# Tecnologia Espacial na Meteorologia: Tempo e Clima

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

14 Julho 2022, 15:00-17:00

**Ester Regina Kazuko Ito**
ester.ito@inpe.br

DISSM – Divisão de Satélites e Sensores Meteorológicos
CGCT – Coordenação Geral de Ciências da Terra
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

# O que vamos ver hoje:

- Conceitos básicos
- Sistema climático atmosfera-superfície-oceano
- Sistema de observação global
- Como é feita a previsão?
- Aplicações

# Alguns conceitos básicos

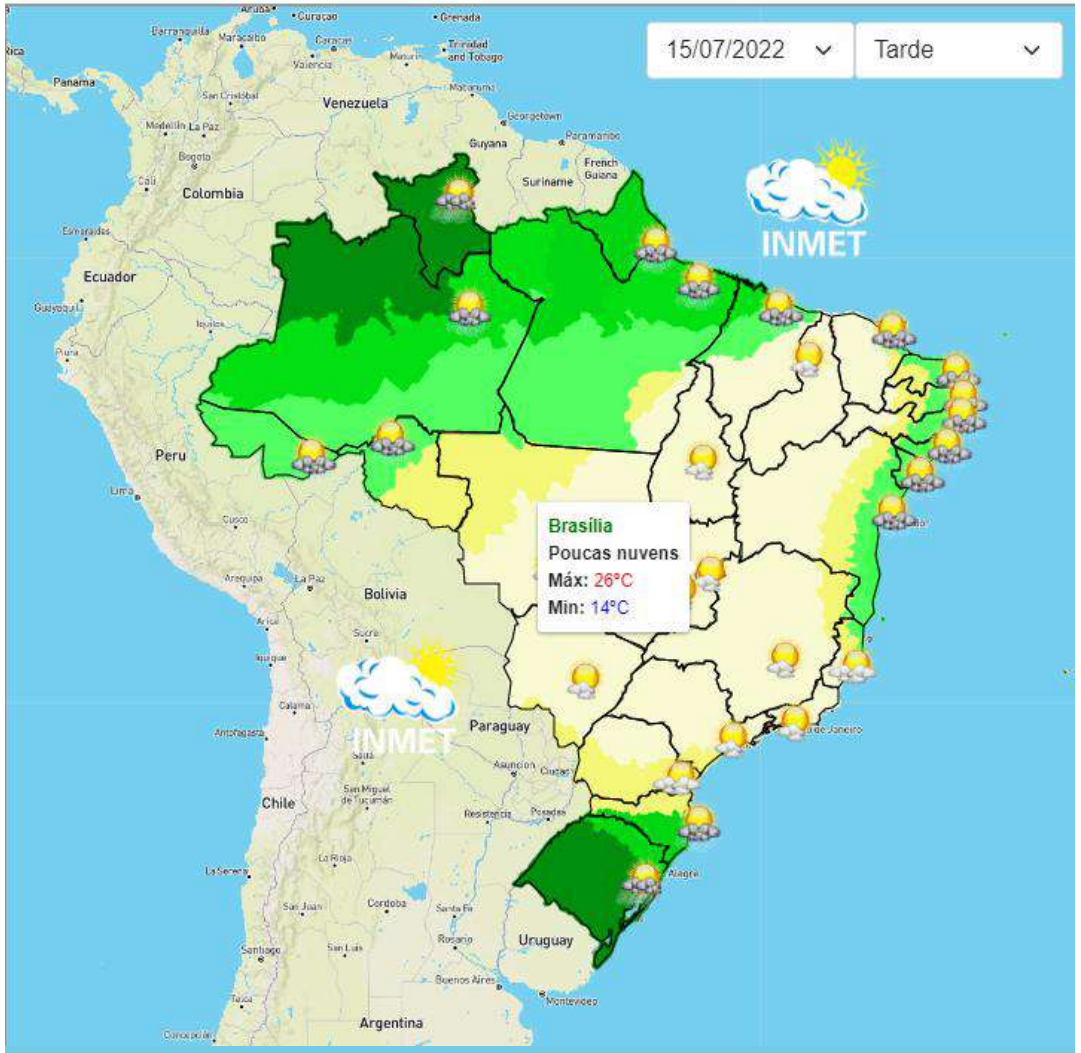
A palavra **Meteorologia** vem do grego '*meteoros*' = elevado no ar, e '*logos*' = estudo.

Assim, **METEOROLOGIA** é a ciência que estuda a atmosfera terrestre.

**TEMPO** pode ser definido como o estado momentâneo das condições da atmosfera em determinado instante, dia ou semana, em relação a variáveis meteorológicas (temperatura, umidade, chuva, vento, pressão atmosférica).

**CLIMA** é o estado médio das condições da atmosfera observadas durante um certo intervalo de tempo (mês, estação do ano, anos).

# Como vai ficar o TEMPO nos próximos dias?




https://portal.inmet.gov.br

## Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Tempo | Clima | Previsão Numérica | Satélite | Ondas | Dados Observacionais | Instrumentação | Bacias | Qualidade do Ar | Pós Graduação

» Página inicial / Previsão numérica de tempo (Florianópolis/SC)

### Florianópolis/SC

**PREVISÃO NUMÉRICA DE TEMPO POR PERÍODO (14/07/2022)**

| Manhã | Tarde | Noite | | |
|---|---|---|---|---|
| 90% | 90% | 5% | 14° | 20° |

Nascer do sol: 07:03 (Brasília)
Pôr do sol: 17:36 (Brasília)
IUV máximo: 4

**PRÓXIMOS DIAS**

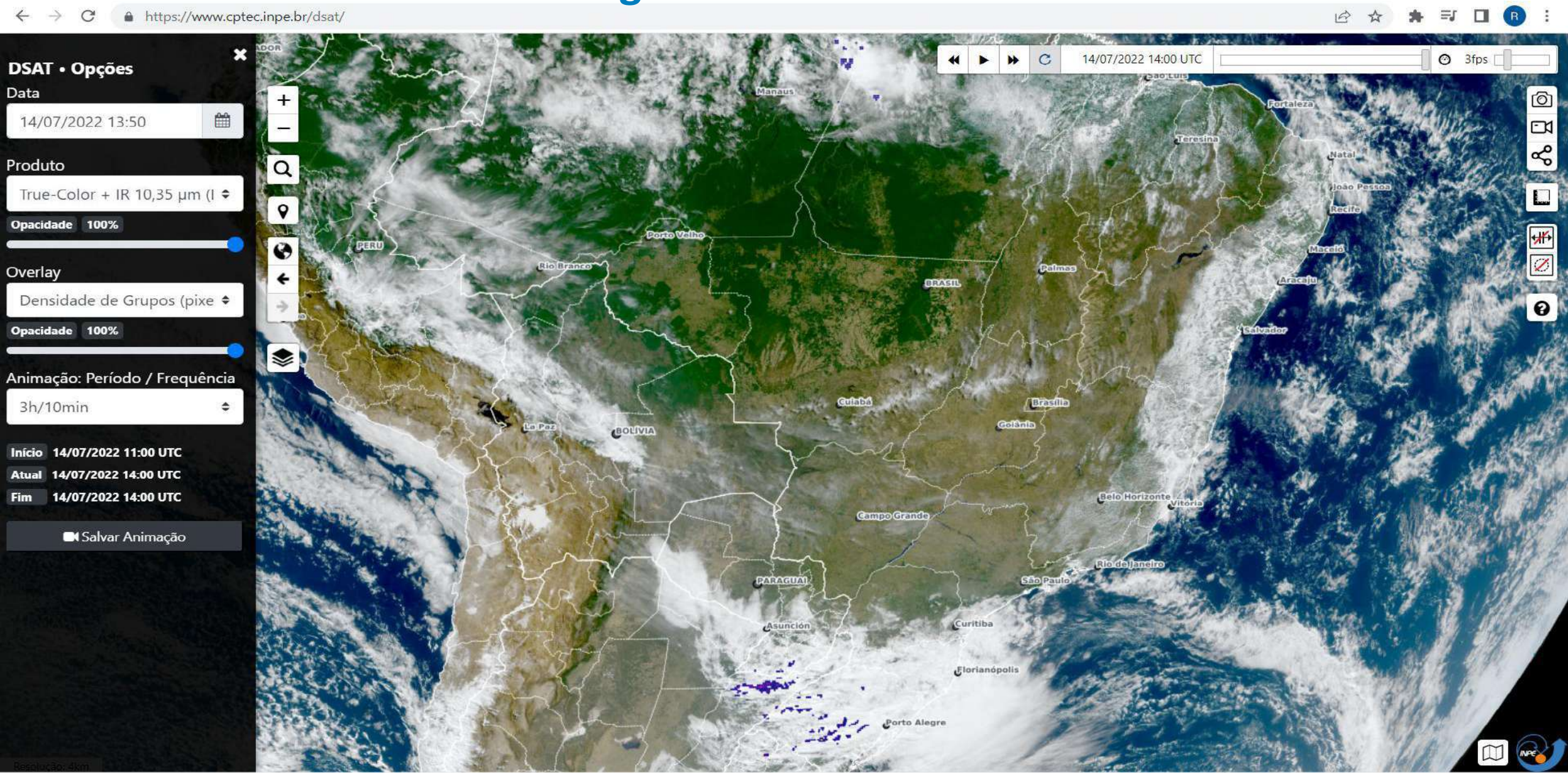
| Sexta-feira 15/07 | Sábado 16/07 | Domingo 17/07 | Segunda-feira 18/07 | Terça-feira 19/07 | Quarta-feira 20/07 |
|---|---|---|---|---|---|
| 5% | 5% | 90% | 5% | 90% | 90% |
| 16° 23° | 16° 26° | 15° 23° | 12° 19° | 15° 20° | 15° 21° |

**PREVISÃO NUMÉRICA DE TEMPO ESTENDIDA ***

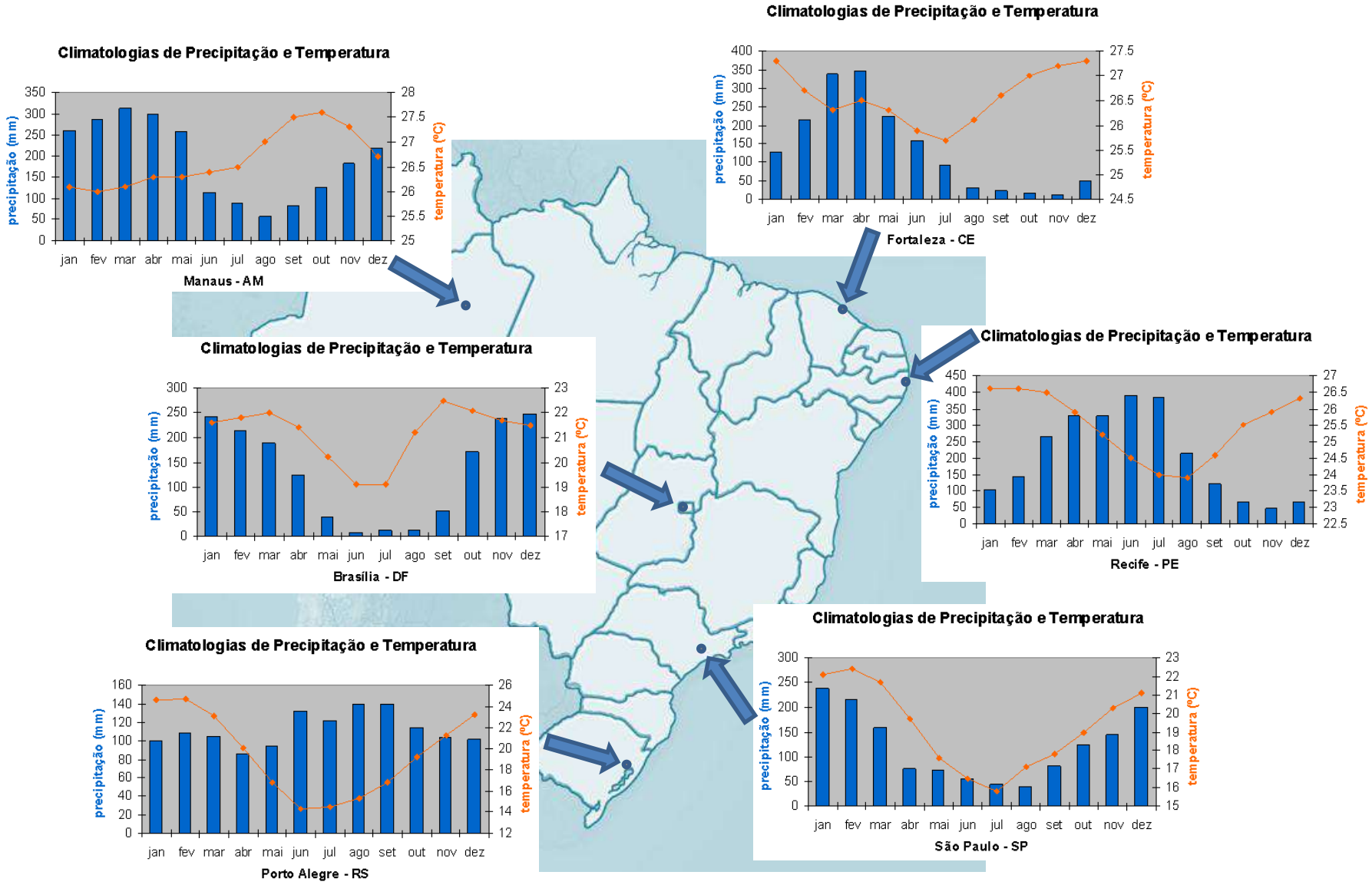
| Quinta-feira 21/07 | Sexta-feira 22/07 | Sábado 23/07 | Domingo 24/07 | Segunda-feira 25/07 | Terça-feira 26/07 |
|---|---|---|---|---|---|
| 5% | 70% | 5% | 5% | 5% | 70% |
| 15° 22° | 15° 22° | 15° 22° | 14° 21° | 15° 22° | 15° 22° |

* Previsão estendida estimada pelo Modelo Ensemble

# Como está o TEMPO agora?



# Como costuma ser o CLIMA ao longo do ano?




*Elaborado com base nas Normais Climatológicas INMET 1961-1990*

# Previsão de Tempo & Previsão Climática

## Presente

***Tempo***

- horas (curtíssimo prazo)
- dias (curto prazo)
- semanas (médio prazo)

***Clima***

- meses (curto prazo)
- décadas (médio prazo)
- séculos (longo prazo)

## Futuro

**Previsão de tempo**

- imediata (nowcasting)
- tempo*
- estendida

**Previsão climática**

- sazonal
- decadal
- secular

# Elementos do Sistema Climático Terrestre & Interações

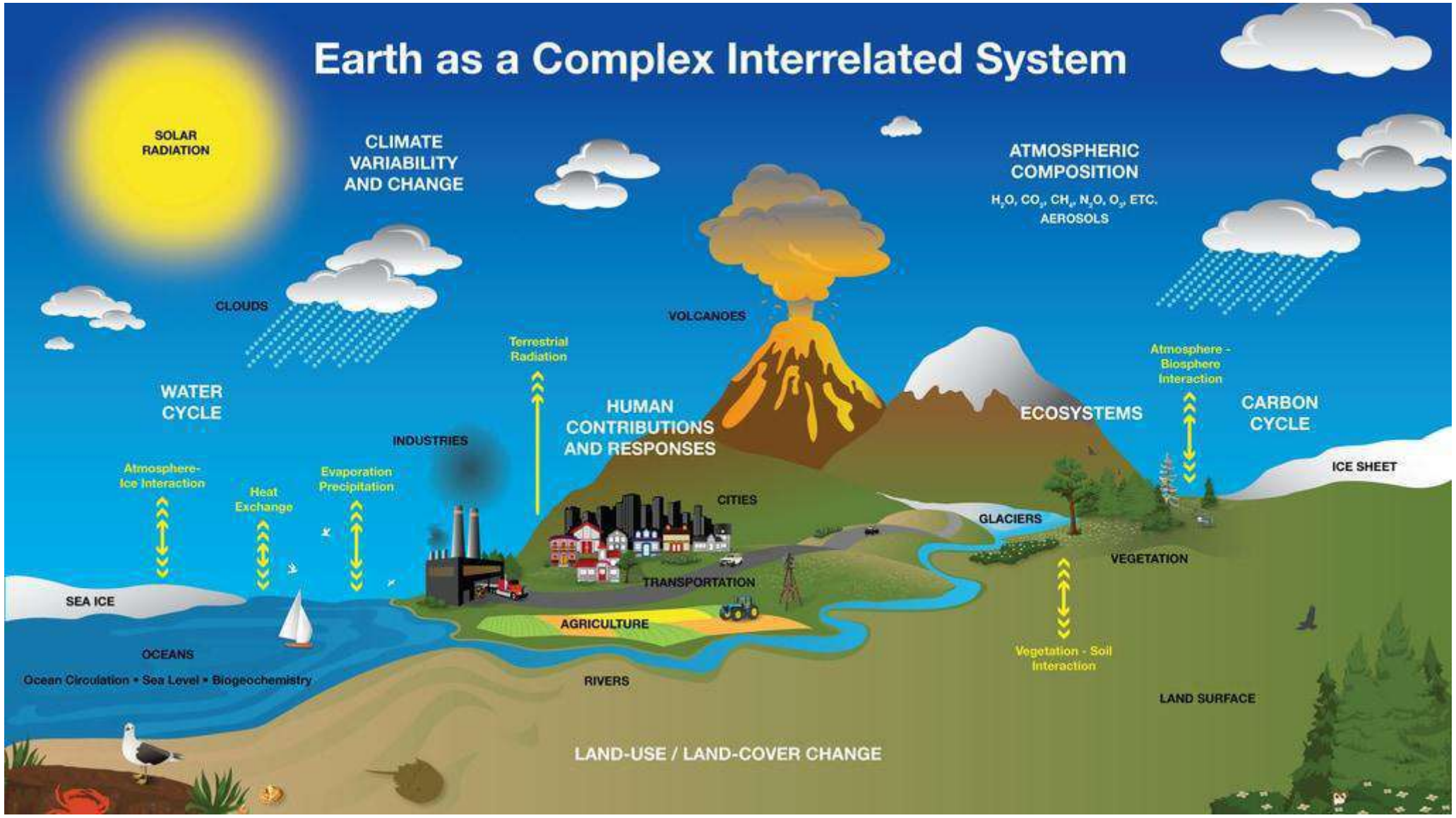
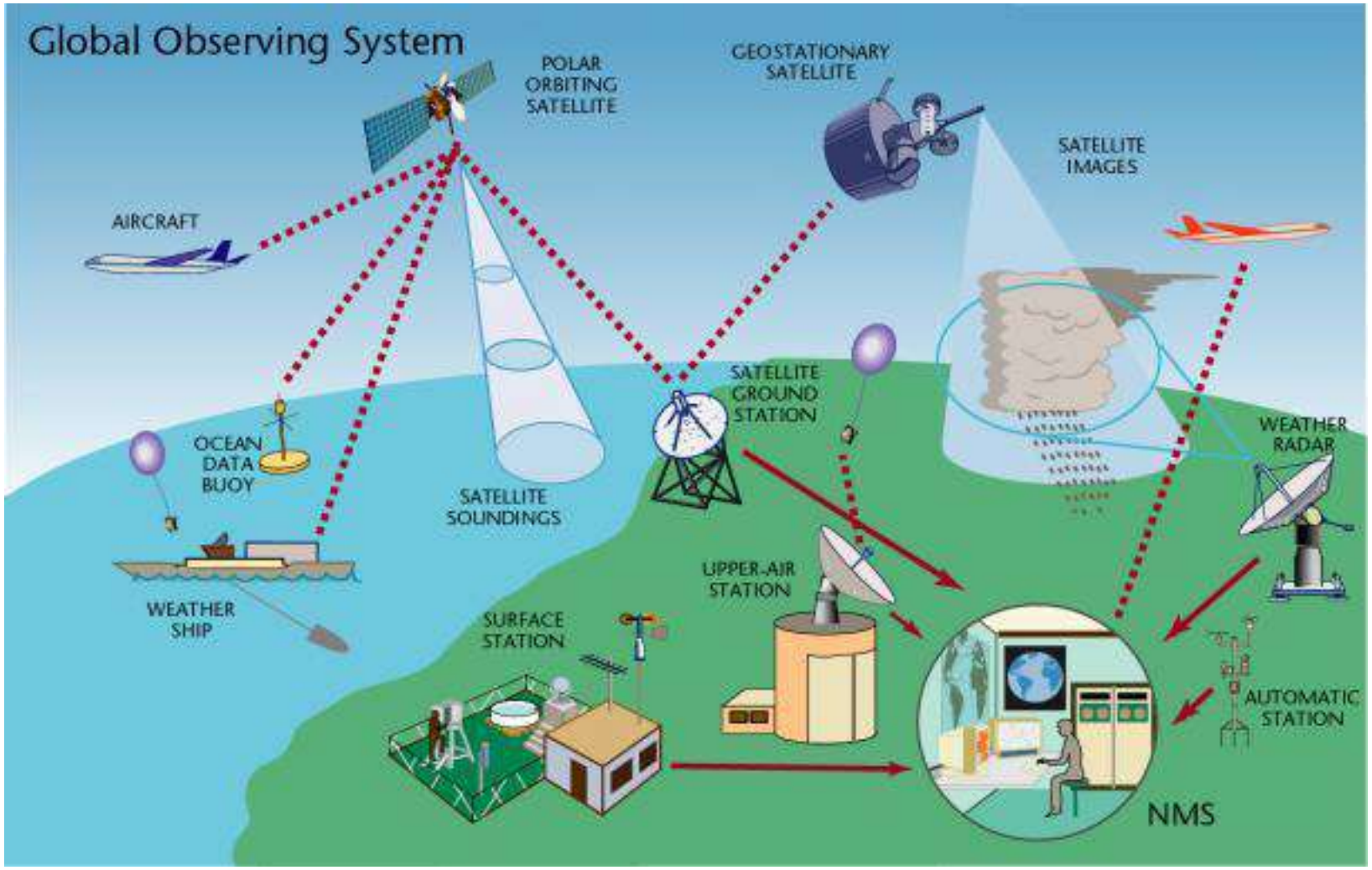



Ilustração esquemática contendo aspectos físicos do Sistema Terrestre (fonte: NASA)

# Sistema de Observação Global




Fonte: WMO

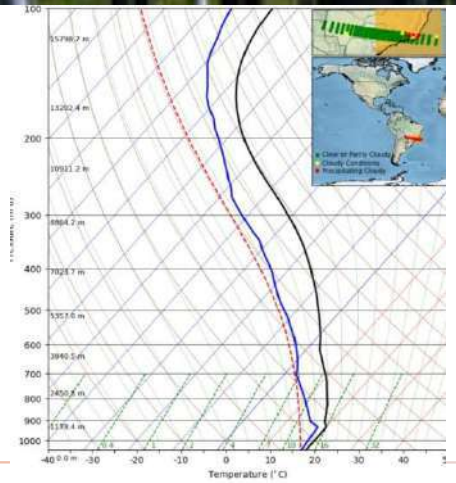
## Composição:

- Rede de observações *in loco* na superfície terrestre e oceanos
- Rede de ar superior
- Rede de Sensoriamento Remoto à partir da superfície (radiometeorologia)
- Observações transportadas no ar (aeronaves)
- Constelação de satélites artificiais

# Observações na superfície, camadas próximas e oceano

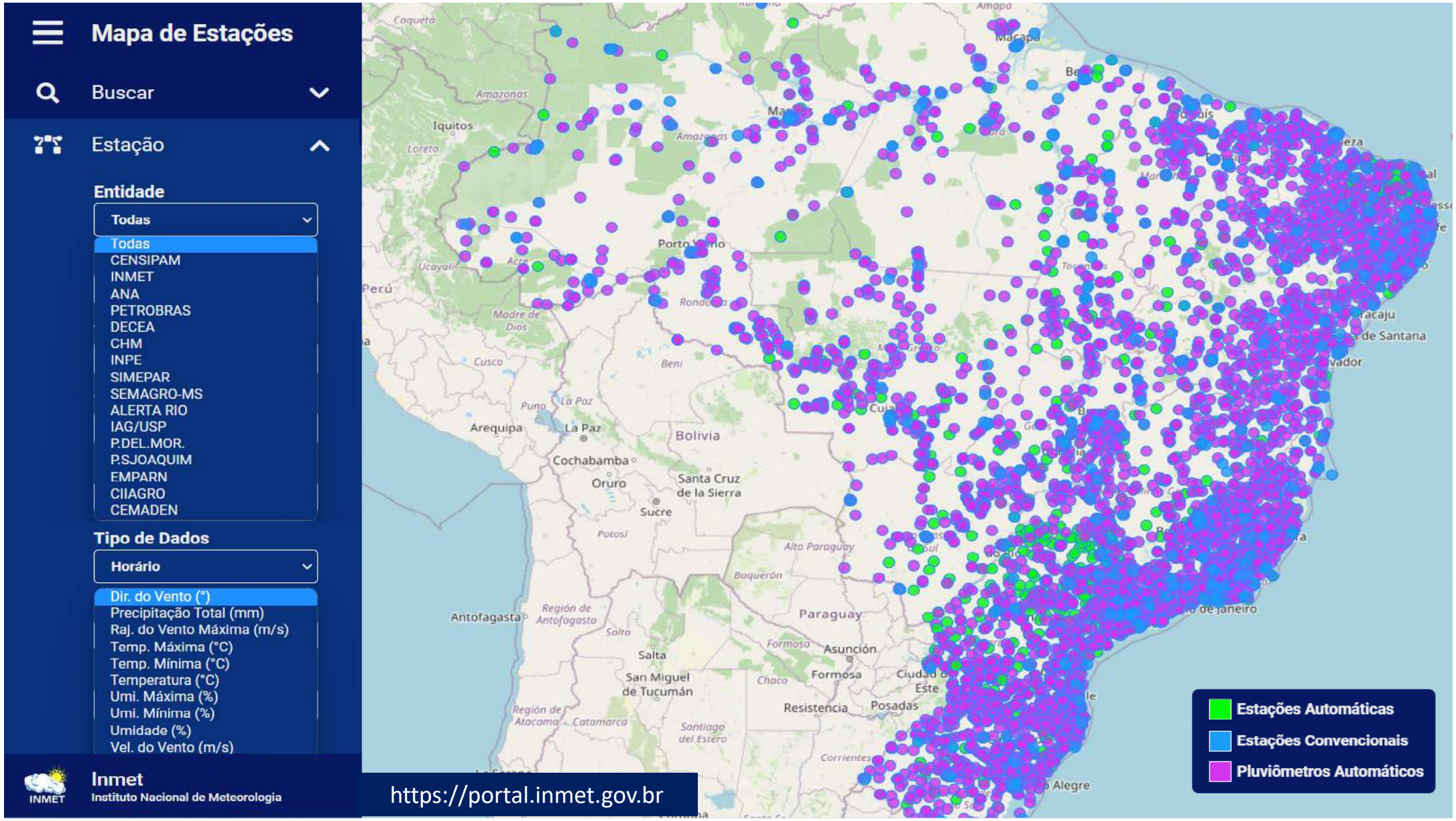
Foto: Paulo Arlino

Imagens de satélites também é possíveis de obter informações sobre Temperatura, Umidade, etc.




Slide baseado em material gentilmente cedido por Simone Sievert

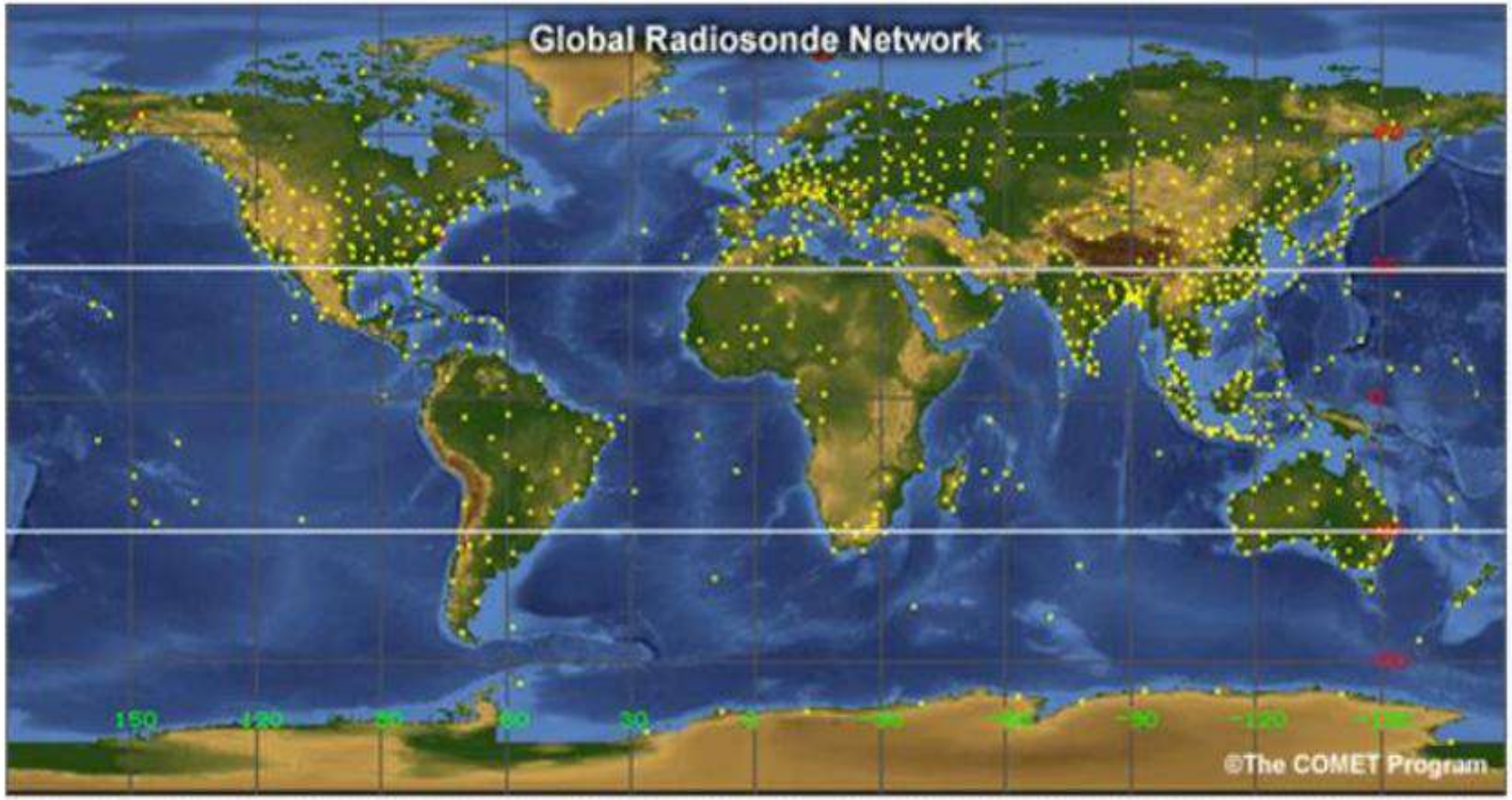
# Rede de estações meteorológicas e pluviométricas na superfície




https://portal.inmet.gov.br

# Rede Global de Radiossondas – Observação de ar superior

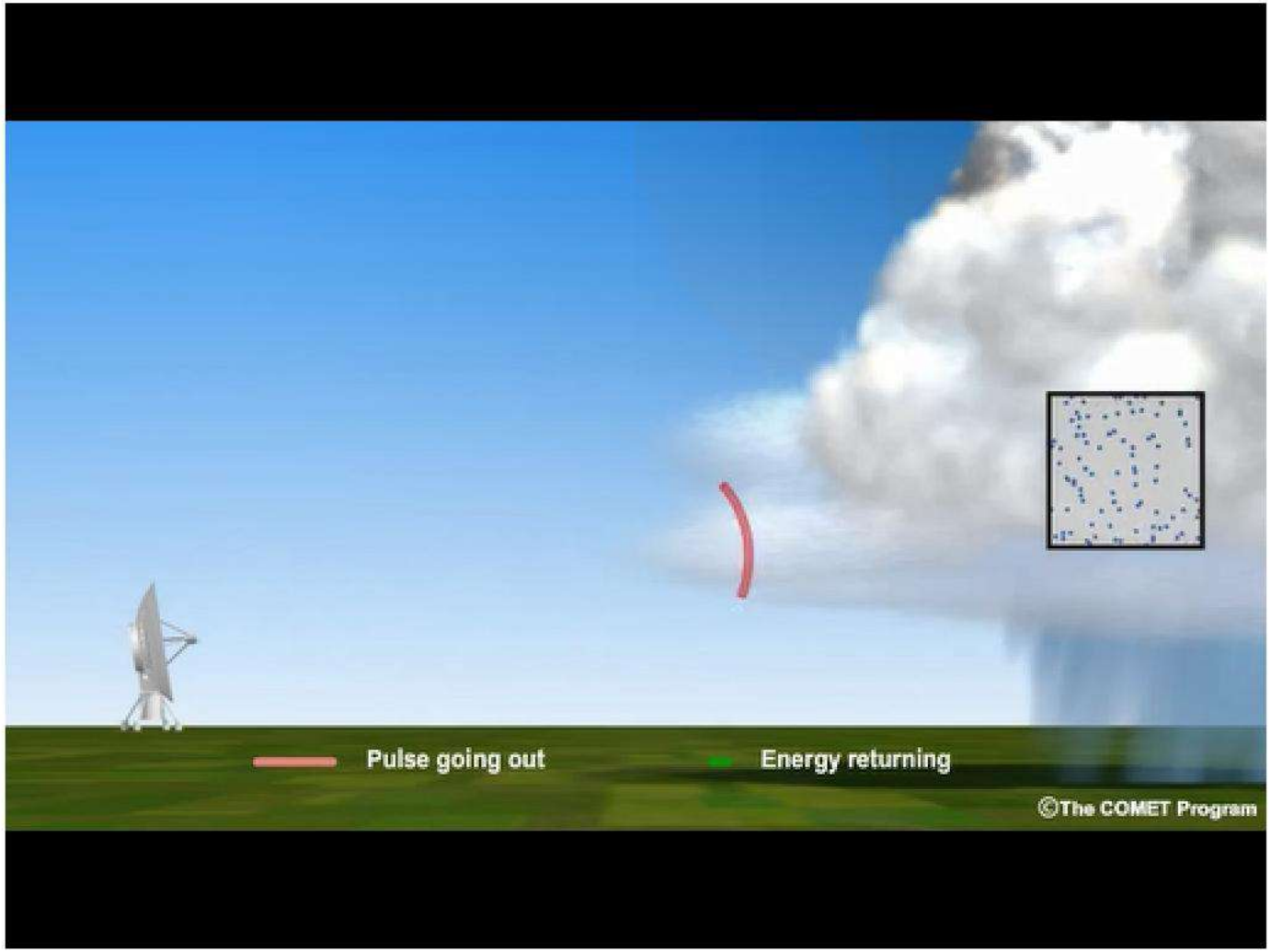
Coleta dados de temperatura, umidade e vento em diversas alturas da atmosfera.
Lançamento é realizado a cada 6horas




Durre, I., R. S. Vose and D. B. Wuertz. 2006: Overview of the Integrated Global Radiosonde Archive. *Journal of Climate*: Vol. 19, No. 1, pp. 53-68.

