

São Paulo-SP  
25 de Junho de 2024

Congresso Ambiental



# Emergência Climática: Desafios para a Humanidade

**Carlos A. Nobre**

Instituto de Estudos Avançados-USP  
Copresidente do Painel Científico  
para a Amazônia

**+1.5 °C**

**+2 °C**

**+3 °C**

Imagem: UNESCO



[Credit: NASA]

“As mudanças climáticas recentes observadas são generalizadas, rápidas e intensificadas e sem precedentes em milhares de anos.

**Vivemos no tempo da Emergência Climática.**

# A EMERGÊNCIA CLIMÁTICA

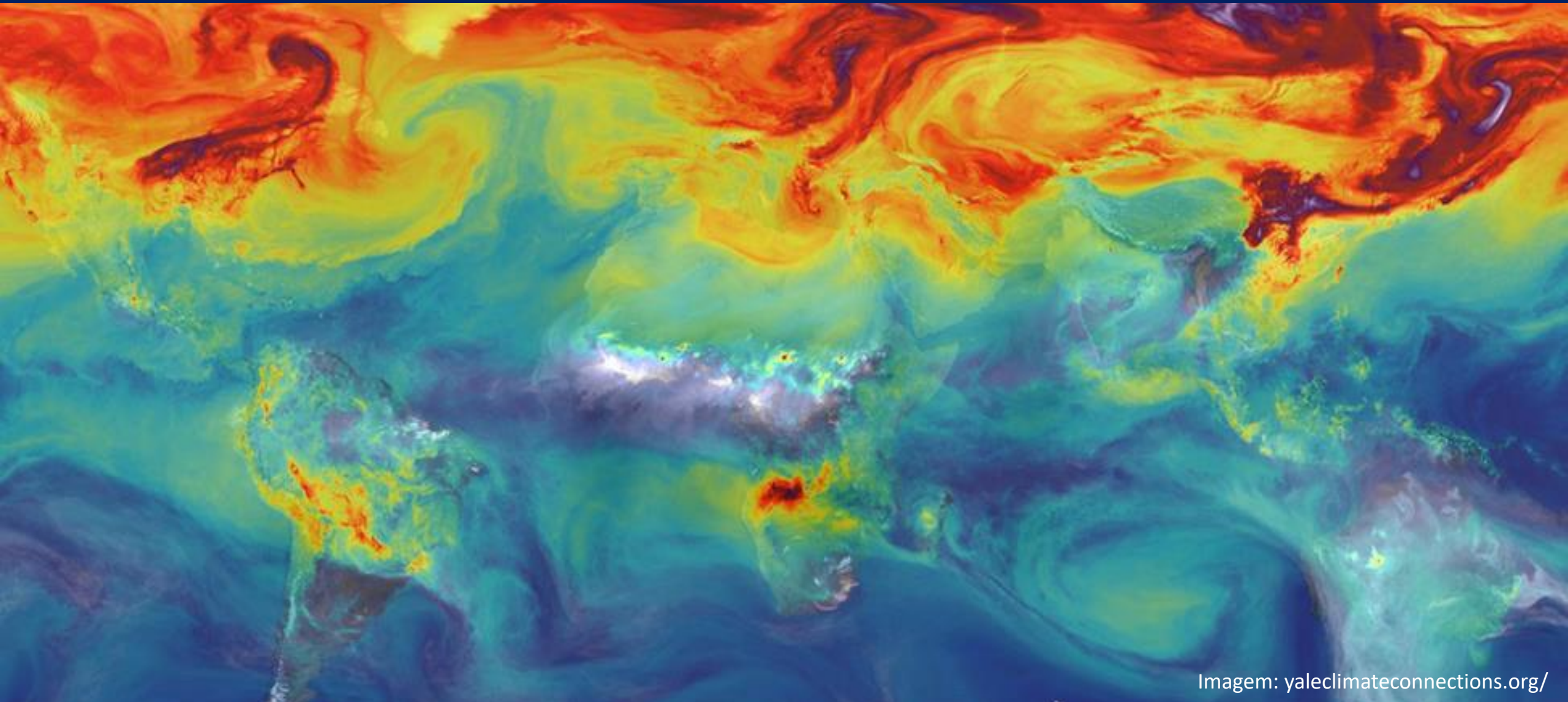
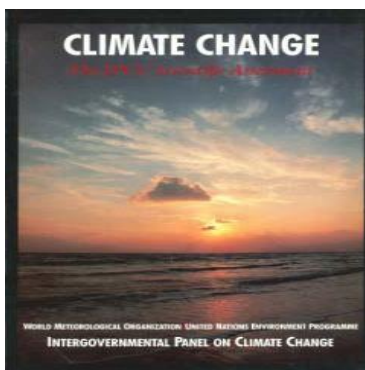


Imagem: [yaleclimateconnections.org/](http://yaleclimateconnections.org/)

**O clima vem sofrendo interferência humana?**

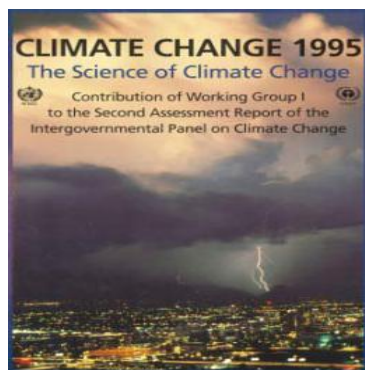
# LINHA DE TEMPO DA EMERGÊNCIA CLIMÁTICA (RELATÓRIOS DO IPCC)

IPCC FAR  
(1990)



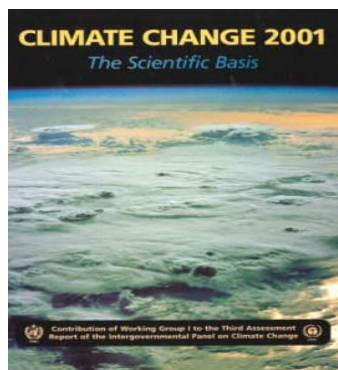
Níveis de GEE antropogênicos estão aumentando e são **suscetíveis** para o aquecimento global.

IPCC SAR  
(1995)



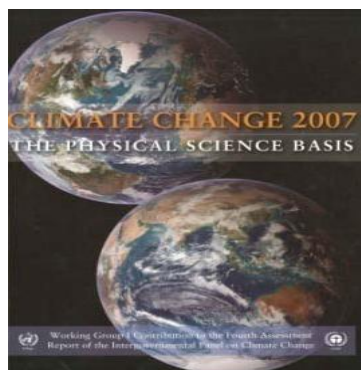
Há **evidências** do impacto humano irreversível sobre o clima.

IPCC TAR  
(2001)



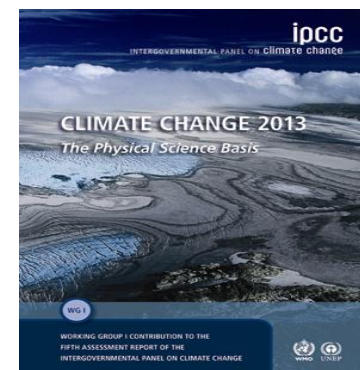
**Forte evidência** de uma mudança no clima induzida pelo homem.

IPCC AR4  
(2007)



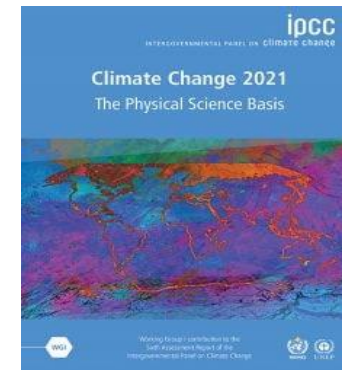
O aquecimento do sistema climático é **inequívoco** e **muito provavelmente** se deve ao aumento observado nas concentrações de GEE antrópico.

IPCC AR5  
(2013)



Alertou que os **perigos da inação** se tornaram mais graves. A influência humana é **clara**.

IPCC AR6  
(2021)



**“Um alerta vermelho para a Humanidade”.** A influência humana é **inequívoca**.

**INFLUÊNCIA ANTRÓPICA NA MUDANÇA DO CLIMA!**

# EVIDÊNCIAS DA EMERGÊNCIA CLIMÁTICA

## INDICADORES CLIMÁTICOS

Os Indicadores Climáticos mostram a evolução a longo prazo de diversas variáveis-chave que são utilizadas para avaliar as tendências globais e regionais de um clima em mudança



### TEMPERATURA

Temperatura global do ar [🔗](#)

**+1,3°C** Acima do nível pré-industrial

Temperatura do Ártico (sobre terra) [🔗](#)

**+3,3°C** Acima do nível pré-industrial  
(médias dos últimos cinco anos)



### gases de efeito ESTUFA

Concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) [🔗](#)

**419 ppm** em média em 2023

Aumento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) [🔗](#)

**+2,4 ppm por ano** desde 2010

Concentração de metano (CH<sub>4</sub>) [🔗](#)

**1902 ppb** média de 2023

Em maio de 2024 as concentrações de CO<sub>2</sub> atingiram **426.90 ppm**

### GELEIRAS

Geleiras globais [🔗](#)

**-8.200 km<sup>3</sup>** Perda de gelo desde 1976

Manto de gelo da Groenlândia [🔗](#)

**-5.470 Gt** Perda de gelo 1972–2022

Extensão do gelo marinho do Ártico [🔗](#)

**-2,6 Mkm de perda<sup>cm 2</sup>** de setembro desde a década de 1980



### OCEANO

Nível global do mar [🔗](#)

**+10,3 cm** desde 1993

Temperatura global da superfície do mar [🔗](#)

**+0,6°C** desde 1980 (60°S–60°N)

Conteúdo global de calor dos oceanos [🔗](#)

**+0,22°C** desde 1993 (2.000 m superiores)



# O PLANETA ESTÁ AQUECENDO (OBSERVADO)

## Daily temperature anomalies

Global daily average temperature anomalies relative to a preindustrial baseline, C

— Five-year rolling average

2.0C

1.5

1.0

0.5

0

-0.5

Each dot is a daily global average

Each vertical strip is a year

**1958**

Primeiro dia acima de **1°C**

**Fevereiro 2024**

Quatro dias consecutivos acima de **2°C**

**2023**

Primeiros dias acima de **2°C**

**2015**

Primeiros dias acima de **1.5°C**

1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010 2020

Guardian graphic. Source: Copernicus C3S/ECMWF Era5. Note: Preindustrial baseline = 1850-1900

O relatório da OMM (Organização Meteorológica Mundial) de 2024 confirmou que **2023 foi o ano mais quente já registrado**, com a temperatura média global próxima da superfície a **1.45°C** (com uma margem de incerteza de  $\pm 0.12$  °C) acima da linha de base pré-industrial.

**Período de dez anos mais quente já registrado**

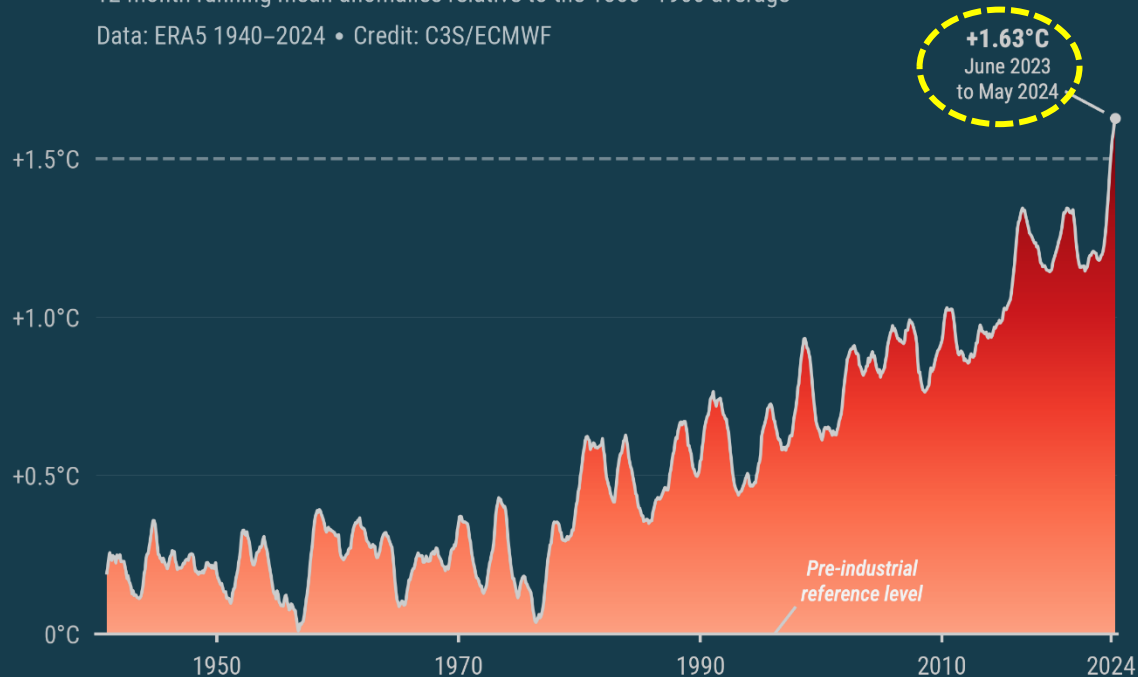
# RECORDE GLOBAL DE TEMPERATURA EM MAIO DE 2024

Maio de 2024 foi o 12º mês consecutivo mais quente, desde junho de 2023

## Global surface temperature increase above pre-industrial

12-month running mean anomalies relative to the 1850–1900 average

Data: ERA5 1940–2024 • Credit: C3S/ECMWF



PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION



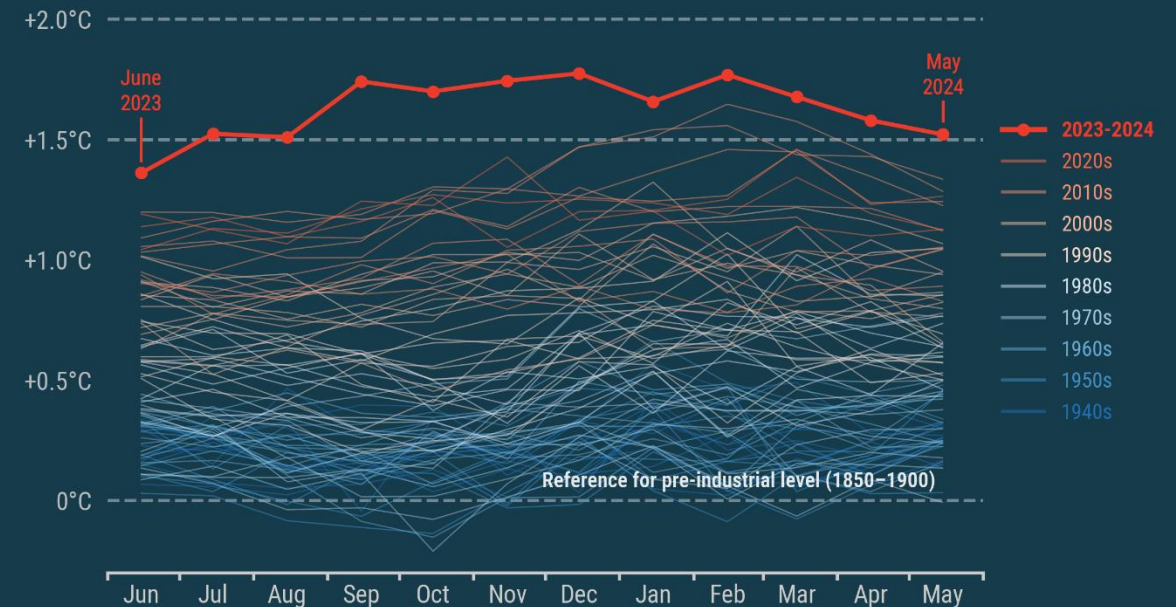
IMPLEMENTED BY ECMWF



Climate Change Service  
climate.copernicus.eu

## Monthly global surface temperature increase above pre-industrial

Data: ERA5 1940–2024 • Reference period: 1850–1900 • Credit: C3S/ECMWF



PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION

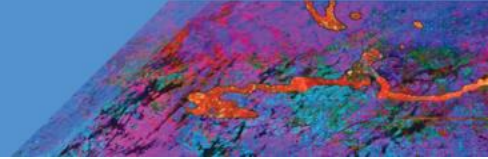


IMPLEMENTED BY ECMWF



Climate Change Service  
climate.copernicus.eu

- Maio de 2024 foi **1.58°C mais quente** do que uma estimativa da média para 1850-1900, o período de referência pré-industrial.
- A temperatura média global dos últimos 12 meses (junho de 2023–maio de 2024) é a mais alta já registrada, **1.63°C acima da média pré-industrial**.

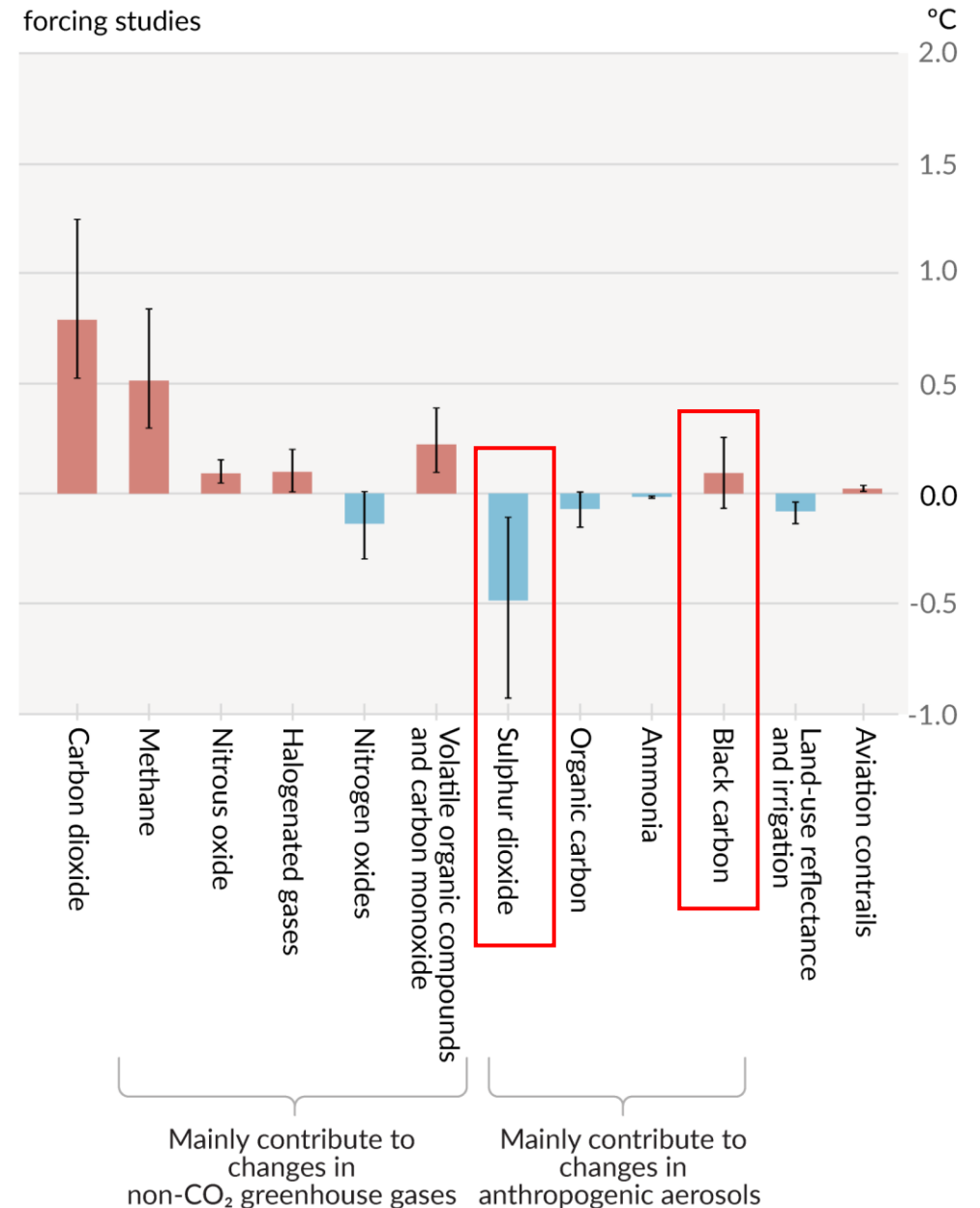


O aquecimento observado é provocado por emissões antropogênicas, com aquecimento associado aos gases de efeito estufa parcialmente mascarado pelo resfriamento provocado pelos aerossóis.

**Aerossóis estão mascarando um terço do aquecimento já ocorrido!**

O **carbono negro** é um material particulado extremamente poluente, que tem como principal fonte global os **incêndios florestais** e tem **impacto climático entre 460 a 1.500 vezes maior ao do CO<sub>2</sub>**.

forcing studies

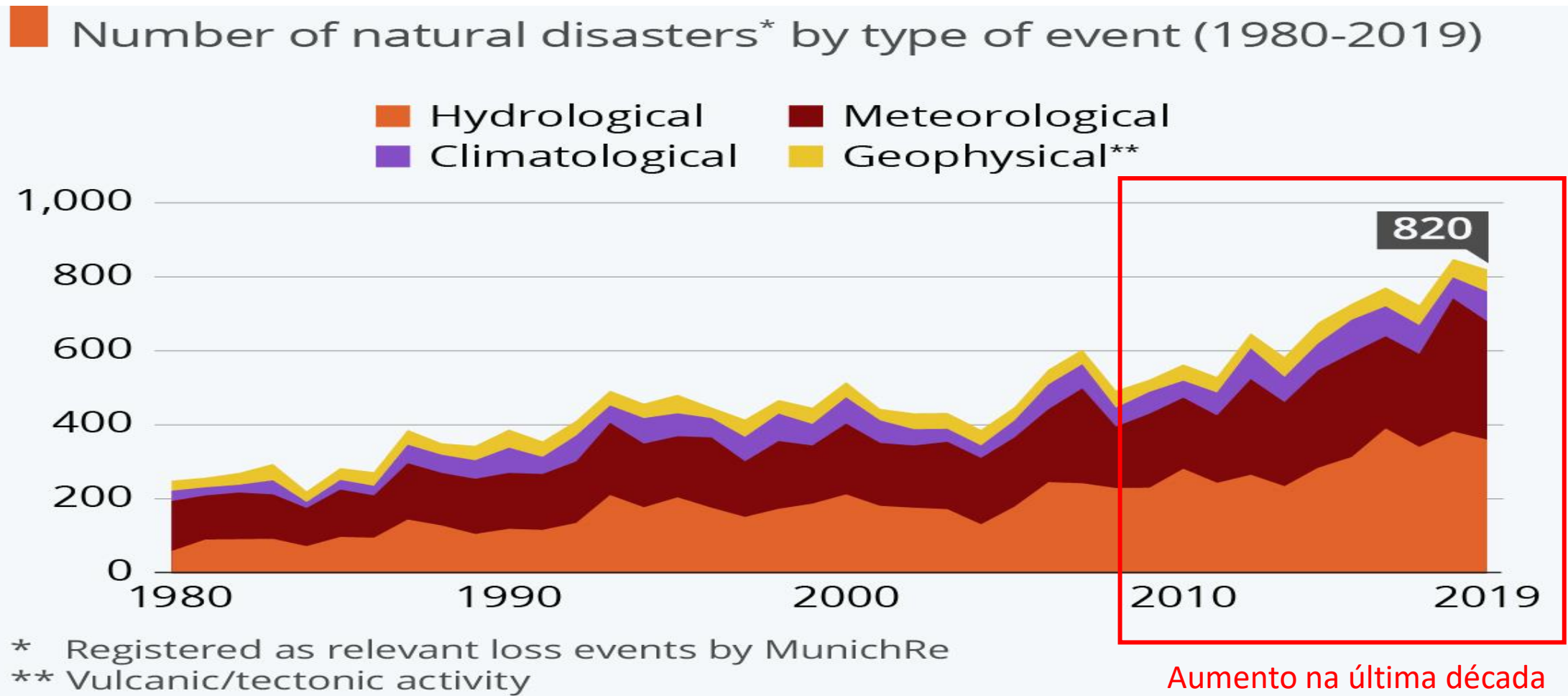


# DESASTRES “NATURAIS” CAUSADOS POR EXTREMOS CLIMÁTICOS



Os eventos climáticos extremos estão mais frequentes com as mudanças climáticas e afetam ainda mais as populações mais pobres

# DESASTRES EM ASCENSÃO AO REDOR DO GLOBO



**Hidrológicos:** inundações, alagamentos e enxurradas

**Climatológicos:** Estiagens e Secas

**Meteorológicos:** Tempestades e Ondas de Calor

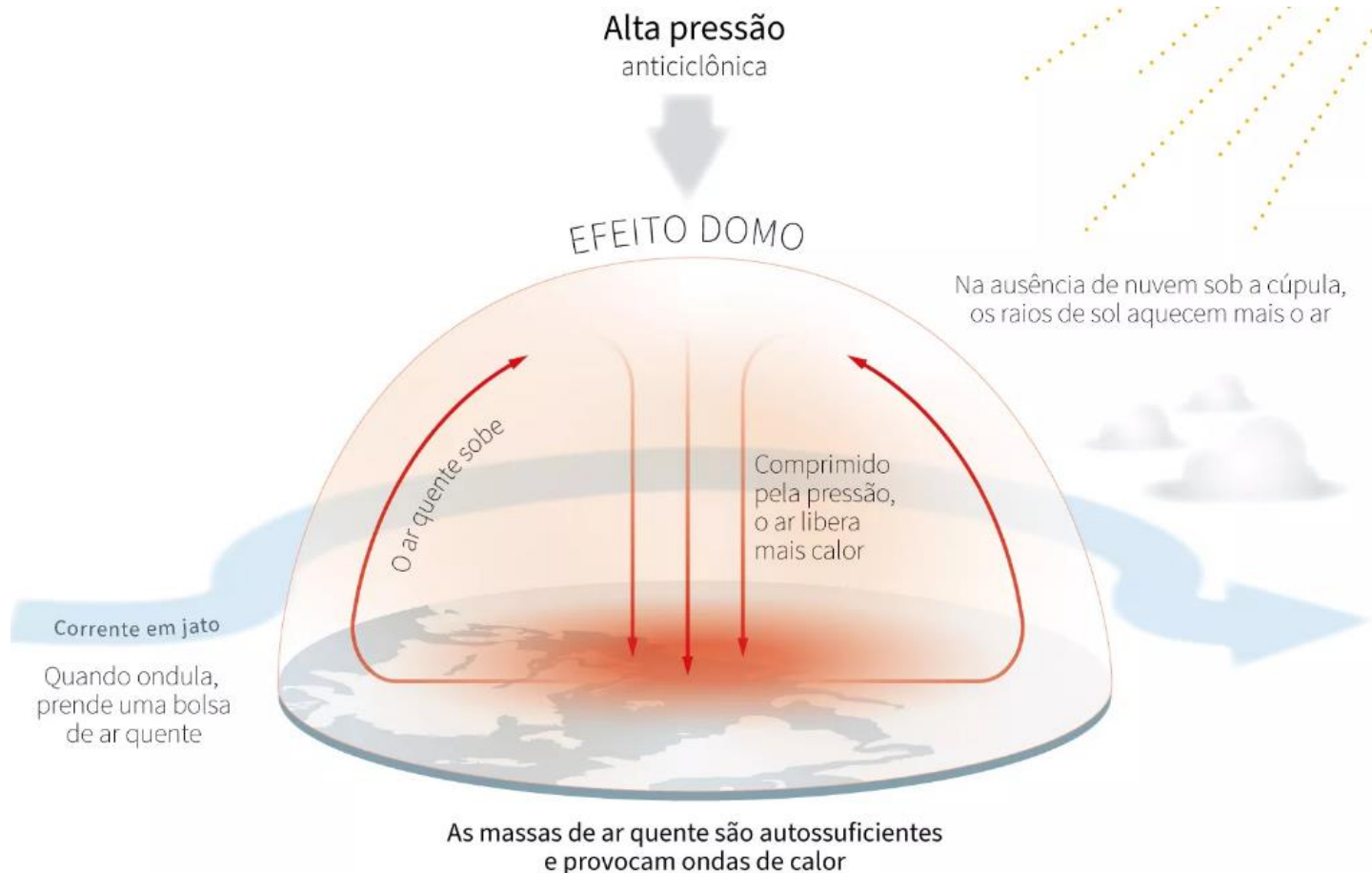
**Geológicos:** Vulcões/Atividade tectônica



# ONDAS DE CALOR

A onda de calor é um fenômeno que acontece quando as temperaturas previstas ficam, pelo menos, 3°C acima da média histórica para o período do ano considerado.

