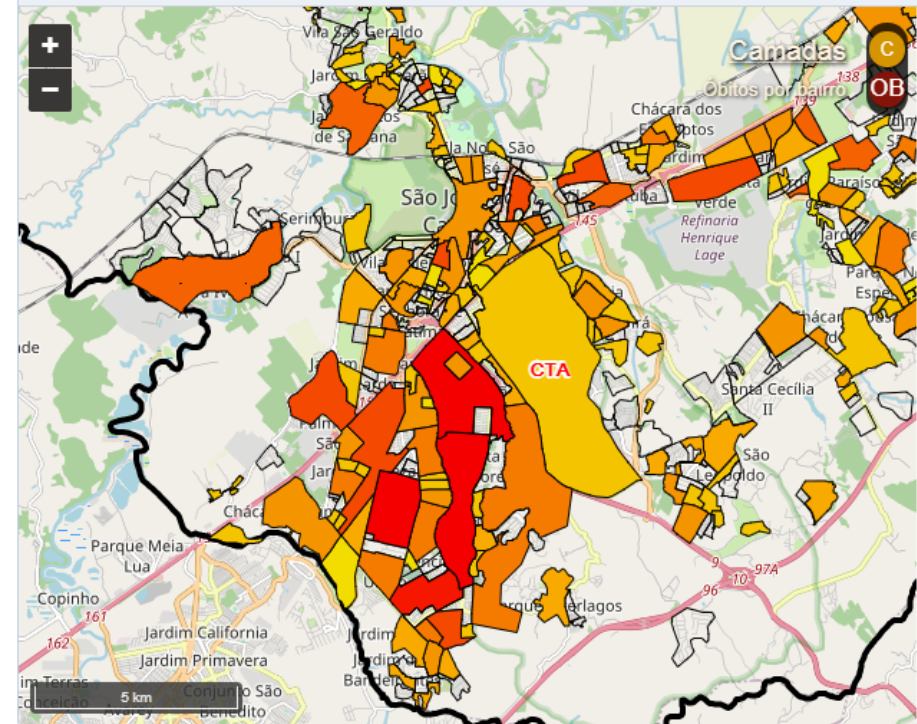


# Monitoramento do contágio e óbitos por Covid-19

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



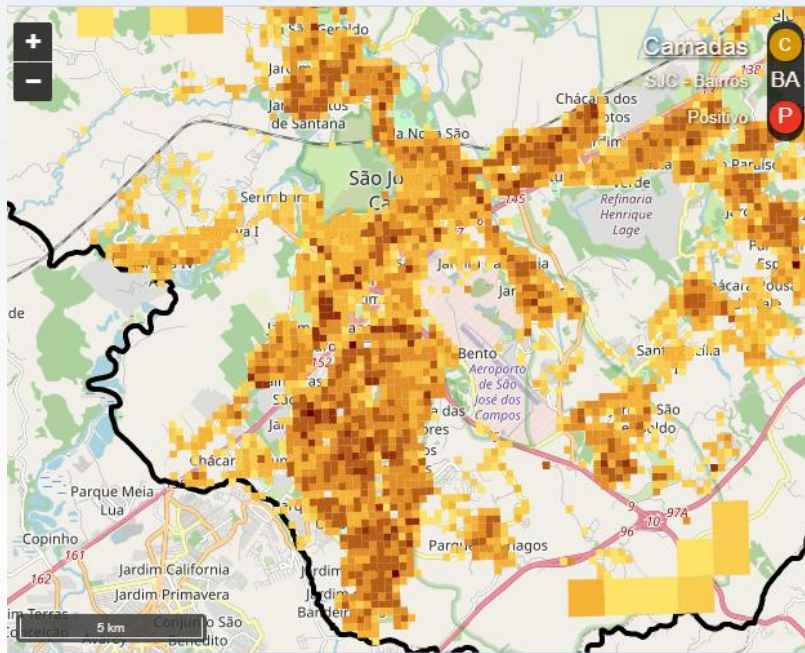
Mapa de Óbitos por Bairro até 09/07/2021



