



UECE

# Panorama da crise climática e ecológica e suas implicações

Prof. Dr. Alexandre Araújo Costa

Universidade Estadual do Ceará (UECE)

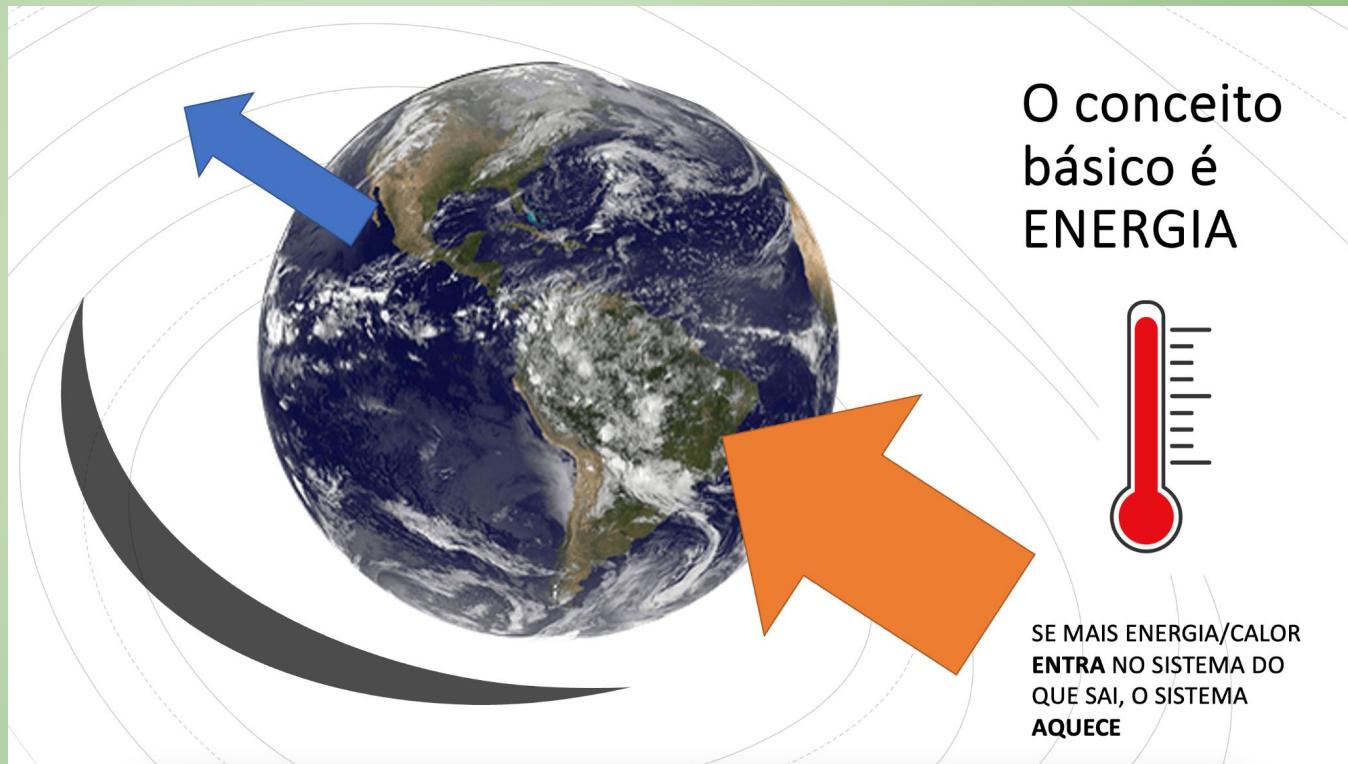


UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

Três fatores podem influenciar  
esse balanço de energia:

- O total de radiação solar incidente (Constante Solar)
- A fração/porcentagem dessa radiação que é refletida para o espaço (Albedo)
- A intensidade do Efeito Estufa

# Bases Científicas



O conceito  
básico é  
ENERGIA



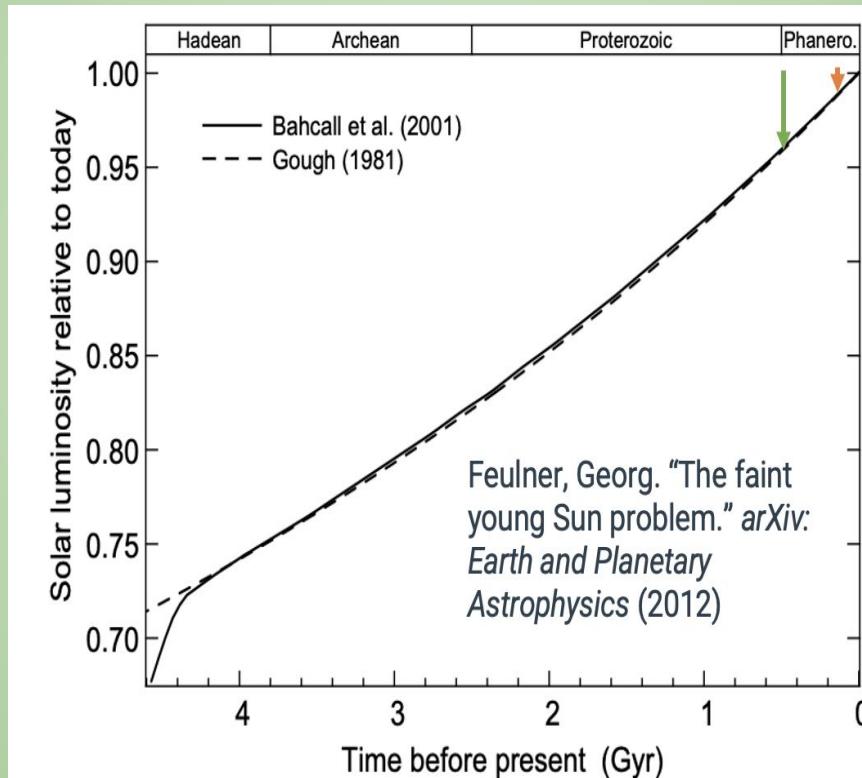
SE MAIS ENERGIA/CALOR  
ENTRA NO SISTEMA DO  
QUE SAI, O SISTEMA  
AQUECE



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

O fluxo de radiação solar incidente flutua ligeiramente ao longo dos anos (incluindo um ciclo bem conhecido de ~11 anos), mas do ponto de vista do longo prazo, varia muito lentamente!

