

# VARIABILIDADE CLIMÁTICA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

**MEIO AMBIENTE NA FFLCH - Junho 2019**

**MARIA ELISA SIQUEIRA SILVA**

**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA FFLCH USP**

# COMO ESTUDAR A QUESTÃO ?

**OBSERVAÇÃO CLIMÁTICA**

**SIMULAÇÃO CLIMÁTICA**

**PROJEÇÃO CLIMÁTICA**

**VULNERABILIDADE**

**MITIGAÇÃO**

**POLÍTICAS PÚBLICAS**

# OBSERVAÇÕES - *NASA Climate Machine*

**Temperatura da superfície ( + 0.9 °C no último século)**

CO2

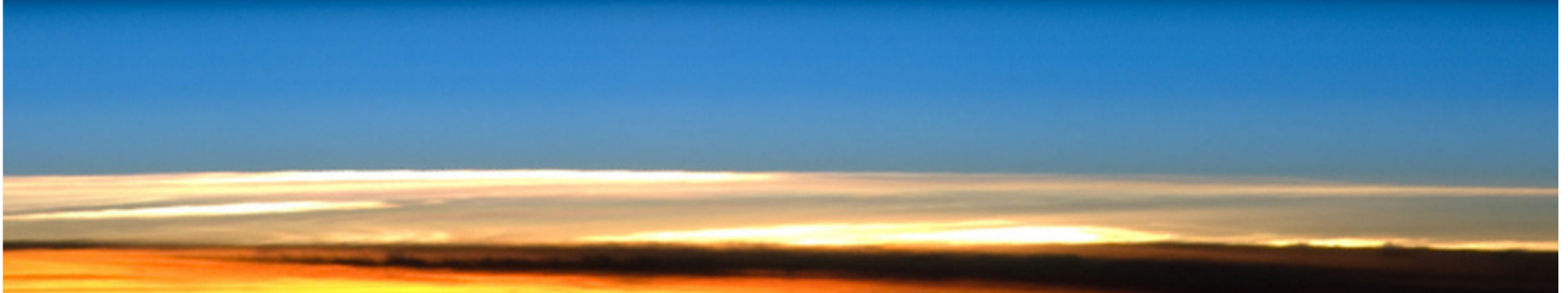
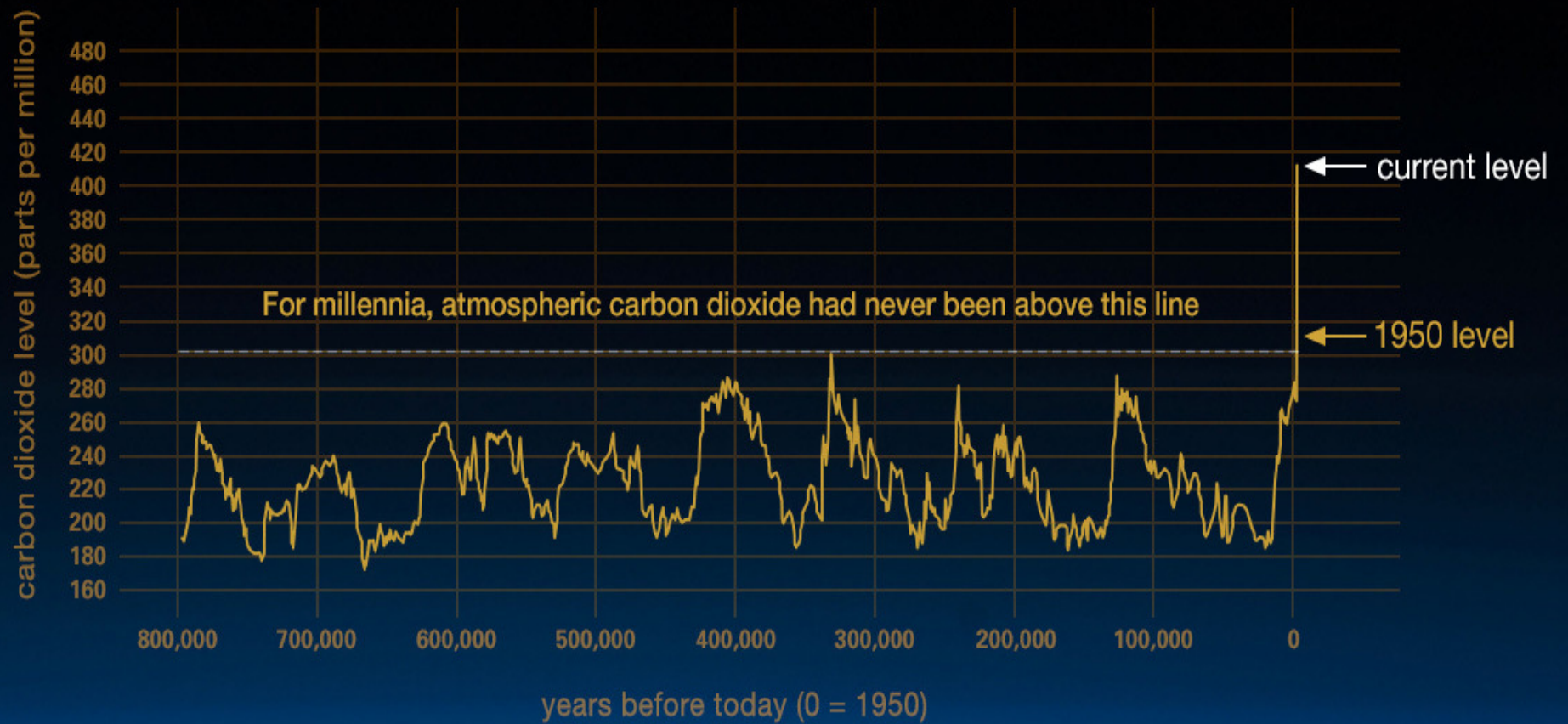
Gelo Ártico

Nível do Mar

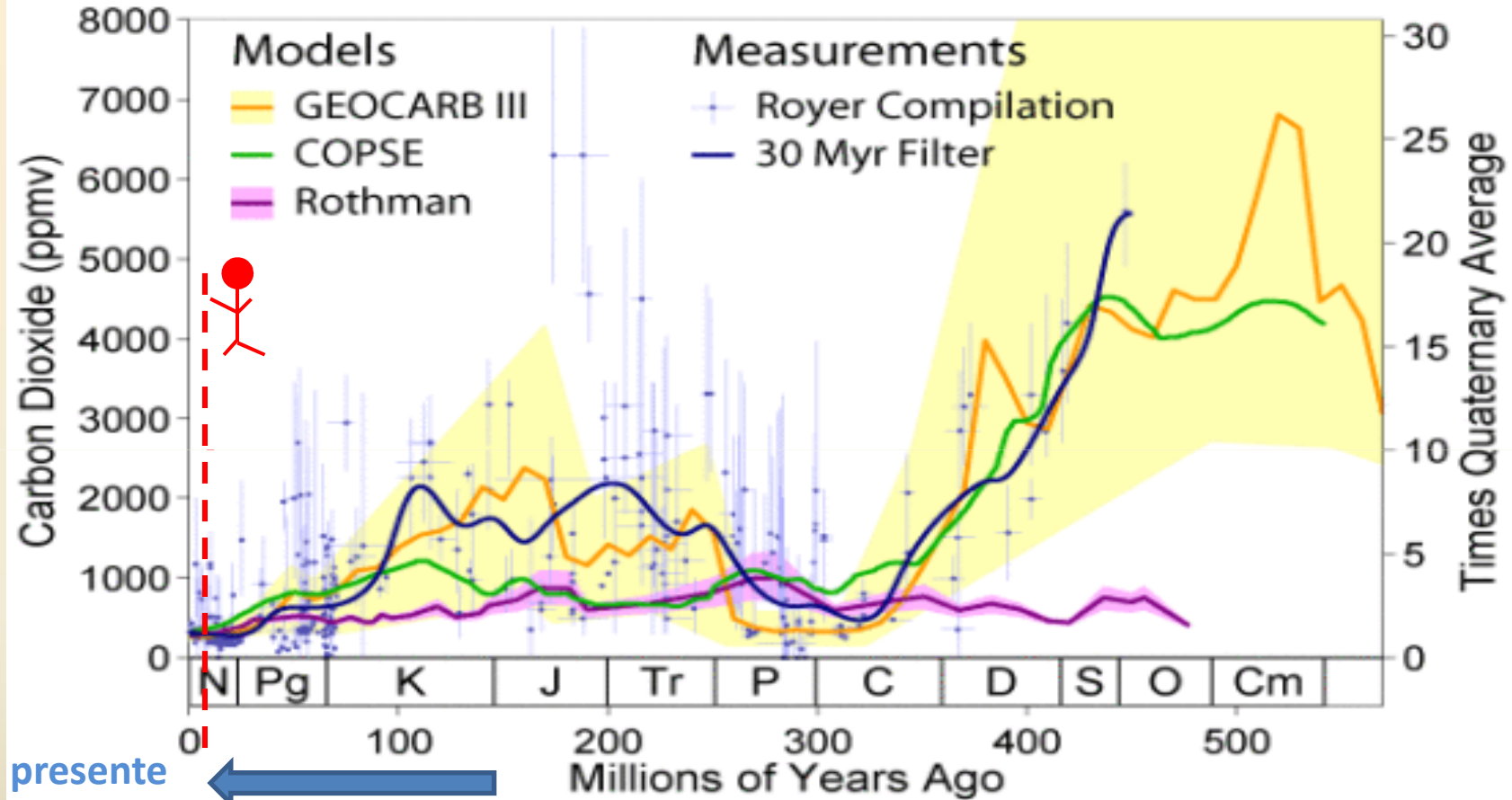
Número de espécies de seres vivos

Corais

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



# Phanerozoic Carbon Dioxide



Quaternário

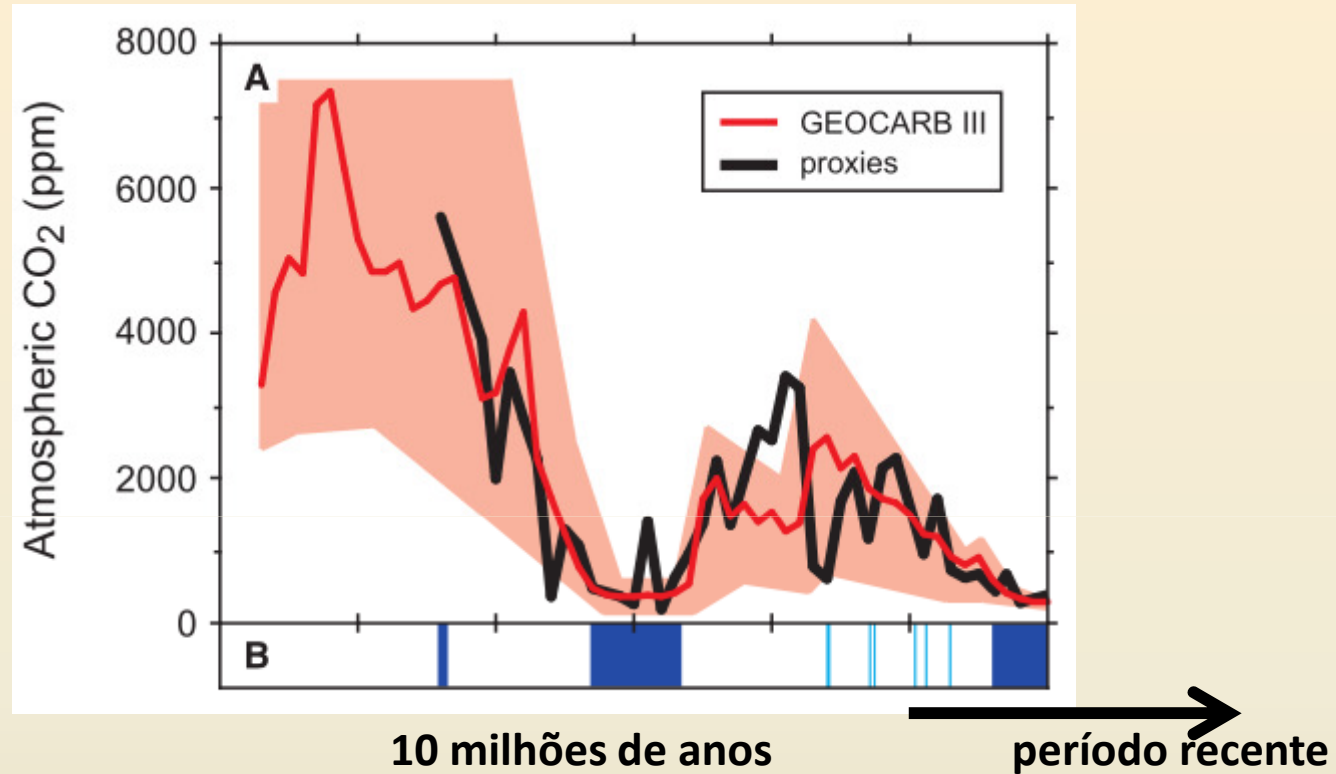
Jurássico

Carbonífero

Siluriano

Cambriano

## POR QUE ACREDITAR NOS MODELOS ??



**CO<sub>2</sub> e clima – A:** Comparação das previsões do modelo (GEOCARB III, Berner e Kothavala, 2001) e construções de proxies de CO<sub>2</sub>. Os picos de tempo são usados em ambas as curvas. A área sombreada representa um intervalo de erro para previsões do modelo.