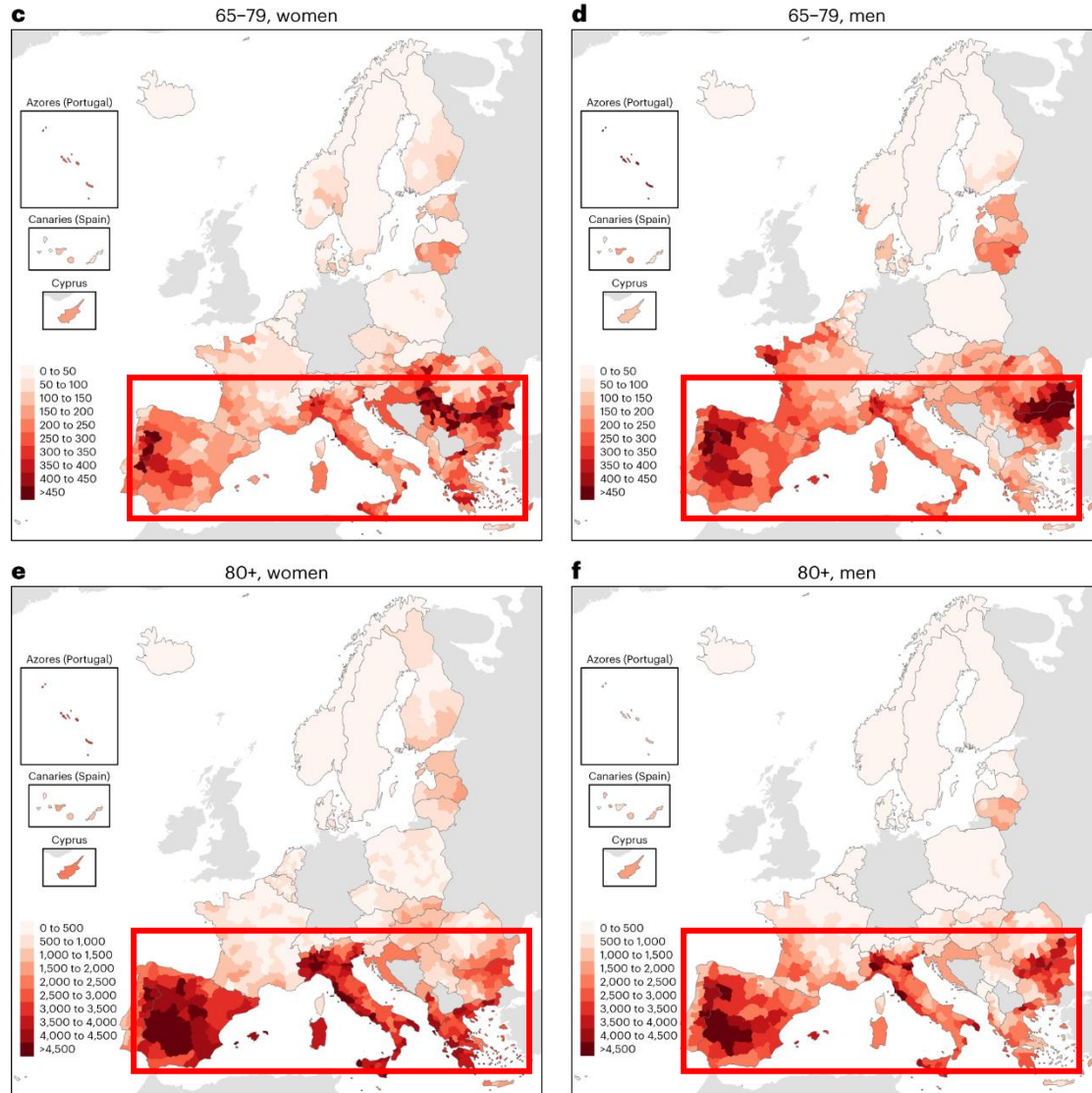
# O QUE É UMA **BOLHA DE CALOR** (EFEITO DOMO)?



- A **bolha de calor** é caracterizada por áreas de alta pressão e ar descendente (subsidiência). Isso comprime o ar no solo e através da compressão aquece a coluna de ar.
- O **calor extremo** é muito mais mortal do que outros extremos de clima, matando em média mais que o dobro de pessoas por ano do que furacões e tornados combinados.
- Estudos indicam que **as mudanças climáticas estão aumentando a frequência de bolhas de calor intensas**, bombeando-as para mais alto na atmosfera, algo semelhante em adicionar mais ar quente a um balão de ar já aquecido.

# ONDAS DE CALOR MATARAM QUASE 62.000 NA EUROPA NO VERÃO DE 2022

Taxa de mortalidade regional relacionada ao calor (mortes no verão por milhão) agregada durante o verão para toda a população: (c) mulheres de 65 a 79 anos, (d) homens de 65 a 79 anos, (e) mulheres de 80 anos ou mais e (f) homens de 80 anos ou mais.



**O calor extremo prejudicou desproporcionalmente os idosos e as mulheres:**

- **A idade** foi um fator importante, com o **número de mortos aumentando significativamente para pessoas com 65 anos ou mais.**
- **Das quase 62.000 mortes** analisadas, a **taxa de mortalidade** relacionada ao calor foi **63% maior em mulheres do que em homens.**

O estudo sugere que as **estratégias** para lidar com temperaturas mais altas **não estão sendo eficazes. Duas décadas de esforços** na Europa para se adaptar a um mundo mais quente **não estão acompanhando o ritmo do aquecimento global.**

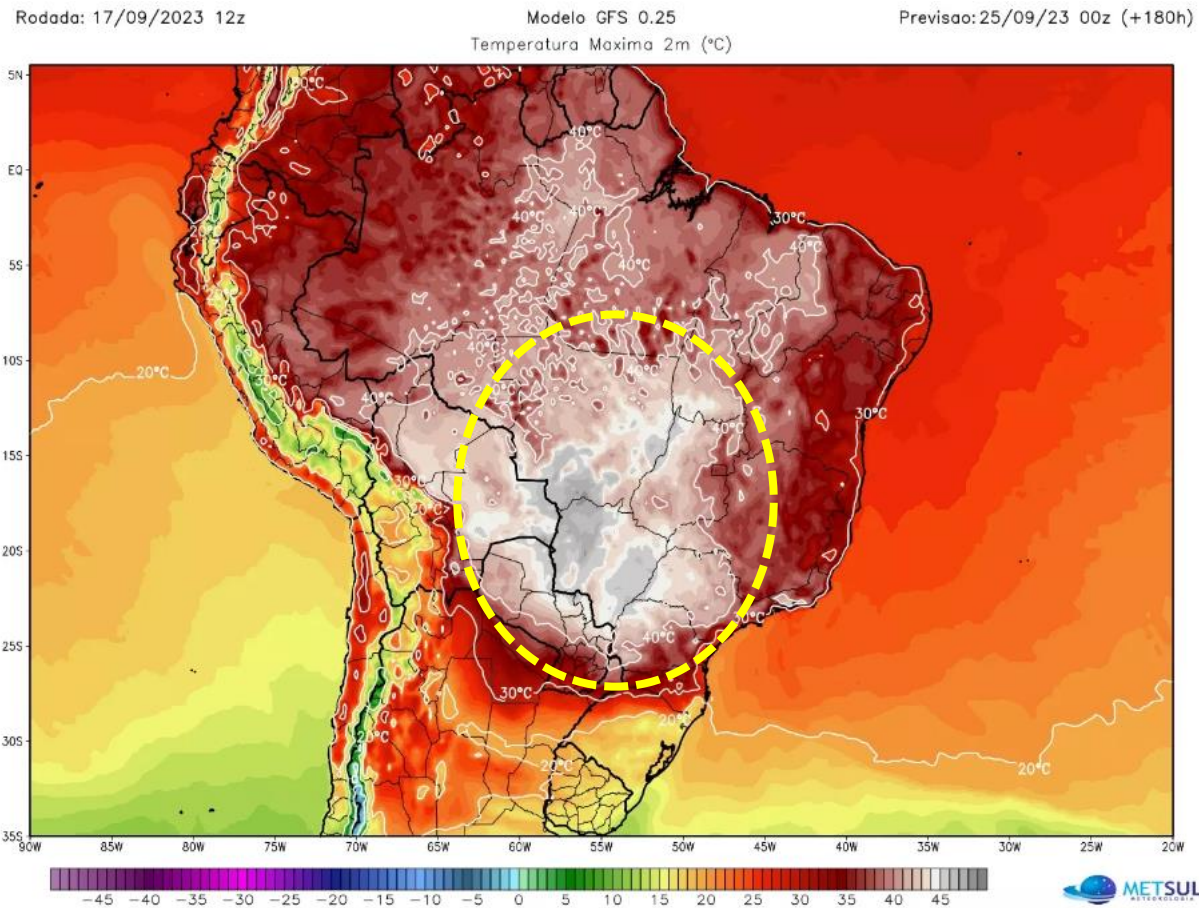
# MORTES POR ESTRESSE POR CALOR EM MECCA (JUNHO 2024)

- Em Junho de 2024, em Mecca na Arábia Saudita, os termômetros atingiram **51.8°C** devido a **onda de calor**.
- O sistema de saúde local abordou inúmeros casos de **estresse por calor**.
- O número de **mortes** chegou a **1.301 (principalmente idosos e idosas)**.
- **83%** dos peregrinos que morreram não estavam autorizados a realizar o Hajj e caminharam longas distâncias sob luz solar direta, sem abrigo ou conforto adequado.



\*O Hajj ocorre desde o ano 632 e é uma das maiores reuniões religiosas do mundo, mas também é marcado por tragédias, como o pisoteamento em Mecca em 2015, quando mais de duas mil pessoas morreram.

# ONDA DE CALOR NO BRASIL (SETEMBRO DE 2023)



- Uma massa de ar extremamente quente cobriu boa parte do Brasil em meados de setembro de 2023.
- A massa de ar quente afetou vários estados com temperaturas em torno de **40°C**: Paraná, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Mato Grosso, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal, Rondônia, Amazonas, Pará, Tocantins, Bahia, Piauí e Maranhão **foram os mais afetados**.

## Recorde Tmax 23/09/2023

Cuiabá: 41,2°C

Palmas: 39,1°C

Teresina: 38,8°C

Goiânia: 38°C

A onda de calor ocorreu devido a uma **bolha de calor**, um evento de elevado perigo pela severidade do calor e que demanda atenção das autoridades.

# REGIÕES ATINGIDAS POR ONDA DE CALOR EM MARÇO DE 2024

## ONDA DE CALOR NO BRASIL

11 a 15 de Março de 2024

CLIMATEMPO  
A StormGeo Company

TEMPERATURA ACIMA DA MÉDIA: DE 3 A 5° MAIS QUENTE

ONDA DE CALOR: MAIS DE 5° ACIMA DA MÉDIA



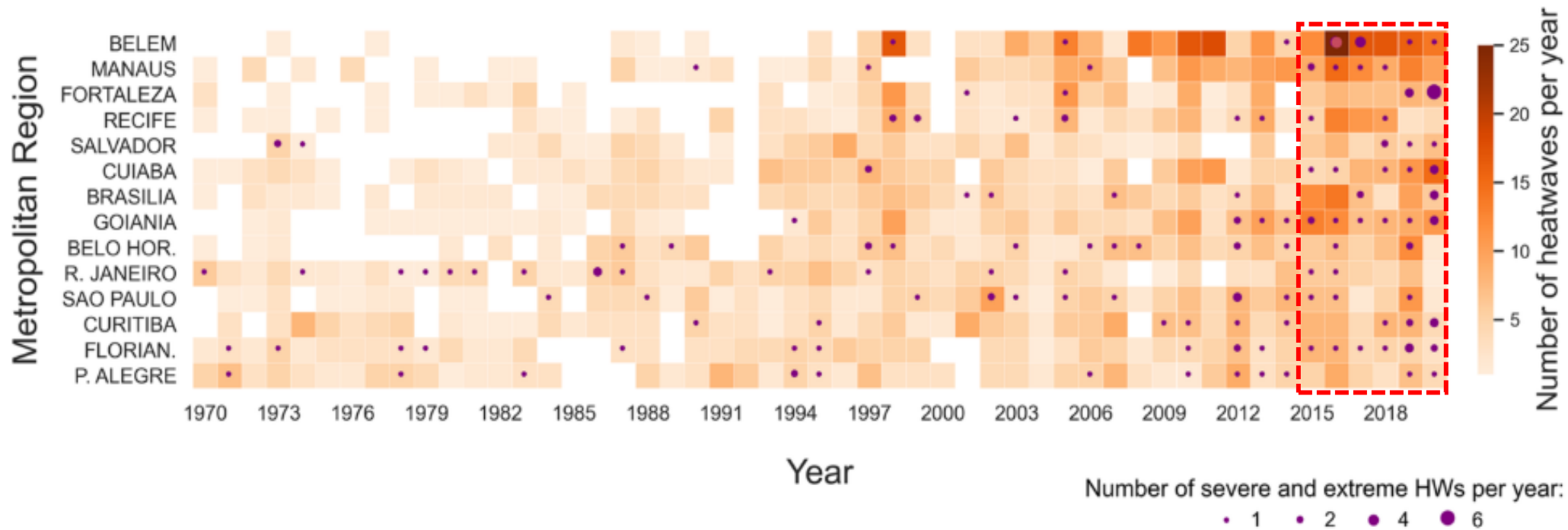
Em 11 de março de 2024, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) emitiu **alerta amarelo de perigo potencial para onda de calor**.

As temperaturas **ultrapassaram 5°C acima da média** no Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul e parte de São Paulo.

A temperatura máxima chegou a **38.8°C em Corumbá-MS** no dia 12 de março.

**Na Argentina**, a temperatura máxima atingiu **44.5°C em Rivadavia** também no dia 12.

# EVOLUÇÃO TEMPORAL DO NÚMERO ANUAL DE EXPOSIÇÃO DA POPULAÇÃO ÀS ONDAS DE CALOR DURANTE O PERÍODO 1970-2020 NO BRASIL



#NEWS

## 48 mil morreram por ondas de calor no Brasil entre 2000 e 2018

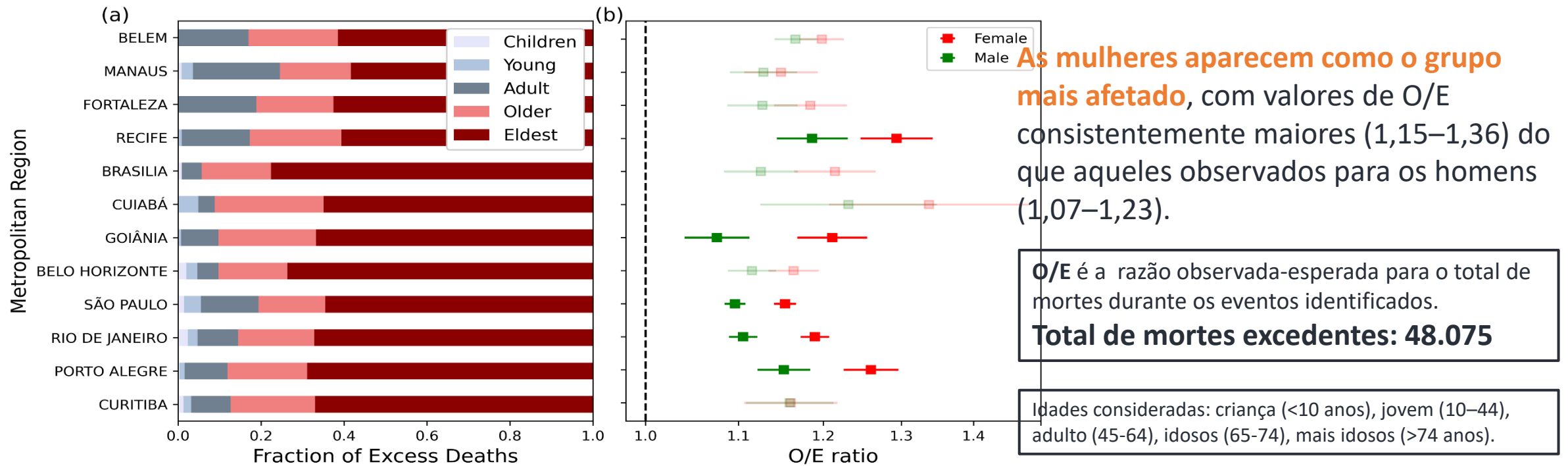
Esse número pode estar subestimado

Eventos de temperatura extrema aumentaram quase quatro vezes desde anos 1970, mostra estudo; idosos, mulheres, negros e menos escolarizados são os mais afetados

25.01.2024 - Atualizado 14.03.2024 às 10:17 | [Twitter](#) [Facebook](#) [WhatsApp](#)

# ONDAS DE CALOR NO BRASIL

## DISPARIDADES DE IDADE, GÊNERO, RAÇA E SOCIOECONÔMICAS NA VULNERABILIDADE ÀS ONDAS DE CALOR (2001 a 2018)



A fração de **excesso de mortes** entre os grupos etários foi **dominada pelos idosos**.

A grande fração do excesso de mortes relacionadas com o calor entre **pessoas idosas com mais de 65 anos (75-94% do excesso de mortes)** contrasta com a distribuição da mortalidade total por causas naturais.

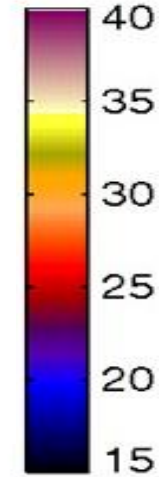
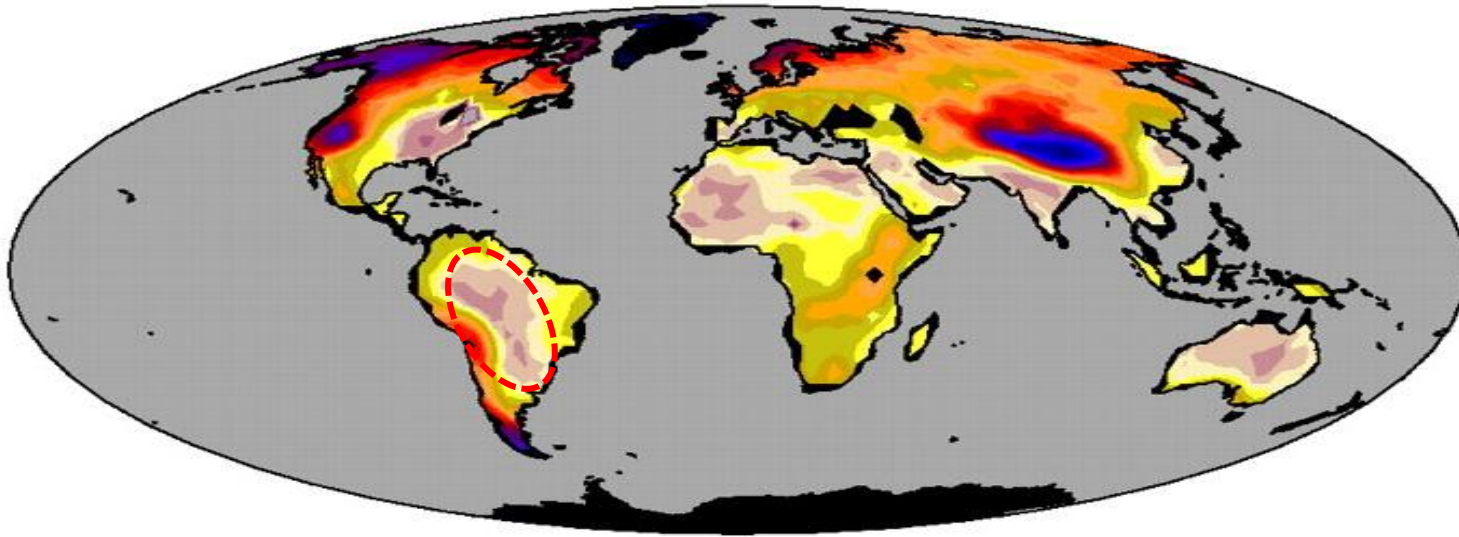
### Diferenças regionais:

Nas RMs Sul, Sudeste e Centro-Oeste, o percentual atribuído aos subgrupos menores de 65 anos representou apenas 6–19% do **excesso de mortes**

Nas RMs Norte e Nordeste atingiu valores maiores (17–25%).

# ESTRESSE POR CALOR

Temperatura anual máxima em um clima onde a temperatura de bulbo úmido  **aumentou 10°C** comparada ao clima do presente



O Limite superior da tolerância fisiológica humana ao estresse térmico é atingida quando a temperatura de bulbo úmido\* é de cerca de 35°C.

$T_{W(max)}$  (°C)

## TEMPERATURA E BULBO ÚMIDO WBGT

Temperatura do ar à umidade relativa de 100%

Limite Fisiológico Humano à Temperatura de bulbo úmido de 35°C

Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
35	100.0
37	87.4
39	76.4
41	66.9
43	58.6
45	51.3
47	45.1
49	39.6
51	34.8
53	30.6

**48 mil mortes por ondas de calor no Brasil entre 2000 e 2018. Esse número pode estar subestimado.**

\*Temperatura de bulbo úmido WBGT : temperatura do ar com 100% de umidade relativa (ar saturado de vapor d'água).

# ESTRESSE POR CALOR

**Temperatura de Bulbo Úmido de Globo (WBGT) Limite: 35°C e 100% de Umidade Relativa**

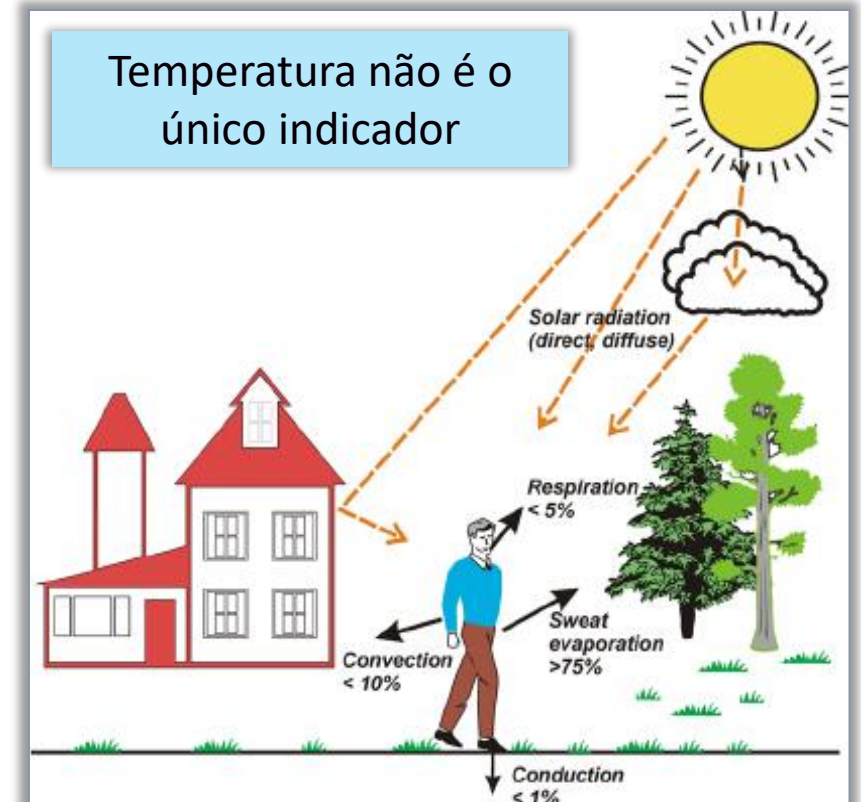
O stress térmico pode ser considerado como um estado psicofisiológico a que está submetida uma pessoa, quando exposta a situações ambientais extremas de frio ou calor. Assim, estresse por calor é resultado de um desequilíbrio entre a produção e a perda de calor pelo corpo

## O estresse térmico decorre de três fatores:

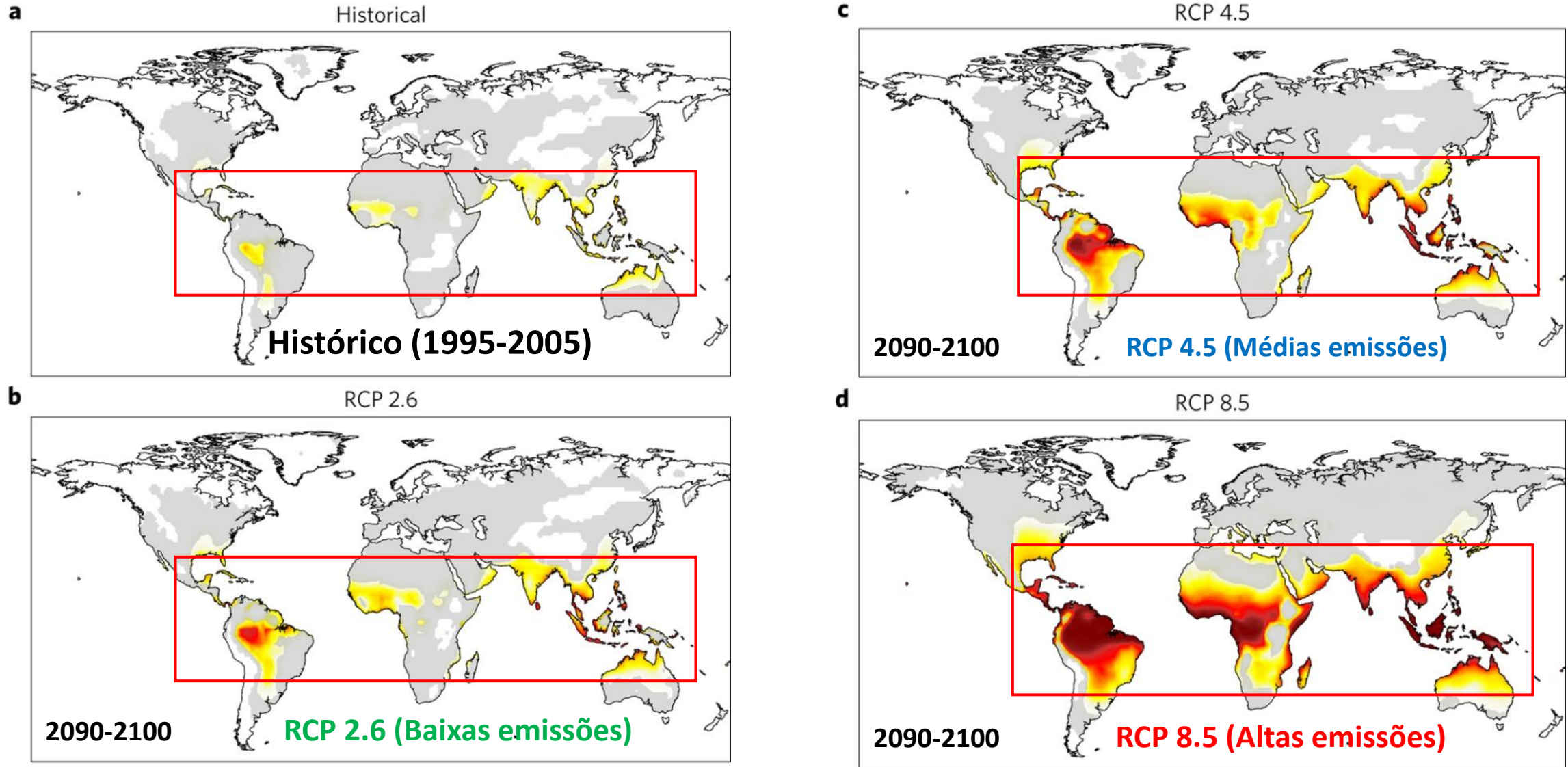
- ✓ Produção de calor intra-corpo a partir da atividade física muscular;
- ✓ Calor externo (isto é, exposição ambiental) e;
- ✓ Fatores que afetam a perda de calor por convecção ou evaporação