# Bases Científicas



Menos de 0.5% em  
toda a Era Cenozóica  
(66 milhões de anos)





# Bases Científicas

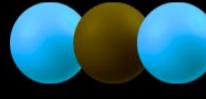
Caso suas emissões cresçam, os gases de efeito estufa de vida mais longa tendem a se acumular na atmosfera



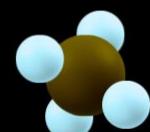
**Vapor d'água (H<sub>2</sub>O)**



**Ozônio (O<sub>3</sub>)**



**Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**



**Metano (CH<sub>4</sub>)**



**Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)**

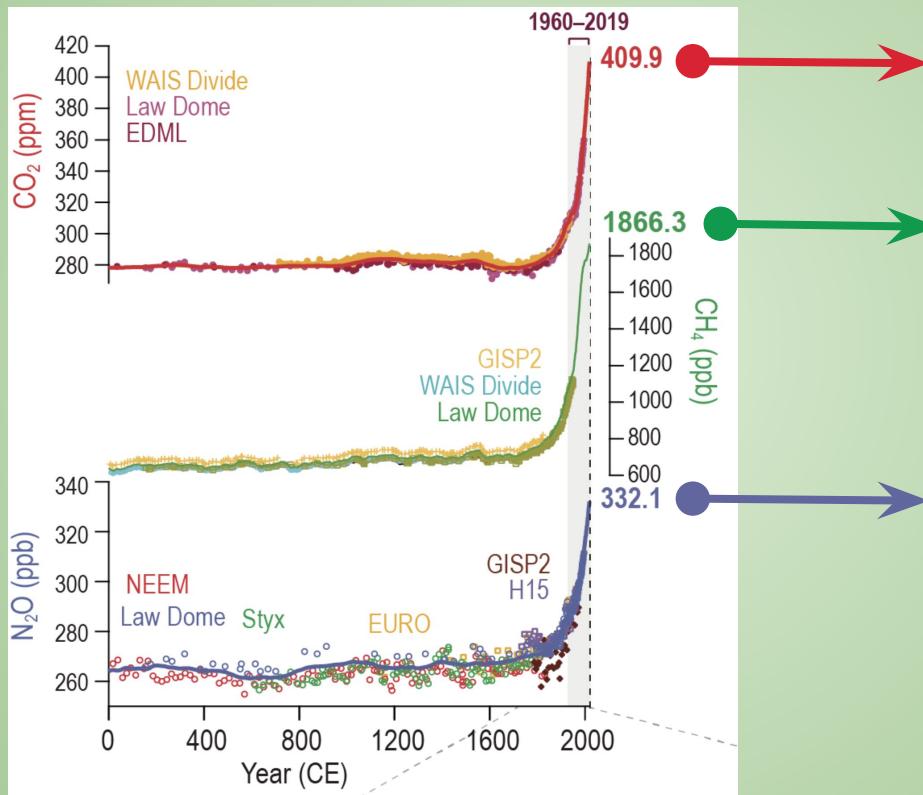
Possuem curto tempo de vida na atmosfera

Possuem médio a longo/muito longo tempo de vida na atmosfera



Como as  
concentrações de  
gases de efeito  
estufa evoluíram  
nos últimos  
~2000 anos?

# Bases Científicas



Valor atualizado (média global de 2024):

**422,1 ppm**

51% acima dos valores  
pré-industriais

Valor atualizado (média global de 2024):

**1897 ppb**

179% acima dos  
valores pré-industriais

Valor atualizado (média global de 2024):

**337,9 ppm**

25% acima dos valores  
pré-industriais

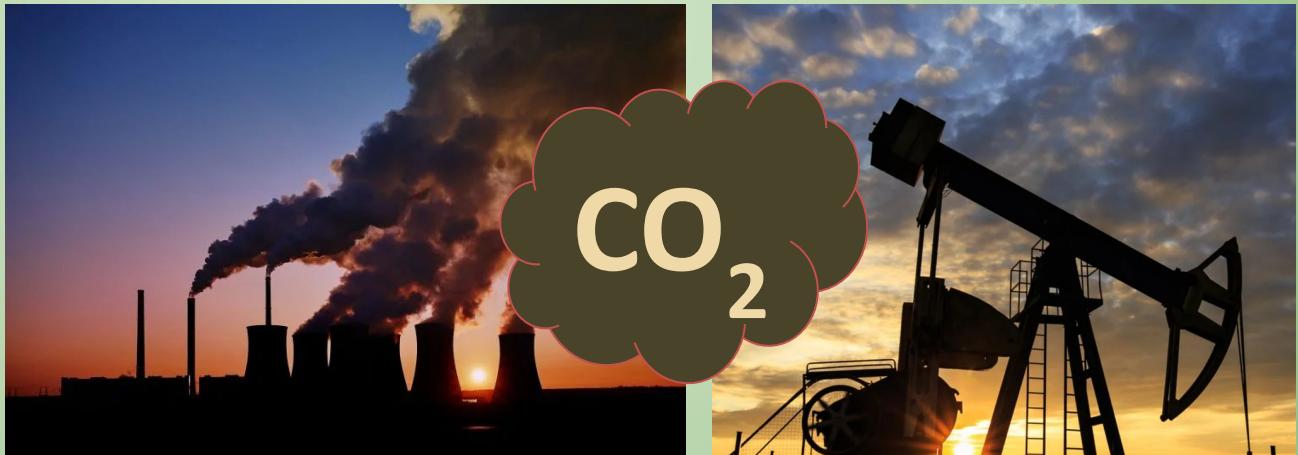


UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

# Bases Científicas

## Queima de Combustíveis Fósseis (carvão, petróleo, gás fóssil)

De onde vêm as emissões que explicam o aumento da concentração desses gases na atmosfera?





# Bases Científicas

## Mudança no Uso da Terra (Desmatamento)

De onde vêm as emissões que explicam o aumento da concentração desses gases na atmosfera?





De onde vêm as emissões que explicam o aumento da concentração desses gases na atmosfera?

# Bases Científicas

## Agropecuária (fermentação entérica, resíduos, fertilizantes)





UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

# Bases Científicas

## Operações de petróleo e gás (emissões fugitivas), Resíduos

De onde vêm as emissões que explicam o aumento da concentração desses gases na atmosfera?





# Bases Científicas

## Processos industriais (produção de cimento, gases de refrigeração etc.)

De onde vêm as emissões que explicam o aumento da concentração desses gases na atmosfera?





