



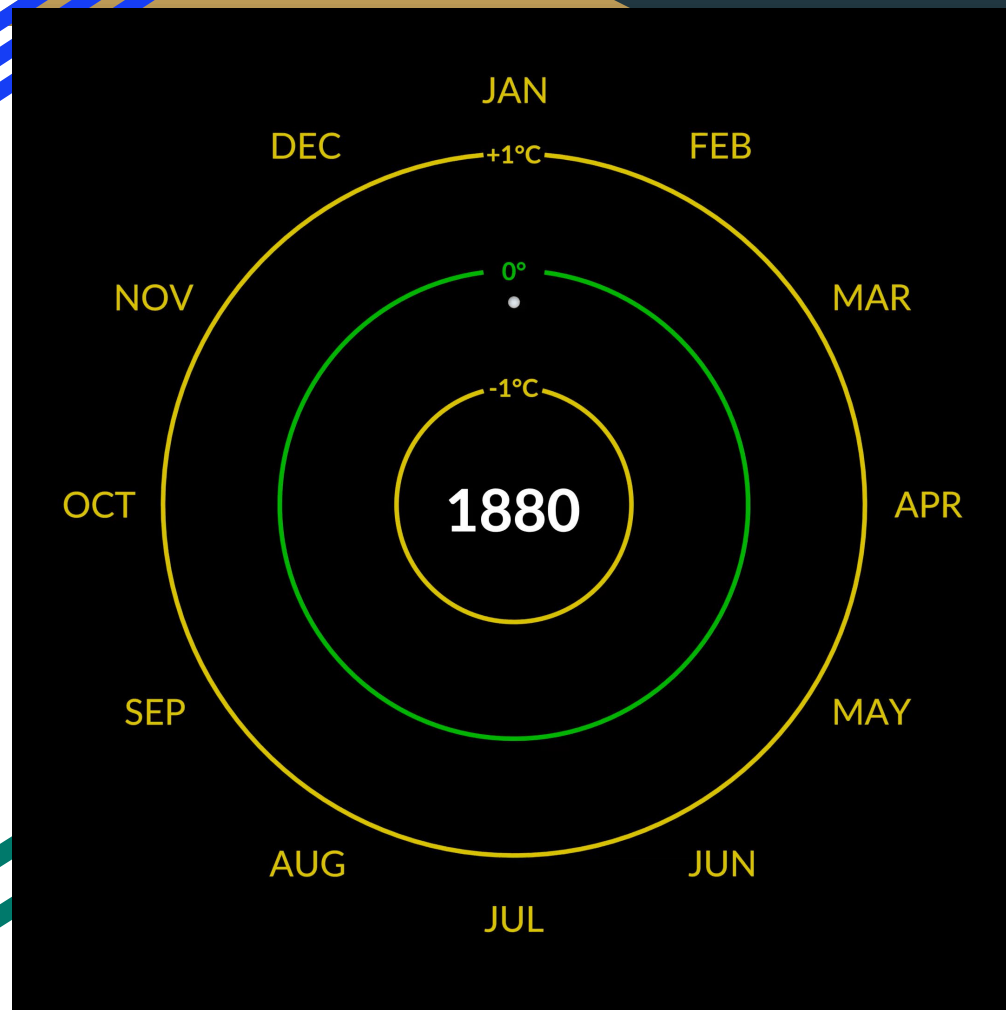
UFSC

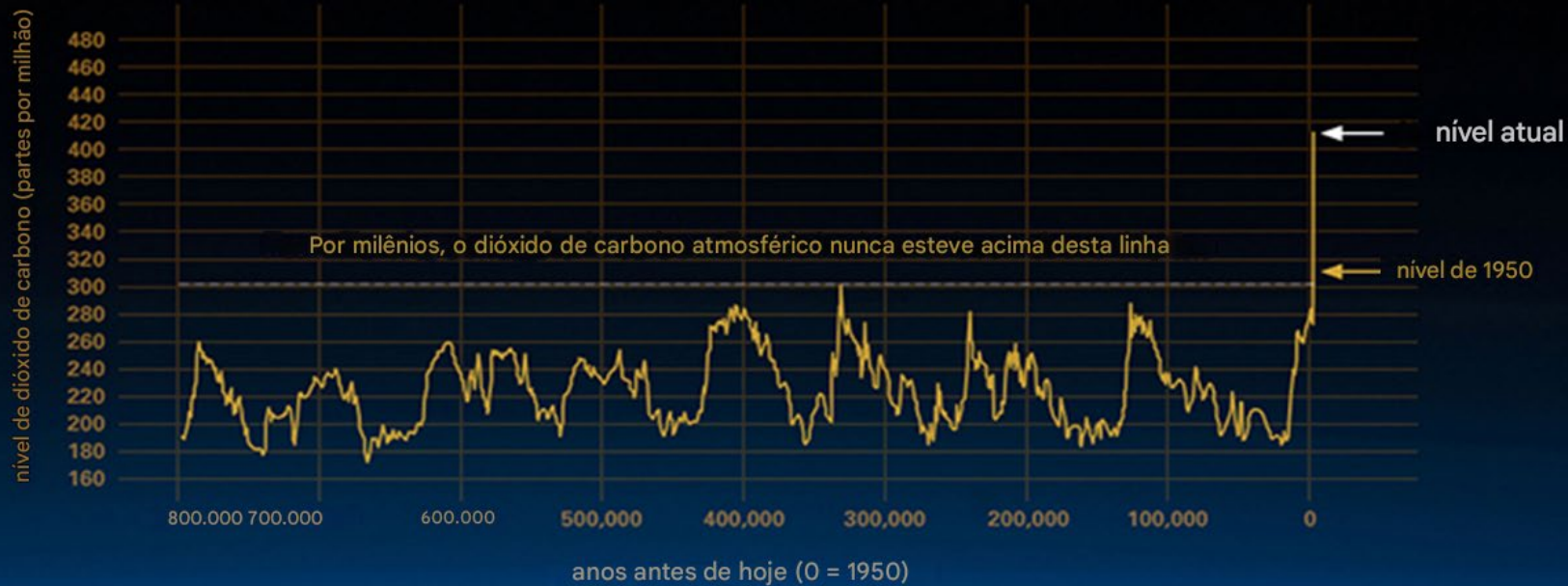
História da Ciência da Mudança Climática

Reinaldo Haas
Depto de Física



Nullius in verba
("Nas palavras de
ninguém", em latim) é
o lema da Royal
Society.





CO₂ (partes por milhão, ppm)

Milhões de anos A.P.

50 20 10 5 2 1

Anos D.C.

1000 1500 2000 2500

Estômatos
Paleossolos

Núcleo de gelo da Antártida

Estômatos
Hepáticas
Paleossolos

Alcenona 613C (cruzamentos)
Foraminíferos 118

1000 ppm

400 ppm

Núcleo de gelo
Observação
Projeções do modelo

RCP8,5

RCP6

RCP4,5

RCP3PD

400 200 100

Milhões de anos A.P.

1000 100 10 1

Milhares de anos A.P.