Slide baseado em material gentilmente cedido por Simone Sievert

# Radar Meteorológico – Observação à partir da superfície




Princípio de funcionamento do radar meteorológico (fonte: Comet MetEd / UCAR)

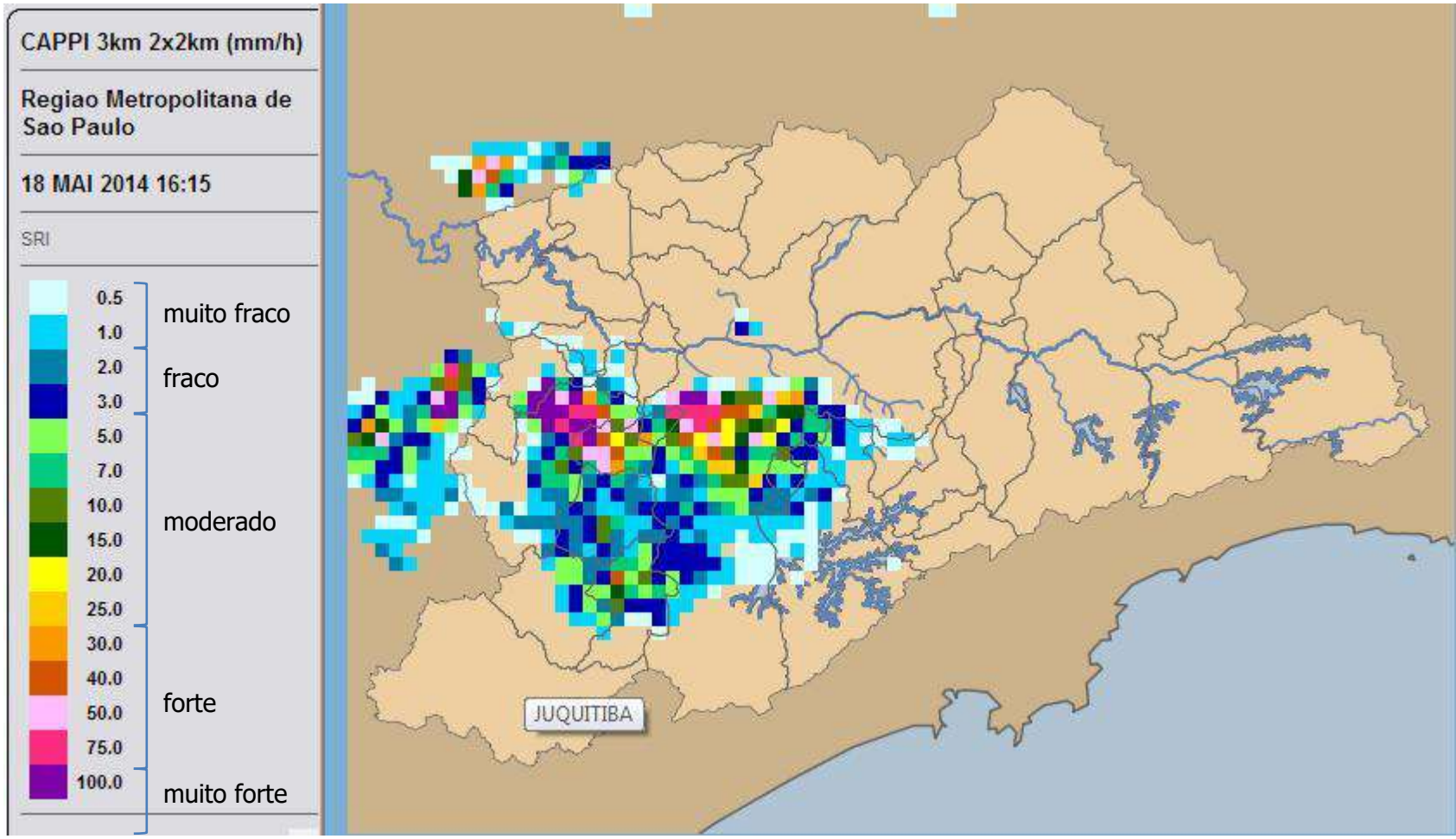
**Opera na faixa do microondas**

**Detecta gotículas de nuvens, precipitação, granizo e vento**

**Alcance limitado**

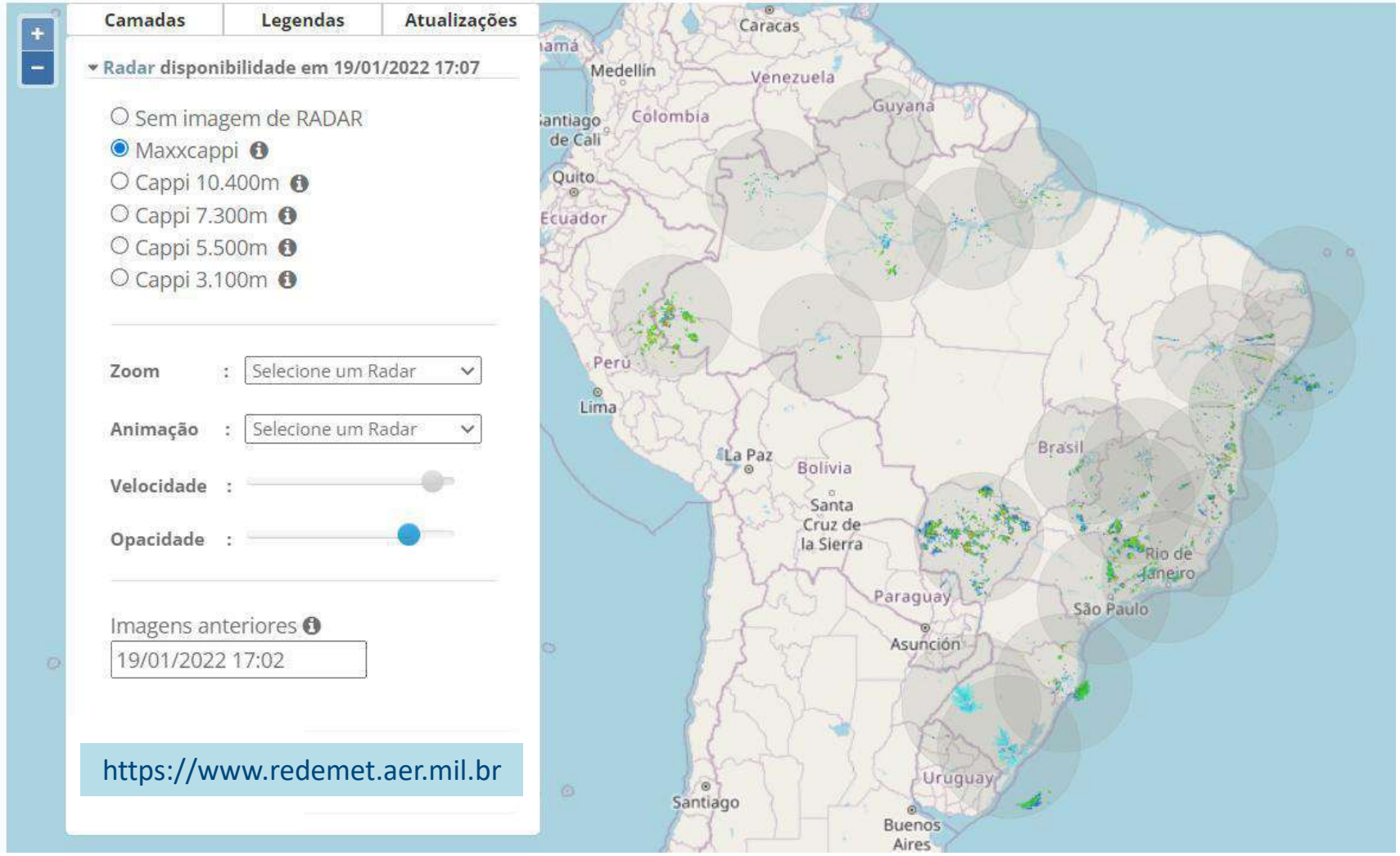
**Uso por profissional treinado**

# Radar Meteorológico – Observação à partir da superfície



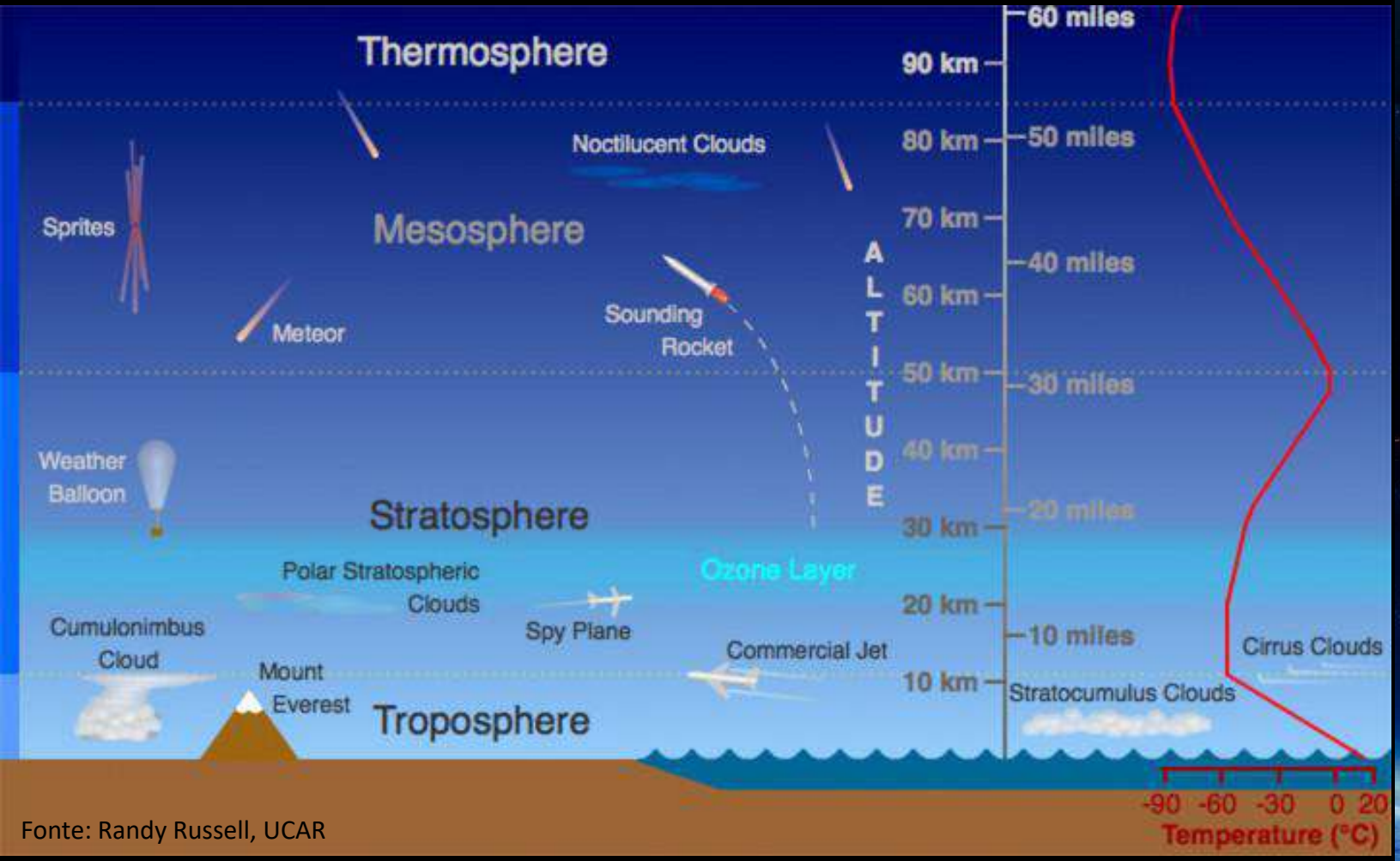

Radar meteorológico de Ponte Nova, Salesópolis/SP (fonte: FTCH/DAEE)

# Rede de Radares Meteorológicos em operação no Brasil

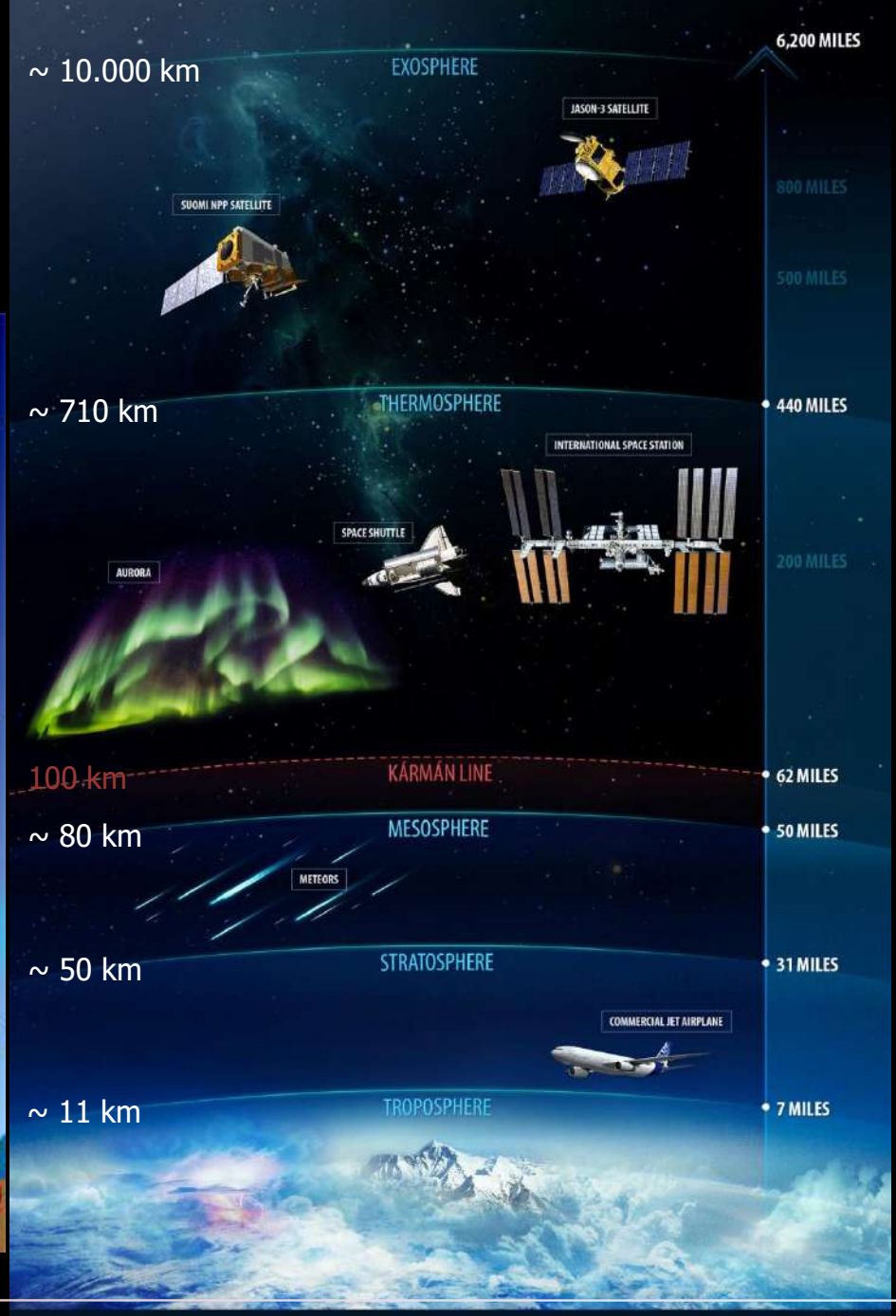


**Camadas da atmosfera da Terra,** aeronaves, satélites artificiais e fenômenos naturais

**Diagrama das camadas da atmosfera**: ilustra alguns aspectos e fenômenos típicos conforme a altitude, além do perfil de temperatura




Fonte: Randy Russell, UCAR




Fonte: NOAA

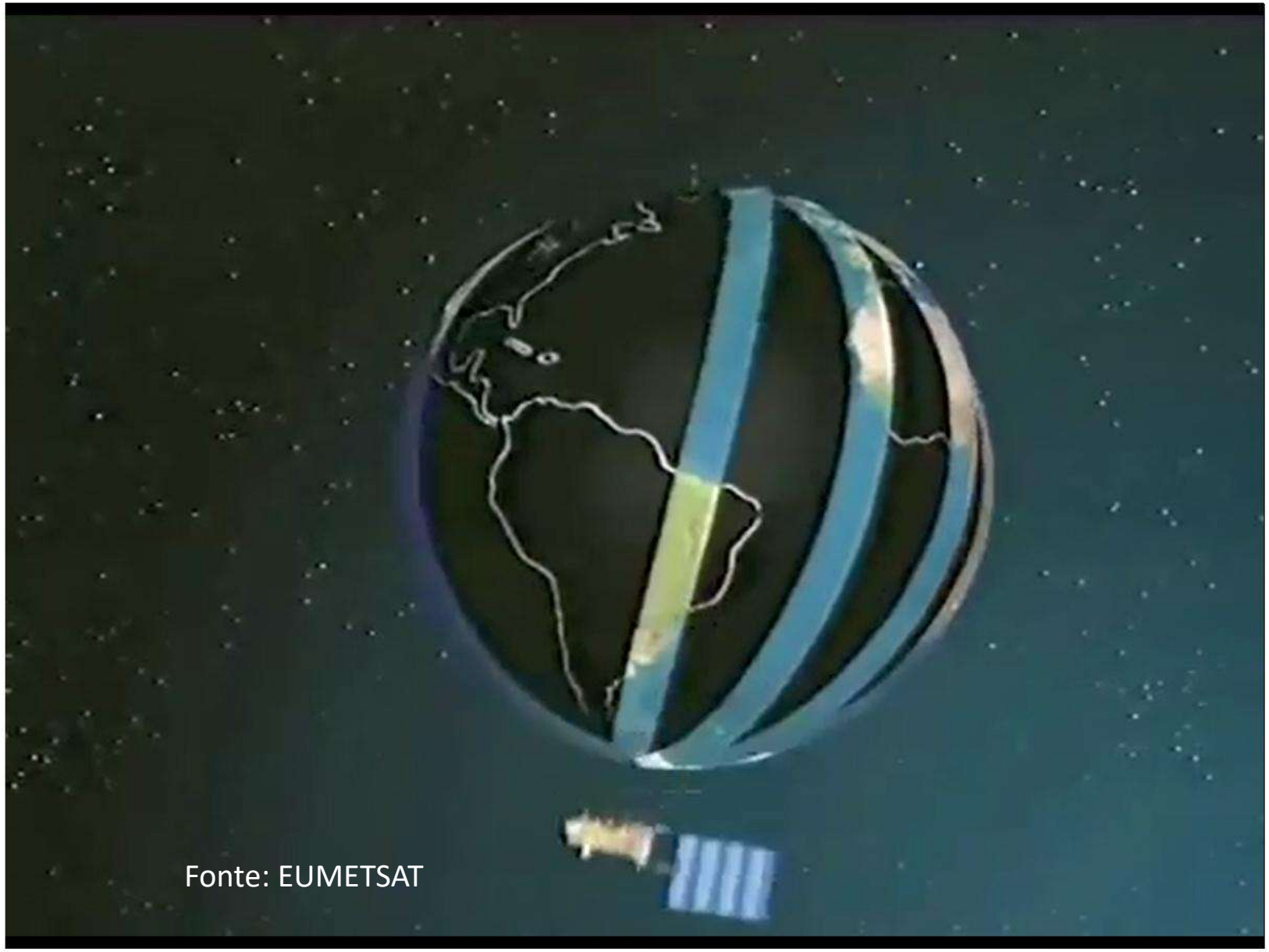
USA
JAPAN
SOUTH KOREA
INDIA
CHINA
FRANCE
RUSSIA
SPAIN
CANADA
NOAA
EUMETSAT
EUROPEAN COMMISSION
NATIONAL SPACE ORGANIZATION (NSPO)
EUROPEAN SPACE AGENCY
NASA
DEPARTMENT OF DEFENSE
STEREO
DSCOVR
SOHO
ACE
GK-2A
GK-2B
FY-4
FY-2
HIMAWARI-8/9
INSAT-3D
ELECTRO-L
INSAT-3DR
KALPANA
KOMPSAT-5
PAZ
GPM
MEGHA-TROPIQUES
JASON-3
GCOM
RADARSAT
SCATSAT-1
FY-3
METOP A/B
NOAA-20
A-TRAIN CONSTELLATION
SUOMI NPP
COSMIC 2
DMSP-F14-18
METEOR
ARKTIKA M-N1
SENTINEL-3
SENTINEL-5P
SENTINEL-2
SENTINEL-1
SENTINEL-6 MICHAEL FREILICH
NOAA-15/18/19
EWS-G1
METEOSAT-8
METEOSAT-9
METEOSAT-10
METEOSAT-11
GOES - WEST
GOES - 15
GOES - 14
GOES - EAST
140.7° E
128.2° E
105° E
90° E
86.5° E
82° E
78° E
74° E
41.5° E
9.5° E
0
3.4° W
180° W
137° W
135° W
105° W
89.5° W
75° W
GEOSTATIONARY ORBIT
NEAR-POLAR ORBIT
LAGRANGE POINT 1

Fonte: NOAA

Satellite Sizes
GOES-R
6,173 lbs / 2,800kg
GOES-15
3,395 lbs / 1,540kg
SUOMI NPP
3,086 lbs / 1,400kg
JASON-3
1,157 lbs / 525kg
DSCOVR
677 lbs / 307kg
42in RIDING LAWN MOWER
400 lbs / 181kg
EARTH OBSERVATION CUBESAT
9.3 lbs / 4.2kg
PICKUP TRUCK
7,000 lbs / 3,175kg
HIPPOPOTAMUS
3,250 lbs / 1,474kg
1965 VW BUG
1,900 lbs / 862kg
GRAND PIANO
1,000 lbs / 454kg
ONE COSMIC-2 SATELLITE
617 lbs / 280kg
WATERMELON
20 lbs / 9kg
NOAA Satellite and Information Service

Fonte: NOAA

# Satélite Geoestacionário vs. Satélite Polar




## Satélite polar ou de órbita polar

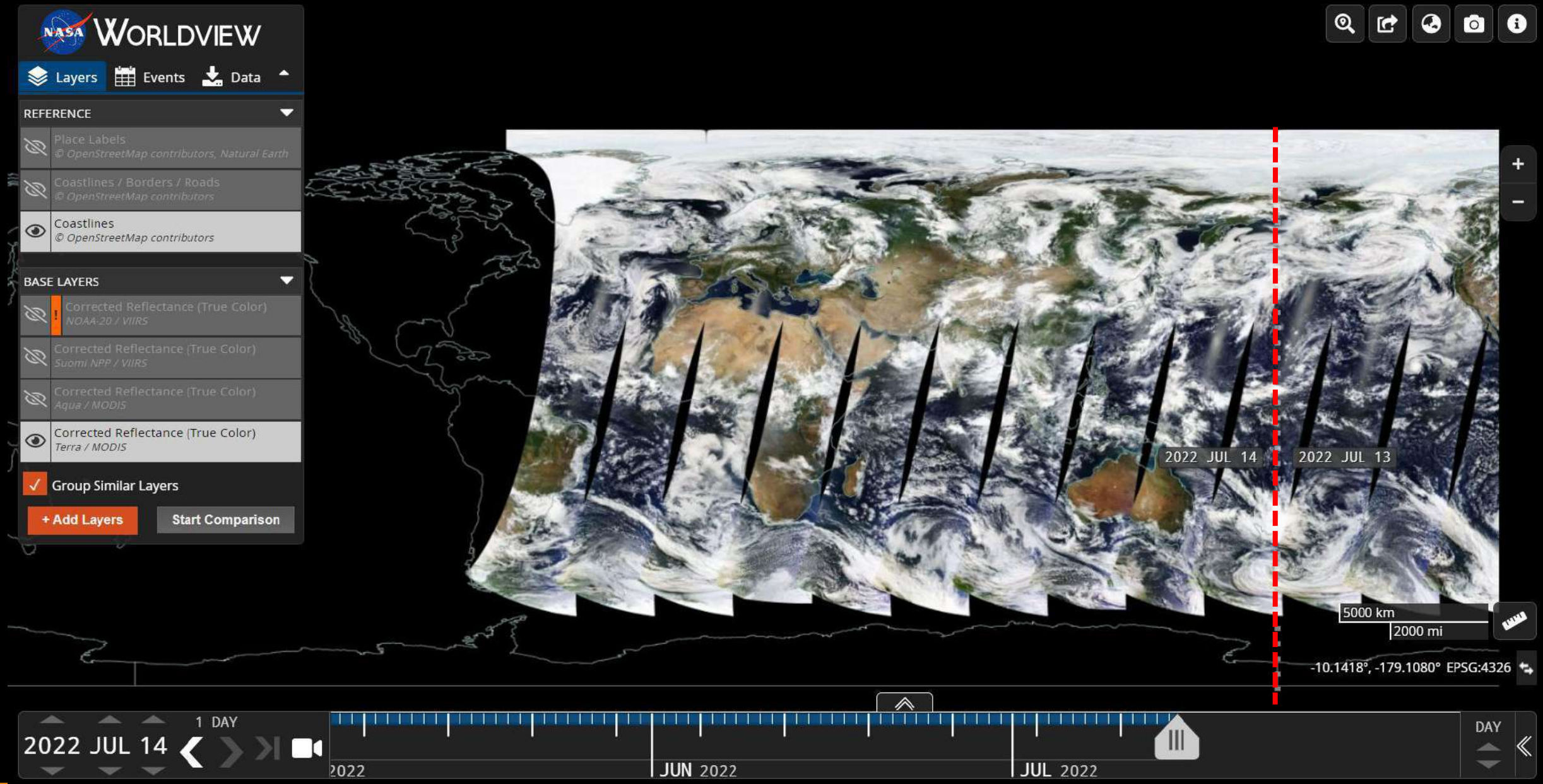
Baixa frequência temporal

Alta resolução espacial

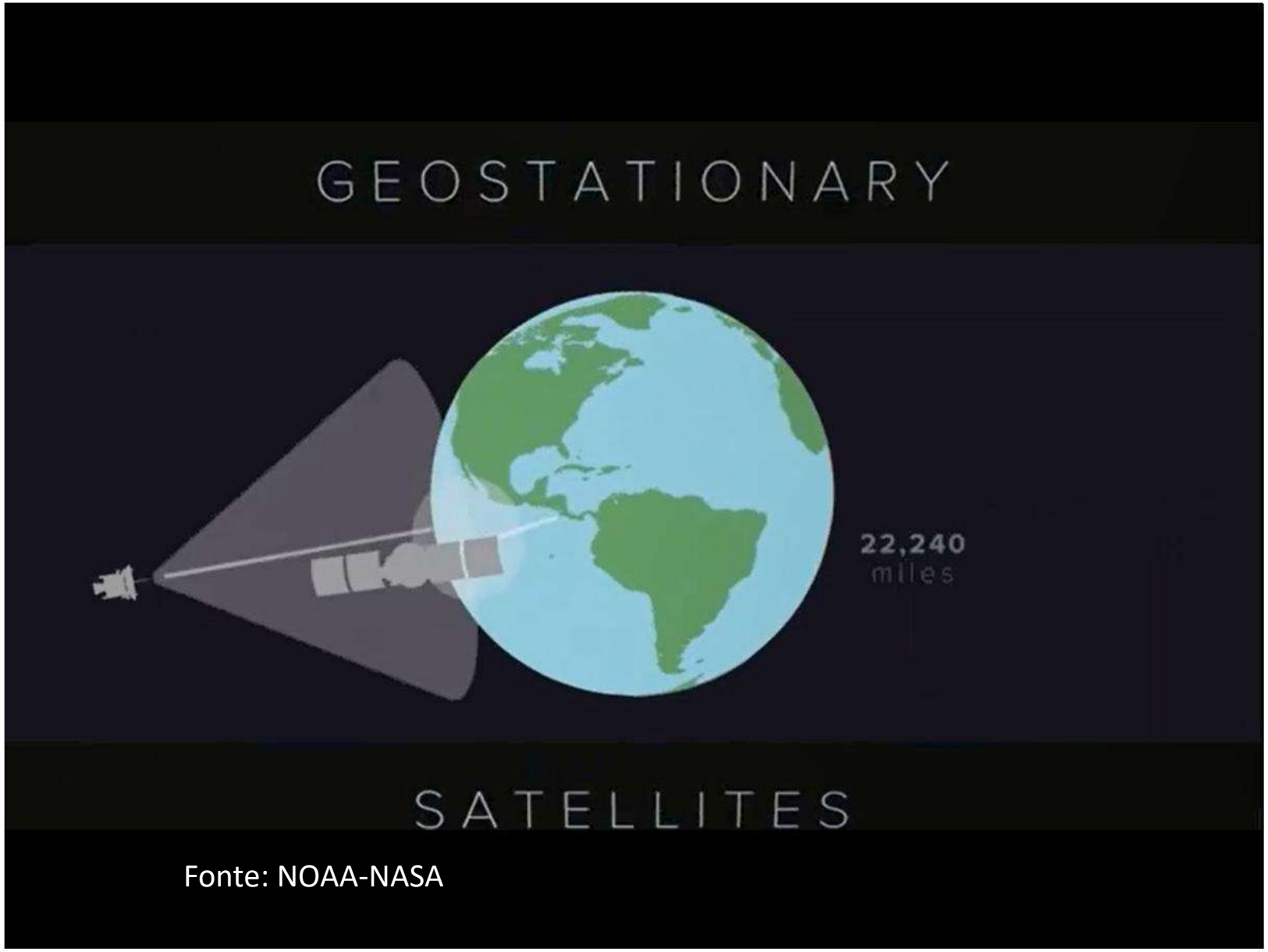
Alta resolução radiométrica ou espectral

Opera em órbita baixa

# Trajetória do Satélite Polar TERRA de 14/07/2022 (meio dia)



# Satélite Geoestacionário vs. Satélite Polar




Fonte: NOAA-NASA

## Satélite geoestacionário

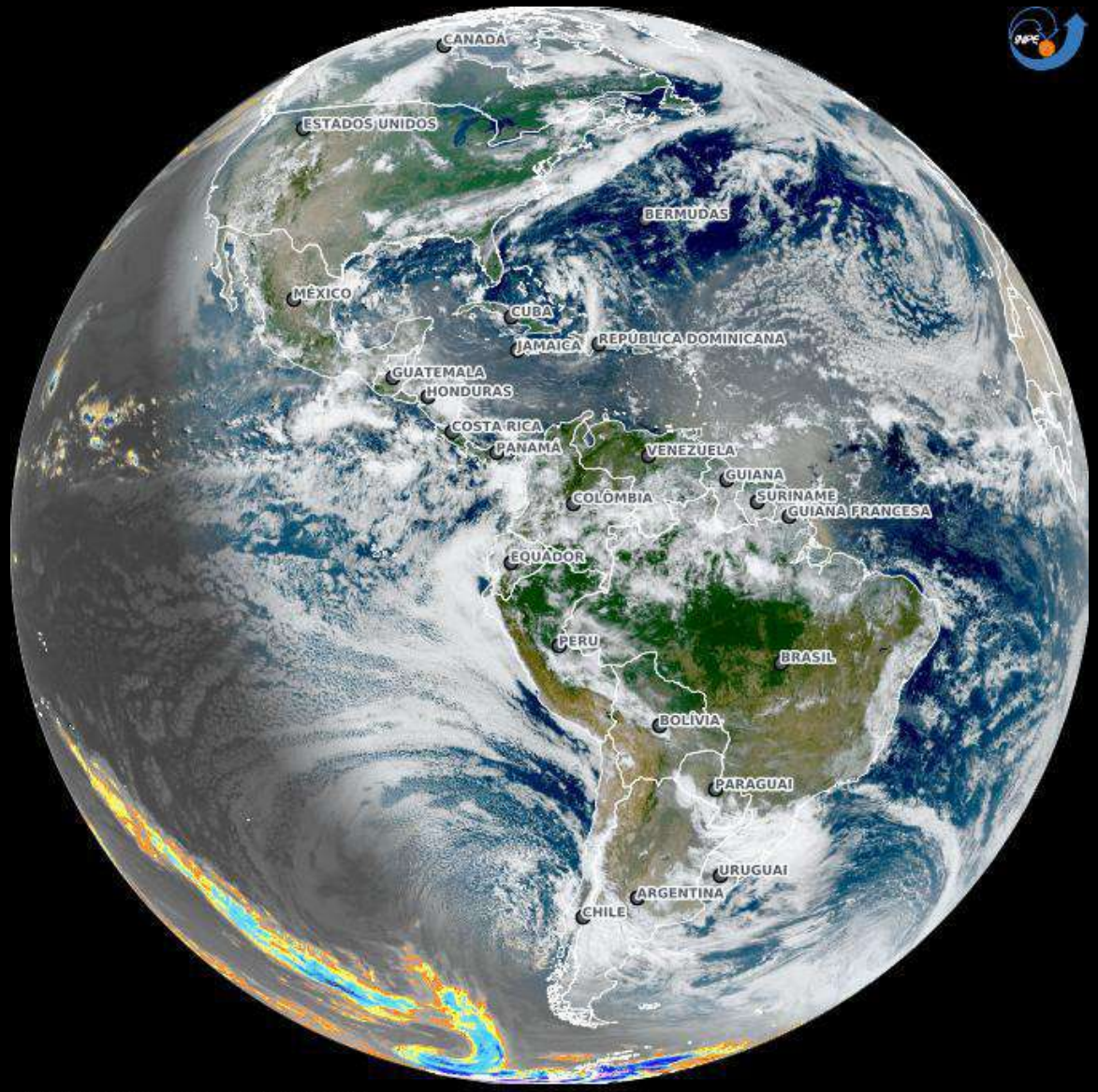
Alta frequência temporal

Baixa resolução espacial

Baixa resolução radiométrica ou espectral

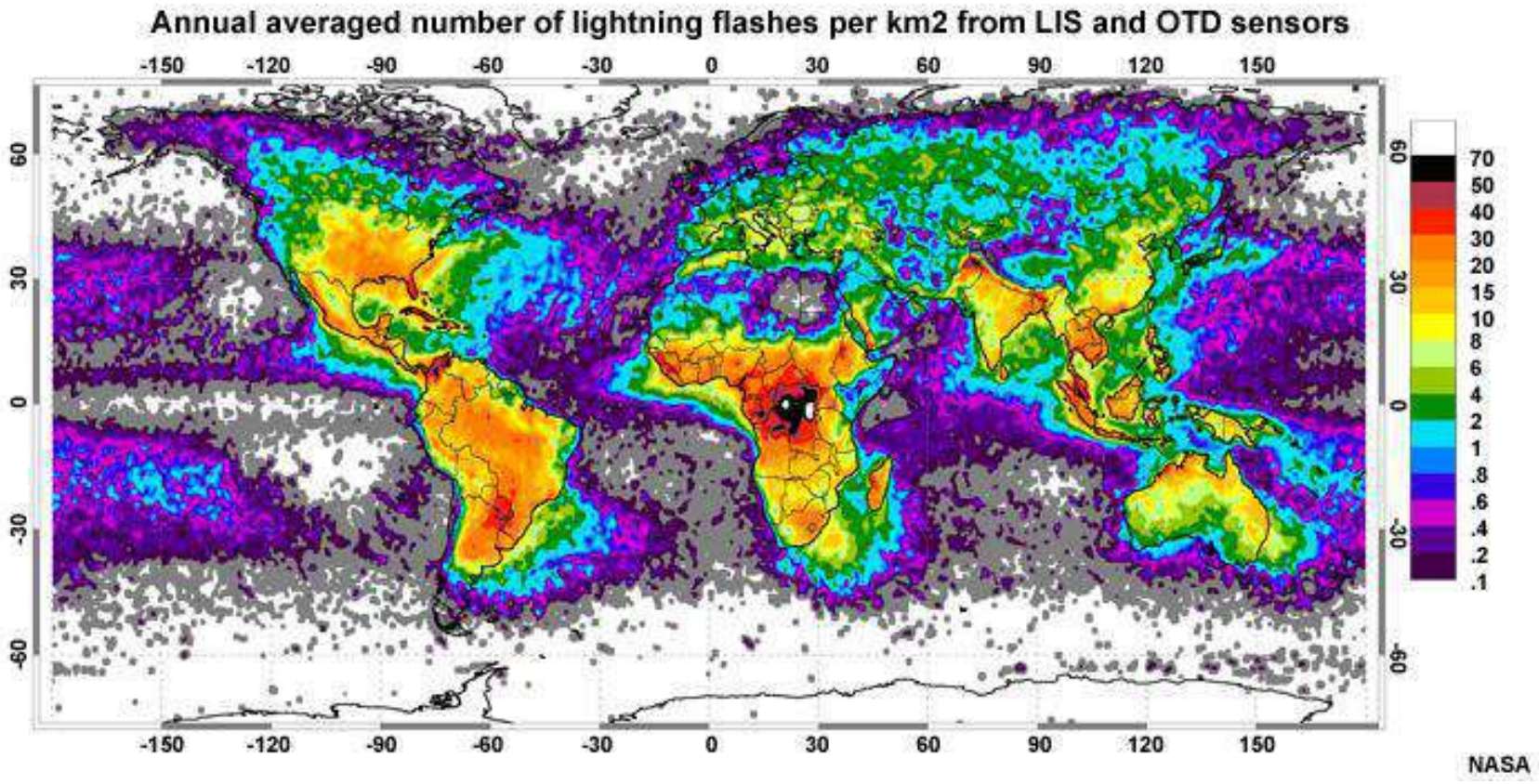
Posiciona-se na linha do equador e num ponto fixo em relação à Terra, numa distância de cerca de 36 mil km

