



**PPGOGQG**  
**TE: Oceanos e Clima**

# Aula 2 – Balanço Energético

*Prof. Dr. Mauricio M. Mata*

Laboratório de Estudos dos Oceanos e Clima  
(LEOC)

1º SEM. 2016  
Terça-feira – 14:00/16:00h, sala 2119



# TE Oceanos&Clima

## Ementa:

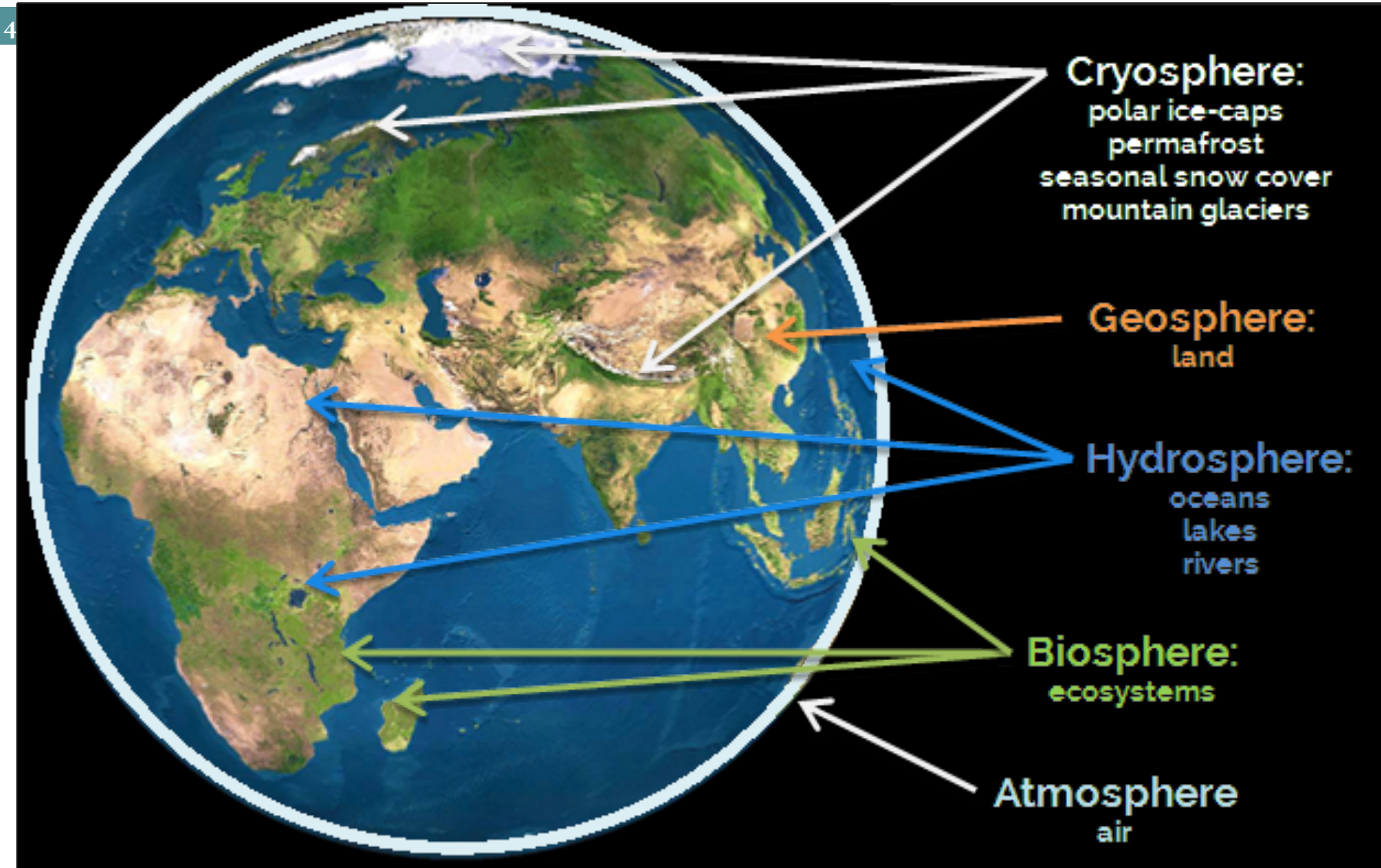
*O Sistema Climático Terrestre; Radiação Solar; A Atmosfera; o Oceano; A Criosfera; A Biosfera; O papel dos Continentes; Balanço de Radiação do Sistema Terrestre; O papel dos Oceanos no Clima; Oceanos, Ciclos biogeoquímicos e Clima; Oceanos e os Padrões de Variabilidade Climática; Oceanos e Mudanças Climáticas;*

Avaliações: variadas e a combinar, mas teremos trabalhos/testes intermediários e uma prova final.

# Terra

Aproximadamente  $\frac{3}{4}$  da superfície do planeta é coberta por água, fato que controla o nosso clima e nossas vidas.

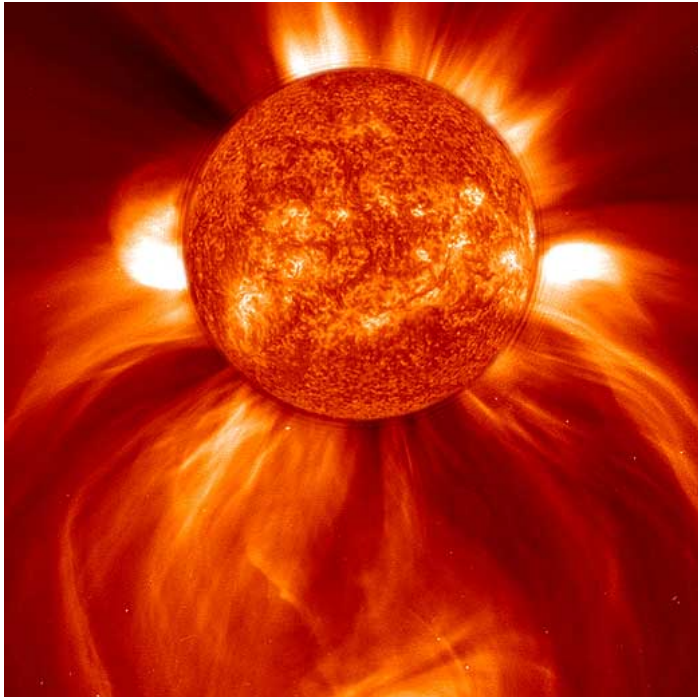
# Componentes do Sistema Climático Terrestre



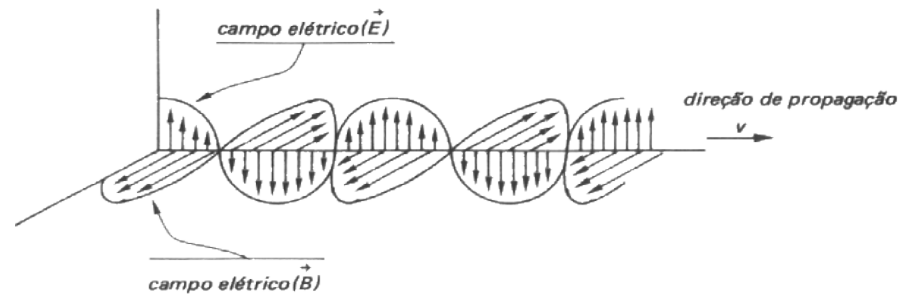
Mas qual a força motriz disso tudo ?



# A origem

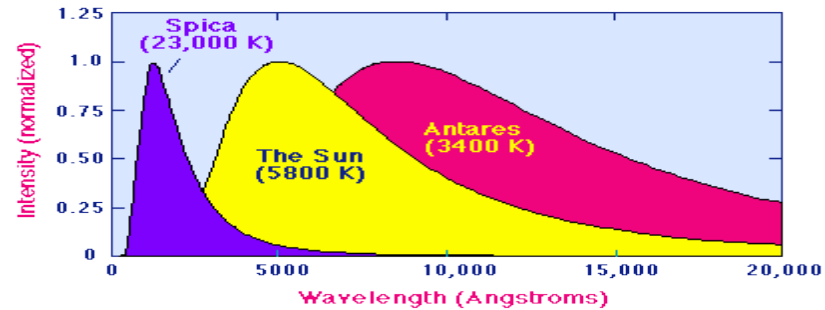


Os gases de hidrogênio (deutério e o trítio, isótopos do hidrogênio) se chocam e formam o hélio. No processo se libera uma partícula atômica denominada de nêutron. Como há uma pequena perda de massa no meio do processo, libera-se uma quantidade enorme de energia a qual eventualmente é liberada para o espaço. Como resultado a temperatura do sol no núcleo fica em aproximadamente  $15,7 \times 10^6$  K (Kelvin). O processo de fusão dos gases de hidrogênio formando o hélio até acabar a sua matéria-prima (este processo levará cerca de 7 bilhões de ano).

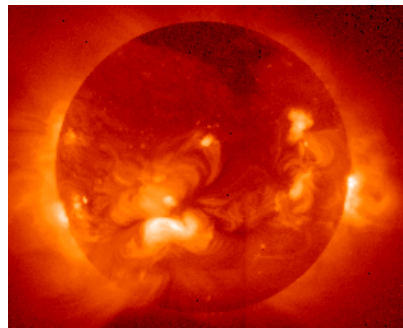


Note que o campo elétrico é perpendicular à direção de propagação e o campo magnético também, o que comprova que a onda eletromagnética é uma onda transversal.

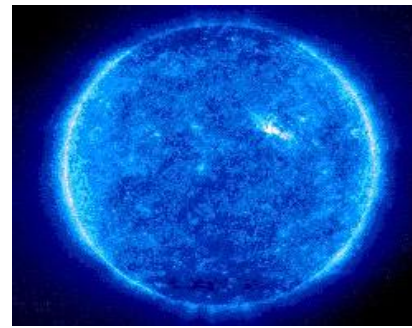
## Espectros de Radiação E.M.



Espectro Visível: 4000 a 7000 Å ou 400 a 750 nm.



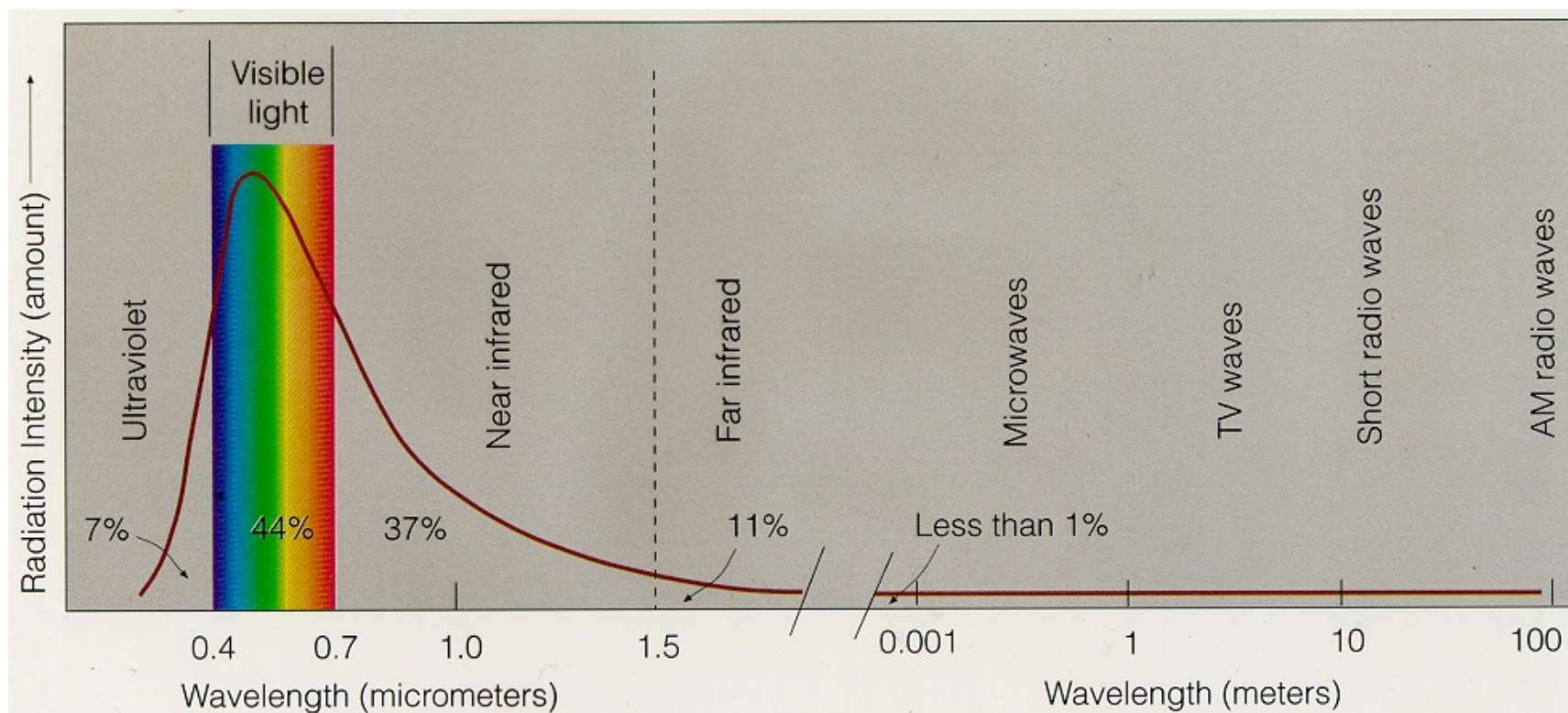
Sol ( $\lambda$ =raios-X)



Sol ( $\lambda$ =UV)