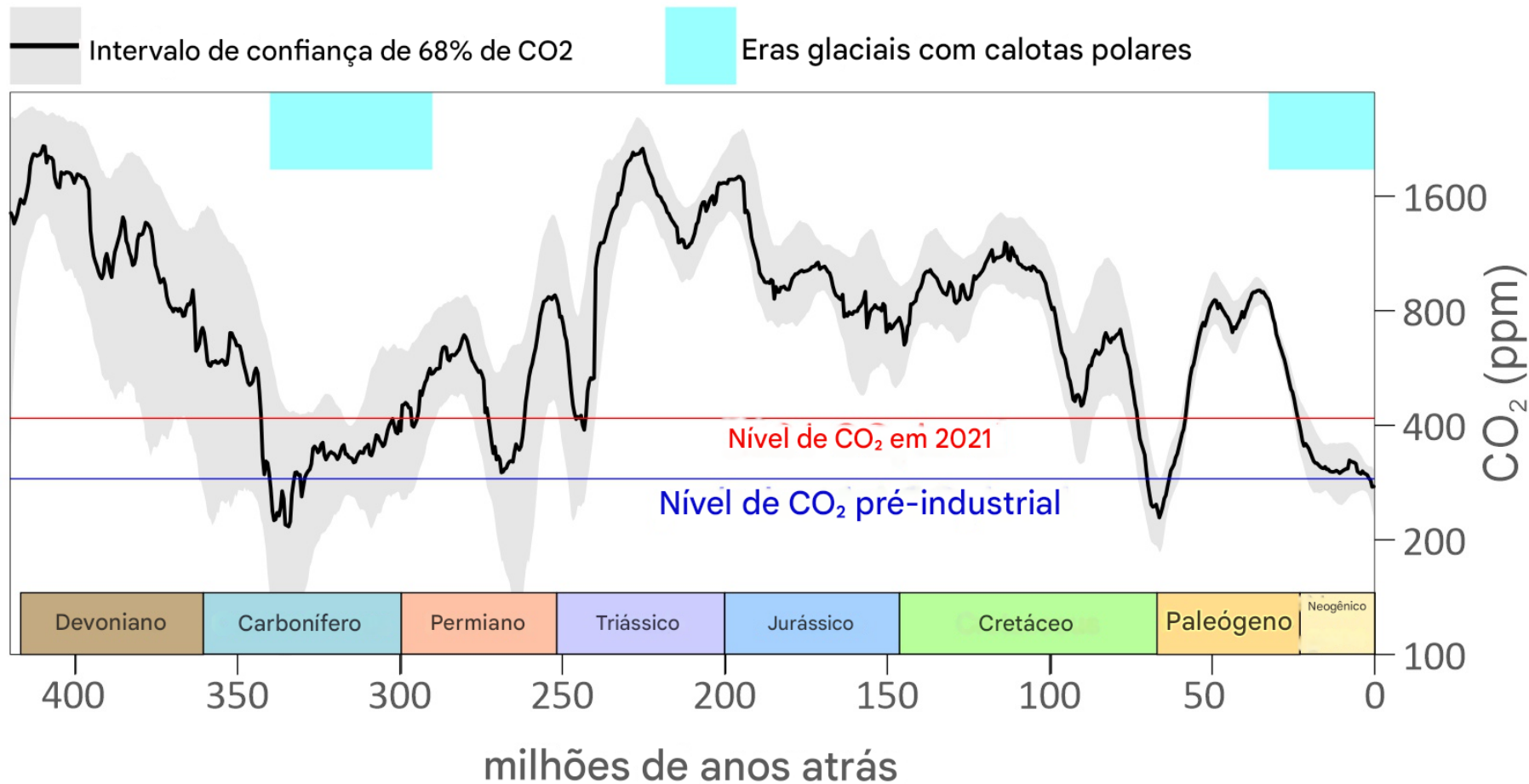
2000

1000

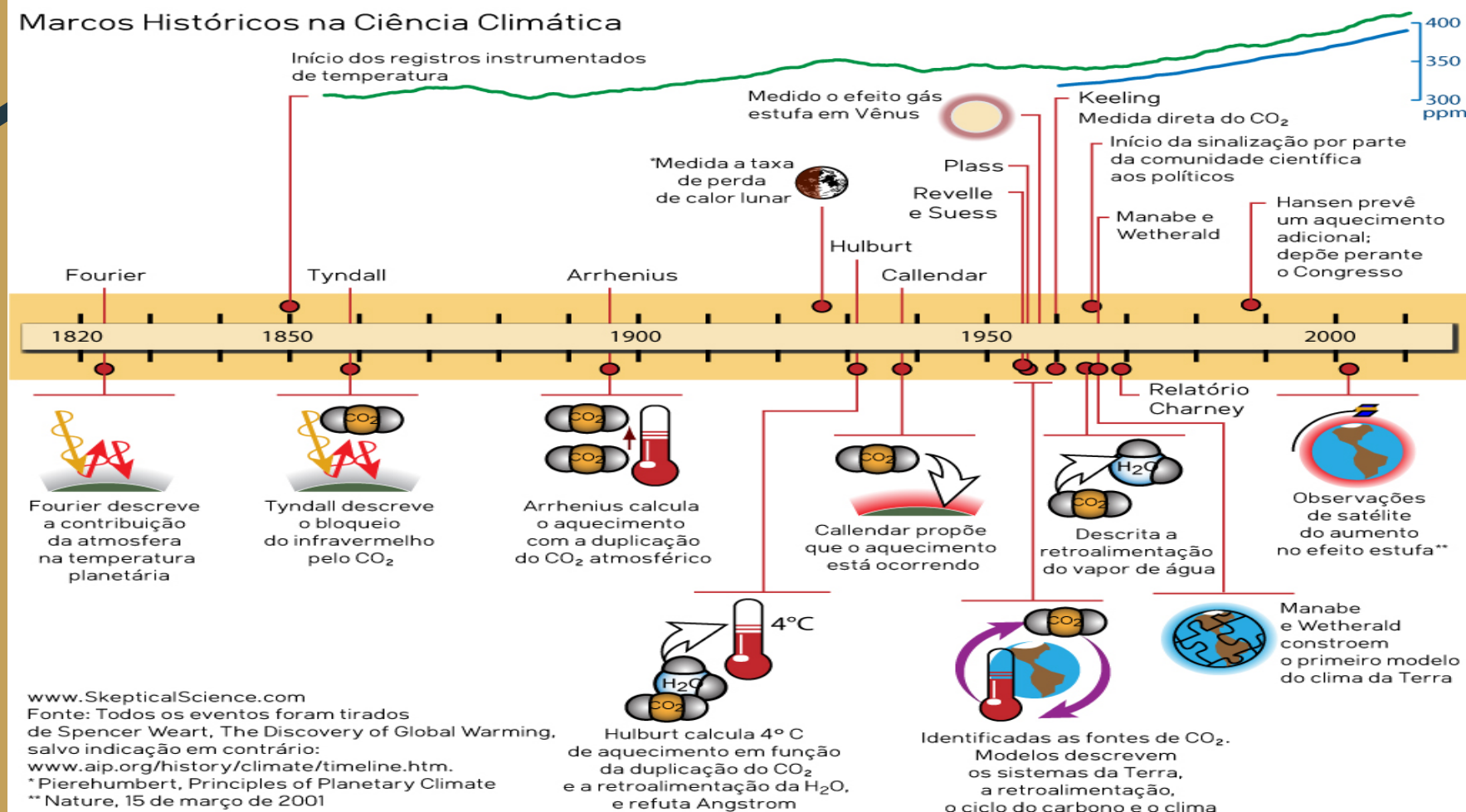
500

200

100



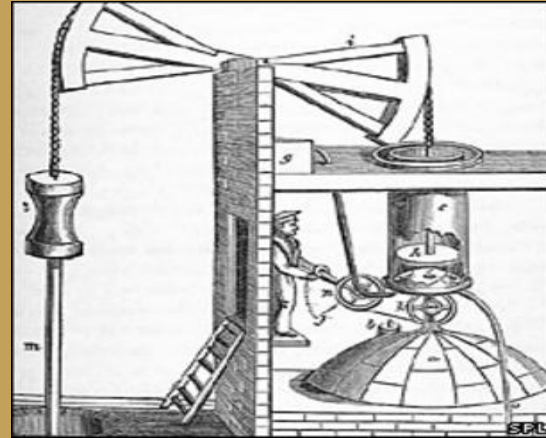
Marcos Históricos na Ciência Climática



Linha de tempo

1800-1870- Nível de gás carbônico (CO_2) na atmosfera, como mais tarde medido nos núcleos de gelo antigo, é de cerca de 290 ppm (partes por milhão).

- Temperatura média mundial (1850-1870) era de cerca de $13,6^\circ \text{C}$.
- Primeira Revolução Industrial. Carvão, ferrovias e o uso do solo elevam as emissões de gases de efeito estufa.



1712 - O ferrageiro britânico Thomas Newcomen inventa a primeira máquina a vapor..



FOURIER, 1766-1830

280

TYNDALL, 1820-1893



290



ARRHENIUS, 1859-1927

295



1886 - Karl Benz revela o Motorwagen



Fourier

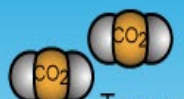
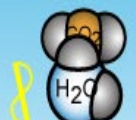
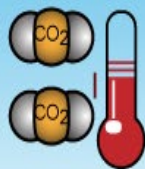
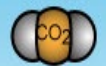
Tyndall

Arrhenius

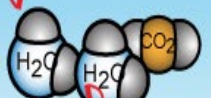
Angstrom

Luz visível
+ UV

Infravermelho



Troposfera superior



Troposfera inferior

Fourier descreve a contribuição da atmosfera na temperatura planetária

Tyndall descreve o bloqueio do infravermelho pelo CO₂

Arrhenius calcula o aquecimento com a duplicação do CO₂ atmosférico

Angstrom contraria a hipótese do aquecimento pelo CO₂ com a proposta de que as bandas de absorção do CO₂ estão saturadas de H₂O