# Campo de Visão do Satélite Geoestacionário GOES-16




14/07/2022 14:00 UTC | DSA/CPTEC/INPE

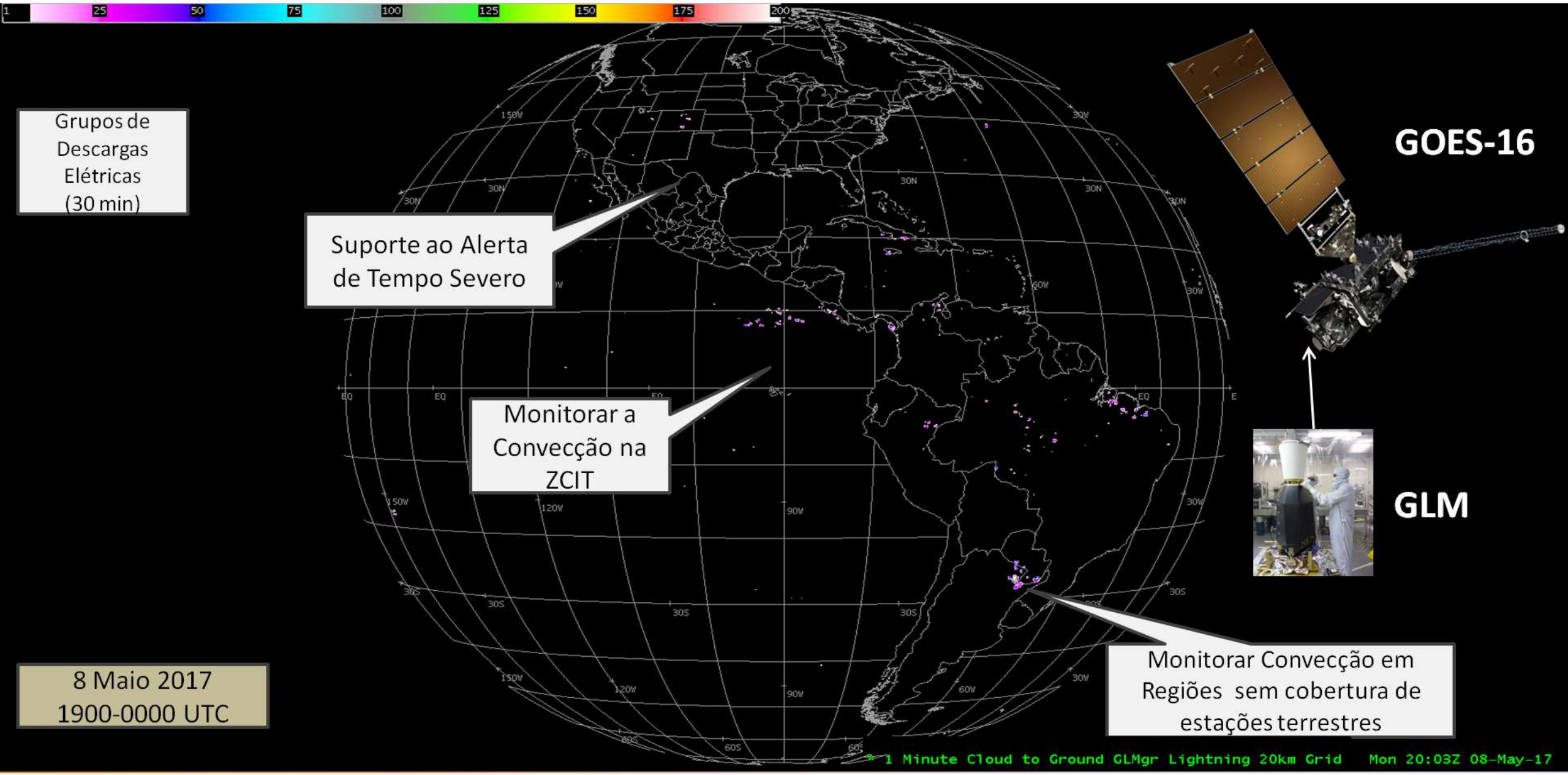
# Detecção de descargas elétricas na atmosfera



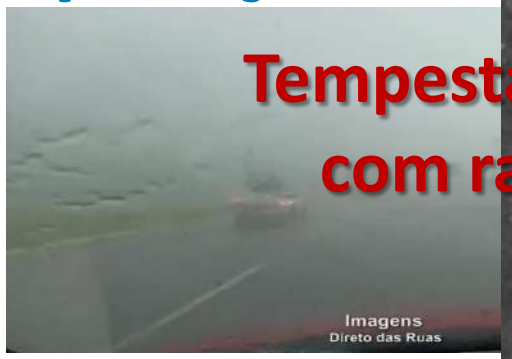

**Densidade média anual de descargas elétricas na atmosfera**

https://ghrc.nsstc.nasa.gov/lightning/data/data_lis_otd-climatology.html

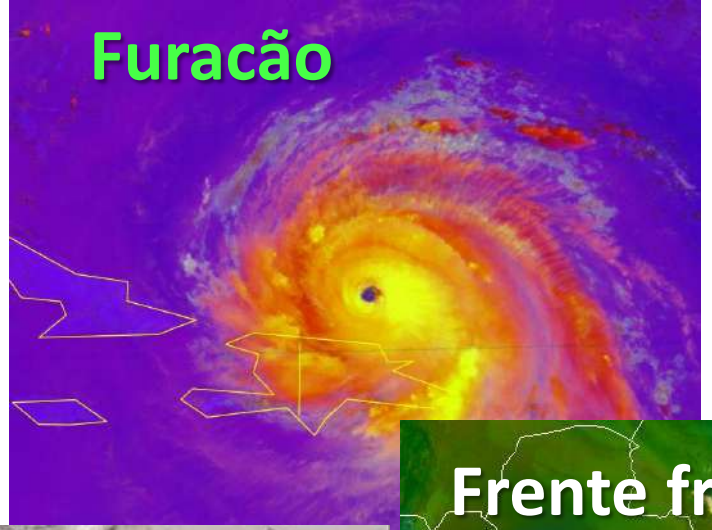
# Goes 16 - Primeiros "Insights" do Geostationary Lightning Mapper (GLM)



# Aplicações




Tempestade com raios

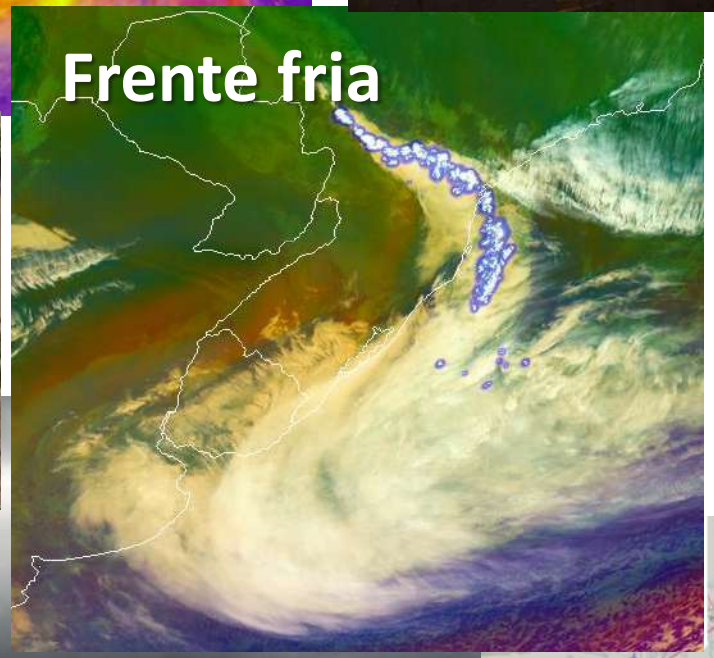


Furacão

Queimadas

Nevasca

Inundações



Frente fria

Erupção vulcânica

Nevoeiro

Tempestade severa

# Como é feita a previsão na Meteorologia?

Fonte: imagens Google

# Modelos Numéricos Meteorológicos

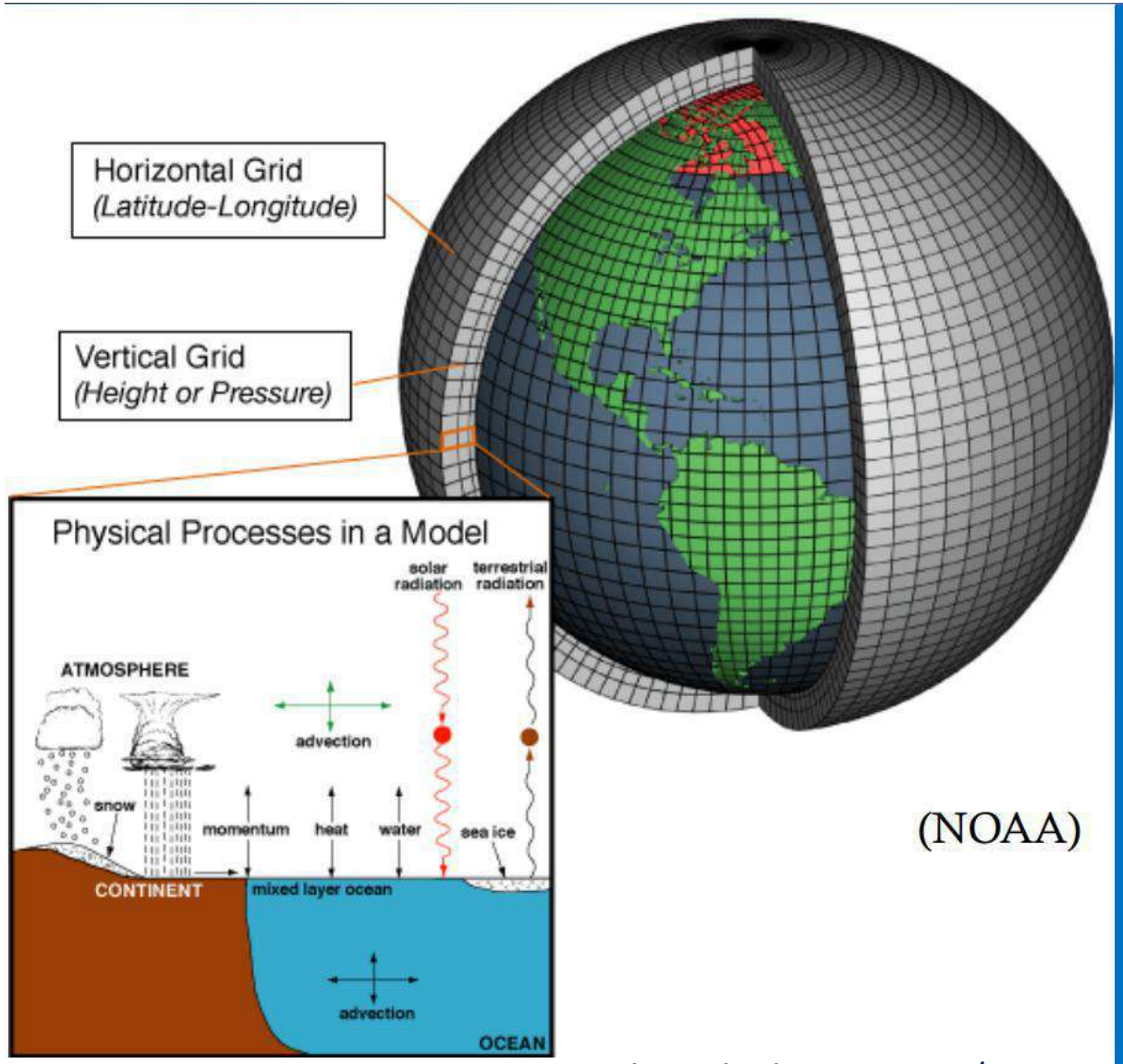
São um conjunto de equações físicas e matemáticas que simula o comportamento do sistema superfície-atmosfera com a finalidade de prever seu estado futuro

Força (aquilo que aprendemos com nossos professores de física)

$$\rho\left(\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}\right)=-\frac{\partial p}{\partial x}+\mu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right)+\rho g_x$$

Slide baseado em material gentilmente cedido por Simone Sievert

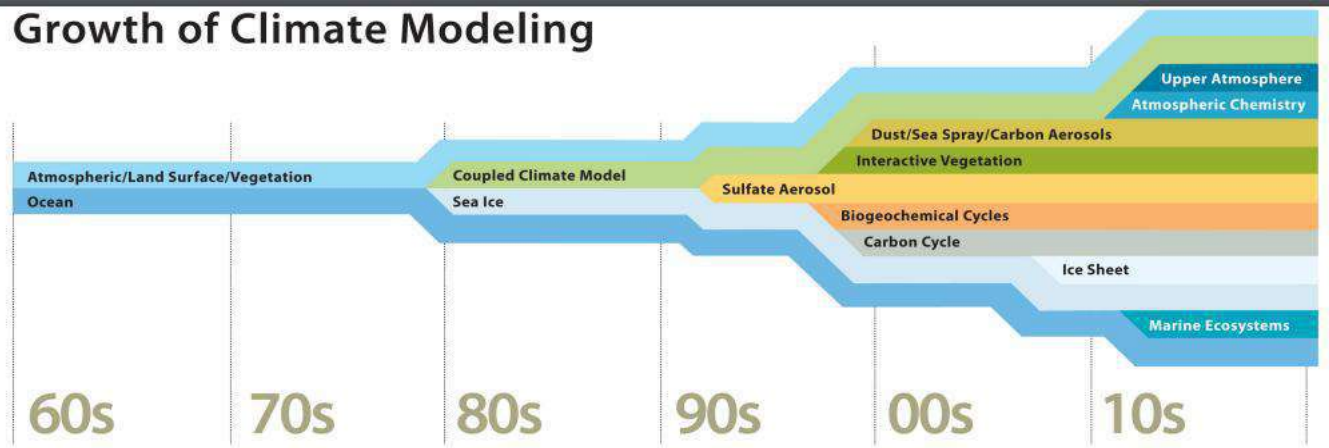
# Modelo do Sistema Terrestre

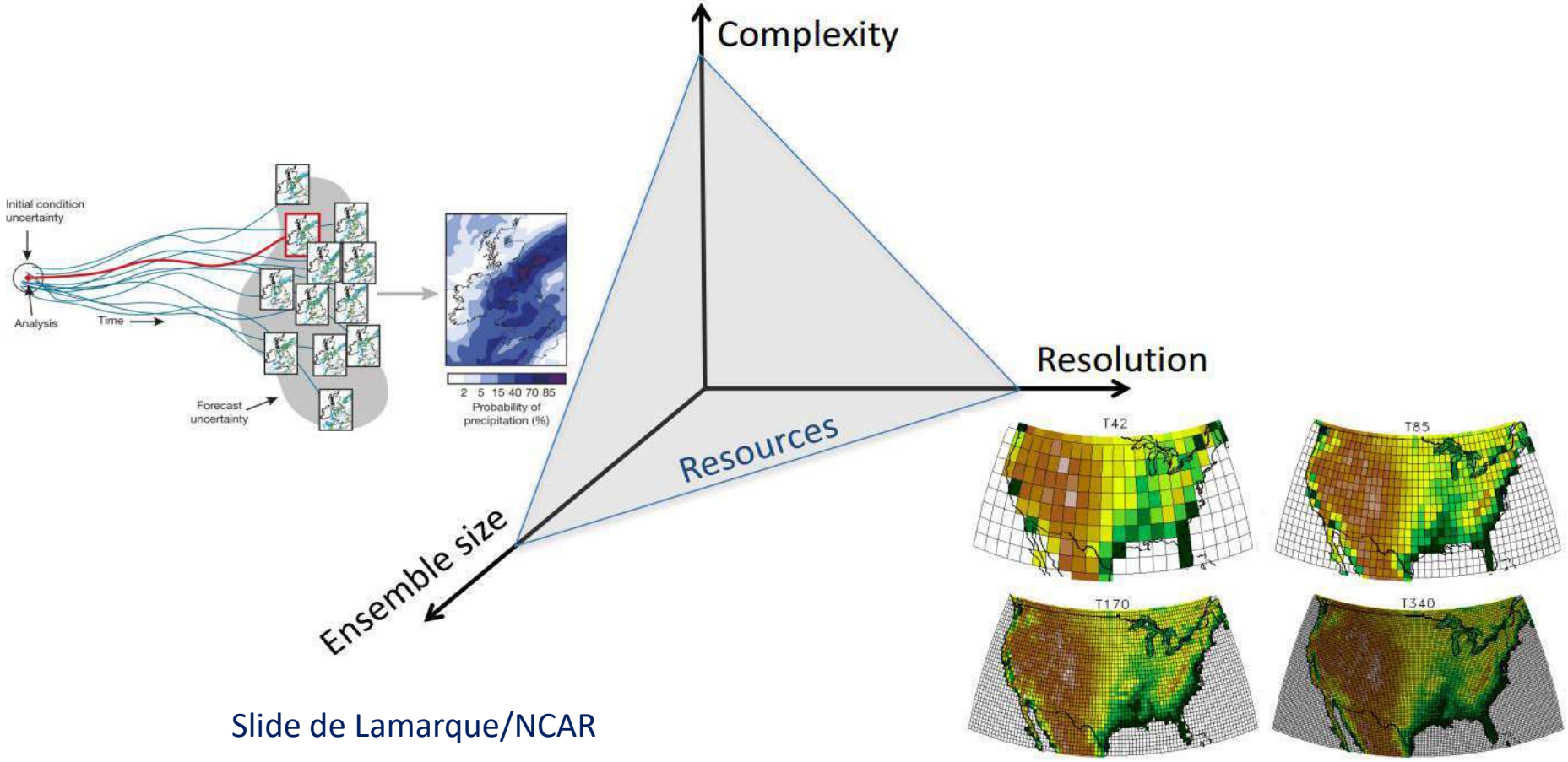



(NOAA)

Adaptado de Lamarque/NCAR

- Conjunto de equações diferenciais que descrevem movimento do fluido, transferência radiativa, interações atmosfera-superfície, cobertura terrestre, relevo, etc
- Planeta dividido em grade tridimensional para resolver as equações
- Atmosfera e terra normalmente na mesma grade horizontal
- Processos físicos em escala sub-grade são parametrizados




Slide de Lamarque/NCAR

# Recurso computacional de alto desempenho

**Supercomputador** é um computador com altíssima velocidade de processamento e grande capacidade de memória.

Operacional desde 2010

Fonte INPE
https://www.cptec.inpe.br/supercomputador/fotos.php

Slide baseado em material gentilmente cedido por Simone Sievert

# Evolução da acurácia das previsões de tempo

Previsão para:

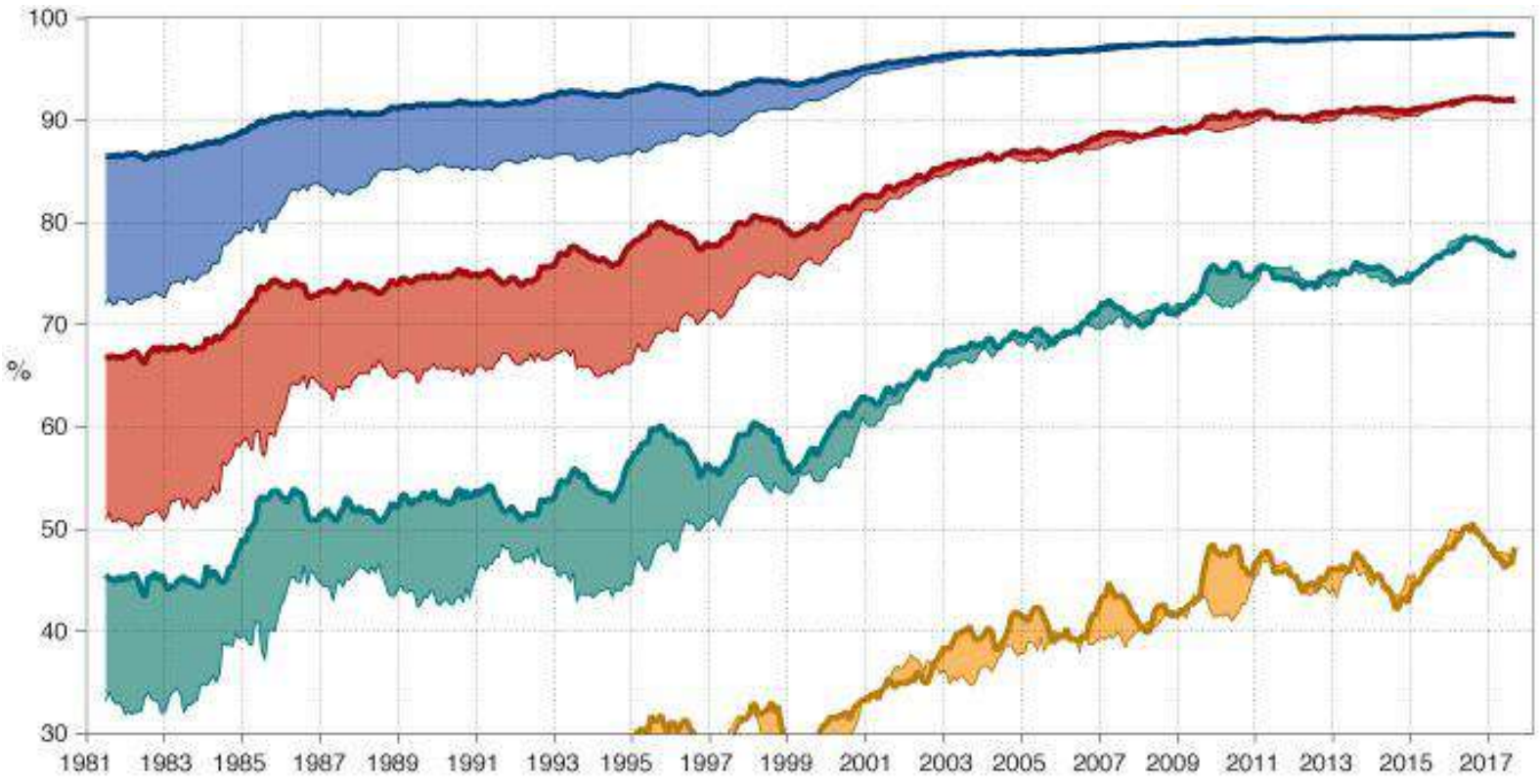
3 dias

5 dias

7 dias

10 dias

Qualidade das Previsões




Fonte: ECMWF

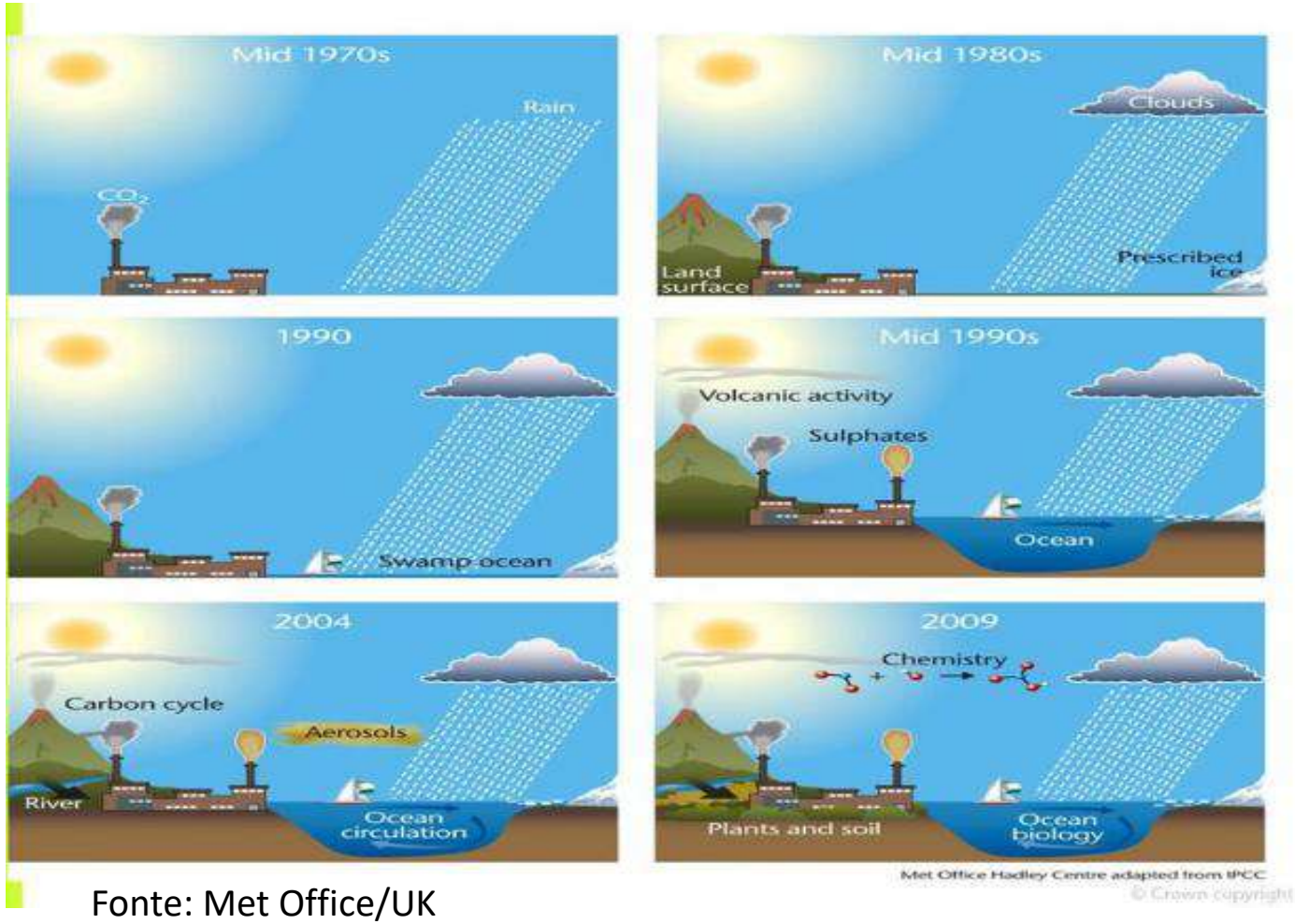
1981 1995 2010 2017

Anos

Slide baseado em material gentilmente cedido por Simone Sievert

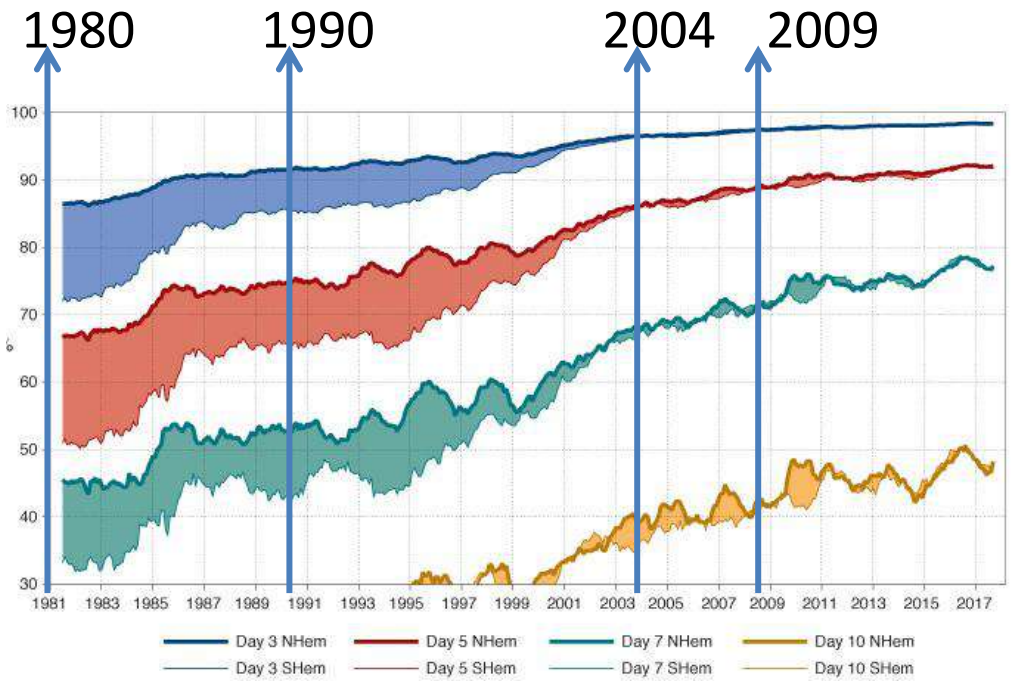
# Evolução da acurácia das previsões de tempo

Desenvolvimento dos modelos meteorológicos ao longo dos anos




Fonte: Met Office/UK

Acurácia dos modelos numéricos

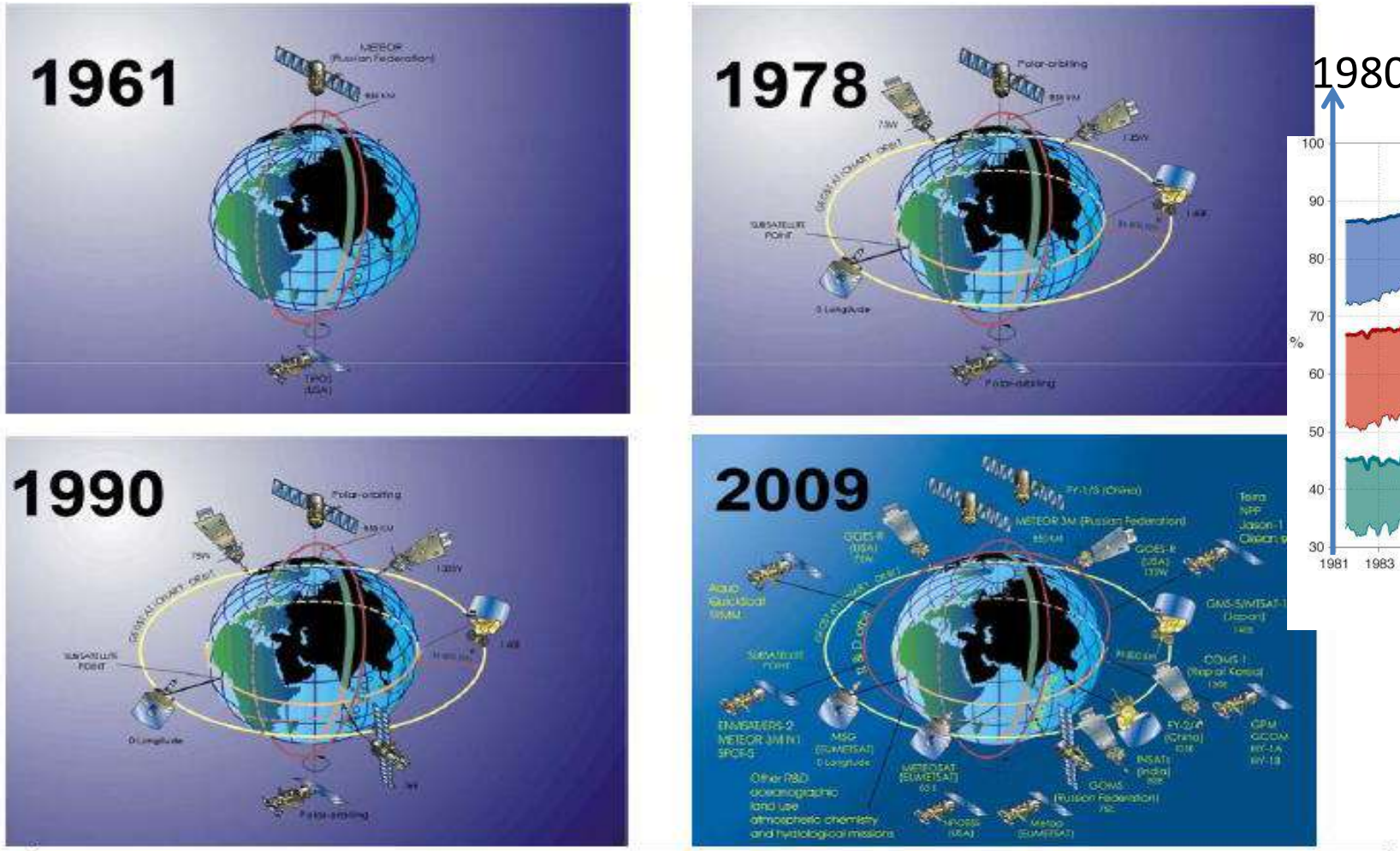



Fonte: ECMWF

Slide baseado em material gentilmente cedido por Simone Sievert

# Evolução da acurácia das previsões de tempo

Evolução do Sistema de observação da Terra via satélites

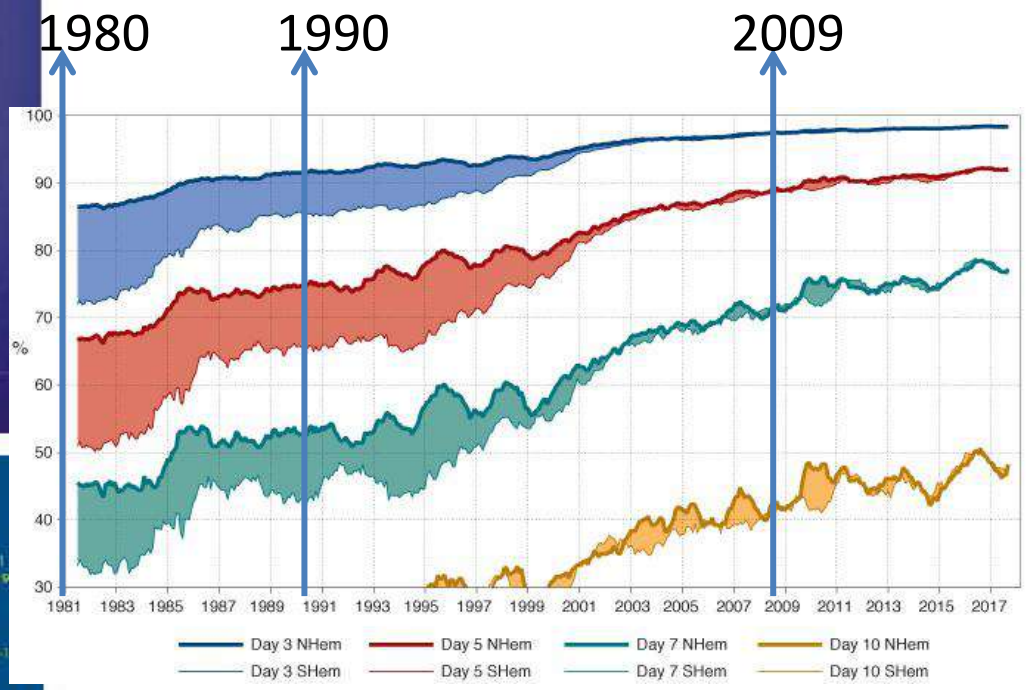



ESA Summer School 2010 | GS3, 5 August 2010
Dr. Gabriela Seiz

7

Courtesy: WMO Space Programme

Acurácia dos modelos numéricos




Fonte: ECMWF

Slide baseado em material gentilmente cedido por Simone Sievert

# Passo a passo para a previsão de tempo e/ou clima

CNN BRASIL

# Nordeste acumula prejuízo de mais de R$ 3 bi com chuvas em 6 meses

De acordo com levantamento da Confederação Nacional de Municípios (CNM), estado mais afetado foi a Bahia

Chuvas causam enchentes no estado de Pernambuco
Ministério do Turismo / Reprodução

**Nathallia Fonseca**, da CNN
São Paulo

31/05/2022 às 08:49 | Atualizado 31/05/2022 às 09:20

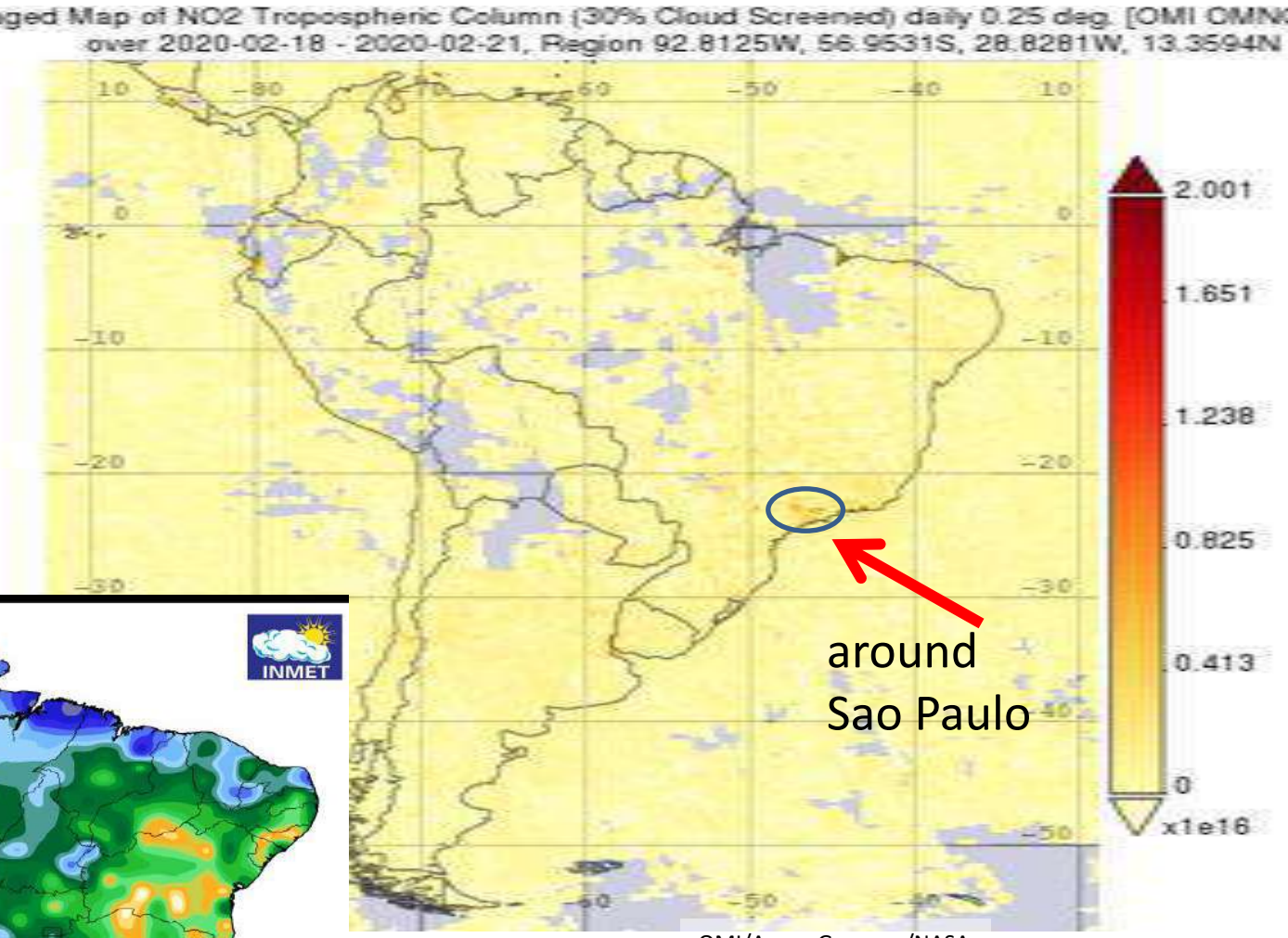
**Estimativa feita pela Confederação Nacional de Municípios (CNM)**

https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/nordeste-acumula-prejuizo-de-mais-de-r-3-bi-com-chuvas-em-6-meses/
Acesso em 08/07/2022