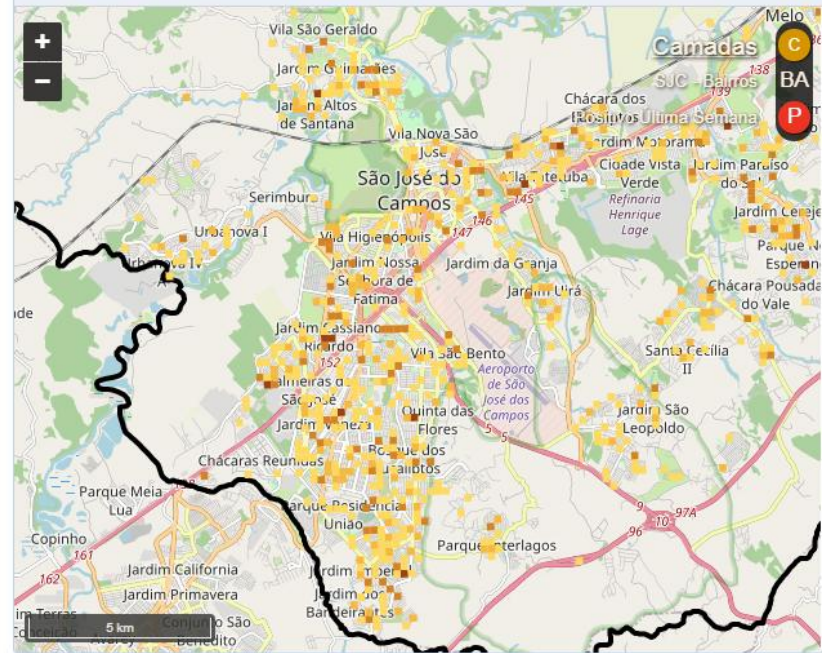
<http://sistemas.cemaden.gov.br/covid19/>



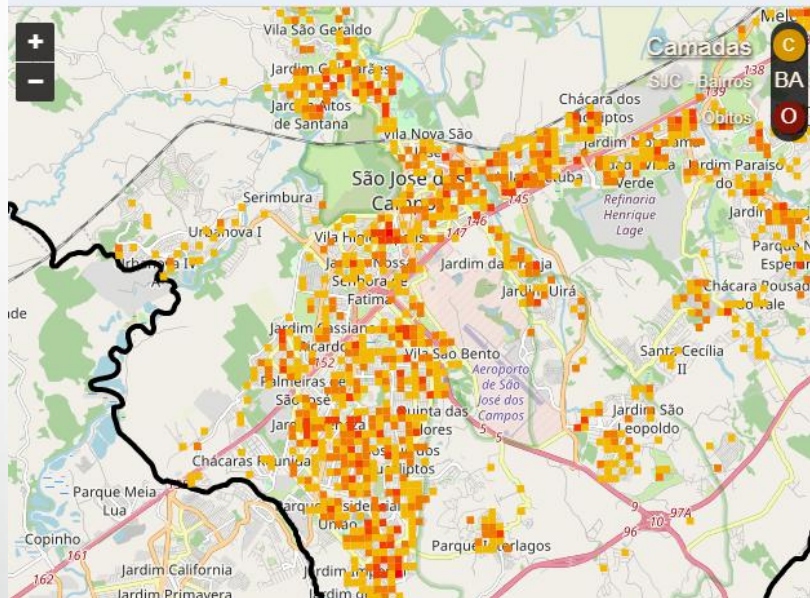
Mapa de Casos Positivos Acumulados até 09/07/2021



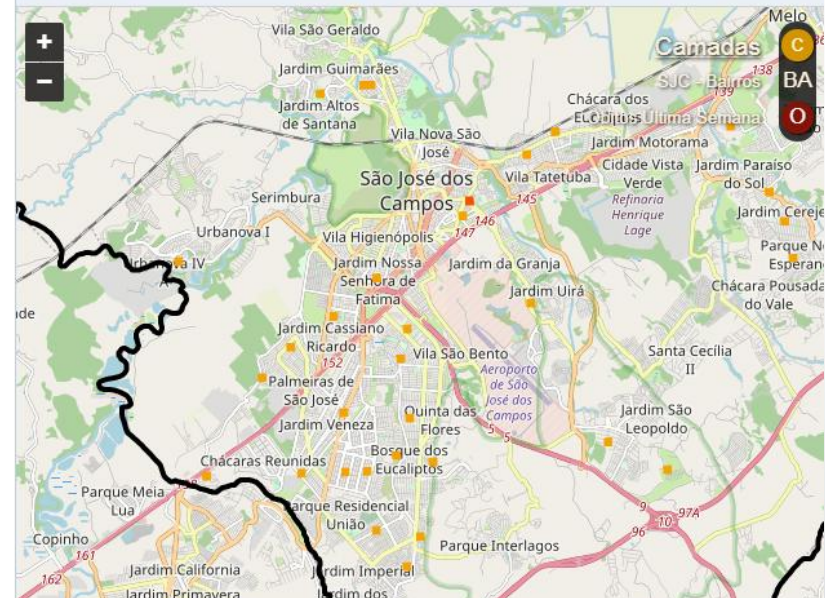
Mapa de Casos Positivos na Última Semana



Mapa de Óbitos Acumulados até 09/07/2021



Mapa de Óbitos na Última Semana









## 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>
--	--	---	---

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