**Fatores ambientais:** Temperatura, umidade relativa do ar, calor radiante e velocidade do vento

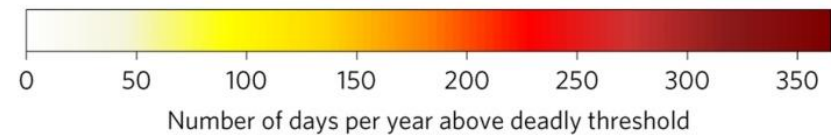
**Fatores individuais:** idade, sexo, condição física, estado de saúde, vestuário e aclimatização



# DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS MORTAIS EM DIFERENTES CENÁRIOS DE EMISSÃO



Número de dias por ano excedendo o limiar de temperatura e umidade para além das quais as condições climáticas tornam-se mortais



# ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL (ZCAS)

Umidade na Amazônia

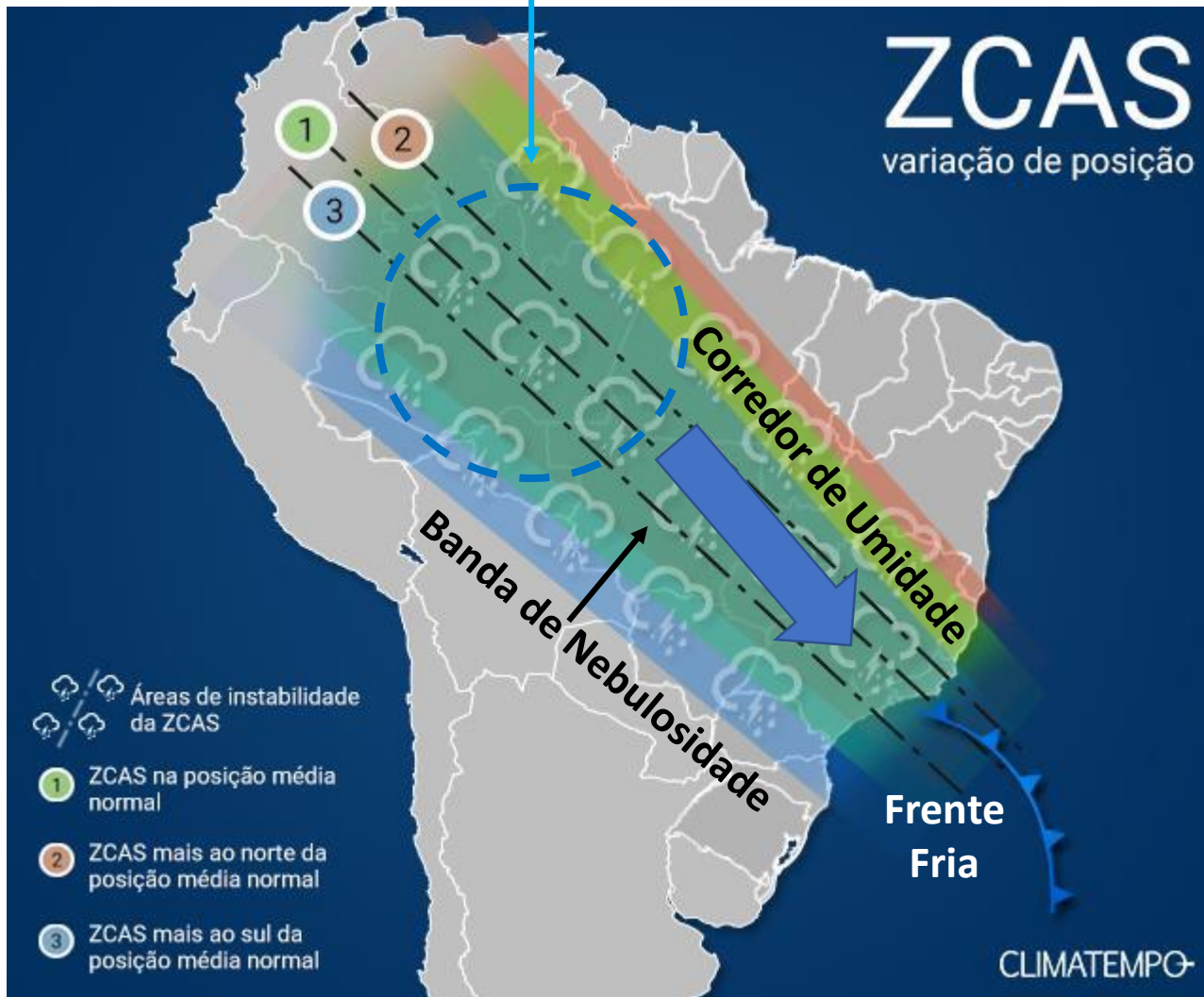
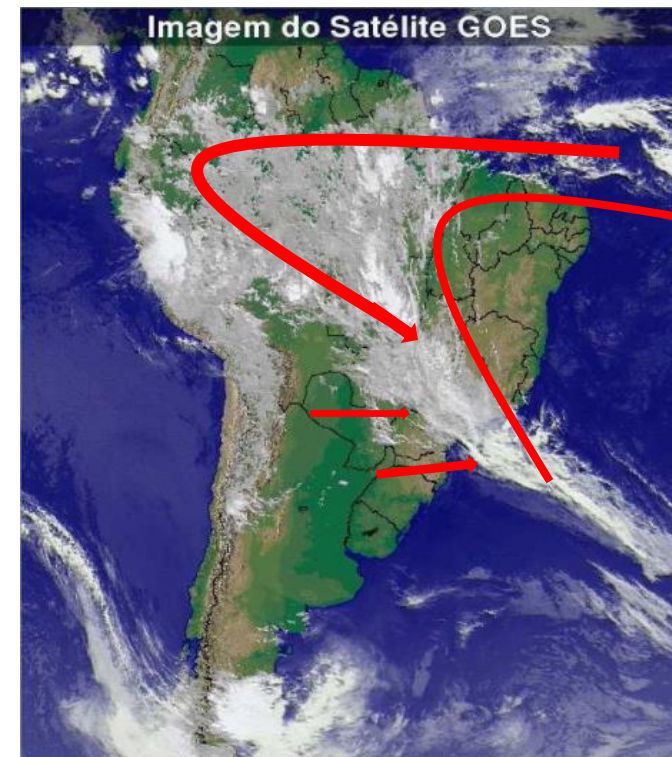


Figura adaptada de Climatempo

- O fenômeno ocorre principalmente na **primavera e verão**, principalmente em **Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março**.
- A ZCAS é um **corredor de umidade** oriundo da **região Amazônica** interage com outros fenômenos, por ex. a passagem de uma **frente fria** no litoral, **causando instabilidade na atmosfera e chuva**.
- Em média atua por um período de 4 a 10 dias.



# ALGUNS EXEMPLOS DE TRAGÉDIAS CLIMÁTICAS RECENTES NO BRASIL

## Mortes, Destruição e Bilhões em Prejuízos Econômicos

Minas Gerais  
Dezembro 2021



São Paulo  
Janeiro 2022



Rio de Janeiro  
Fevereiro 2022



Pernambuco  
Maio 2022



São Sebastião-SP  
Fevereiro 2023



Rio Grande do Sul  
Setembro 2023



Espírito Santo  
Março 2024



Rio Grande do Sul  
Maio 2024



Populações socialmente mais vulneráveis correm maior risco frente as tragédias climáticas!

# TRAGÉDIA CLIMÁTICA NO RIO GRANDE DO SUL



# CRISE CLIMÁTICA NO RIO GRANDE DO SUL (MAIO 2024)

Mortes, Destruição e Bilhões em Prejuízos Econômicos

## CALAMIDADE PÚBLICA

176

MORTES

478 (96%)

MUNICÍPIOS AFETADOS

39

DESAPARECIDOS

2.398.255

AFETADOS

Estimativa de >>10 bilhões em prejuízos

Negacionistas colocam vidas em risco.

Pesquisa do instituto Quaest indica que 99% dos brasileiros enxergam alguma relação entre as enchentes no Rio Grande do Sul e as mudanças do clima.



# POR QUE CHOVEU TANTO NO RIO GRANDE DO SUL?

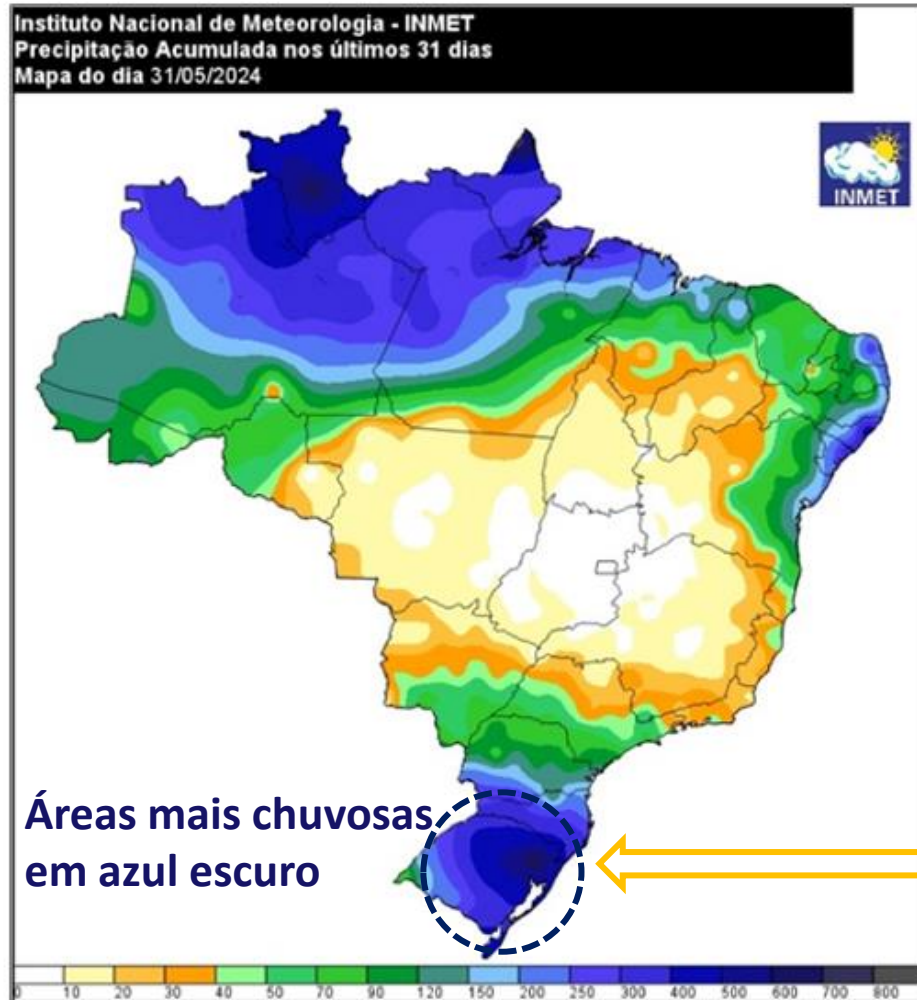
Durante o evento climático extremo, o RS esteve sob influência de ar quente e úmido vindo da Amazônia, com uma massa de ar quente excepcionalmente forte que bloqueou a chuva no estado. Uma frente fria avançou e estacionou sobre o estado, reforçando a chuva.

\*Bloqueio atmosférico é um sistema persistente de alta pressão que se forma na troposfera, camada inferior da atmosfera terrestre. Isso faz com que o ar se mova de cima para baixo, impedindo o avanço de sistemas transientes como frentes frias.

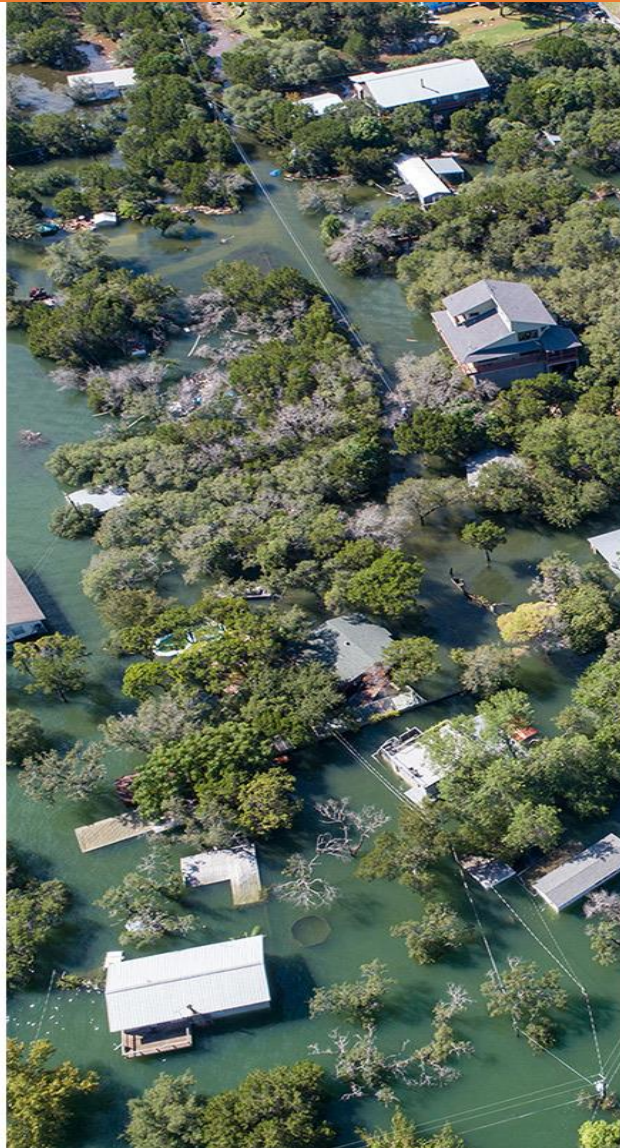


# CHUVA ACUMULADA NO RIO GRANDE DO SUL EM MAIO DE 2024

Mapa do acumulado de chuva em milímetros  
1-31 de maio de 2024

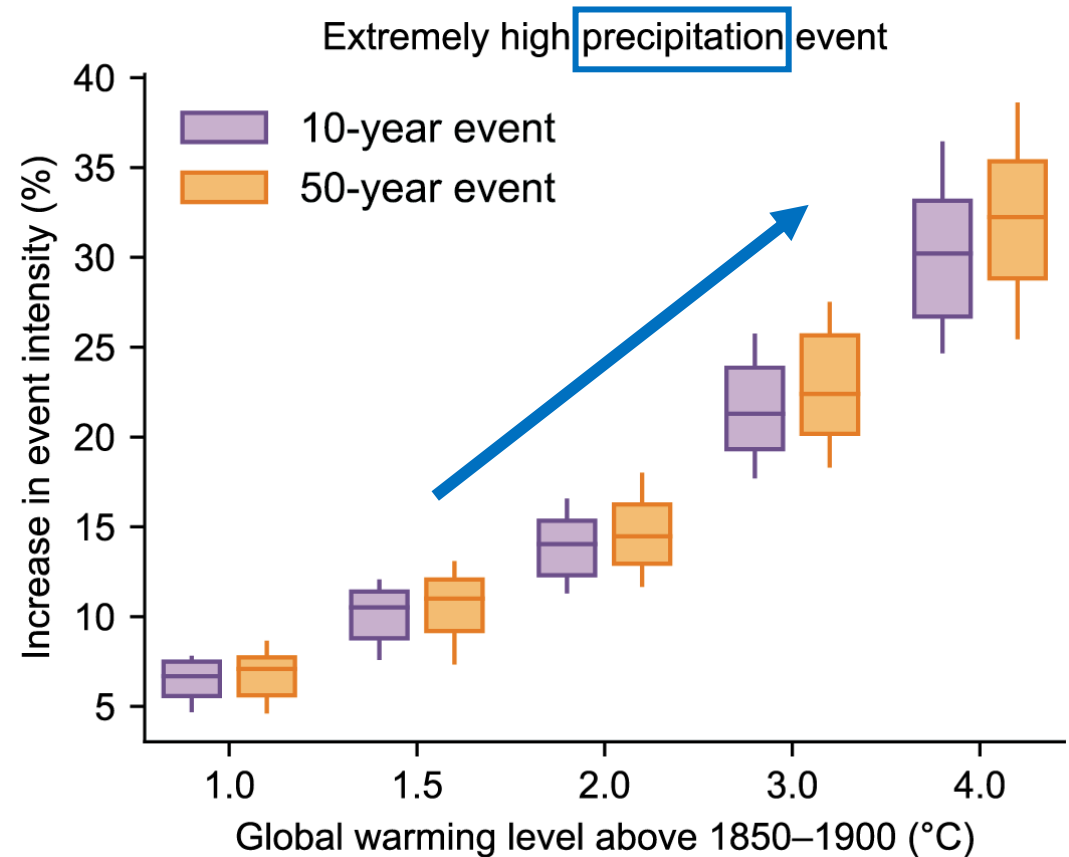
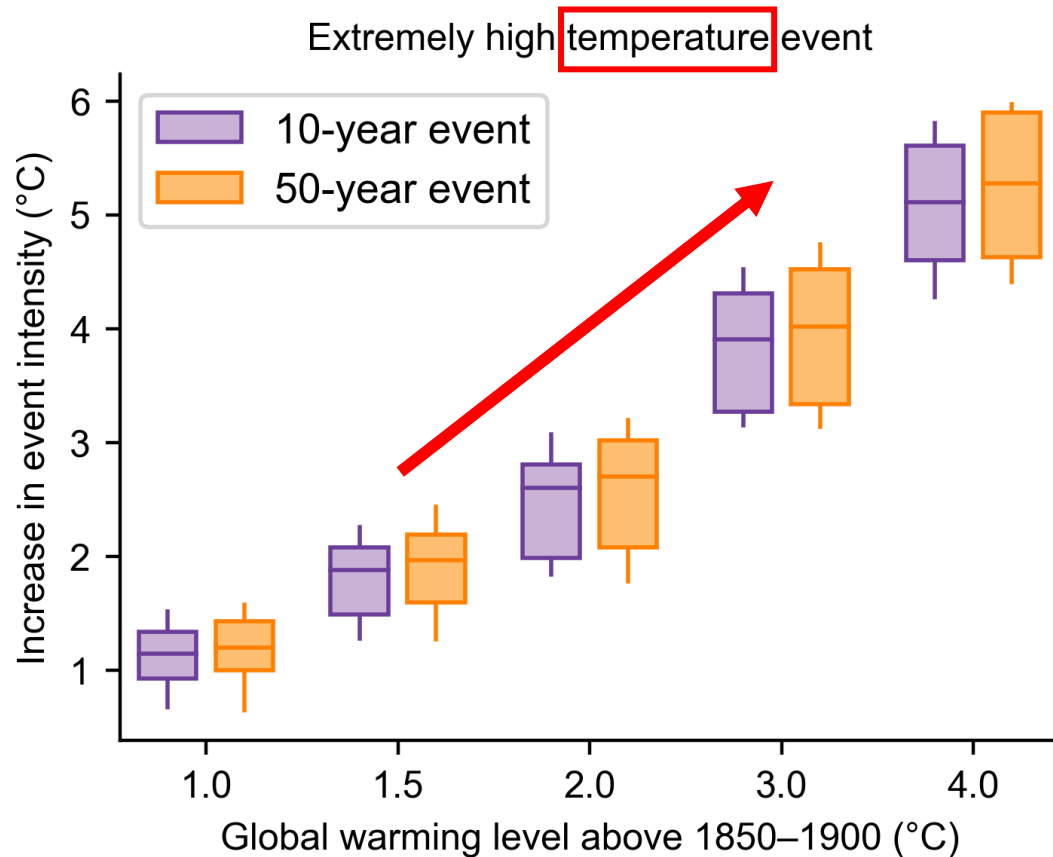


# PROJEÇÕES DE CLIMA E EXTREMOS NO FUTURO



Quais prognósticos de clima e de riscos de novos extremos climáticos?

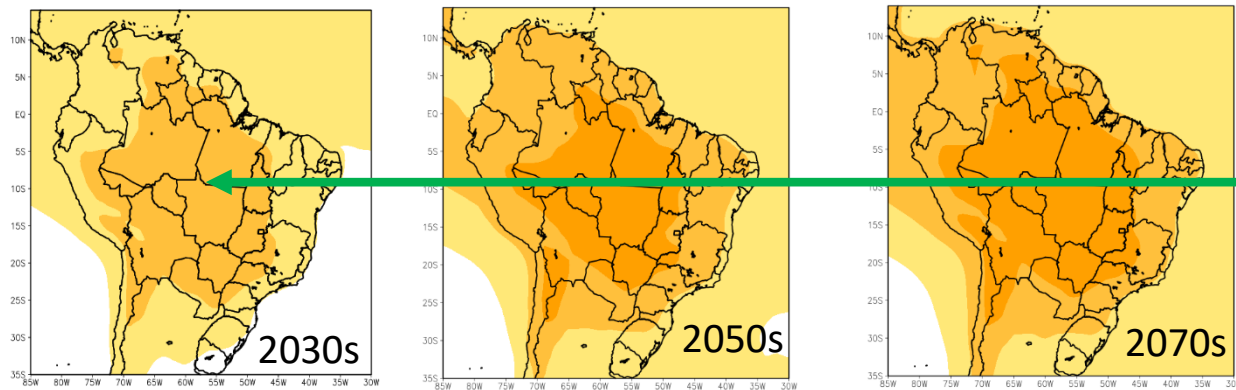
# AUMENTO NA INTENSIDADE DE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS PARA DIFERENTES GRAUS DE AQUECIMENTO GLOBAL



- Aumento na intensidade de eventos extremos de **temperatura (°C)** e **chuva (%)** com período de retorno de 10 e 50 anos para maiores incrementos de aquecimento global.

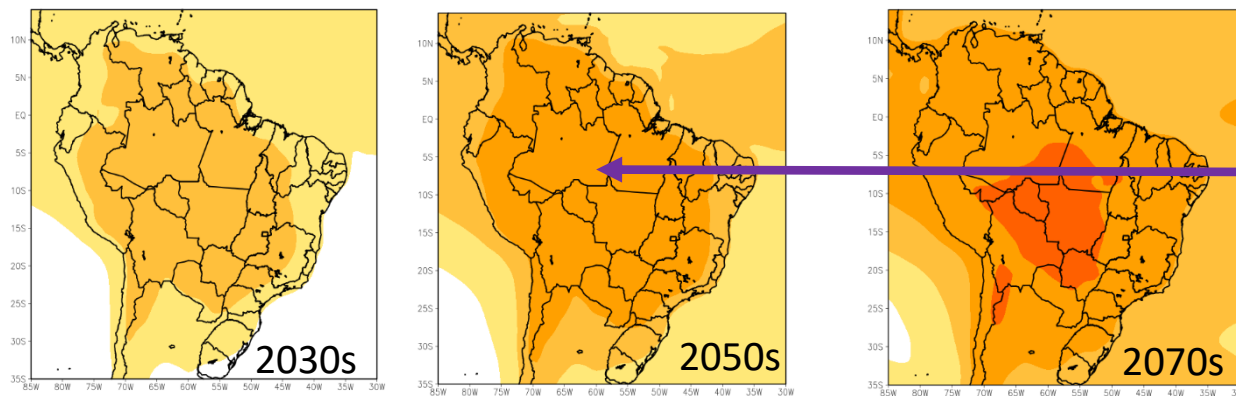
# PROJEÇÕES DE ANOMALIAS DE TEMPERATURA

SSP1 2.6  
(Baixas Emissões)



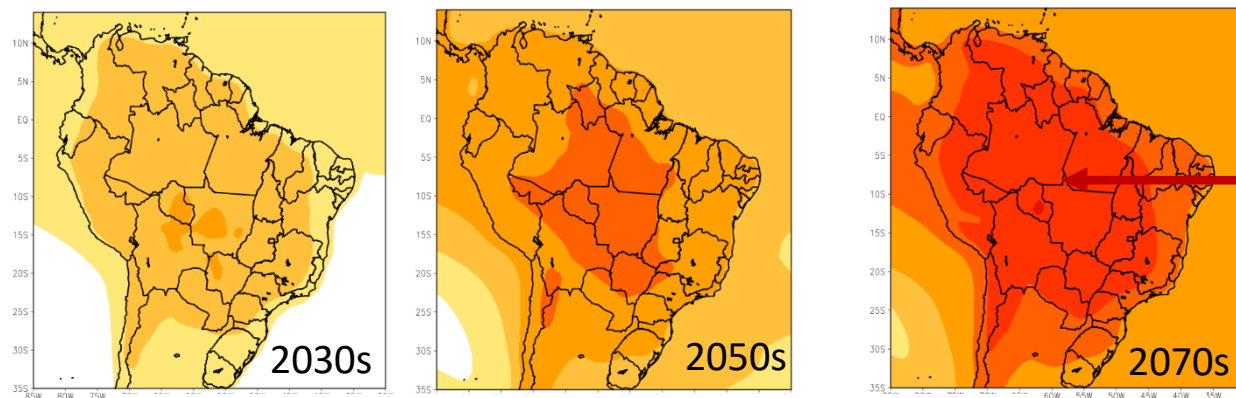
Mesmo no cenário de **baixas emissões** de GEE se projeta aquecimento de **1,5°C** já na década de 2030. Isso ocorre em função do acúmulo das emissões que já ocorreram

SSP2 4.5  
(Médias Emissões)



Em meados do século no cenário de **médias emissões** a anomalia chega **3°C** na maior porção do Brasil

SSP5 8.5  
(Altas Emissões)



No cenário de **altas emissões**, no final do século, a anomalia chega até **4°C** em boa parte do Brasil



\*40 modelos do CMIP6

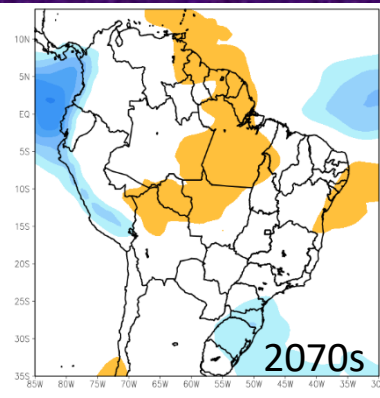
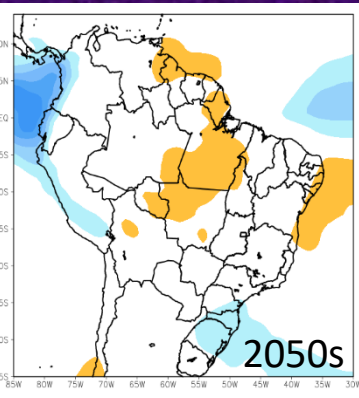
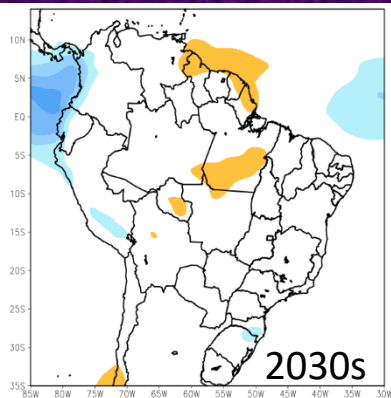
\*Diferenças em relação ao período 1961-1990

Fonte dos dados: climexp.knmi.nl

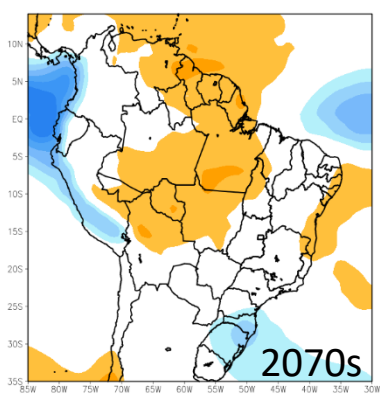
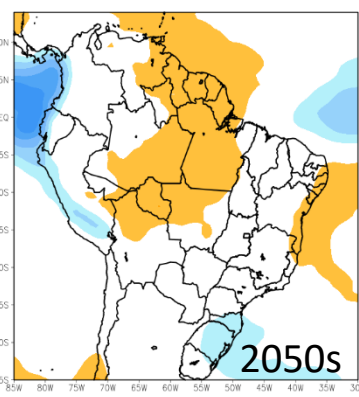
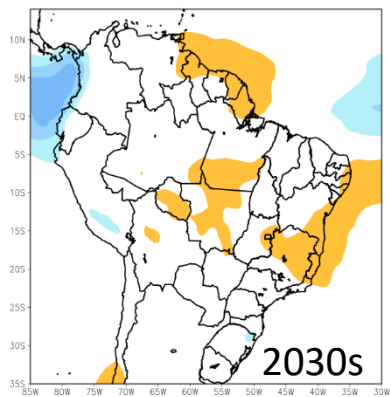
Cenários Futuros