# Como as condições da atmosfera podem influenciar nossa vida?

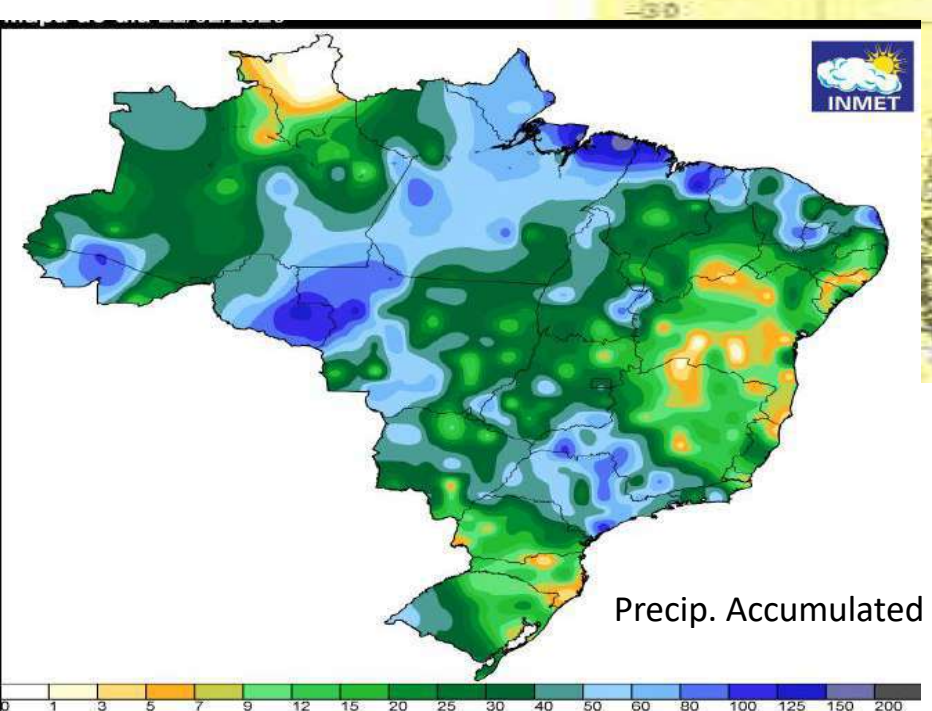
## Exemplos da aplicação de observações e dados de modelo em algumas ocorrências meteorológicas interessantes

# One month before the quarentine COVID-19



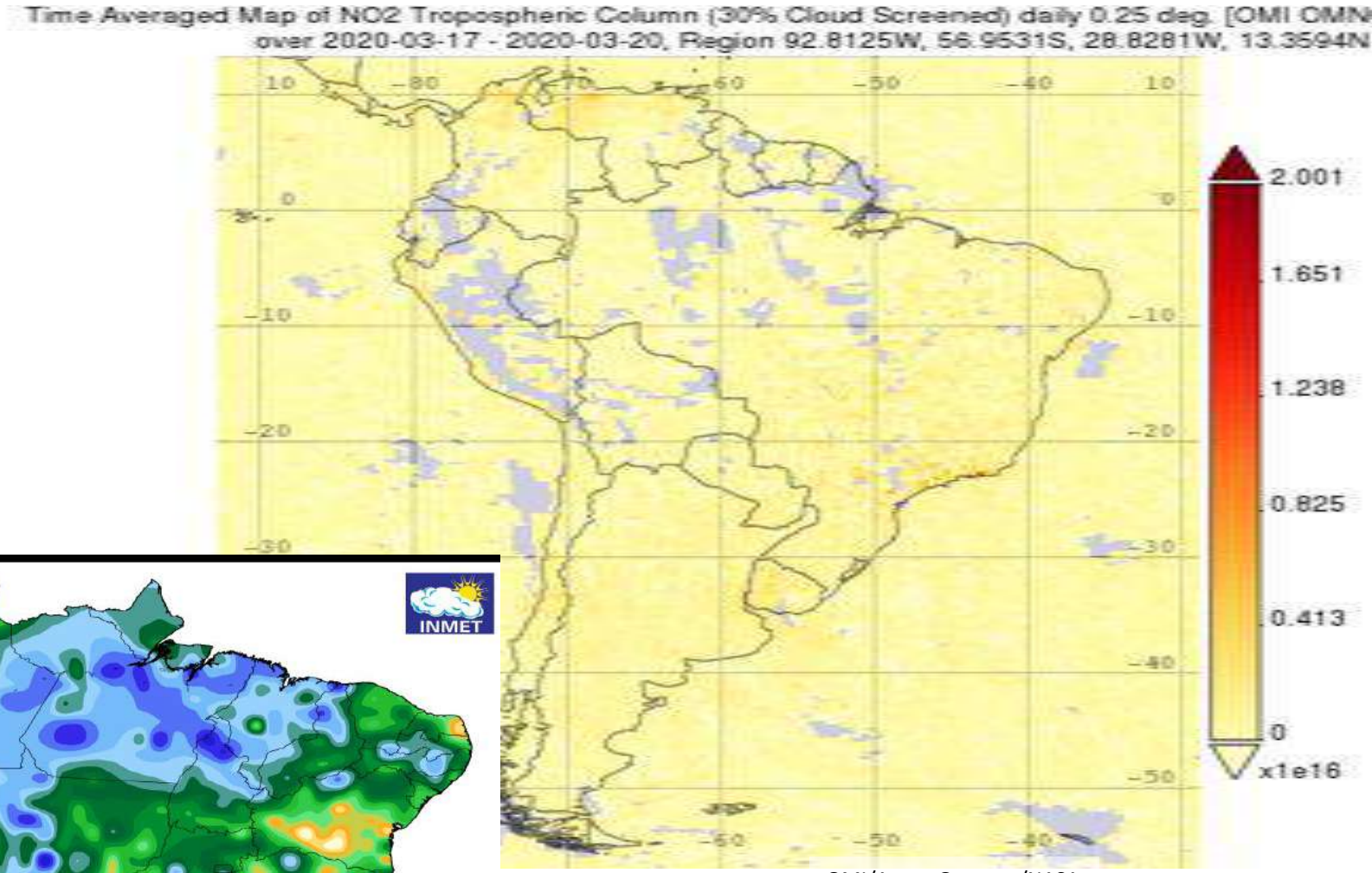

OMI/Aura - GIOVANNI/NASA

**Maior concentração do poluente nos grandes centros urbanos como do Sudeste, cerca de 1 mês antes da pandemia, e mesmo sob condições de chuva**



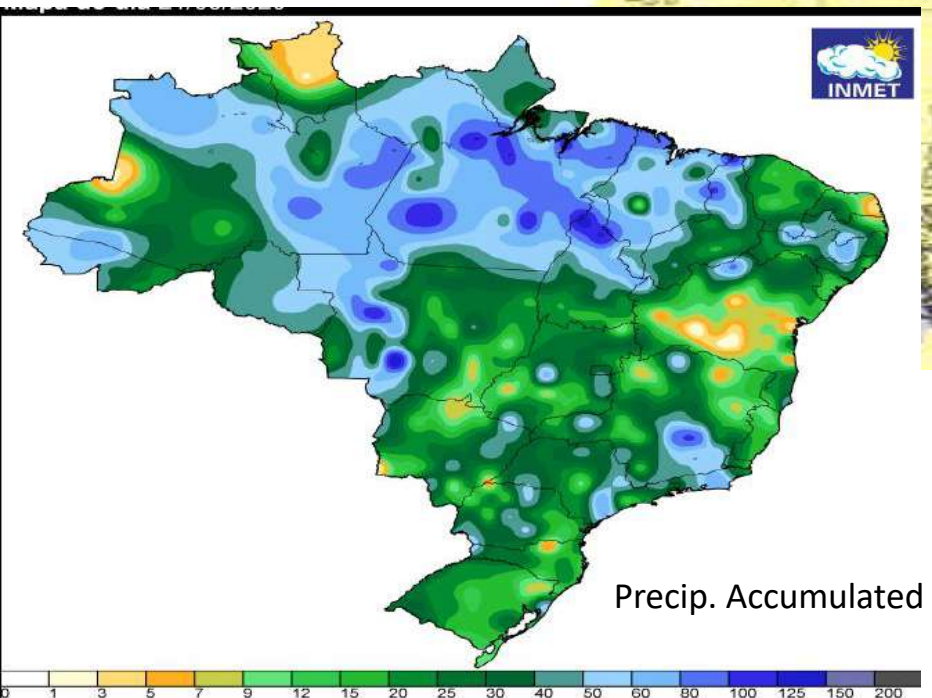

Precip. Accumulated on this period

# One week before the quarentine COVID-19



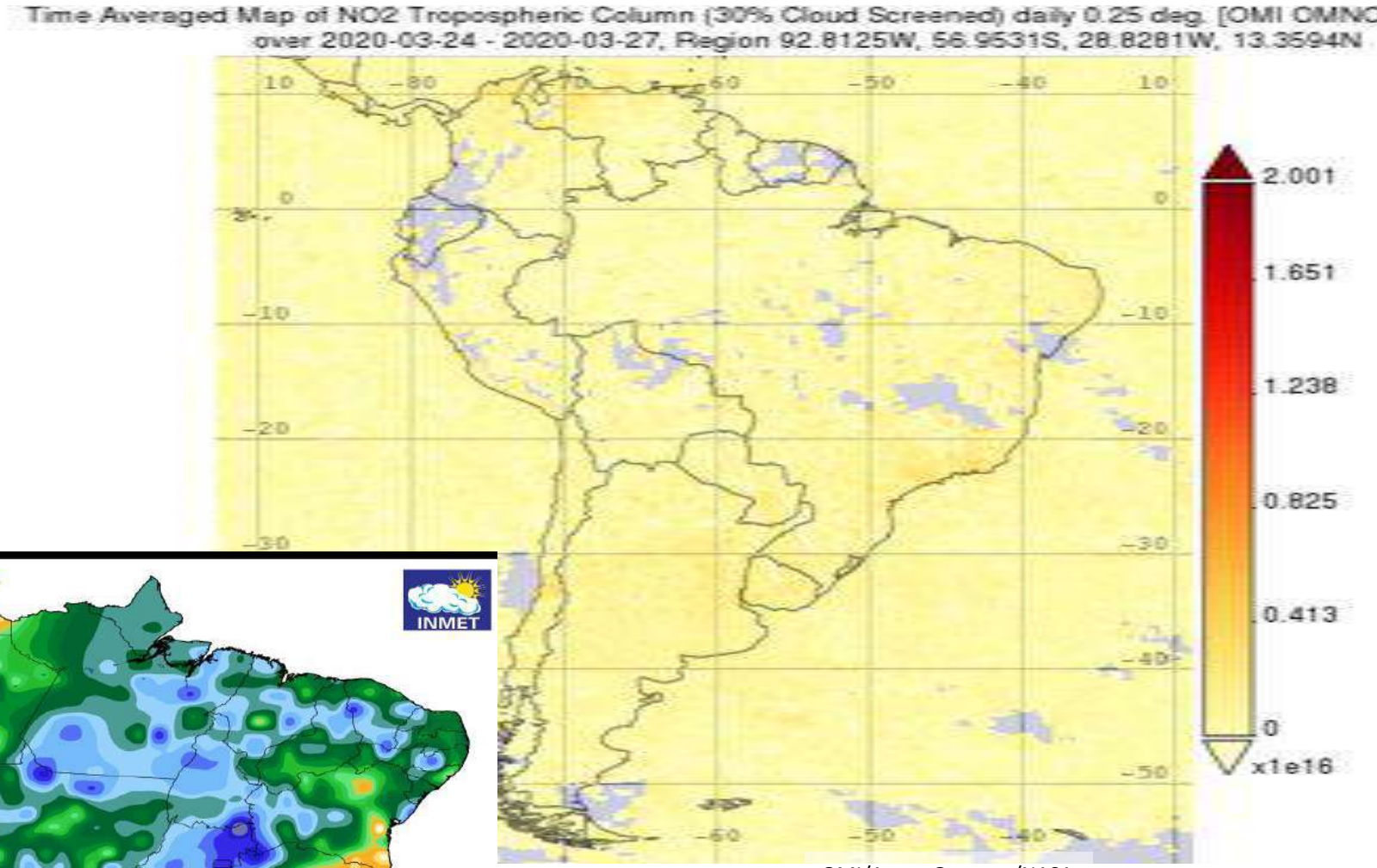

OMI/Aura - GIOVANNI/NASA

**1 semana antes do início da quarentena, a concentração do poluente ainda é expressiva nos grandes centros urbanos do Sudeste**



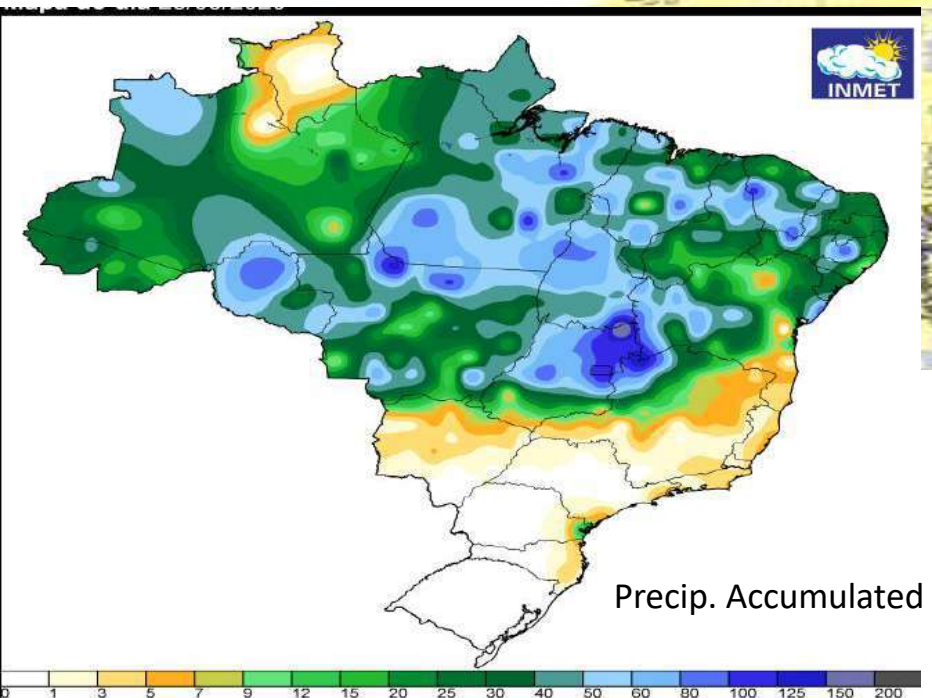

Precip. Accumulated on this period

# Week of the beginning of quarentine COVID-19



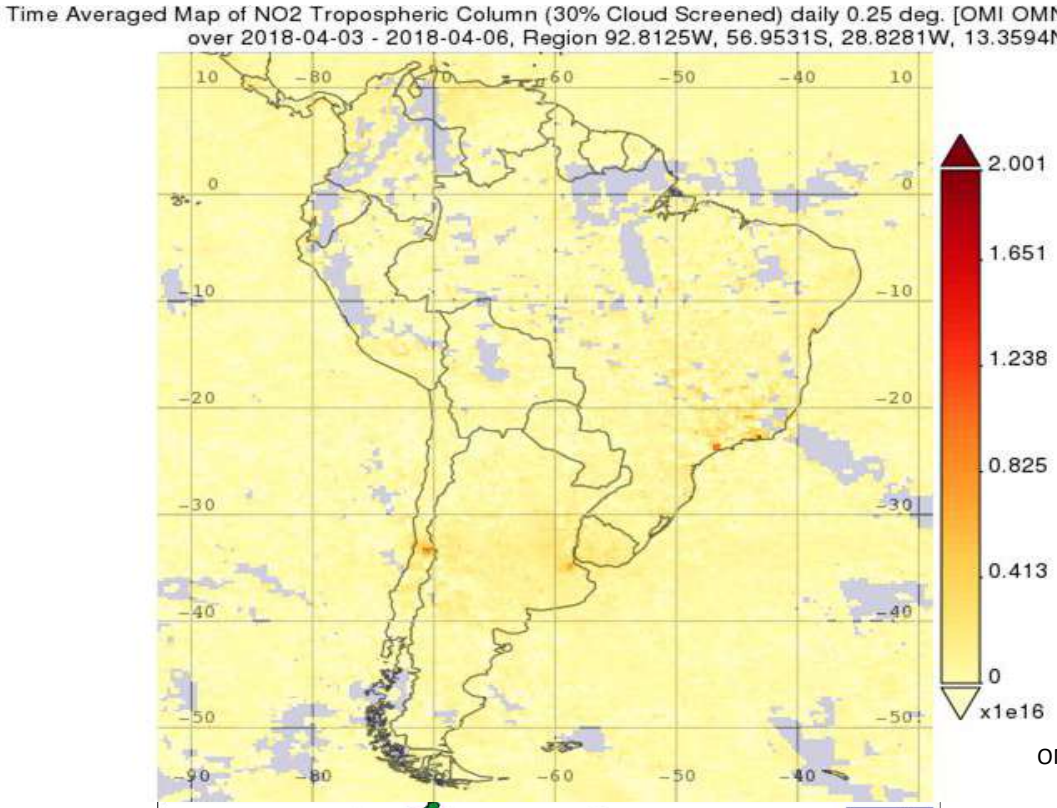

OMI/Aura - GIOVANNI/NASA

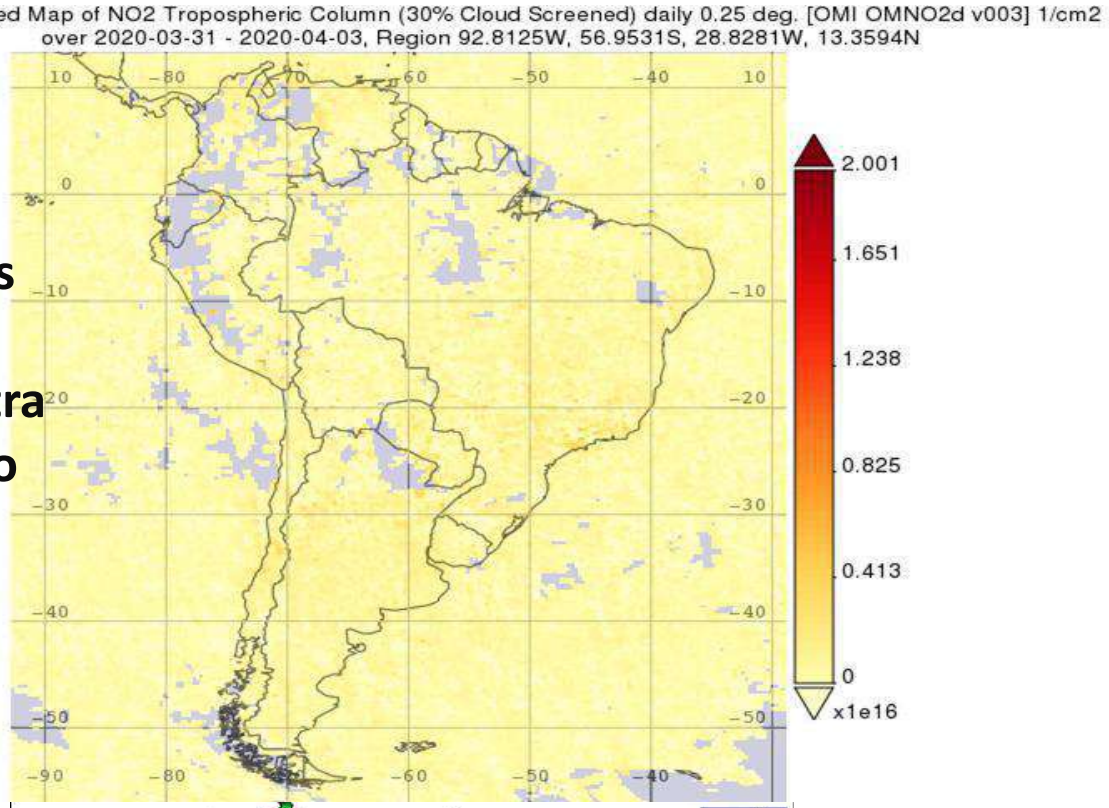
**Em relação à semana anterior, note a queda na concentração do poluente na primeira semana da quarentena, mesmo diante de condições secas (sem chuva).**




Precip. Accumulated on this period

Ester Regina K. Ito

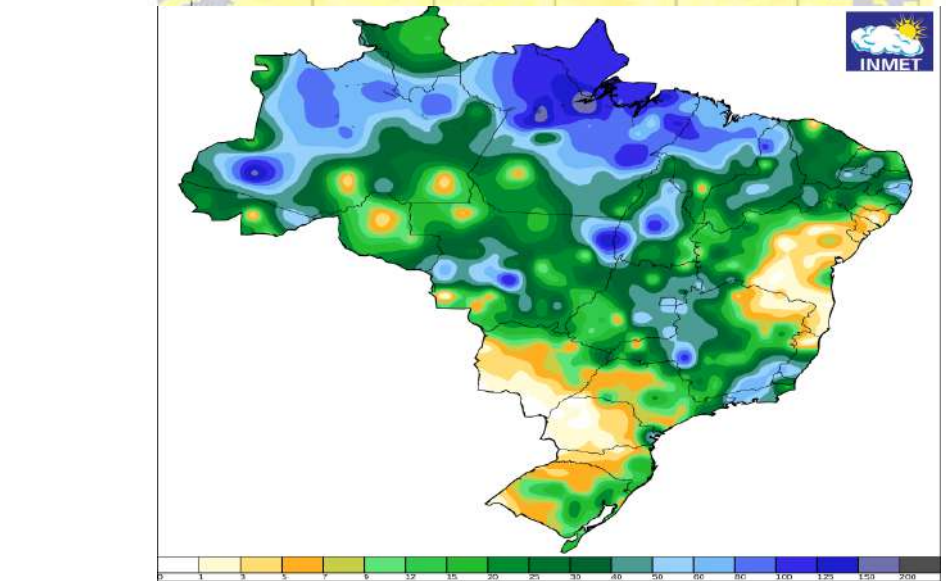


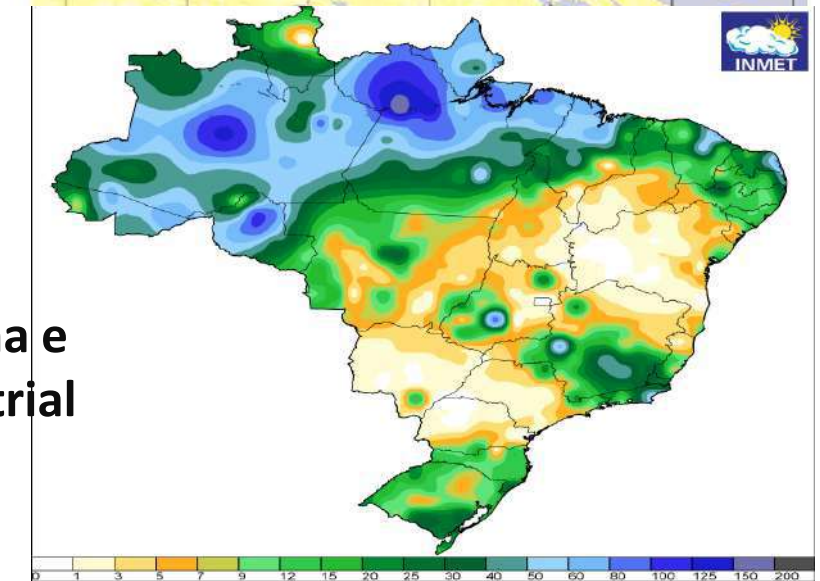




OMI/Aura - GIOVANNI/NASA

**Comparação do mesmo período, dois anos antes da quarentena, mostra o impacto positivo da pandemia na emissão deste poluente na atmosfera dos grandes centros urbanos.**

**Causa está relacionada à redução da atividade humana e comercial/industrial**

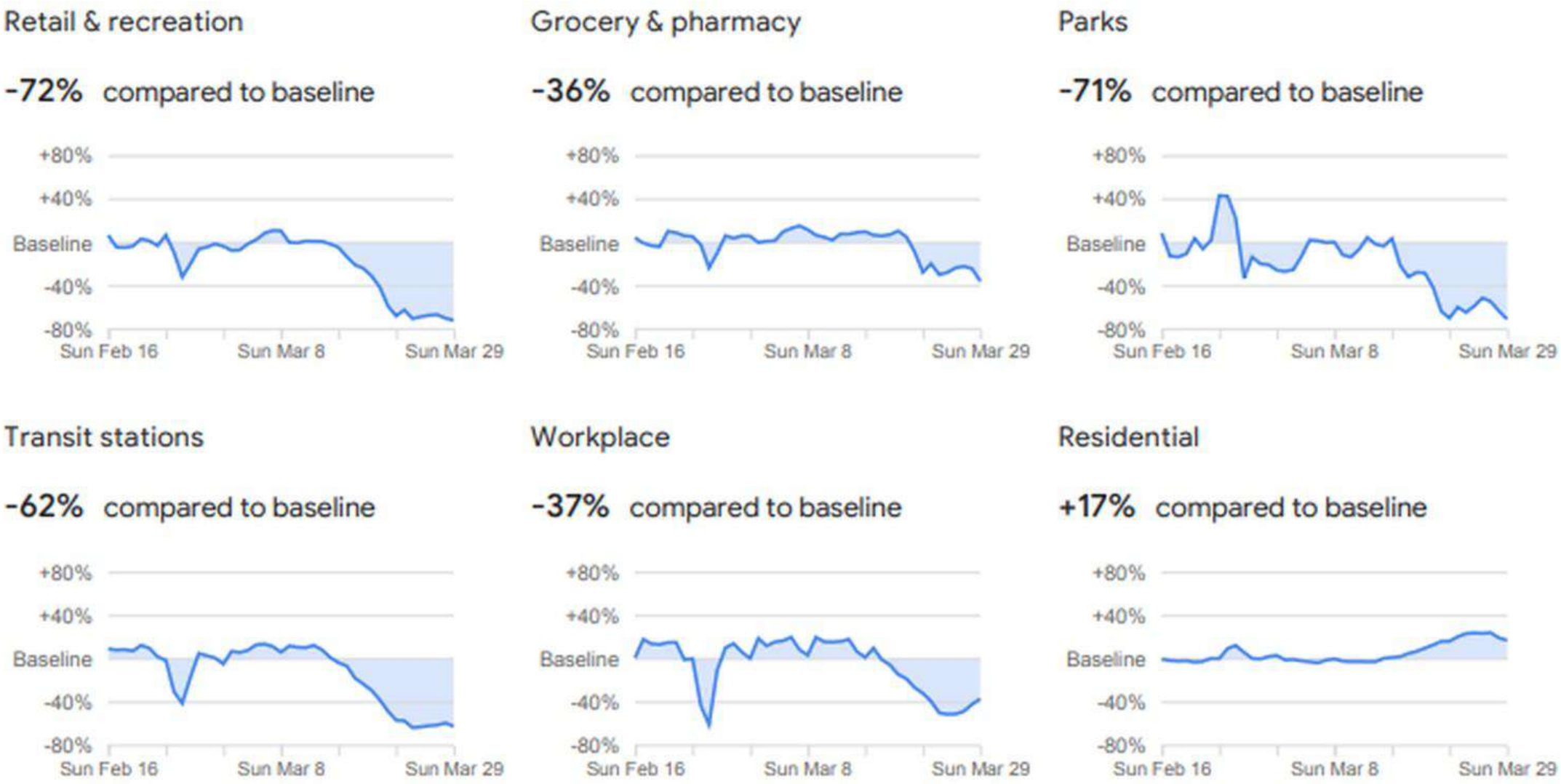



Ester Regina K. Ito

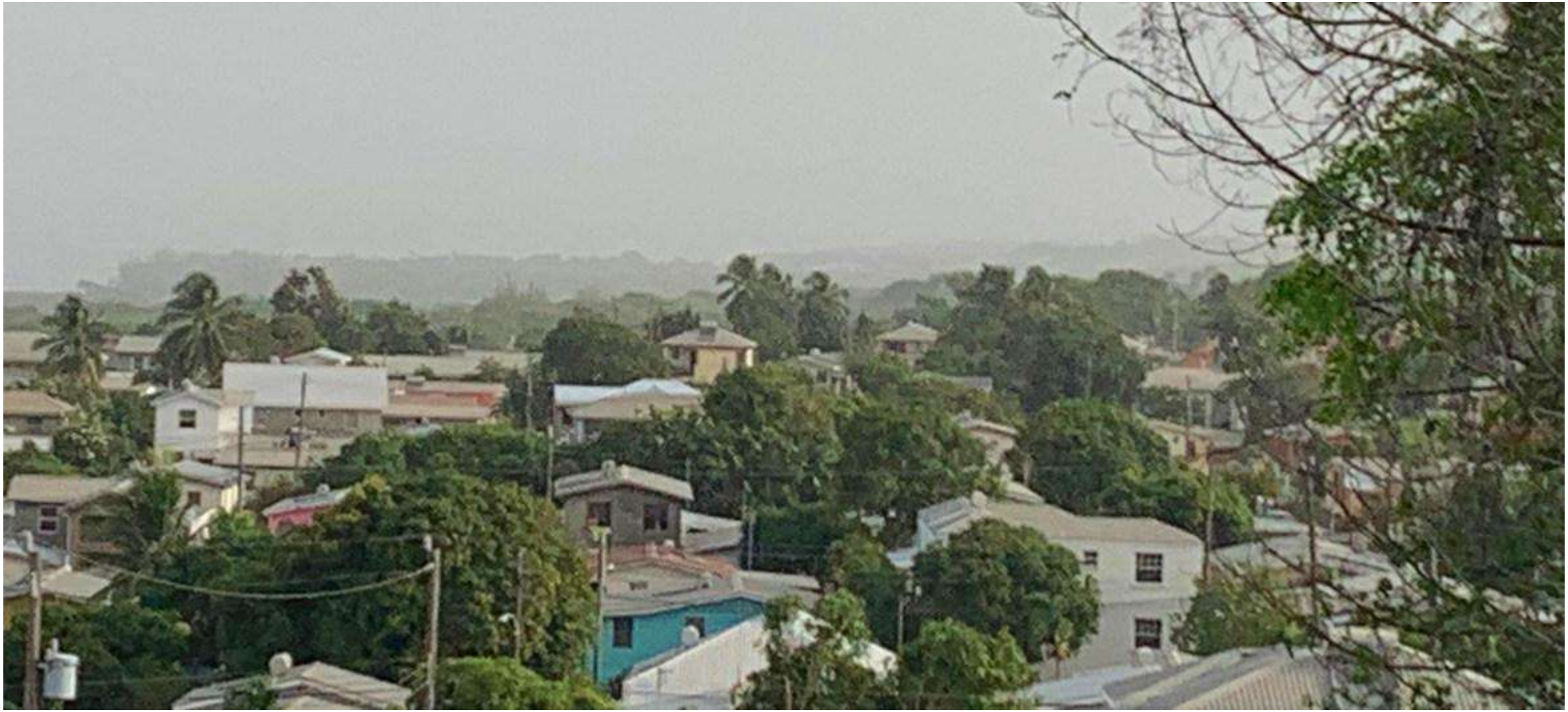
# São Paulo

Dados do Google mostram queda nos deslocamentos em São Paulo após medidas de isolamento social [Reprodução/Google]. Fonte: G1/Globo



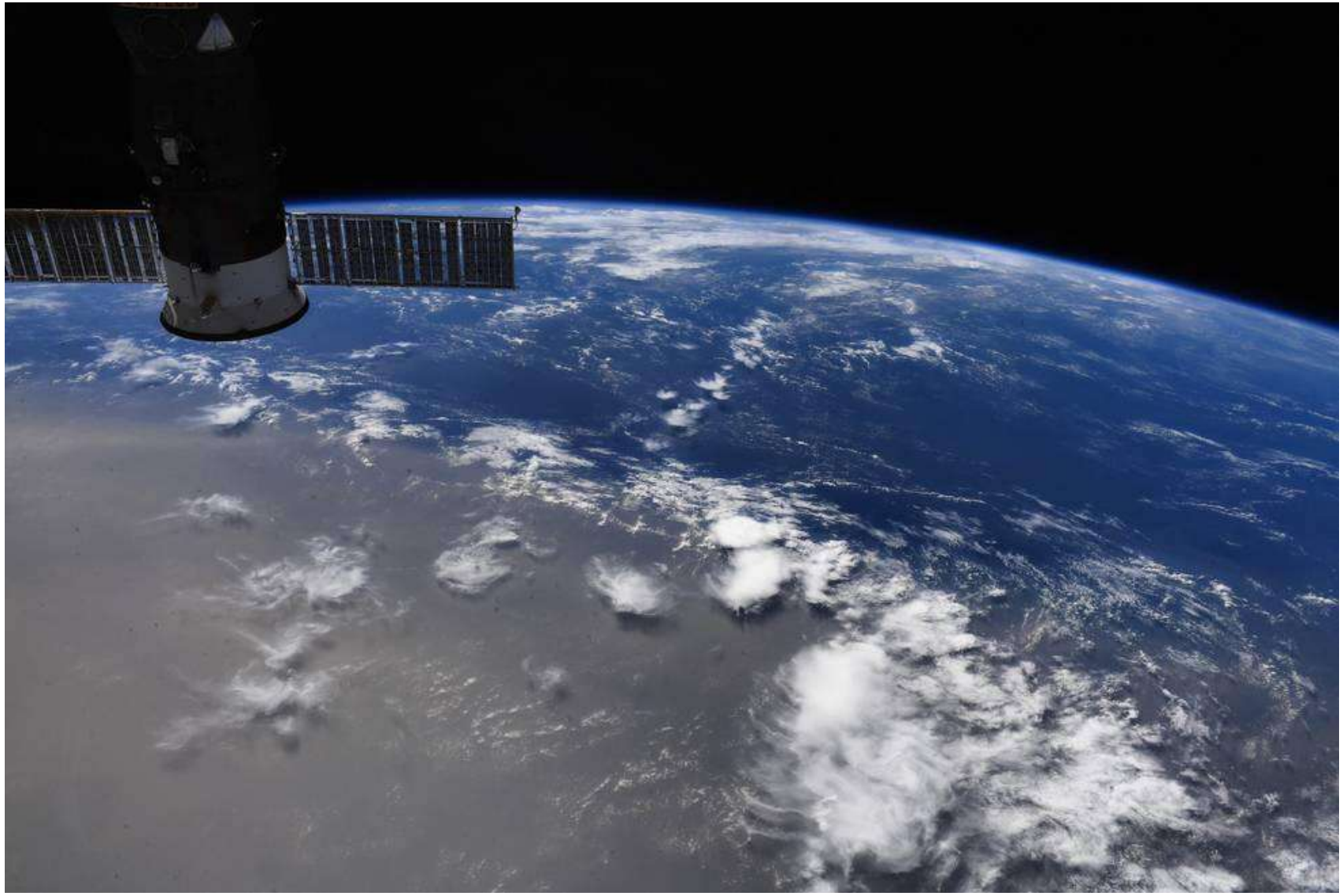
Junho/2020..