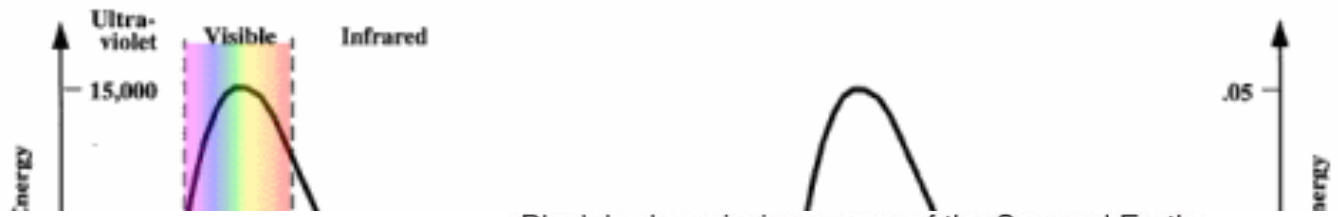
Fonte: <http://csep10.phys.utk.edu/>

## O Espectro Solar de REM

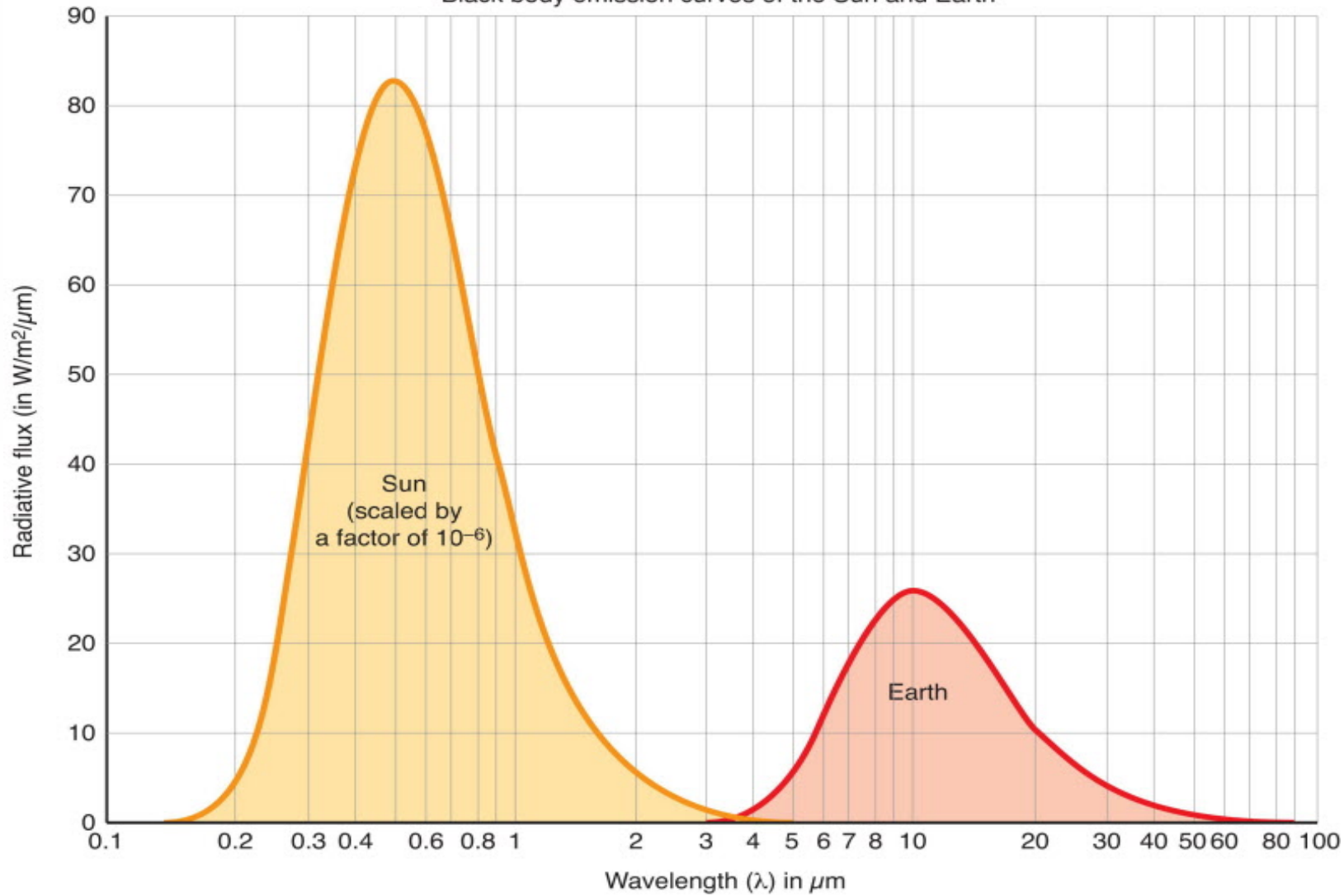


Temp superficial média: ~6000K

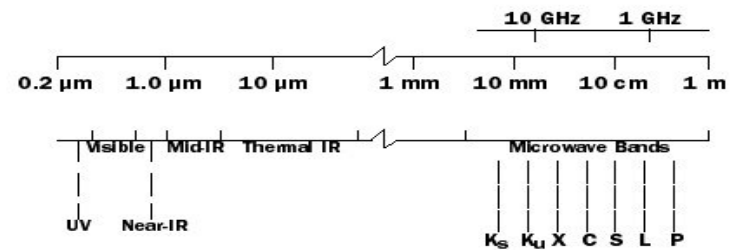
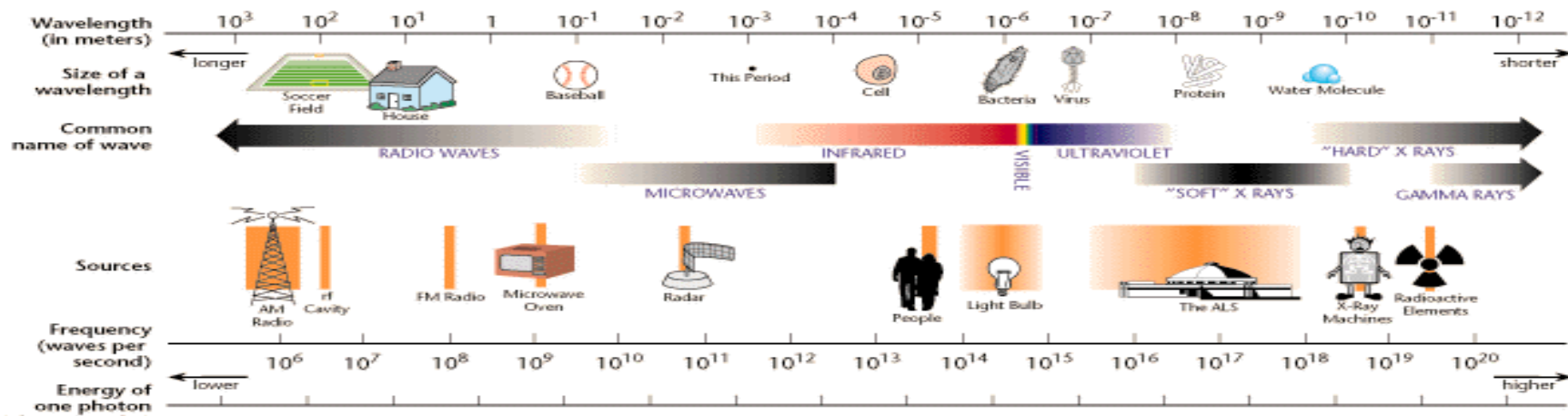




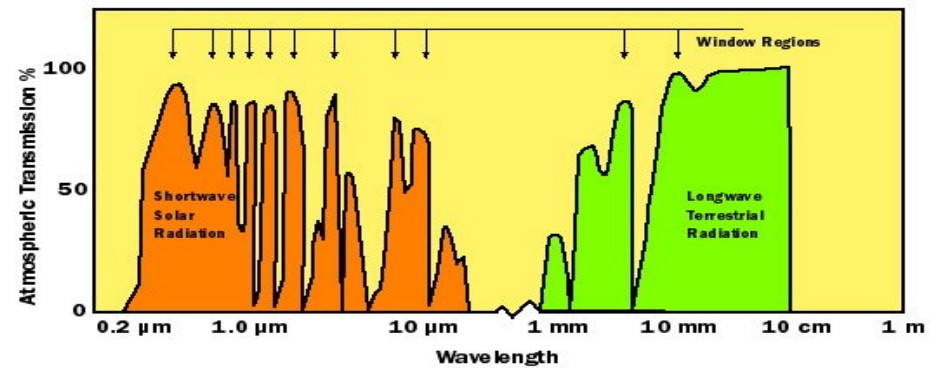
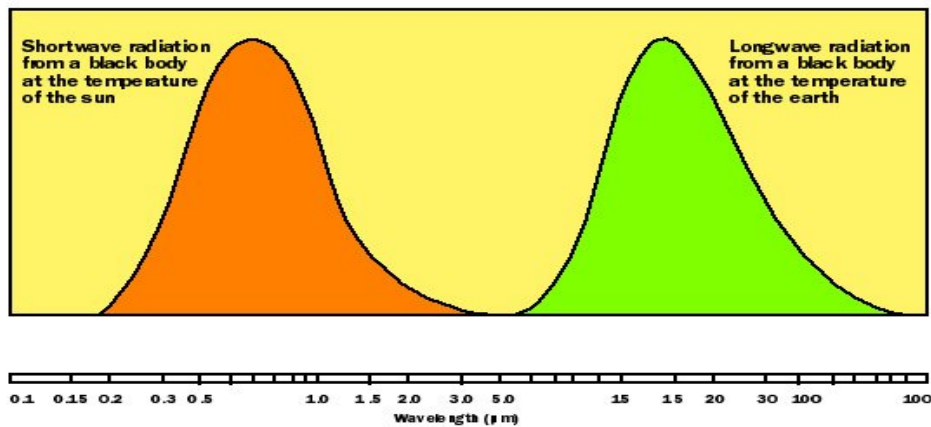
Black body emission curves of the Sun and Earth



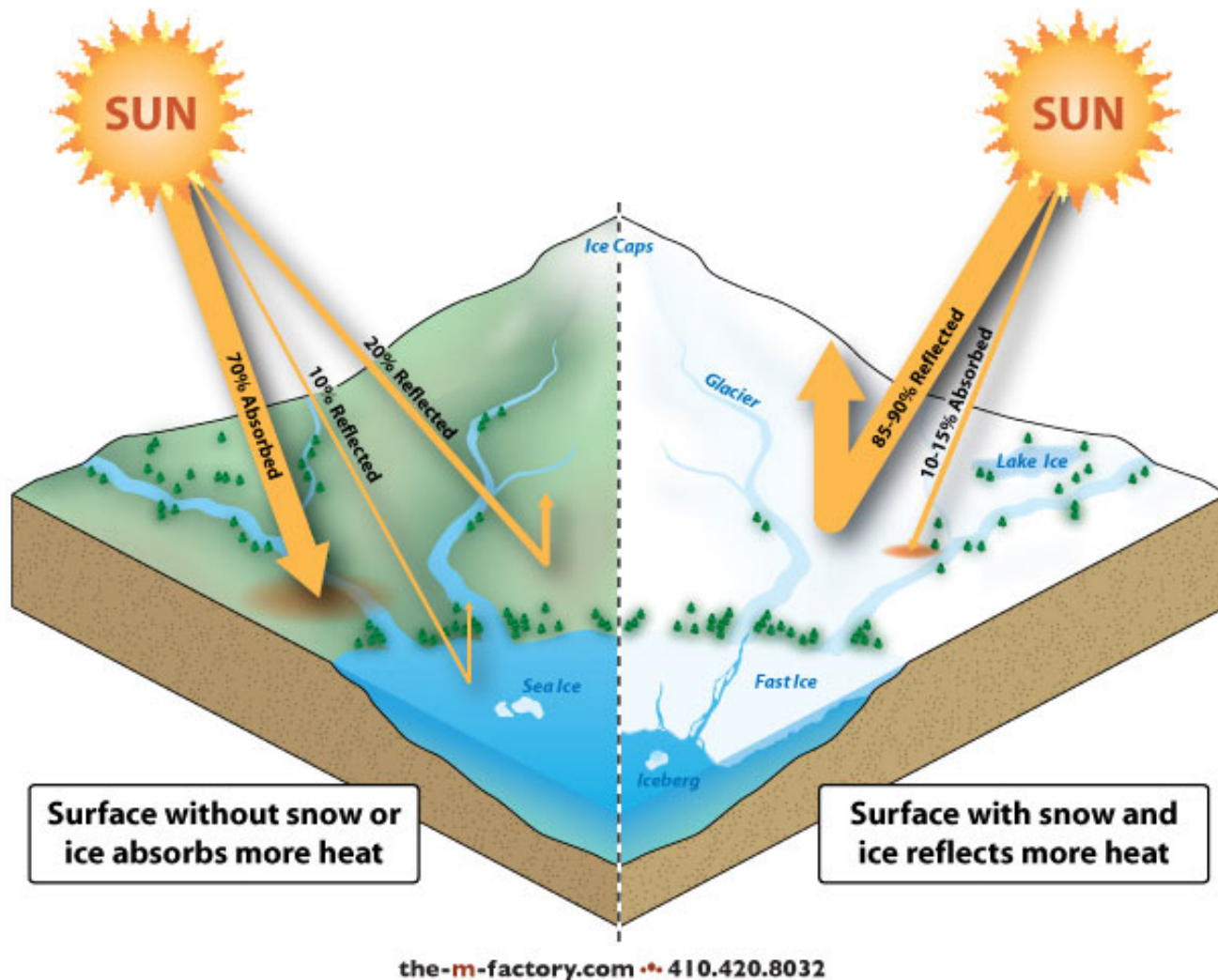
# THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



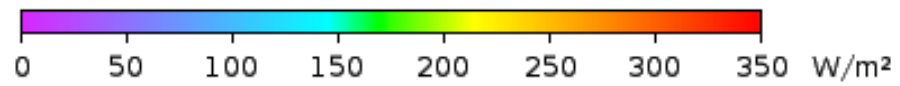
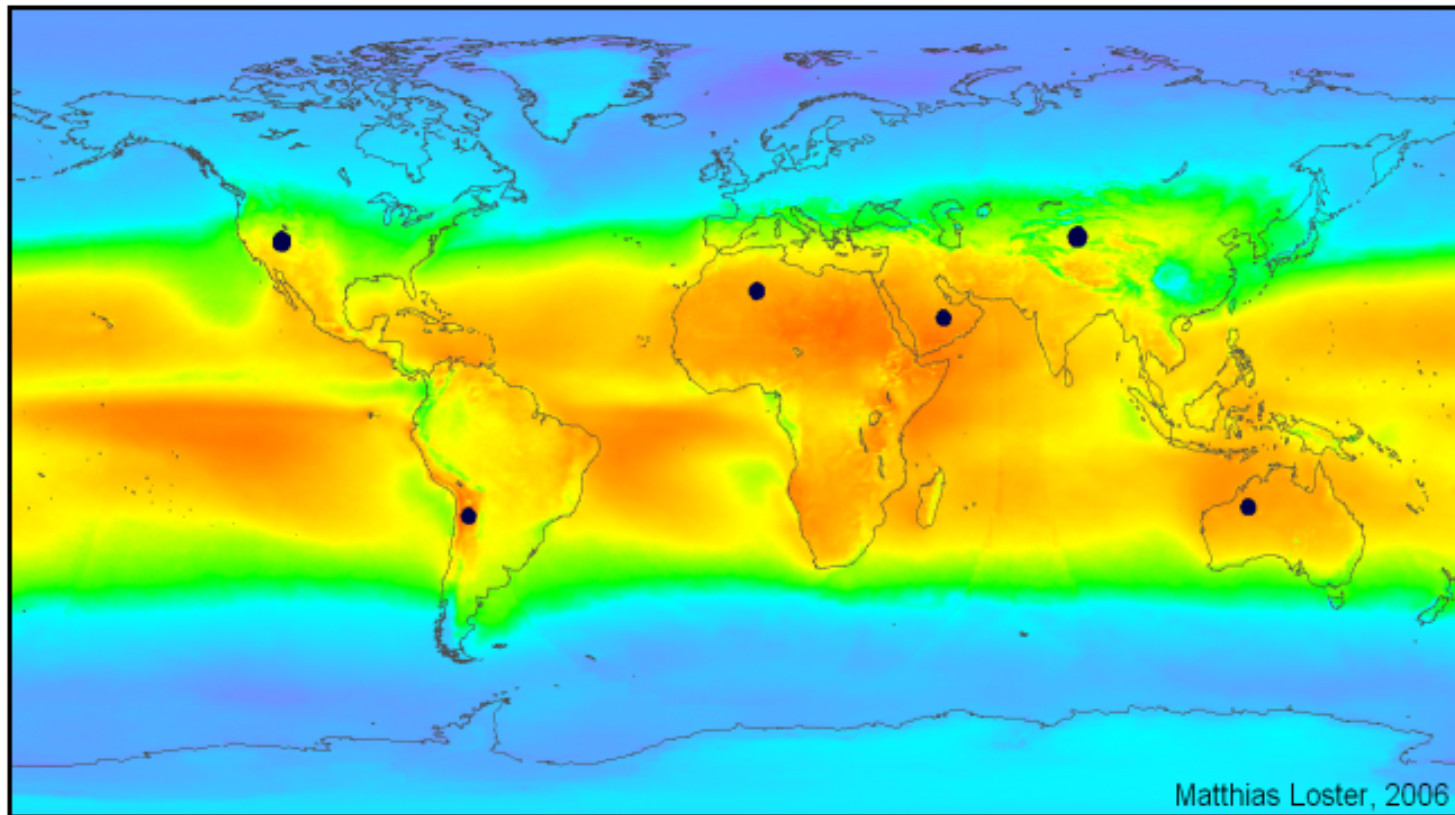
$\lambda E_\lambda$  (normalised)



ALBEDO: o albedo (termo que deriva do latim “albedus” a partir de “albus” = branco) é a medida da quantidade de radiação solar refletida por um corpo ou uma superfície, sendo calculado como a razão entre a quantidade de radiação refletida e a quantidade de radiação recebida. Em termos geográficos, o albedo representa a relação entre a quantidade de luz refletida pela superfície terrestre e a quantidade de luz recebida do Sol, afetando diretamente a temperatura de equilíbrio da Terra. O Albedo médio do planeta Terra é de aproximadamente 0.3 (30%).