# PROJEÇÕES DE ANOMALIAS DE CHUVA

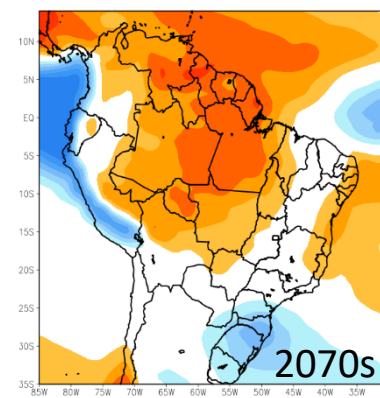
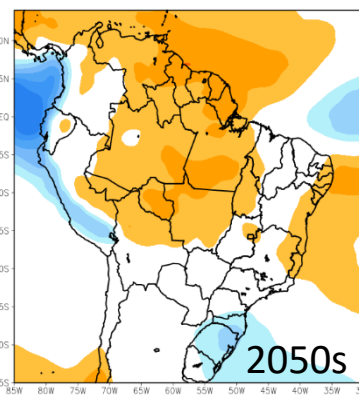
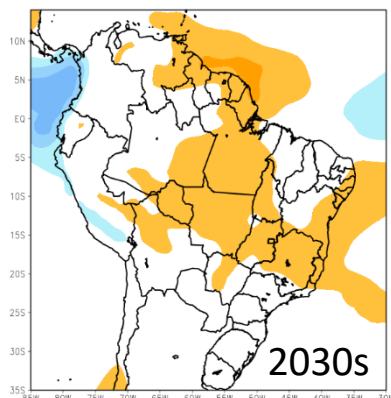
SSP1 2.6  
(Baixas Emissões)



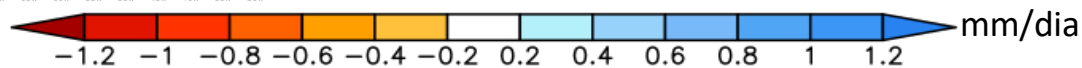
SSP2 4.5  
(Médias Emissões)



SSP5 8.5  
(Altas Emissões)



- Menos chuva na Amazônia e Nordeste do Brasil (manchas laranjas)
- Mais chuva no Sul do Brasil (manchas azuis)



\*40 modelos do CMIP6  
\*Diferenças em relação ao período 1961-1990

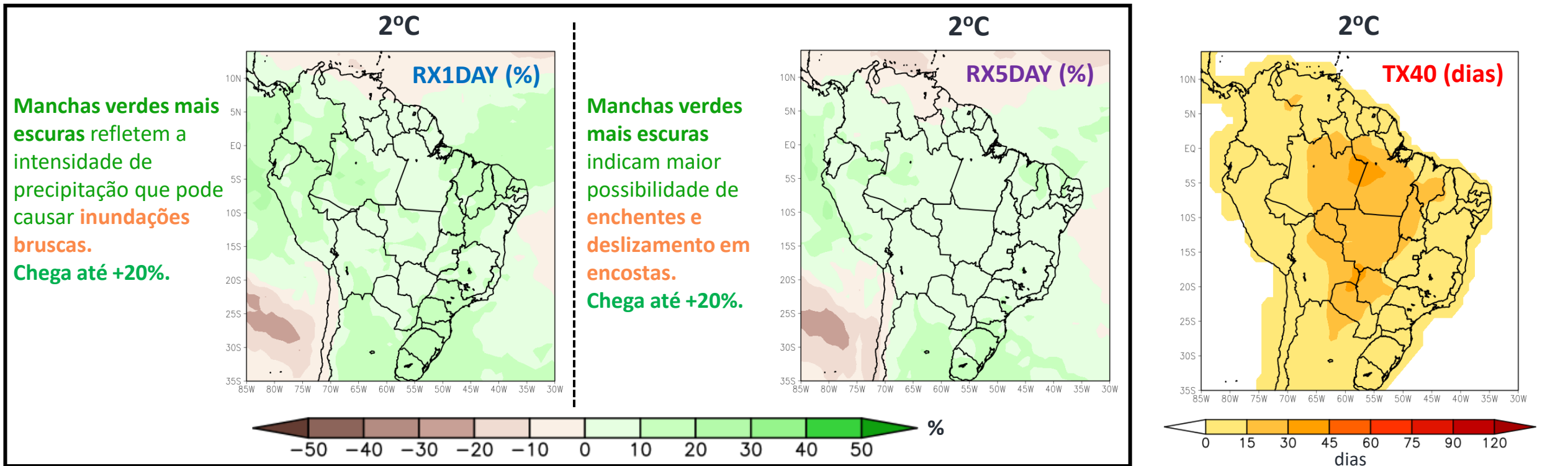
# PROJEÇÕES DE ÍNDICES CLIMÁTICOS EXTREMOS NO BRASIL

**RX1DAY** = Precipitação máxima anual em 1 dia (inundações bruscas)

**RX5DAY** = Precipitação máxima anual em 5 dias consecutivos (enchentes e deslizamentos de encostas)

**TX40** = Número de dias com temperatura máxima acima de 40°C

Anomalias para 2 graus de aquecimento global adicional em relação ao período Pré-industrial (1850-1900)



# A AMAZÔNIA COMO ENTIDADE REGIONAL DO SISTEMA TERRESTRE



Foto: Carlos Nobre. Ducke Reserve, INPA, Manaus, Brazil, 27 Fev 2020.

# O RIO NEGRO ATINGIU 12,70 METROS EM 26 DE OUTUBRO DE 2023 O MAIS BAIXO NÍVEL DESDE 1902

Igarapé,  
Próximo de Manaus

Seca de 2023-24

Fonte: <https://www.dw.com/pt-br/impactos-da-seca-extrema-na-amaz%C3%B4nia-devem-se-estender-por-meses/a-67213481>

# SECA NA AMAZÔNIA 2023

No meio da seca que afeta a região amazônica, mais de 100 botos e tucuxis (outro tipo de golfinho de água doce) apareceram mortos desde 23 de agosto, de acordo com o WWF Brasil.

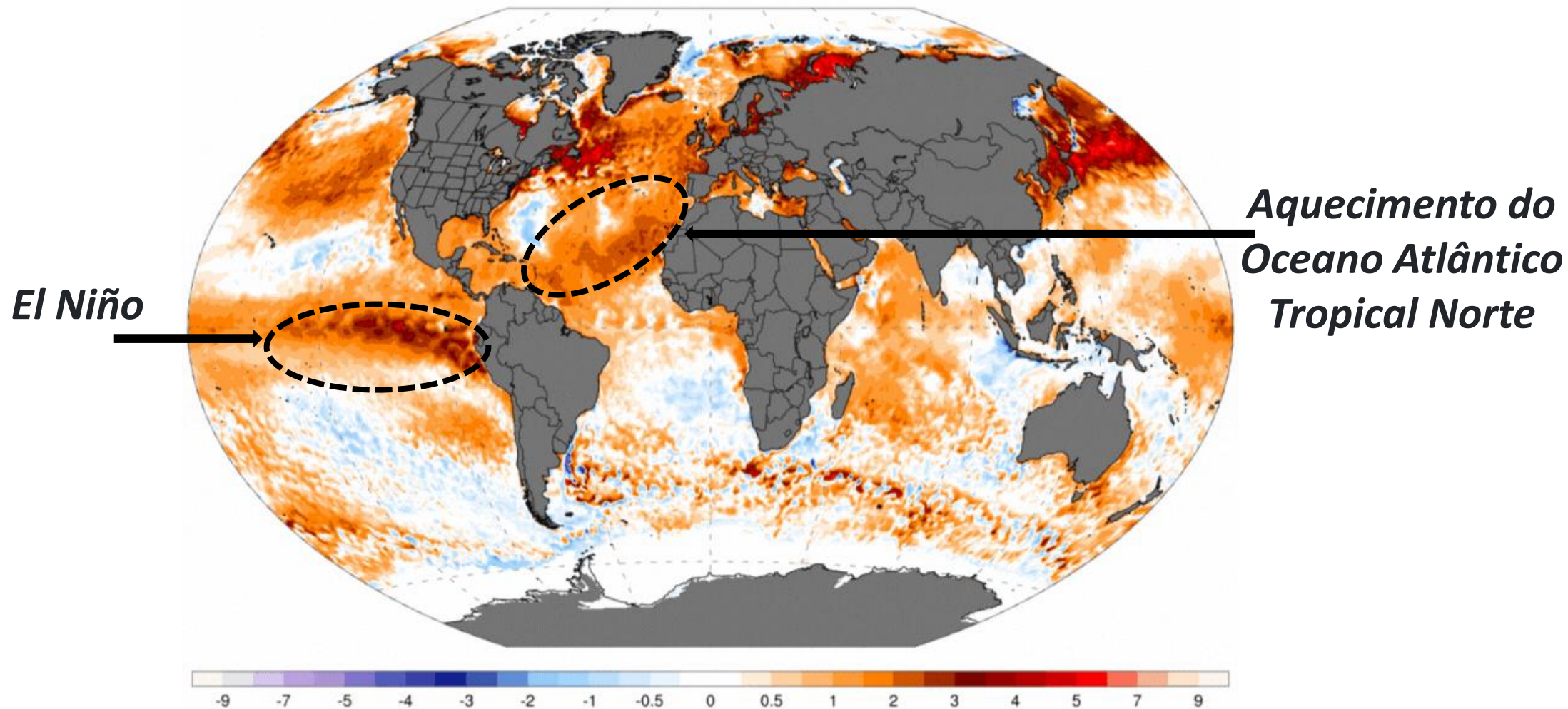


Sob o efeito do El Niño e do Atlântico Tropical Norte mais quente, ocorreram mortes de peixes devido às altas temperaturas da água e à baixa concentração de oxigênio.

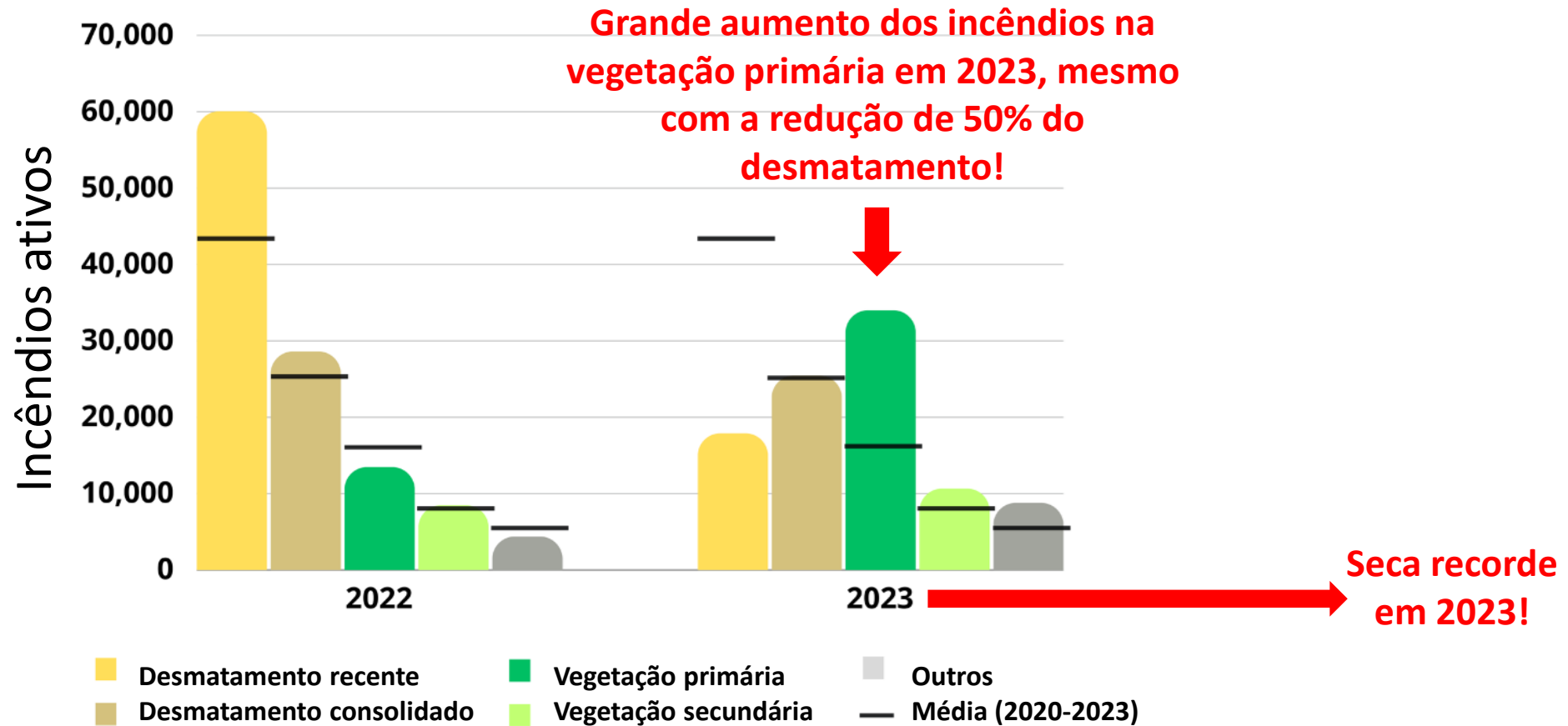
# ANOMALIA DE TEMPERATURA SUPERFICIAL DO OCEANO (°C) DE 15 DE SETEMBRO ATÉ 19 DE OUTUBRO DE 2023

OISST SST Anomaly (°C) [1971-2000 baseline]  
1-day Avg | Fri, Sep 15, 2023

ClimateReanalyzer.org  
Climate Change Institute | University of Maine



# O DESMATAMENTO CAIU MAS OS INCÊNDIOS CONTINUAM DEGRADANDO A AMAZÔNIA BRASILEIRA



# Fumaça de Incêndios florestais



Acre

Rondônia

Amazonas

Pará

Mato Grosso

El Beni

Brasil


Bolívia

5 de Setembro de 2022

Fonte: NASA (Earth Observatory)



Na cultura popular, a Amazônia foi retratada por um longo tempo como um “Inferno Verde”. Mas...



Mas para as populações tradicionais,  
uma visão muito diferenciada...

**Um 'PARAÍSO VERDE' PARA  
SUAS POPULAÇÕES!**

Foto: Sebastião Salgado do livro "Terra"

# VISUALIZAÇÃO DE SIMULAÇÃO DE “SAVANIZAÇÃO” NA ESCALA DA BACIA AMAZÔNICA

Processo de  
“Savanização”  
acontecerá em 30-50  
anos após o ‘Ponto de  
Não Retorno’ ser  
ultrapassado

Nesse caso, a Amazônia emitirá mais de 250 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, a temperatura da superfície aumentará de 3-5 C, e ocorrerá a redução do transporte de umidade pelos "rios voadores" para o sul da bacia.



# QUEIMADAS NO PANTANAL

Incêndios no Pantanal coloca Brasil do topo do ranking de fogo na América do Sul

De acordo com dados do Programa BDQueimadas, do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais):

- Com chuvas abaixo das médias históricas desde 2023 e a seca extrema impulsionada pelo El Niño, o **bioma Pantanal** registrou **2.571 focos entre 1º e 19 de Junho de 2024**.
- **Nos primeiros 19 dias**, os focos cresceram **2.951%** em relação ao mesmo período em 2023.
- **No acumulado dos últimos 12 meses**, foram **9.014** focos, sete vezes superior ao registrado nos 12 meses anteriores (1.298).

Focos de 1º e 19 de Junho:

Brasil = 7.214

Paraguai = 2.334

Bolívia = 1.935

Argentina = 1.446

Peru = 335



O que fazer para reduzir o risco de “tipping points” sociais e ecológicos?

## AÇÃO IMEDIATA!



ZERAR DESMATAMENTOS,  
DEGRADAÇÃO FLORESTAL  
E INCÊNDIOS DA  
VEGETAÇÃO

CONSERVAÇÃO E  
RESTAURAÇÃO  
FLORESTAL



COMPROMISSOS DE  
GOVERNOS COM  
POLÍTICAS DE  
SUSTENTABILIDADE

UMA NOVA  
BIOECONOMIA DE  
FLORESTA SAUDÁVEL EM  
PÉ E RIOS FLUINDO



PREVENÇÃO E CONTROLE DO DESMATAMENTO, INCÊNDIOS E DEGRADAÇÃO NA  
AMAZÔNIA LEGAL, CERRADO, PANTANAL, CAATINGA, PAMPA E MATA ATLÂNTICA

# TRANSFORMANDO A AMAZÔNIA ATRAVÉS DOS ARCOS DA RESTAURAÇÃO

SCIENCE PANEL FOR THE AMAZON

## POLICY BRIEF

### TRANSFORMING THE AMAZON THROUGH "ARCS OF RESTORATION"

Jos Barlow · Liána Anderson · Erika Berenguer · Pedro Brancalion · Nathalia Carvalho · Joice Ferreira · Rachael Garrett · Catarina Jakovic · Nathalia Nascimento · Marielo Peña-Claros · Ricardo Rodrigues · Judson Valentim

#### KEY MESSAGES

(i) There is an urgent need for large-scale restoration across the Amazon, which has suffered decades of deteriorating ecological conditions and is fragile in the face of climate change.

(ii) Restoration encompasses a mix of strategies that increase the extent and permanence of tree cover and contribute towards the delivery of multiple benefits from climate change mitigation, biodiversity conservation, and social well-being.

(iii) Restoration at scale can be achieved through seven complementary targets: (a) Achieve zero deforestation by 2030; (b) Avoiding forest degradation; (c) Restoring forests in protected areas; (d) Restoring forests in undesignated lands; (e) Restoring areas that have been cleared above the legal allowance on private lands; (f) Restoring forest cover beyond legal compliance; and (g) Sustainable restoration of degraded farmland.

(iv) These targets can be achieved through manipulating

seven different levers: (a) Strengthen existing public policies and develop new ones; (b) Improve implementation and enforcement of policies and support with adequate governance systems; (c) Clarify land tenure and resolve conflicts; (d) Improve the commitments and policies of the private sector and import countries; (e) Empower local communities, women, and youth; (f) Support innovation and offer technical assistance; and (g) Effective monitoring.

(v) Levers need to be applied at multiple scales, from landscapes to regions, incorporating local socio-ecological conditions and considering benefits for biodiversity, water, production systems, and local people.

(vi) The risks of restoration can be addressed by taking an equitable approach. Restoration is very unlikely to be successful unless it is carried out with strategic plans that secure both the support of a broad range of local stakeholders, innovative approaches, and long-term funding, which should also cover its development monitoring and measures that prevent leakage or other perverse outcomes.

#### RECOMMENDATIONS

(i) Achieve zero deforestation by 2030. Based on an average of the past five years, business-as-usual deforestation would lead to an additional 8 M ha of deforestation by 2030 in the Brazilian Amazon alone. Reducing this by 50% would save 4 M hectares of primary forest.

(ii) Avoiding further forest degradation could allow over 100 M ha of degraded forests to recover their carbon stocks, biodiversity, and provisioning of ecosystem services. It will also protect undisturbed primary forests from being degraded. Without urgent action, a return to El Niño conditions will almost certainly see a return of

#### DESMATAMENTO ZERO

Reduzindo o desmatamento em 50% até 2030 poderia salvar mais do que 4 milhões de hectares de floresta primária.

#### EVITAR DEGRADAÇÃO FLORESTAL

Poderia prevenir os incêndios florestais e a degradação de mais de 100 milhões de hectares.

#### RESTAURAÇÃO FLORESTAL EM ÁREAS PROTEGIDAS

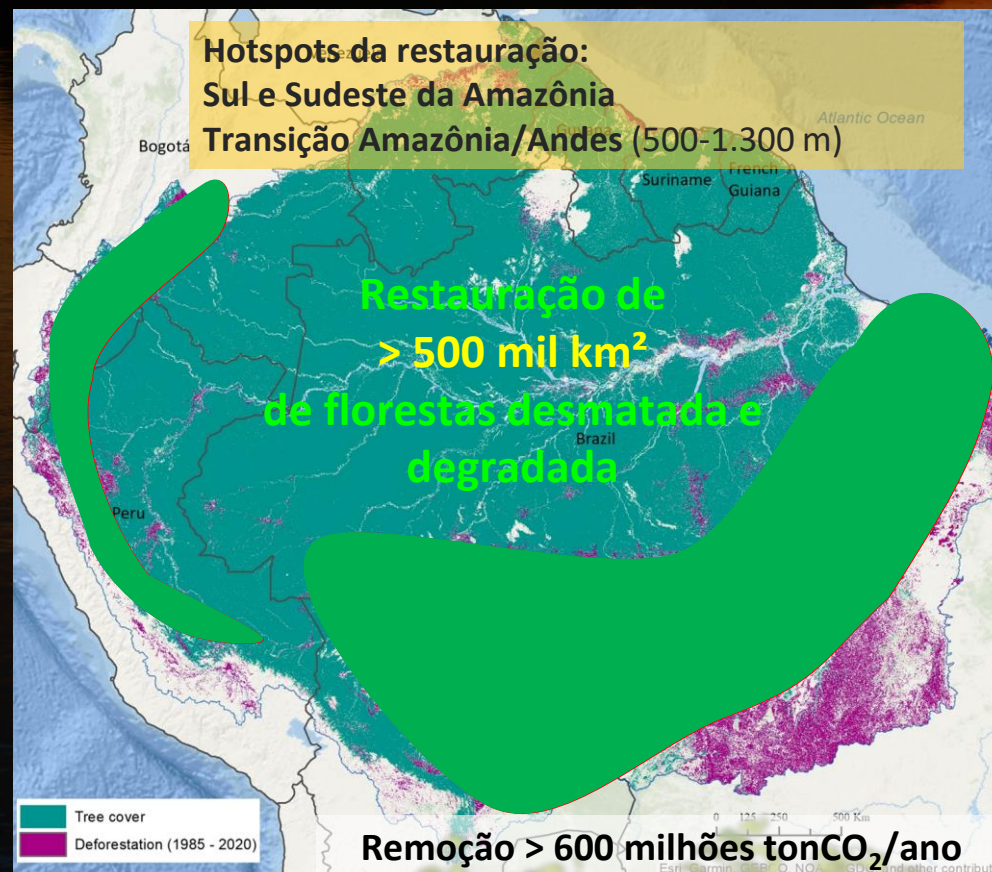
Considerando as áreas derrubadas em 2015 poderia fornecer mais de 800 mil hectares para restauração.

#### RESTAURAÇÃO DE PASTAGEM DEGRADADA

Poderia ser aplicada em 24 milhões de hectares.

#### RESTAURAÇÃO ALÉM DA OBRIGAÇÃO LEGAL NAS TERRAS PRIVADAS

No Pará existem mais de 5 milhões de áreas ripárias desmatadas que não precisam ser restauradas pela lei.



# Uma nova Sociobioeconomia de Saudáveis Floresta em Pé e Rios Fluindo pode ser mais Lucrativa do que as Economias Convencionais que Induzem o Desmatamento

## Pastagem

1 – 2 empregados por 100 hectares



**LUCRO:**

**US\$ 50 – 100 / ha.ano**

Fonte: Barbosa, FA et al. Cenários para pecuária de corte amazônica. Ed. IGC/UFMG, 146p. 2015.

## Soja

0.5 – 1 empregado por 100 hectares



**LUCRO:**

**US\$ 100 - 300 / ha.ano**

Fonte: Oliveira, CM et al. Acta Amazônica, v.43, n.1, 2013. Rocha, RR. Meio Ambiente (Brasil). v.2, n.4, 2020.

## Sistema Agroflorestal (PFNM)

20 – 40 empregados por 100 hectares



**LUCRO:**

**US\$ 300 - 700 / ha.ano**

Fonte: Peters, C.M. et al. Nature. v.339, 1989. WWF-Brasil. Brasília-DF. 2020.



**CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS + CONHECIMENTOS TRADICIONAIS COMO AS BASES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AMAZÔNIA**



# O DESTINO DA AMAZÔNIA

## BRASIL IRÁ ESCOLHER, EM 20 ANOS, O SEU FUTURO E DO MUNDO



MÍRIAM LEITÃO  
brasil@oglobo.com.br

Um breve lamento sobre o que o Brasil poderia ter sido e que não foi e, em seguida, pulou, ágil, para os próximos anos, pauta que eu havia proposto para a nossa semana. Para um clima

Mas uma savana pobre, e não rica como o nosso cerrado. Vários estudos mostram que entre 30 e 50 anos a floresta pode desaparecer, porque as árvores da Amazônia não

O GLOBO



CLAUDIO RENATO

## Na Amazônia, Brasil decidirá seu futuro

MÍRIAM LEITÃO

RIO DE JANEIRO, DOMINGO, 28 DE AGOSTO DE 2022

Os erros cometidos há 200 anos na Amazônia, que luta para sobreviver em meio à degradação crescente, precisam ser corrigidos pelo Brasil nas próximas duas décadas ou o país e o mundo não terão futuro. No sul da região, é asfixiante não ver a floresta onde a floresta deveria estar. Os caminhos se estreitaram, e estamos diante dessa escolha fatal entre vida e morte. **PÁGINAS 18 e 19**

Vida|sustentável. Maisa e seu cacau: "ainda posso usar a casca como copo"

**Maisa, 6 anos, deseja tornar-se uma mulher praticando a agricultura sustentável!**

Associação de Mulheres Produtoras de Polpas de Frutas. São Felix do Xingu, Pará



# Acordo de Paris

**1.5 DEGREES**

**O grande desafio do  
Século XXI**

# ACORDO DE PARIS



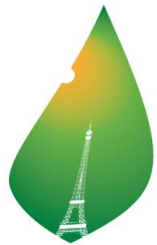
“Vida longa ao planeta.  
Vida longa à humanidade”

Pela primeira vez, 195 nações assinaram o acordo se comprometendo a tomar medidas para conter as mudanças climáticas.

## Metas

Conter a elevação da temperatura média até **2°C** até o final do século, mas com o compromisso de esforço para manter o aquecimento em torno ou abaixo de **1.5°C**

Estabeleceu metas para reduzir as emissões de GEEs. Reduzir em **70%** as emissões até 2050 e zerar até o final do século.



PARIS2015  
CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES  
SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES  
COP21·CMP11

Em 2021 a **COP26 em Glasgow, na Escócia**, lançou metas para manter o aquecimento global abaixo de **1.5°C**: **reduzir as emissões globais em aproximadamente 50% até 2030 e zerar as emissões líquidas até 2050**

## COP21: RESULTADOS

5 Pontos-Chave do acordo de Paris

A cada 5 anos países **reforçam compromissos climáticos**

**Adaptação** é o pilar central para ajudar os mais vulneráveis.

Alcançar emissões líquidas zero no **longo prazo.**

**Mais transparência** garantindo o cumprimento de promessas

**Financiamento** para auxiliar países em desenvolvimento

**10.000** novas iniciativas para o clima

**186 países** compartilharam planos nacionais de ação

**+ de 127 MI hectares** degradados serão restaurados na América Latina e África

**+ de 400 cidades** terão metas que podem reduzir emissões pela metade

**\$1 trilhão** serão levantados por aliança global para investir em energia solar

**+ de 114 empresas** vão usar Bases Científicas para criar metas de corte de emissão

**20 países** vão dobrar investimentos em P&D de energia limpa

Estas ações essenciais vão transformar o mundo e nos levar em direção a um futuro mais seguro, melhor adaptado "as mudanças climáticas.