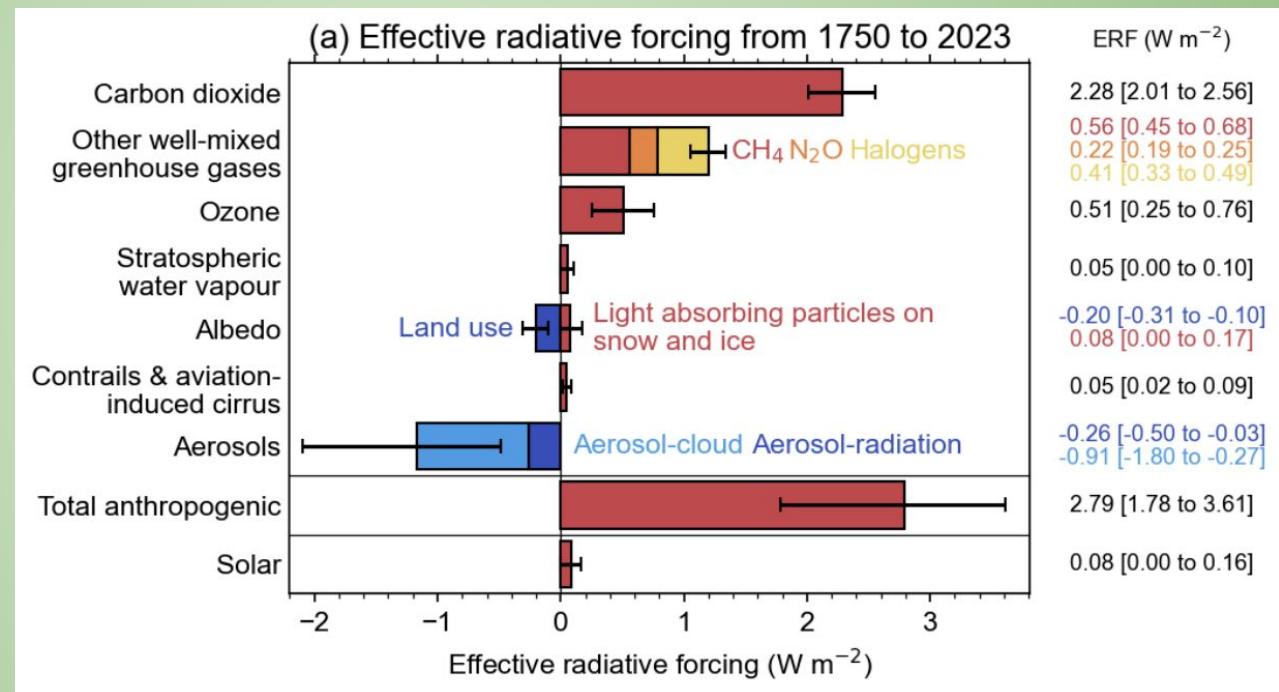
UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

23x



a cada segundo!

Qual a contribuição desses gases e outros fatores para o desequilíbrio energético do planeta? (Forçamento Radiativo)





UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

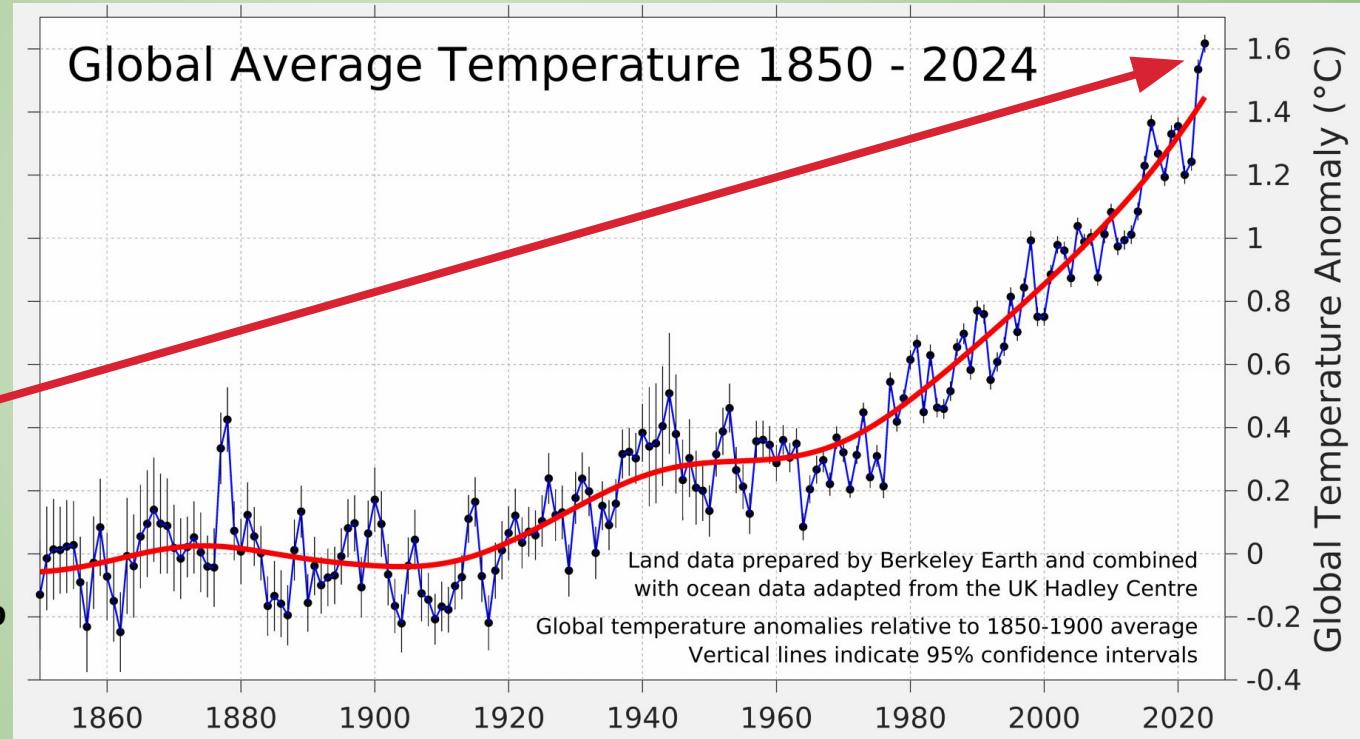
A anomalia na temperatura  
média global chegou a

**1,62°C**

acima dos patamares  
pré-industriais

A consequência imediata  
desse desequilíbrio  
energético é o Aquecimento  
Global, que tem batido  
recordes sucessivos

# Bases Científicas



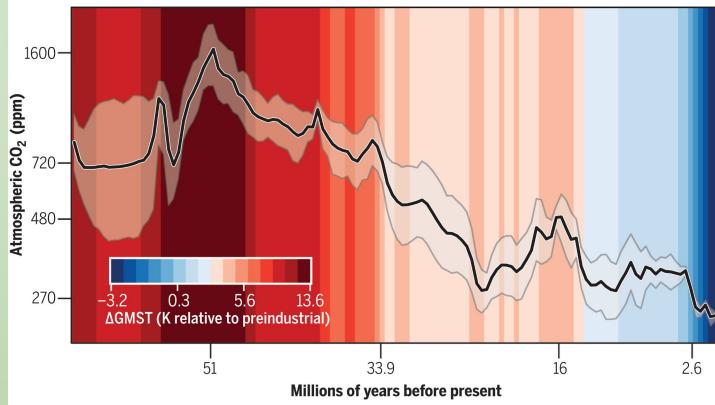


**Testemunhos de gelo mostram que as concentrações atuais são muito maiores do que qualquer valor ocorrido nos últimos 800 mil anos**



A concentração de CO<sub>2</sub> e o aquecimento são inéditos em diversas escalas

**Ultrapassamos o chamado Período Quente do Plioceno Médio (~3,3 milhões de anos atrás), quando o mundo era 3°C mais quente, com oceanos 20m acima dos níveis atuais e sem gelo permanente no HN. A última vez em que valores sistematicamente mais elevados de concentração de CO<sub>2</sub> ocorreram se deu no Mioceno Médio (~16 milhões de anos atrás).**