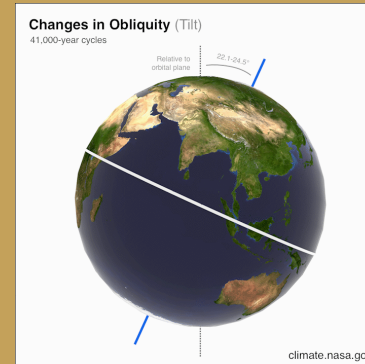
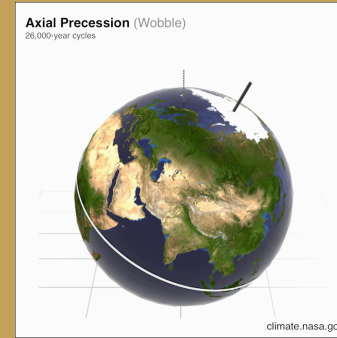
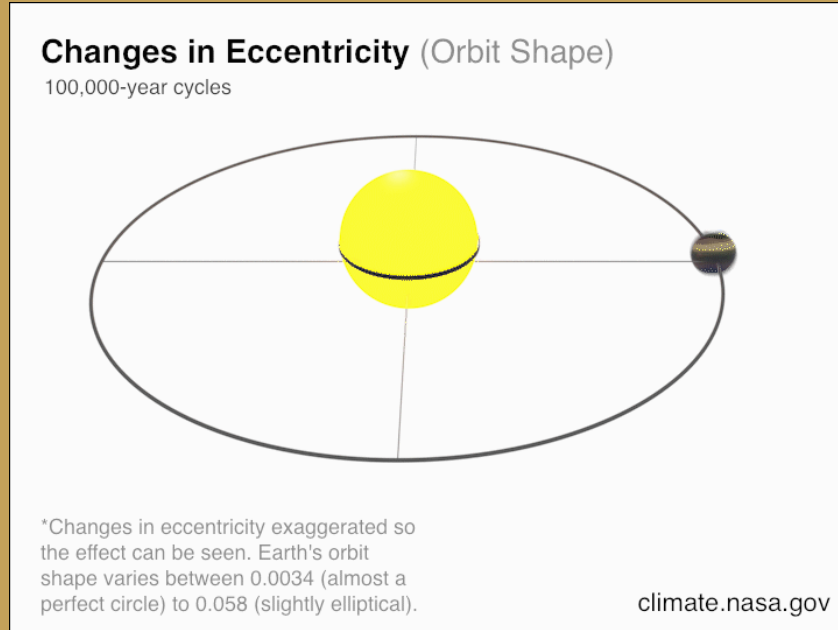
Arrhenius rebate Angstrom: a H₂O tem pouco impacto nas camadas superiores da atmosfera



Em 1896, o químico sueco **Svante Arrhenius** (prêmio Nobel de química em 1903) apontou a queima de combustíveis fósseis (petróleo, gás e carvão) como produtora de dióxido de carbono (CO_2) e calculou que a temperatura da Terra aumentaria 5°C com o dobro de CO_2 na atmosfera

- 1914-1918 - I Guerra Mundial, os governos aprendem a mobilizar e controlar a sociedade industrial.
- 1920-1925- Abertura no Texas dos campos de petróleo do Golfo Pérsico que inaugura a era da energia barata.

- 1920s Milankovitch propõe que a mudanças orbitais como a causa das eras glaciais.



1939-1945-Segunda Guerra Mundial. Grande estratégia militar é em grande parte impulsionada por uma luta para controlar os campos de petróleo. CO₂=310 ppm

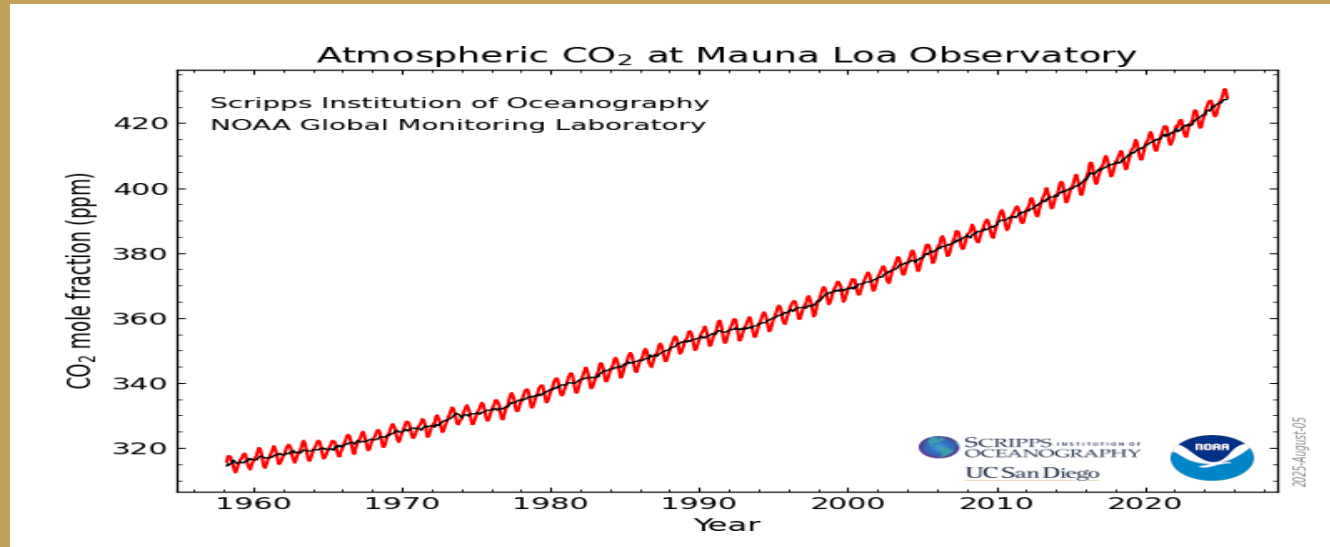
1945-Escritório de Pesquisa Naval dos EUA começa um generoso financiamento de muitos campos da ciência, alguns dos quais seriam útil para entender as mudanças climáticas.