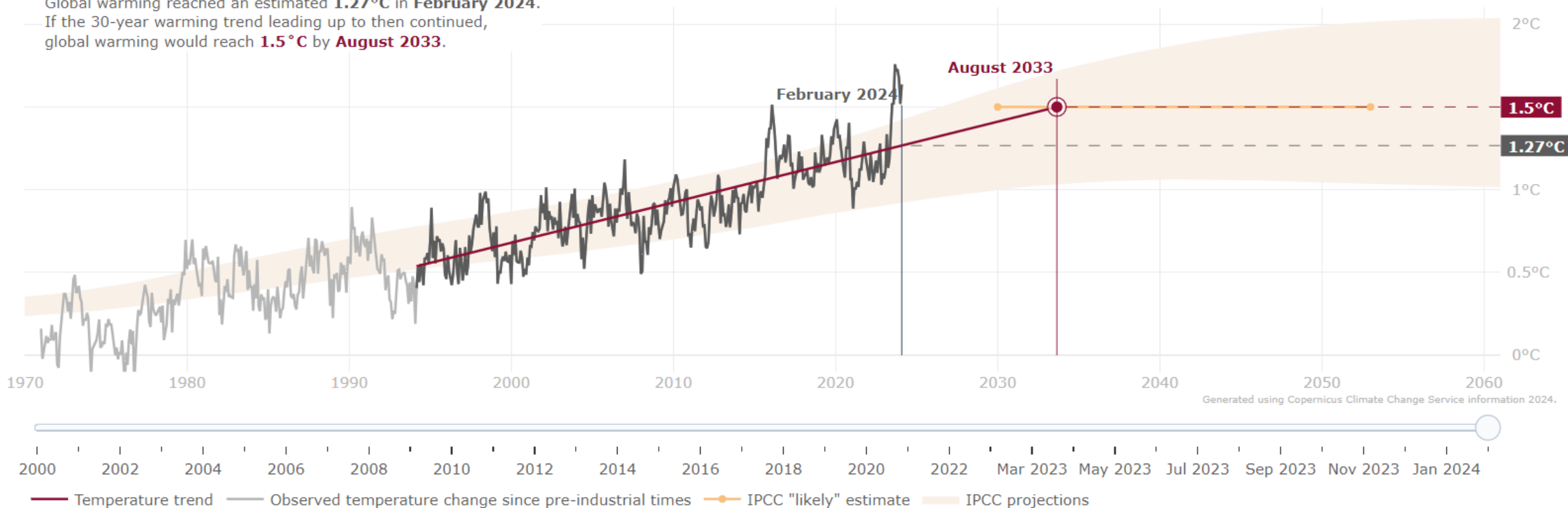
[www.wri.org.br](http://www.wri.org.br)



WORLD  
RESOURCES  
INSTITUTE

# QUÃO PERTO ESTAMOS DE ATINGIR UM AQUECIMENTO GLOBAL DE 1.5°C?

Global warming reached an estimated **1.27°C** in **February 2024**.  
If the 30-year warming trend leading up to then continued,  
global warming would reach **1.5°C** by **August 2033**.



Alcançar **1.5°C** de aquecimento global – um limite acordado no âmbito do Acordo de Paris – pode parecer uma realidade muito distante, mas pode estar mais perto do que se pensa.

\*"Aquecimento global" num determinado momento refere-se ao aumento numa média de 30 anos, centrada no tempo especificado, da temperatura global da superfície da Terra em relação ao período pré-industrial;

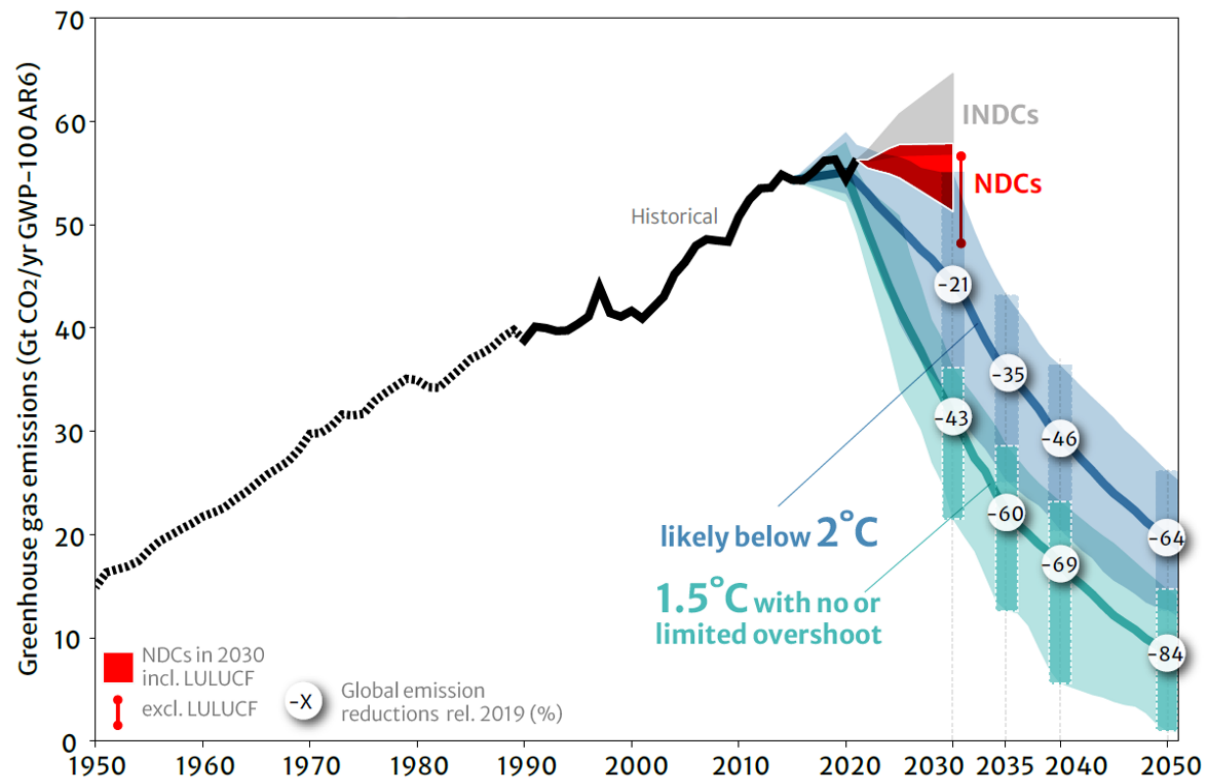
\*"Attingir o limite" refere-se ao momento em que o tempo central da temperatura média de 30 anos é igual a 1.5°C acima dos valores pré-industriais;

\*"Valores pré-industriais" referem-se à aproximação da temperatura do ar à superfície desta época a partir do relatório do IPCC 'Aquecimento global de 1.5°C'.

# ONU ALERTA QUE O MUNDO ESTÁ EM ROTA DE AQUECIMENTO ACIMA DO ACORDO DE PARIS

Em 08 de setembro de 2023 a UNFCCC lançou o relatório **Global Stocktake (GST)** previsto no artigo 14 do Acordo de Paris

**Emissões históricas desde 1950, emissões projetadas até 2030 com base nas NDCs e reduções das emissões exigidas pelo IPCC-AR6 de 2022**



	Reductions from 2019 emission levels (%)				
		2030	2035	2040	2050
Limit warming to 1.5°C (>50%) with no or limited overshoot	GHG	43 [34-60]	60 [49-77]	69 [58-90]	84 [73-98]
	CO <sub>2</sub>	48 [36-69]	65 [50-96]	80 [61-109]	99 [79-119]
Limit warming to 2°C (>67%)	GHG	21 [1-42]	35 [22-55]	46 [34-63]	64 [53-77]
	CO <sub>2</sub>	22 [1-44]	37 [21-59]	51 [36-70]	73 [55-90]

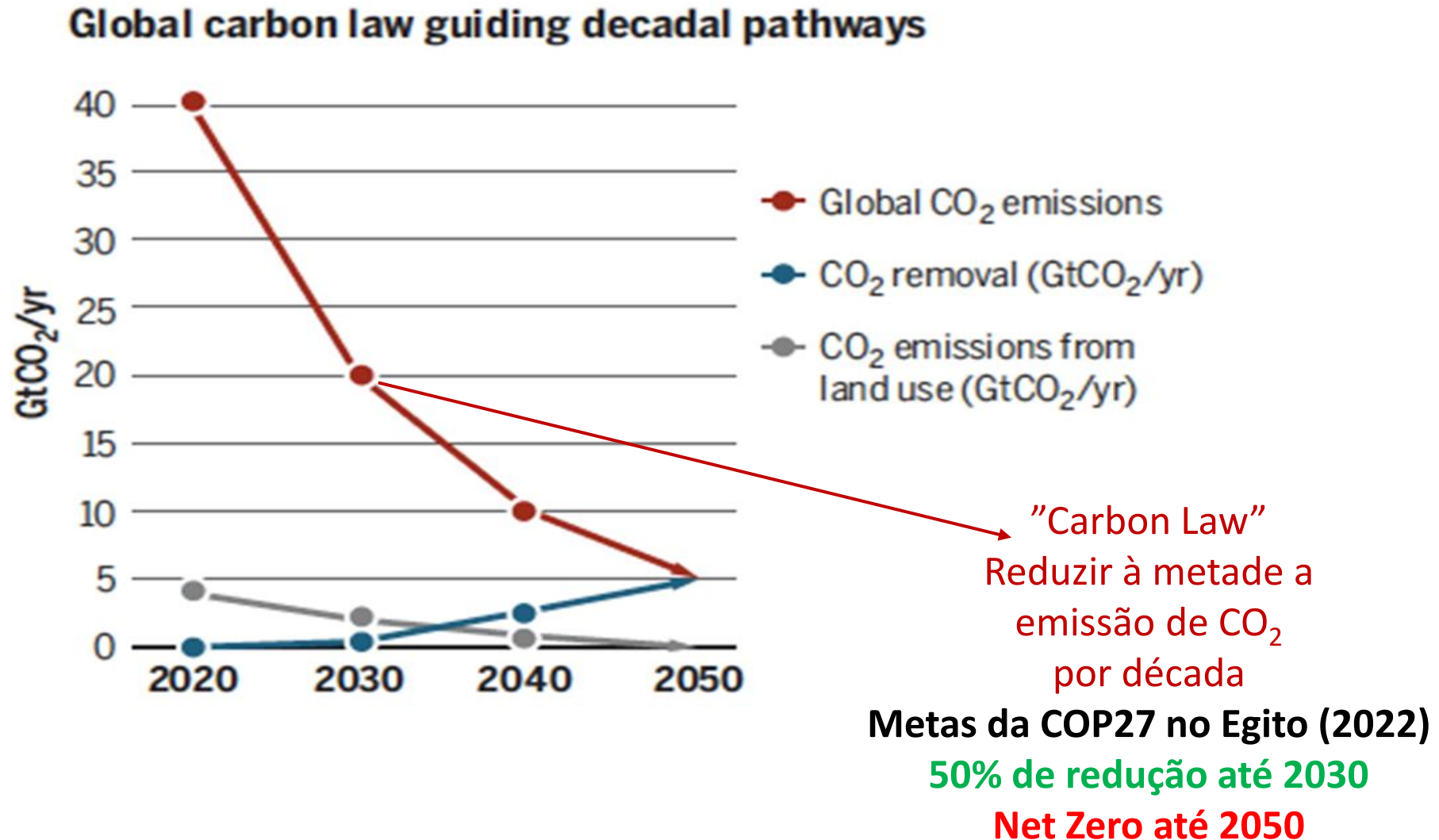
- Os anúncios na **COP 27** indicaram que as temperaturas esperadas foram reduzidas para **2.4–2.6 °C**, com a possibilidade de atingir **1,7–2,1 °C**, levando em conta a **plena implementação das metas NET ZERO a longo prazo**.
- Ainda precisam ser cortadas **20,3 a 23,9 GtonCO<sub>2</sub>e** e o GST aponta a necessidade de **energias renováveis, eliminação de combustíveis fósseis e parar o desmatamento e degradação florestal**.

O objetivo do GST é fazer um balanço da situação em que os países se encontram coletivamente na implementação dos seus compromissos e compreender o que mais é necessário. Assim, os resultados do GST devem informar as futuras ações e medidas de suporte providenciados pelos países, e, portanto, podem reforçar a ambição coletiva ao longo do tempo. Esse processo deve ser conduzido com base na ciência e na equidade, e acontece em um ciclo a cada cinco anos.

**INDCs** - sigla para Contribuições Nacionalmente Determinadas Pretendidas, intenções que os países tinham para emissões antes da assinatura do Acordo de Paris

**NDCs** - Contribuições Nacionalmente Determinadas, os compromissos climáticos que os países assumiram como parte do Acordo de Paris

# ROTAS DE MITIGAÇÃO (REDUÇÃO DAS EMISSÕES)



# EMISSÕES BRUTAS PER CAPITA

## Até 2030...

Das atuais 11 t de CO<sub>2eq</sub> anuais per capita, o Brasil pode chegar a **5 t ao ano em 2030?**

→ > 60% de redução das emissões per capita

## Como



- Restauração de >> 12 milhões de hectares de florestas até 2030.
- Zerar o desmatamento e degradação de todos os biomas

A maior parte das emissões brasileiras (1,2 bilhões de toneladas de CO<sub>2eq</sub> em 2030) se **concentraria** na agricultura e geração de energia!

Emissões líquidas **negativas** em mudanças dos usos da terra!



# NDC 2023: O BRASIL AUMENTOU A AMBIÇÃO?

A atualização da NDC do Brasil ao Acordo de Paris, aprovada pelo Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM) e anunciada na Cúpula da Ambição Climática da ONU em 20 de setembro de 2023, devolve a ambição climática do país ao nível de 2015 (primeira NDC):

- **Limite de emissões de 1,32 GtCO<sub>2</sub>e (redução 48%) de GEE até 2025**
- **Limite de emissões de 1,20 GtCO<sub>2</sub>e (redução de 53%) de GEE até 2030**

NDC	Comunicação Nacional	Ano base	Metas <sup>1</sup>		Diferenças em relação à NDC 2015/2016		Diferenças em relação à atualização de 2020		Diferenças em relação à atualização de 2022	
			2005	2025	2030	2025	2030	2025	2030	2025
Original (NDC 2015/2016)	Valor próximo ao da Segunda	2,10	1,3 <sup>2</sup> (-37%)	1,2 (-43%)						
Primeira atualização (NDC 2020)	Terceira	2,84	1,79 (-37%)	1,62 (-43%)	+ 0,49 (aumenta as emissões, reduz a ambição)	+ 0,42 (aumenta as emissões, reduz a ambição)				
Segunda atualização (NDC 2022)	Quarta	2,56	1,61 (-37%)	1,28 (-50%)	+ 0,31 (aumenta as emissões, reduz a ambição)	+ 0,08 (aumenta as emissões, reduz a ambição)	-0,17	-0,34		
Terceira atualização (NDC 2023)	Quarta (presumido)	2,56	1,32 <sup>3</sup> (-48%)	1,20 (-53%)	0 (igual a as emissões, não altera a ambição)	0 (igual a as emissões, não altera a ambição)	-0,47	-0,42	-0,29	-0,08

O Brasil precisa alinhar as metas de curto prazo de sua NDC. Políticas nacionais com o objetivo de neutralidade climática em 2050 são necessárias. Também desenvolver uma robusta e abrangente **Estratégia de Longo Prazo** para alcançar uma economia resiliente e NET ZERO antes da metade do século.

# EMISSÕES (LIMITE DE 1.5°C)

Até 2050:

- Emissões líquidas **ZERO**



- ✓ 100% de energia limpa e renovável

Após 2050 (até 2100)

- Emissões líquidas **NEGATIVAS**



- ✓ Agricultura neutra em carbono
- ✓ Emissões negativas a partir de uso da terra
- ✓ Restauração florestal de grande escala

# CONSIDERAÇÕES FINAIS



# NET ZERO E O DESAFIO DA DESCARBONIZAÇÃO

**Economia saudável, resiliente, geradora de empregos decentes e crescimento inclusivo e sustentável**

## NET ZERO

### O grande desafio da Humanidade

- O **saldo entre as emissões e as remoções** de carbono tem que somar zero, ou seja, deve ser neutro.
- Os **planos devem apresentar metas** intermediárias, sustentáveis, políticas alinhadas, rastreabilidade, e um mecanismo de governança com transparência.
- O **esforço local** deve estar alinhado com as metas do Acordo de Paris de limitar o aquecimento global em **1.5°C**.

**A atualização da NDC** (Contribuição Nacionalmente Determinada) **do Brasil** ao Acordo de Paris de 2015, aprovada pelo Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM) e anunciada na Cúpula da Ambição Climática da ONU em 20 de setembro de 2023, **devolve a ambição climática do país ao nível de 2015**.



[Credit: Peter John Maridable | Unsplash]

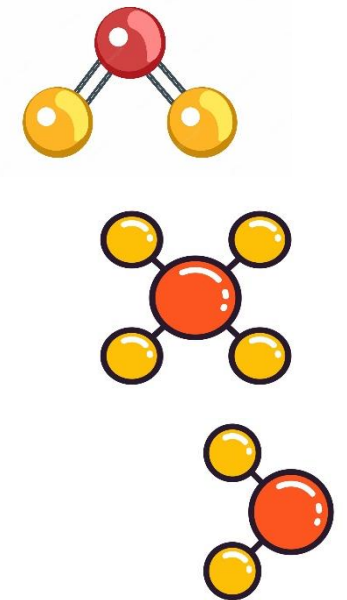
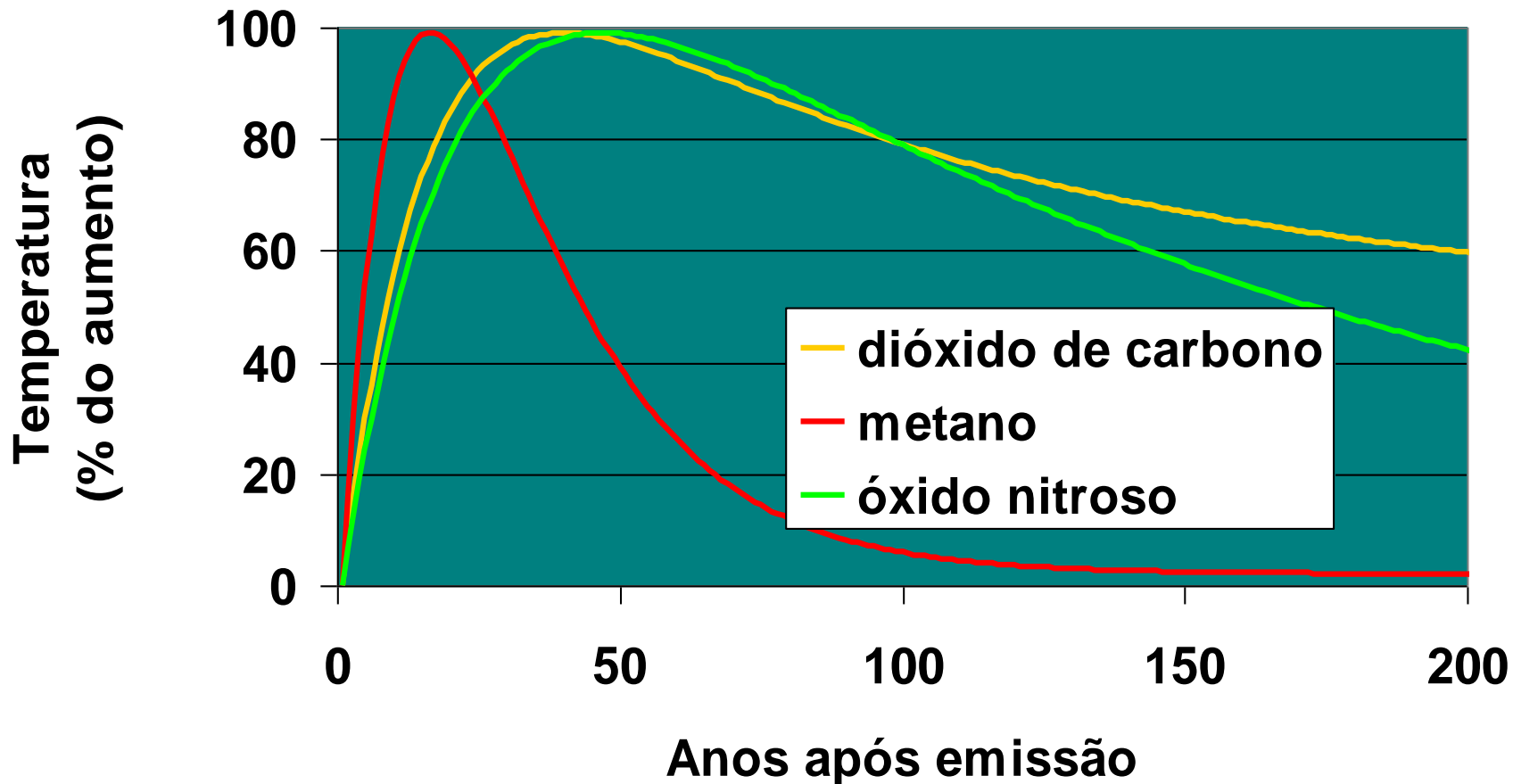
“A menos que haja reduções imediatas, rápidas e em grande escala nas emissões de gases de efeito estufa, limitar o aquecimento a 1.5°C pode ser impossível.

**QUE MUNDO VAMOS  
DEIXAR PARA AS  
FUTURAS GERAÇÕES?**



# O EFEITO MÁXIMO SOBRE O CLIMA OCORRE DÉCADAS APÓS A EMISSÃO

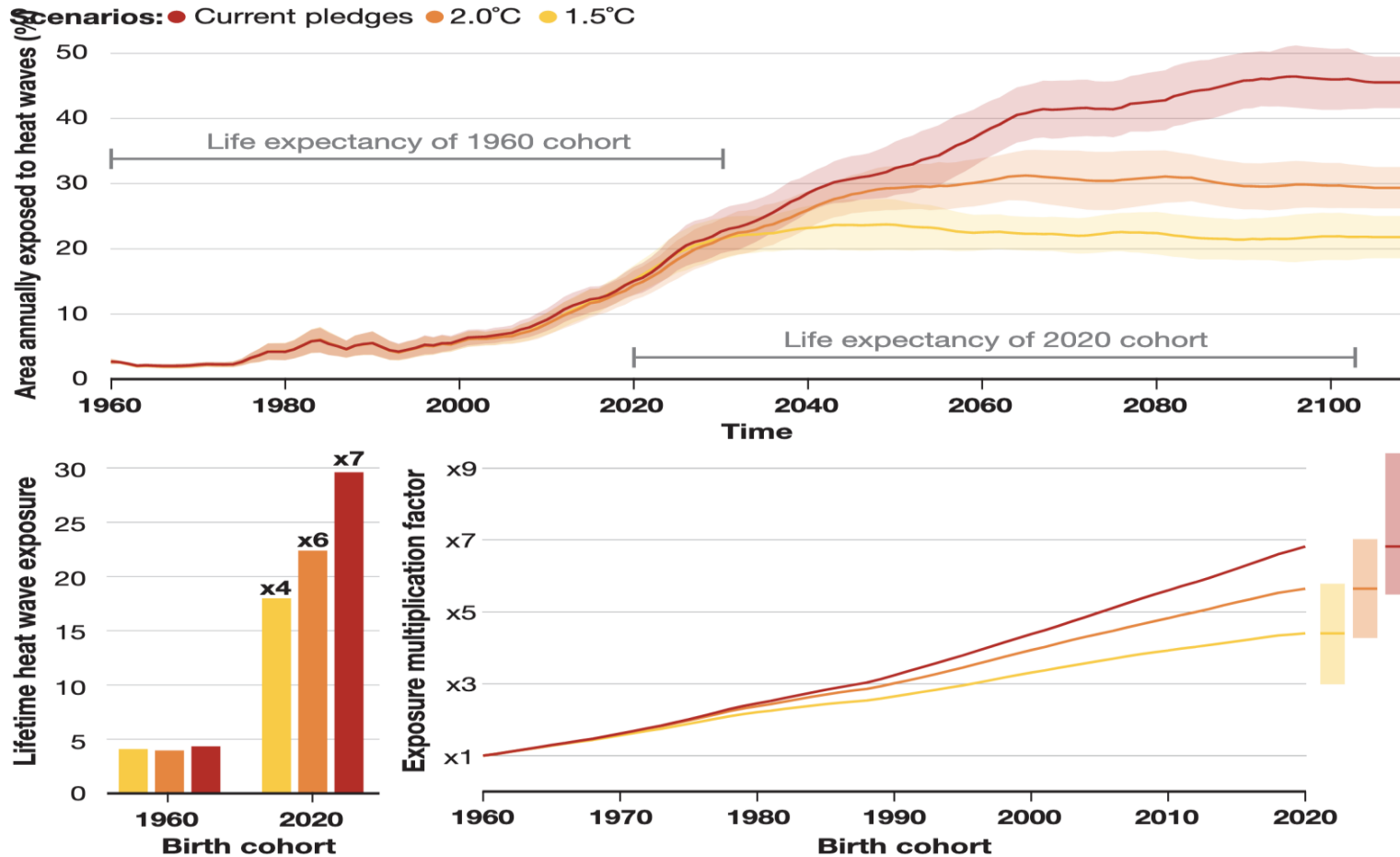
15% do gás carbônico permanece na atmosfera por mais de mil anos



# AUMENTO DA EXPOSIÇÃO A ONDAS DE CALOR PARA NASCIDOS EM 1960 E 2020 PARA 3 CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

## From a period to a cohort perspective on extreme event exposure

(Left) Global land area annually exposed to heat waves under three scenarios is shown. Lines represent multimodel means of a heat wave metric calculated from four global climate models. Lines were smoothed by using a 10-point moving average. Uncertainty bands span 1 standard deviation across the model ensemble. (Middle) Lifetime heat wave exposure for the 1960 and 2020 birth cohorts under the three scenarios is shown. Numbers above bars indicate exposure multiplication factors relative to the 1960 cohort. (Right) Shown are multiplication factors for lifetime heat wave exposure across birth cohorts relative to the 1960 cohort. Uncertainty bands represent the interquartile range for the 2020 cohort exposure relative to the multi-model mean exposure of the 1960 cohort.



GRAPHIC: K. FRANKLIN/SCIENCE

# Conclusões

- O Brasil retomou com altivez o protagonismo conquistado arduamente até alguns anos atrás na busca de soluções para enfrentar a emergência climática global.
- Deve implementar suas ambiciosas metas de NDCs até 2030, e pode tornar-se o primeiro país de grandes emissões a atingir o *net zero antes de 2050*.
- Tornar-se ainda mais ambicioso, acelerar políticas e práticas de adaptação e aumento da resiliência em todos os setores e manter o apoio à geração de conhecimento científico.
- Aperfeiçoar sistemas de previsão e alertas de desastres causados por extremos climáticos e proteger as populações em áreas de risco e todas populações vulneráveis.

# Conclusões

- O impacto da tragédia climática no Rio Grande do Sul foi caracterizada por uma combinação de eventos extremos de precipitação com implicações generalizadas. Não só o Rio Grande do Sul está em risco, mas todo o Brasil e o planeta. Negacionistas da ciência atrasam a execução de planos e ações e colocam vidas em risco.
- Os aumentos projetados de extremos como fortes chuvas, inundações e enchentes, deslizamentos de terra e ondas de calor servem de alerta em relação à intensidade e frequência de eventos extremos no futuro. A tragédia no RS mostra o tamanho do desafio.
- Intensificar ações de prevenção e controle do desmatamento na Amazônia, Cerrado, Pantanal, Caatinga, no Pampa e na Mata Atlântica.

# Conclusões

- Zerar desmatamentos, degradação florestal e incêndios da vegetação na Amazônia. Compromissos de governos com políticas de sustentabilidade.
- O Brasil, com seus Estados, Cidades, ampla sociedade, setor privado e financeiro, deve caminhar urgentemente na busca da sustentabilidade como nosso principal legado para as futuras gerações.
- As novas gerações devem assumir a liderança na busca de trajetórias de sustentabilidade para o planeta, com ênfase em justiça social e climática, e principalmente via empoderamento dos jovens e mulheres.