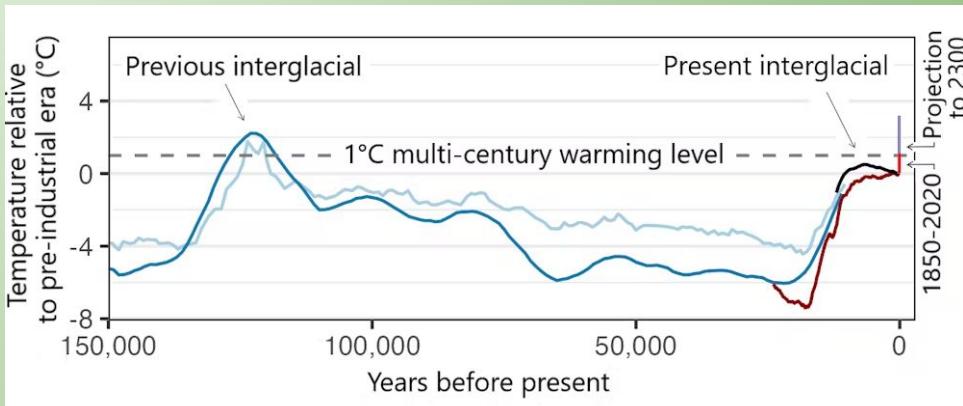
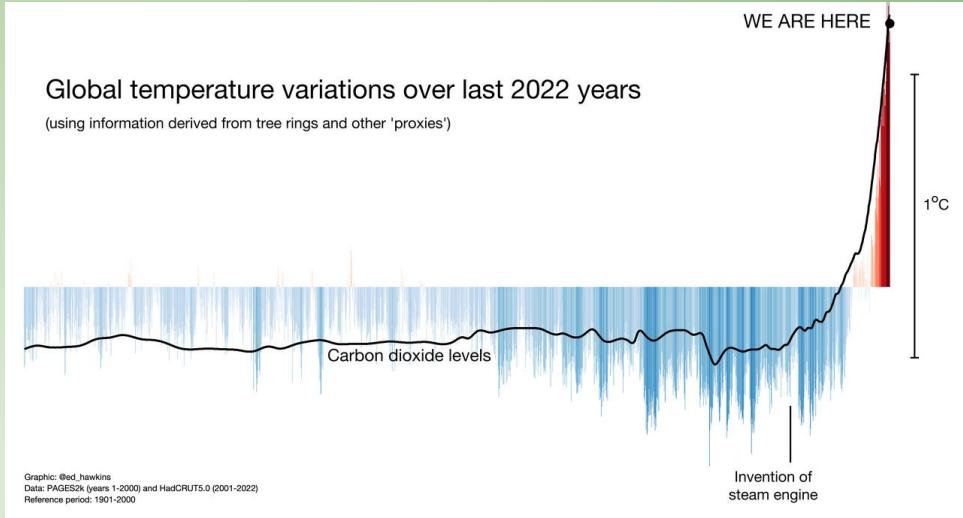




UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

A concentração de CO<sub>2</sub> e o aquecimento são inéditos em diversas escalas

As temperaturas atuais estão significativamente acima daquelas que ocorreram nos últimos dois milênios e ultrapassaram a faixa de todo a época geológica conhecida como Holoceno (iniciada há ~11700 anos). Estamos em vias de igualar ou até superar as maiores temperaturas dos últimos 125 mil anos.





UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

A velocidade de aquecimento dos últimos 100 anos é cerca de  
**12 vezes**  
maior que a taxa de aquecimento associada ao fim da mais recente era glacial

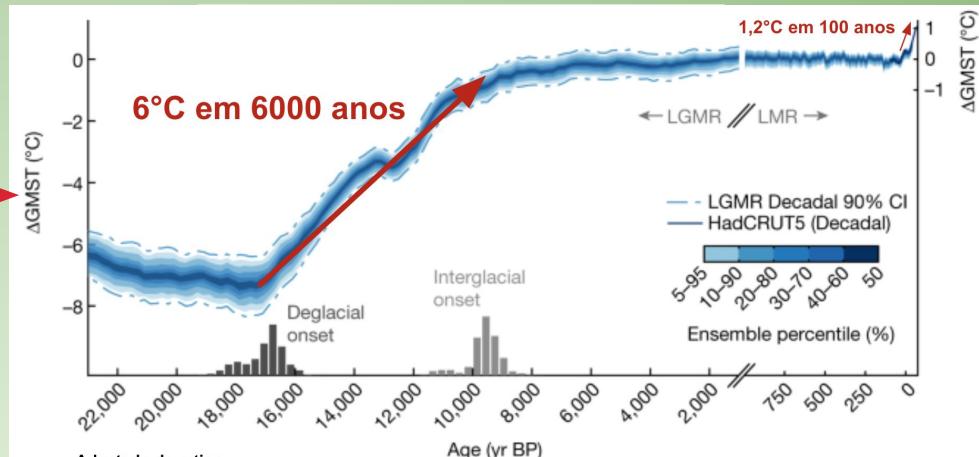
A velocidade de aquecimento atual (séc. XXI) é cerca de

**23 vezes**

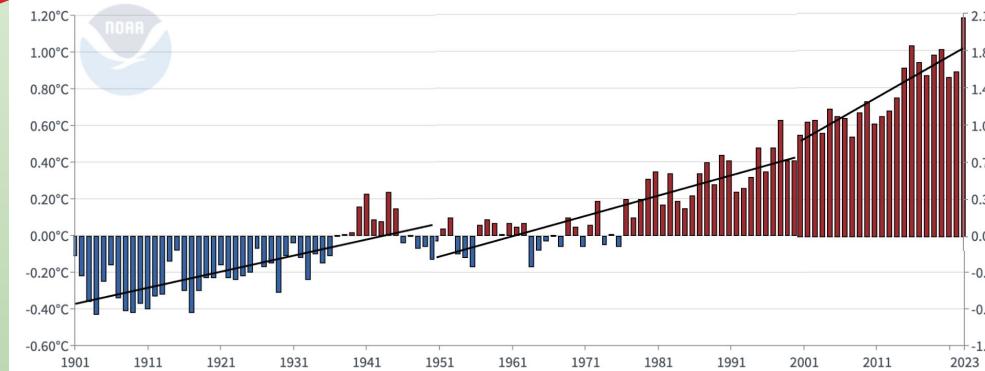
maior que a taxa de aquecimento associada ao fim da mais recente era glacial