**B:** Intervalos de climas glaciares (azul escuro) ou frio (azul claro)

## ENTENDA O ESTUDO



### COLETA DE DADOS

> Foram analisados fósseis e medições de temperatura de 73 locais no mundo, em terra e nos oceanos  
> Características físicas e químicas do material foram analisadas e comparadas com registros modernos de temperatura



### RESULTADOS

#### RECORDE

Hoje, a temperatura do planeta é maior do que em 75% dos últimos 11.300 anos

#### ESFRIOU

Nos últimos 5.000 anos, a Terra esfriou cerca de 0,7° C...

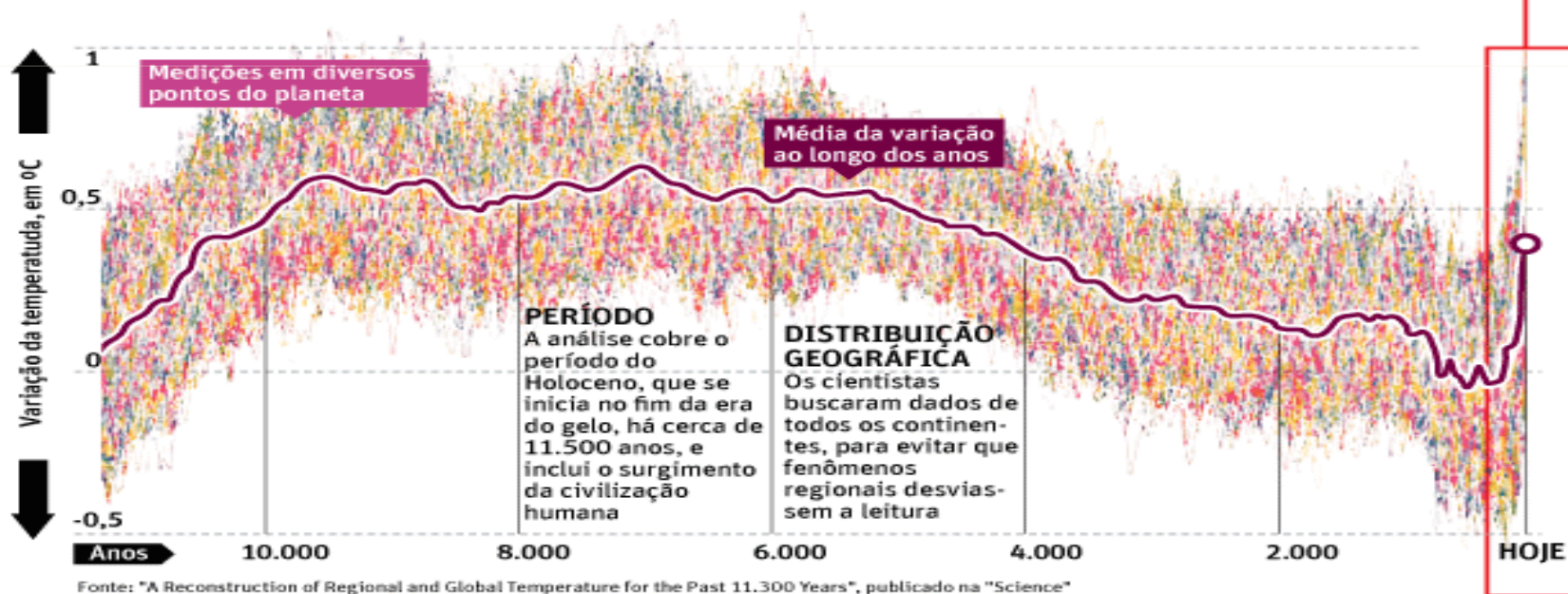
#### ...MAS ESQUENTOU

Nos últimos cem anos, a temperatura subiu nessa mesma proporção

#### ALERTA

Se os modelos de aquecimento para o futuro estiverem certos, prevendo um aumento de 2° C a 6° C até 2100, o planeta viverá o período mais quente dos últimos 11 mil anos

## UMA PEQUENA HISTÓRIA DA VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DA TERRA



# ACORDO DE PARIS 2015 COP21

Ficou estabelecido que os países signatários tentariam cortar emissões de carbono para impedir que o aumento da temperatura média global fosse superior a 2 °C em relação à temperatura da época pré-industrial.

Em 2017, os EUA anunciam a saída do acordo de Paris.

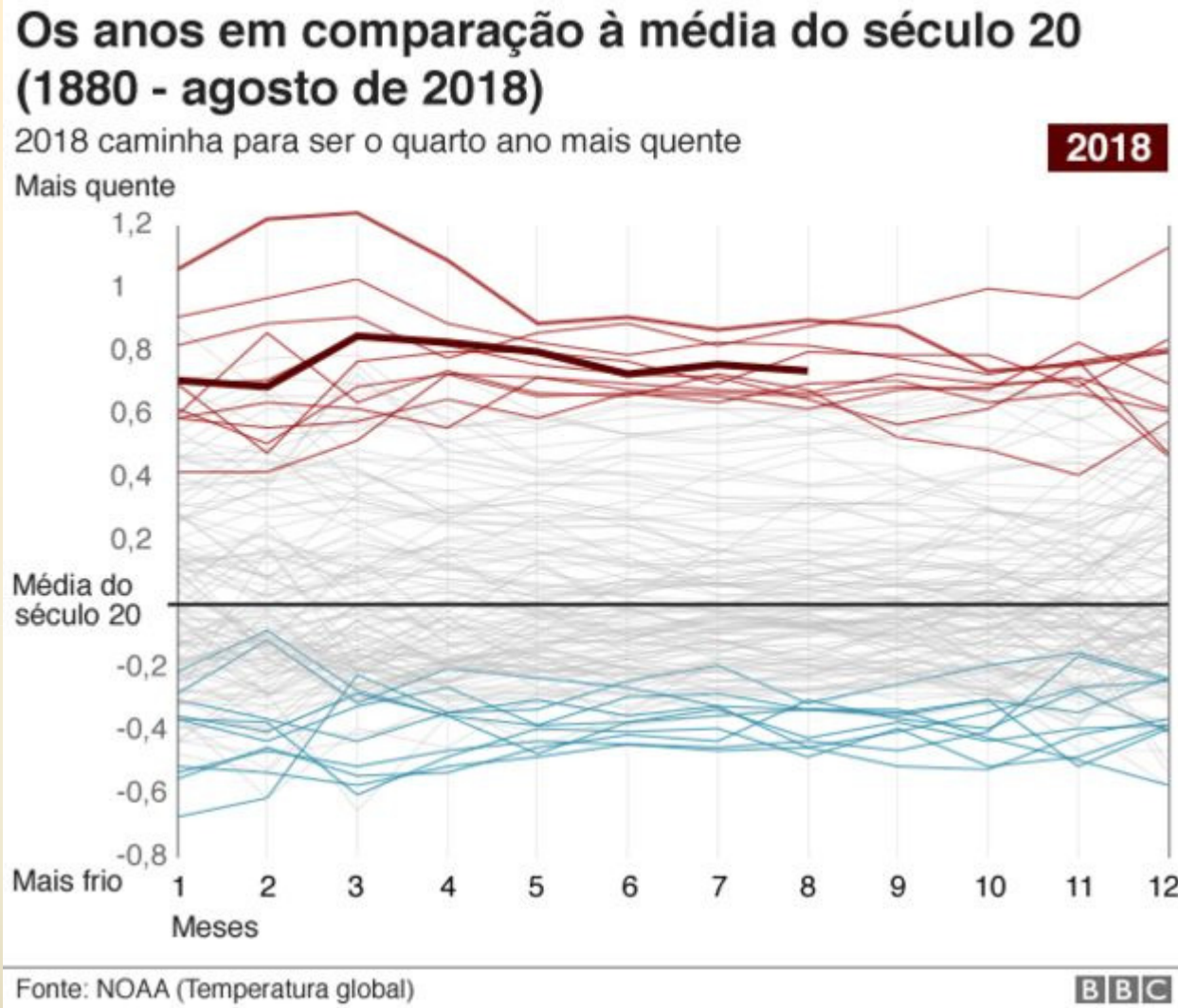
A análise do Met Office de 2018 diz que há 10% de chance de isso ( $\Delta T < 2 \text{ °C}$ ) acontecer nos próximos cinco anos (2019-2023) → 90 % de não acontecer.



# EVIDÊNCIAS CLIMÁTICAS

- Aumento da temperatura global
- Aquecimento do nível dos oceanos
- Diminuição da espessura e tamanho de geleiras
- Diminuição da cobertura de neve
- Aumento do nível do mar
- Diminuição do gelo no Ártico
- Eventos extremos
- Acidificação dos oceanos

<https://climate.nasa.gov/evidence/>



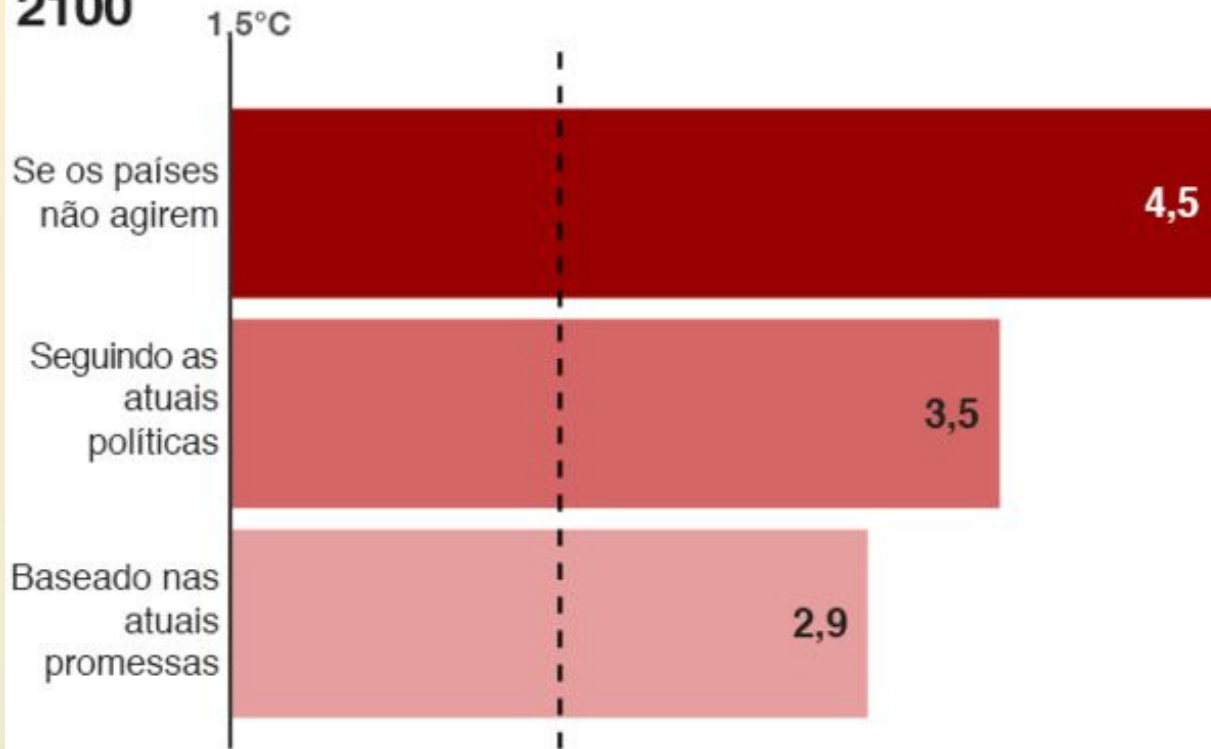
temperatura  
média global

“Os 20 anos mais quentes foram registrados nos últimos 22 anos, sendo que 2015 a 2018 ocupam os quatro primeiros lugares do ranking, diz a OMM.” (BBC)

- Se essa tendência continuar, as temperaturas poderão subir de 3 a 5 graus até 2100.