Em algum lugar do Caribe..



**OMM:** Nuvem de poeira chegou ao Caribe em 17/06/2020

Fonte: Nações Unidas, https://news.un.org/pt/story/2020/06/1718282, acesso em 26/11/2021

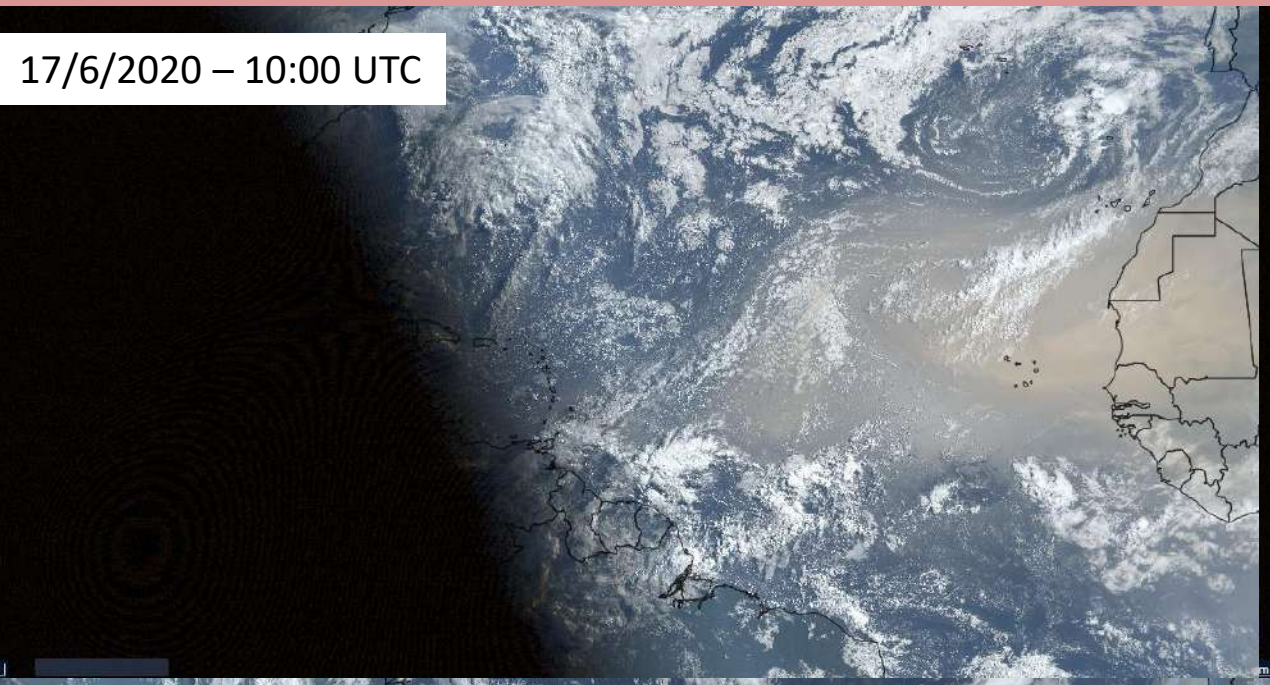


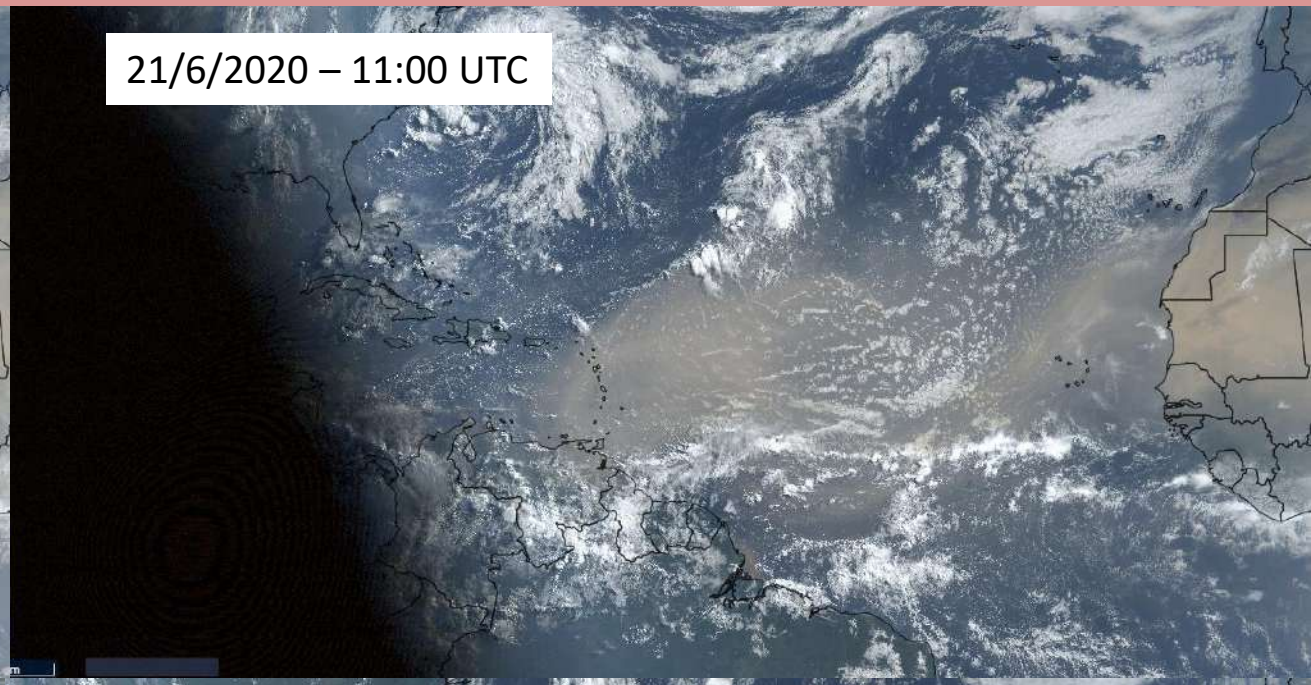
Astronaut Doug Hurley saw the 2020 Saharan dust plume from the International Space Station. He snapped and tweeted this picture, noting it was “amazing how large an area it covers!”, Credits: NASA/Doug Hurley

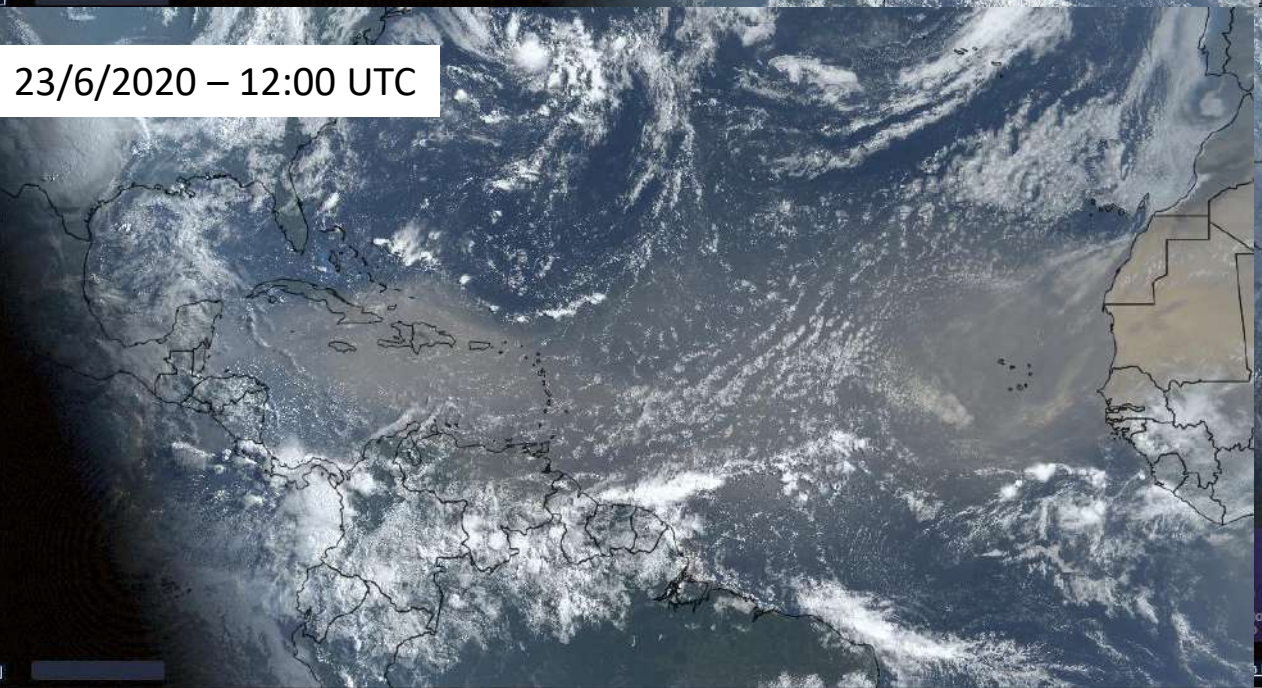
Fonte: https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/spinoff/Saharan_Dust_Forecasts_Minimize_Health_Risks_in_the_Caribbean, acesso em 26/11/2021

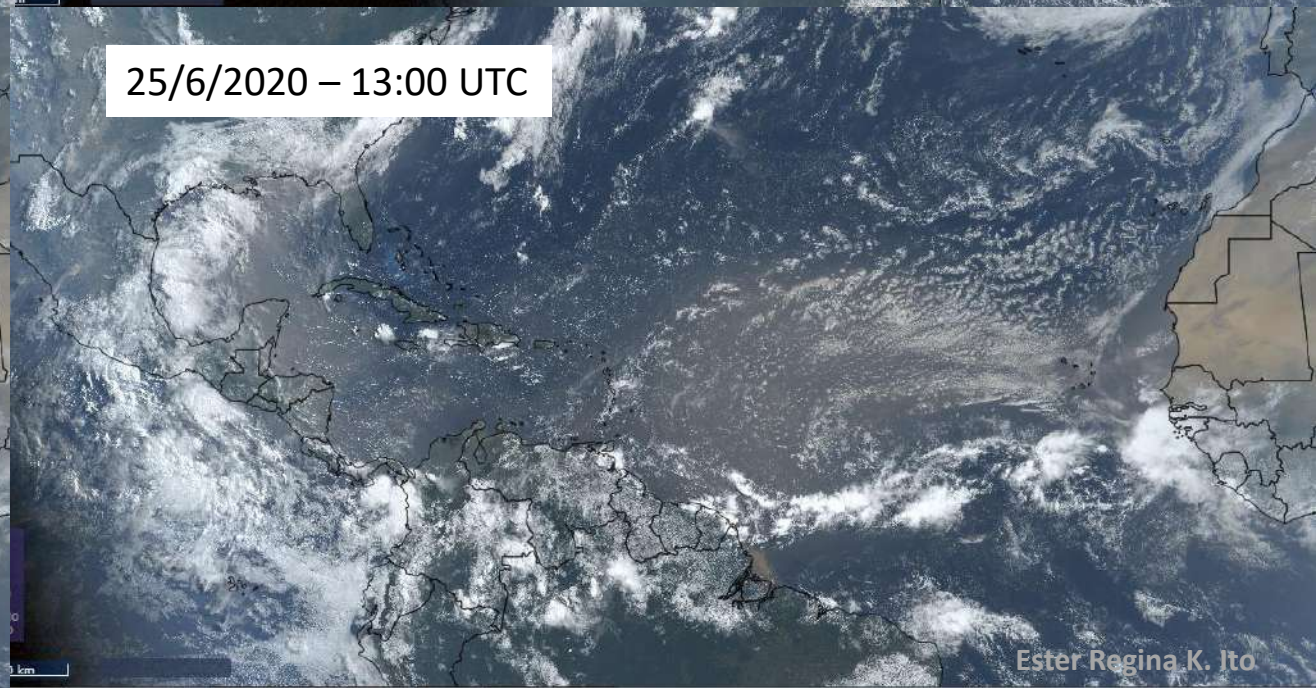
# Goes 16 - RGB Natural Color True

Extraído de http://sigma.cptec.inpe.br/



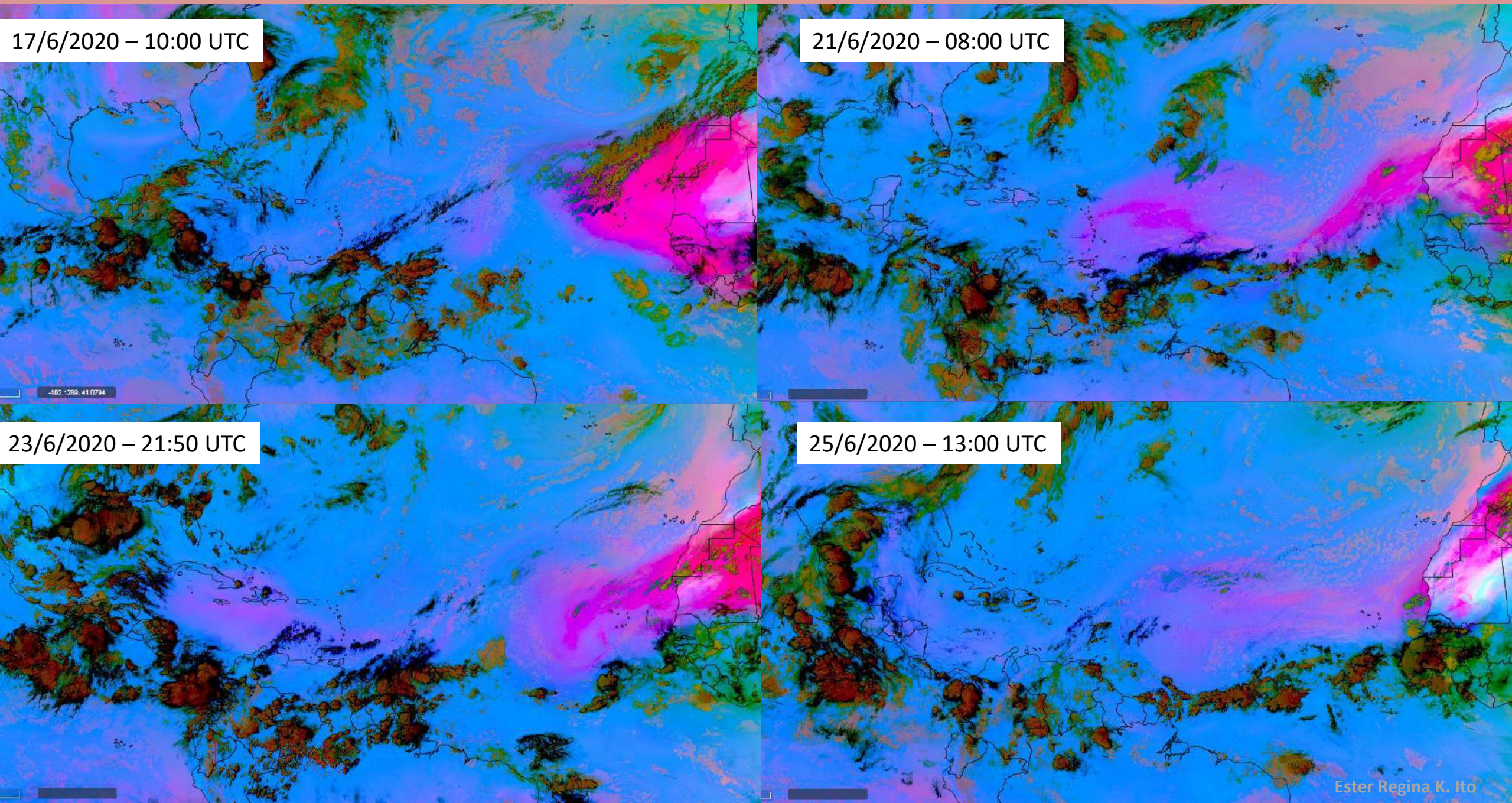




Ester Regina K. Ito

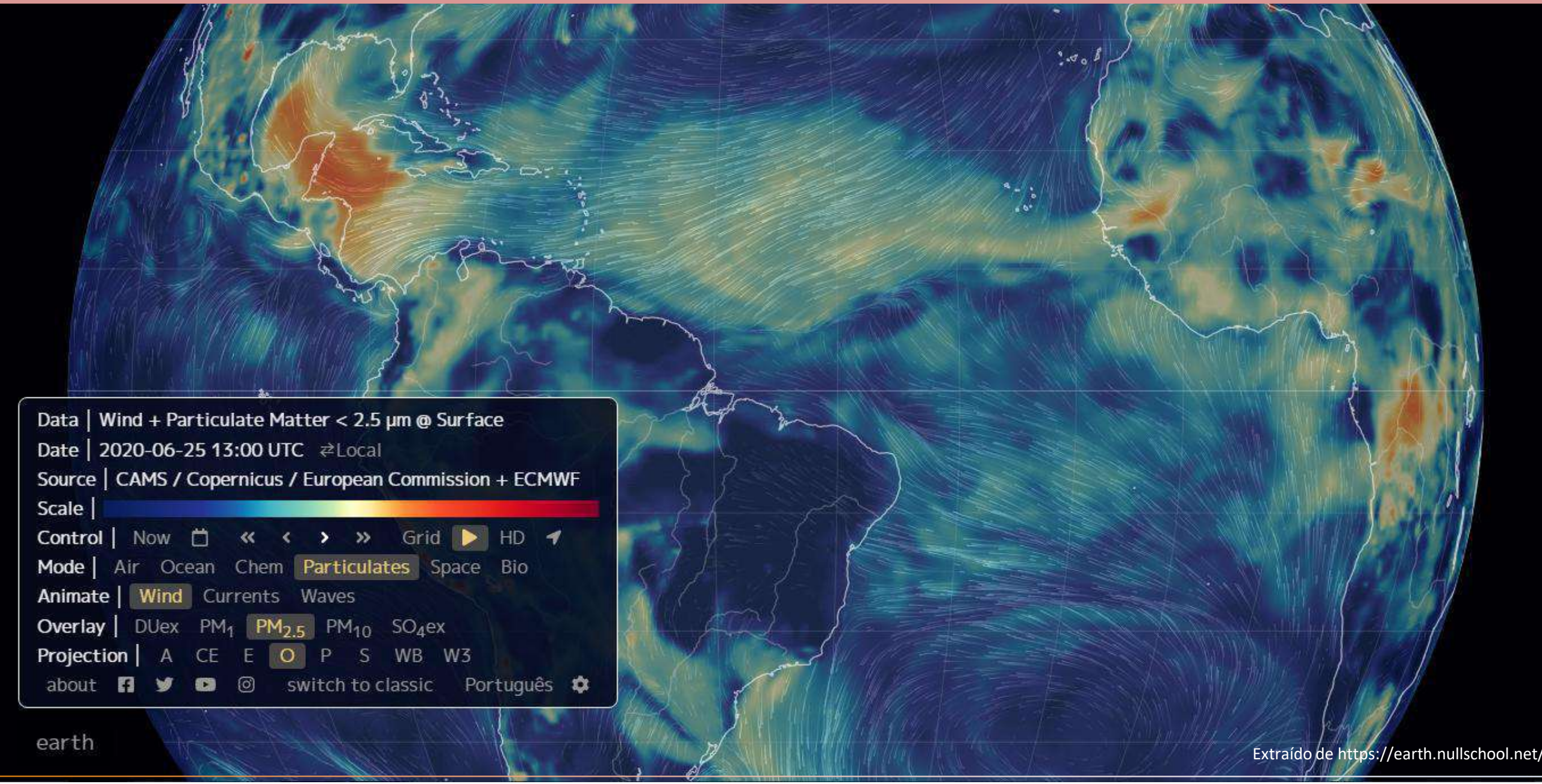
# Goes 16 - RGB Dust

Extraído de http://sigma.cptec.inpe.br/




Ester Regina K. Ito

# Previsões numéricas de Material Particulado e Vento na atmosfera




Extraído de https://earth.nullschool.net/

NOTA TÉCNICA

# Poeira do Saara atravessa o Atlântico norte e atinge as Américas

Durante a segunda quinzena de junho, foi possível observar a propagação de plumas de poeira do Saara ao longo da faixa tropical do Oceano Atlântico norte. O primeiro intenso pulso começou a viagem no dia 17/06/2020 a partir do leste do Atlântico (região da Camada de Ar do Saara - CAS) em direção ao oeste, conforme representado pela área em tom amarronzado na imagem RGB Natural Color True da Figura 1. Trata-se de uma composição que utiliza canais no visível e infravermelho próximo, bandas nos quais onde melhor detecta-se a presença de aerossol em suspensão na atmosfera, tal como a poeira fina do Saara.

Figura 1 – RGB Natural Color True do satélite Goes-Leste para o dia 17/06/2020 à 10:00UTC

Em 21/06/2020 a pluma de poeira atingiu a América Central insular e o extremo norte da América do Sul (conforme mostra a Figura 2), seguindo para região de Cuba e Península de Yucatán no dia 23, Golfo do México no dia 24, e sul dos Estados Unidos no dia 25 (Figura 3). Ainda no dia 21 (Figura 2), um segundo pulso de poeira começava a viagem saindo da região da CAS em direção ao oeste, até atingir a região do Caribe e extremo norte da América do Sul após cinco dias.

Figura 2 – RGB Natural Color True do satélite Goes-Leste para o dia 21/06/2020 à 11:00UTC

Figura 3 – RGB Natural Color True do satélite Goes-Leste para o dia 25/06/2020 à 13:00UTC

Outro produto derivado da combinação de canais de satélite onde também é possível identificar a presença de poeira na atmosfera é o RGB Dust, o qual utiliza uma diferenciação de canais no infravermelho termal que distingue poeira transportada no ar das nuvens. A figura 4 mostra este produto para o dia 21, onde as duas plumas de poeira aparecem em tons de pink ou magenta, a primeira chegando à América Central insular e a Venezuela, e a segunda pluma próximo à costa africana (região do CAS).

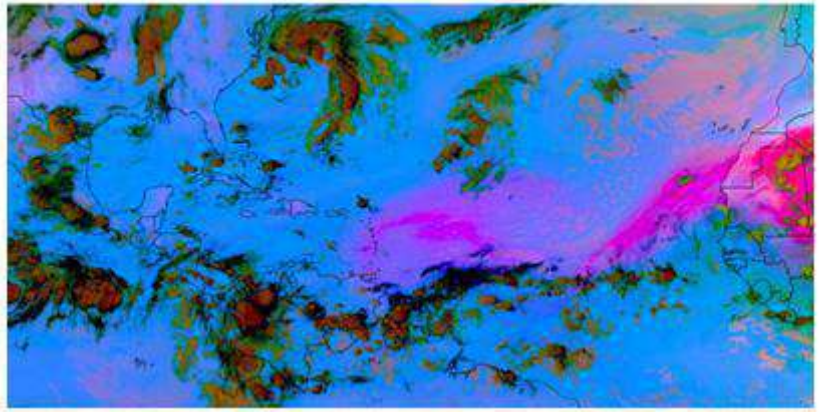


Figura 4 – RGB Dust do satélite Goes-Leste para o dia 21/06/2020 à 11:00UTC

A emissão de poeira do Saara na CAS é um evento comum e ocorre o ano todo. Já o transporte da pluma para oeste ocorre em função dos ventos alísios de leste em superfície. A camada de poeira pode estender-se até uma altura em torno de 3 a 4 km (ou até os níveis de 700hPa a 600hPa da atmosfera), onde localiza-se o núcleo do Jato Africano de Leste (região de maior velocidade), que portanto, também contribui para a propagação da pluma para oeste e ao longo do Oceano Atlântico tropical norte. Eventualmente a pluma de poeira pode atravessar o oceano até atingir as Américas, e isto ocorre, sobretudo, no verão do hemisfério norte, quando a Alta Subtropical do Atlântico Norte desloca-se para norte e os ventos alísios ficam mais intensos.

Composta por partículas com tamanho menor que 10 a 2,5 micra chegando até a ordem de 1 micron (1 micron equivale a 1 x $10^{-6}$ metro ou a milésima parte do milímetro), a pluma de poeira reduz a visibilidade na camada mais baixa da troposfera até a superfície, e pode trazer desconforto às pessoas mais sensíveis ou com redução da capacidade respiratória. Por outro lado, o transporte de material particulado da poeira do Saara tem papel importante no processo de formação das precipitações na região Amazônica, bem como sedimentação de nutrientes no solo.

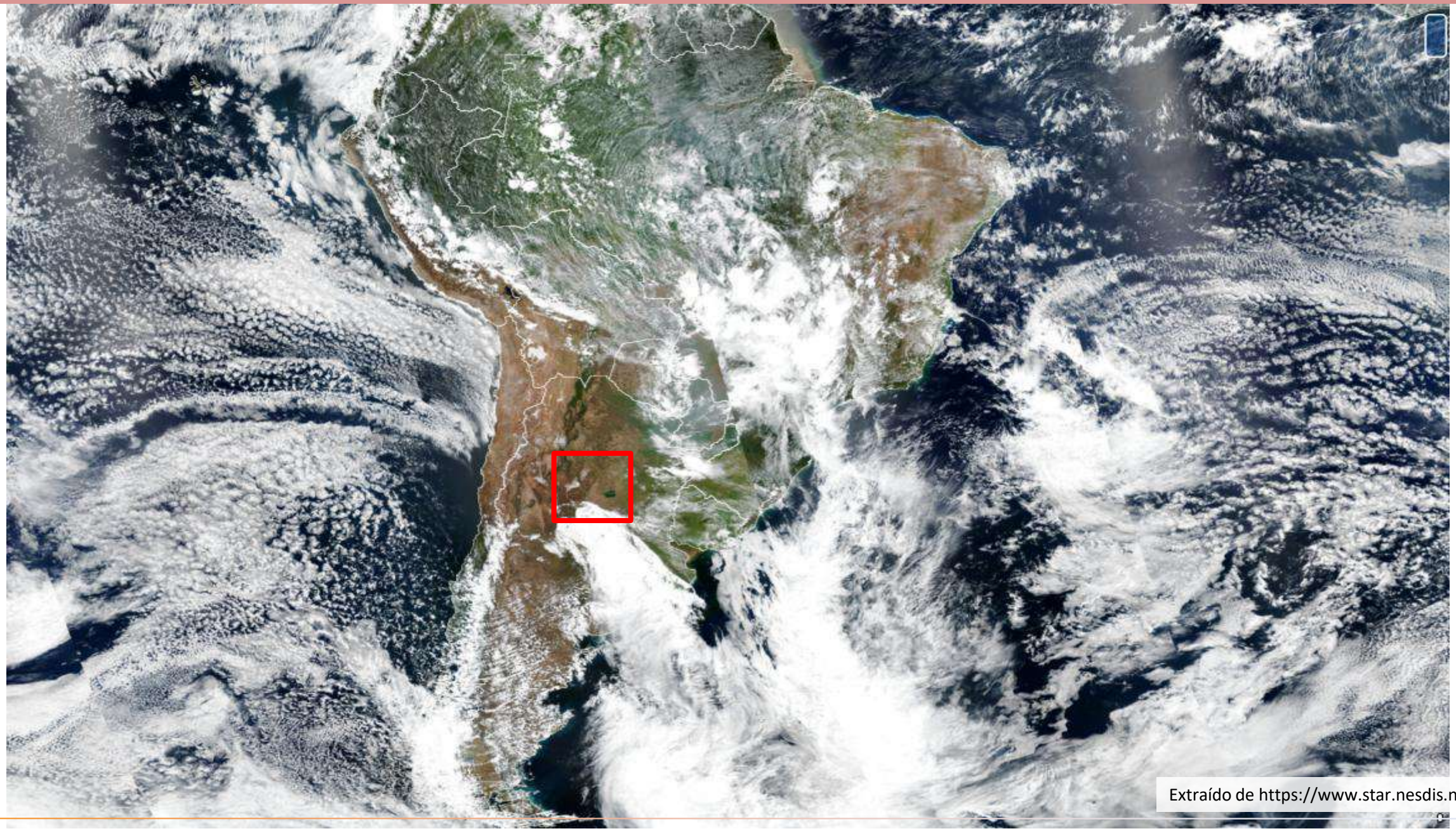
Publicado em 29/06/2020

DIDSA/CPTEC/INPE

Córdoba / Argentina ....

14/10/2021

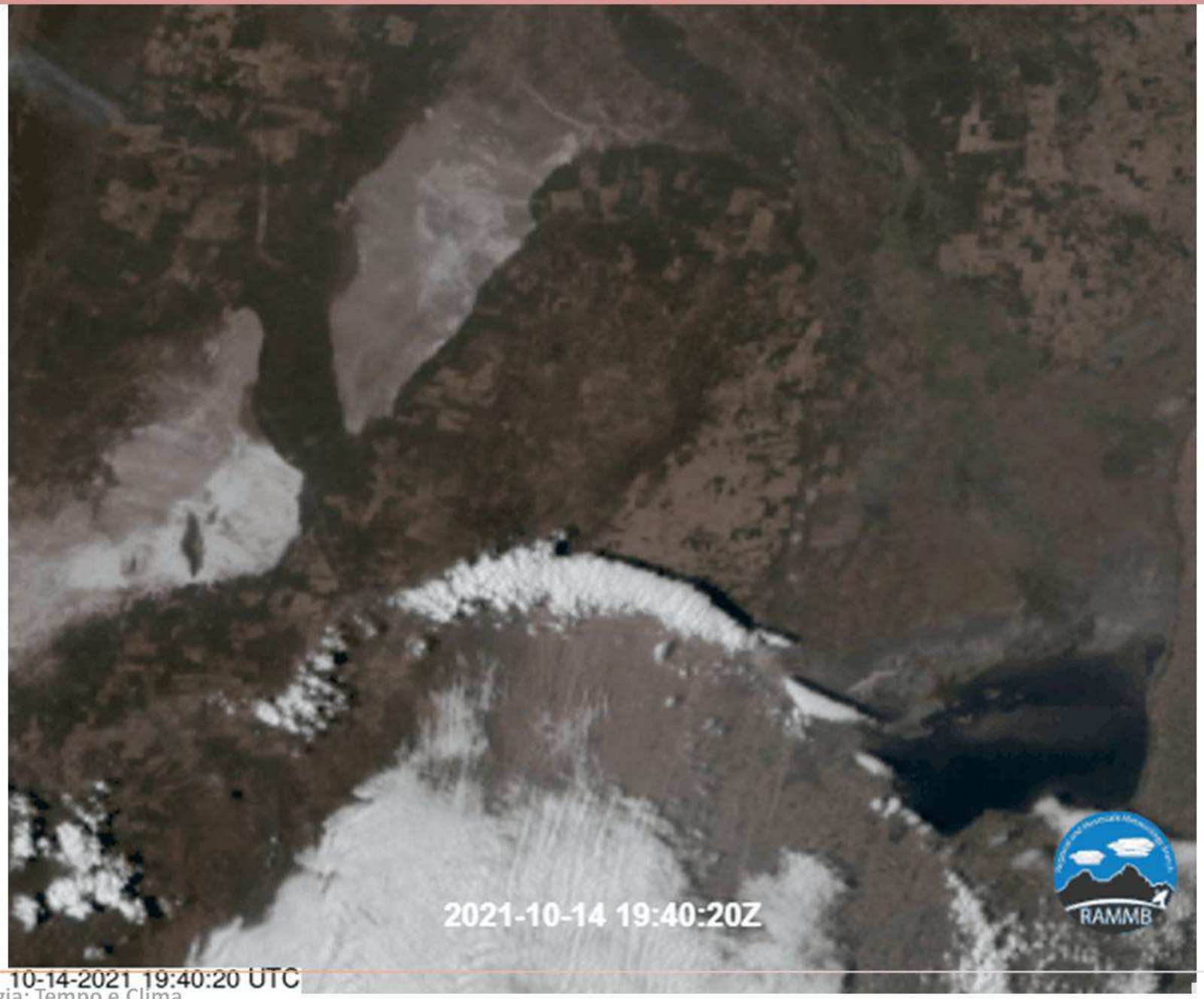
# Suomi NPP/JPSS RGB True Color – 14/10/2021



Extraído de https://www.star.nesdis.noaa.gov/

# GOES 16 RGB GeoColor – 14/10/2021 às 19:00-21:20 UTC

Ester Regina K. Ito





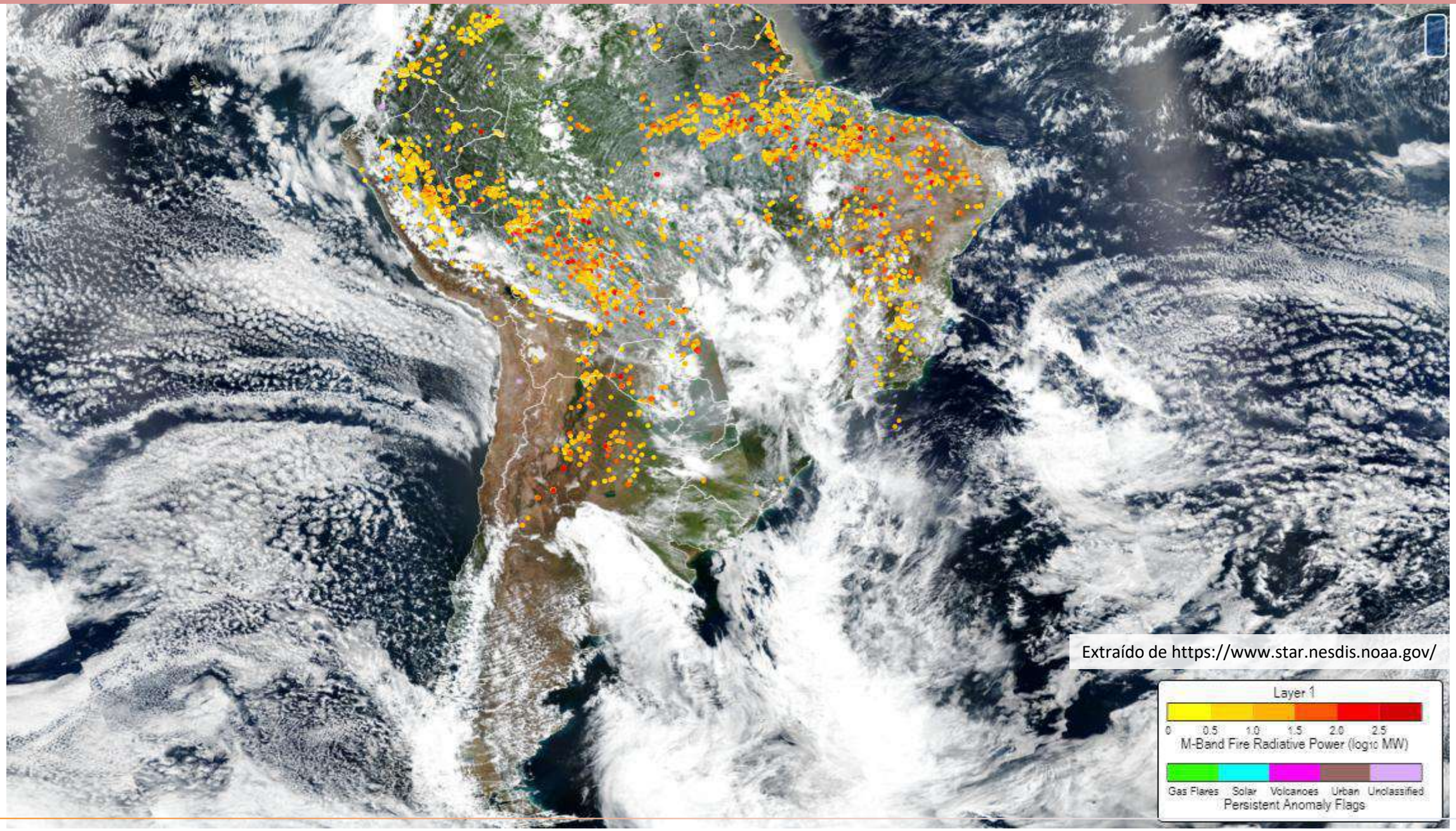

Fonte: RAMMB-CIMMS/CIRA & NOAA

# Aeroporto de CORDOBA/Argentina – 14/10/2021 às 17:00-23:00 UTC

| | |
|---|---|
| 14/10/2021 17:00 | METAR COR SACO 141700Z 06015KT 020V080 9999 FEW030 FEW045CB 28/12 Q1003 NOSIG RMK CB OBS TO S= |
| 14/10/2021 18:00 | **METAR SACO 141800Z 09012KT 040V140 8000 SCT030 FEW045CB 28/11 Q1004 BECMG 18030G40KT 5000 BLDU BKN030 FEW040CB=** |
| 14/10/2021 18:00 | **SPECI SACO 141802Z 16022G47KT 120V190 2000 DS DU FEW048 22/09 Q1006 NOSIG=** |
| 14/10/2021 18:00 | **SPECI COR SACO 141802Z 16022G47KT 190V120 2000 DS DU FEW048 22/09 Q1006 NOSIG=** |
| 14/10/2021 18:00 | **SPECI SACO 141811Z 19041G55KT 2000 BLDU BKN030 FEW045CB 17/09 Q1007 NOSIG=** |
| 14/10/2021 18:00 | **SPECI COR SACO 141811Z 19041G55KT 2000 BLDU BKN030 FEW045CB 17/09 Q1007 NOSIG=** |
| 14/10/2021 18:00 | **SPECI SACO 141841Z 19038G50KT 5000 BLDU OVC023 FEW050CB 15/08 Q1009 NOSIG=** |
| 14/10/2021 19:00 | **METAR COR SACO 141900Z 19036G47KT 5000 BLDU OVC023 FEW050CB 14/08 Q1010 NOSIG=** |
| 14/10/2021 20:00 | **METAR SACO 142000Z 18024G36KT 5000 BLDU OVC022 12/07 Q1012 NOSIG=** |
| 14/10/2021 20:00 | SPECI SACO 142027Z 18023KT 9999 OVC020 12/07 Q1012 NOSIG= |
| 14/10/2021 21:00 | METAR SACO 142100Z 18025KT 9999 OVC018 11/07 Q1013 NOSIG= |
| 14/10/2021 22:00 | METAR SACO 142200Z 19024KT 9999 FEW018 BKN048 10/04 Q1014 NOSIG= |
| 14/10/2021 23:00 | METAR SACO 142300Z 20019KT CAVOK 10/02 Q1016 BECMG 6000 -TSRA BKN015 FEW040CB OVC050= |
| 14/10/2021 23:00 | SPECI SACO 142348Z 21012KT 9000 -RA BKN048 FEW050CB 11/03 Q1018 NOSIG RMK CB OBS TO NW= |
| 14/10/2021 23:00 | SPECI COR SACO 142348Z 21012KT 9000 -RA BKN048 FEW050CB 11/03 Q1018 NOSIG RMK CB OBS TO NW= |
| 14/10/2021 23:00 | SPECI COR SACO 142348Z 21012KT 9000 -RA BKN048 FEW050CB 11/03 Q1018 NOSIG= |
| 14/10/2021 23:00 | SPECI SACO 142353Z 22012KT 9000 -TSRA BKN048 FEW050CB 10/03 Q1018 NOSIG= |
| 14/10/2021 23:00 | SPECI COR SACO 142353Z 22012KT 9000 -TSRA BKN048 FEW050CB |