# SÍMBOLOS DA RESISTÊNCIA AO AQUECIMENTO GLOBAL





**MUITO OBRIGADO!**



# ESTRESSE POR CALOR

Temperatura de Bulbo Úmido de Globo (WBGT) Limite: 35°C e 100% de Umidade Relativa

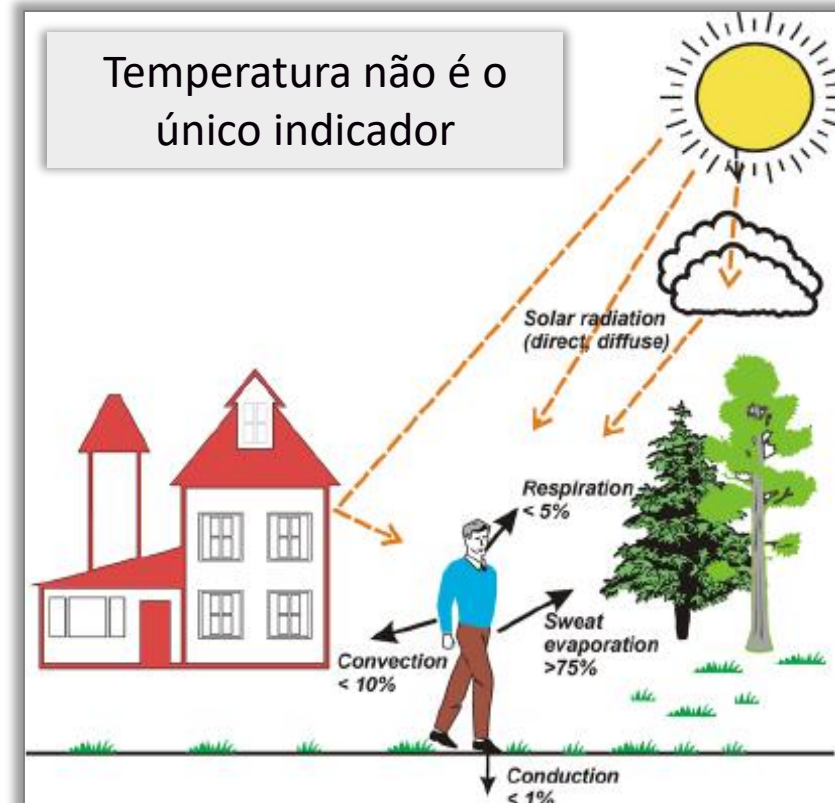
O stress térmico pode ser considerado como um estado psicofisiológico a que está submetida uma pessoa, quando exposta a situações ambientais extremas de frio ou calor. Assim, estresse por calor é resultado de um desequilíbrio entre a produção e a perda de calor pelo corpo


## O estresse térmico decorre de três fatores:

- ✓ Produção de calor intra-corpo a partir da atividade física muscular;
- ✓ Calor externo (isto é, exposição ambiental) e;
- ✓ Fatores que afetam a perda de calor por convecção ou evaporação

**Fatores ambientais:** Temperatura, umidade relativa do ar, calor radiante e velocidade do vento

**Fatores individuais:** idade, sexo, condição física, estado de saúde, vestuário e aclimatização



A close-up photograph of a young indigenous child with long, dark hair, looking directly at the camera with a serious expression. A sloth is perched on the child's shoulder, its head resting against the child's face. The background is a blurred natural setting, likely a forest.

VAMOS SALVAR A AMAZÔNIA!  
VAMOS SALVAR OS POVOS AMAZÔNICOS!  
A AMAZÔNIA QUE QUEREMOS!

# EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA



Qual o panorama das emissões no Brasil?

# PANORAMA GERAL DAS EMISSÕES EM 2020

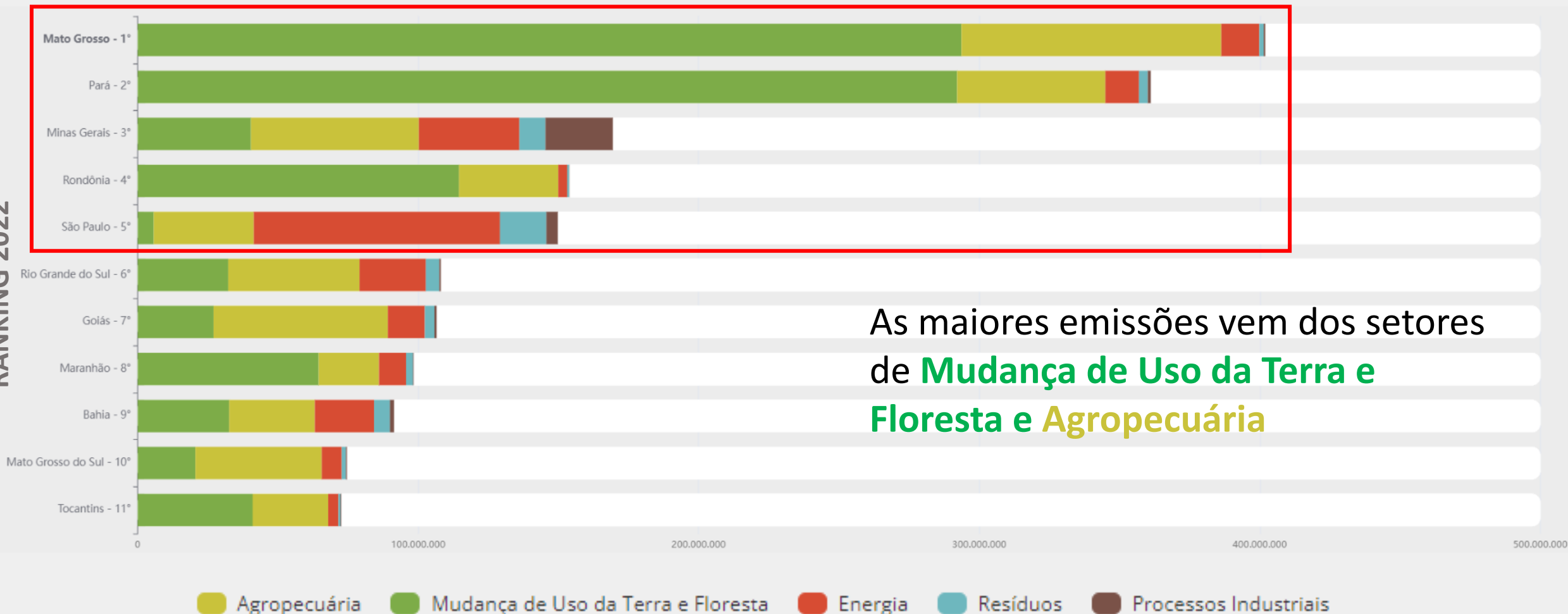
O Brasil é o 5º maior emissor de Gases de Efeito Estufa



1	China	23.7%
2	EUA	12.9%
	União Europeia (28)	7.4%
3	India	6.5%
4	Russia	4.2%
5	Brasil	4.0%
6	Indonesia	3.0%
7	Japão	2.7%
8	Canada	1.8%
9	Alemanha	1.7%

# PANORAMA DAS EMISSÕES EM 2022

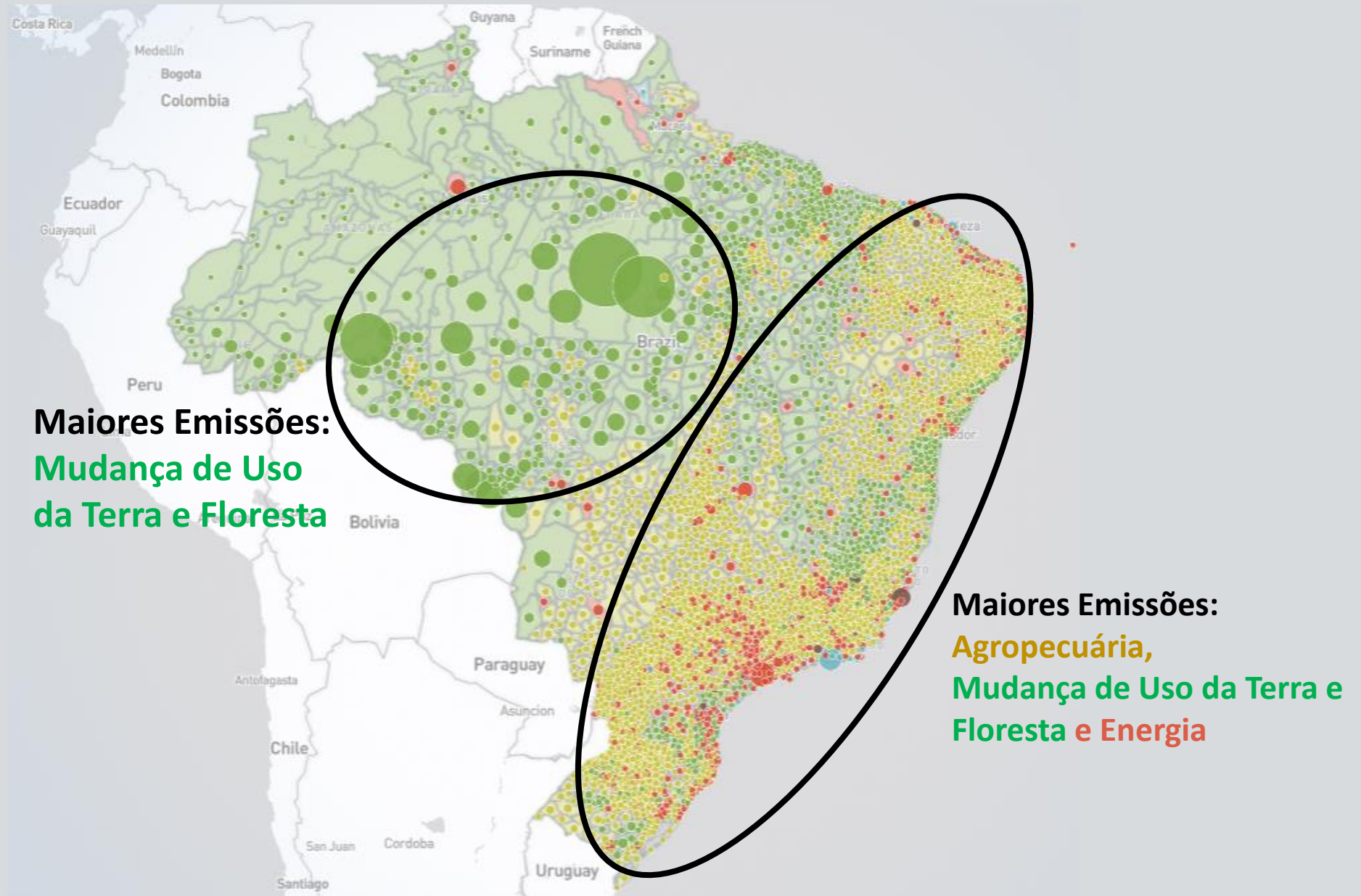
RANKING 2022

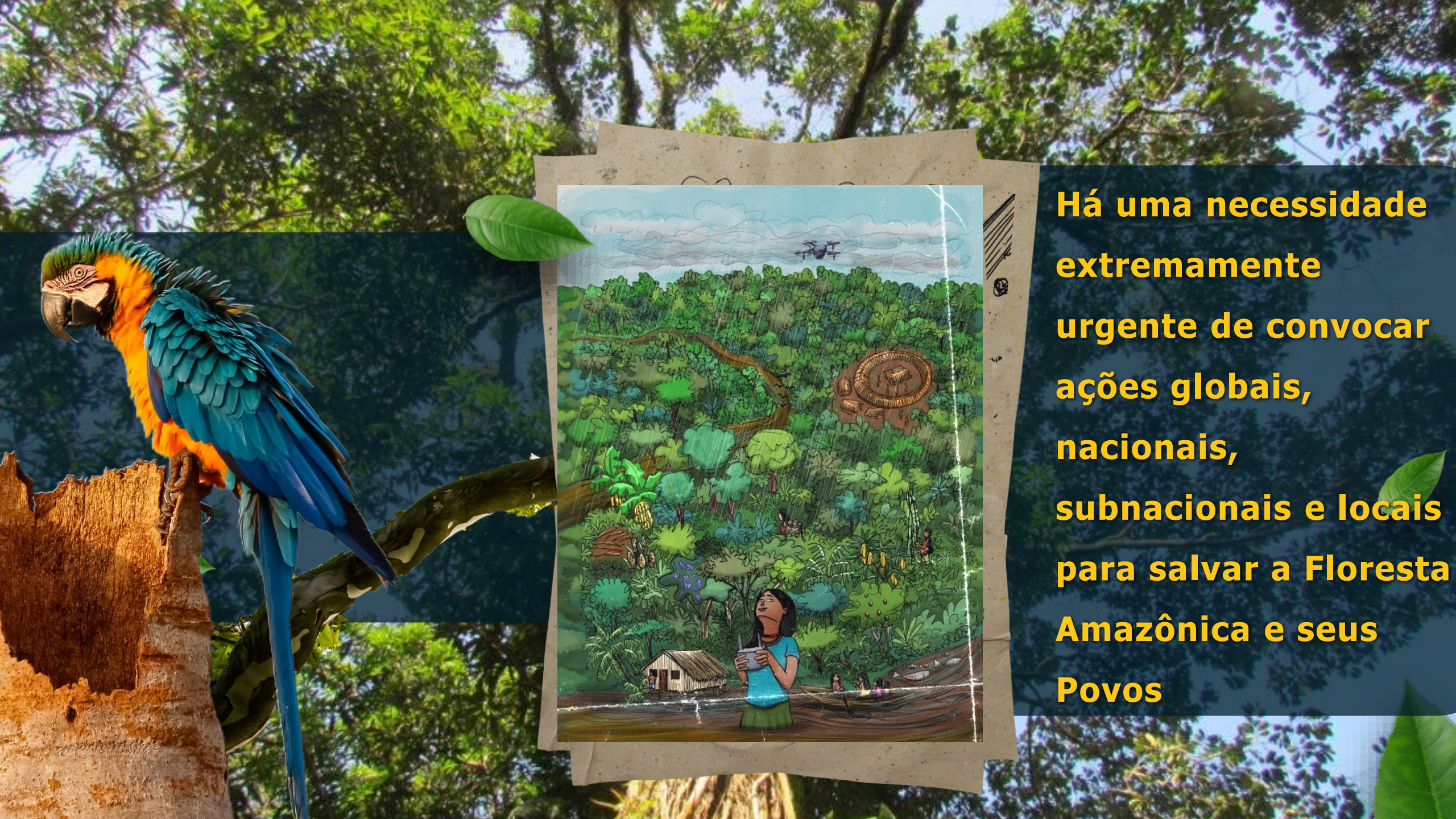


As maiores emissões vem dos setores de **Mudança de Uso da Terra e Floresta e Agropecuária**

- No Brasil > 70% são rurais (Mudanças dos Usos da Terra e Agropecuária)
- O IPCC estima 70% de emissões globais (Urbano) e 30% (Rural)

# PANORAMA DAS EMISSÕES DE MUNICÍPIOS EM 2022





**Há uma necessidade extremamente urgente de convocar ações globais, nacionais, subnacionais e locais para salvar a Floresta Amazônica e seus Povos**

# DESMATAMENTO E DEGRADAÇÃO NA AMAZÔNIA

## Desmatamento na Amazônia brasileira:

- ~ 14.000 km<sup>2</sup> ao ano (1988-2021).
- ~ 840 milhões de árvores e palmeiras são destruídas.
- 21% da área original foi desmatada até 2020.

## Degradação florestal no bioma Amazônia (2001-2018):

- ~ 120.000 km<sup>2</sup> de floresta cortada seletivamente.
- ~ 123.000 km<sup>2</sup> de floresta queimada.
- ~ 190.000 km<sup>2</sup> de borda florestal.

IBGE 2005

INPE 2021

LAPOLA et al. 2023

# A HIPÓTESE DA "SAVANIZAÇÃO" AMAZÔNICA

## Amazonian Deforestation and Regional Climate Change

CARLOS A. NOBRE,\* PIERS J. SELLERS AND JAGADISH SHUKLA

Center for Ocean-Land-Atmosphere Interactions-COLA, University of Maryland, College Park, Maryland

(Manuscript received 7 December 1990, in final form 29 April 1991)

VOLUME 4

JOURNAL OF CLIMATE

### Amazonian Deforestation and Regional Climate Change

CARLOS A. NOBRE,\* PIERS J. SELLERS AND JAGADISH SHUKLA  
Center for Ocean-Land-Atmosphere Interactions-COLA, University of Maryland, College Park, Maryland

(Manuscript received 7 December 1990, in final form 29 April 1991)

#### ABSTRACT

Large-scale conversion of tropical forests into pastures or annual crops could lead to a significant change in the regional and global climate. We have used a coupled numerical model of the global atmosphere and biosphere (Center for Ocean-Land-Atmosphere Interactions-COLA) to assess the effects of Amazonian deforestation on the regional and global climate. The model results show that when the Amazonian tropical forests were replaced by degraded grass (pasture) in the model, there was a significant increase in the mean surface temperature (about 2.5°C) and a decrease in the annual evapotranspiration (25% reduction), precipitation (25% reduction), and runoff (20% reduction) in the region. The deforested case was associated with larger diurnal fluctuations of surface temperature and vapor pressure deficit; such effects have been observed in existing deforested areas in Amazonia. The calculated reduction in precipitation was larger than the calculated differences between the two simulations were greatest during the dry season. There was also an increase in the length of the dry season in the southern half of the Amazon Basin, which could have serious implications for the reestablishment of the tropical forests following massive deforestation since rainforests only occur where the dry season is very short or nonexistent. An empirical bioclimatic scheme based on an integrated soil moisture stress index was used to derive the movement of the savanna-forest boundary in response to the simulated climate change produced by large-scale deforestation. The implications of possible climate changes in adjacent regions are discussed.

#### 1. Introduction

The distribution of global vegetation has traditionally been thought to be determined by local climatic factors, primarily precipitation, radiation, and temperature, and by soil properties, in particular water-holding capacity. For instance, the accepted bioclimatological view holds that rainforests can exist only in high rainfall tropical areas having short or nonexistent dry seasons where soil physical properties ensure high levels of available soil moisture throughout the year. In turn, the mechanisms giving rise to semicontinuous and high rainfall rates throughout the year for those regions were thought to be due solely to the general circulation of the atmosphere and not dependent on the underlying vegetation. This view has been modified in the last 15 years as controlled numerical experiments with complex models of the atmosphere showed that the presence or absence of vegetation can influence the regional

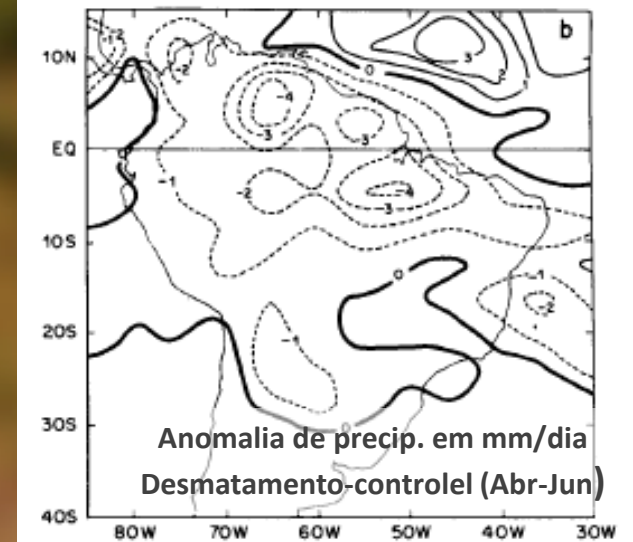
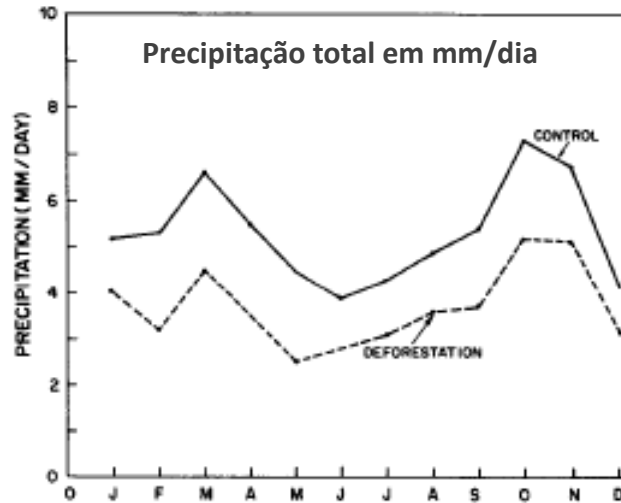
climate (e.g., Charney et al. 1977; Shukla and Mintz 1982; Sud and Molod 1988; Sato et al. 1989a; and a review of GCM experiments of land surface processes in Mintz 1984 and Rowntree 1988). One implication of these results is that the current climate and vegetation coexist in a dynamic equilibrium that could be altered by large perturbations in either of the two components.

Deforestation is rapidly progressing in Amazonia. Figure 1 shows deforestation rate estimates in the Brazilian portion of Amazonia from several sources (Brazilian National Institute of Research 1990; Skole et al. 1989; Fearnside 1990; Fearnside et al. 1990; Ronal 1990); areas of active development, such as in Rondônia and the Brazilian western Amazonia, are associated with the highest deforestation rates (Malingreau and Tucker 1988; Fearnside 1987a). Other Amazonian countries such as Peru (Gentry and Lopes-Parodi 1980), Colombia, Venezuela, and Bolivia (Myers 1982) also have high rates of deforestation. It is expected that future deforestation rates will be higher because of development policies of the Amazonian countries. If deforestation were to continue at this rate, most of the Amazonian tropical forests would disappear in less than 100 years. One question that arises is whether the large-scale deforestation in Amazonia might affect the regional climate with consequent implications for the biota in the region.

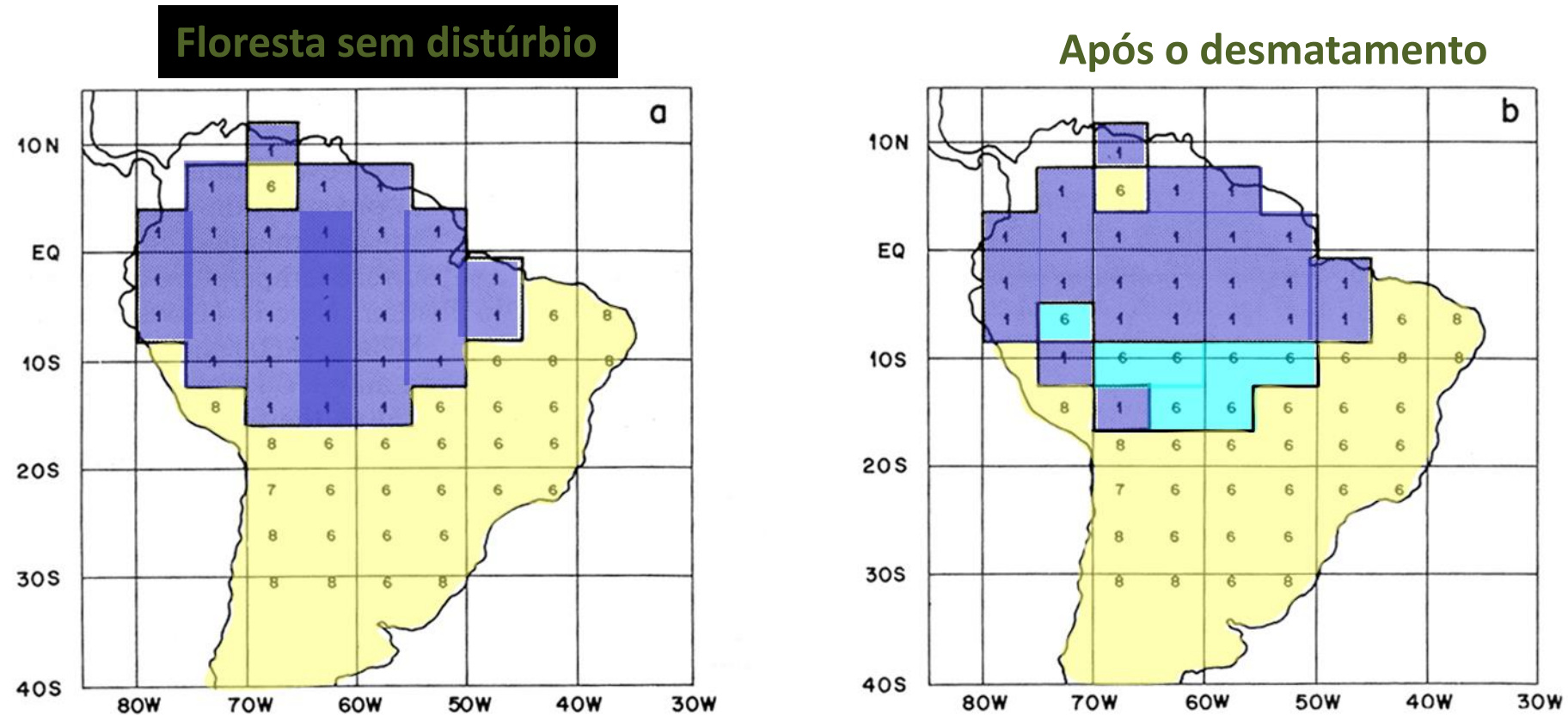
The equilibrium climate is determined by complex interactions among the dynamical processes in the atmosphere and thermodynamic processes at the earth-

\* Permanent affiliation: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos-CPTec, Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE, 12201 São José dos Campos, SP, Brazil.

Corresponding author address: Piers J. Sellers, Center for Ocean-Land-Atmosphere Interactions, University of Maryland at College Park, 2213 Computer and Space Science Bldg., College Park, MD 20742-2425.



# A HIPÓTESE DA 'SAVANIZAÇÃO' DA AMAZÔNIA



Bioclimatology for the control case (a, current bioclimatology) associated with deforestation (b, revised bioclimatology after deforestation such as the analysis of the vegetation stress index fields shows). The shaded area with "1" is tropical forest, "6" refers to cerrado. The forest boundary is depicted by the heavy solid line.