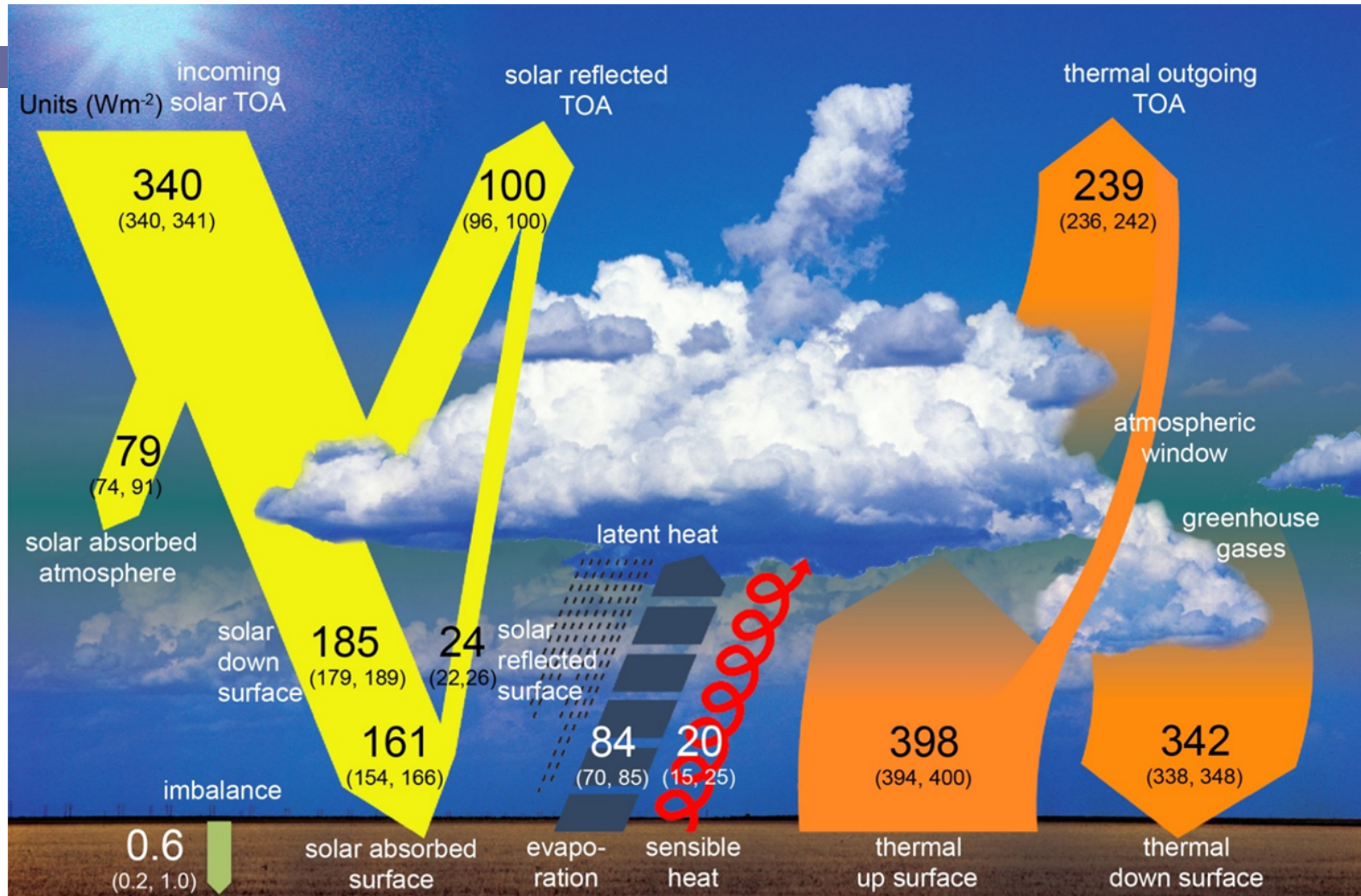
## Insolação média (1991 -1993)



$\Sigma \bullet = 18 \text{ TWe}$

# Earth's energy budget

13



- ▶ Global annual energy flows are shown in Watts/ $m^2$
- ▶ TOA stands for Top of Atmosphere

Image: IPCC 2013

# What is the greenhouse effect?

14

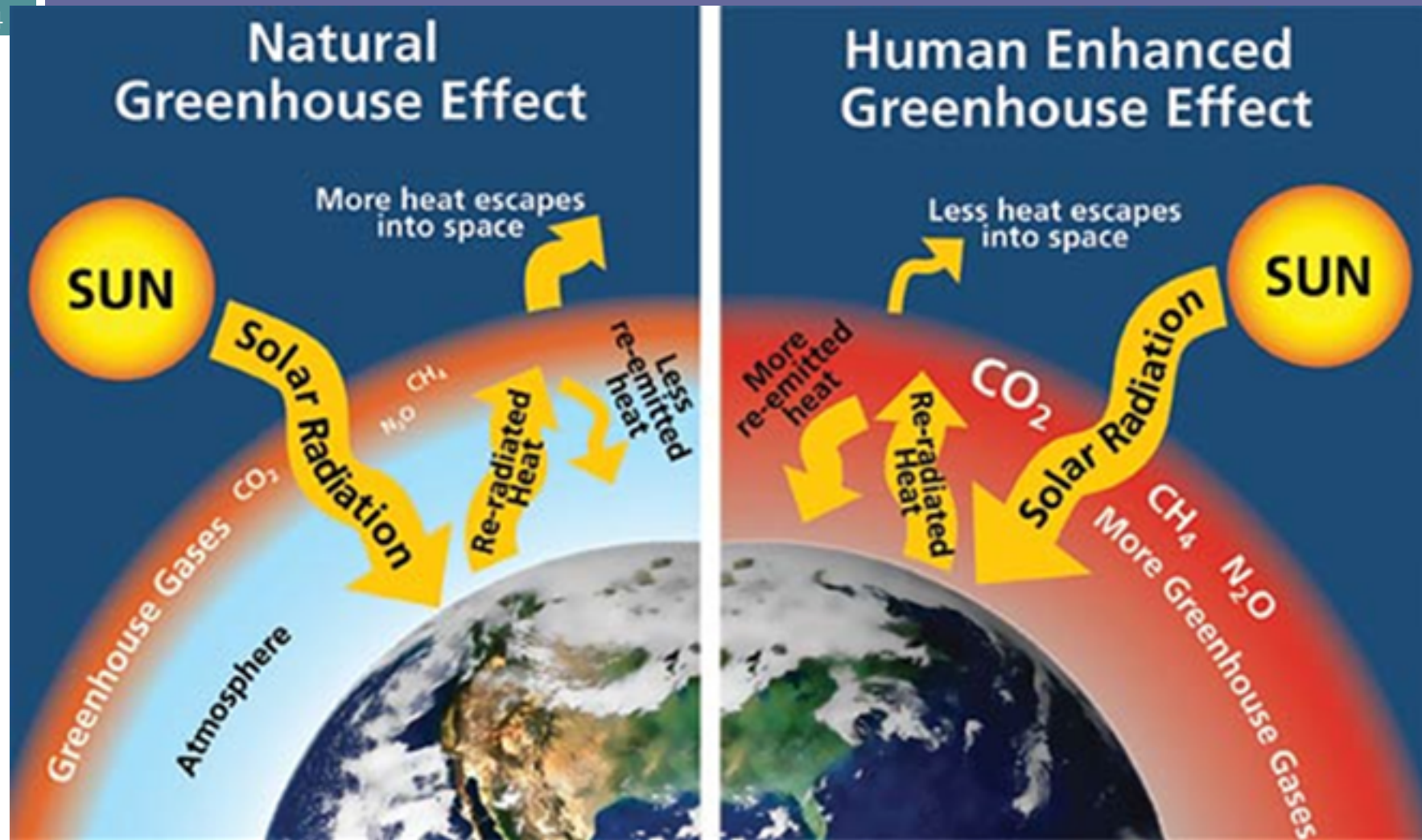
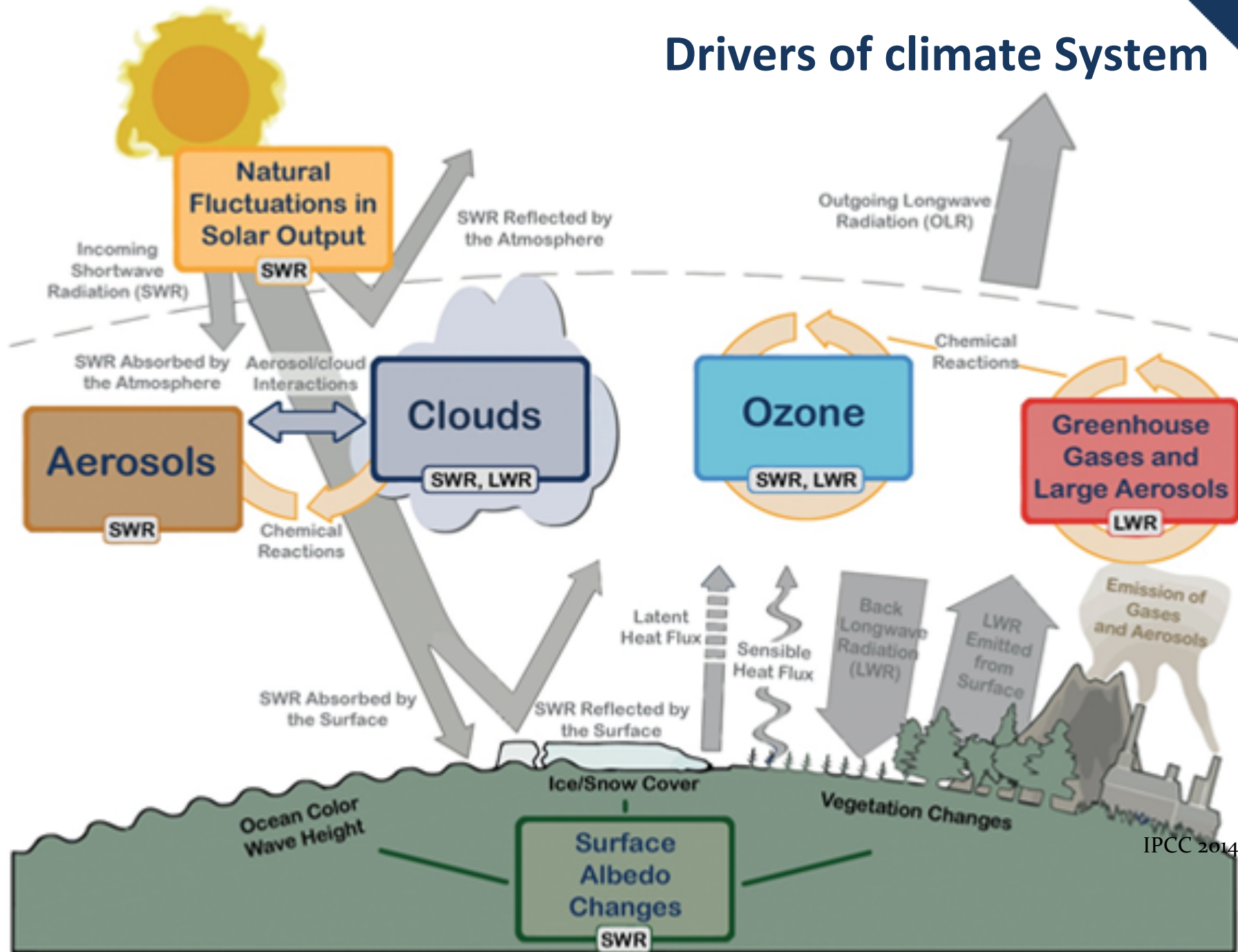


Image: [www.nps.gov](http://www.nps.gov)

## Outline: Drivers of the Earth's Climate System

- ▶ Drivers of Earth Climate System
- ▶ External climate forcings
- ▶ Internal climate forcings
- ▶ Feedbacks

# Drivers of climate System





## External Forcings:

- ▶ Solar variation
- ▶ Milankovitch cycles

## Internal Forcings:

- ▶ Greenhouse gases
- ▶ Tropospheric aerosols
- ▶ Stratospheric ozone
- ▶ Land surface changes
- ▶ Ocean circulation changes
- ▶ Volcanoes

- ▶ Periodic and aperiodic fluctuations
- ▶ Solar variation and volcanic activity account for some climate change within prehistory
- ▶ Solar variations alone do not explain the currently observed changes.

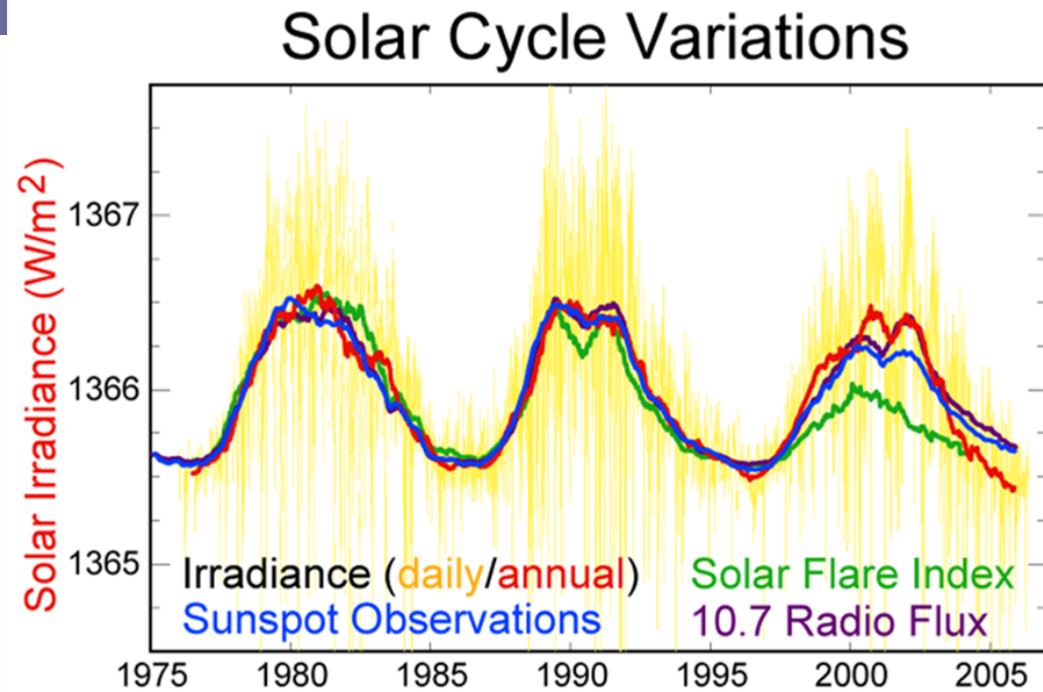
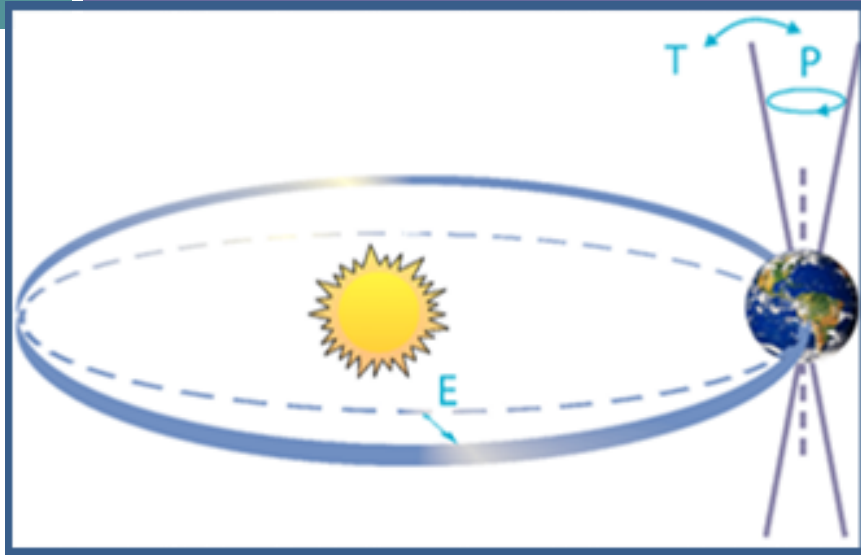