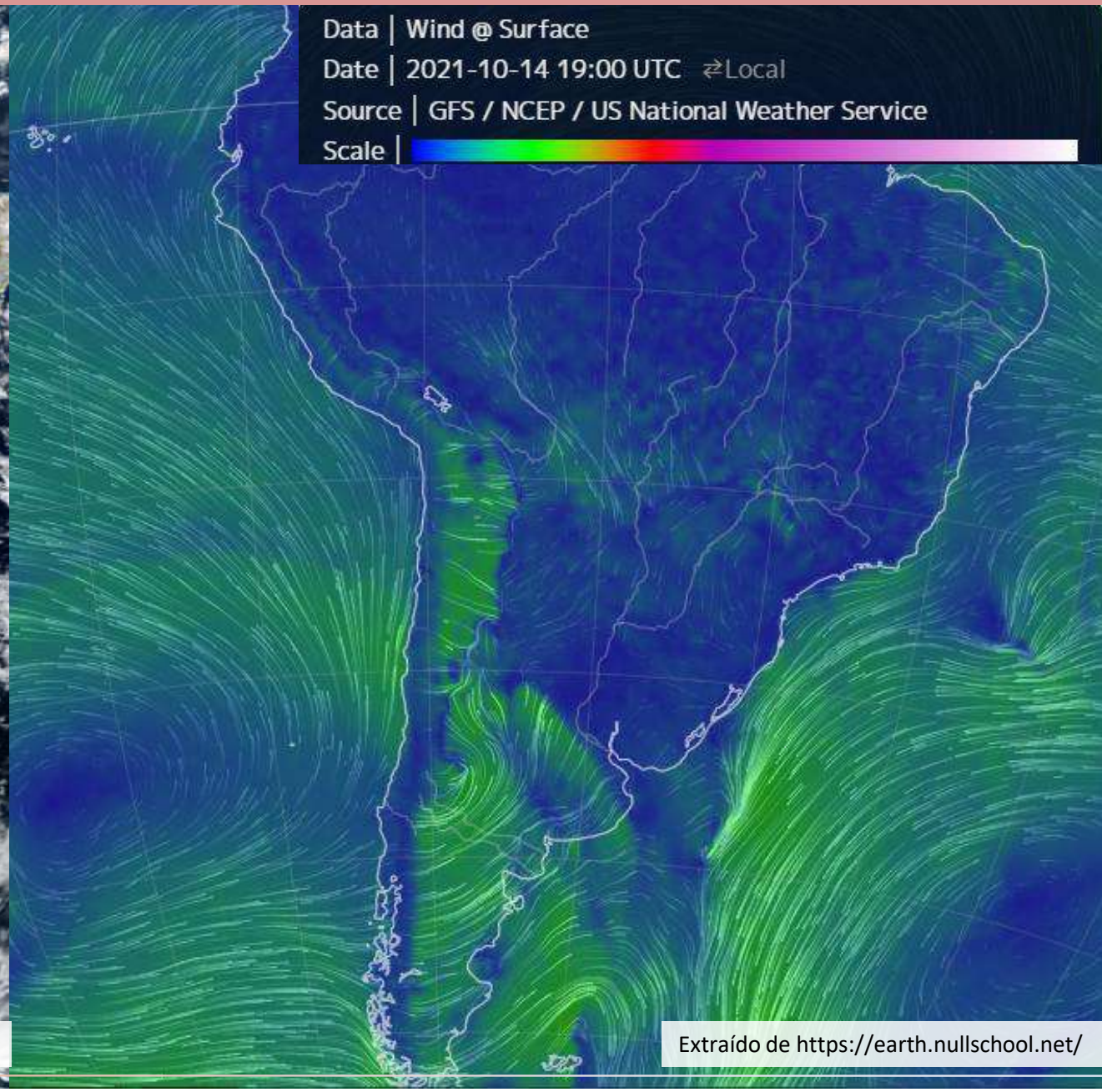
100 Km/h
TS.poeira

# Suomi NPP/JPSS RGB True Color + focos de calor – 14/10/2021



# Suomi NPP/JPSS RGB True Color /focos de calor + Modelo Meteorológico – 14/10/2021

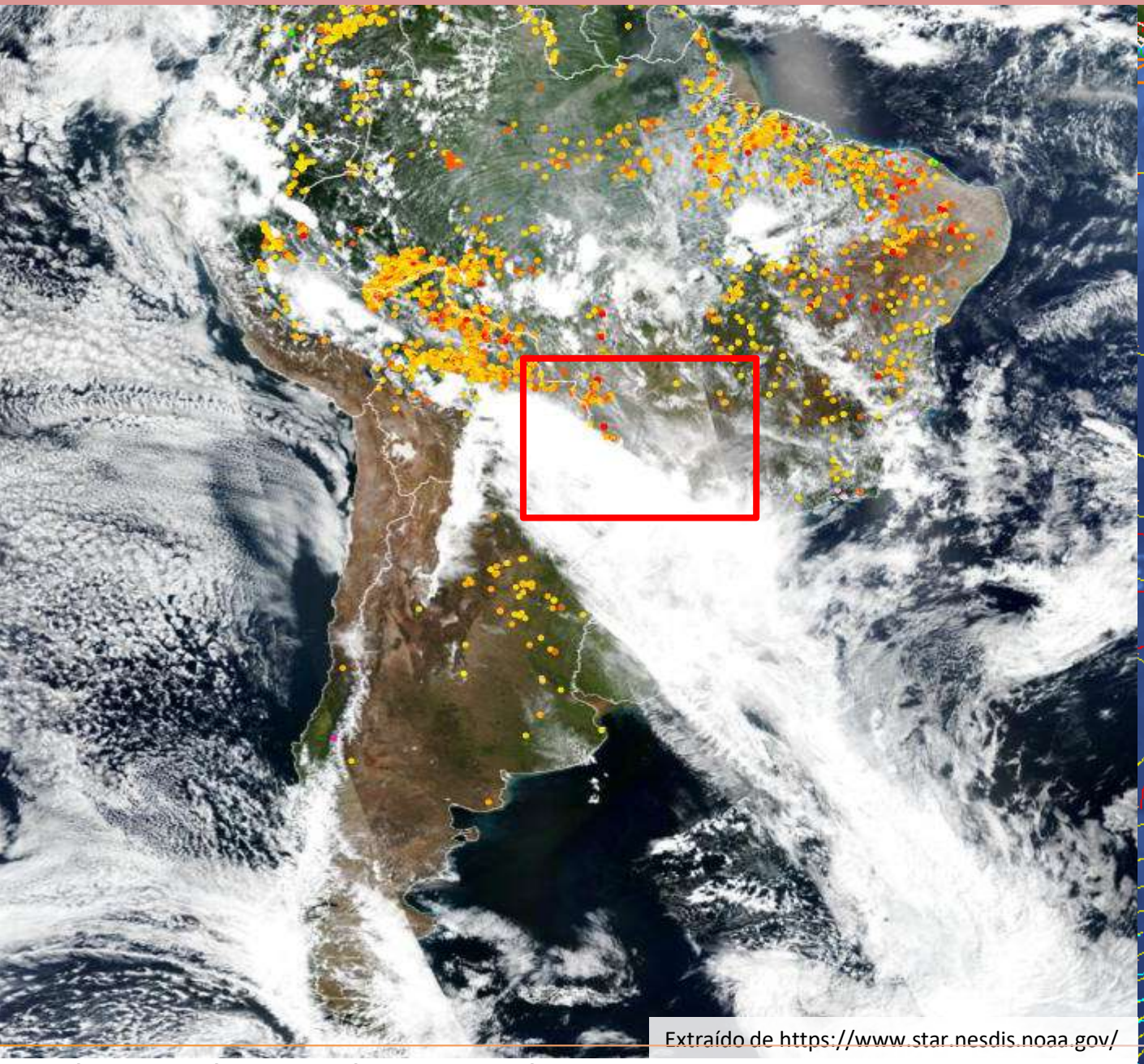
Extraído de https://www.star.nesdis.noaa.gov/



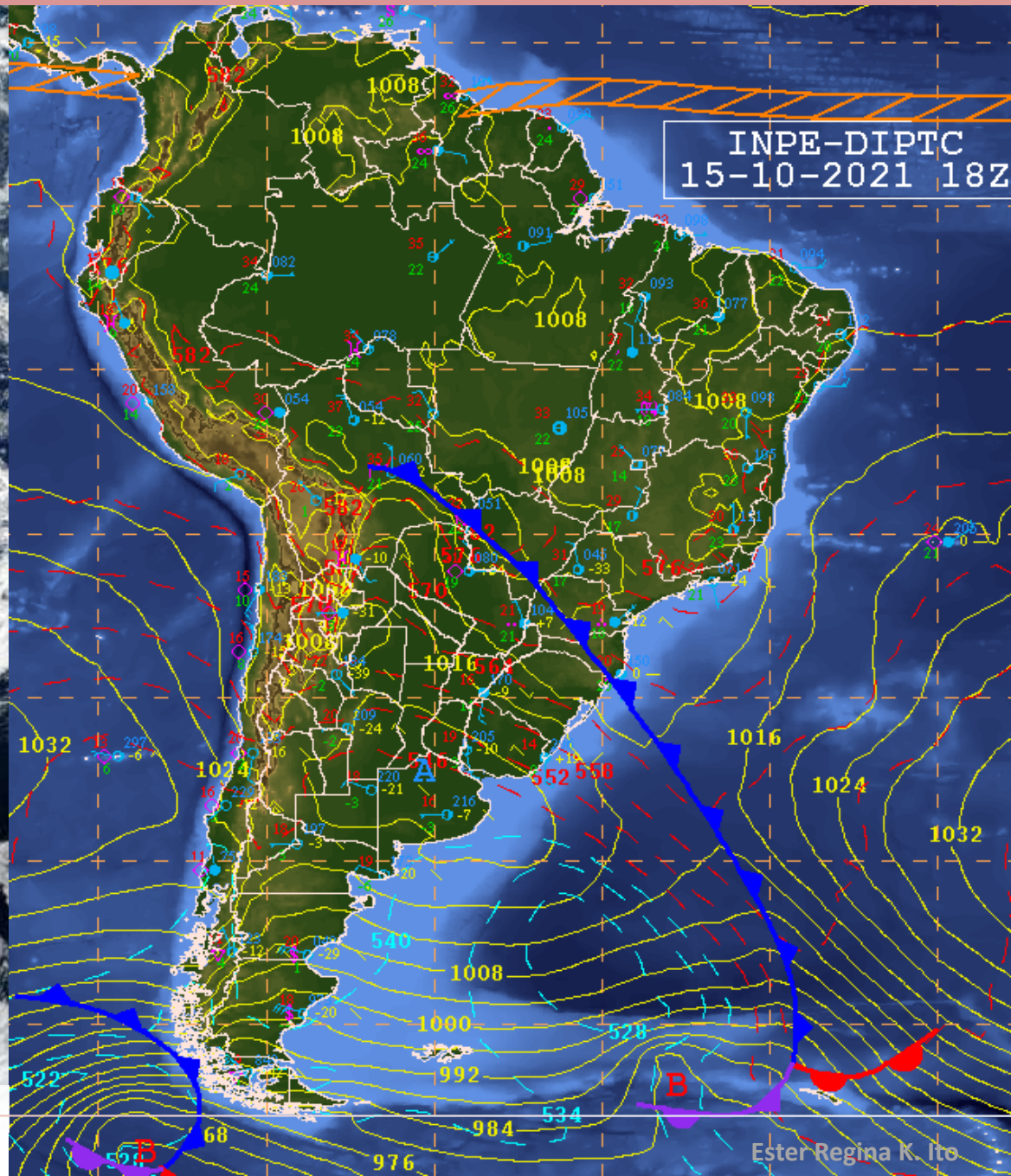

Extraído de https://earth.nullschool.net/

No dia seguinte, no Mato Grosso do Sul ....

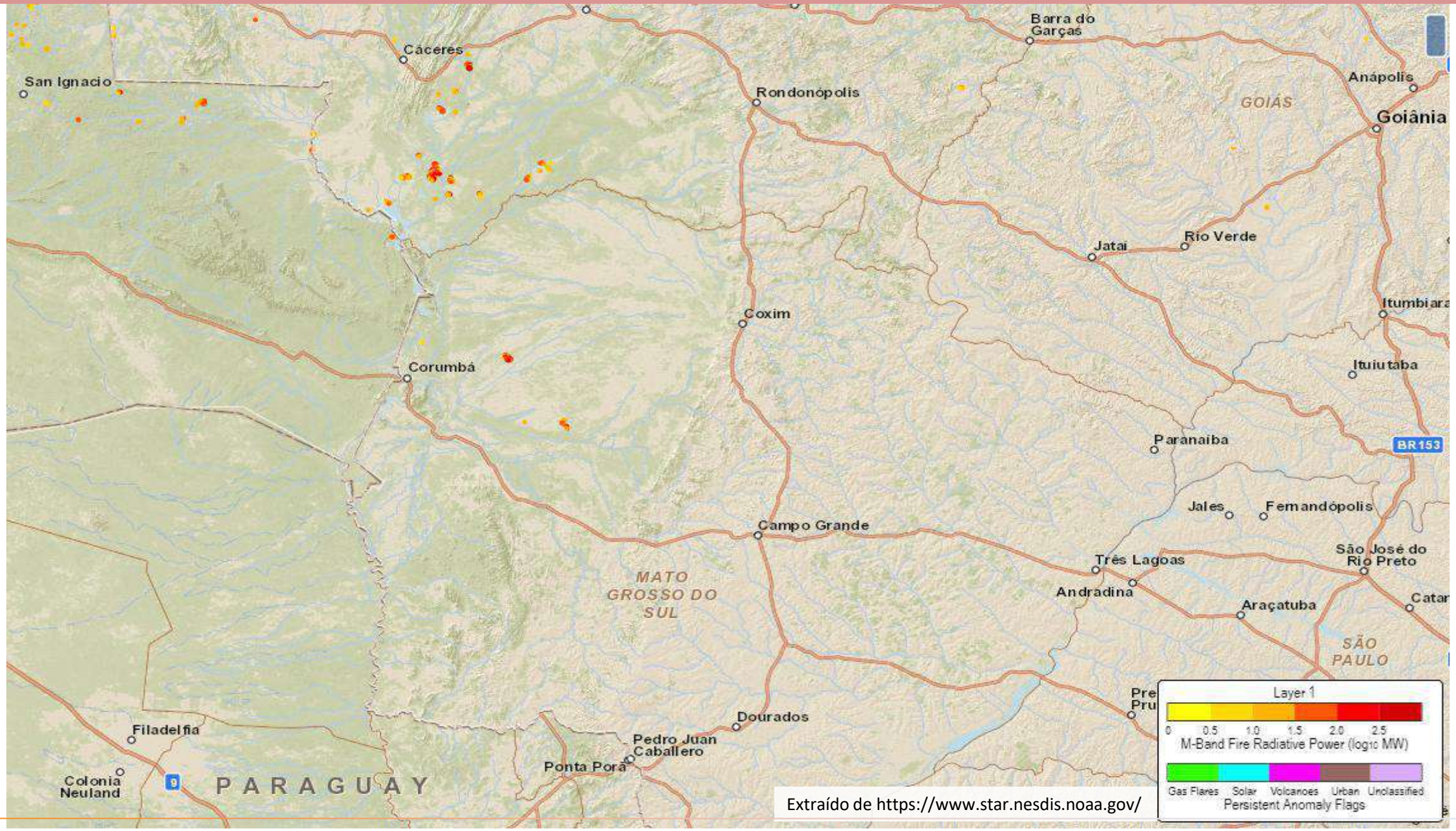
# Suomi NPP/JPSS RGB True Color/Focos de Calor + Dados de superfície – 15/10/2021



Extraído de https://www.star.nesdis.noaa.gov/

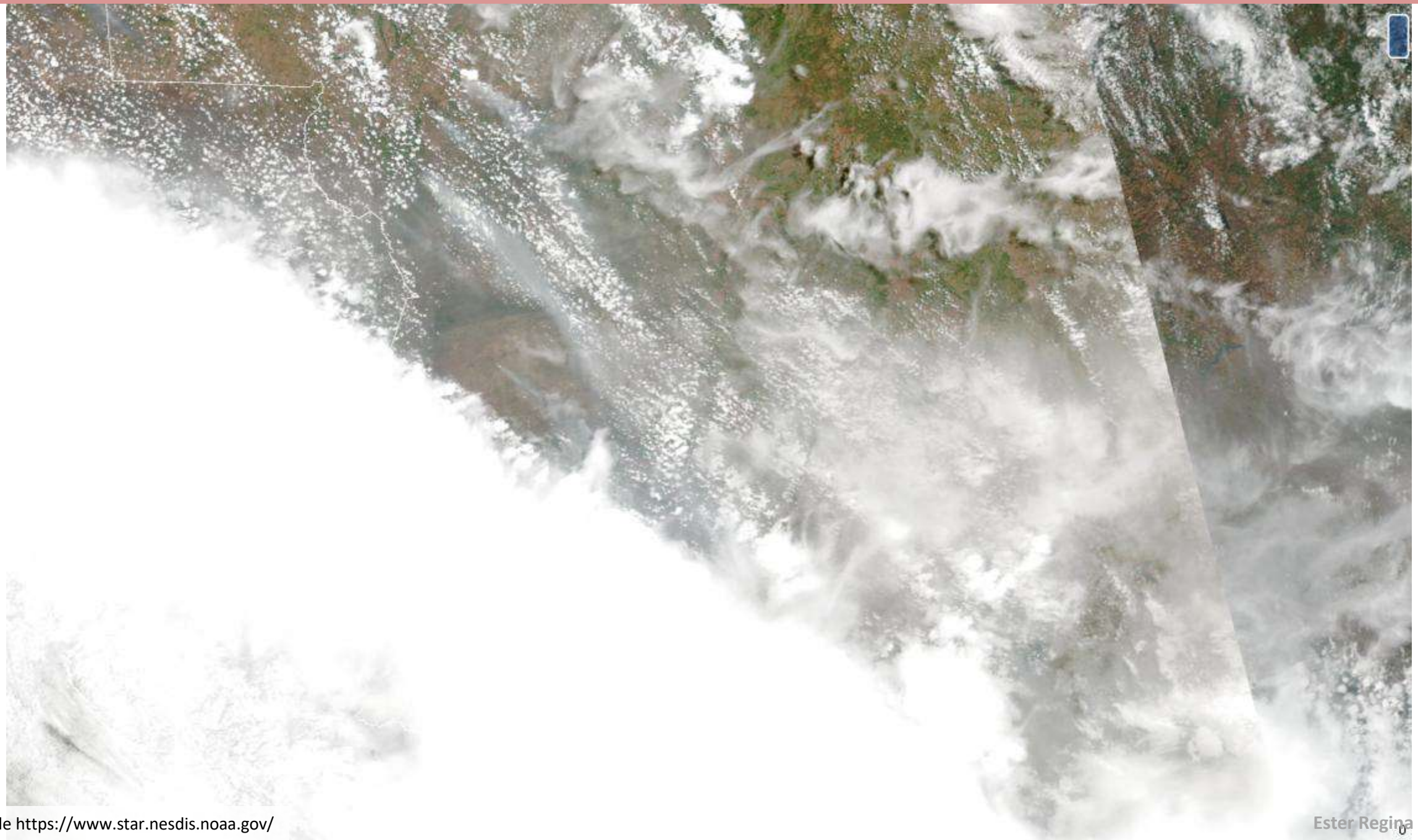


# Mapa Mato Grosso do Sul e região + Focos de Calor Suomi NPP/JPSS – 15/10/2021



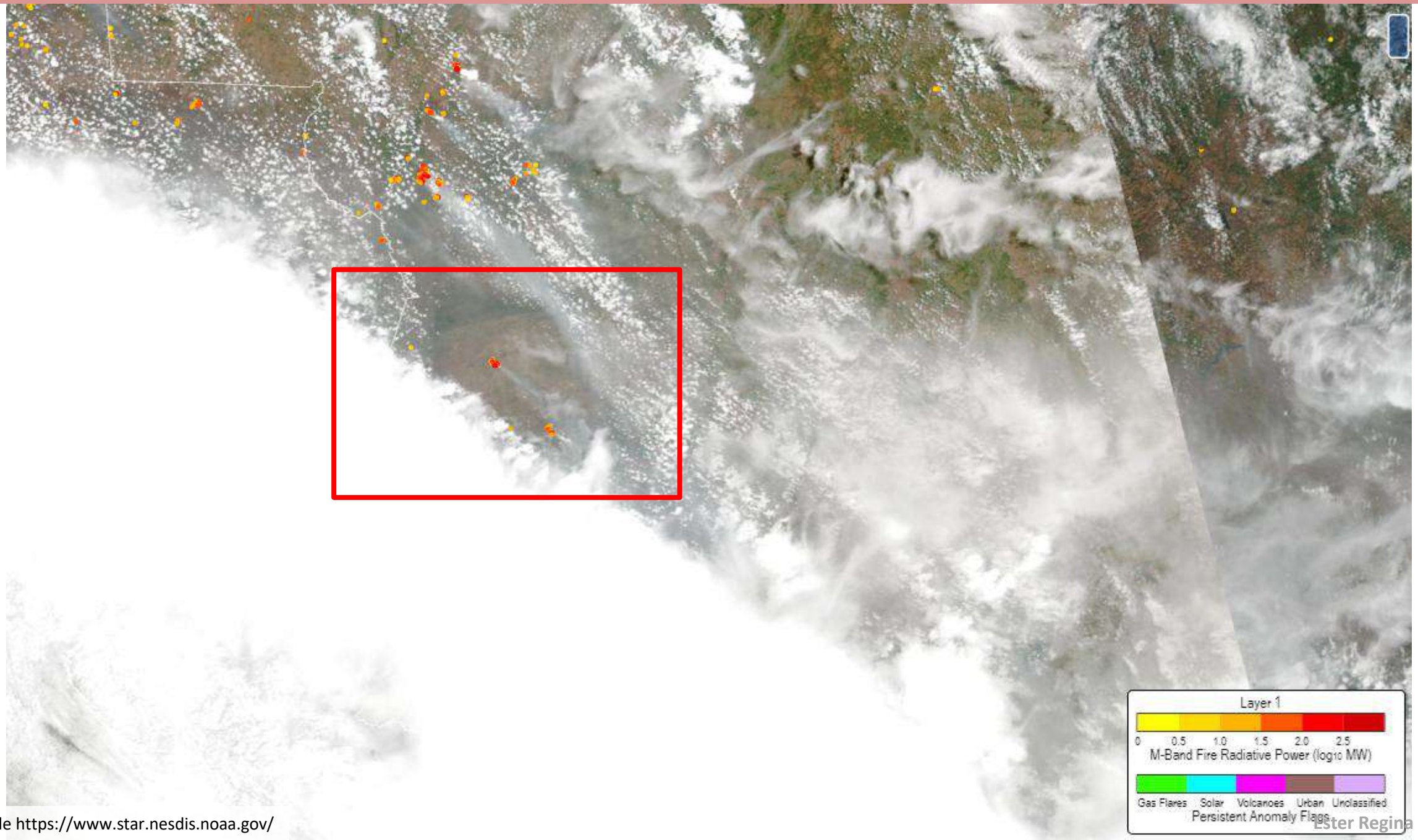

Extraído de https://www.star.nesdis.noaa.gov/

# Suomi NPP/JPSS RGB True Color – 15/10/2021



Extraído de https://www.star.nesdis.noaa.gov/

# Suomi NPP/JPSS RGB True Color + Focos de Calor – 15/10/2021




Extraído de https://www.star.nesdis.noaa.gov/

Ester Regina K. Ito

# Suomi NPP/JPSS RGB True Color + Focos de Calor – 15/10/2021

Extraído de https://www.star.nesdis.noaa.gov/

Ester Regina K. Ito

# Aeroportos de CORUMBÁ e CAMPO GRANDE/MS – 15/10/2021 às 11:00-22:00 UTC

CORUMBÁ/MS

| | |
|---|---|
| 15/10/2021 11:00 | **METAR SBCR 151100Z 06003KT 350V130 5000 FU NSC 28/22 Q1007=** |
| 15/10/2021 12:00 | METAR SBCR 151200Z 35008KT 310V020 CAVOK 32/22 Q1008= |
| 15/10/2021 13:00 | **METAR SBCR 151300Z 33014G24KT 310V010 5000 FU NSC 34/21 Q1008=** |
| 15/10/2021 14:00 | **METAR SBCR 151400Z 31014KT 280V340 5000 FU NSC 35/21 Q1007=** |
| 15/10/2021 15:00 | METAR SBCR 151500Z 31014G24KT 270V350 7000 NSC 37/21 Q1007= |
| 15/10/2021 17:00 | SPECI SBCR 151746Z 23016G27KT 240V320 1000 TSRA SCT040 FEW045CB BKN080 34/21 Q1006= |
| 15/10/2021 18:00 | METAR SBCR 151800Z 20017G31KT 150V230 6000 -TSRA SCT035 FEW040CB BKN080 27/22 Q1005 RERA= |
| 15/10/2021 18:00 | SPECI SBCR 151832Z 20021**G37KT** 160V240 5000 -RA FEW015 FEW035TCU SCT060 BKN080 24/22 Q1006 RETS= |
| 15/10/2021 18:00 | SPECI SBCR 151846Z 21022G34KT 170V240 5000 -TSRA FEW010 FEW030CB BKN080 24/22 Q1007 RERA= |
| 15/10/2021 19:00 | METAR SBCR 151900Z 21024**G37KT** 5000 -TSRA FEW008 FEW030CB SCT055 BKN080 23/22 Q1007= |
| 15/10/2021 20:00 | METAR SBCR 152000Z 21020G33KT 5000 -TSRA FEW007 FEW030CB BKN070 23/21 Q1008= |
| 15/10/2021 20:00 | SPECI SBCR 152038Z 23019G30KT 5000 -TSRA BR BKN007 FEW030CB BKN080 23/21 Q1010= |
| 15/10/2021 21:00 | METAR SBCR 152100Z 23013G23KT 200V270 5000 -TSRA BR SCT008 FEW030CB OVC070 23/21 Q1010= |

45 Km/h
Fumaça

CAMPO GRANDE/MS

| | |
|---|---|
| 15/10/2021 18:00 | SPECI SBCG 151806Z 30015KT 270V330 7000 TS BKN045 FEW050CB 33/20 Q1008= |
| 15/10/2021 18:00 | **SPECI SBCG 151849Z 20029G46KT 170V260 0100 DU VV008 25/16 Q1011 RETS=** |
| 15/10/2021 18:00 | **SPECI COR SBCG 151849Z 20029G46KT 170V260 1000 DU VV008 25/16 Q1011 RETS=** |
| 15/10/2021 19:00 | **METAR COR SBCG 151900Z 18030G51KT 150V230 0800 R06/P2000N R24/P2000N DU VV008 22/16 Q1011 RETS=** |
| 15/10/2021 19:00 | SPECI SBCG 151920Z 17023G36KT 4000 TSRA BKN008 BKN020 FEW050CB 18/17 Q1013= |
| 15/10/2021 20:00 | METAR SBCG 152000Z 17020G30KT 9999 -TSRA BKN008 BKN011 FEW050CB 19/17 Q1012 RERA WS R24= |
| 15/10/2021 21:00 | METAR SBCG 152100Z 16016KT 120V180 9999 VCTS BKN011 SCT045 FEW050CB 19/17 Q1013 RETS WS R24= |
| 15/10/2021 22:00 | METAR SBCG 152200Z 14010KT 9000 -RA VCTS BKN013 BKN045 FEW050CB 19/17 Q1013= |

95 Km/h
Poeira

Ester Regina K. Ito

# Notícias da Imprensa – 15/10/2021

g1.globo.com/ms/mato-grosso-do-sul/noticia/2021/10/15/dia-vira-noite-com-temporal-de-poeira-em-campo-grande-nesta-sexta-veja-videos.ghtml

ge | gshow | vídeos  ASSINE JÁ  MINH

g1  MATO GROSSO DO SUL  MORENA

## Dia 'vira noite' com temporal de poeira que encobriu várias cidades em MS; veja vídeos e fotos

Outras cidades do estado também sofreram com a chuva e o vendaval. A poeira cobriu cidades e provocou acidentes de trânsito e destelhamentos nos municípios.

**Por José Câmara, João Pedro Godoy, Débora Ricalde e Anderson Viegas, g1 MS**

15/10/2021 16h25 · Atualizado há um mês

Fonte: G1 Morena

exame.com/brasil/barco-naufraga-no-pantanal-e-deixa-6-mortos-apos-tempestade-de-areia/

A página inicial está de cara nova

exame.

VÍDEOS  INVEST  ACADEMY

Home → Brasil → Vendaval deixa pelo menos 6 mortos em naufrágio no Pantanal

BRASIL

## Vendaval deixa pelo menos 6 mortos em naufrágio no Pantanal

Em Campo Grande, rajadas de vento de até 100km/h estão previstas para este sábado. Ontem, uma tempestade de areia atingiu a capital do Mato Grosso do Sul

Por **Matheus Doliveira**
Publicado em: 16/10/2021 às 12h28
Alterado em: 16/10/2021 às 12h32
Tempo de leitura: **2 min**

Fonte: Exame.

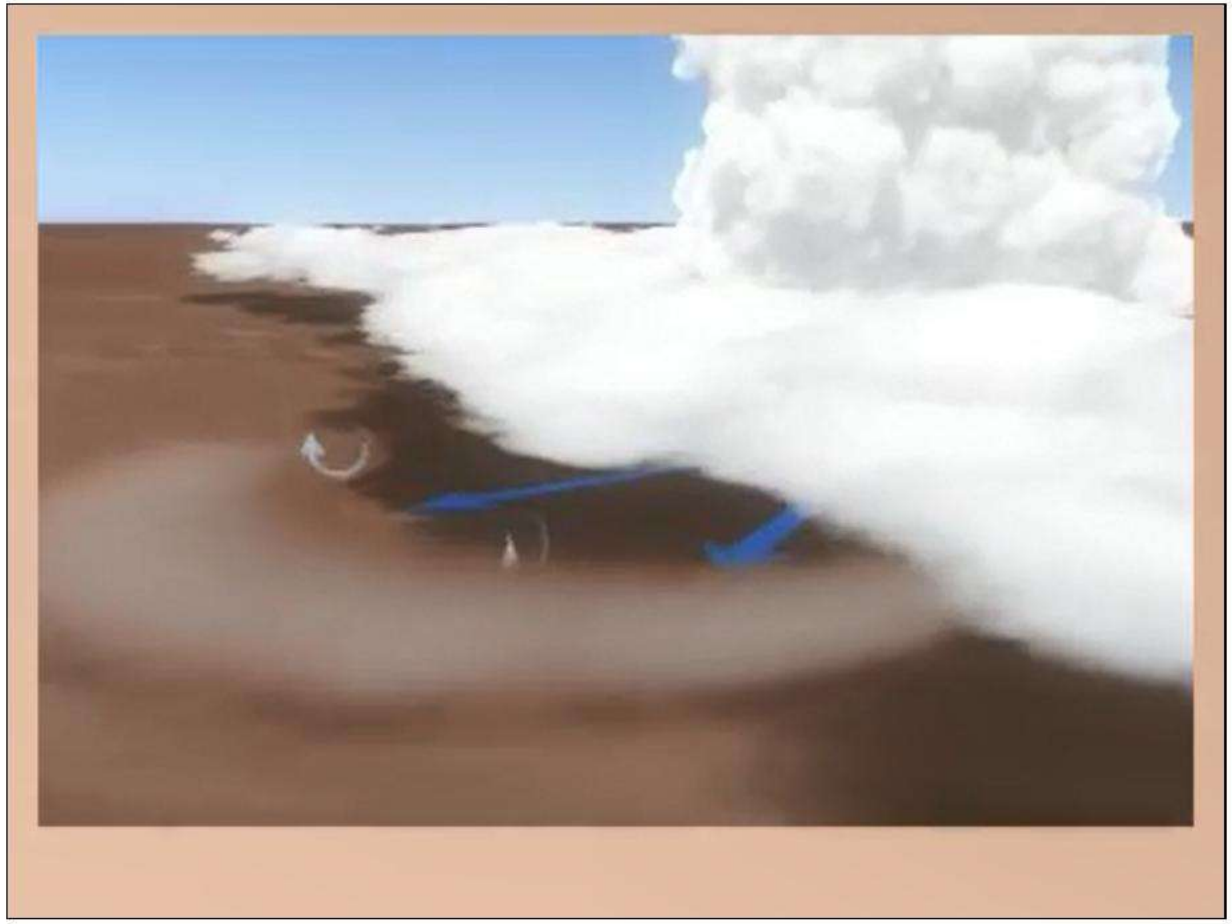
Foto: Instituto Homem Pantaneiro – IHP
Extraído do site BBC News, acesso em 26/11/2021

# Tempestade de poeira e fumaça 15/10/2021

Campo Grande (Twitter/Divulgação)
Extraído do site Exame.com, acesso em 26/11/2021

Foto: Chico Ribeiro
http://www.ms.gov.br/defesa-civil-faz-levantamento-de-estragos-causados-por-tempestade-de-poeira-e-vendaval-nos-municipios-de-ms/
acesso em 26/11/2021

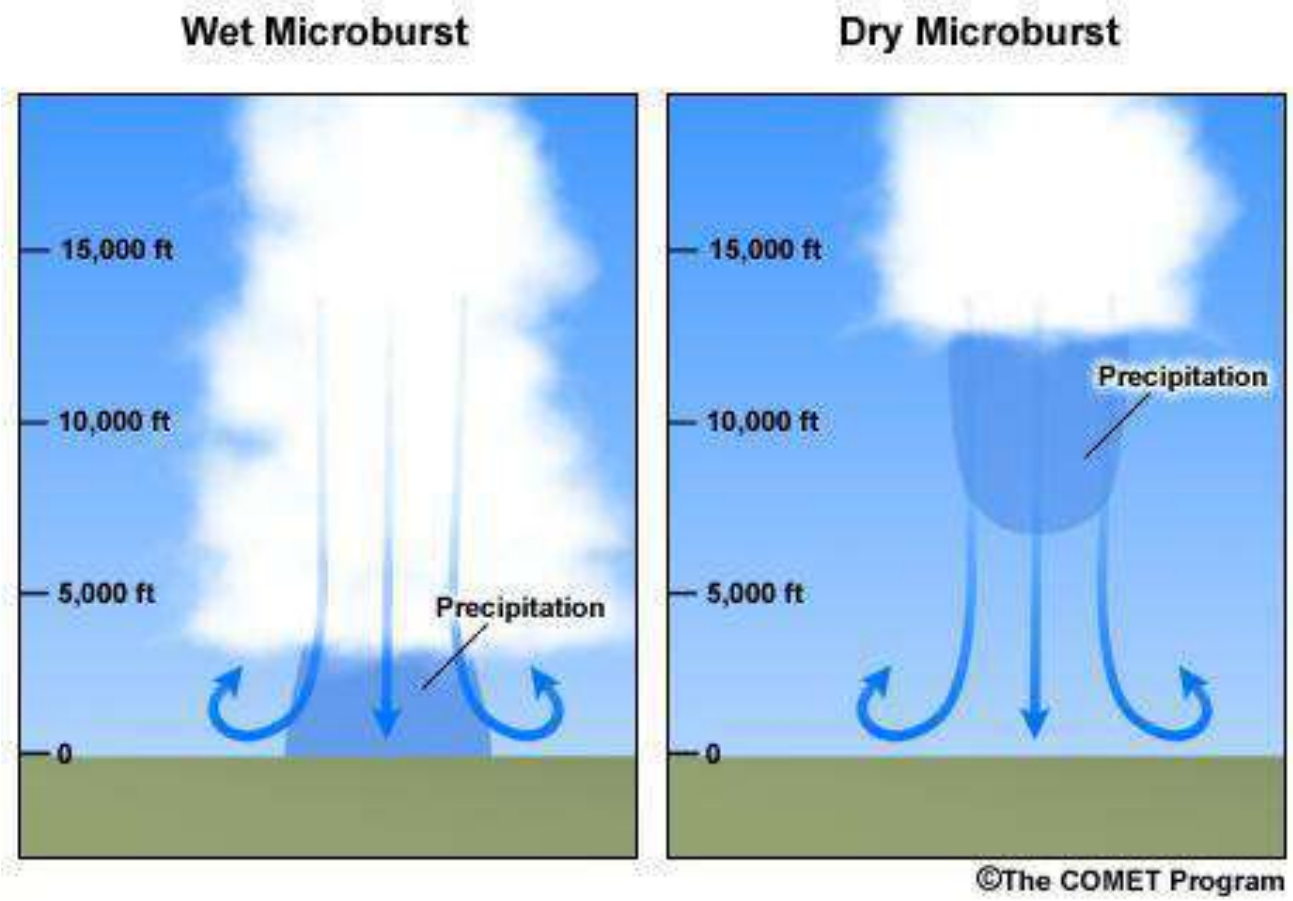
# Como ocorre a tempestade de areia?