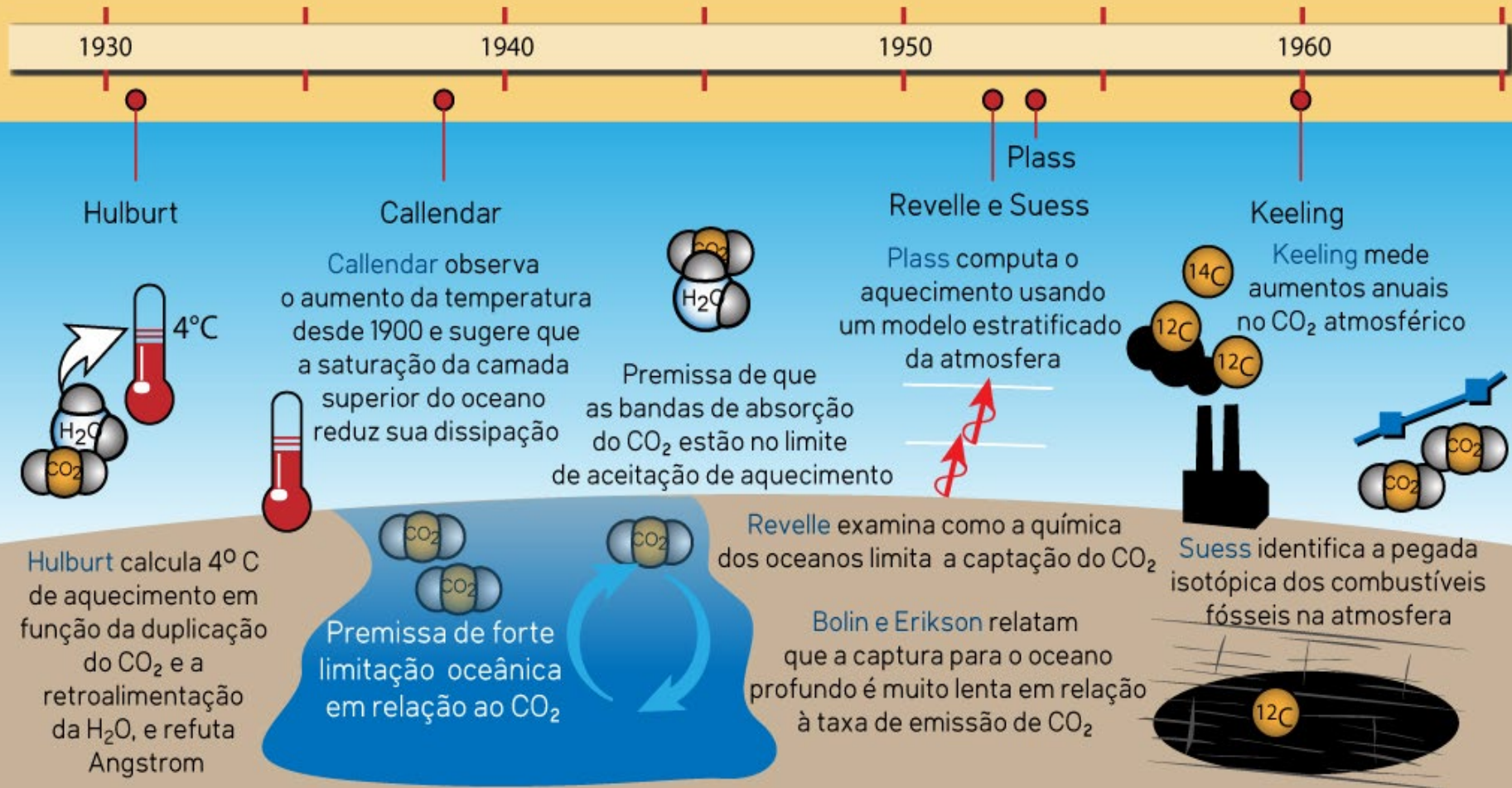
1956- Ewing e Donn propõem um modelo de feedback para início rápido idade do gelo. CO₂=320 ppm

1957-Lançamento do satélite soviético Sputnik. Preocupações da Guerra Fria traz apoio ao Ano Geofísico Internacional (1957-1958), trazendo um novo financiamento e coordenação para estudos climáticos.