Image created by Robert A. Rohde / Global Warming Art

# Milankovitch Cycles



IPCC 2007

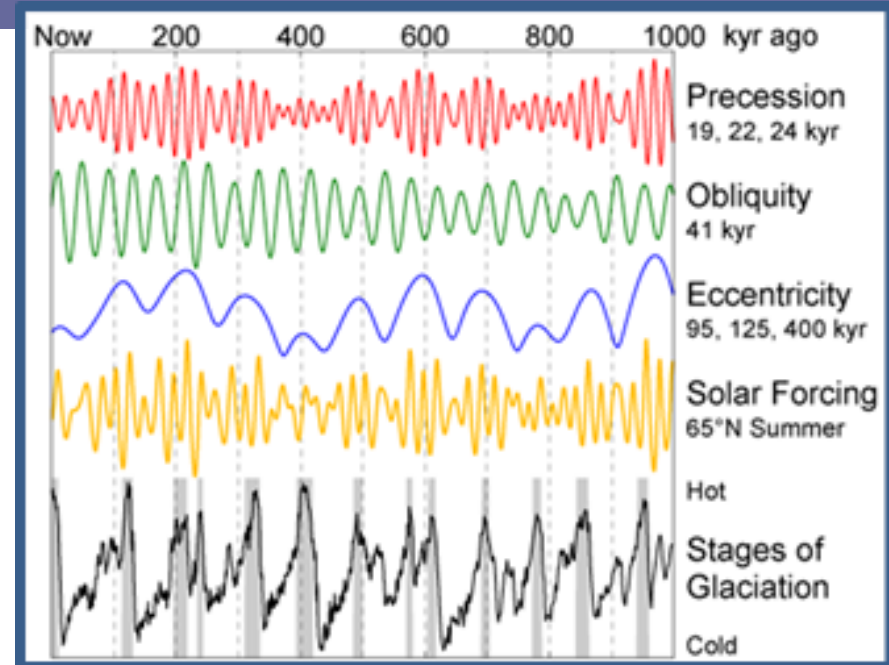


Image: Robert A. Rhodes, Global Warming Art

- ▶ Eccentricity (a cycle of around 100,000 years)
- ▶ Tilt or Obliquity (a cycle of around 41,000 years)
- ▶ Precession (a cycle of around 24,000 years)

Greenhouse gases absorb and emit radiation within the thermal infrared range

Greenhouse gases include:

- ▶ water vapour,
- ▶ carbon dioxide,
- ▶ methane,
- ▶ nitrous oxide,
- ▶ ozone,
- ▶ CFCs

...and others

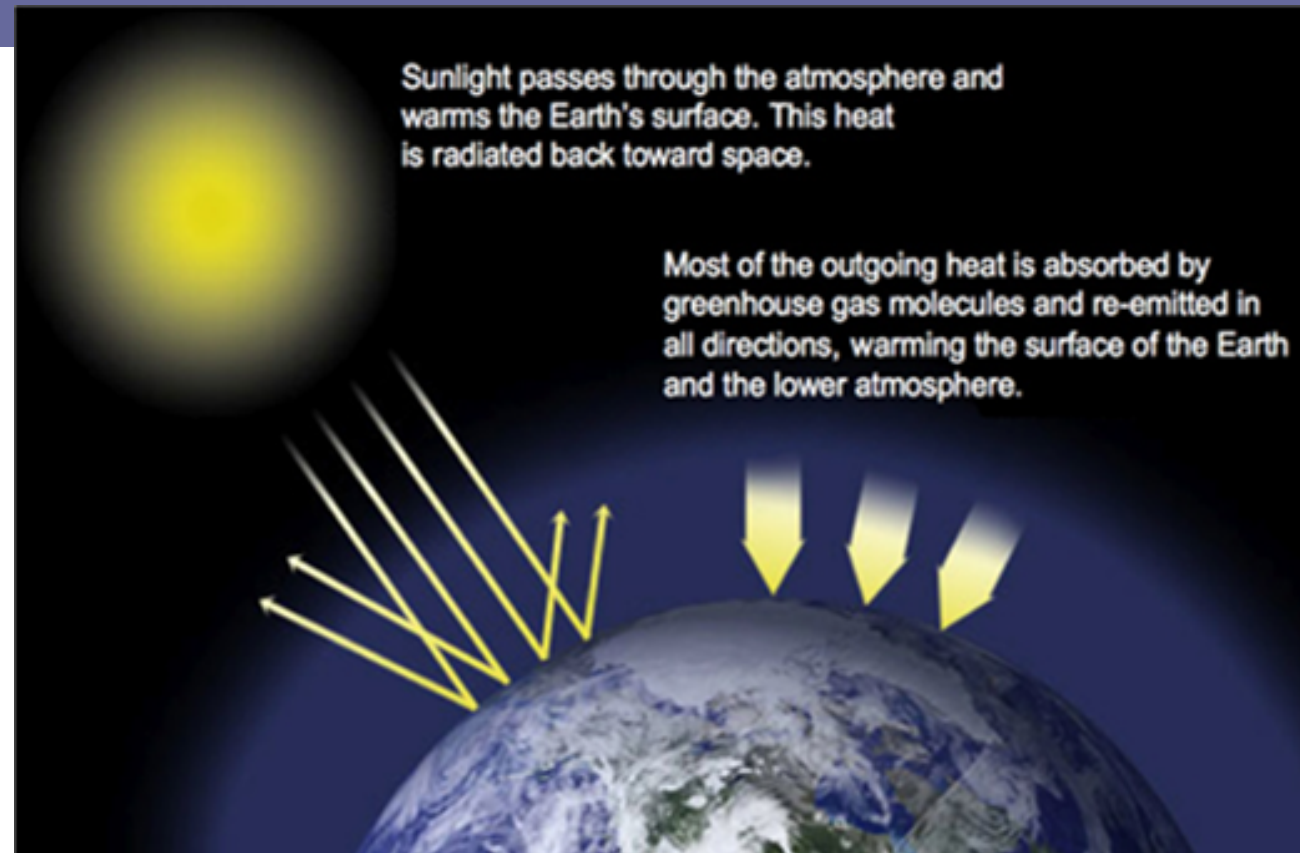


Image: [www.climate.nasa.gov](http://www.climate.nasa.gov)

## Aerosols:

- ▶ Scatter and absorb radiation, bringing about complex interactions with climate
- ▶ Play a role in cloud formation
- ▶ Create positive and negative forcing:
  - Sulphate aerosols persist over time and reflect energy from the sun resulting in cooling
  - Black carbon particles settle on Earth and reduce albedo which causes warming

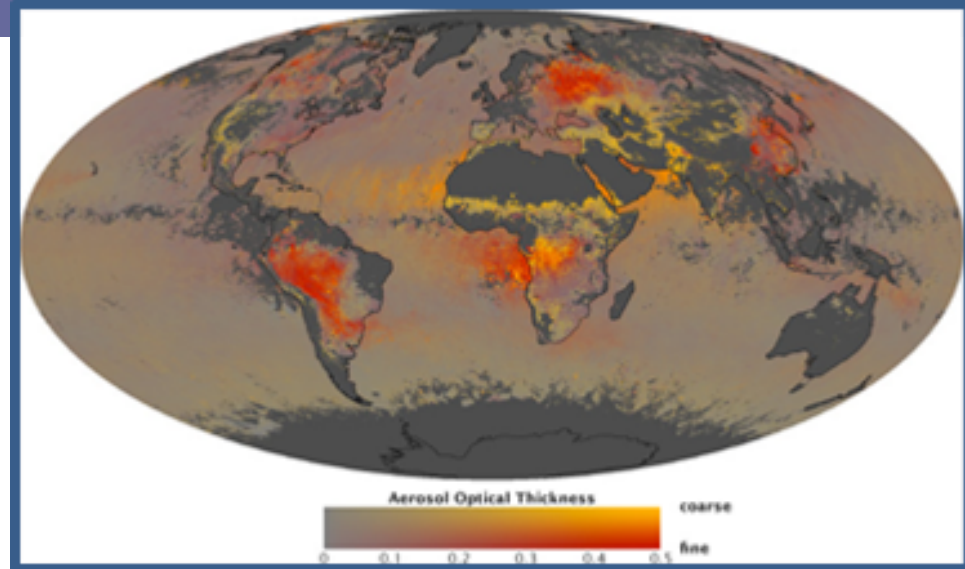


Image: [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)

The ozone layer is thinning due to effects of chlorine and bromine released from manmade CFCs

Holes have formed over the poles as a result of the effects of seasonal stratospheric cloud formation

Stratospheric ozone has complex direct and indirect interactions with climate

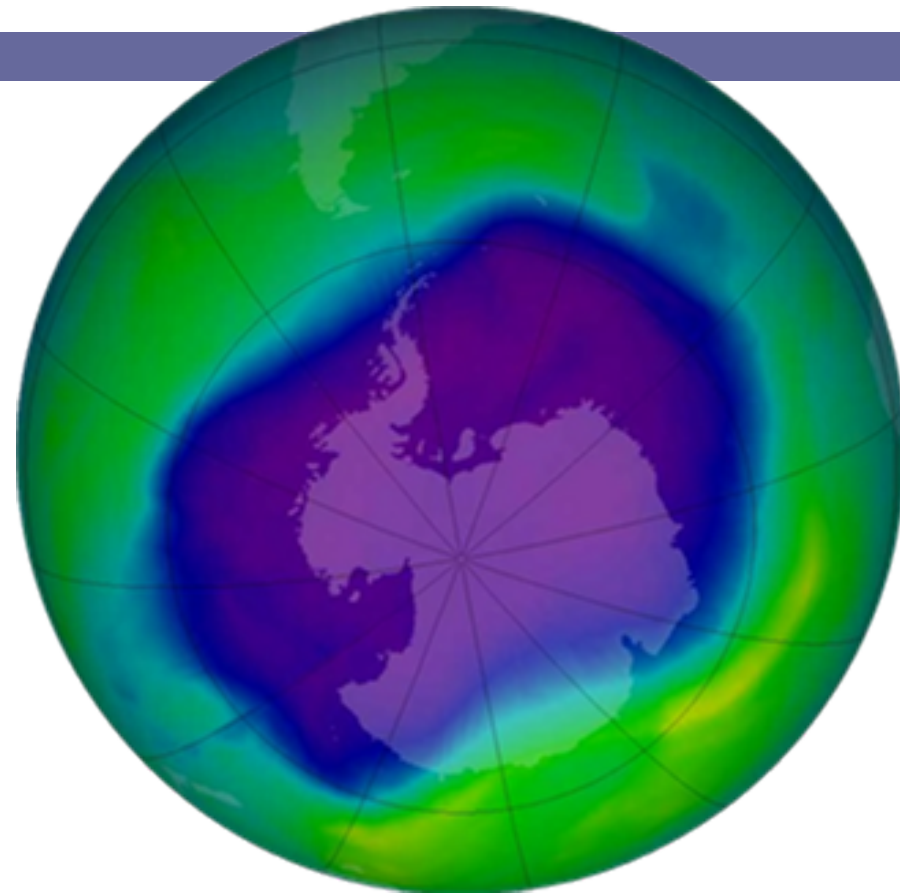
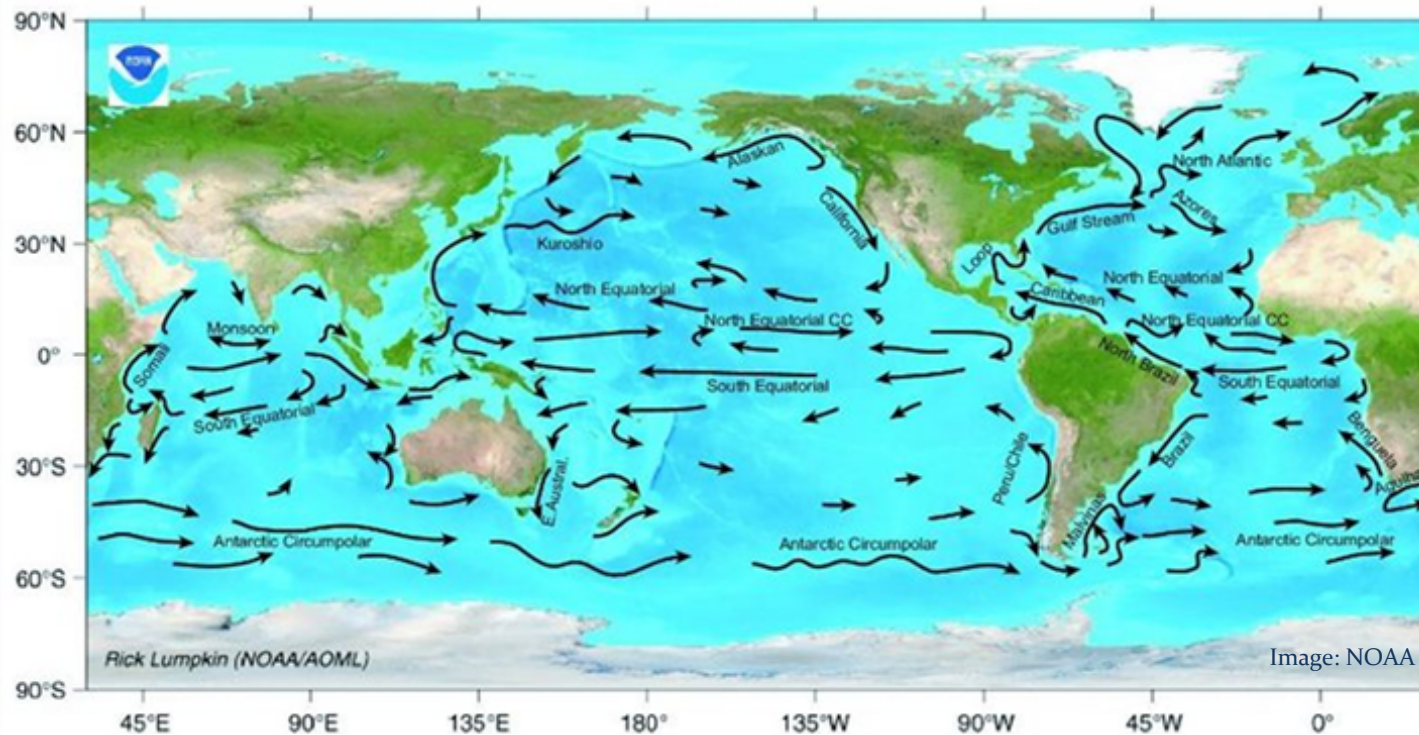


Image: [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)

**Image of the largest Antarctic ozone hole ever recorded (September 2006), over the Southern pole**

# Ocean Circulation Changes



- Os primeiros três metros dos oceanos armazenam a mesma quantidade de calor que toda a atmosfera. Este calor é liberado e reabsorvido regularmente em um ciclo do oceano para atmosfera e vice-versa. Conseqüentemente, é fundamental o conhecimento da circulação oceânica para o para que o regime climático dos nosso planeta (e suas mudanças) possa ser compreendido.