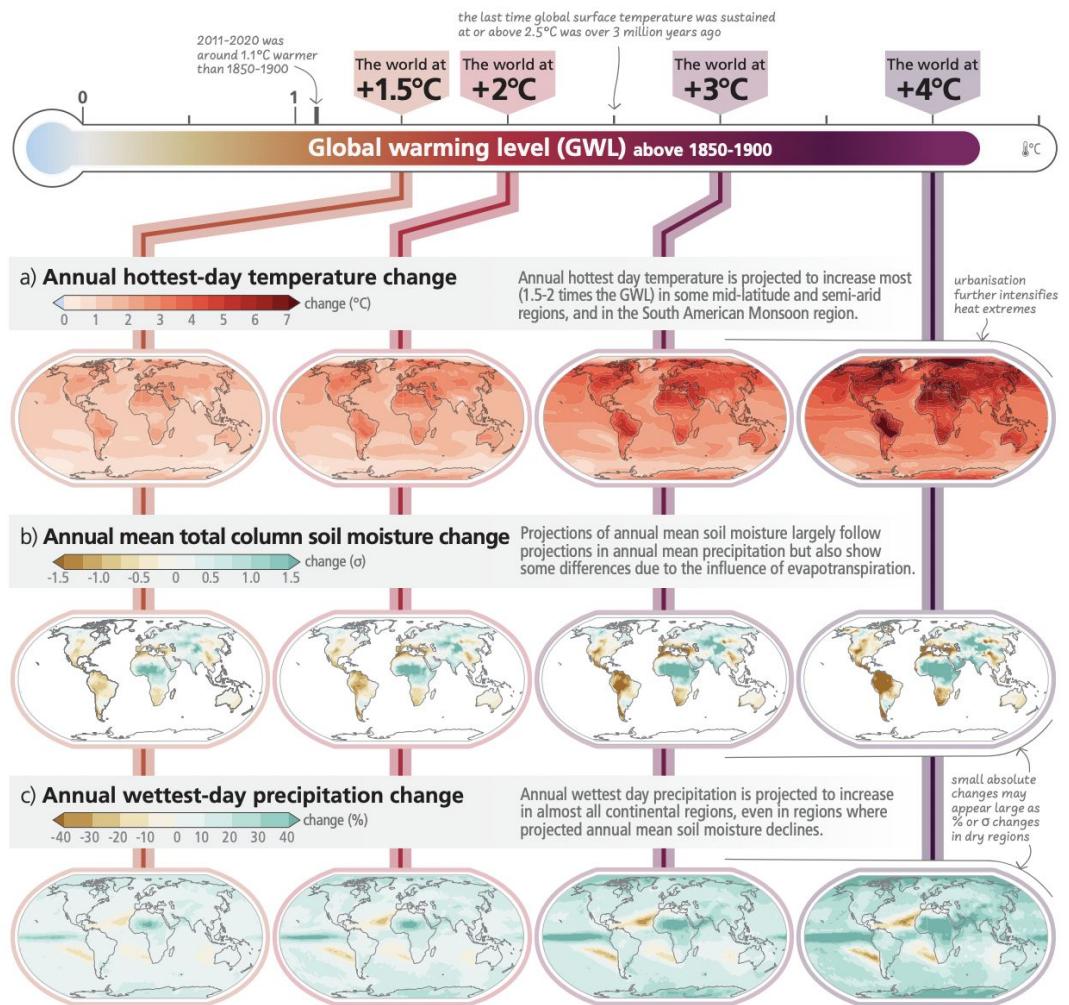
Não se trata apenas da magnitude do aquecimento. A velocidade do processo é provavelmente inédita nos últimos 66 milhões de anos

Taxas de aquecimento:  
1901-1950: +0,9°C/século  
1951-2000: +1,1°C/século  
1961-2010: +1,6°C/século  
1971-2020: +1,9°C/século  
2001-2023: +2,3°C/século



Global Land and Ocean  
January-December Average Temperature Anomalies



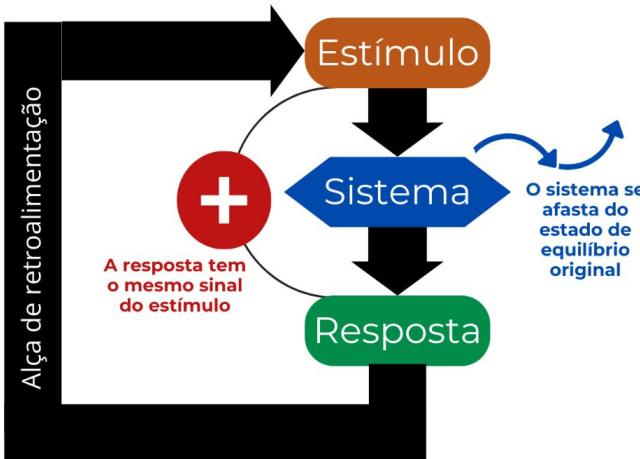


O Aquecimento de 1,5°C já nos traz sérias consequências (eventos extremos), mas a cada décimo de grau que o planeta aquecer, a tendência é a sua intensificação exponencial



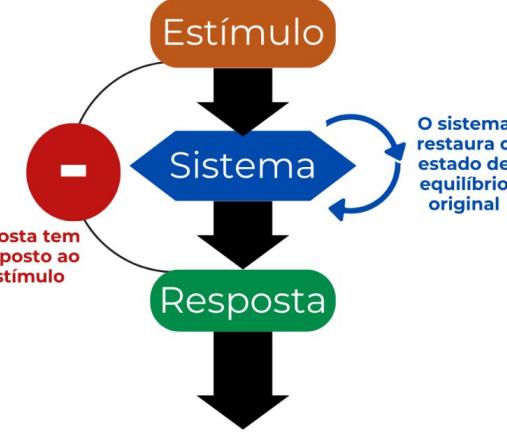
# Retroalimentações (Feedbacks)

## Feedback Positivo



A resposta amplifica o efeito do estímulo

## Feedback Negativo



A resposta atenua o efeito do estímulo



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

# Retroalimentações (Feedbacks)



Gelo-albedo



Vapor d'água



Permafrost



Clatratos



Solo

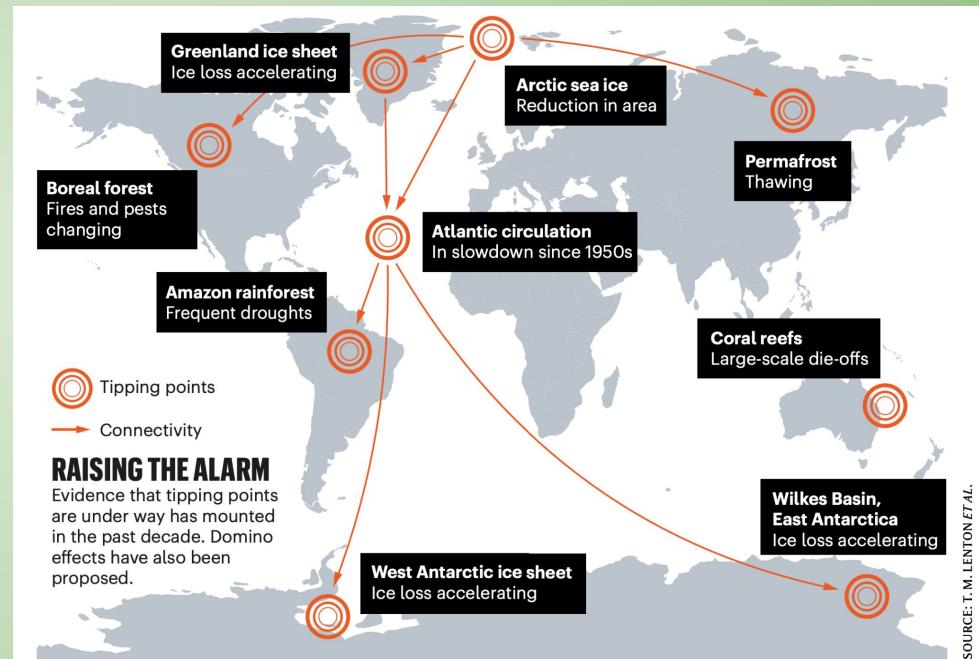


Vegetação



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

# Pontos de Não-Retorno



## RAISING THE ALARM

Evidence that tipping points are under way has mounted in the past decade. Domino effects have also been proposed.