<https://www.bbc.com/portuguese/geral-46424720>

## Média de aquecimento global (°C) projetada para 2100



Fonte: Climate Action Tracker, atualizado em novembro de 2017

BBC

## MITIGAÇÃO

Os países que assinaram o acordo de Paris se comprometeram a manter as temperaturas "bem abaixo dos 2°C em relação aos níveis pré-industriais e a buscar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C".

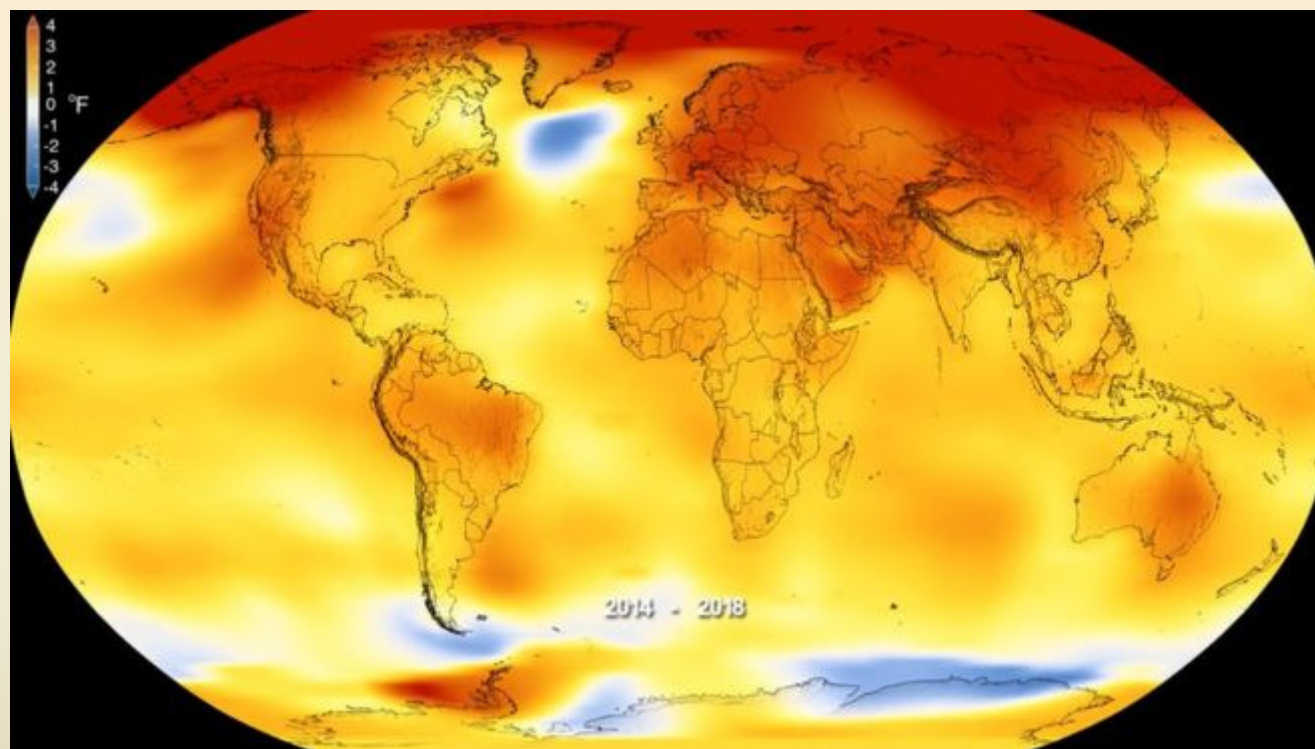
Mas os cientistas concordam agora que, na verdade, precisamos manter os aumentos de temperatura abaixo de 1,5°C.

(BBC)

# Aquecimento global: década pode ser a mais quente da história, diz agência britânica

Matt McGrathBBC News

7 fevereiro 2019

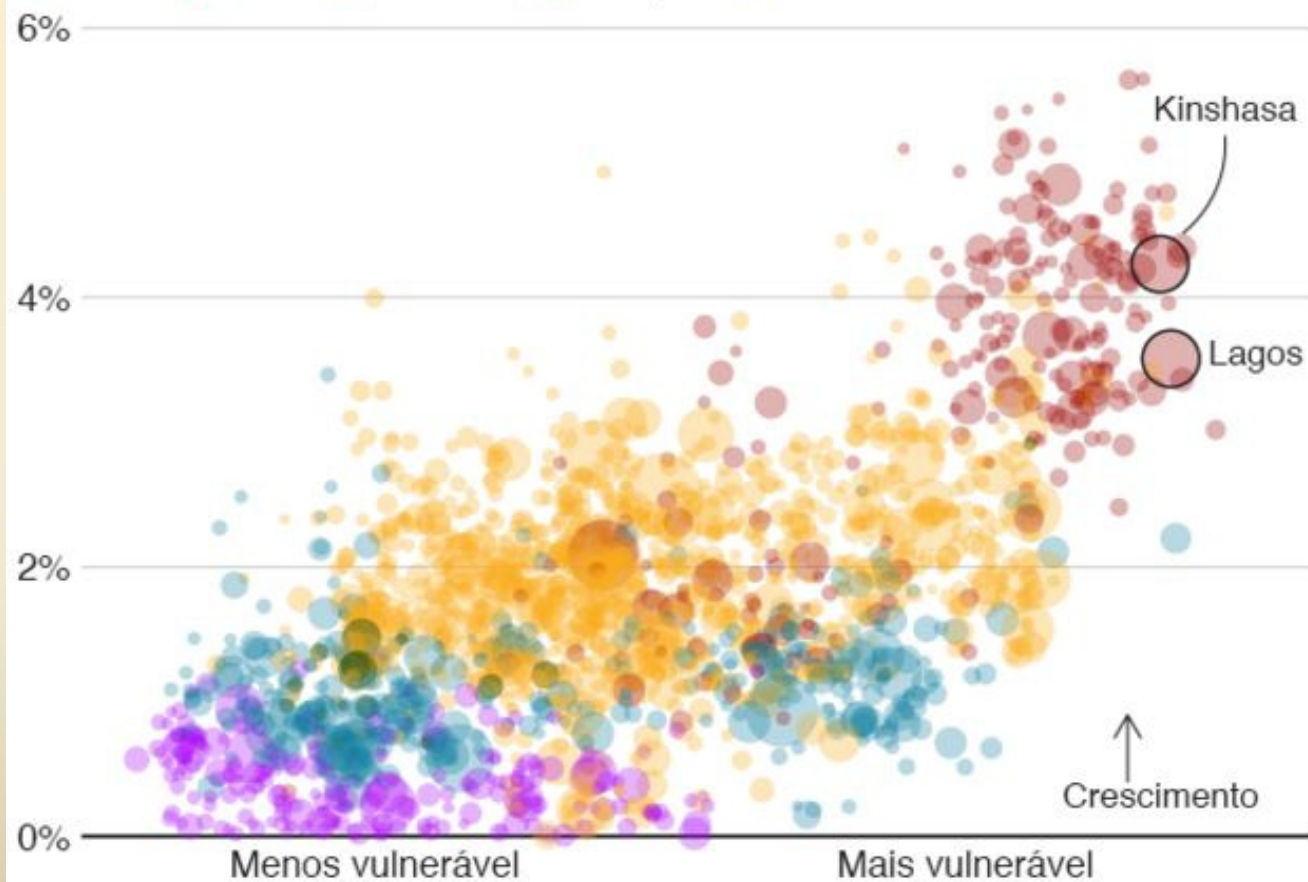


O mundo está no meio do que pode ser a década mais quente já registrada, de acordo com um estudo do Met Office – o serviço meteorológico do governo britânico.

## Cidades em rápida expansão enfrentam piores riscos climáticos

Crescimento populacional 2018-2035 em relação à vulnerabilidade às mudanças climáticas

● África ● Ásia ● Américas ● Europa ● Oceania



Fonte: Verisk Maplecroft. O tamanho do círculo representa a população atual.



**Aquecimento global: Arquipélago russo entra em estado de emergência após invasão de ursos polares famintos**

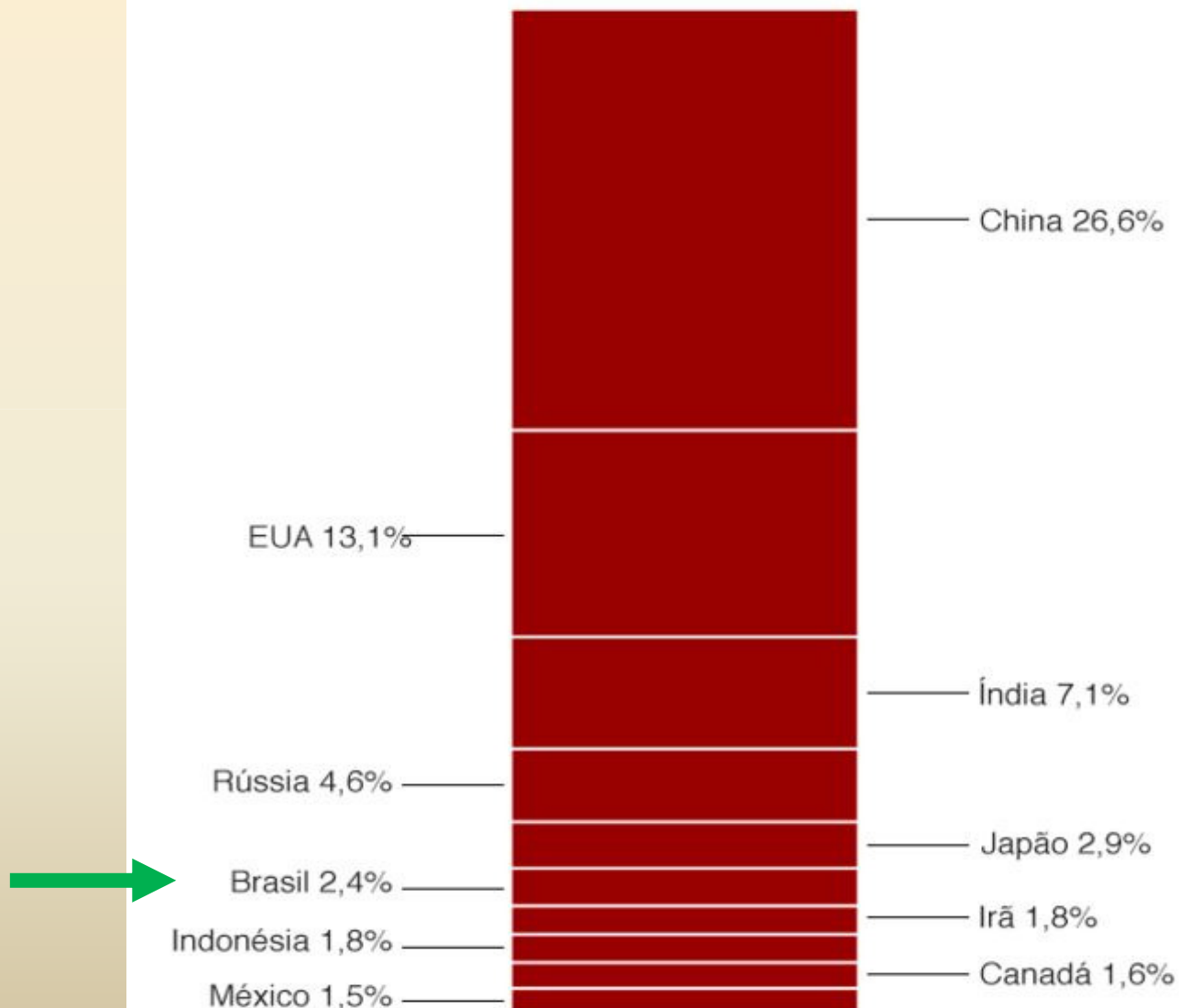


**Uma região remota da Rússia entrou em estado de emergência por causa da invasão de dezenas de ursos polares.**

**(BBC)**

## Os maiores emissores de gases de efeito estufa do mundo

Os 10 maiores emissores de gases de efeito estufa respondem por 60% das emissões totais



Fonte: EC Joint Research Centre/PBL Netherlands Environmental Assessment Agency

BBC



## CONDIÇÕES POLÍTICAS

- A política ambiental dos EUA mudou sob o governo de Donald Trump, que adotou uma agenda pró-combustíveis fósseis.
- Depois de tomar posse, o presidente americano anunciou a retirada do país do *Acordo de Paris*.
- Na ocasião, Trump disse que queria negociar um novo acordo "justo" que não prejudicasse as empresas e trabalhadores americanos.