# Land Surface Changes

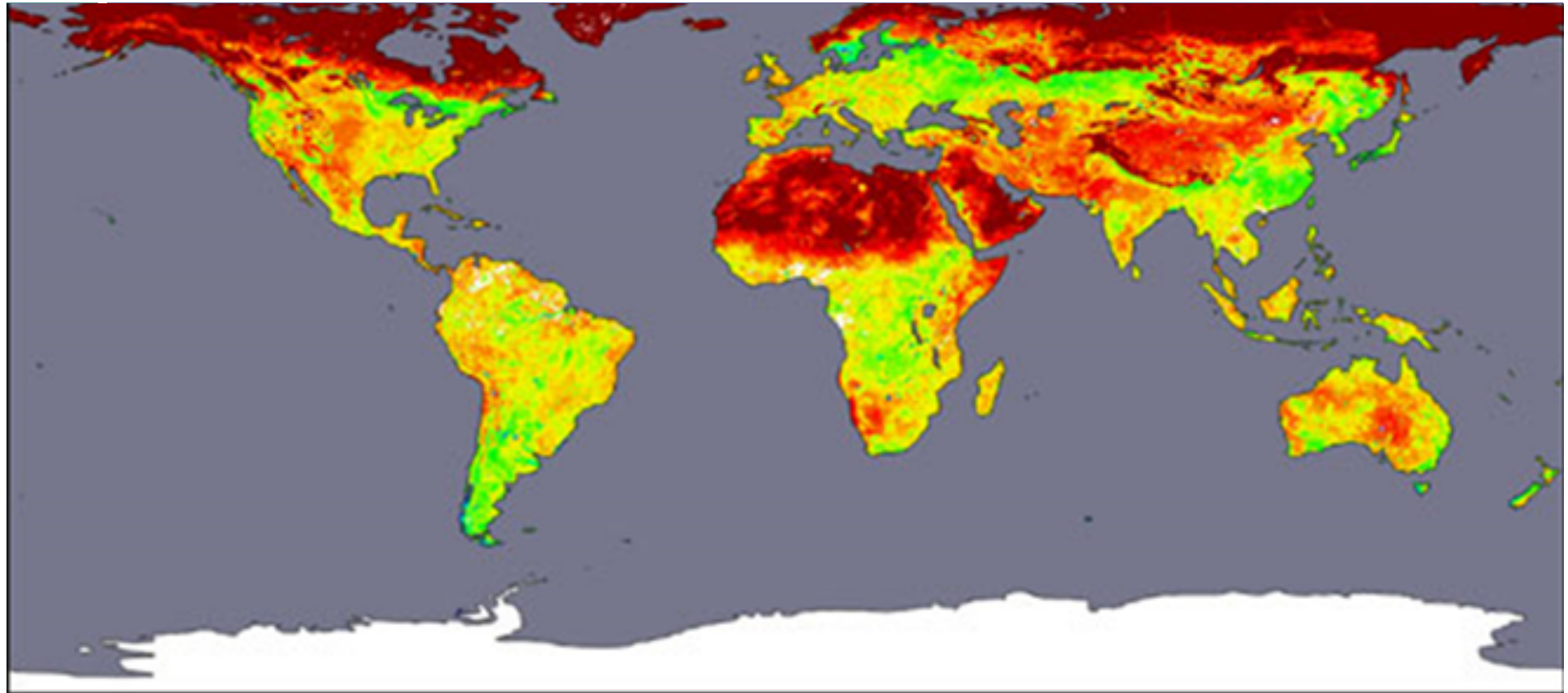




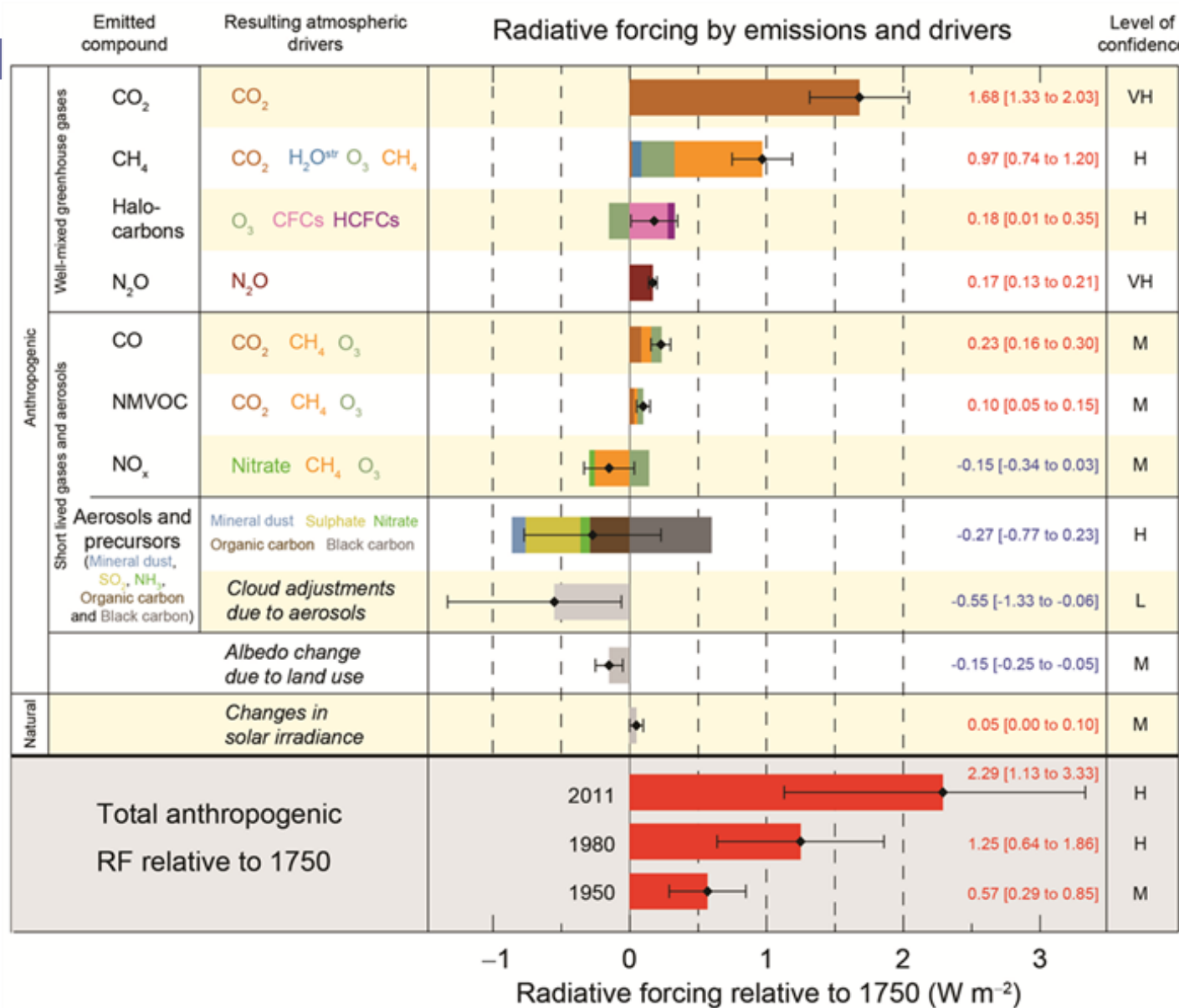


Image: NASA

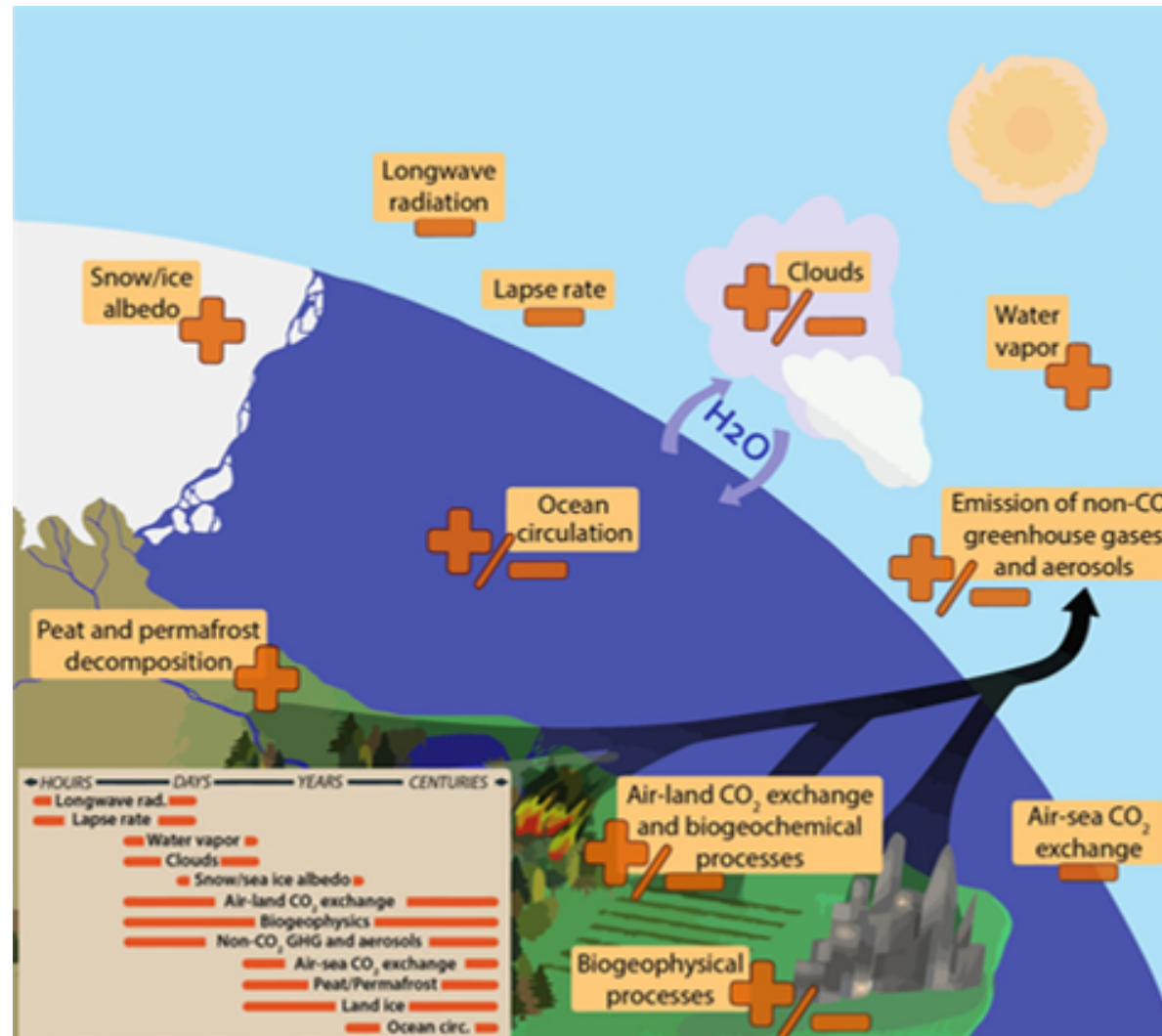
A volcano is a rupture in the Earth's crust from which magma, ash and gases can escape.

They have far-reaching atmospheric effects.

# Estimates of radiative forcing in 2011 relative to 1750



# Positive and Negative Feedback Mechanisms



# Our understanding of these feedbacks

28

- ▶ **Well-understood:**
  - Water vapour (positive feedback)
  - Albedo (positive feedback)
- ▶ **Less-well understood:**
  - Land carbon cycle (currently negative feedback)
  - Clouds (positive and negative feedback)
- ▶ **Feedbacks not included in climate models:**
  - Methane hydrates (positive feedbacks)
  - Permafrost methane (positive feedback)

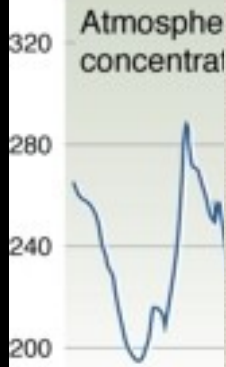


# Climate hits 400ppm of CO2 for first time in 3 million years

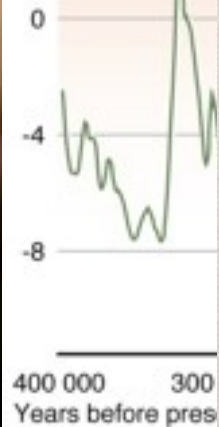


[Chris Tackett](#)  
[Science / Climate Change](#)  
May 10, 2013

Years before pres  
400 000 300

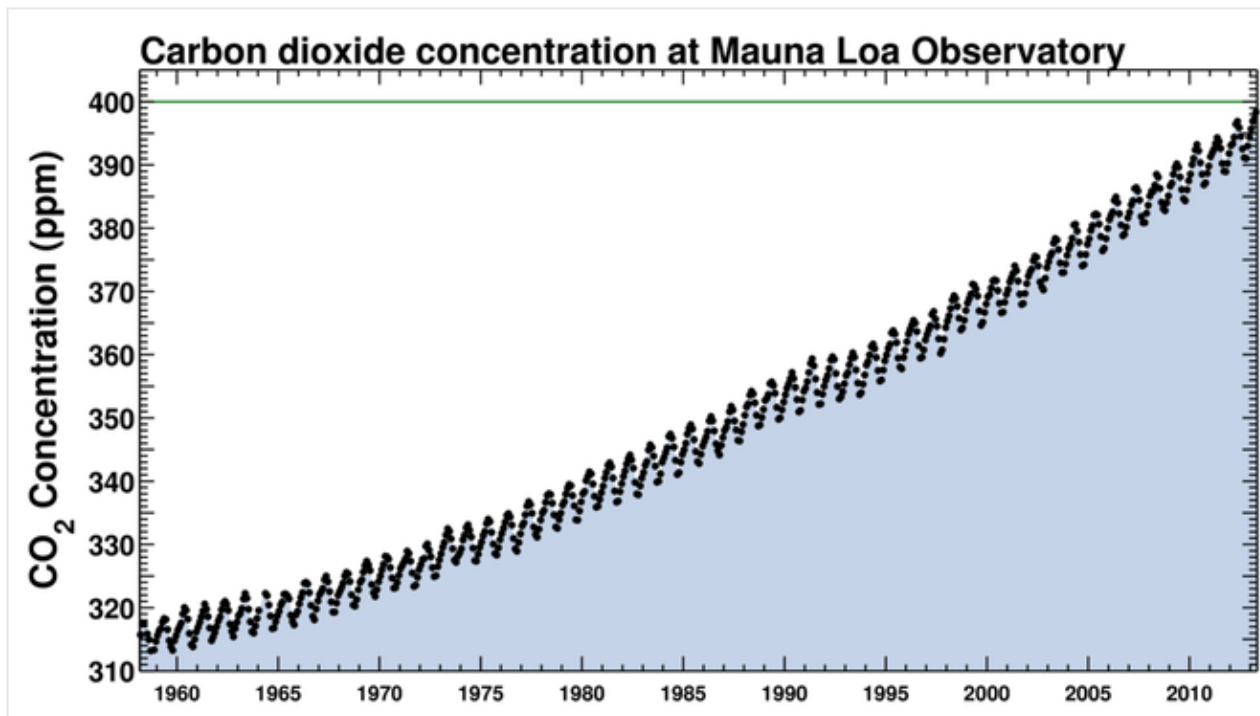


Temperatu



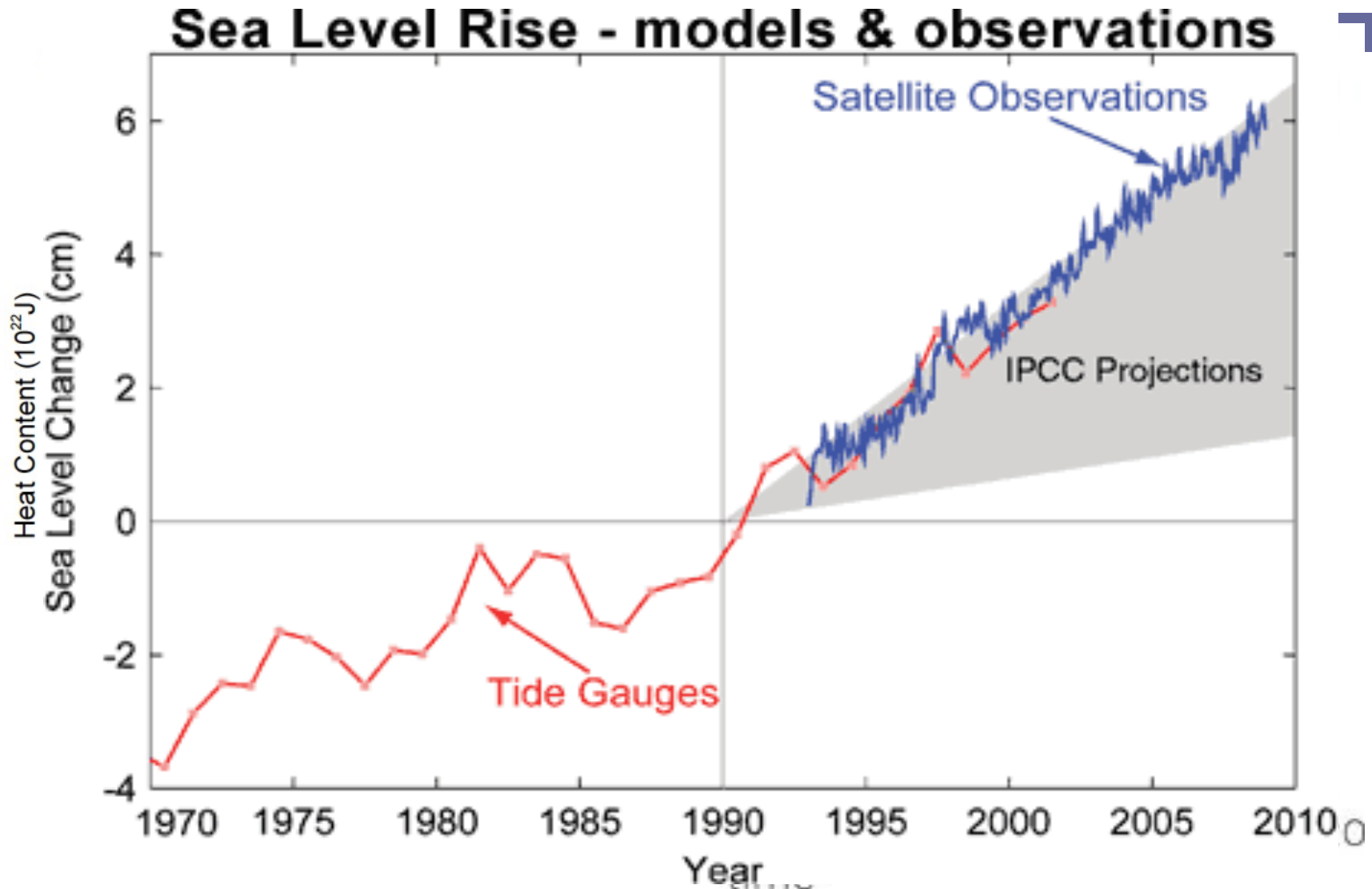
400 000 300  
Years before pres

Repe  
rupte



via [UC San Diego](#)