SOURCE: T.M. LENTON ET AL.

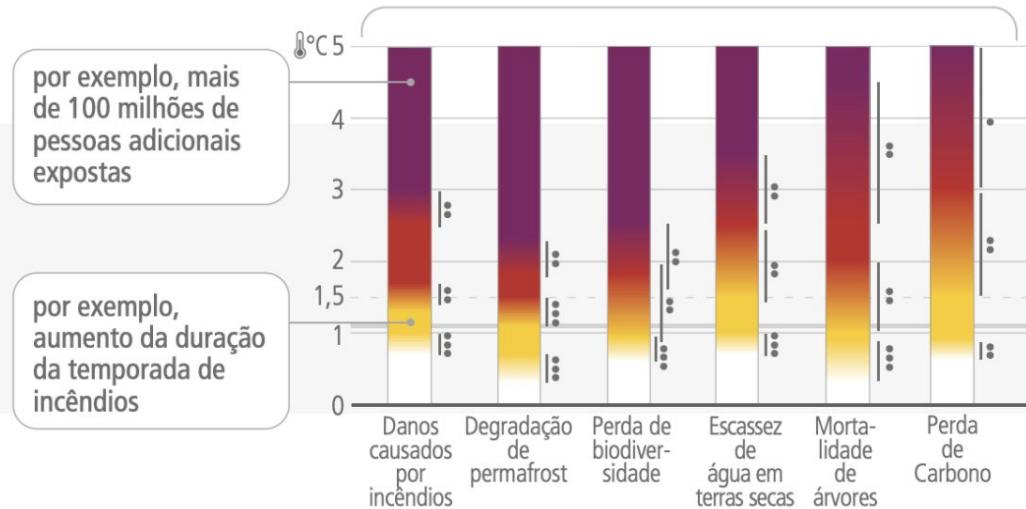


# Impactos

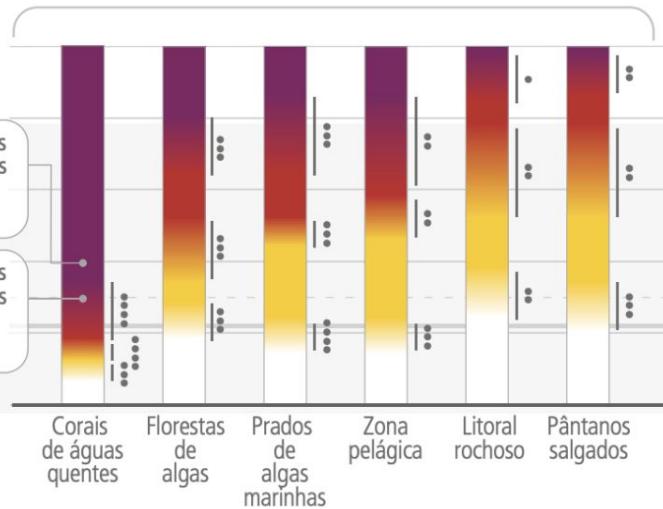
UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

## b) Os riscos diferem por sistema

Sistemas baseados em terra



Ecossistemas oceânicos/costeiros

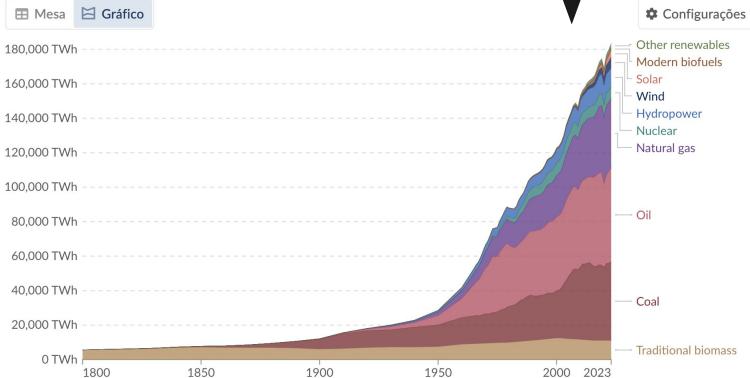




UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

## Data Centers para IA

Consumo global de energia primária por fonte  
A energia primária é baseada no método de substituição e medida em terawatts-hora.



Redução da Demanda de Energia Global



# Sistema Energético

Encerramento da Exploração e Uso de Combustíveis Fósseis



Matriz 100% renovável via transição justa



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

# Sistema Alimentar



Desmatamento zero e reflorestamento



Incentivo a Dieta "Plant-Based"



Agroecologia



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

# Falsas Soluções

Individualização da mitigação

Mercado e Compensações de Carbono

Captura de Carbono (DAC, CCS, BECCS)

Intervenção Climática/Geoengenharia Solar



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

- Implementação de telhados verdes, parques urbanos e corredores verdes para reduzir o efeito de ilhas de calor.
- Ampliação de áreas permeáveis para melhorar a drenagem e reduzir inundações.
- Sistemas de captação e reutilização de água da chuva.
- Modernização de redes de esgoto e drenagem para lidar com eventos extremos de chuva.
- Zoneamento de áreas de risco e redução de vulnerabilidade.
- Construção de infraestruturas resistentes a eventos climáticos extremos.



**Limites para Adaptação**



# A Questão da Justiça Climática

As responsabilidades são desiguais:  
Norte Global vs Sul Global,  
ricos vs pobres

Os impactos são desiguais:  
nacionalidade, classe, etnia,  
gênero, geração



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

Em 2019, os 1% super-ricos  
foram responsáveis por

**16%**

das emissões globais de carbono,  
que é o mesmo que as emissões dos 66%  
mais pobres da humanidade (5 mil  
milhões de pessoas)

Apenas 100 empresas são  
responsáveis por 71% das  
emissões globais, diz estudo