(BBC)

# PORTAL Observações e Projeções Climáticas

## Temperatura e Precipitação

The screenshot displays the NOAA's Climate Change Web Portal interface. The browser address bar shows the URL <https://www.esrl.noaa.gov/psd/ipcc/cmip5/>. The page title is "NOAA's Climate Change Web Portal".

The interface includes a navigation menu with "Maps" and "Time Series" tabs. The "Select Data to Plot" section is configured as follows:

- Plot Type: Anomaly
- Variable: Average Of All Models
- Experiment: RCP8.5
- Field: Air Temperature
- Statistic: Mean
- Season: Entire Year
- 20th Century Period: 1911-2005
- 21st Century Period: (partially visible)

The main content area displays "Surface Air Temperature Climatology ANN" with four global maps:

- OBS (1911-2005) deg C
- CMIP5 ENSMN historical (1911-2005) deg C
- CMIP5 ENSMN historical (1911-2005) - OBS deg C
- ENSMN rcp85 (2006-2100) - hist (1911-2005) deg C

The maps use a color scale from -40 to 24 degrees Celsius. The bottom of the screenshot shows a Windows taskbar with the search bar containing "2019-GeografiaU...pptx" and the system tray displaying "POR 12:45 PTB2 04/06/2019".

<https://www.esrl.noaa.gov/psd/ipcc/cmip5/>

# GLOSSÁRIO

## ***CMIP - Climate Model Intercomparison Project***

Projeto de Intercomparação de Modelos Climáticos

## **RCP8.5 – cenário de emissão alta de CO<sub>2</sub>**

Forçante radiativa = 8.5 W/m<sup>2</sup> antes de 2100

## **RCP4.5 – cenário de emissão moderada de CO<sub>2</sub>**

Forçante radiativa = 4.5 W/m<sup>2</sup> antes de 2100

Select Data to Plot

Plot Type: Anomaly

Plot Maps Quick Intro

-Variable-

Model:

Average Of All Models

Experiment:

RCP8.5

Field:

Air Temperature

Statistic:

Mean

-Time Period-

Season:

Entire Year

20th Century Period:

1911-2005

21st Century Period:

2006-2100

-Plot Area-

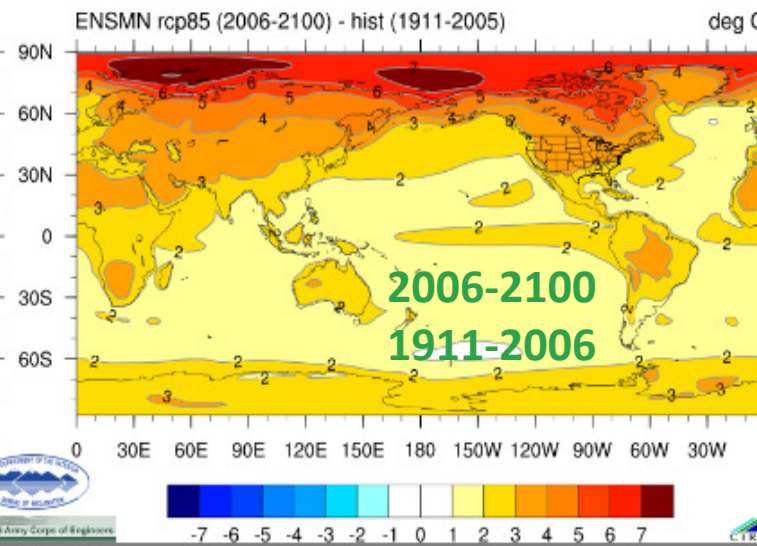
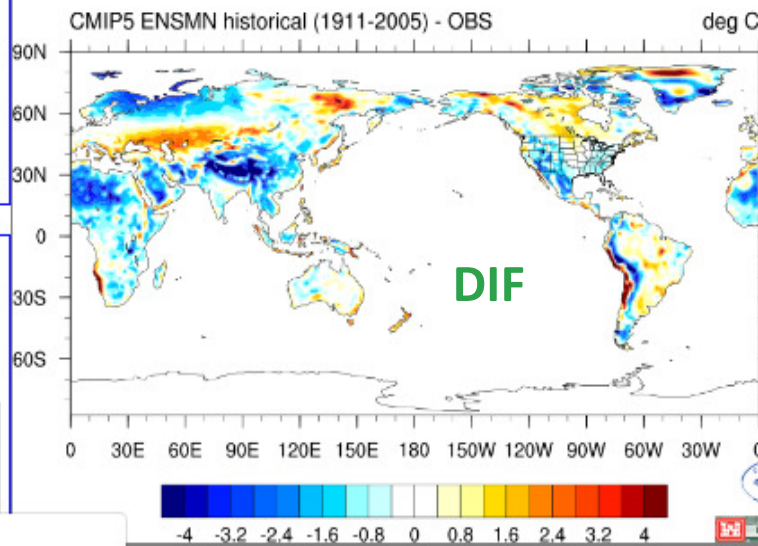
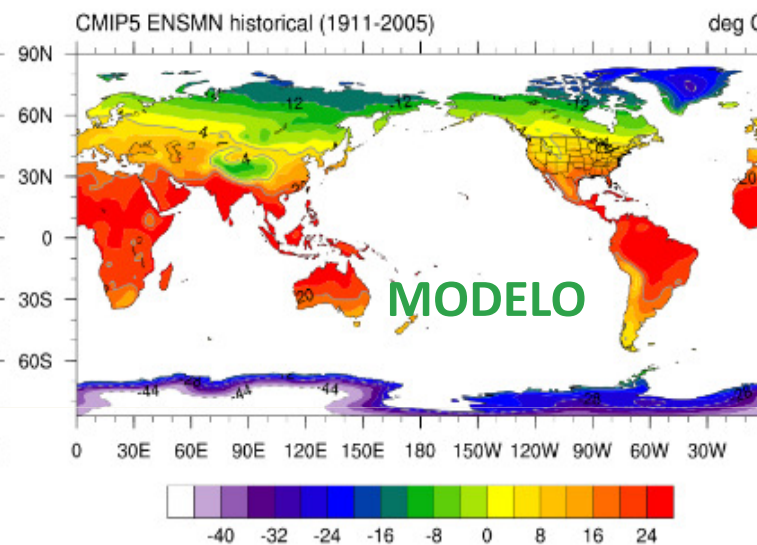
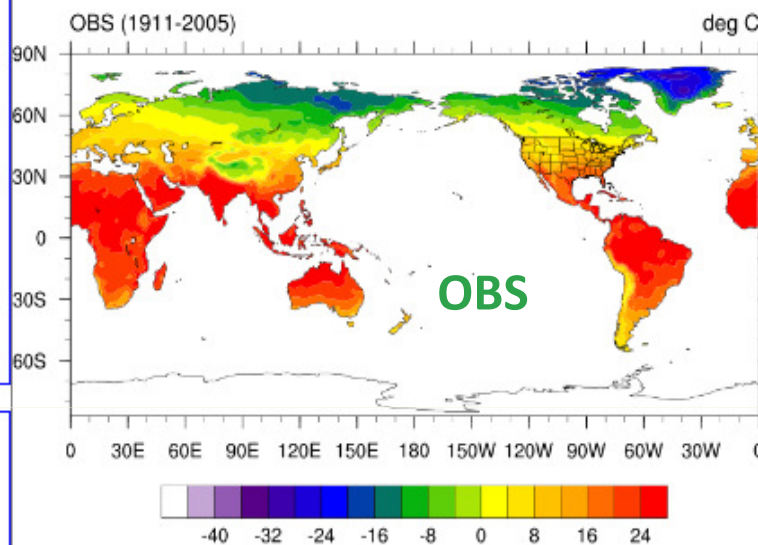
Region:

Global

Shift-Drag to select custom region | Clear



Surface Air Temperature Climatology ANN



# NOAA's Climate Change Web Portal

Maps

Time Series

Select Data to Plot

Plot Type: **Anomaly**

Plot Maps

Quick Intro

## Variable

Model: ?

Average Of All Models

Experiment: ?

RCP8.5

Field: ?

Precipitation

Statistic:

Mean

## Time Period

Season:

Entire Year

20th Century Period:

1911-2005

21st Century Period:

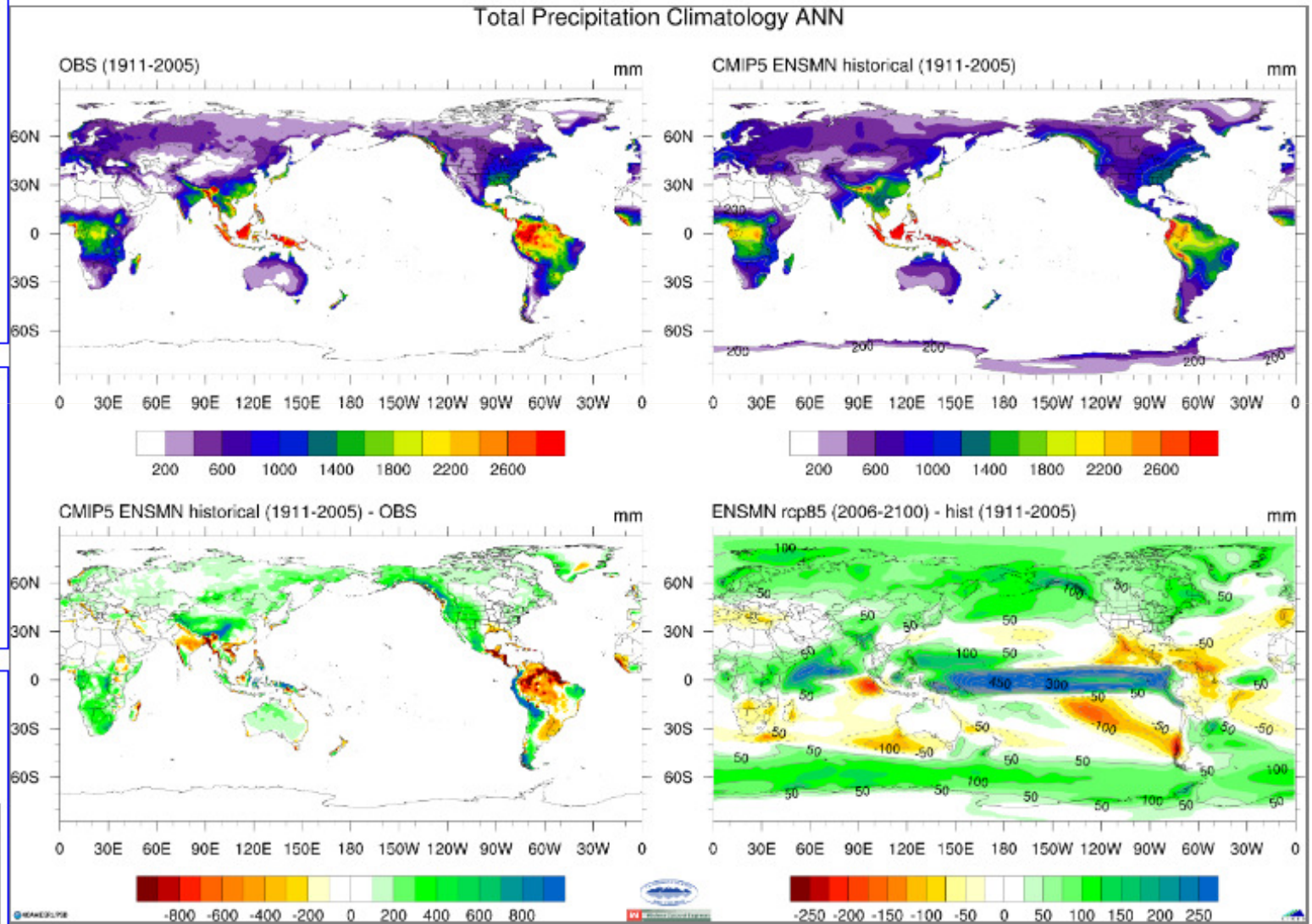
2006-2100

## Plot Area

Region:

Global

Shift-Drag to select custom region | Clear



18595.1559673900.86.png

age to enlarge

Maps

Time Series

Select Data to Plot

Plot Type: Anomaly

Plot Maps Quick Intro

Variable

Model:

Average Of All Models

Experiment:

RCP4.5

Field:

Air Temperature

Statistic:

Linear Trend

Time Period

Season:

Entire Year

20th Century Period:

1911-2005

21st Century Period:

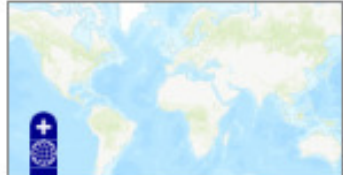
2006-2100

Plot Area

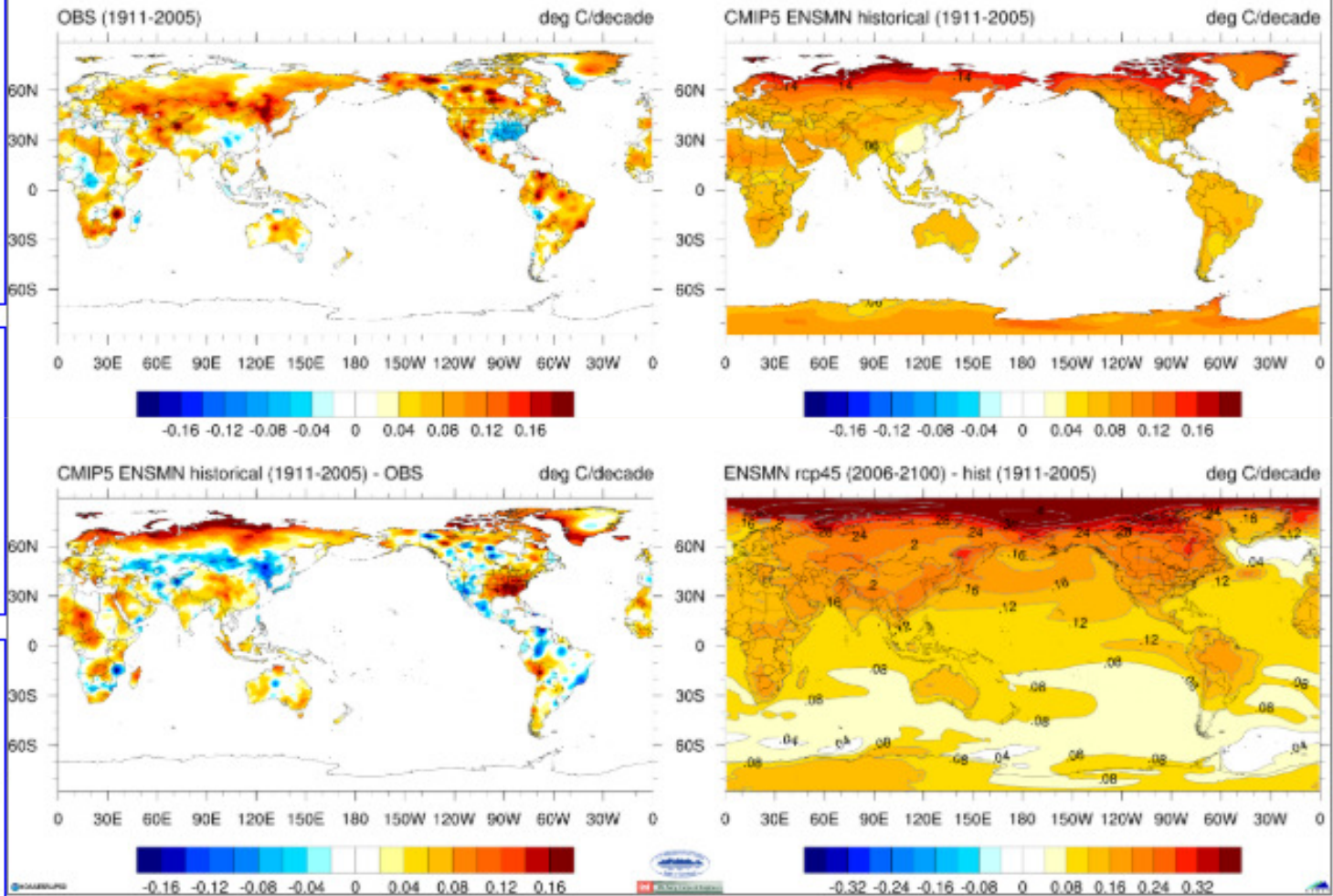
Region:

Global

Shift-Drag to select custom region | Clear



Surface Air Temperature least squares linear trend of seasonal means for time period ANN



Click image to enlarge

31.1559664454.19.png

# NOAA's Climate Change Web Portal

Maps

Time Series

Select Data to Plot

Plot Type: **Anomaly**

[Plot Maps](#) [Quick Intro](#)

## Variable

Model: [?](#)

Average Of All Models

Experiment: [?](#)

RCP4.5

Field: [?](#)

Precipitation

Statistic:

Mean

## Time Period

Season:

Entire Year

20th Century Period:

1911-2005

21st Century Period:

2006-2100

## Plot Area

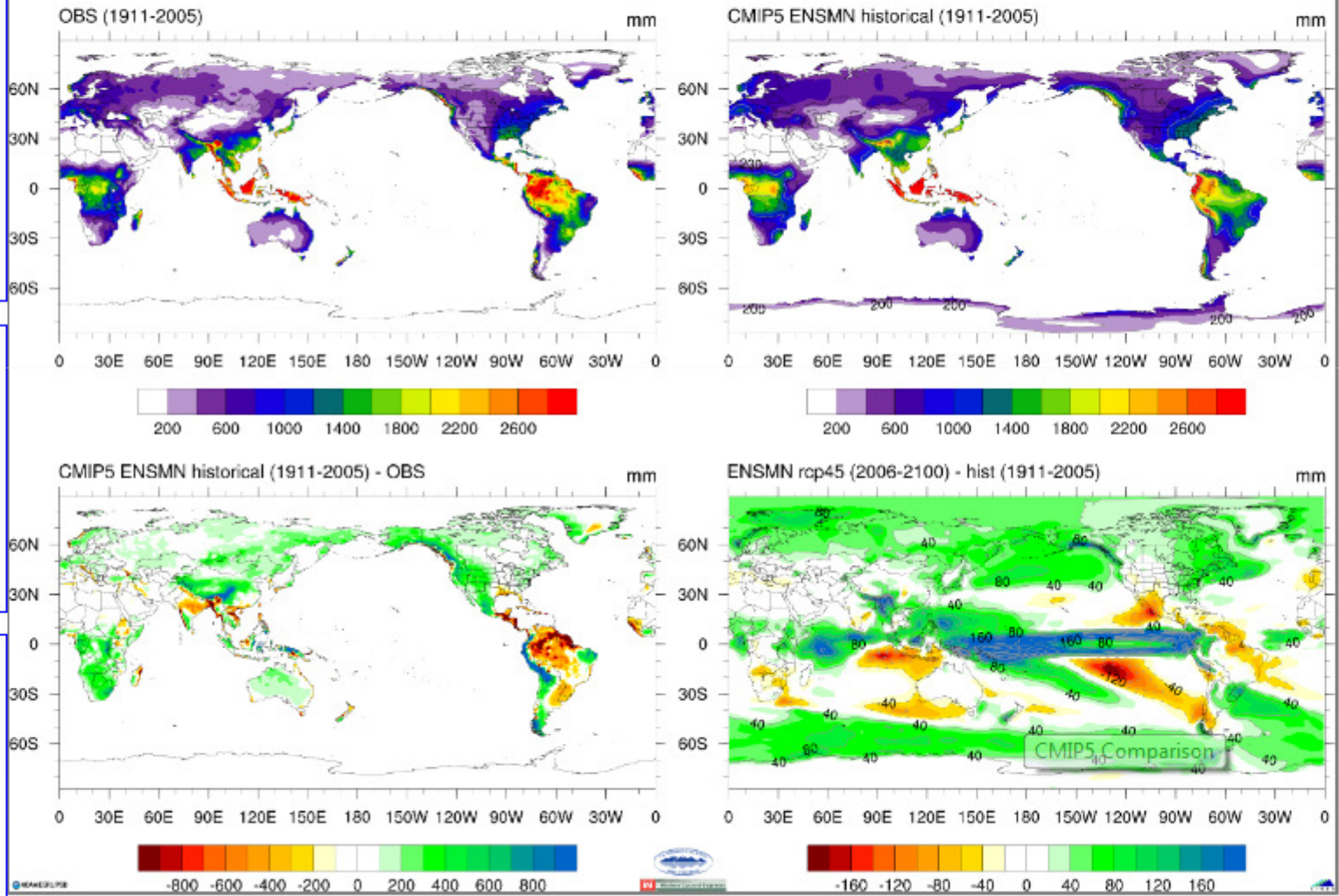
Region:

Global

Shift-Drag to select custom region | [Clear](#)



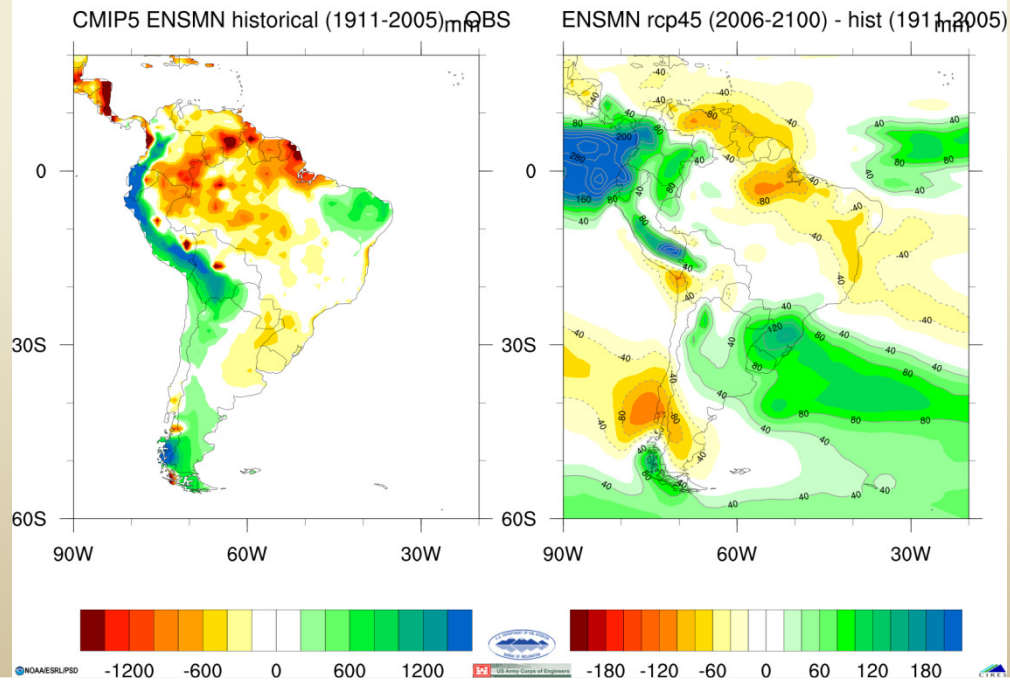
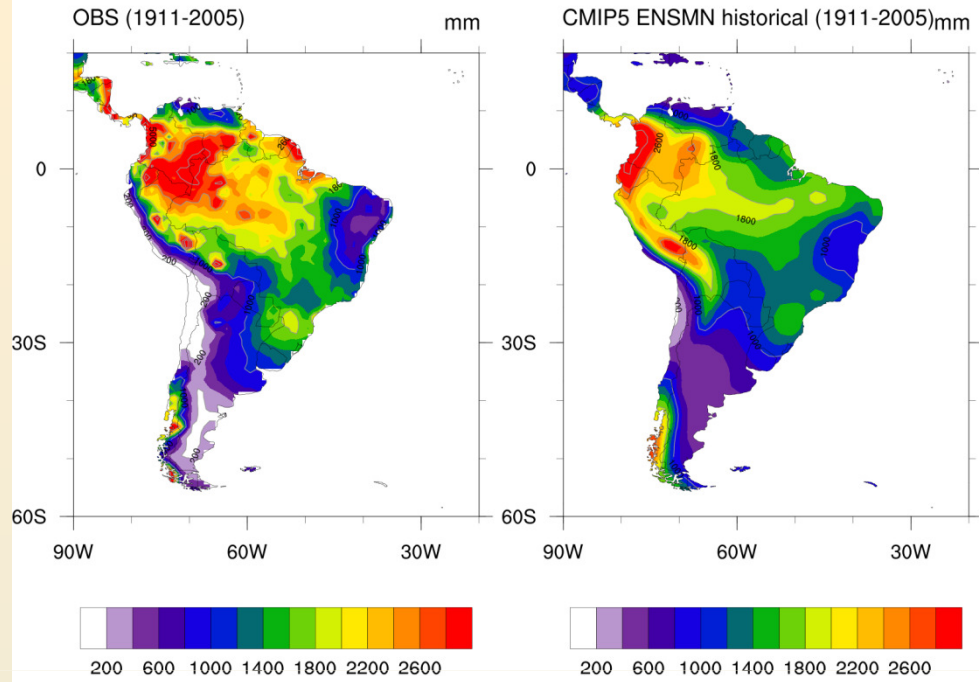
## Total Precipitation Climatology ANN