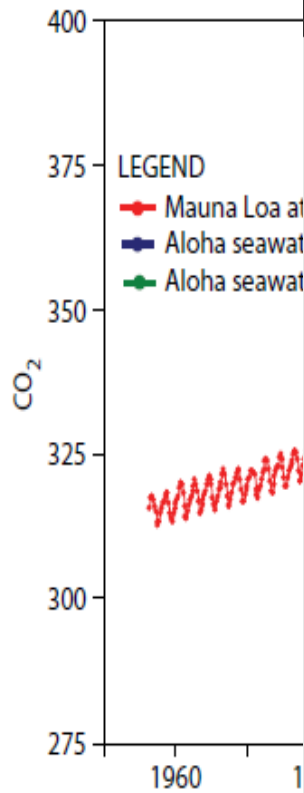
Mas... para onde vai o *aquecimento Global*?



# ... e o CO<sub>2</sub> em excesso ? (antropogênico)

THE EARTH INSTITUTE  
COLUMBIA UNIVERSITY

ABOUT RESEARCH EDUCATION STUDENTS EVENTS NEWS VIDEO BLOG SUPPORT DIRECTORY



LEGEND

- Mauna Loa at
- Aloha seawat
- Aloha seawat

## News

### Archive

- 2013
- 2012
- 2011
- 2010
- 2009
- 2008
- 2007
- 2006
- 2005
- 2004
- 2003
- 2002
- 2001

### In the Media

Jeffrey Sachs, Director

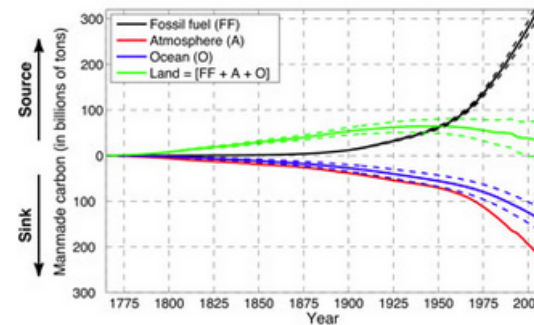
### Resources

### RSS Feeds

## NEWS ARCHIVE

# Oceans' Uptake of Manmade Carbon May Be Slowing

First Year-by-Year Study, 1765-2008, Shows Proportion Declining  
2009-11-18



(Click on image to view larger version)

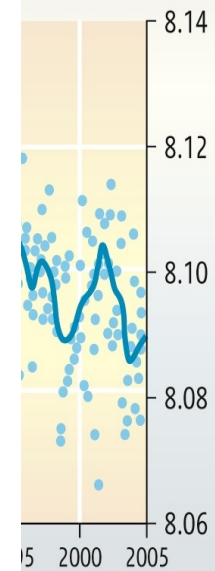
Carbon released by fossil fuel burning (black) continues to accumulate in the air (red), oceans (blue), and land (green). The oceans take up roughly a quarter of manmade CO<sub>2</sub>, but evidence suggests they are now taking up a smaller proportion.

Credit: Samar Khattiwala, Lamont-Doherty Earth Observatory.

website.

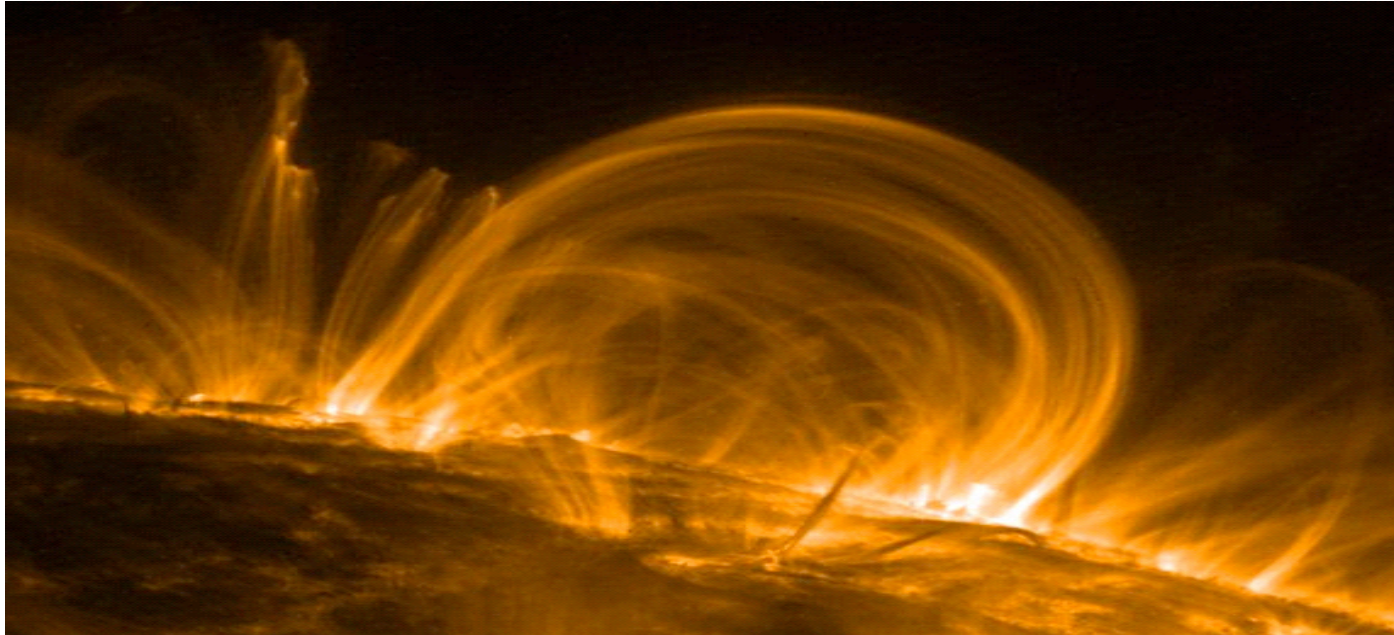
The oceans play a key role in regulating climate, absorbing more than a quarter of the carbon dioxide that humans put into the air. Now, the first year-by-year accounting of this mechanism during the industrial era suggests the oceans are struggling to keep up with rising emissions—a finding with potentially wide implications for future climate. The study appears in this week's issue of the journal Nature, and is expanded upon in a separate

## Ocean water acidity pH





O Que é e como funciona a fusão solar ?



-Realizar pesquisa sobre o tema.

**-Poderá ser cobrado em prova .**

# INTRODUÇÃO



1. Definições
2. Componentes do Sistema Climático Terrestre
3. Forçantes do Sistema Climático Terrestre (internas e externas) e mecanismos de feed-back climático
4. Balanço Energético da Terra e o Efeito Estufa
5. Ciclos Biogeoquímicos e suas relações com o Clima



# Parte 1:

## Definições



- ▶ O Sistema Climático Terrestre
- ▶ As forçantes radioativas
- ▶ *Feedbacks* Climáticos

# O Sistema Climático Terrestre

O Sistema Climático Terrestre é definido pela dinâmica e interações de seus cinco principais componentes:

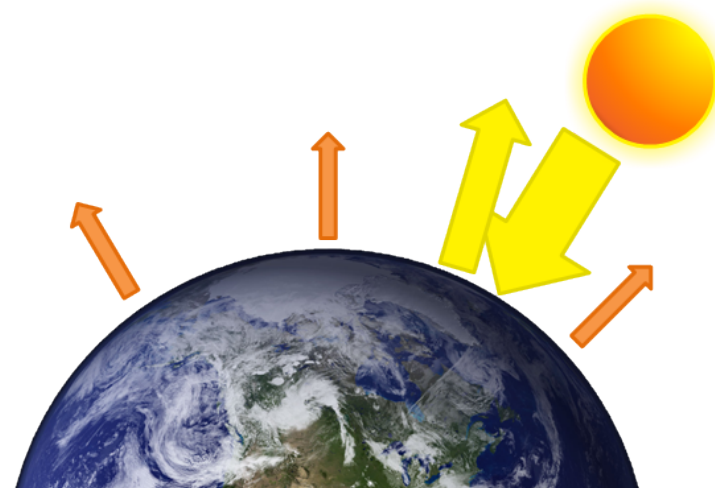
- ▶ Atmosfera
- ▶ Hidrosfera (Água no estado *líquido* nos Oceanos, rios e lagos)
- ▶ Criosfera (Água no estado *sólido* nas superfícies de neve e gelo)
- ▶ Geosfera / Litosferas (continentes, rocha, solo)
- ▶ Biosfera (vida, ecossistemas)

A dinâmica do Sistema Climático é forçada por ambas forçantes radioativas: *internas e externas*.

*Forçante Radioativa* está relacionada com a quantidade de energia que a Terra recebe do Sol e, depois das devidas interações, a quantidade de energia que a Terra devolve para o espaço.

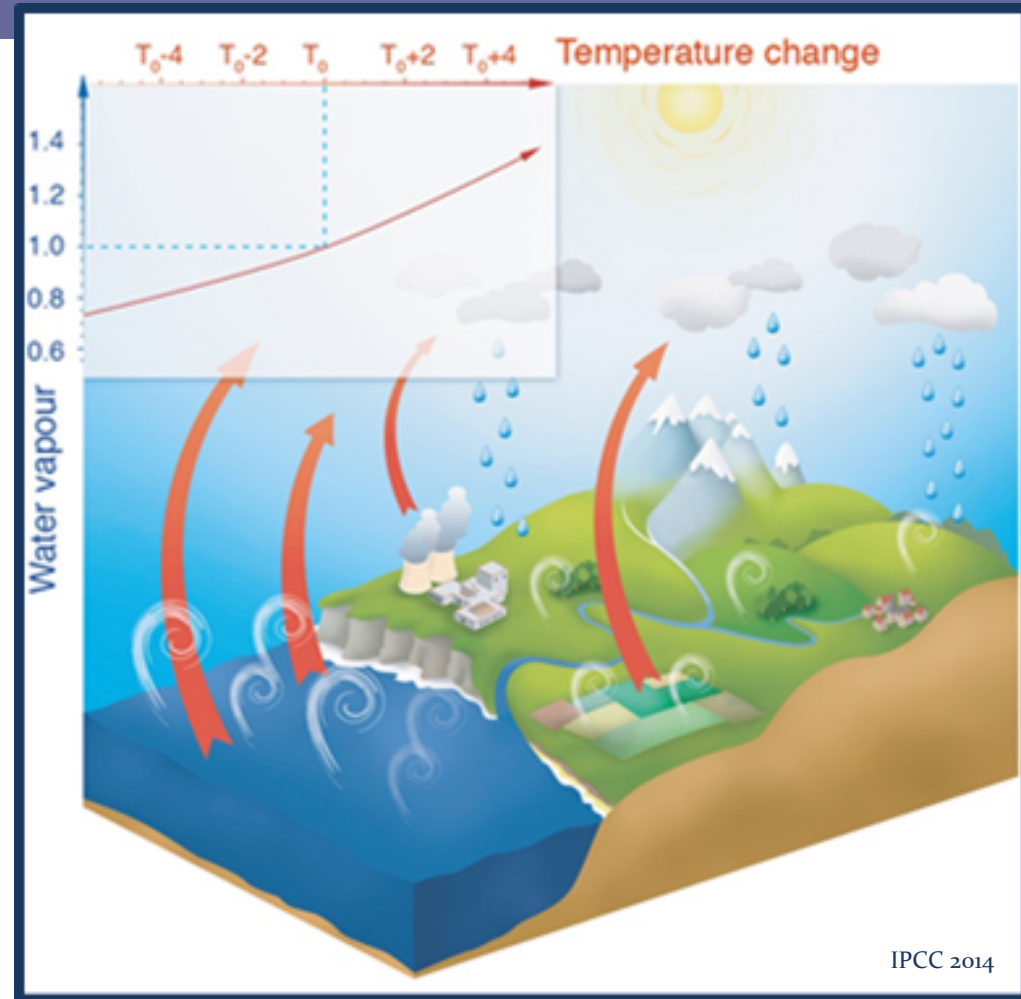
- ▶ Tipos se forçante radioativa:
  - **Forçantes EXTERNAS** são aquelas atribuídas às mudanças da quantidade de energia chega na Terra do espaço (essencialmente oriunda do Sol),
  - **Forçantes INTERNAS** são todos os fatores/agentes que determinam o quanto de energia está sendo refletido ou emitido pela Terra de volta para o espaço.

- ▶ O que pode afetar as forçantes radioativas?
  - Mudanças na quantidade de radiação incidente no planeta
  - Mudanças na quantidade de energia solar que é refletida pela Terra,
  - Mudanças na quantidade de Energia que é emitida pela Terra de volta para o espaço.



**Feedbacks** ocorrem quando uma forçante interna ou externa impõe alterações no sistema climático que, por sua vez, impactam a própria dinâmica do sistema – causando assim um ciclo de retro-alimentação (*feedback*).

- ▶ Um feedback positivo aumenta progressivamente os impactos no clima
- ▶ Um feedback negativo é “auto-limitado” e tende a diminuir alterações no sistema.



An example of a positive climate feedback is atmospheric water vapour.