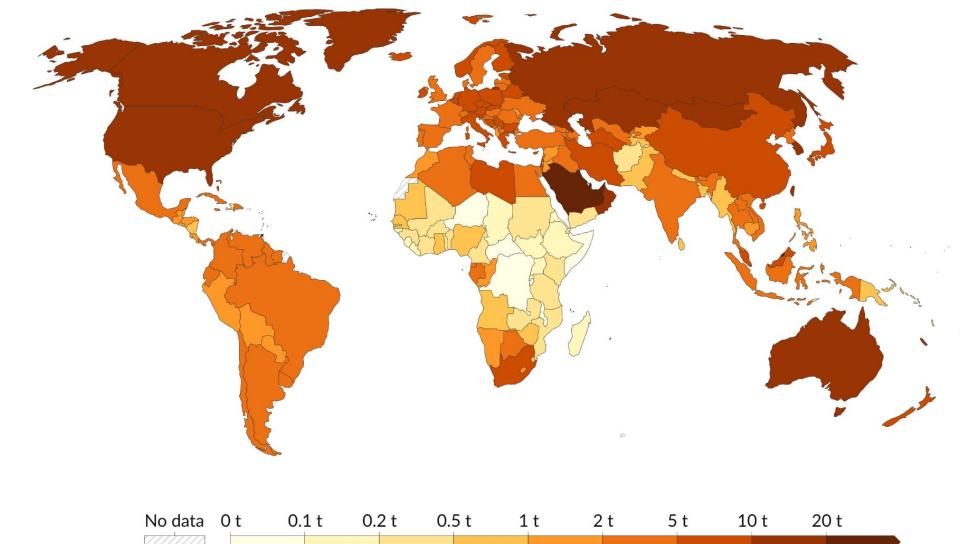
Um número relativamente pequeno de  
produtos de combustíveis fósseis e os seus  
investidores podem ter a chave para enfrentar  
as alterações climáticas

# A Questão da Justiça Climática

## Per capita CO<sub>2</sub> emissions, 2023

Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions from fossil fuels and industry<sup>1</sup>. Land-use change is not included.

Our World  
in Data



Data source: Global Carbon Budget (2024); Population based on various sources (2024)

OurWorldinData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

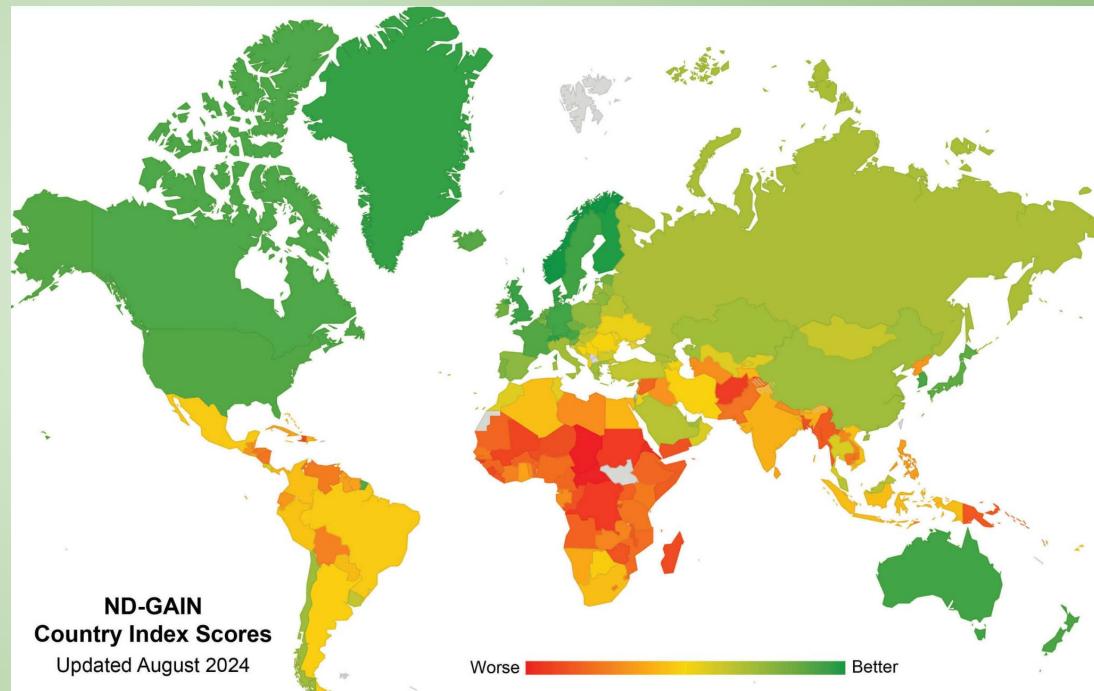


UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

# A Questão da Justiça Climática

**Mais de 91 por cento das mortes causadas por desastres climáticos nos últimos 50 anos ocorreram em países em desenvolvimento**

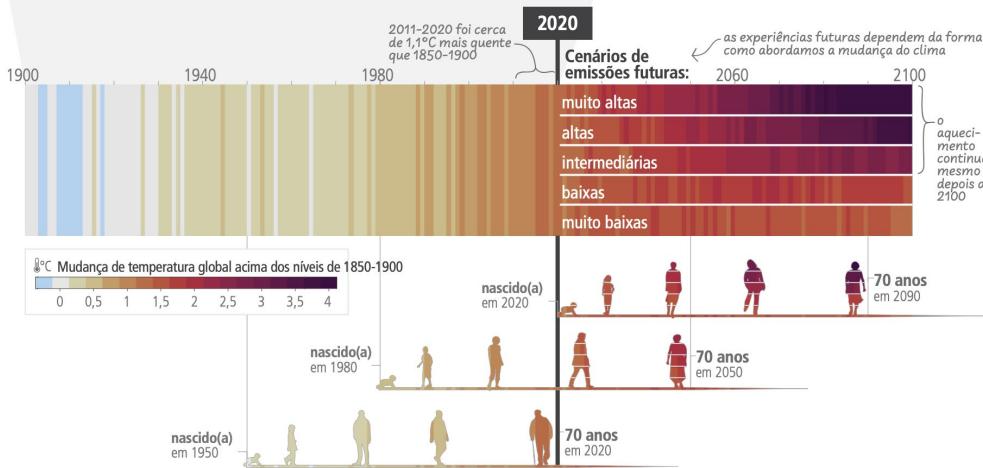
**O número de mortos por enchentes é 7 vezes maior nos países mais desiguais em comparação aos países mais igualitários.**





# A Questão da Justiça Climática: o Recorte Geracional

c) Até que ponto as gerações atuais e futuras viverão em um mundo mais quente e diferente depende das escolhas feitas agora e no curto prazo



## Number of Climate Disasters to Triple for New Generation

Frequency of climate disasters experienced in a lifetime for a person born in 2020 compared to one born in 1960



All climate disasters  
~3 times as many

Based on NDC scenario (following Paris Agreement) of 2.7 °C/4.9 °F warming until 2100  
Source: Thiery et al. Intergenerational Inequities in Exposure to Climate Change. Science (2021) via media reports



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

# A Questão da Justiça Climática: o Recorte Geracional



Sobre outra Greta...