:19135.1559674124.05.png

age to enlarge

# Total Precipitation Climatology ANN



ZOOM  
AMÉRICA DO SUL

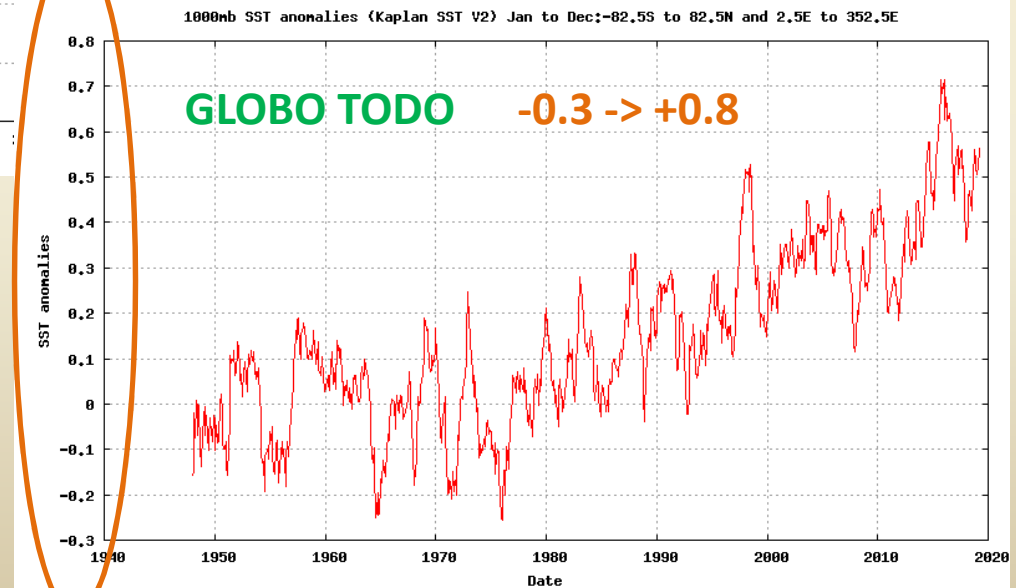
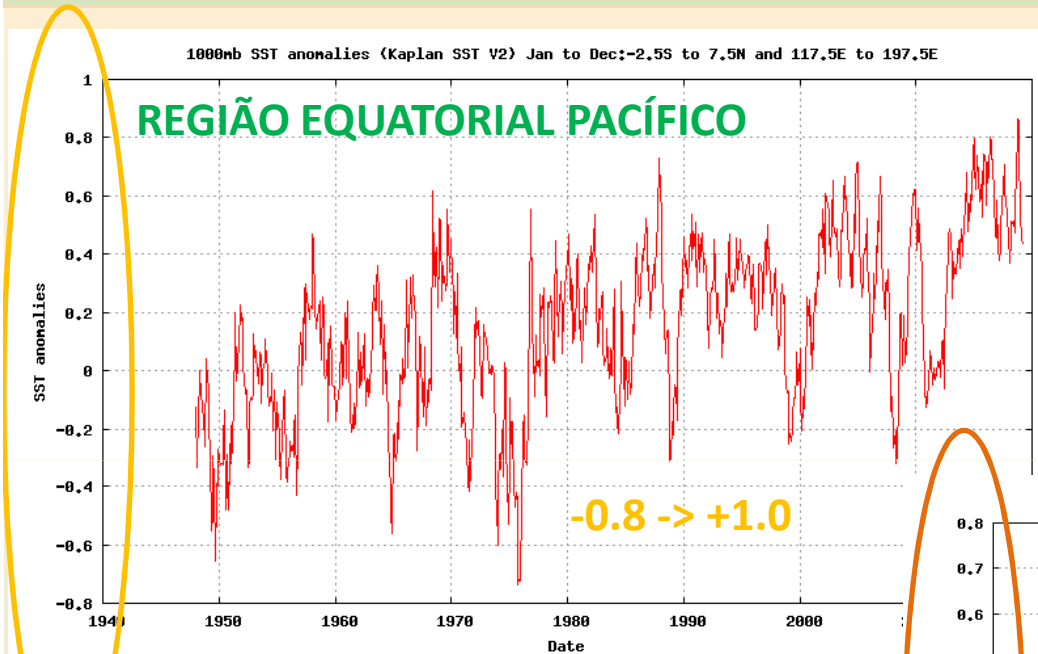
simulado (2006-2100) –  
obs (1911-2005)



**MAIS DADOS ....**

# ANOMALIA TEMPERATURA SUPERFÍCIE DO MAR OBSERVADA

## KAPLAN V2 CDC NOAA

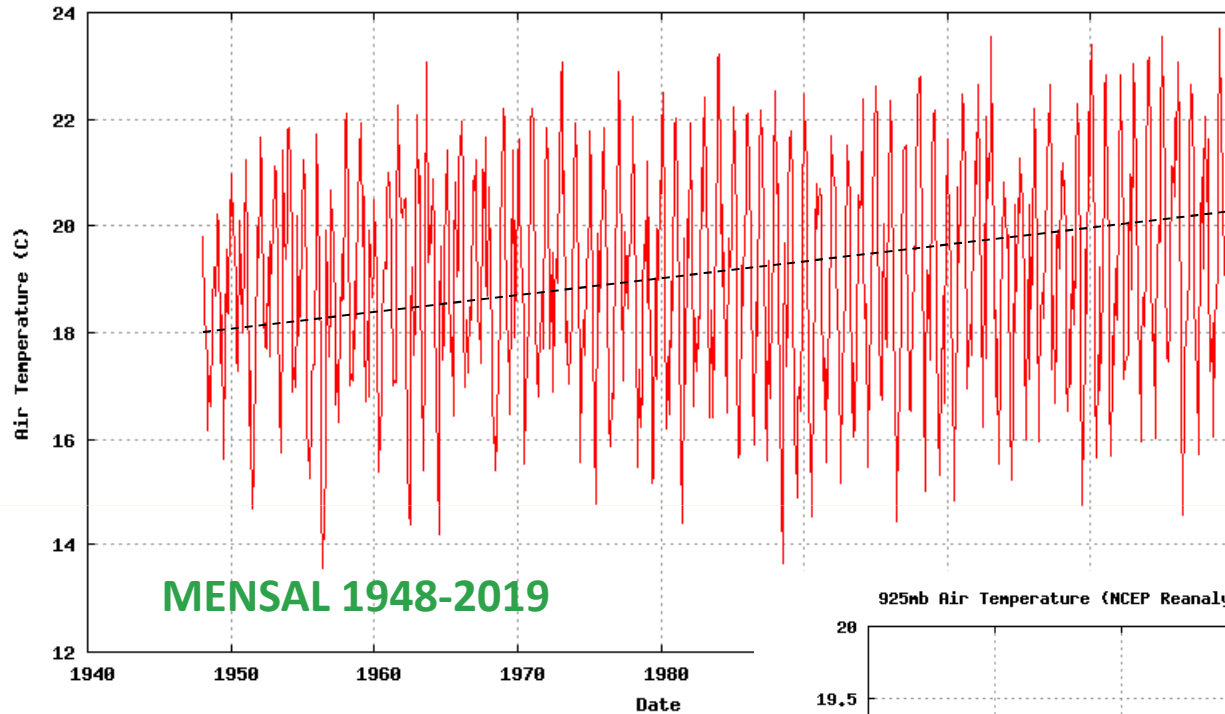


<https://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/timeseries/timeseries1.pl>

# TEMPERATURA DO AR OBSERVADA NA REGIÃO DE SÃO PAULO

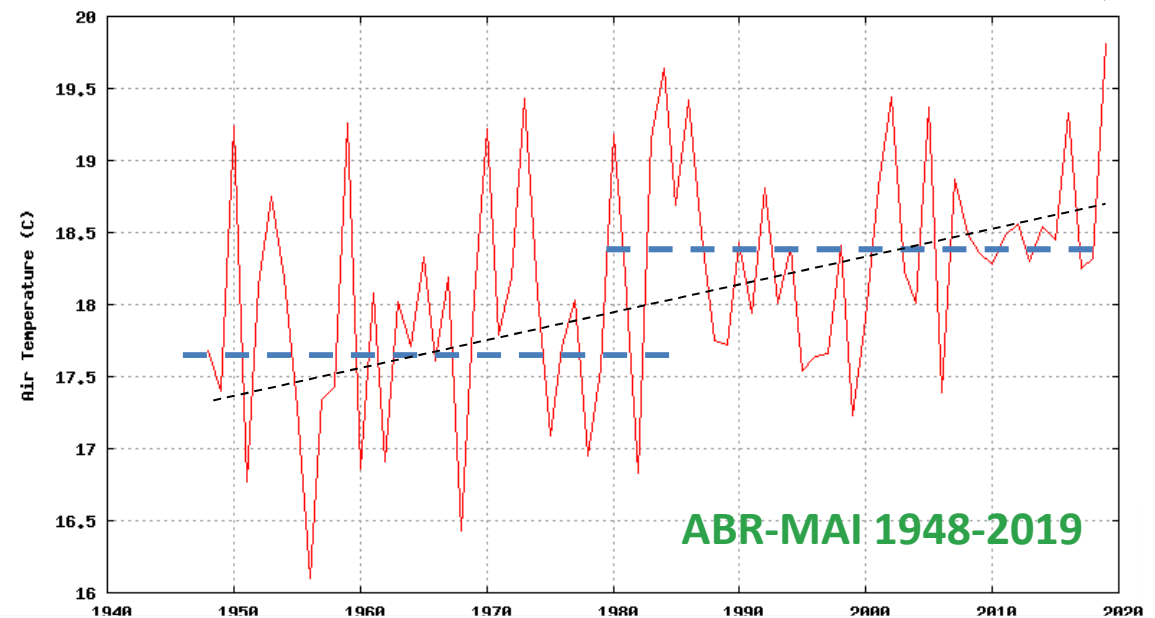
## NCEP-NCAR REANÁLISE CDC NOAA

925mb Air Temperature (NCEP Reanalysis) Jan to Dec:-22,5S to -25,0S and 312,5E to 315,0E



ABRIL-MAIO 2019

925mb Air Temperature (NCEP Reanalysis) Apr to May:-22,5S to -25,0S and 312,5E to 315,0E averaged



$\pm 0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$

# QUANTIFICAR A VULNERABILIDADE

## TRÊS EXEMPLOS

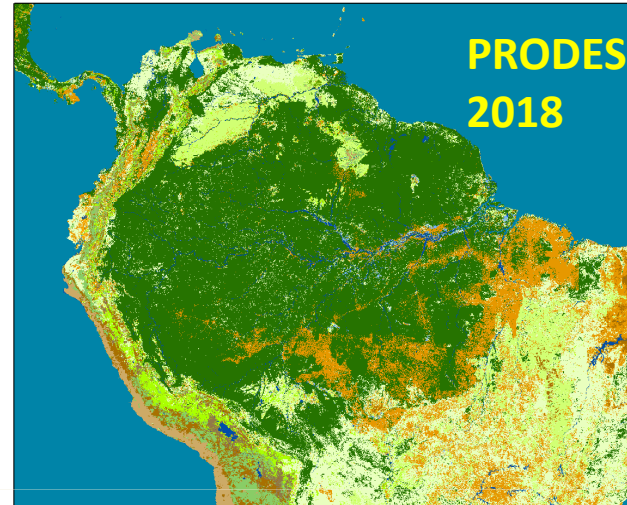
- 1) Identificação da Vulnerabilidade na superfície -  
áreas prioritárias para o desmatamento  
e o respectivo Impacto climático
- 2) Identificação de áreas com baixo vigor vegetativo no Cerrado
- 3) Identificação da Vulnerabilidade da sociedade ao Ozônio  
troposférico

# IMPACTO DO DESMATAMENTO NO CLIMA DA AMÉRICA DO SUL

BATS ORIGINAL



BATS COM DESMATAMENTO  
(áreas desmatadas = agricultura + pecuária)