## Parte 2:



# Componentes do Sistema Climático Terrestre

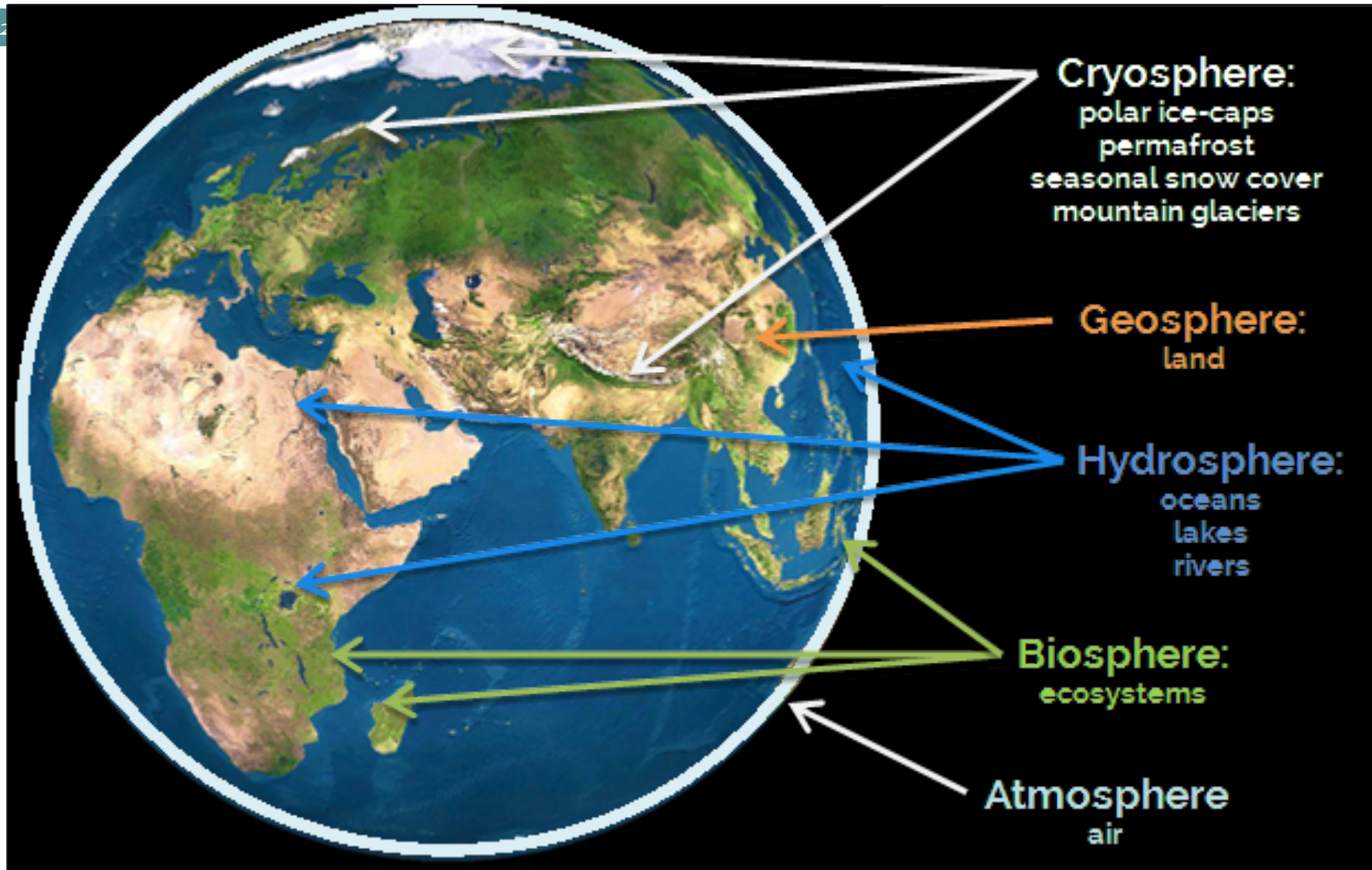


## **Tópico:** Components of the Earth's Climate System

- ▶ Componentes do Sistema
- ▶ Interações entre as diferentes componentes

# Componentes do Sistema Climático Terrestre

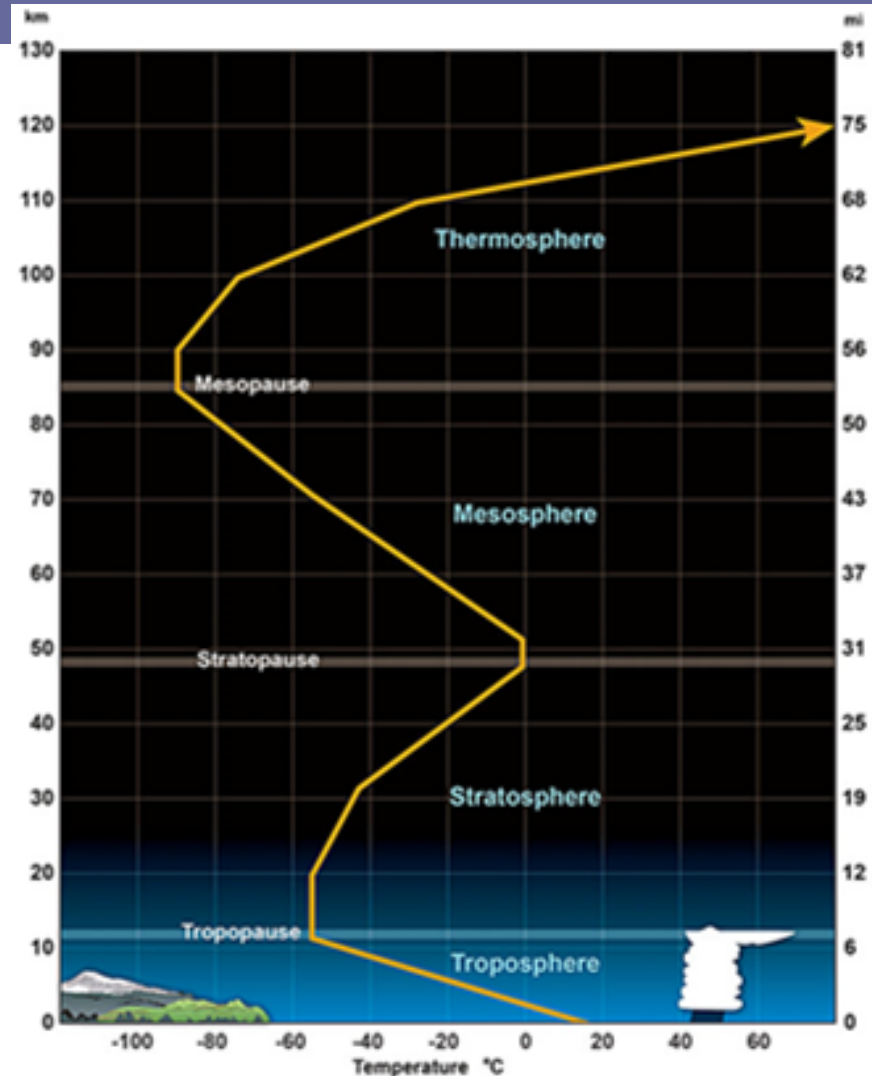
4



# Componentes do Sistema Climático: A Atmosfera

A atmosfera é composta essencialmente pelos gases Nitrogênio (78.1%) e Oxigênio (20.9%), com a presença de outros gases em quantidades bem menores (*trace gases*) incluindo o Argônio, o Hélio, o Ozônio e um gás de fundamental importância para o Sistema Climático, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>, 0,035%), dentre outros.

A atmosfera é dividida em camadas: troposfera, estratosfera, mesosfera e termosfera/exosfera. Cada camada com temperaturas variáveis e com diferentes propriedades quanto aos gases que elas contém.



# Componentes do Sistema Climático: A Hidrosfera

- ▶ O oceano global (com dois padrões de circulação principais: o superficial e o abissal/circulação termohalina );
- ▶ As águas continentais (lagos, rios e águas subterrâneas).

## Circulação Oceânica Superficial

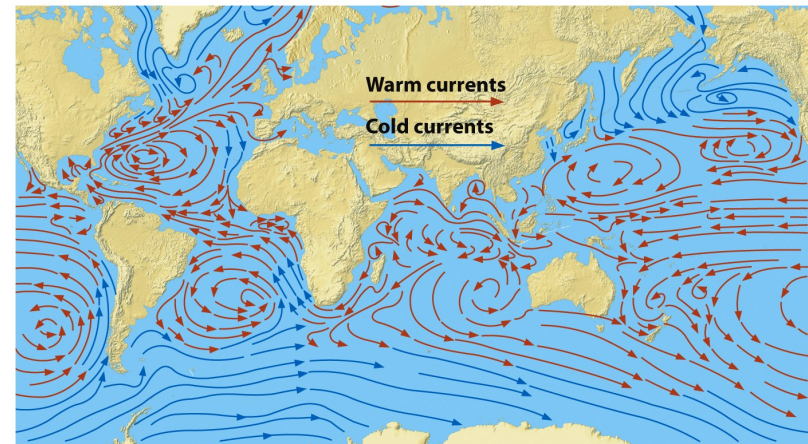


Figure 15.3a  
Understanding Earth, Sixth Edition  
© 2010 W. H. Freeman and Company

## Conveyor Belt / Circulação Termohalina

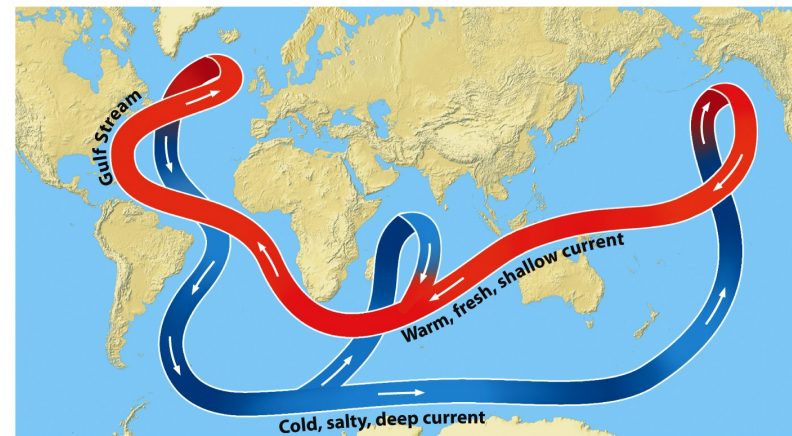


Figure 15.3b  
Understanding Earth, Sixth Edition  
© 2010 W. H. Freeman and Company

# Componentes do Sistema Climático: A Criosfera

- ▶ Mantos de gelo e geleiras/  
glaciers
- ▶ Gelo flutuante, Gelo  
marinho, lagos e rios  
congelados.

**Glaciar Perito Moreno, Argentina**



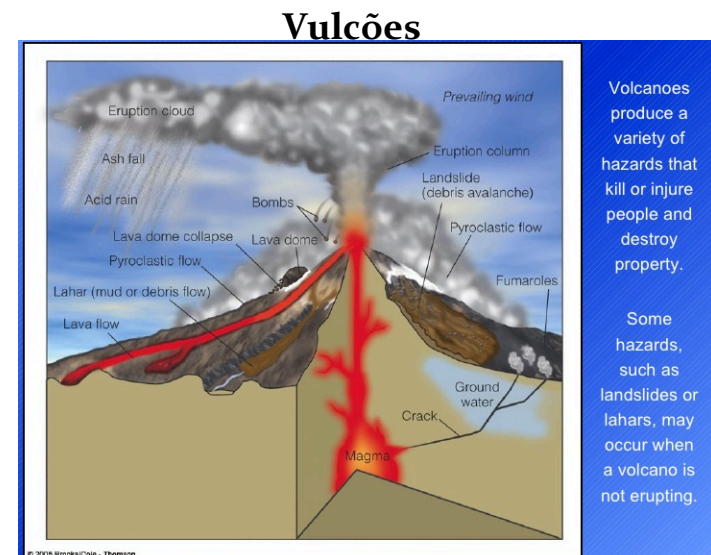
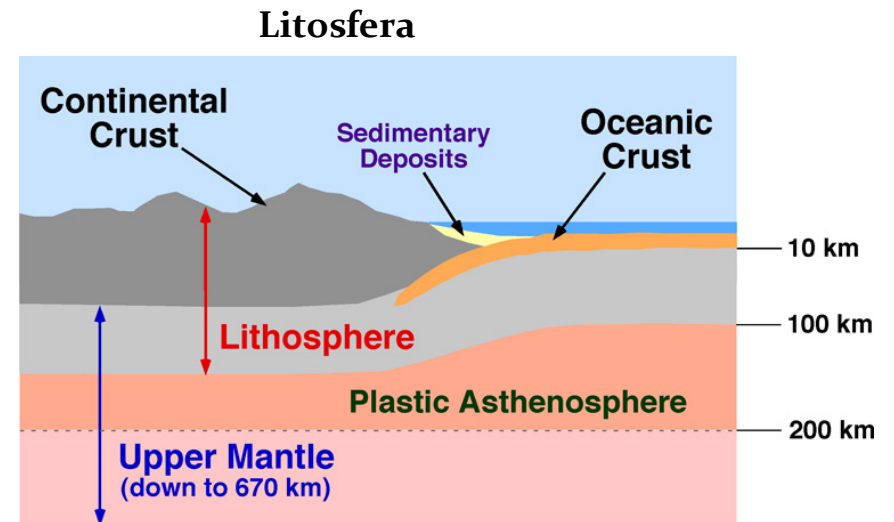
**Manto de Gelo e Gelo Marinho Antártico**



# Componentes do Sistema Climático: A Litosfera

▶ Superfície continental

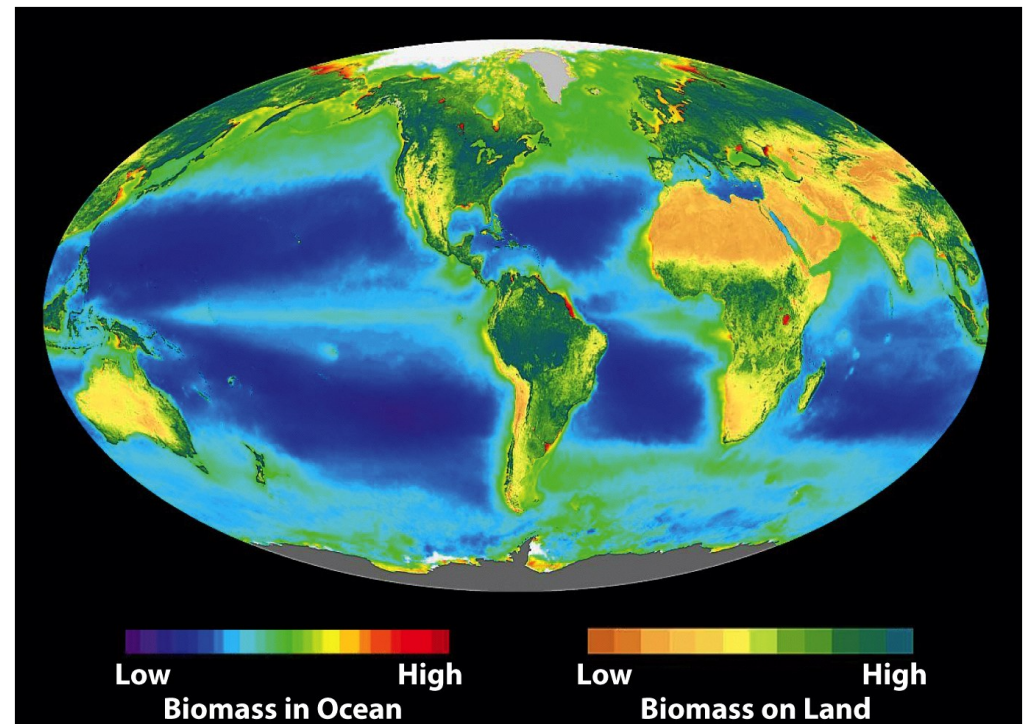
▶ Vulcões



# Componentes do Sistema Climático: A Biosfera

- ▶ Todos os organismos vivos e seus ecossistemas:
  - ▶ Plantas e animais
  - ▶ Microorganismos (marinhos e terrestres)