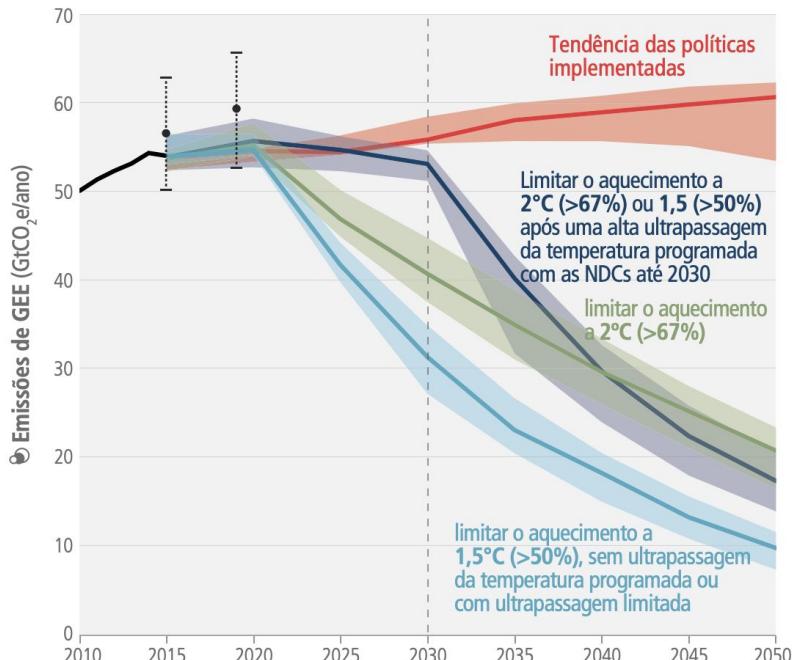




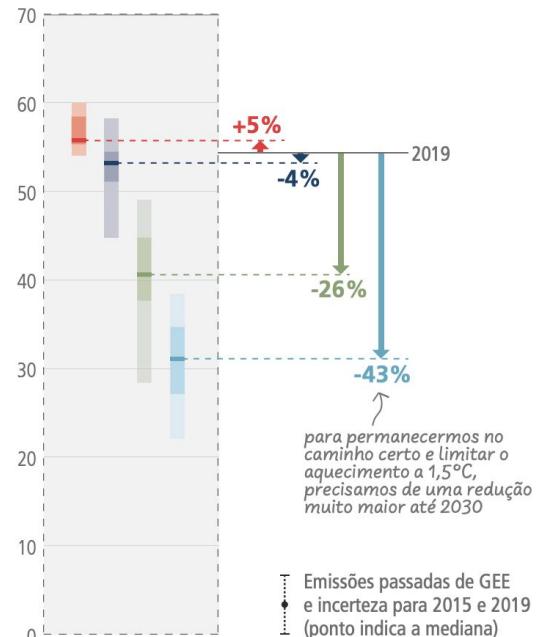
As ações até  
agora são  
totalmente  
insuficientes!

As emissões globais projetadas de GEE das NDCs anunciadas antes da COP26 tornariam provável que o aquecimento excedesse 1,5°C e também dificultariam, após 2030, a limitação do aquecimento a menos de 2°C

a) Emissões globais de GEE

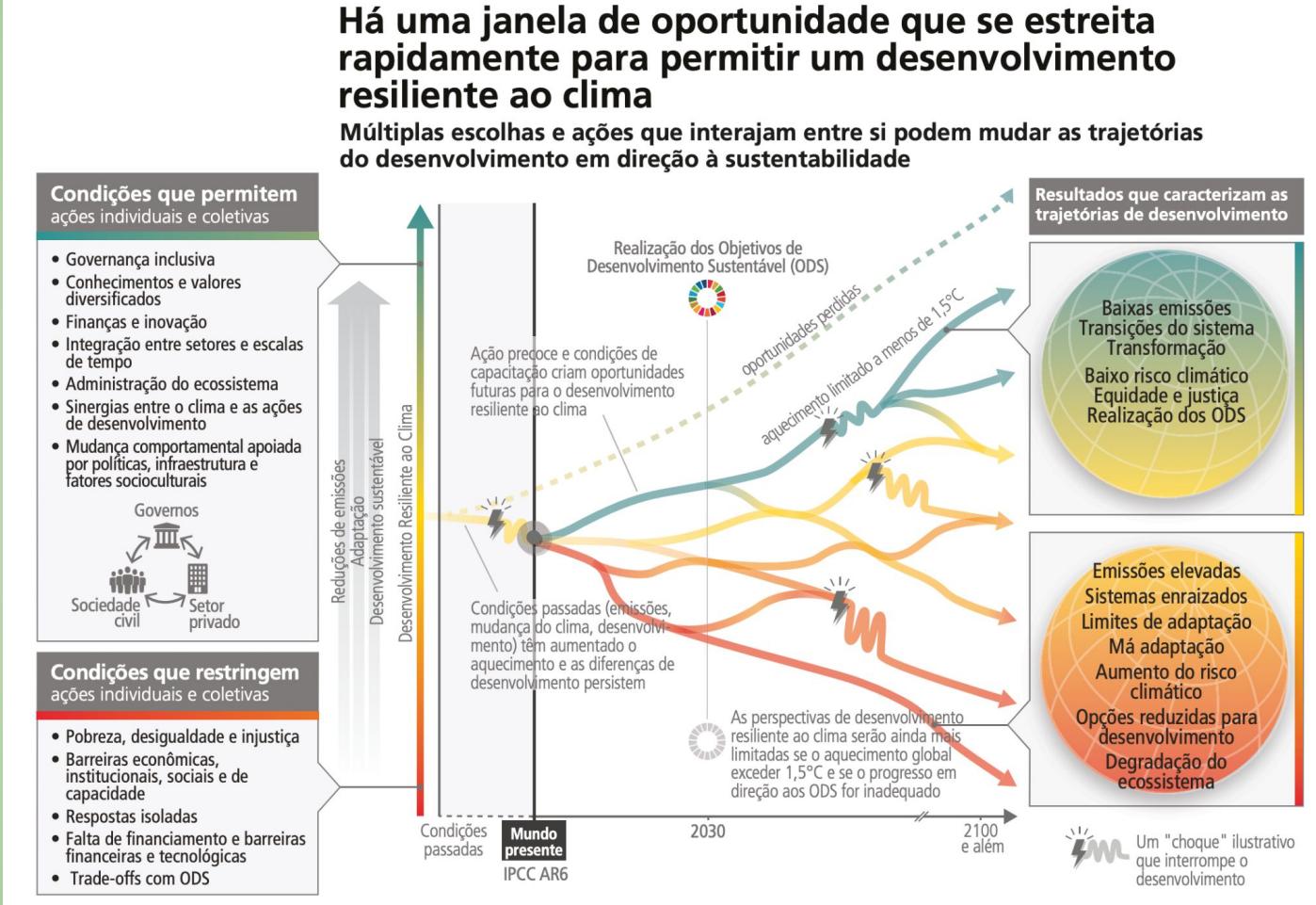


b) 2030





# Estamos em Emergência Climática!





UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO CEARÁ

Para Saber Mais [www.youtube.com/@oqvf](http://www.youtube.com/@oqvf)



The screenshot shows the channel's profile picture, which is a stylized hourglass containing a globe. The channel's name is displayed prominently in white text on a dark green background. Below the name, the channel's statistics are shown: 18,4 mil inscritos and 110 vídeos. A description of the channel's name is provided, mentioning it was coined by a blog and fanpage. The channel interface includes a 'Início' button, a 'Videos' button, a 'Ao vivo' button, a 'Playlists' button, a 'Posts' button, and a search bar.