- 1 Floresta Tropical
- 6 Savana

# AS SEIS GRANDES TRANSFORMAÇÕES

## Energia

Decarbonização, eficiência, acesso à energia



## Consumo e Produção Sustentáveis

Uso de recursos, economia circular, suficiência, poluição



## Alimentos, Usos da Terra & Biosfera

Intensificação sustentável, oceanos, biodiversidade, florestas, água, dietas saudáveis, nutrientes

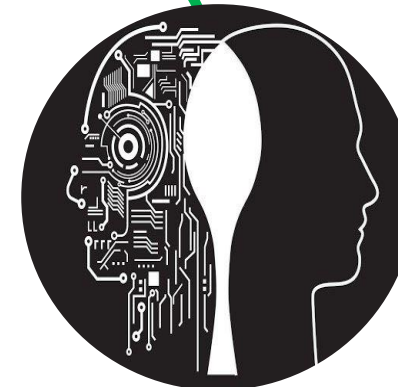


## Objetivos de Desenvolvimento Sustentável:

- Prosperidade
- Inclusão social
- Sustentabilidade
- Paz social

## Revolução Digital

Inteligência artificial, big data, biotecnologia, nanotecnologia, sistemas autônômicos



## Cidades

Moradia, mobilidade, Infraestrutura sustentável, água, poluição



## Capacitação Humana & Demografia

Educação, saúde, envelhecimento, mercado de trabalho, gênero, desigualdade



# POPULAÇÃO EM ÁREAS DE RISCOS DE DESASTRES NO BRASIL

Grandes regiões	População total dos <b>825 municípios analisados</b> (IBGE, 2010)	População em risco nos municípios analisados (IBGE & Cemaden, 2018)	% da população em risco nos municípios analisados
Norte	8.776.309	340.204	4%
Nordeste	25.961.835	2.949.067	11%
Centro-Oeste	2.328.701	7.626	0.3%
Sudeste	43.646.750	4.266.301	10%
Sul	11.704.649	703.368	6%
<b>BRASIL</b>	<b>92.418.244</b>	<b>8.266.566</b>	<b>9%</b>



Quando o relatório do CEMADEN for atualizado os números devem crescer muito

# POPULAÇÃO EM ÁREAS DE RISCO NO BRASIL

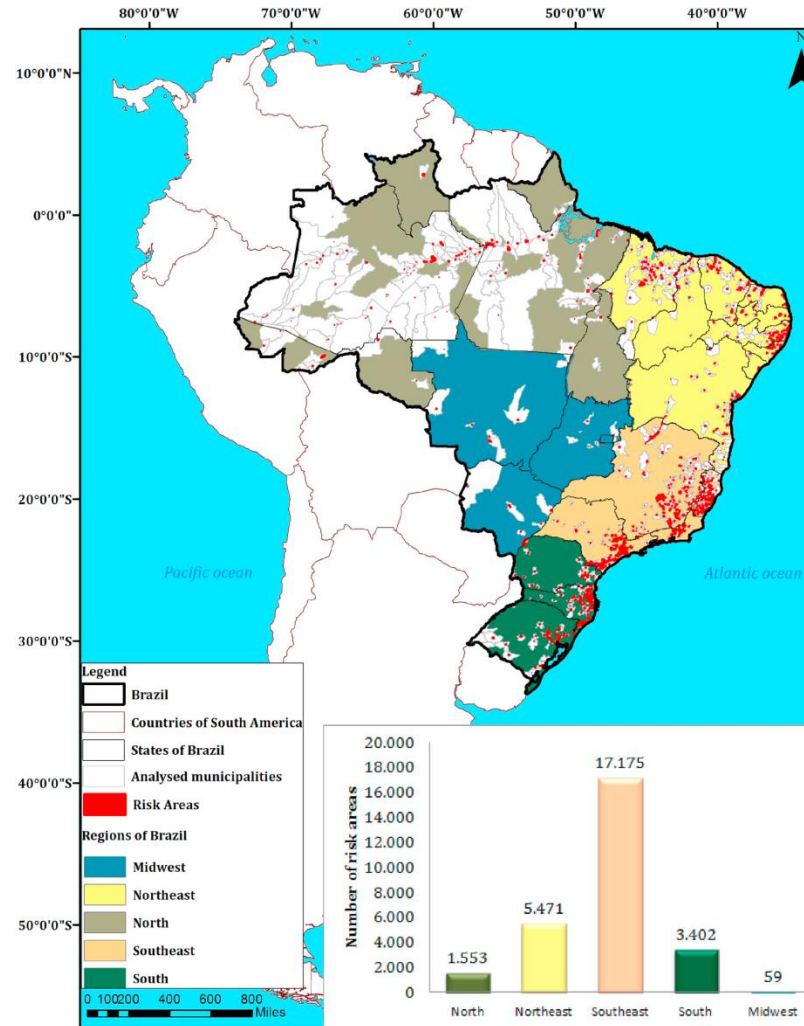
8.266.566 pessoas expostas aos riscos de deslizamentos, inundações ou enxurradas em **825 municípios** críticos a desastres

A cada 100 brasileiros, 4 estavam expostos ao risco de desastres

**Região SE: a cada 100 brasileiros, 10 estavam expostos ao risco de desastres**

758.221 crianças e idosos  
2.195.313 mulheres  
2.070.988 homens

População residia em 1.290.537 domicílios – 17% sem esgoto sanitário ou fossa séptica



# POPULAÇÃO EM ÁREAS DE RISCOS DE DESASTRES NO BRASIL

O relatório do Governo Federal divulgado em janeiro de 2024 mostra que:

- Ao menos **8,9 milhões** de brasileiros moram em áreas de risco;
- Em **1.942 municípios**, mais de um terço do total, há pessoas suscetíveis a desastres, como deslizamentos, enxurradas e inundações;
- **Sudeste e Nordeste** têm o maior número de municípios com áreas de risco;
- **Minas Gerais**, é o estado com maior número de cidades na lista, com 283;
- **Entre 1991 e 2022**, foram registradas **23.611** ocorrências de desastres em todo país. Os episódios levaram a **3.890** mortes e **8.226.314** desalojados ou desabrigados.

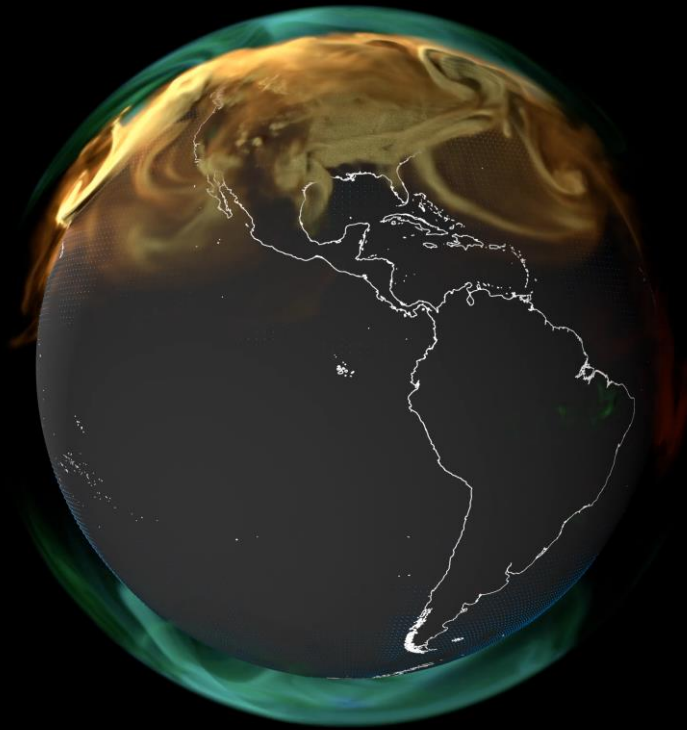
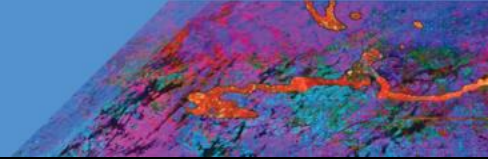
## 10 cidades com mais moradores em áreas de risco

Moradores de áreas vulneráveis nas dez cidades mais suscetíveis a risco

% da população

São Paulo	674.329	5,8
Teresópolis	45.772	27,5
Blumenau	78.371	21,6
Petrópolis	72.070	25,8
Nova Friburgo	33.660	17,7
Maceió	70.343	7,3
Fortaleza	102.836	42
Belo Horizonte	389.218	17,1
Jaboatão dos Guararapes	188.026	29,2
Salvador	1.217.527	50,3

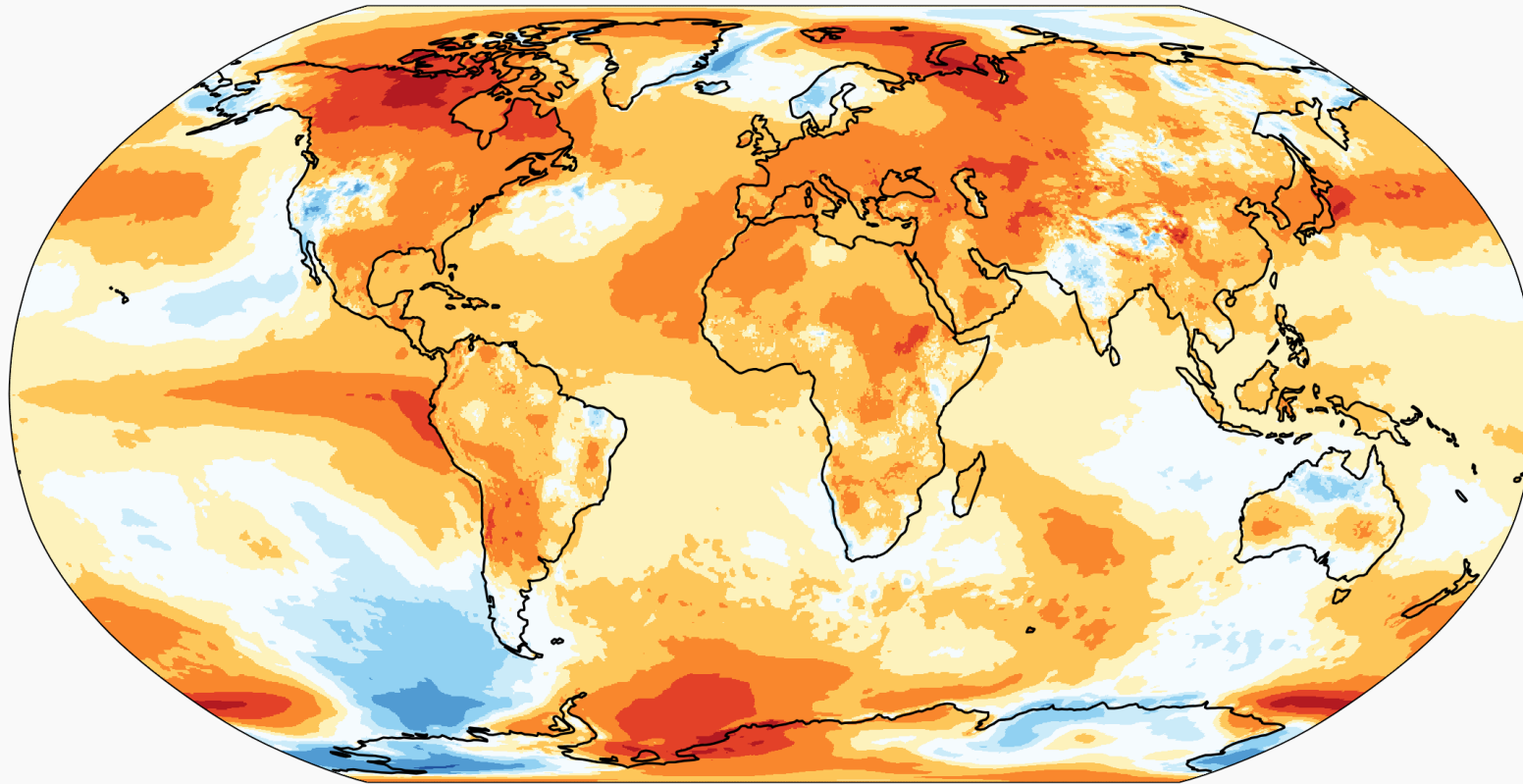
**Salvador** lidera o dado negativo, uma vez que tem mais de **1,2 milhão** de moradores em áreas de risco, o que representa **50,3%** da população



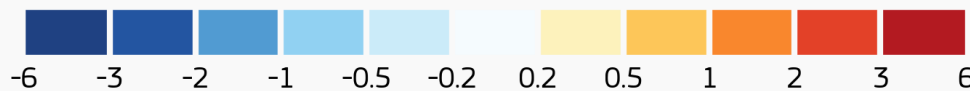
As mudanças climáticas recentes observadas são generalizadas, rápidas e intensificadas e sem precedentes em milhares de anos.

Vivemos no tempo da Emergência Climática.

# ANOMALIA DA TEMPERATURA DO AR À SUPERFÍCIE EM 2023



Temperature anomaly (°C)



PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY



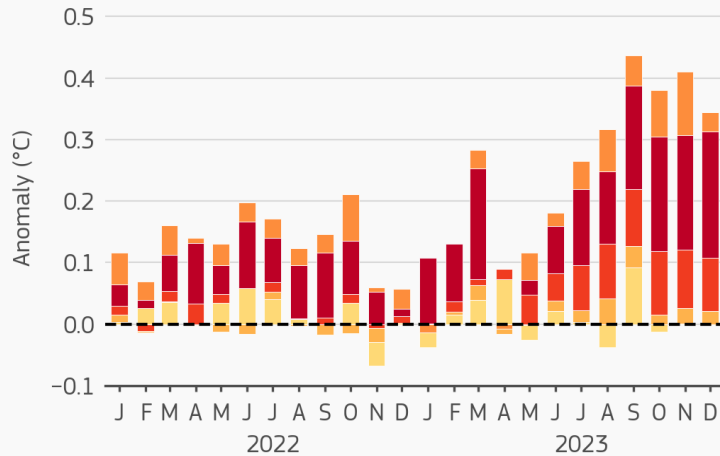
As temperaturas médias do ar em 2023 foram as mais quentes já registradas, ou próximas das mais quentes, em partes consideráveis de todas as bacias oceânicas e de todos os continentes, exceto Austrália

Período de referência **1991–2020**. Dados: ERA5. Crédito: C3S/ECMWF

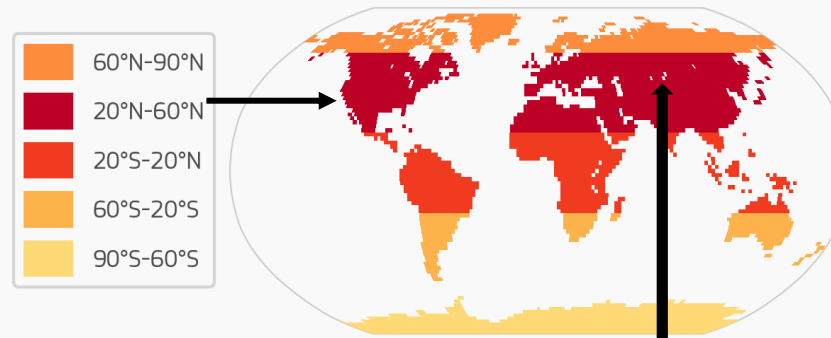
# COMO DIFERENTES REGIÕES CONTRIBUÍRAM PARA A ANOMALIA DA TEMPERATURA GLOBAL?

Area-weighted regional contributions to global temperature anomalies in 2022–2023 relative to 1991–2020, in °C

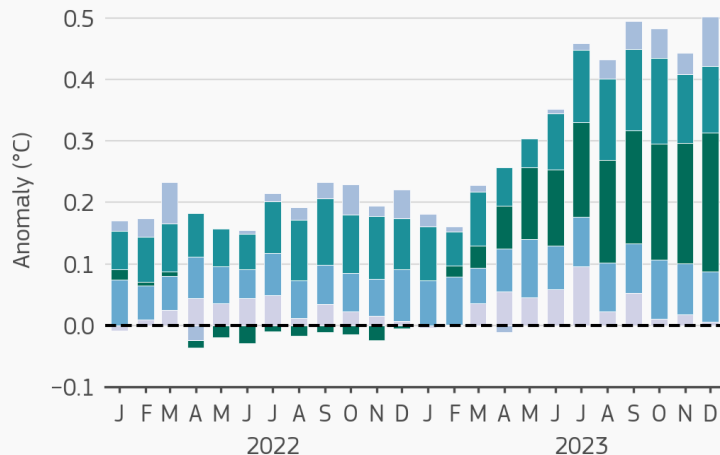
Contributions from land regions



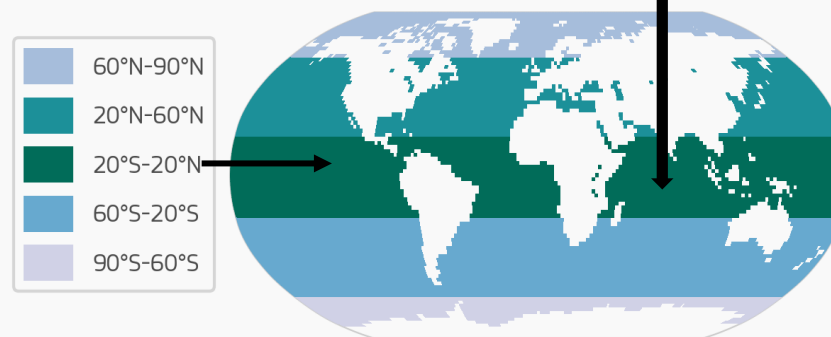
Land regions



Contributions from ocean regions



Ocean regions

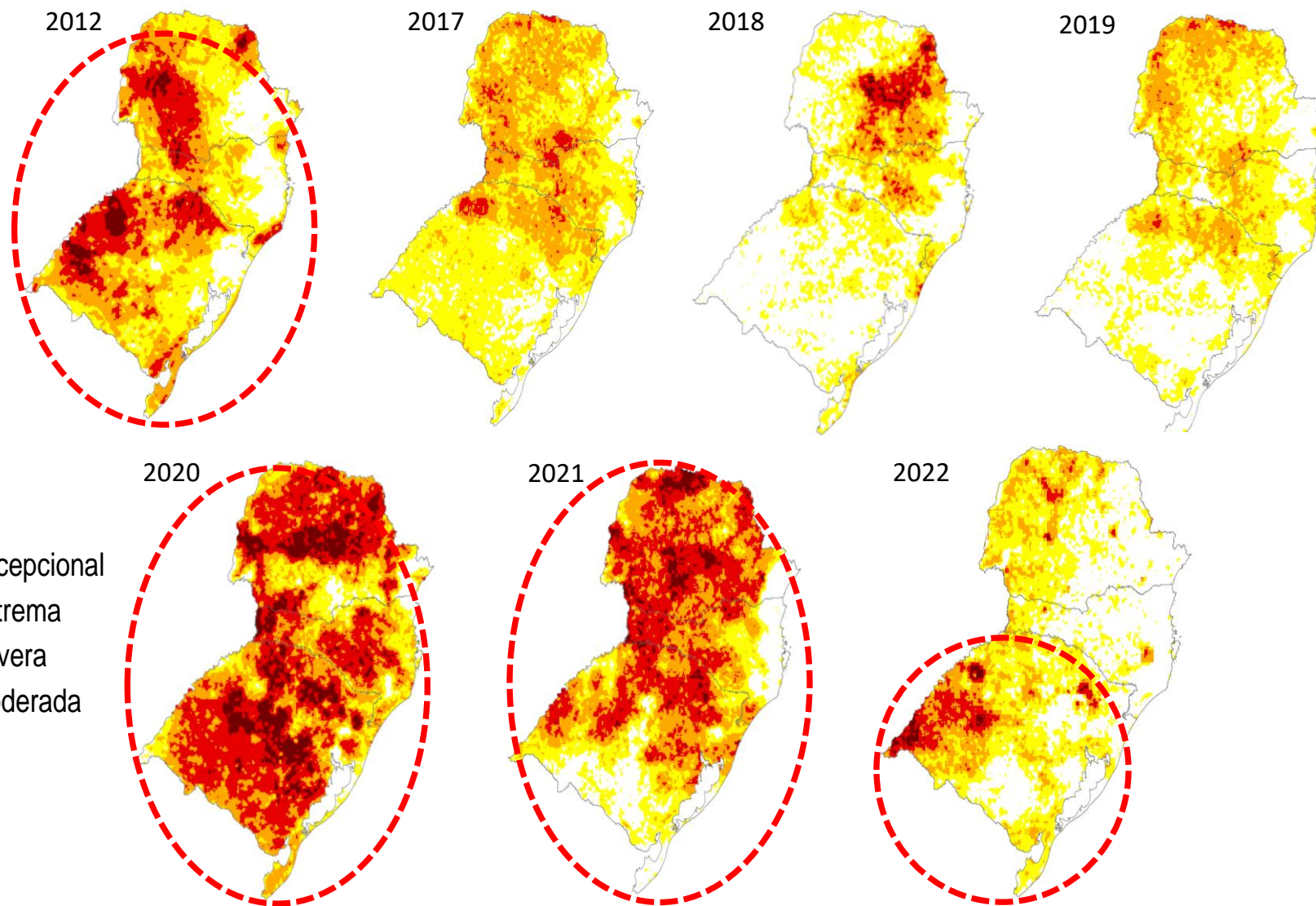


Contribuições latitudinais para as anomalias mensais da temperatura do ar na superfície global relativas ao período de referência 1991–2020, mostradas separadamente para regiões terrestres e oceânicas.

A contribuição de cada região é ponderada pela sua área na superfície da Terra e é destacada com uma cor específica nos gráficos de barras e mapas.

# SECAS NO SUL DO BRASIL (2012-2022)

## Índice Integrado de Seca Anual (IIS12)



**Secas Extremas e Excepcionais no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná: 2012, 2020, 2021 e 2022.**

**Seca Extrema:** Grandes perdas de culturas/ pastagem; escassez de água generalizada ou restrições.

**Seca Excepcional:** Perdas de cultura/pastagem excepcionais e generalizadas; escassez de água nos reservatórios, córregos e poços de água, criando situações de emergência.

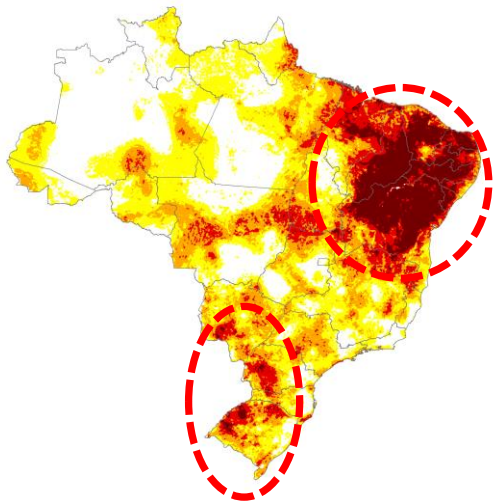
**3 anos consecutivos de secas extremas e excepcionais no Rio Grande do Sul!**

# SECAS HISTÓRICAS NO BRASIL 2012-2021

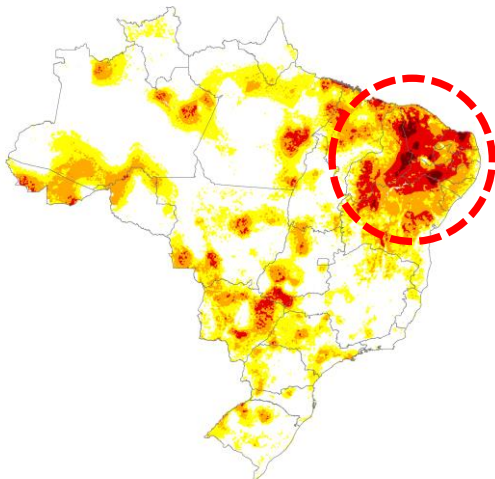
Índice Integrado de Seca (IIS)



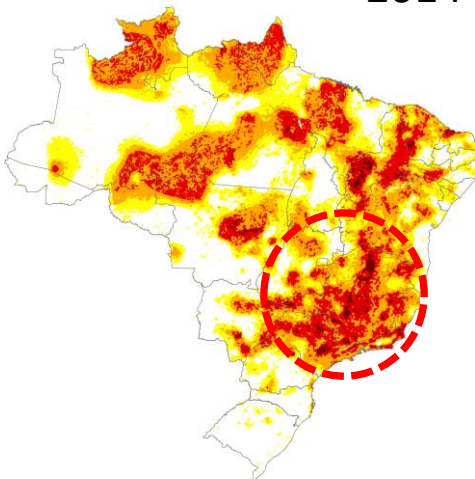
2012



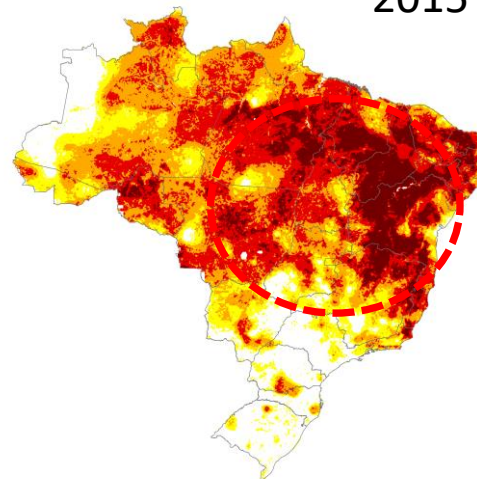
2013



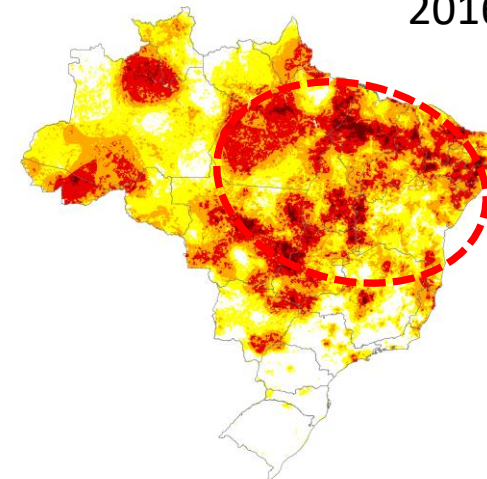
2014



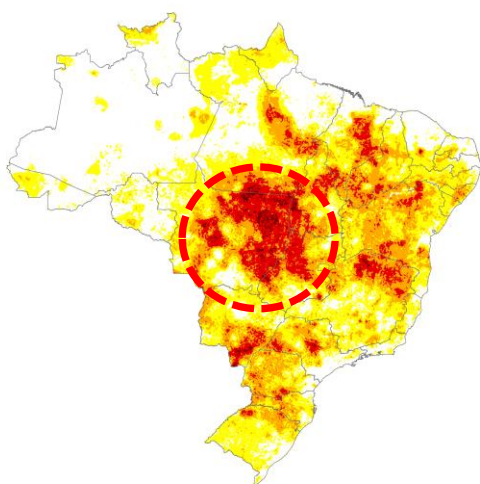
2015



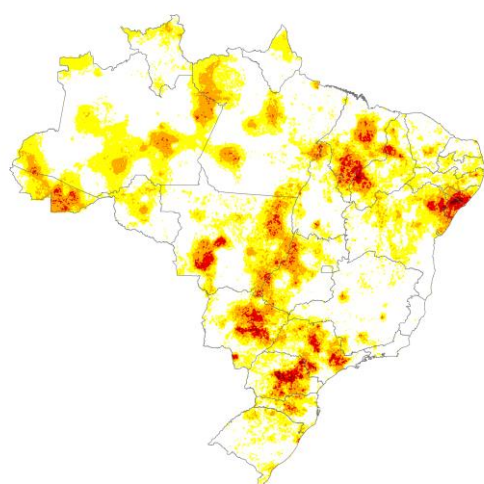
2016



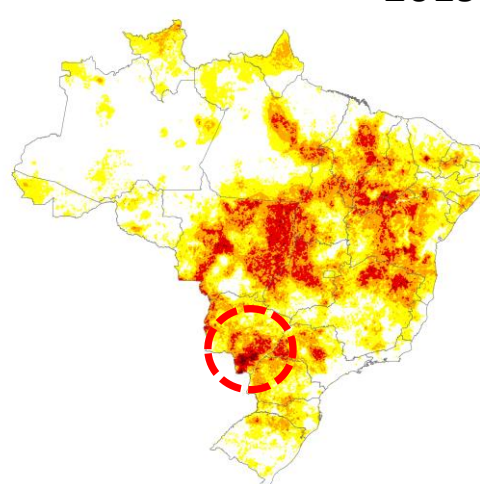
2017



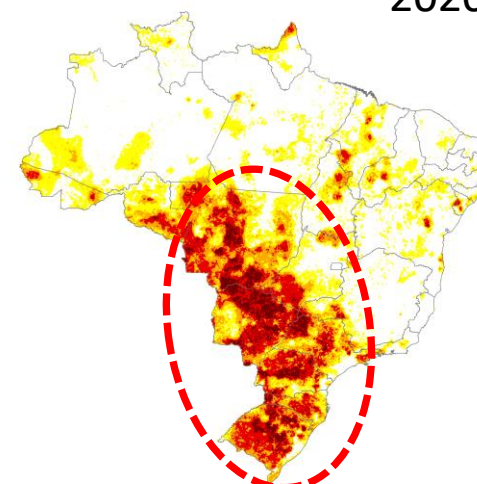
2018



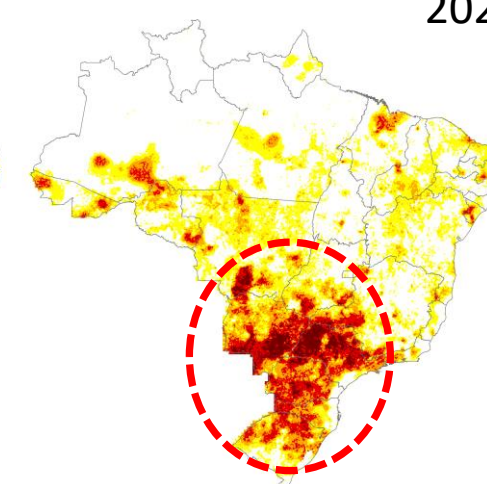
2019



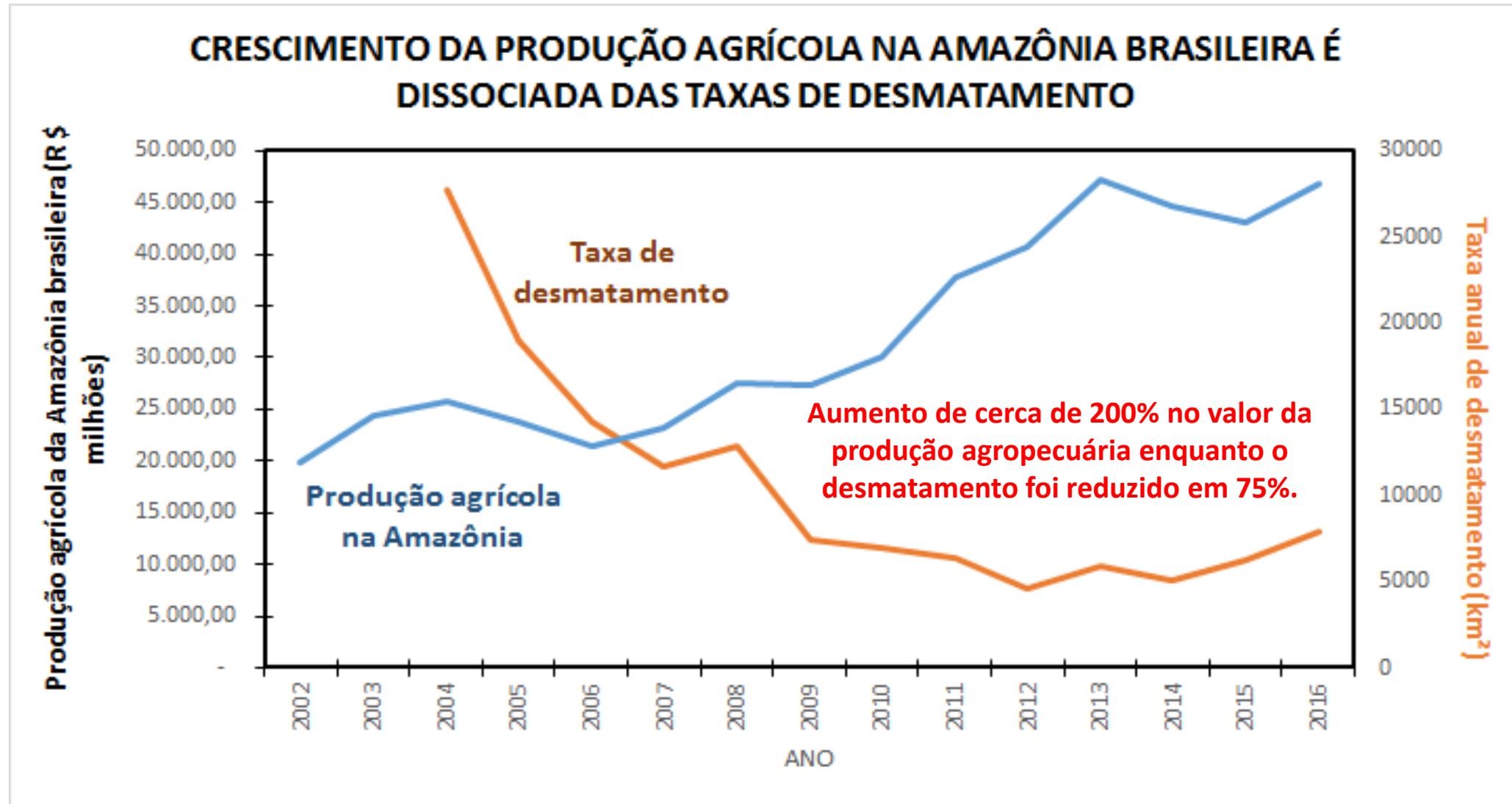
2020



2021



# É POSSÍVEL PRODUZIR PRODUTOS AGROPECUÁRIOS SEM DESMATAR?



Taxas de desmatamento do PRODES

Produção agrícola da Amazônia baseada nos dados do IBGE e somente para municípios do bioma floresta