Extraída de “Lesson: Tropical Severe Local Storms”
Comet MetEd / UCAR

Modelo conceitual da formação de uma tempestade de areia a partir de correntes descendentes de uma tempestade convectiva.

# Como ocorre a tempestade de areia?

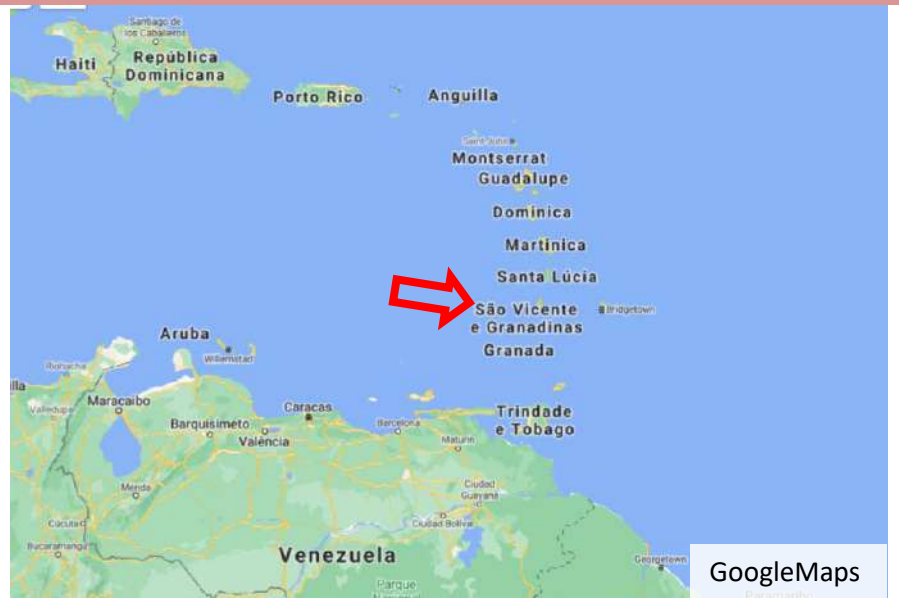



Extraída de "Lesson: Tropical Severe Local Storms" Comet MetEd / UCAR

Modelo conceitual da formação de uma tempestade de areia a partir de correntes descendentes de uma tempestade convectiva.

Região do Caribe, em abril de 2021 ...

# Impacto da Erupção Vulcão La Soufrière no Caribe – 09/04/2021




PAHO Pan American Health Organization World Health Organization Americas

## St. Vincent and the Grenadines

**La Soufriere Volcano**

**Donor Alert #1**
10 April 2021

| | |
|---|---|
| 20,000+ | People living in the volcano red zone |
| 4,500 | Evacuated[1] |
| 3,950 | People w/o shelter accomodation |

### Health Sector Impact

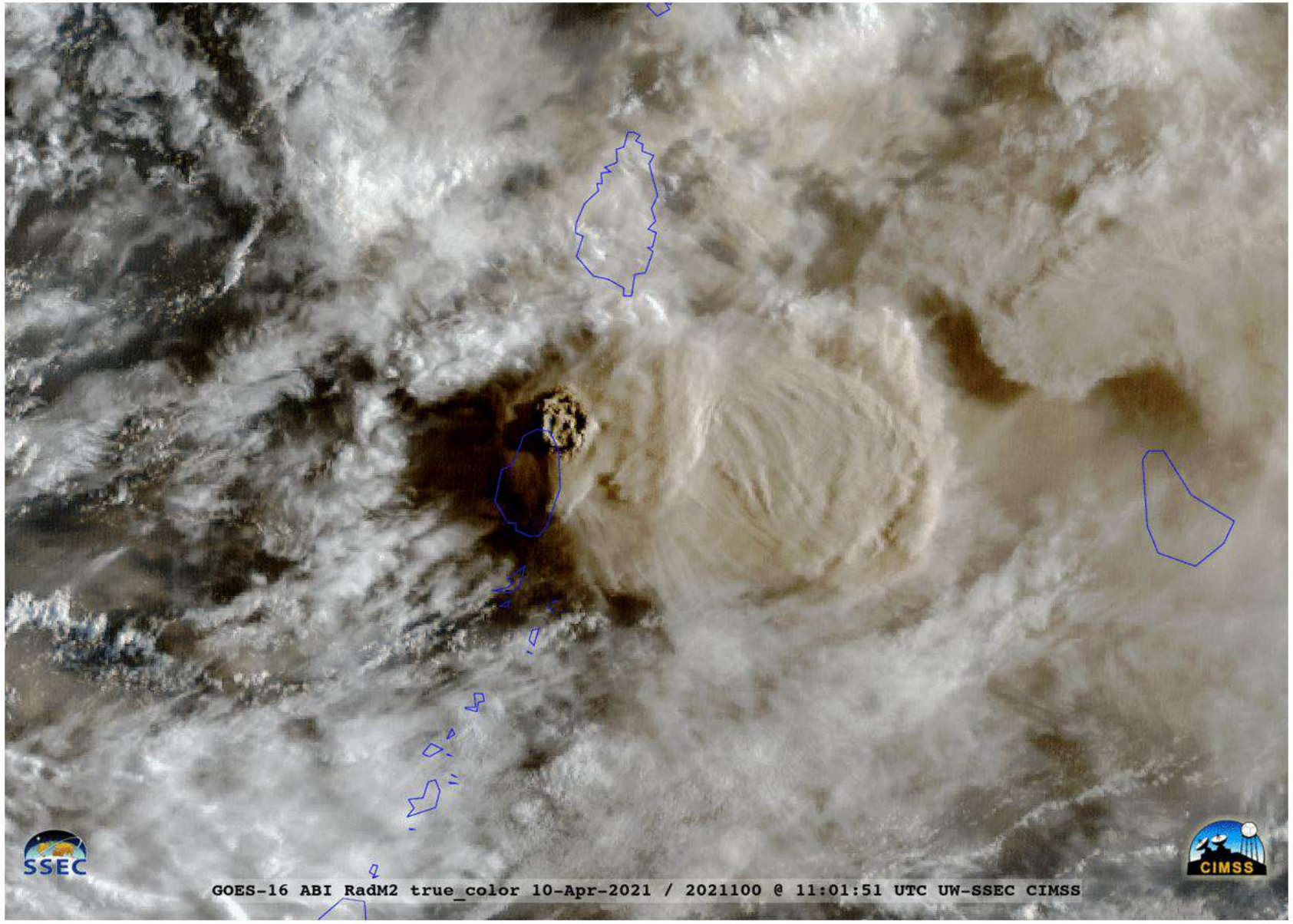
| | |
|---|---|
| 40% | Percentage of hospitals located in the red and orange zones |
| 2 | Hospitals evacuated |
| 1591,85 | COVID-19 Cumulative Incidence Rate (per 100,000) |
| 0.57% | COVID-19 Case Fatality Rate |

### Highlights

- La Soufriere volcano, located in Saint Vincent and the Grenadines (VCT), has been active since 29 December, 2020. The volcanic activity started with effusive eruption, formation of a volcanic dome, as well as changes to crater lake and seismic events. The activity rapidly increased on 8 April 2021 at 3:00 am, local time.
- On 8 April 2021 at 4:00 pm, the Prime Minister issued an order to evacuate the volcano red zone (over 20,000 individuals) due to an imminent explosive eruption. On 9 April, evacuations of the orange zone started as the volcano entered in a phase of active explosive eruptions.
- The National Emergency Management Organization (NEMO) of VCT has rapidly activated a network of 76 emergency shelters. However, due to community spread

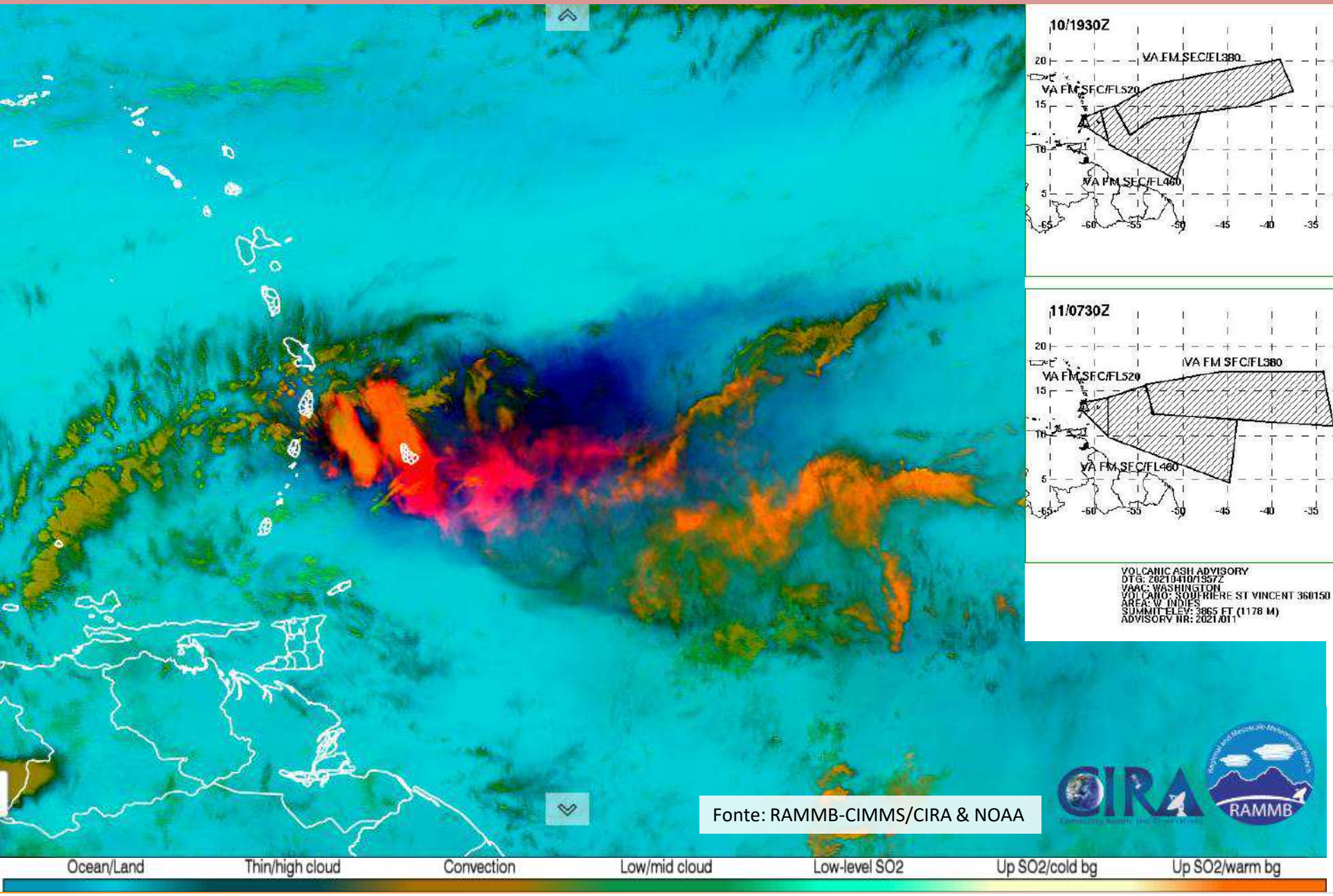
09/04/2021 (AP Photo/Orvil Samuel), extraído de weather.com, acesso em 26/11/2021)

# Goes16 RGB True Color: Erupção do Vulcão La Soufrière no Caribe – 10/04/2021 10:30-11:30 UTC

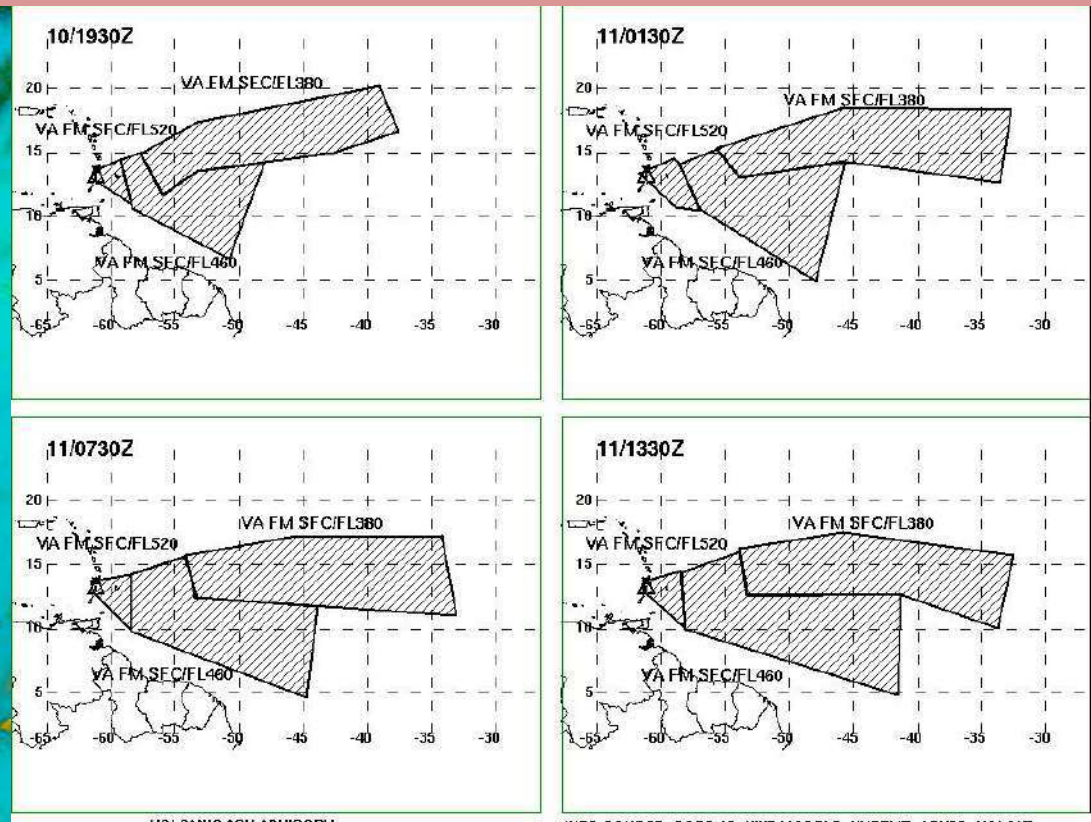



Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies (CIMSS)
Space Science and Engineering Center (SSEC)
University of Wisconsin-Madison (UW-Madison)

# Goes16 RGB SO2 11/04/2021 01:00 UTC + Aviso VAAC 10-11/04/2021




Fonte: RAMMB-CIMMS/CIRA & NOAA

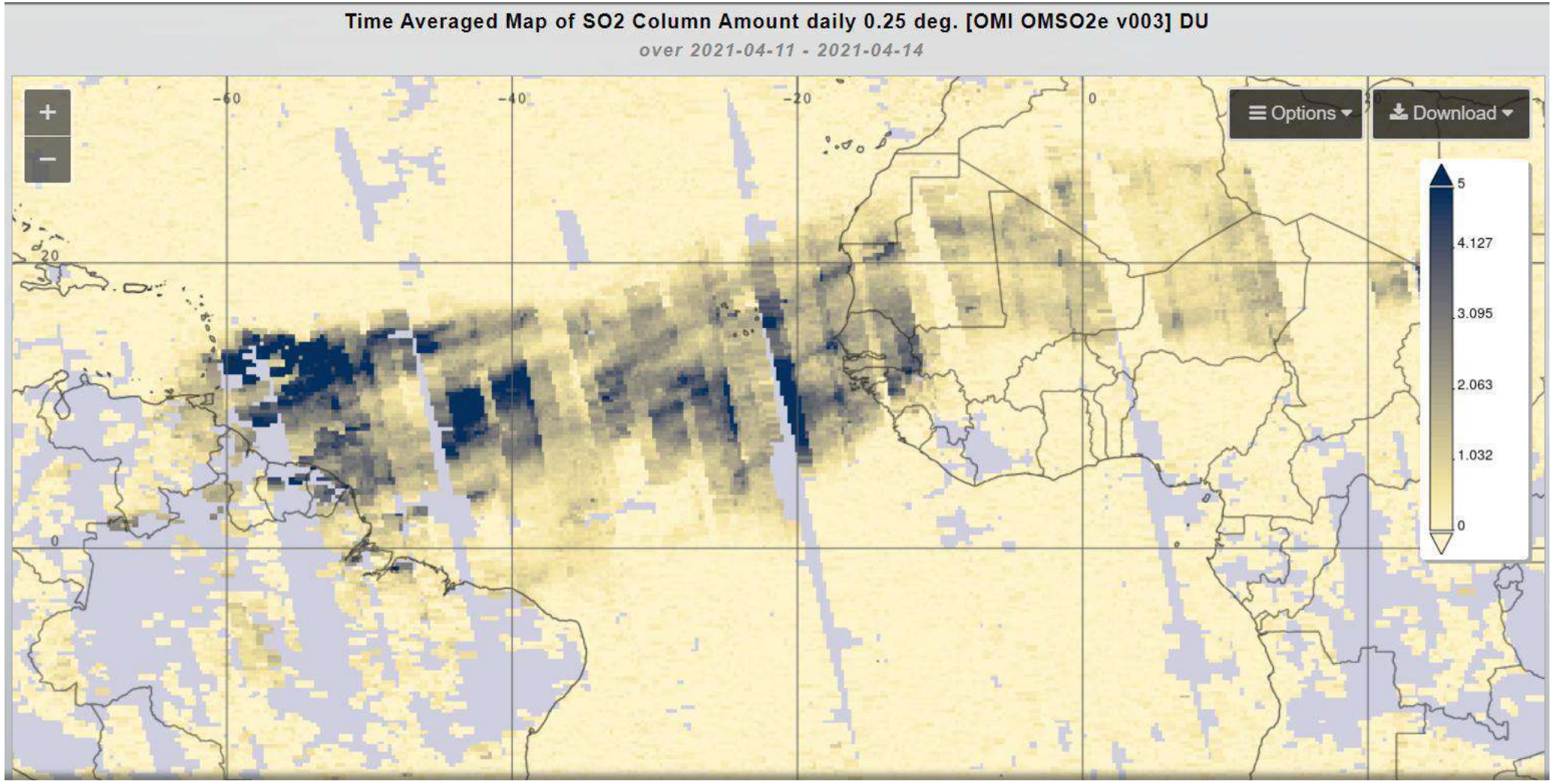



VOLCANIC ASH ADVISORY
DTG: 20210410/1957Z
VAAC: WASHINGTON
VOLCANO: SOUFRIERE ST VINCENT 360150
AREA: W INDIES
SUMMIT ELEV: 3865 FT (1178 M)
ADVISORY NR: 2021/011

INFO SOURCE: GOES-16. NWP MODELS. HYSPLIT. ASH3D. VOLCAT. RADIOSONDE.
ERUPTION DETAILS: ONGOING EXPLOSIVE EMS.
RMK: FRQ EXPLOSIVE EMS LOFTING VA TO FL520 NEAR SUMMIT REGION. DOWNSTREAM VA AND GASES EXTD TO PERHAPS 1300 NM ESPECIALLY ENE BEFORE BECOMING DIFFUSE. VAA 6-18 HR FCST ASSUMES CONT ACT. ...LEE
NXT ADVISORY: WILL BE ISSUED BY 20210411/0200Z

Volcanic Ash Advisory Centers (VAAC)
International Civil Aviation Organization (ICAO)

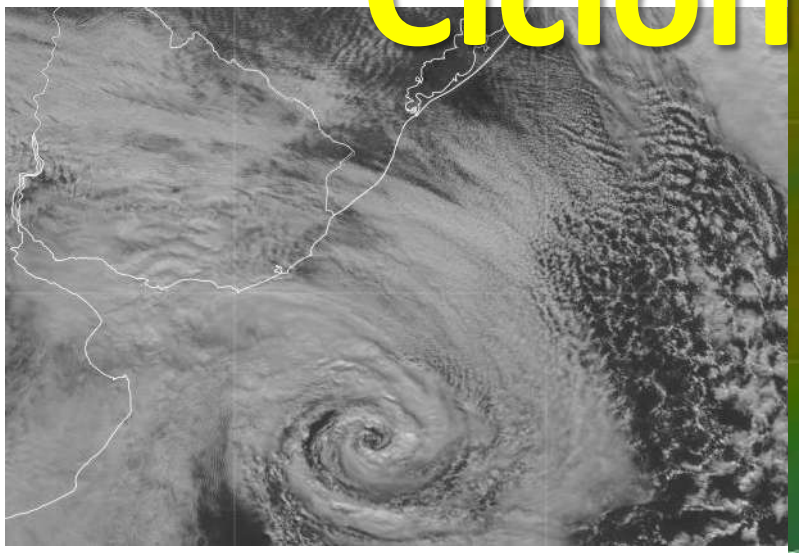
# Emissão SO2 Vulcão Soufrierè – 11-14/04/2021

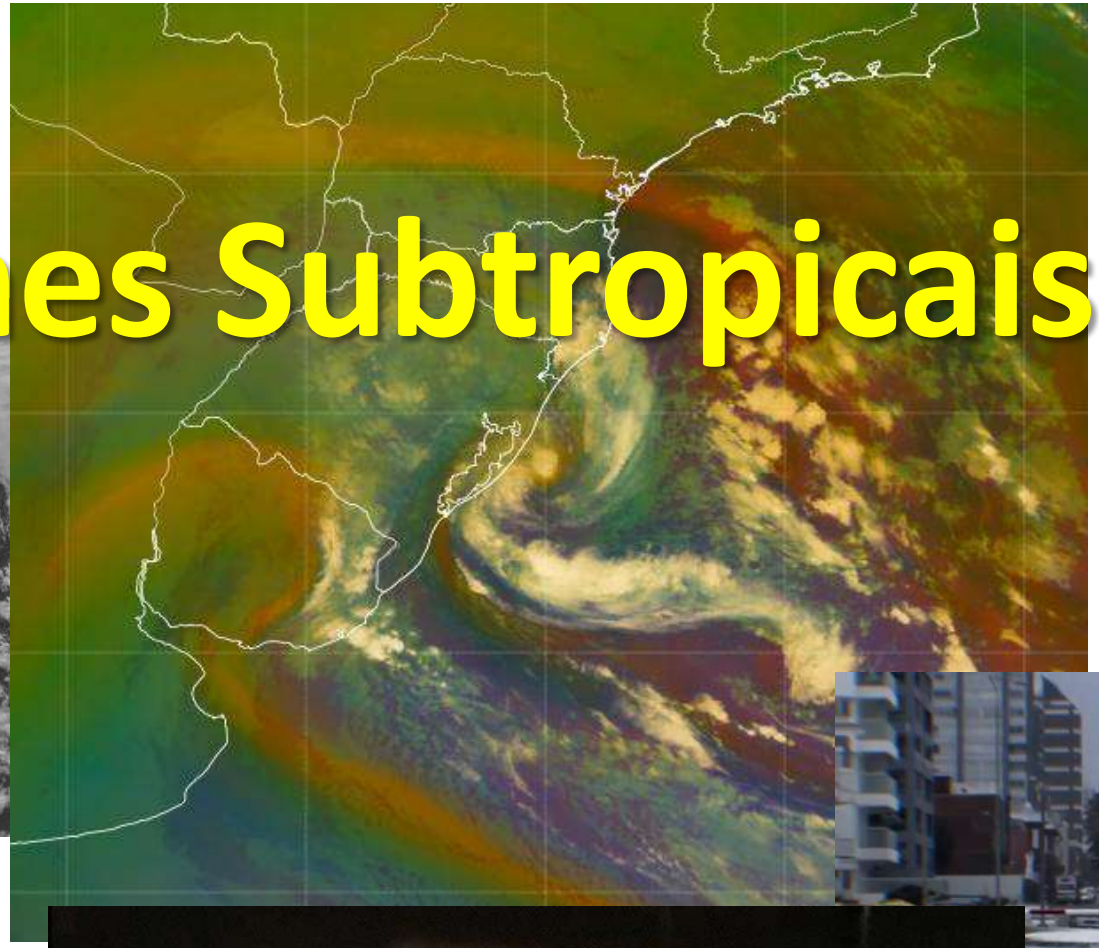


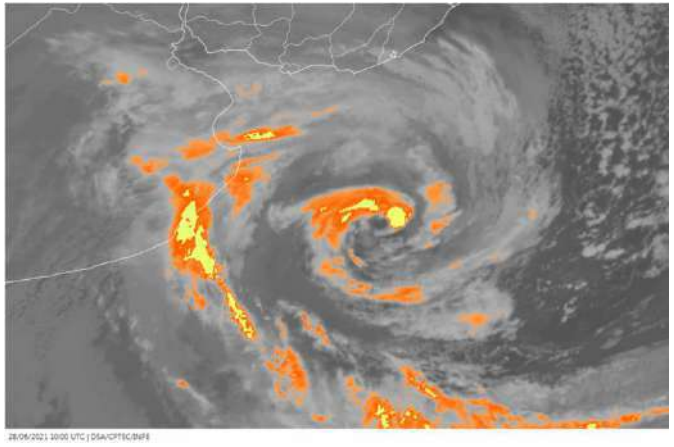

Fonte: NASA - GIOVANNI

De volta à América do Sul, no inverno 2021 ...