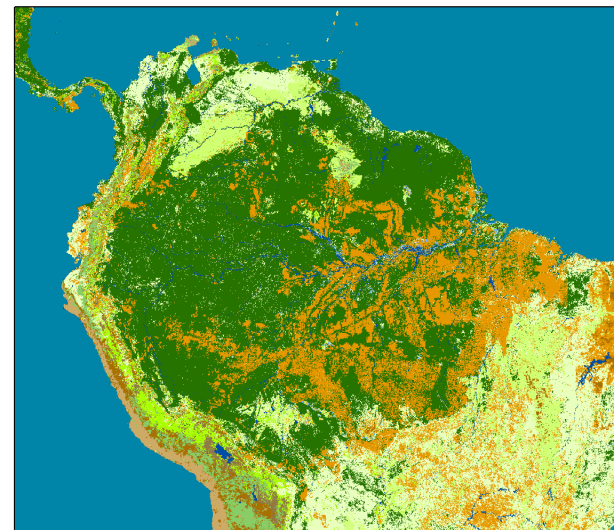


OBSERVADO

BATS com Cenário 1  
(áreas desmatadas = agricultura + pecuária)



BATS com Cenário 2  
(áreas desmatadas = agricultura + pecuária)

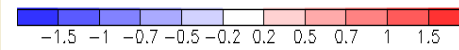
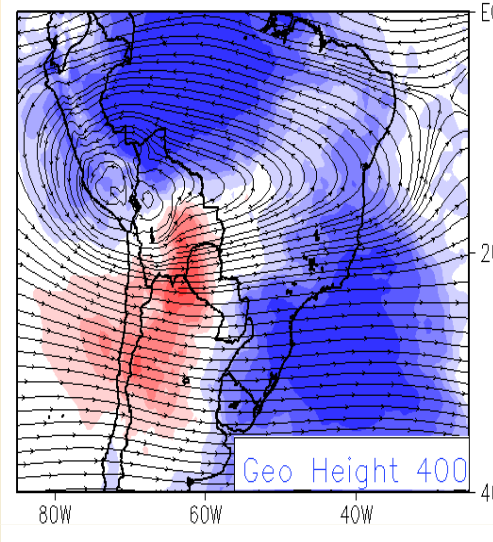
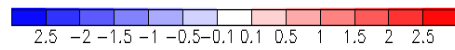
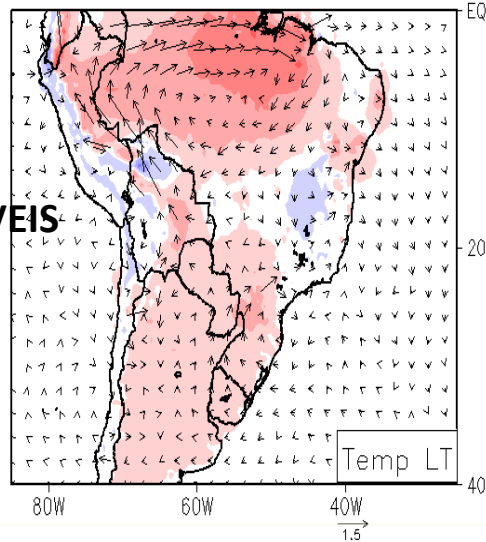


PROJETADO

Projeções para 2015 de Desmatamento Soares-Filho et al. (2016)

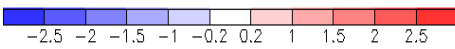
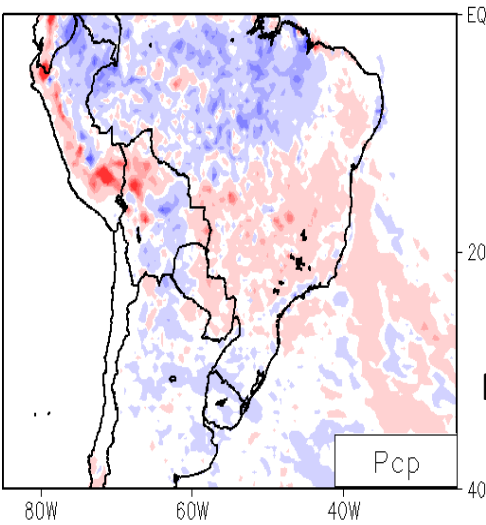
# IMPACTO DO DESMATAMENTO NO CLIMA DA AMÉRICA DO SUL

**TEMP  
BAIXOS NÍVEIS**

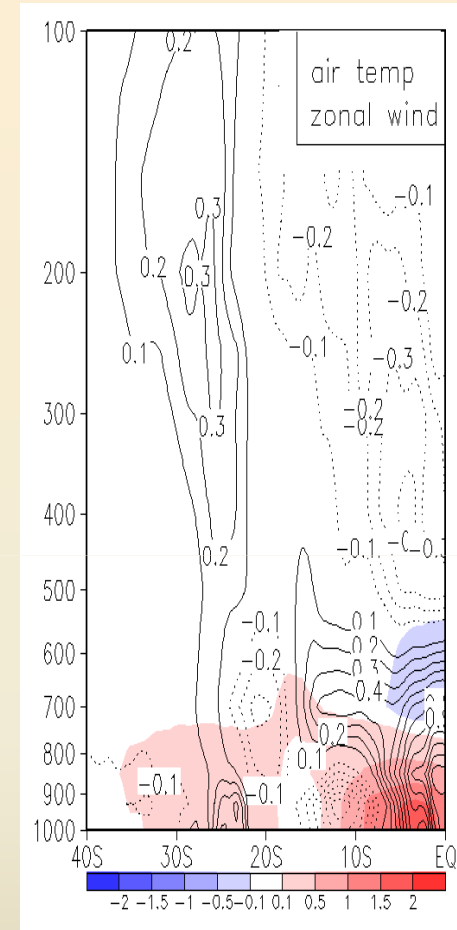


**ALTURA GEOPOTENCIAL 400 hPa**

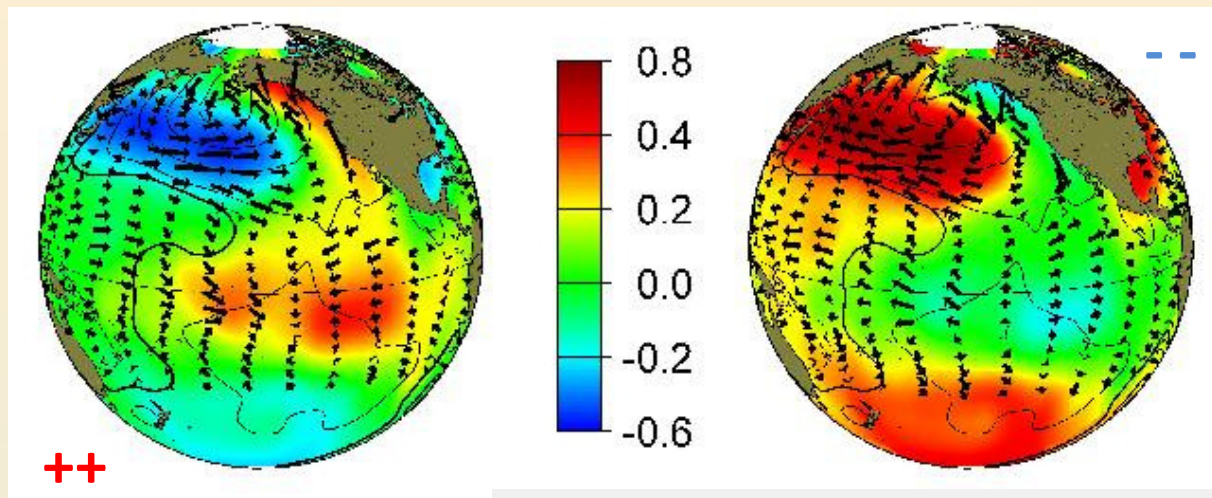
**Estação Chuvosa  
2001-2006**



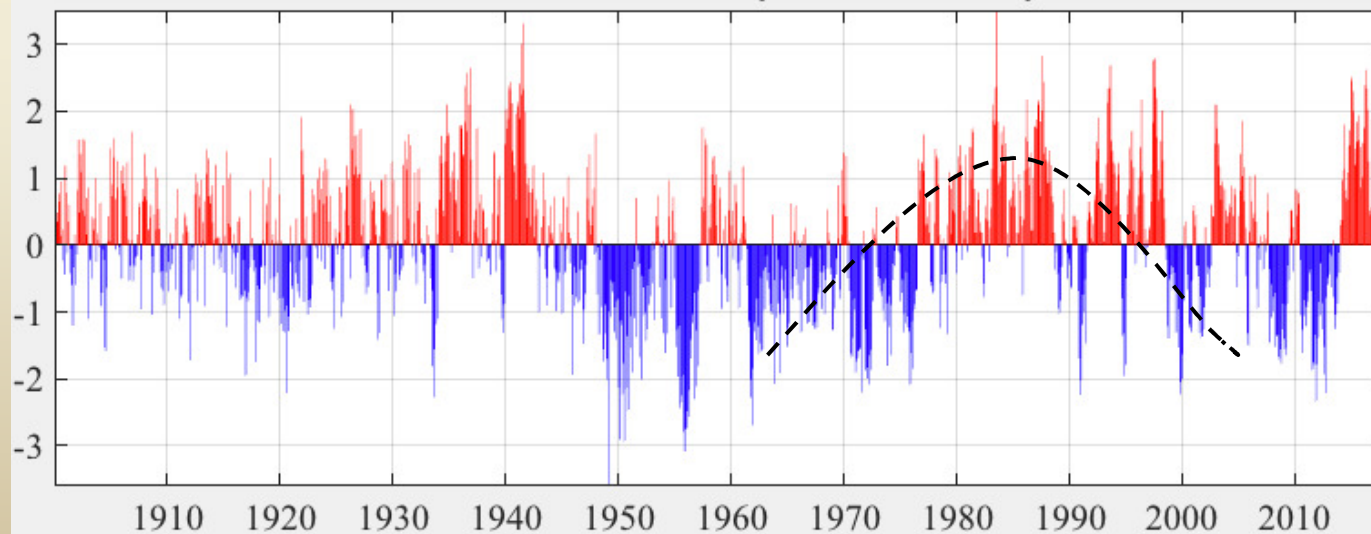
**PRECIPITAÇÃO**



## QUAL O IMPACTO DO DESMATAMENTO DA AMAZÔNIA EM PERÍODOS CLIMÁTICOS DISTINTOS ?



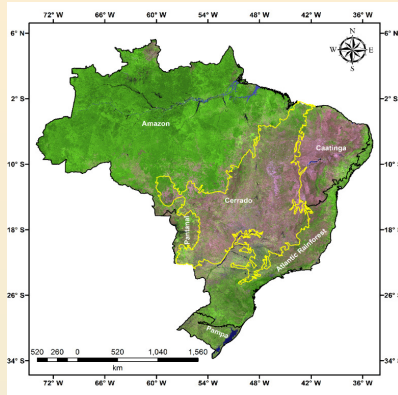
PDO index values: January 1900 - January 2017



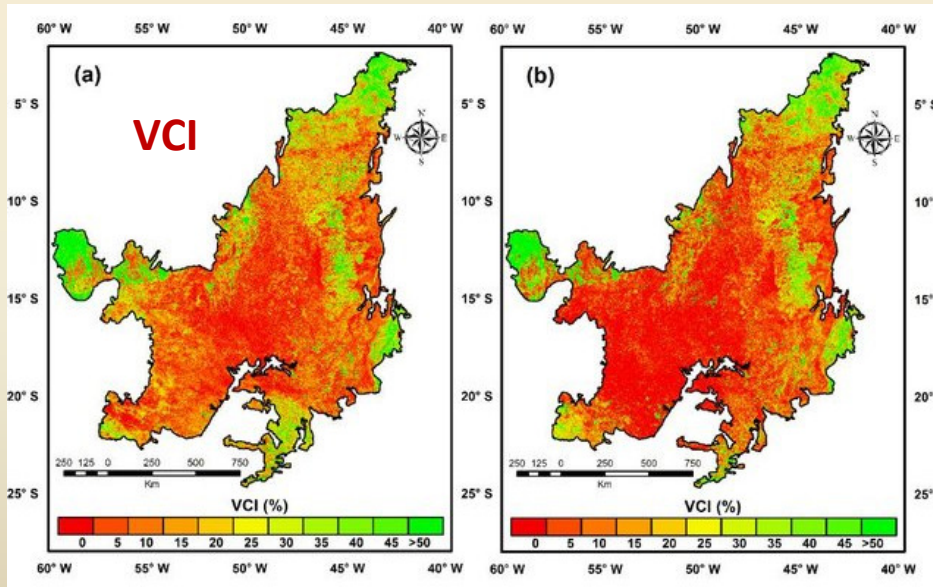
**É POSSÍVEL QUANTIFICAR O IMPACTO  
CLIMÁTICO CAUSADO PELO DESMATAMENTO  
DA AMAZÔNIA EM PERÍODOS FUTUROS ??**