Distribuição Global de vida vegetal



# Componentes do Sistema Climático Terrestre e suas interações

4

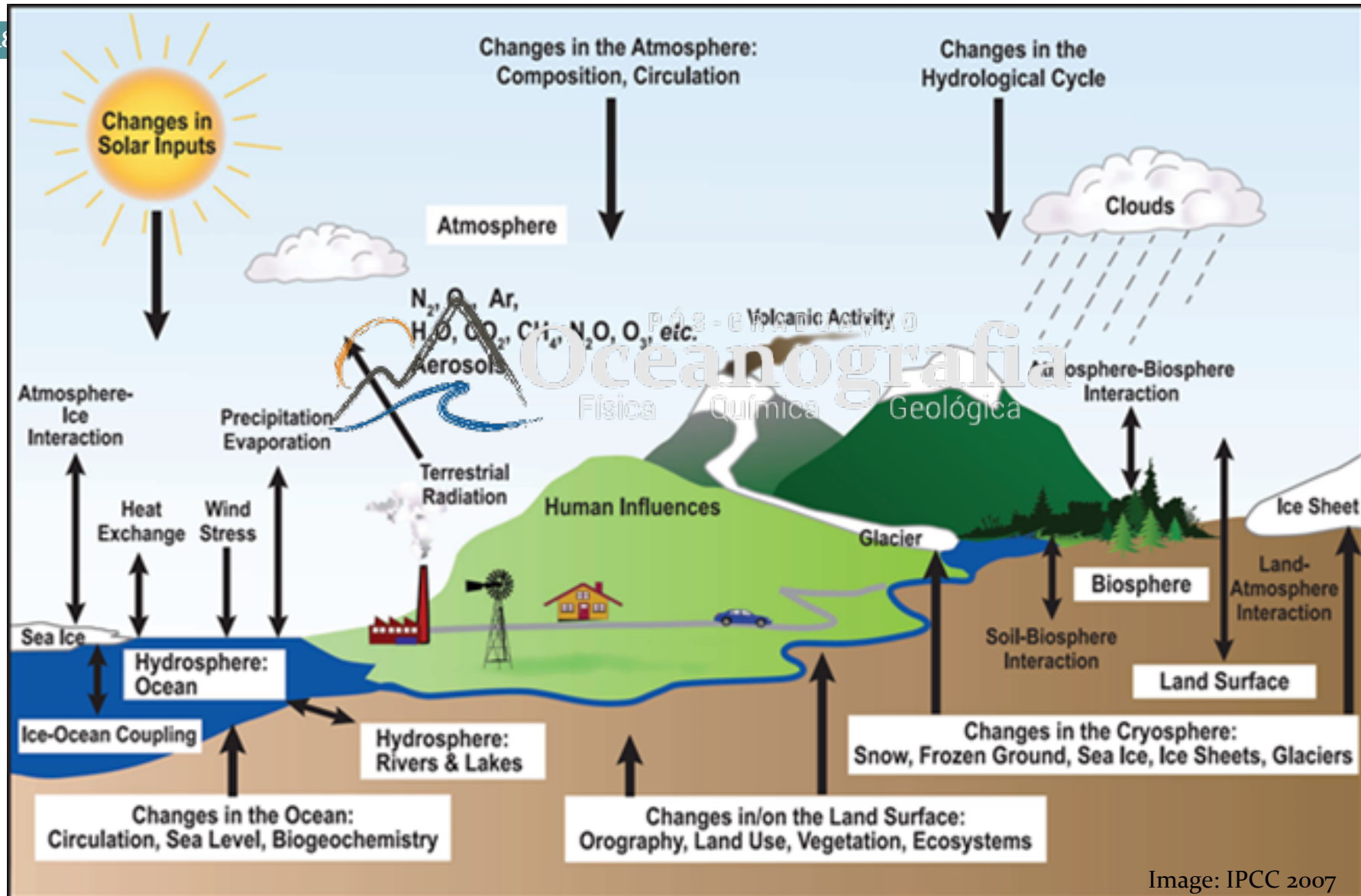
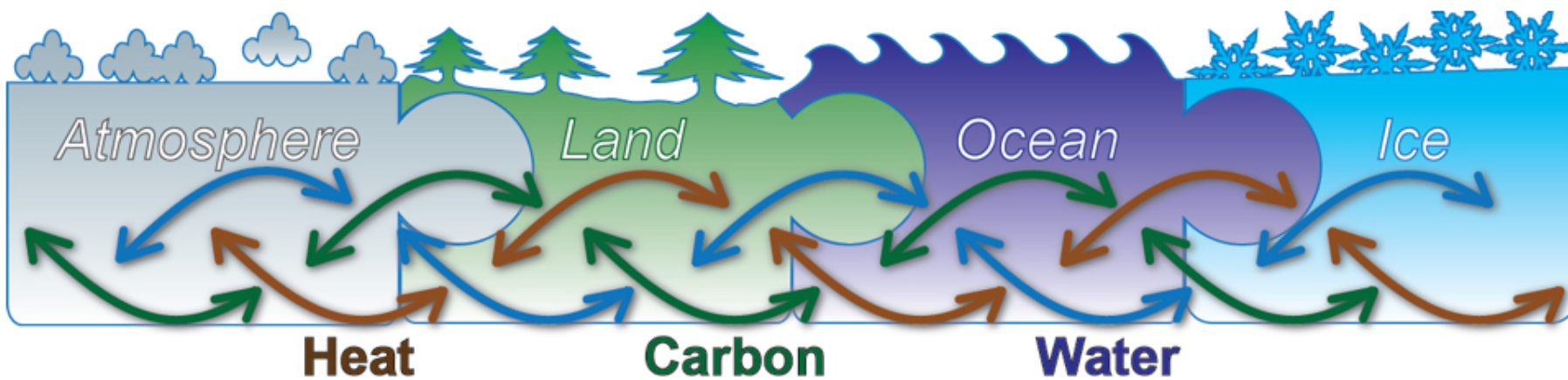


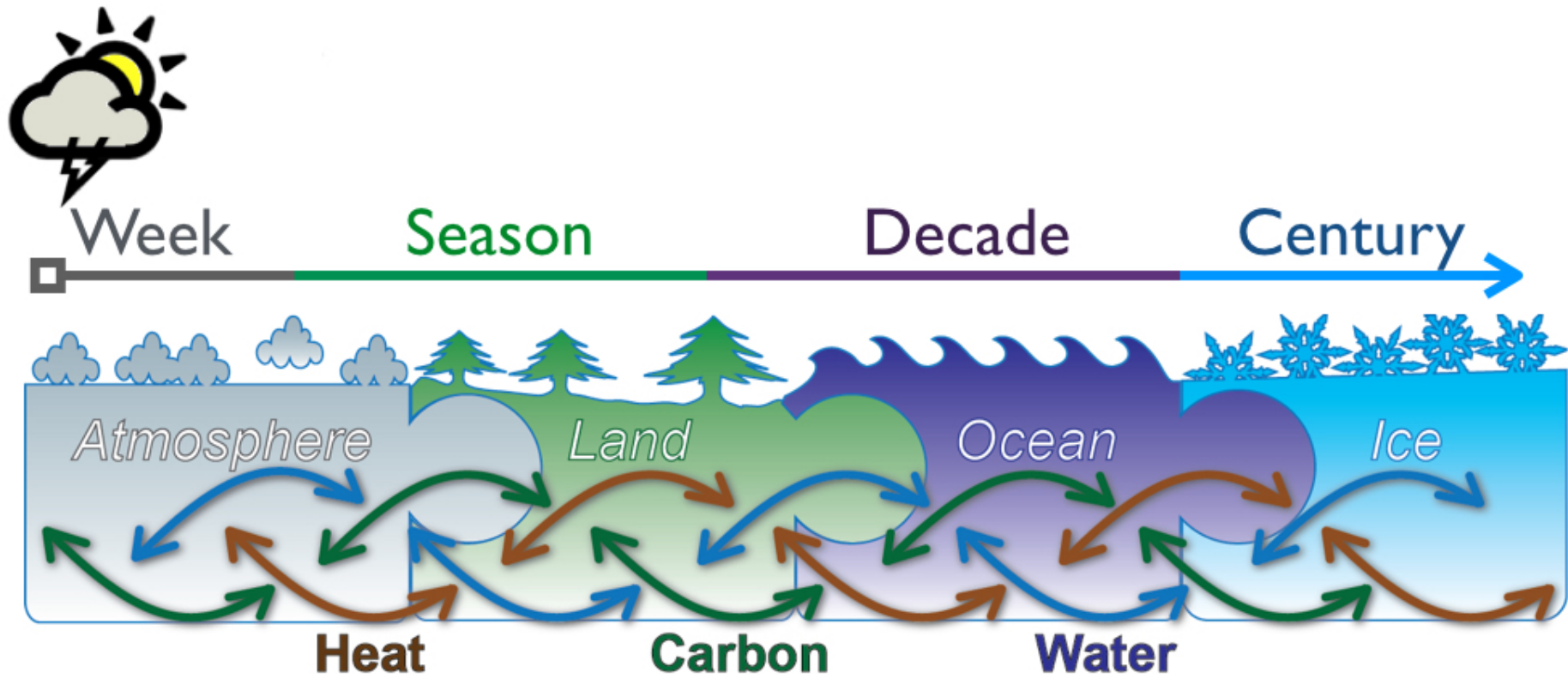
Image: IPCC 2007



# The climate system



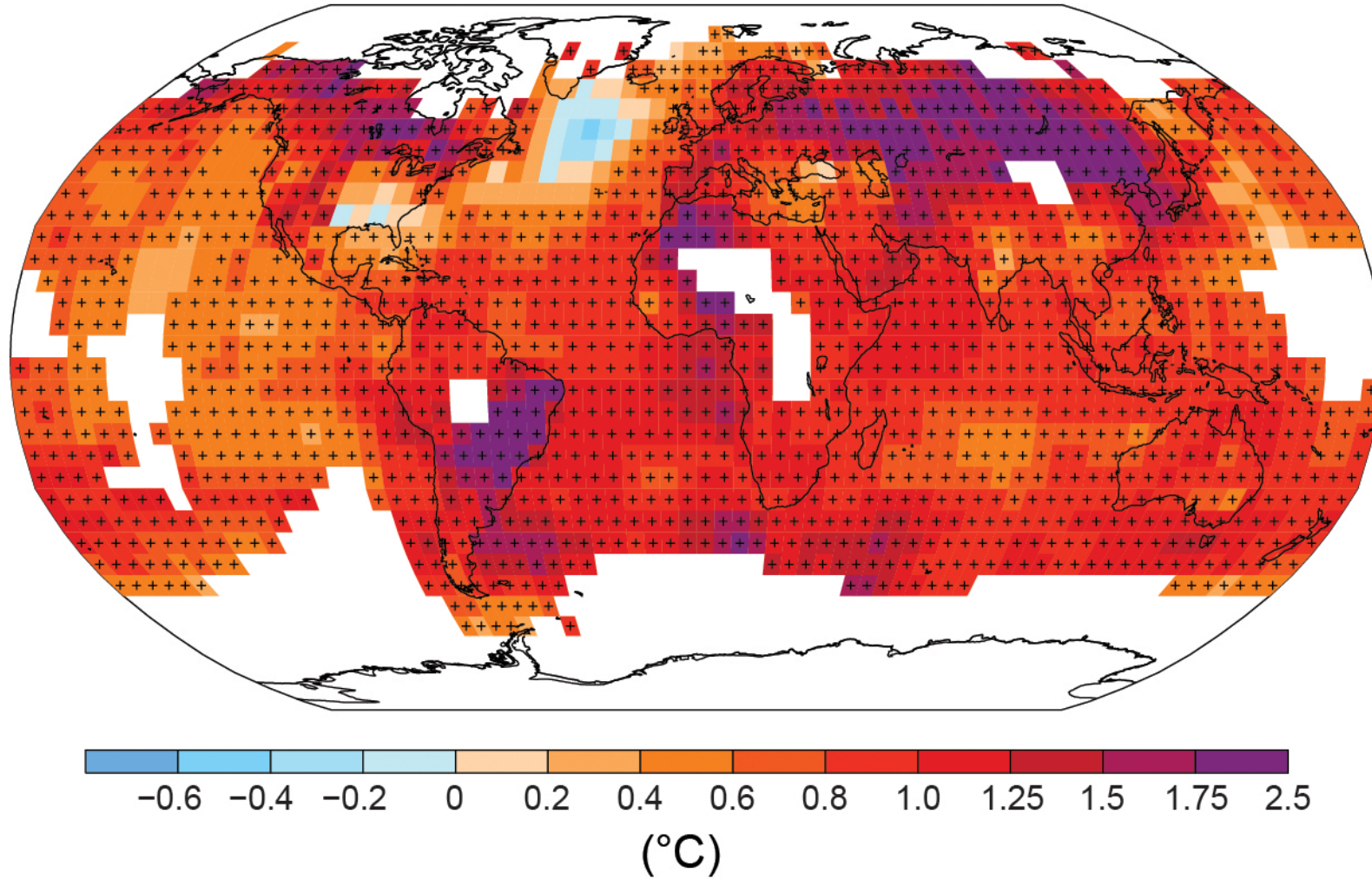




# Um sistema em desequilíbrio



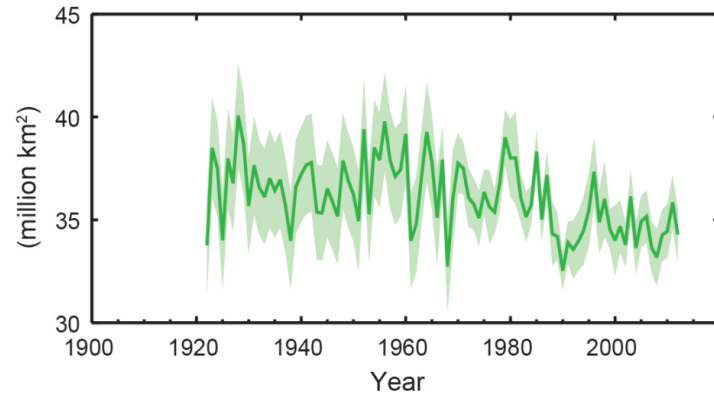
Observed change in surface temperature 1901-2012



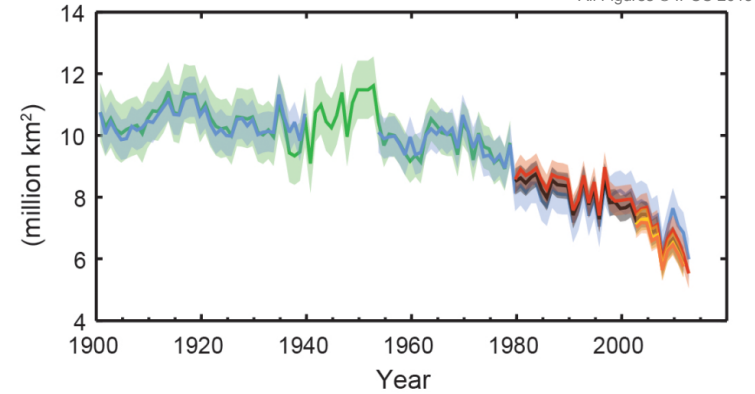
### Figure SPM.3

Multiple observed indicators of a changing global climate

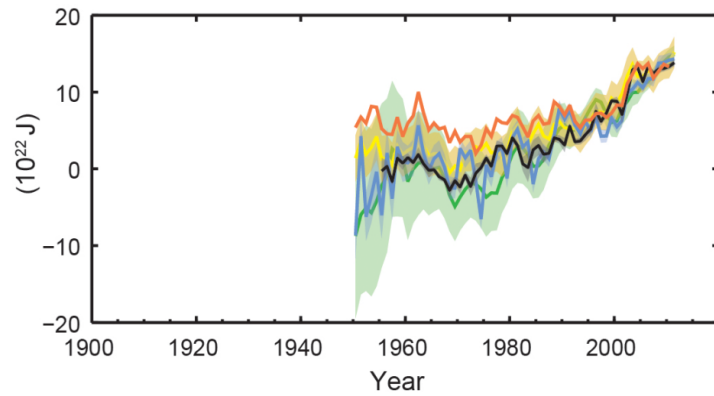
(a) Northern Hemisphere spring snow cover



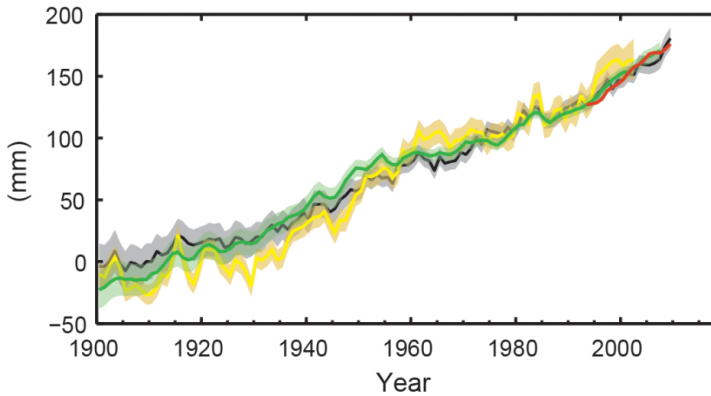
(b) Arctic summer sea ice extent



(c) Change in global average upper ocean heat content



(d) Global average sea level change



But ... where is all that excess heat going to ?