# Ciclones Subtropicais





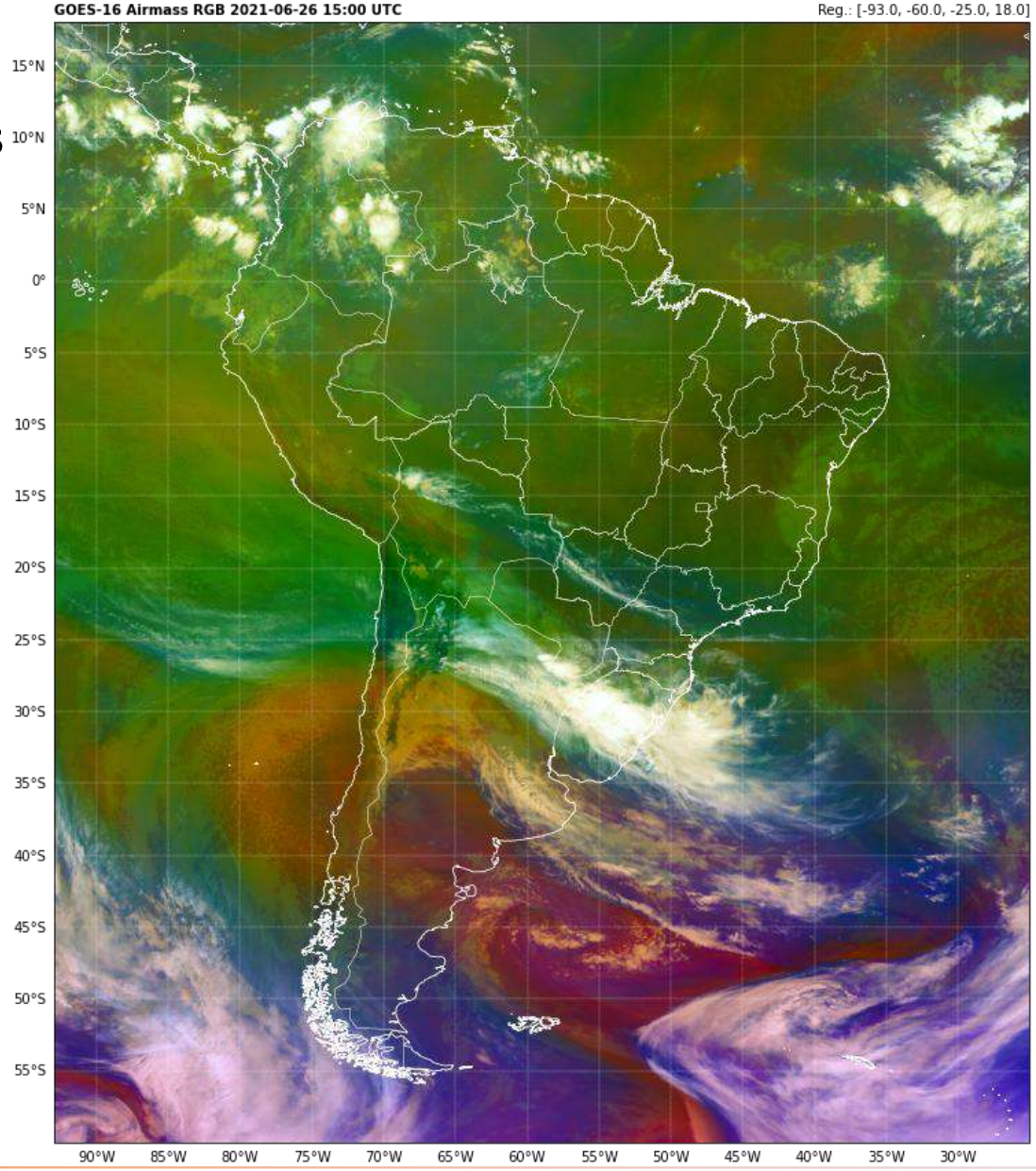


*Fotos: imagens Fantástico/TV Globo*

# Frontogênese / Ciclogênese

**GOES-Leste - RGB Airmass**

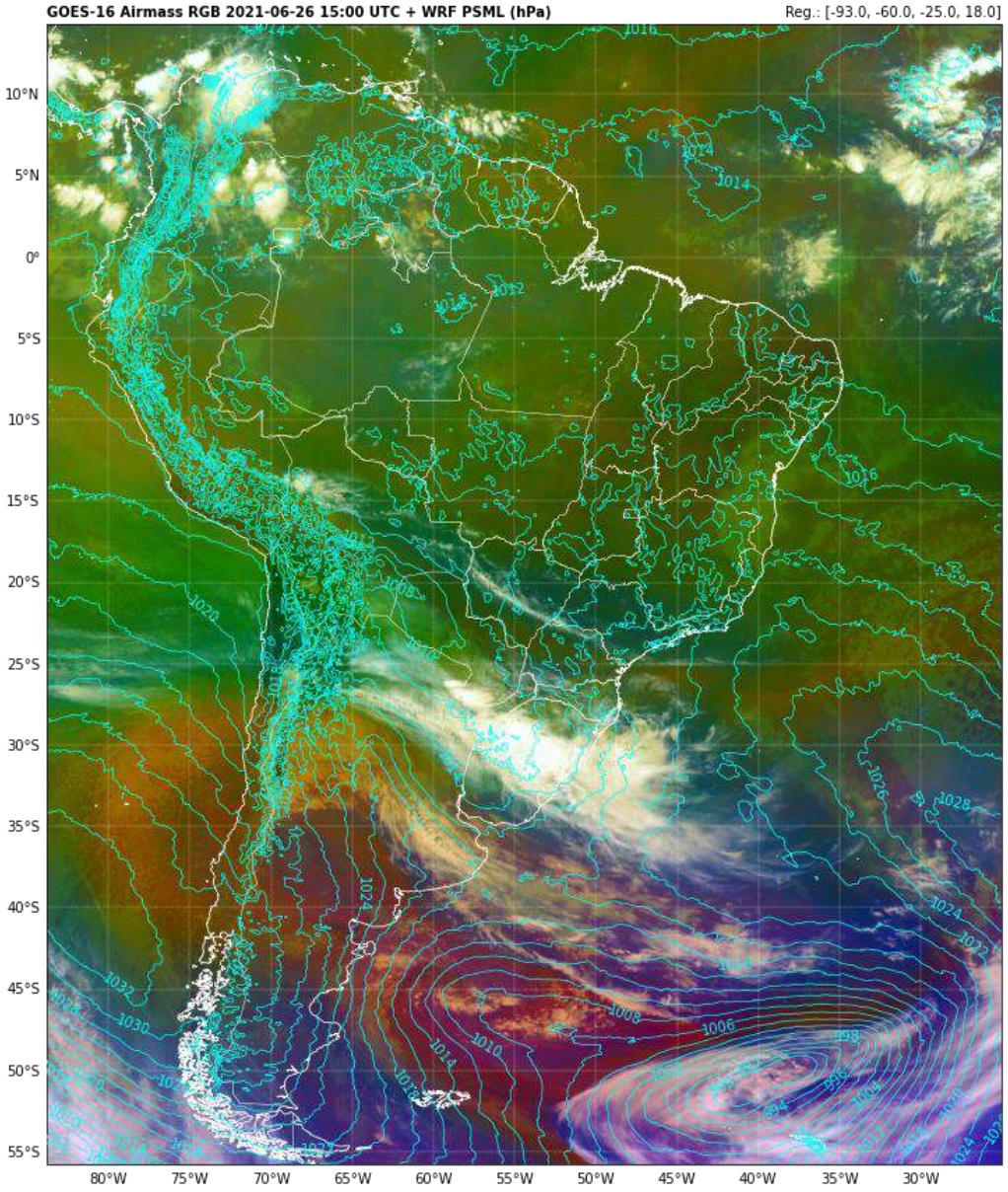
**26/06/2021 15:00UTC**



# Frontogênese / Ciclogênese

**GOES-Leste - RGB Airmass**
**WRF PMSL**

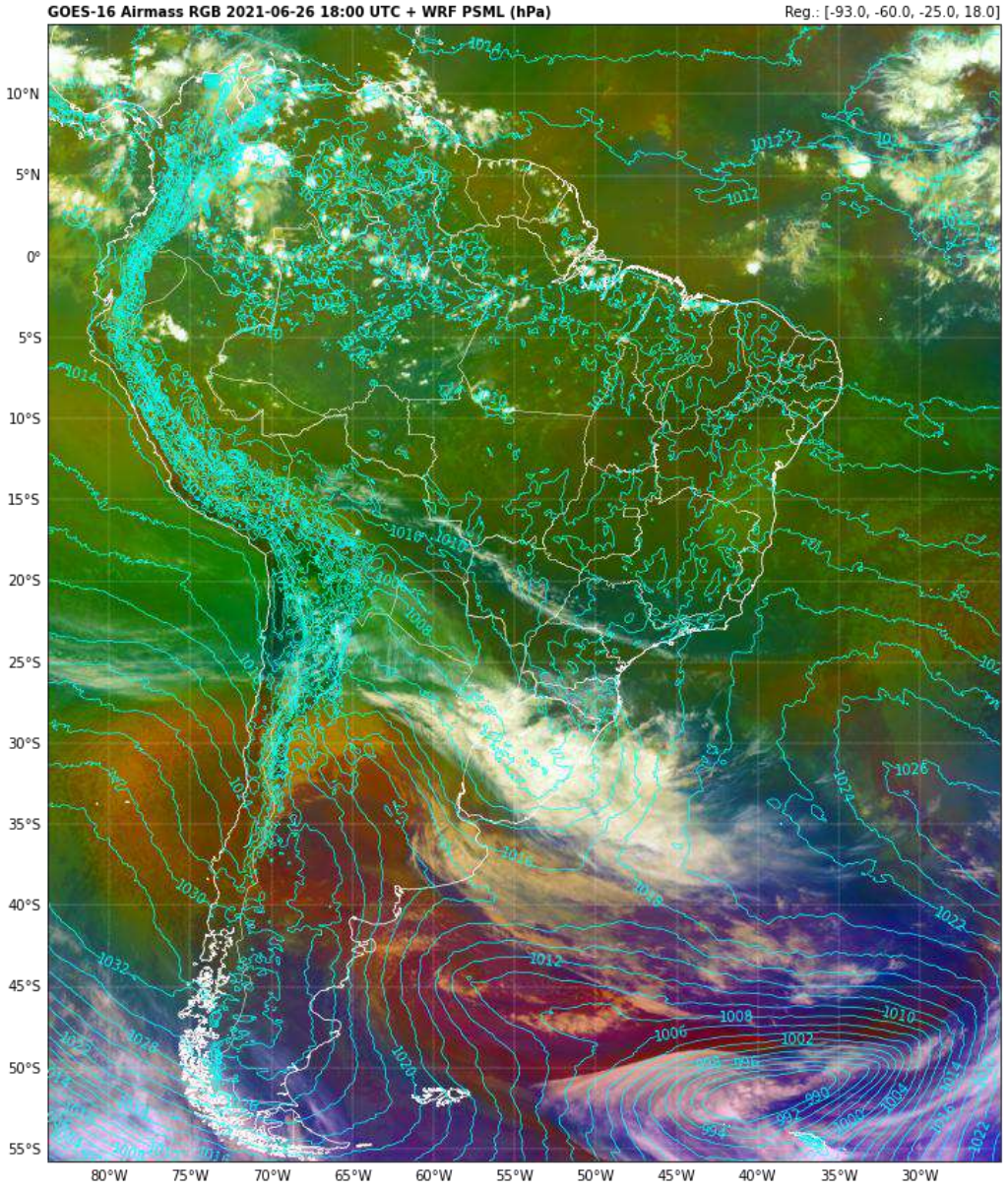
**26/06/2021 15:00UTC**



# Frontogênese / Ciclogênese

**GOES-Leste - RGB Airmass**
**WRF PMSL**

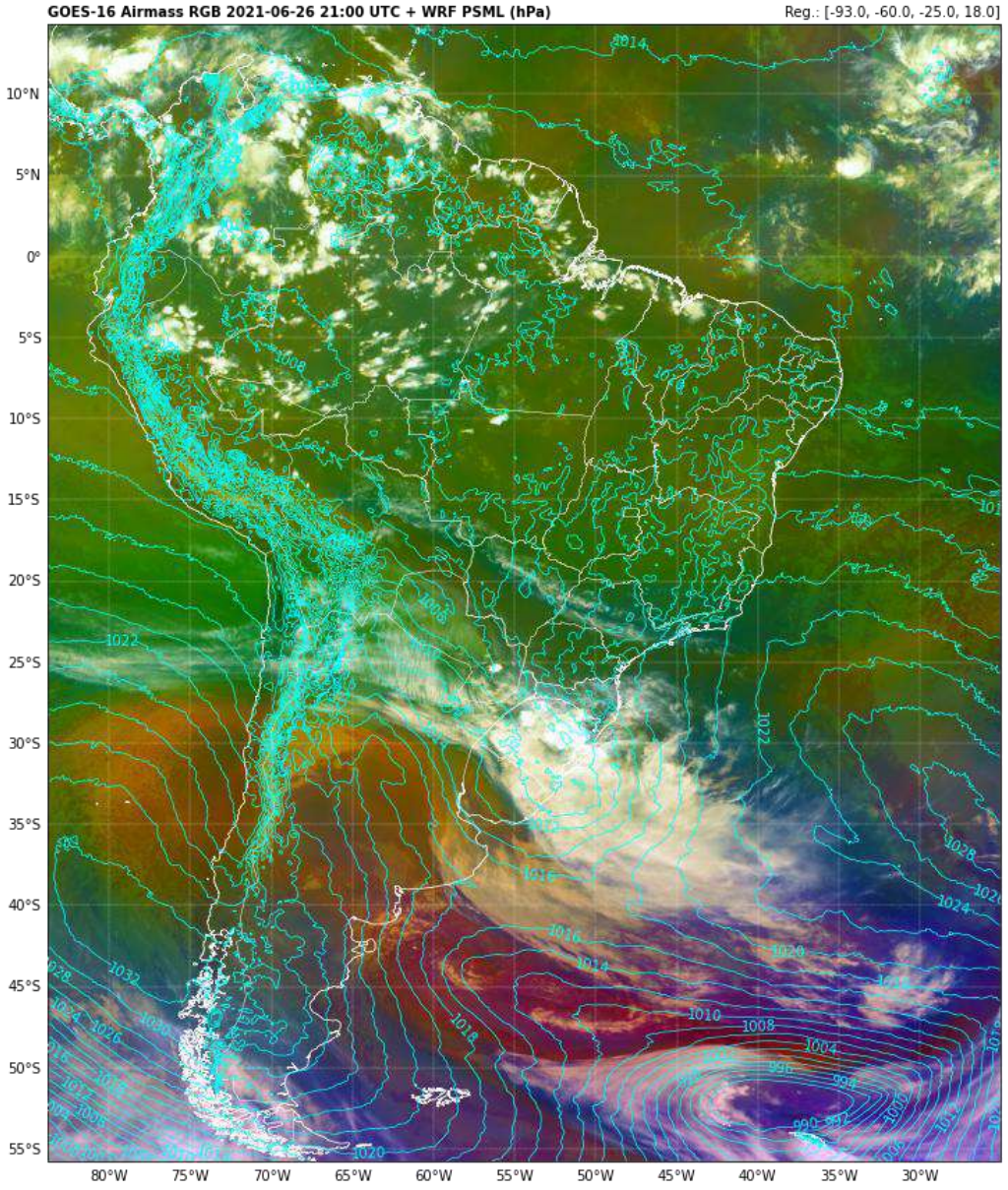
**26/06/2021 18:00UTC**



# Frontogênese / Ciclogênese

**GOES-Leste - RGB Airmass**
**WRF PMSL**

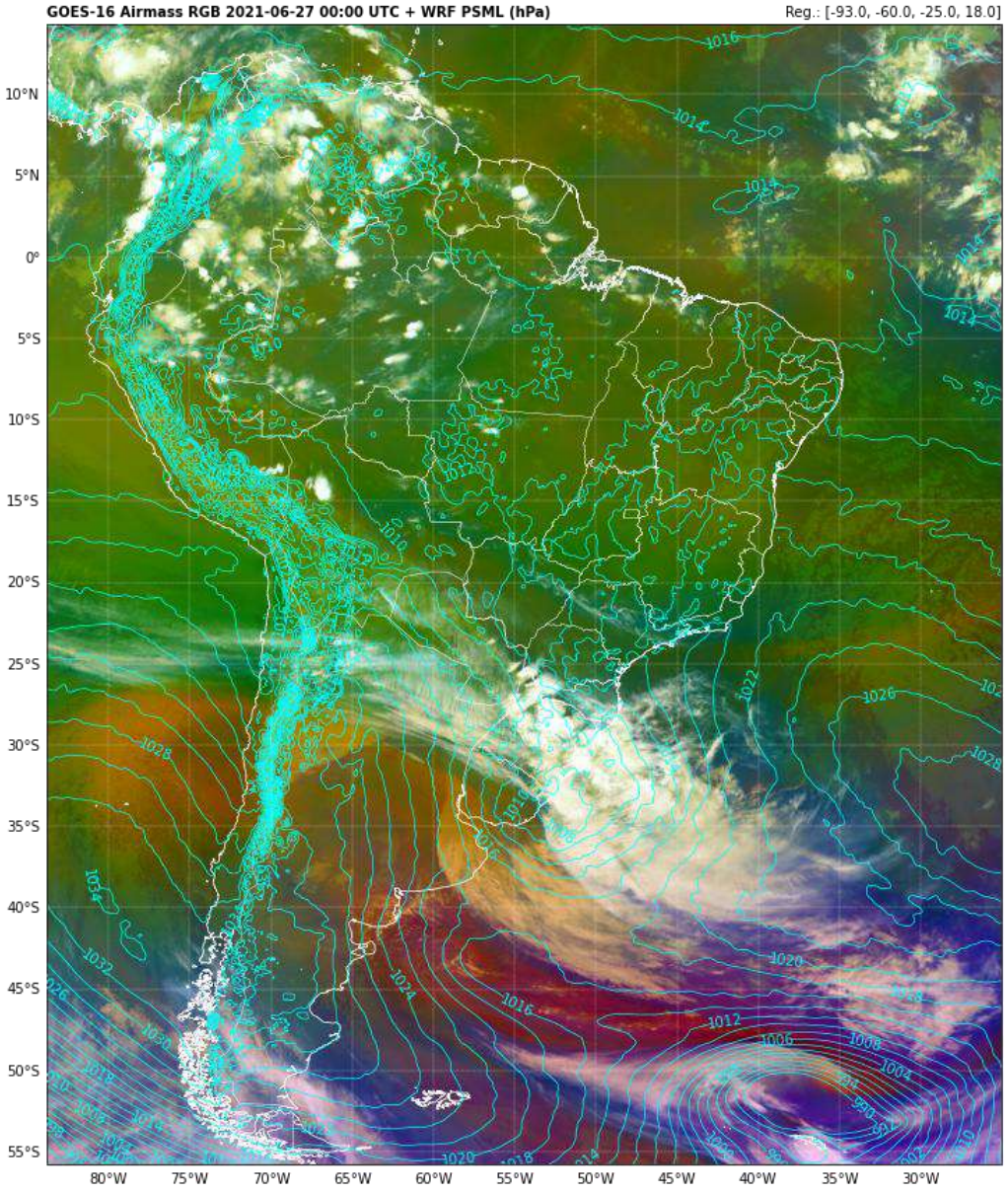
**26/06/2021 21:00UTC**



# Frontogênese / Ciclogênese

**GOES-Leste - RGB Airmass**
**WRF PMSL**

**27/06/2021 00:00UTC**




**Formação do ciclone**

# Oceano Atlântico

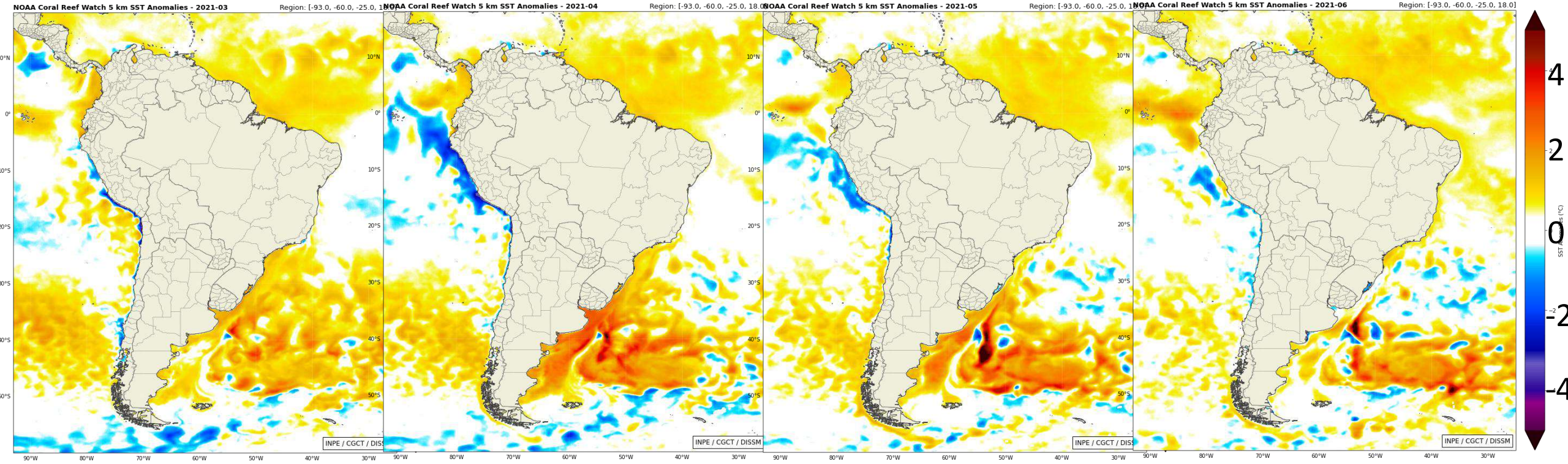
**Anomalia mostra o desvio em relação ao que é normal para a época do ano**

**Cores quentes = temperaturas acima do normal**

**Cores frias = temperaturas abaixo do normal**

## SST Anomalias médias mensais NESDIS/NOAA

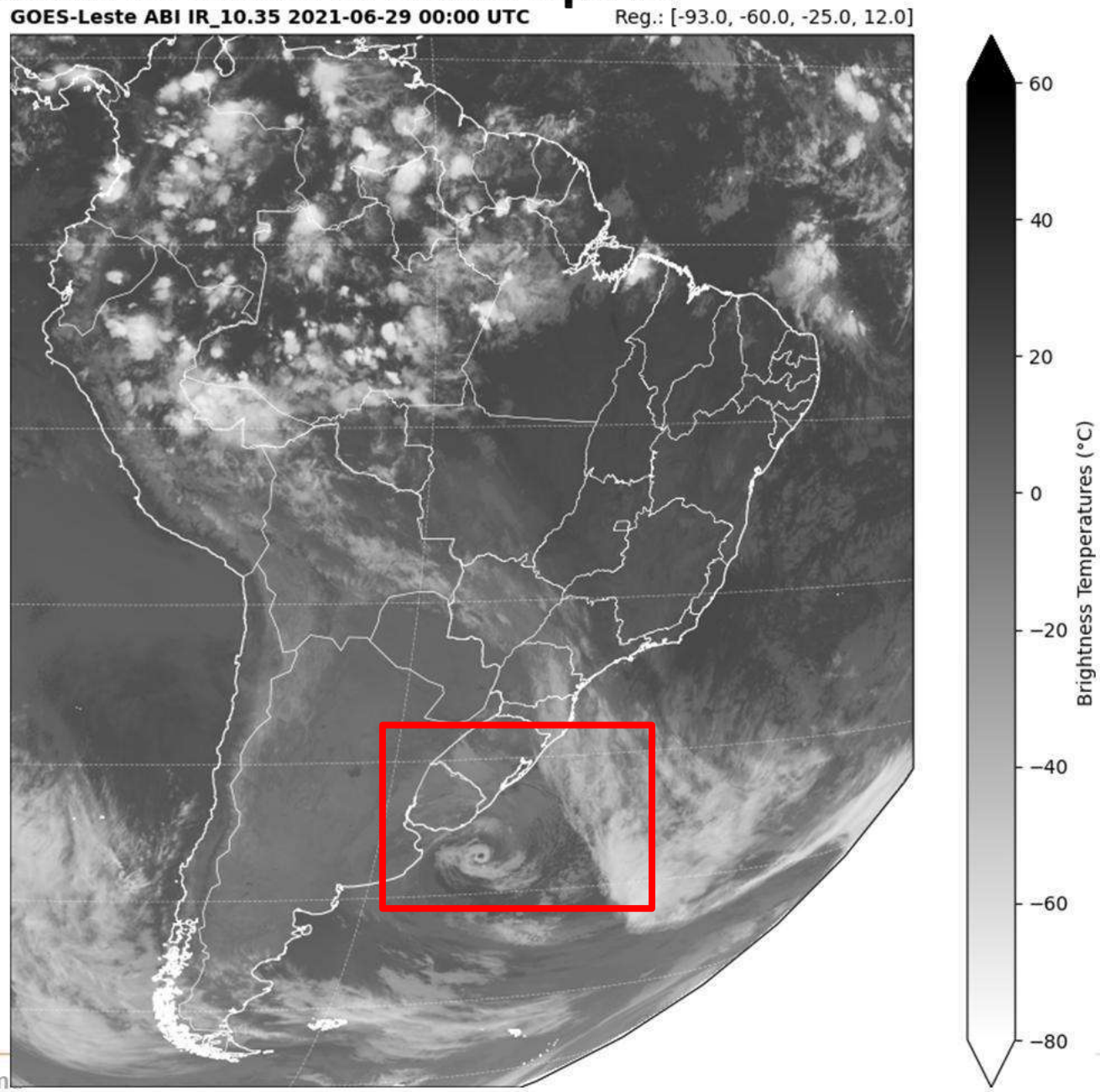
**Mar 2021** **Abr 2021** **Mai 2021** **Jun 2021**



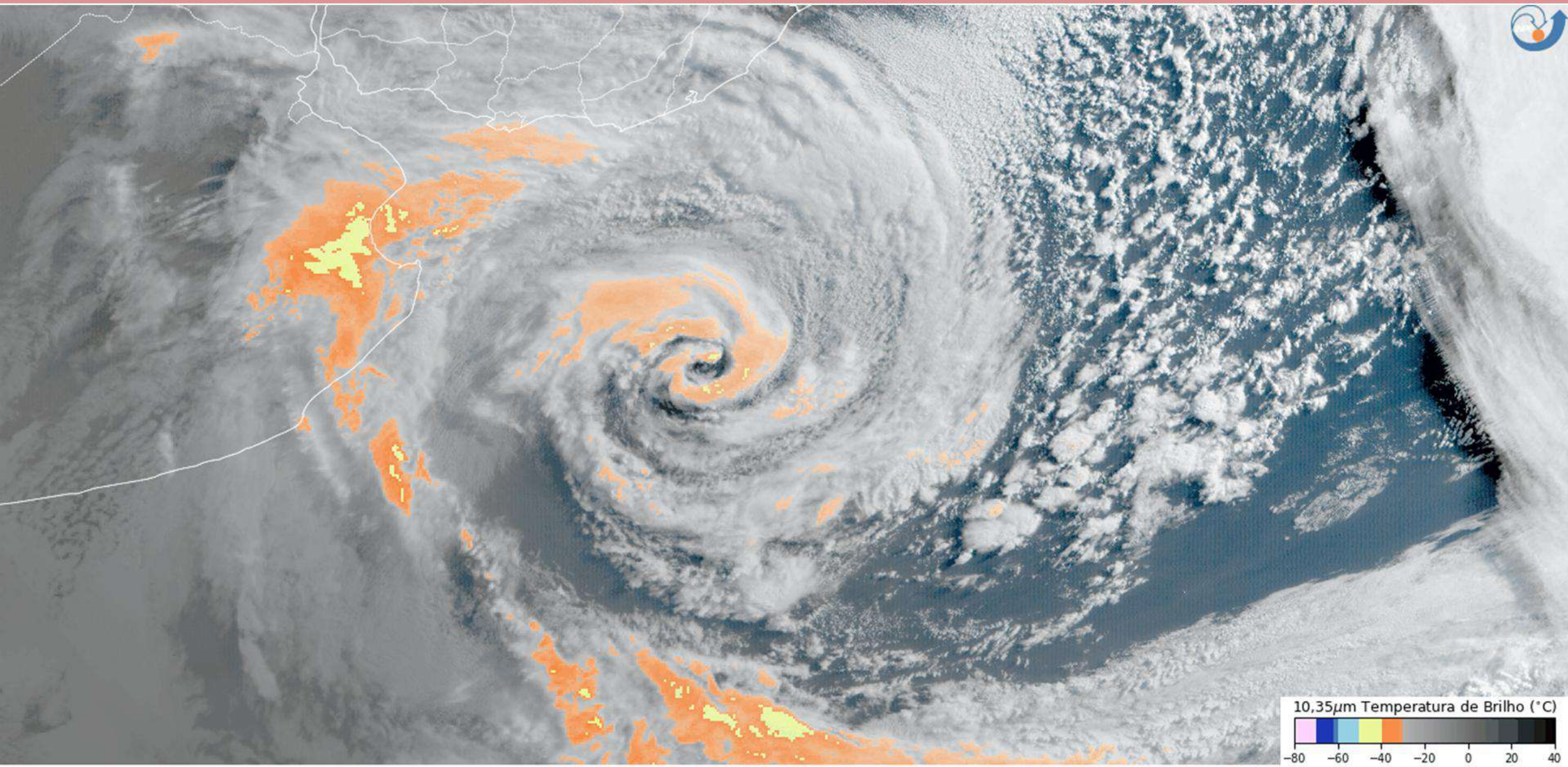
# Sistema Frontal & Ciclone Subtropical

**GOES-Leste**
**ABI IR-10.35μm ch.13**

**28/06/2021 12:00UTC**
**a**
**29/07/2021 00:00UTC**



# Goes 16 RGB True Color + Canal 13 Infravermelho – 28/06/2021




28/06/2021 12:00 UTC | DSA/CPTEC/INPE

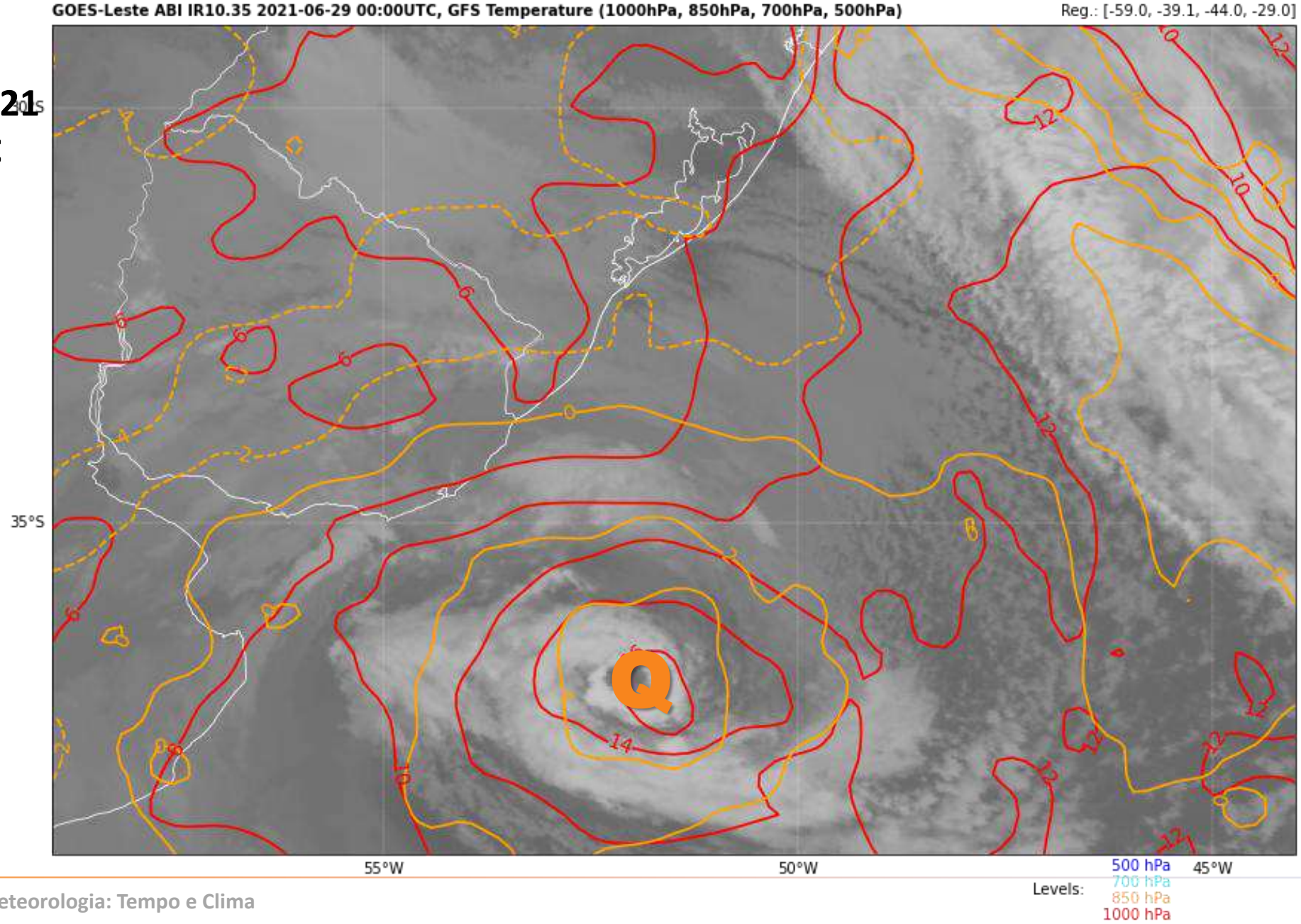
## Tempestade Subtropical "Raoni"



Ester Regina K. Ito

# Tempestade Subtropical “Raoni”

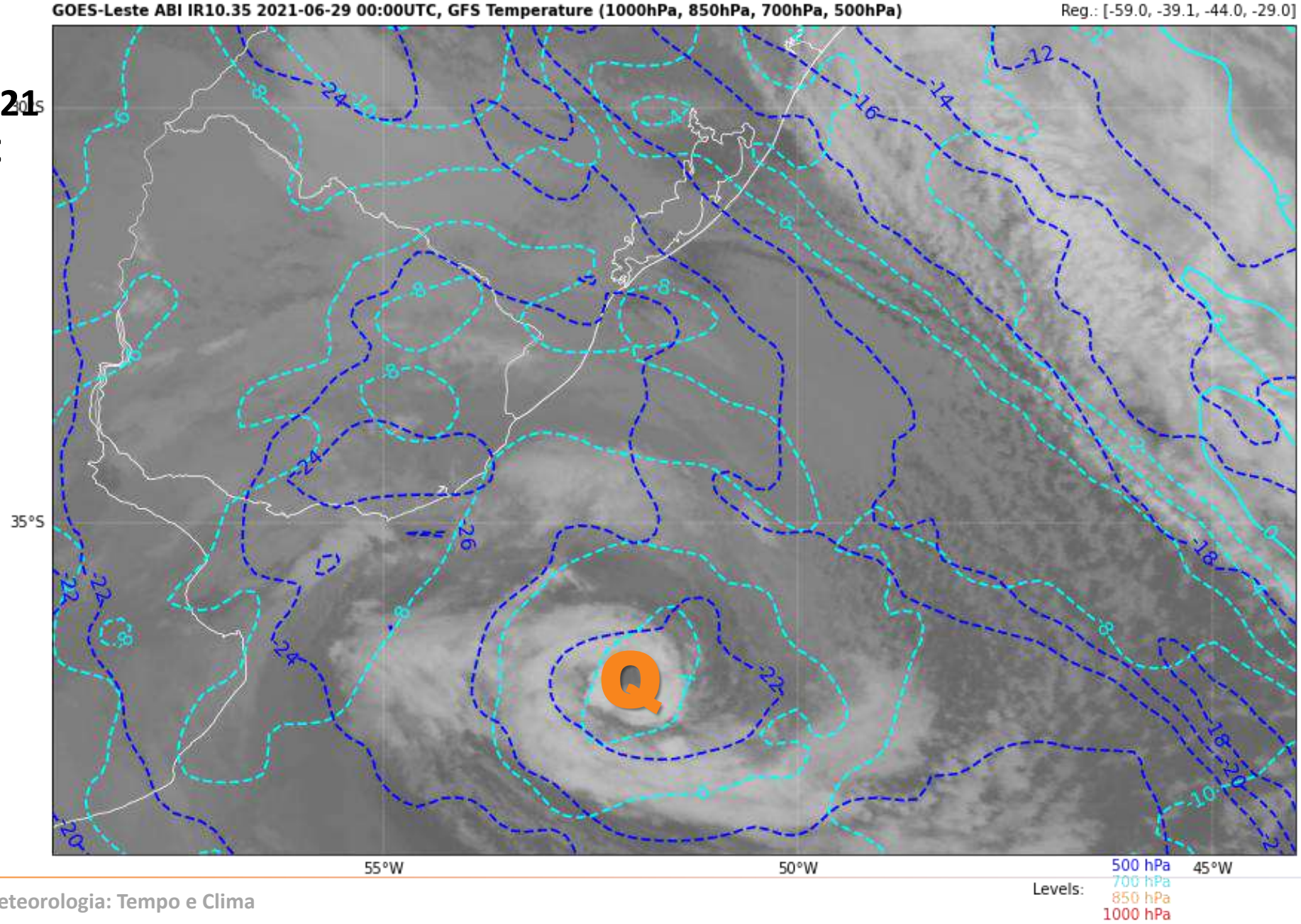
**29/06/2021**
**00:00UTC**




Núcleo do ciclone é relativamente mais quente que o entorno nos baixos níveis da atmofera

# Tempestade Subtropical “Raoni”

**29/06/2021**
**00:00UTC**




Núcleo do ciclone é relativamente mais quente que o entorno nos níveis médios

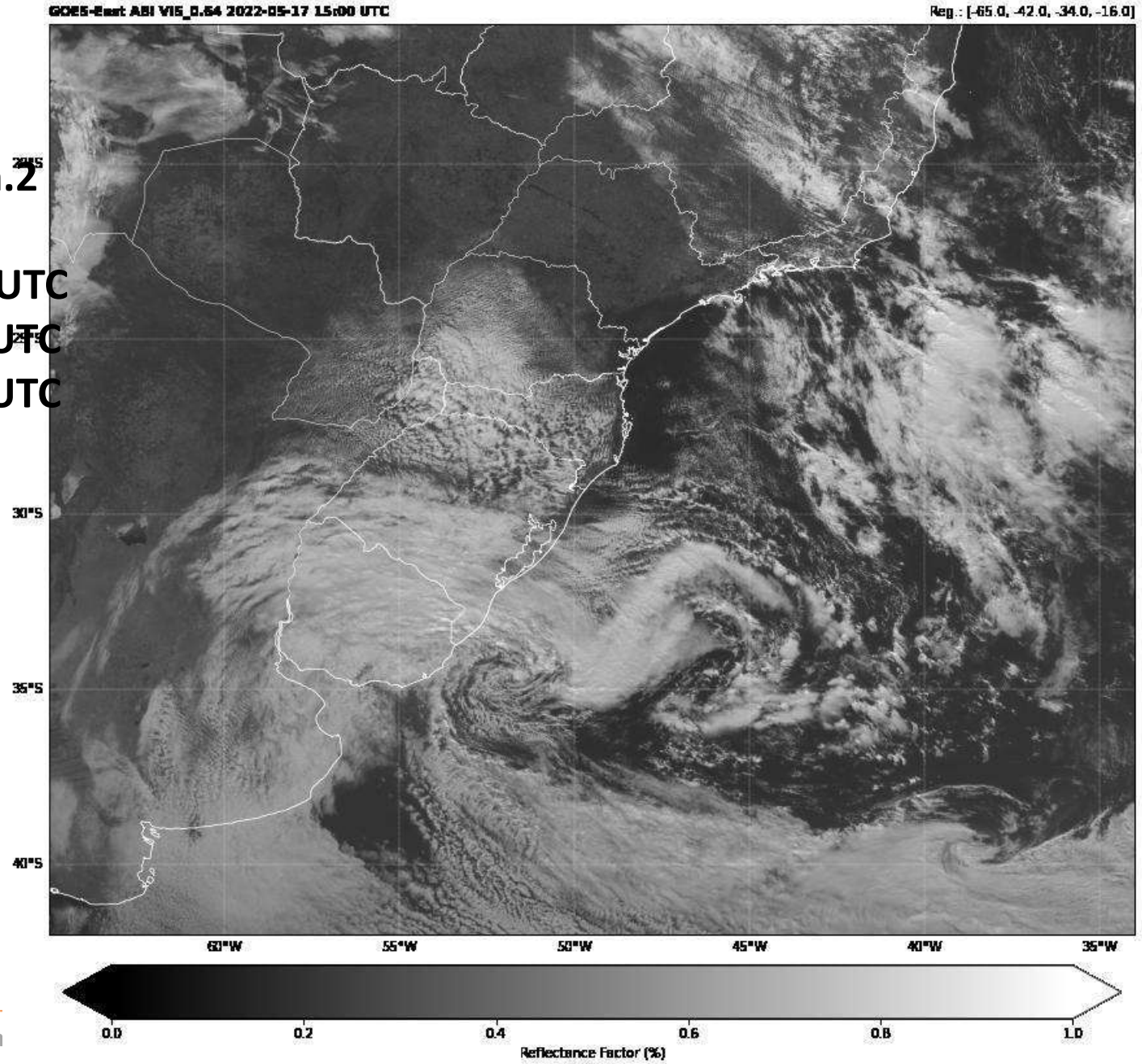
# Tempestade Subtropical Yakecan

## Período 16 - 19/05/2022

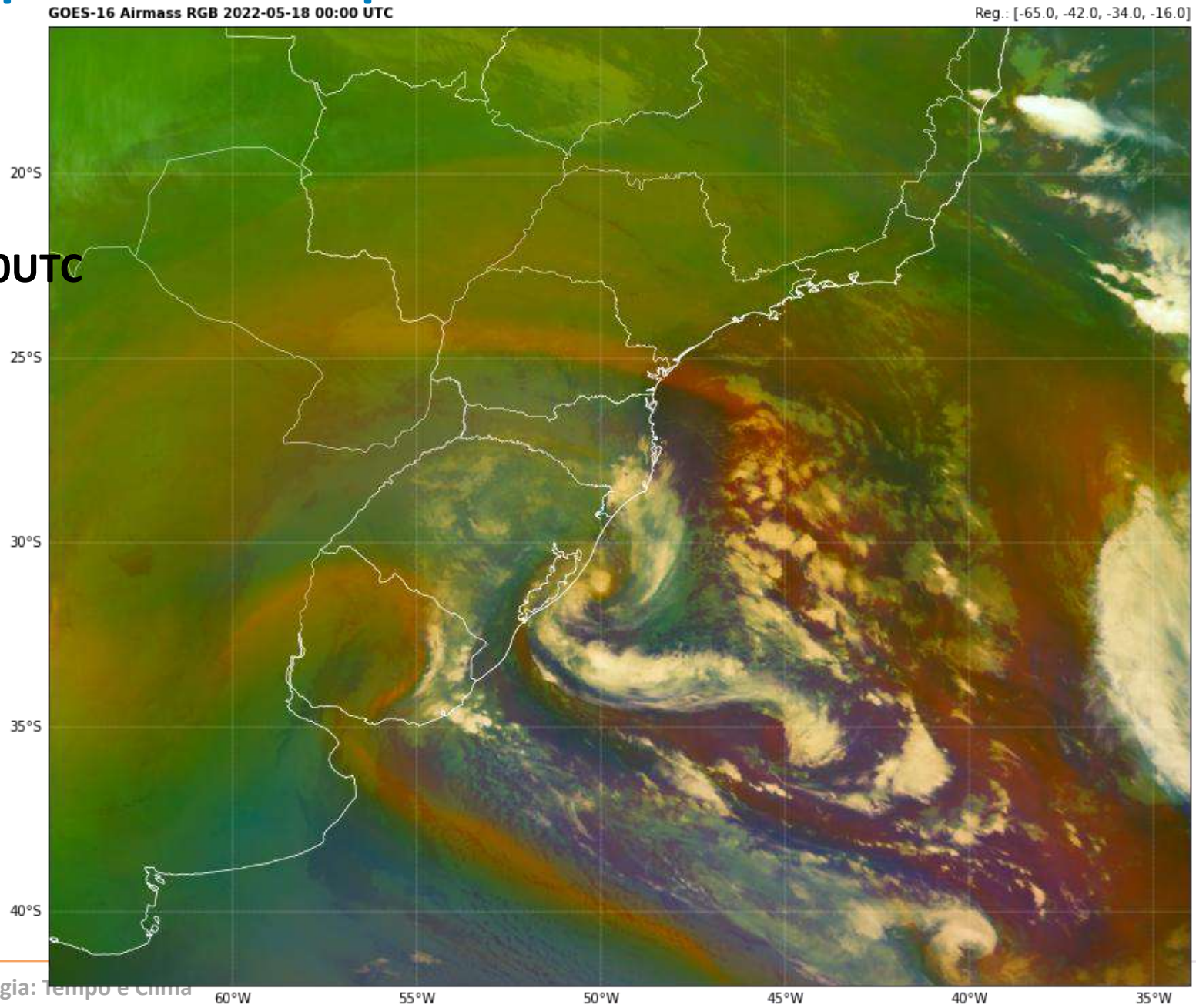
# Tempestade Subtropical Yakecan

**GOES-Leste**
**ABI VIS-0.64μm ch.2**

**17/05/2022 15:00UTC**
**16:00UTC**
**17:00UTC**



# Tempestade Subtropical Yakecan

**GOES-Leste**
**RGB AirMass**

**18/05/2022 00UTC**