1958-Estudos com Telescópios mostra que um efeito estufa eleva a temperatura da atmosfera de Vênus muito acima do ponto de ebulição da água (Carl Sagan).

- Keeling mede com precisão a CO_2 na atmosfera da Terra e detecta um aumento anual. O nível é de 315 ppm. Temperatura média global (média de cinco anos) é de $13,9^\circ \text{C}$.





1965- Reinaldo Haas (nasce) CO2 - 322 ppm

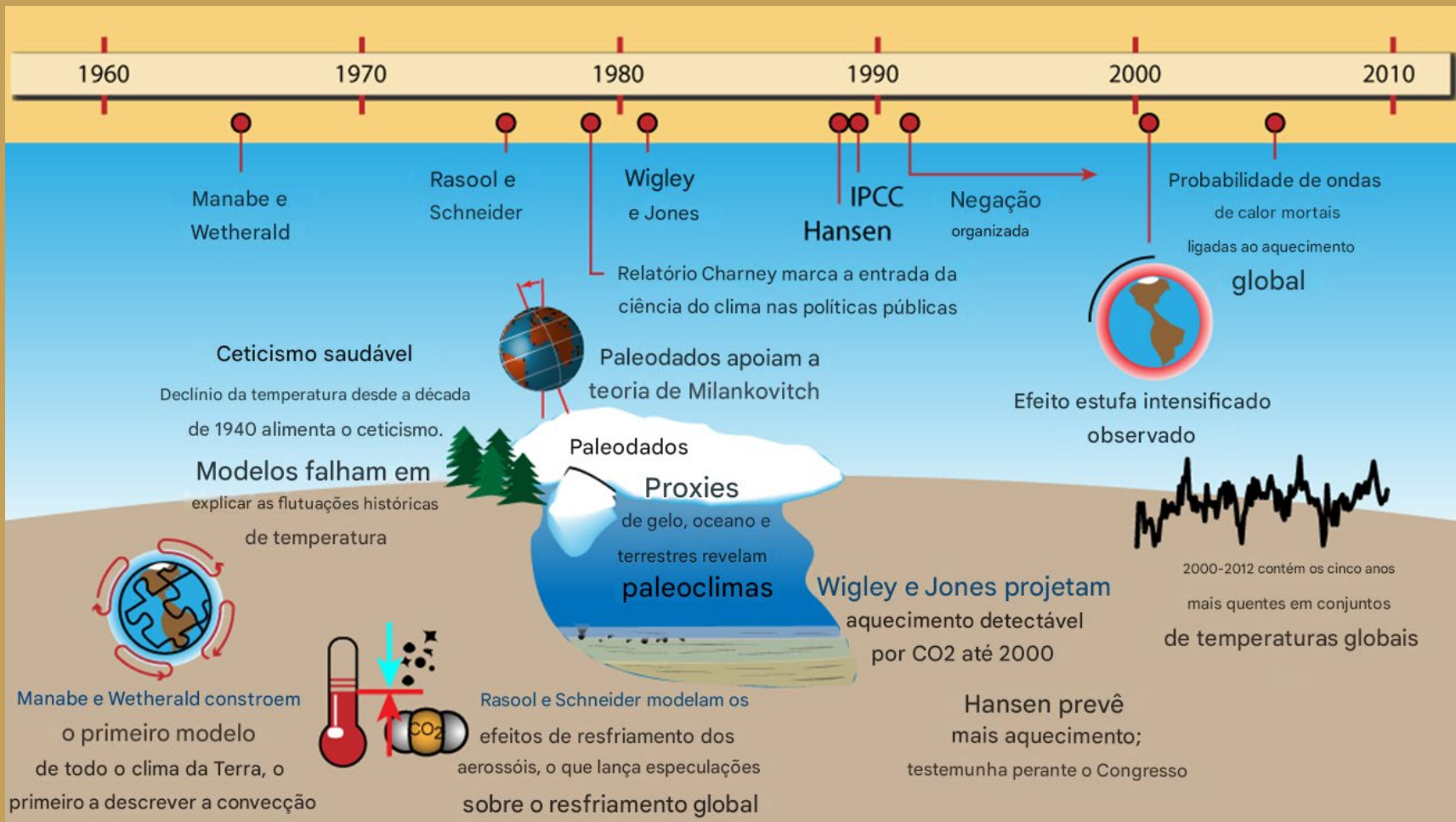
1969-Astronautas caminham sobre a Lua, e as pessoas percebem a Terra como um todo frágil.

1970-Primeiro Dia da Terra, Movimento ambiental atinge forte influência, se espalha preocupação com a degradação global.