# VULNERABILIDADE DO CERRADO À QUEIMA

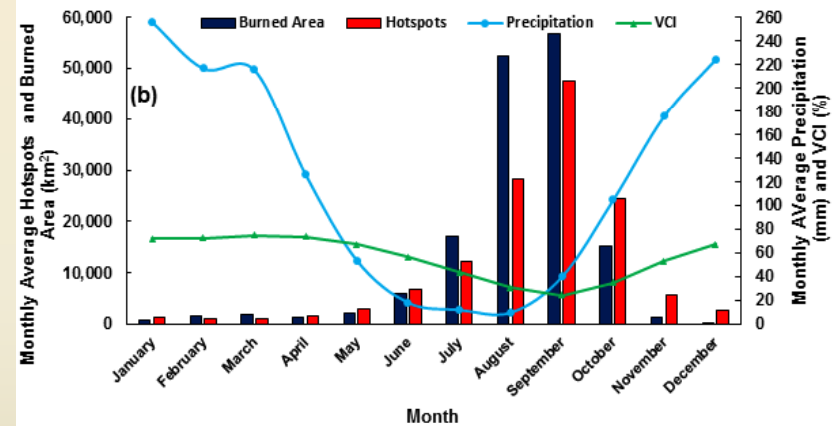
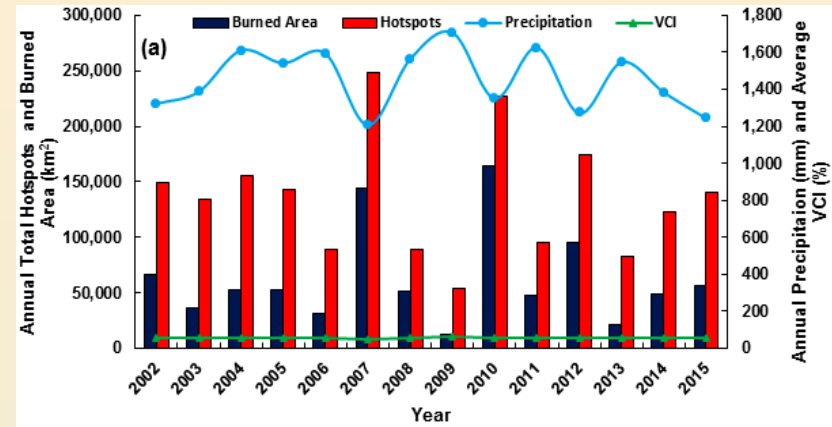


bioma Cerrado



setembro 2007

setembro 2010



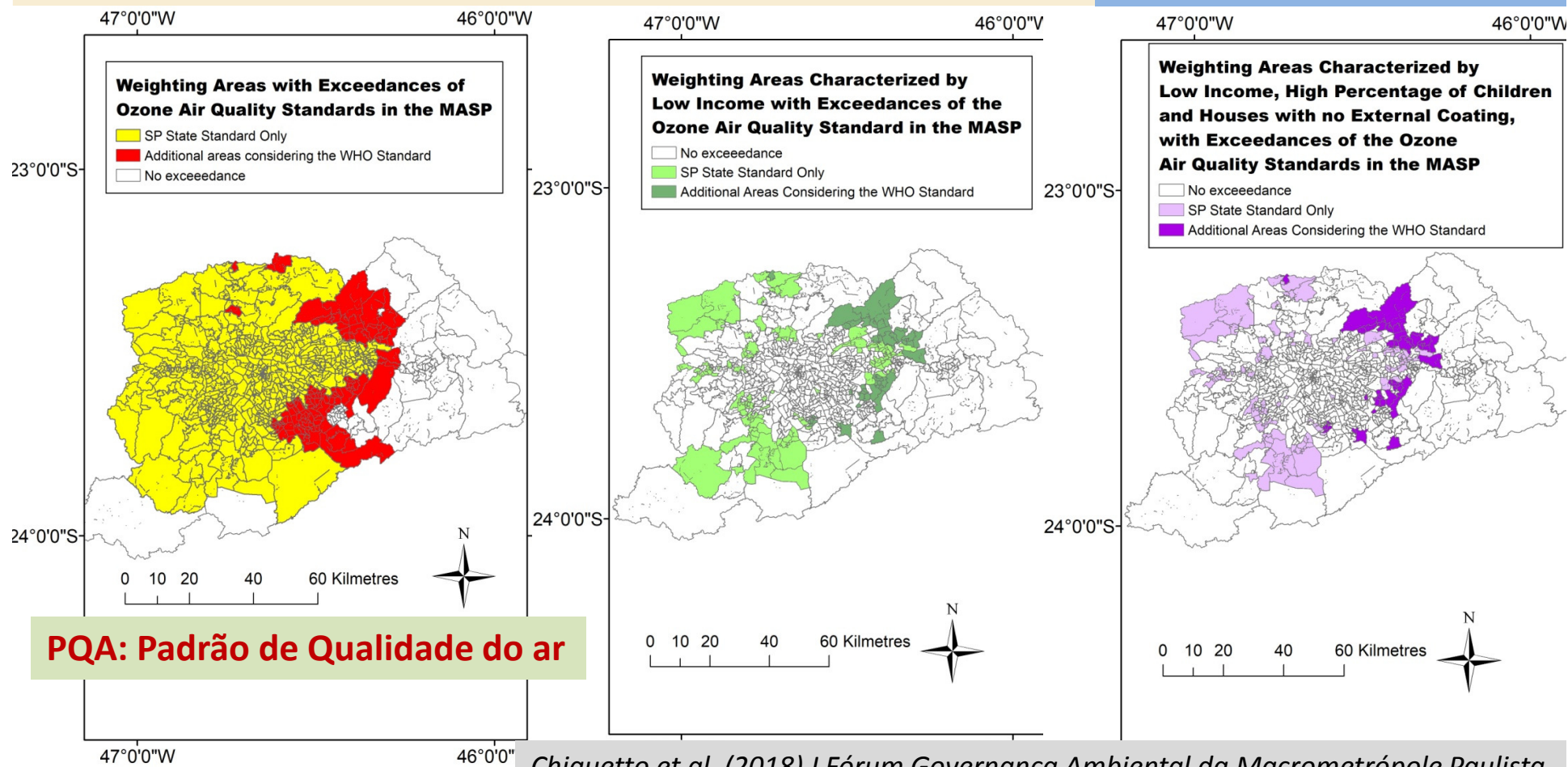
$$VCI = \frac{NDVI - NDVI_{Min}}{NDVI_{Max} - NDVI_{Min}} * 100$$

# VULNERABILIDADE DA SOCIEDADE EM RELAÇÃO À CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO TROPOSFÉRICO RMSP 28/JAN – 02/FEV 2014

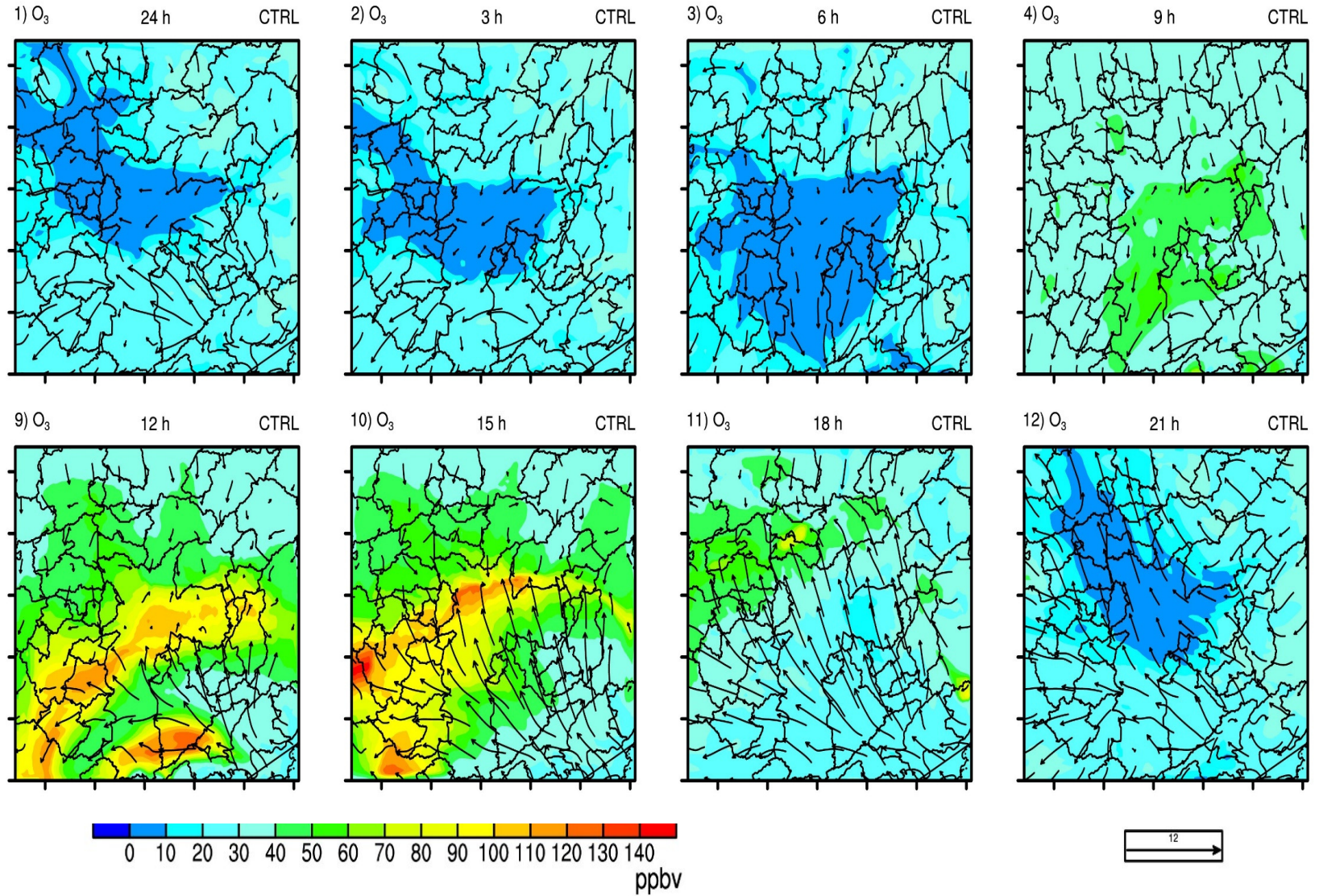
- PQA > 100  $\mu\text{g m}^{-3}$  OMS
- PQA > 140  $\mu\text{g m}^{-3}$  CETESB

- baixo salário
- > PQA

- baixo salário
- alta porcentagem de crianças
- casa sem revestimento
- > PQA



# Ozônio – Modelo Atmosférico WRF/Chem



Chiquetto et al. (2018). Transport of Pollutants by the Sea Breeze in São Paulo under the South Atlantic High. *Revista do Departamento de Geografia*, pp.148-161.

**COMO FICARIA A VULNERABILIDADE DA  
SOCIEDADE NA RMSP EM RELAÇÃO À  
CONCENTRAÇÃO DE O<sub>3</sub> EM CONDIÇÕES  
EXTREMAS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS ?**

## REFERÊNCIAS SITES INTERESSANTES

IPCC

<https://www.ipcc.ch/>

What Would Happen If All Ice On Earth Melted?

<https://www.youtube.com/watch?v=-0QwdJ37Y38>

Is an Ice Age Coming?

<https://www.youtube.com/watch?v=ztninkgZ0ws>

How Earth Would Look If All The Ice Melted

[https://www.youtube.com/watch?v=VbiRNT\\_gWUQ](https://www.youtube.com/watch?v=VbiRNT_gWUQ)

NASA Video Shows Greenland Melting

<https://www.youtube.com/watch?v=uyXQWimVrfw>

Greenland Ice Sheet Changing

<https://www.youtube.com/watch?v=kteMXaUNvIc>

**Inundação na América do Sul  
em vários níveis de aumento do nível do mar**