# AUMENTO DO NÍVEL DO MAR

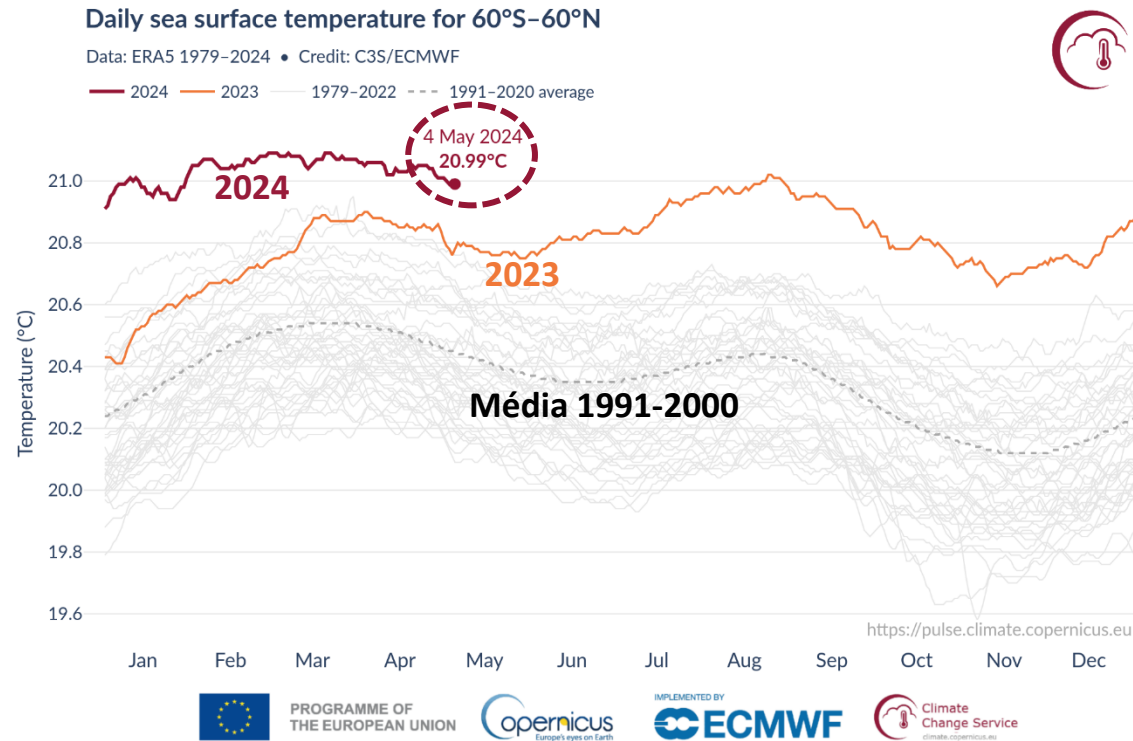
A coastal town with a sea wall and a large wave crashing over it. The town features colorful houses and a church spire in the background. The sea wall is made of wooden pilings and stone blocks. A large wave is crashing over the wall, creating a massive splash of water. The sky is clear and blue.

Quanto o nível do mar pode aumentar?

Há limites para adaptação com relação a esta possível elevação?

# RECORDE GLOBAL DA TEMPERATURA GLOBAL DA SUPERFÍCIE DO MAR (TSM) EM ABRIL DE 2024

Em abril de 2024 a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) teve o valor mais alto já registrado para o mês de abril.



- A temperatura global da superfície do mar (TSM) média para abril de 2024 na faixa 60°S–60°N foi de **21.04°C**, o valor mais alto já registrado para o mês de abril.
- Em 4 de maio o valor foi de **20.99°C**.
- Este foi o décimo terceiro mês consecutivo em que a **TSM foi a mais quente para o respectivo mês do ano**.

\*A temperatura da superfície do mar (TSM) é definida sobre o oceano extrapolar global, de 60°S a 60°N. Isto é usado como um diagnóstico padrão para monitoramento climático.

Algumas mudanças climáticas são irreversíveis. No entanto, algumas mudanças podem ser retardadas e outras podem ser interrompidas se limitarmos as emissões de GEE.

# AUMENTO DO NÍVEL DO MAR

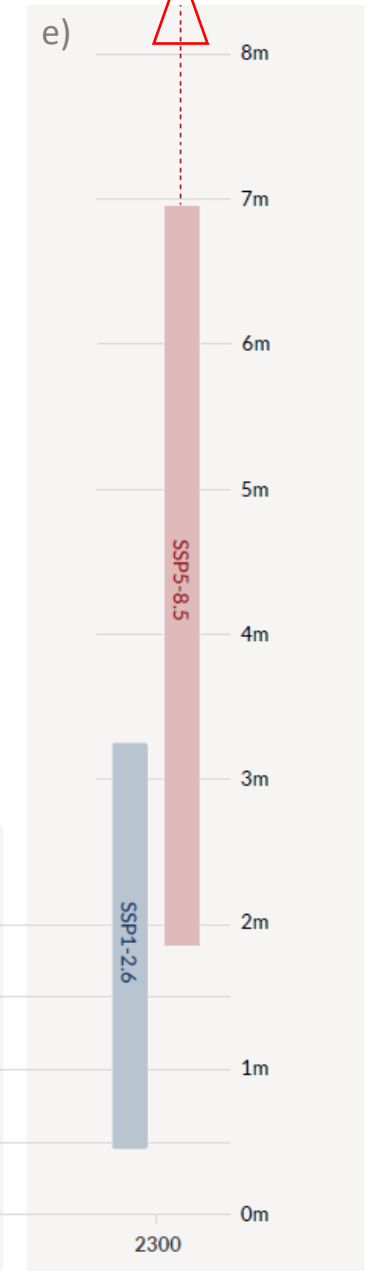
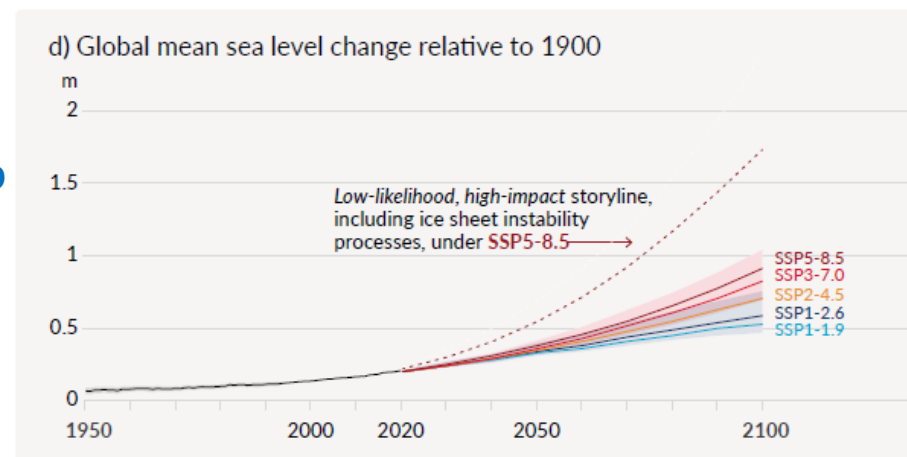
**A longo prazo, o nível do mar está comprometido a subir por séculos a milênios** devido ao contínuo aquecimento do oceano profundo e ao derretimento do manto de gelo, e permanecerá elevado por milhares de anos (*alta confiança*).

Nos próximos 2.000 anos, o nível médio global do mar aumentará: cerca de **2 a 3 m se o aquecimento for limitado a 1.5°C**, **2 a 6 m se limitado a 2°C** e **19 a 22 m com 5°C de aquecimento**, e continuará a aumentar nos próximos milênios (*baixa confiança*).

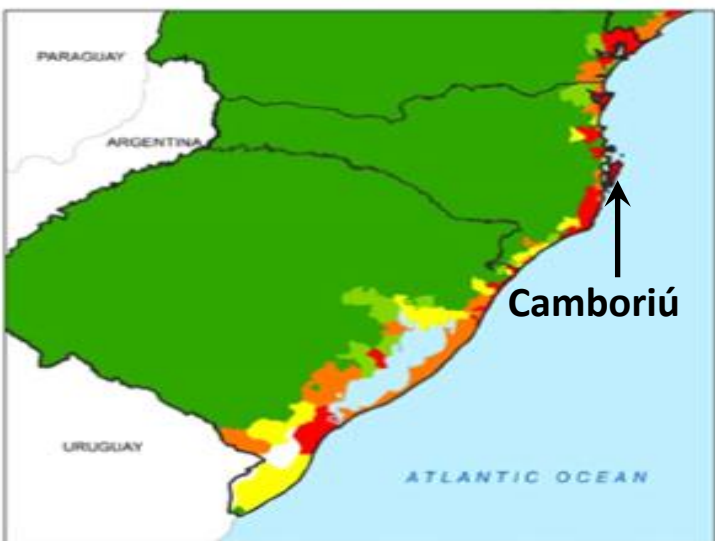
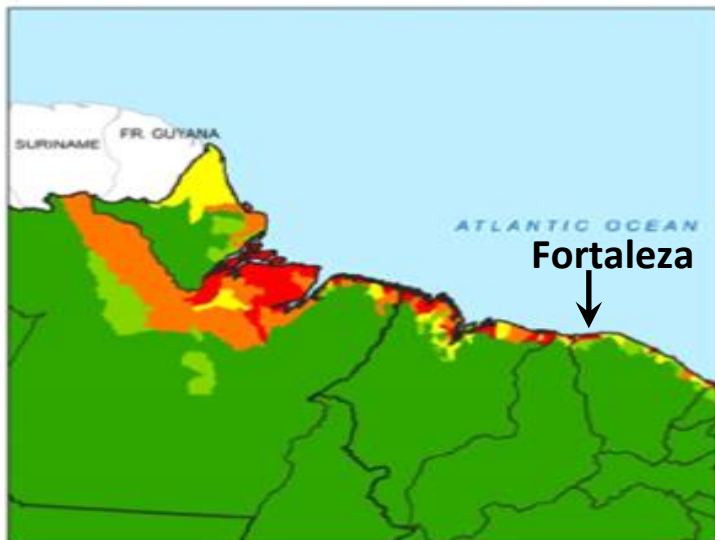
**As projeções de aumento do nível médio global do mar multimilenar são consistentes com os níveis reconstruídos durante os períodos de clima quente anteriores: provavelmente 5 a 10 m mais alto do que hoje**, cerca de 125.000 anos atrás, quando as temperaturas globais eram muito provavelmente 0.5°C a 1.5°C acima de 1850 –1900; e muito provavelmente 5 a 25 m mais alto há cerca de 3 milhões de anos, quando as temperaturas globais eram 2.5°C a 4°C mais altas (*confiança média*).

**No cenário de 1.5°C, o nível do mar atingirá a longo prazo um nível de equilíbrio de 3 m; com 2°C, atingirá 6 m.**

Aumento do nível do mar **superior a 15m** não pode ser descartado com altas emissões



# ELEVAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR NO BRASIL



## Exposição



- Os oceanos, que absorvem 80% do aumento da temperatura atribuível ao aquecimento global, **estão se expandindo à medida que as placas de gelo dos polos Norte e Sul se derretem.**

- O derretimento de calotas polares e a expansão térmica da água dos oceanos levaram a um aumento dos níveis do mar e a um aumento das **inundações nas cidades costeiras.**

- O aumento projetado nos níveis do mar poderia resultar em **inundação catastrófica de cidades litorais.**

Most exposed cities to sea level rise by absolute population.

County	State	Population exposed	% Of total population
VILA VELHA	ES	177,428	0.4278
SALVADOR	BA	175,526	0.0710
VITORIA	ES	90,059	0.2488
SANTOS	SP	81,776	0.1495

# RESSACAS COSTEIRAS NO FUTURO

Em um estudo recente, Kirezci et al. (2020) encontraram que inundações costeiras (**ressacas**) em todo o mundo, **nos próximos 80 anos, podem aumentar aproximadamente 50%** por conta das mudanças climáticas.

O trabalho estima que a **área exposta a eventos extremos de inundação** em todo o mundo **aumentará em cerca de 250 mil km<sup>2</sup>, um aumento de 48%**.

Com isso, algo em torno de **77 milhões de pessoas correm o risco** de sofrer com inundações nas próximas décadas.

O **prejuízo** que a intensificação das inundações costeiras poderia causar seria de **14,2 trilhões de dólares**.

## Future Extreme Sea Level

$ESL_{T+S+Ws}^{F100}$  (m)

- < 0.5
- 0.5 - 1.5
- 1.5 - 2.5
- 2.5 - 5.0
- 5.0 - 9.0



No Brasil a probabilidade de eventos extremos se concentra no Norte, Nordeste e Sudeste.

# EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA



Qual o panorama das emissões no Brasil?

# PANORAMA GERAL DAS EMISSÕES EM 2020

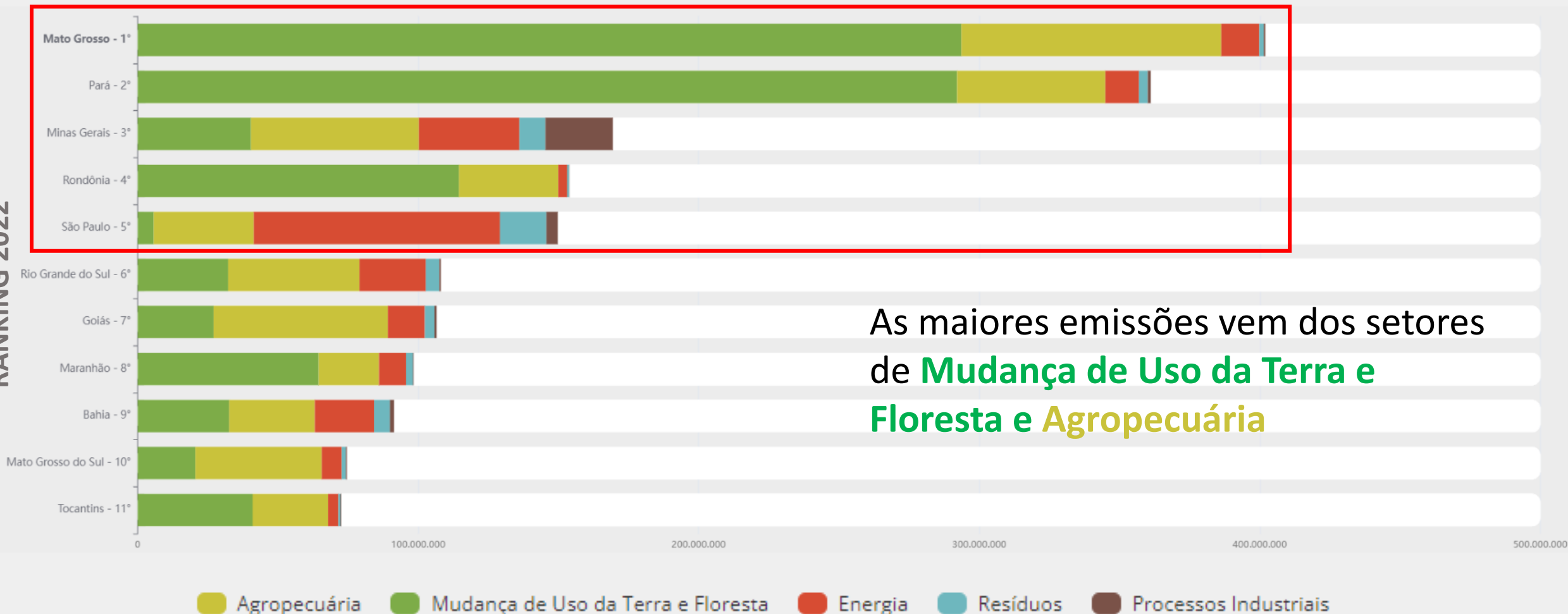
O Brasil é o 5º maior emissor de Gases de Efeito Estufa



1	China	23.7%
2	EUA	12.9%
	União Europeia (28)	7.4%
3	India	6.5%
4	Russia	4.2%
5	Brasil	4.0%
6	Indonesia	3.0%
7	Japão	2.7%
8	Canada	1.8%
9	Alemanha	1.7%

# PANORAMA DAS EMISSÕES EM 2022

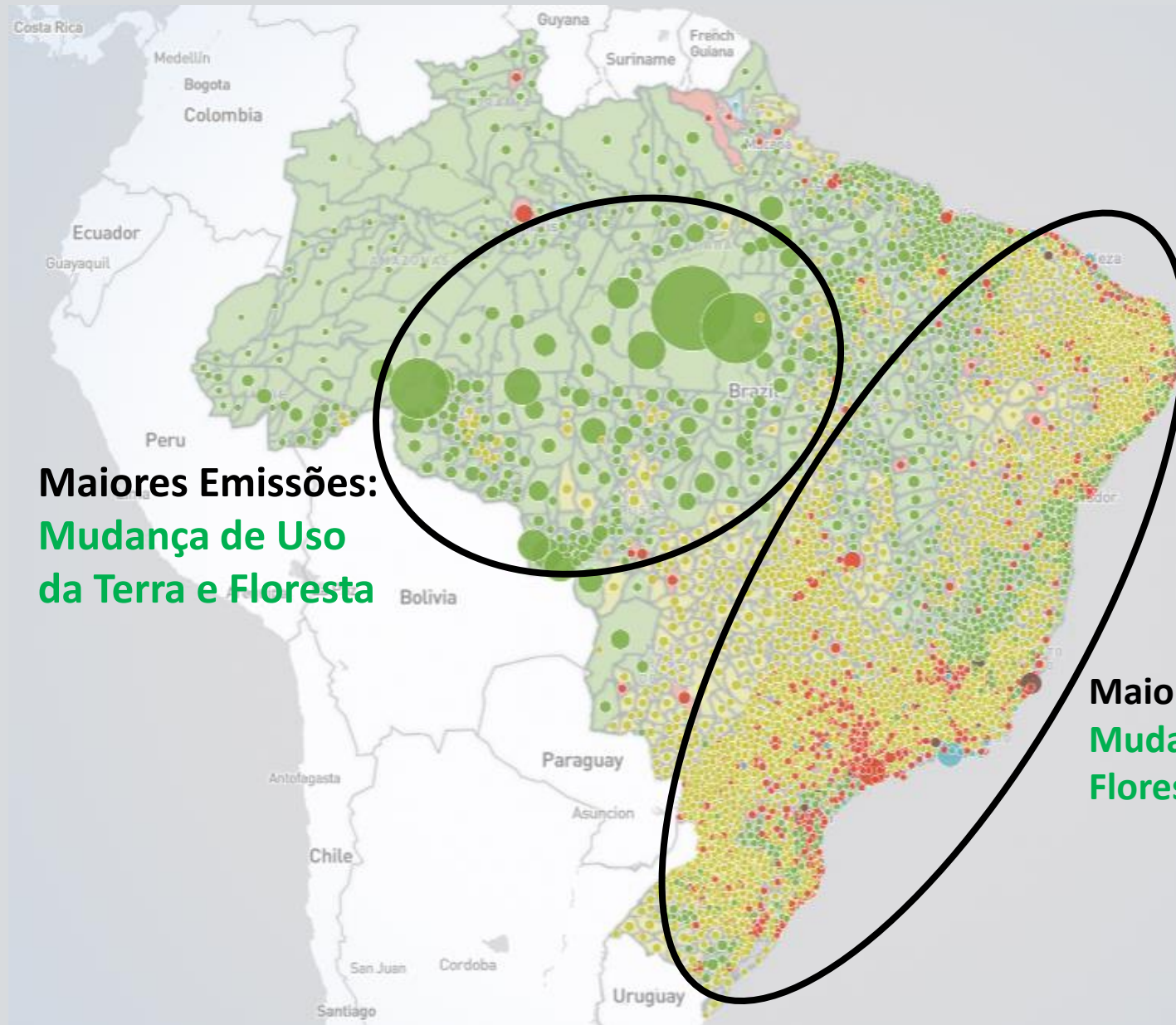
RANKING 2022



As maiores emissões vem dos setores de **Mudança de Uso da Terra e Floresta e Agropecuária**

- No Brasil > 70% são rurais (Mudanças dos Usos da Terra e Agropecuária)
- O IPCC estima 70% de emissões globais (Urbano) e 30% (Rural)

# PANORAMA DAS EMISSÕES DE MUNICÍPIOS EM 2022



**Maiores Emissões:**  
**Mudança de Uso da Terra e Floresta**

**Maiores Emissões:** **Agropecuária,**  
**Mudança de Uso da Terra e Floresta e Energia**

# EMISSÕES BRUTAS PER CAPITA

## Até 2030...

Das atuais 11 t de CO<sub>2eq</sub> anuais per capita, o Brasil pode chegar a **5 t ao ano em 2030?**

→ > 60% de redução das emissões per capita

## Como



- Restauração de >> 12 milhões de hectares de florestas até 2030.
- Zerar o desmatamento e degradação de todos os biomas

A maior parte das emissões brasileiras (1,2 bilhões de toneladas de CO<sub>2eq</sub> em 2030) se **concentraria** na agricultura e geração de energia!

Emissões líquidas **negativas** em mudanças dos usos da terra!



# EMISSÕES (LIMITE DE 1.5°C)

Até 2050:

- Emissões líquidas **ZERO**



- ✓ 100% de energia limpa e renovável

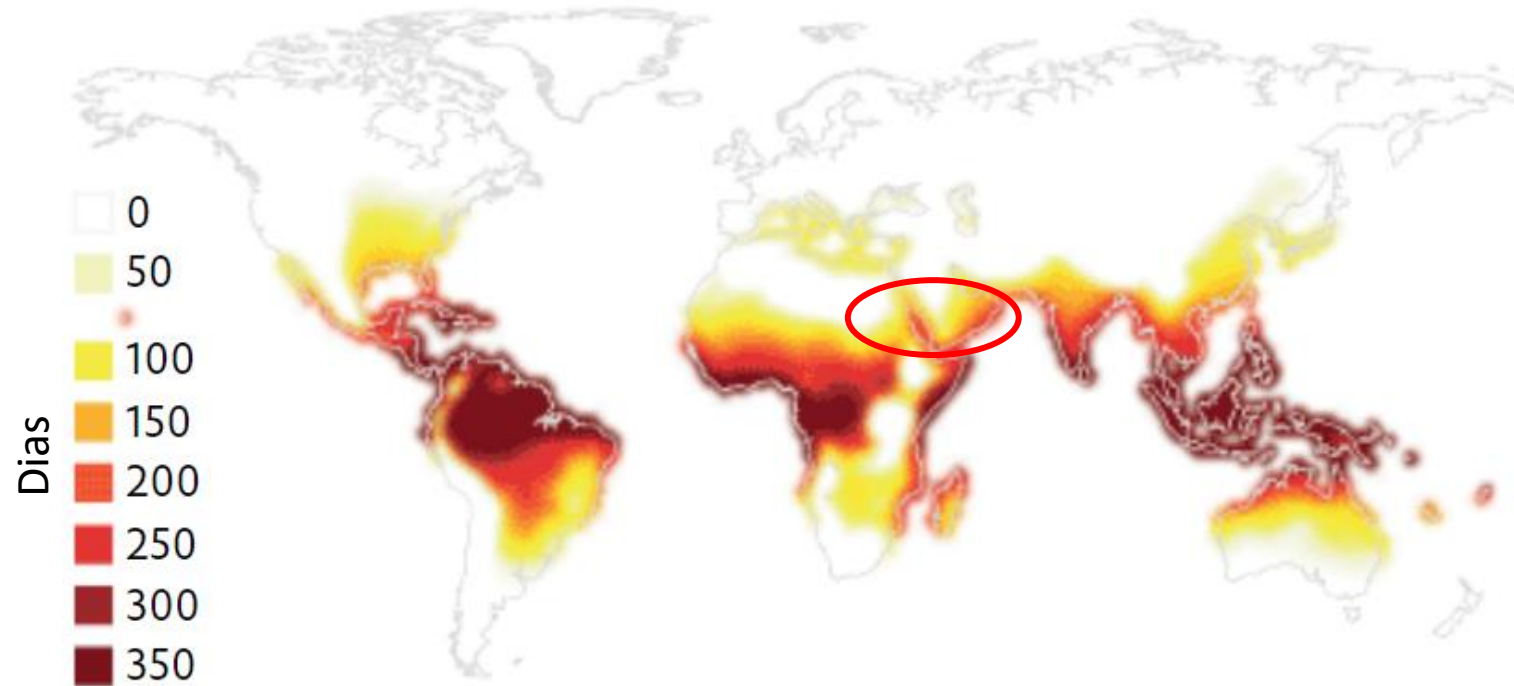
Após 2050 (até 2100)

- Emissões líquidas **NEGATIVAS**



- ✓ Agricultura neutra em carbono
- ✓ Emissões negativas a partir de uso da terra
- ✓ Restauração florestal de grande escala

# NÚMERO DE DIAS EM QUE SE PROJETA CALOR QUE EXCEDE OS NÍVEIS POTENCIALMENTE MORTAIS EM 2100 EM CENÁRIO DE ALTAS EMISSÕES



As ondas de calor podem tornar-se tão extremas que em partes do mundo (principalmente na região tropical) irão exceder os limites fisiológicos e sociais humanos