- Criação nos EUA da NOAA – “National Oceanic and Atmospheric Administration”, financiador líder mundial de pesquisas climáticas.

1979-Segundo choque de petróleo "crise energética". Movimento ambiental fortaleceu incentivo de fontes de energia renováveis e inibiu o crescimento da energia nuclear. CO₂=334 ppm

WCRP- “World Climate Research Programme” ou Programa Mundial de Pesquisa do Clima lançado para coordenar a investigação internacional.



Criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC (1988)

Objetivo do IPCC

O IPCC avalia cientificamente as informações sobre mudanças climáticas para orientar políticas eficazes globalmente.

Base para Políticas Globais

O IPCC fornece bases técnicas essenciais para a formulação de políticas ambientais globais eficazes.



O Protocolo de Kyoto e compromisso legal com a redução de emissões (1997)

Metas Obrigatórias de Emissão

O protocolo impôs metas obrigatórias para países desenvolvidos reduzirem seus gases de efeito estufa.

Responsabilização Internacional

Foi um marco na responsabilização internacional para combater as mudanças climáticas globalmente.



O Acordo de Paris e a inclusão de países em desenvolvimento (2015)

Unidade Global contra Mudanças Climáticas

O Acordo de Paris uniu quase todos os países para enfrentar os desafios ambientais globais de forma colaborativa e coordenada.

Metas Individualizadas de Redução

Cada país estabeleceu metas específicas para reduzir emissões, considerando suas capacidades e realidades locais.

Ênfase em Países em Desenvolvimento

O acordo destaca a importância de apoiar países em desenvolvimento para promover ações climáticas eficazes e justas.



Metas globais para contenção do aumento da temperatura média

Limitar o aumento de temperatura

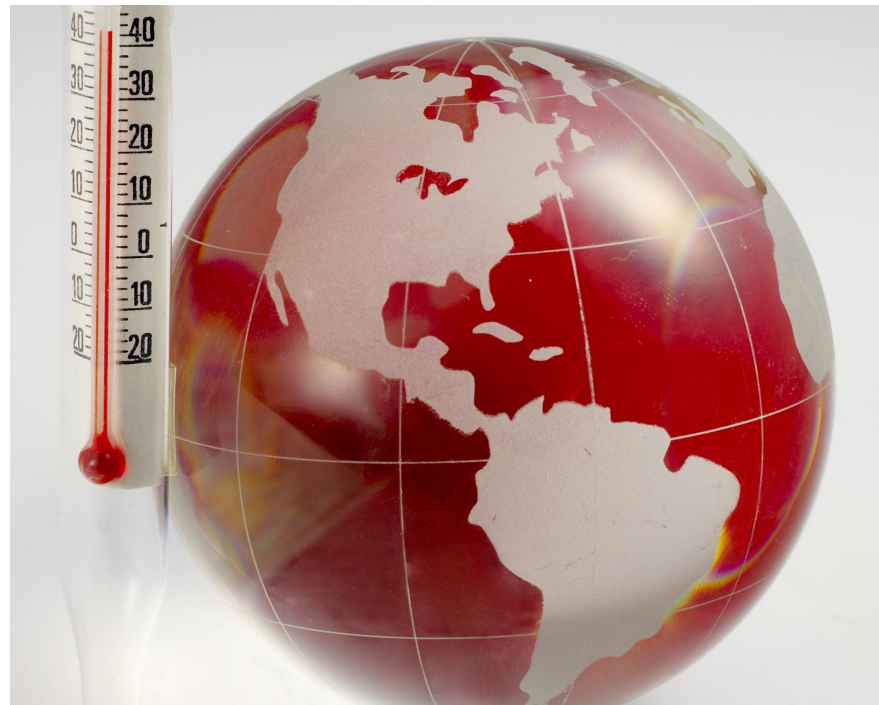
O objetivo é limitar o aumento da temperatura global a menos de 2°C para proteger o meio ambiente.

Meta preferencial de 1,5°C

A meta mais ambiciosa é manter o aumento da temperatura em 1,5°C para evitar impactos climáticos severos.

Prevenção de impactos climáticos

Limitar o aquecimento global é essencial para evitar catástrofes ambientais e sociais.



Desafios na implementação dos compromissos internacionais

Financiamento Insuficiente

A falta de recursos financeiros adequados impede a implementação eficaz dos compromissos internacionais.

Fiscalização Rigorosa

A ausência de fiscalização rigorosa compromete o cumprimento das metas estabelecidas nos acordos internacionais.

Desigualdades Econômicas

Diferenças no desenvolvimento econômico dificultam a adesão uniforme aos compromissos globais.

