

# A importância da Preservação Ambiental e Energética

**Fernando J. P. Caetano**

- Departamento de Ciências e Tecnologia, Universidade Aberta
- Centro de Química Estrutural, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

fernando.caetano@uab.pt

fcaetano@tecnico.ulisboa.pt

# A importância da Preservação Ambiental e Energética

2

- Para uma preservação ambiental e energética torna-se necessário:
  1. Entender os conceitos físicos e químicos de cada uma das substâncias envolvidas no processo de Alterações Climáticas.
  2. Sermos capazes de exercer uma cidadania ativa, com opiniões válidas, participando ativamente na sociedade, contribuindo para uma efetiva sustentabilidade ambiental.

- Separação dos resíduos orgânicos
  - Quantos fazem?
  - Como fazem?
- Porquê continuar a pensar que a atmosfera não é um depósito de resíduos?

# Efeito de estufa

4

- A energia da radiação solar é absorvida pela atmosfera e pela superfície do planeta;
- A energia com comprimento de onda longo é emitida novamente para o espaço;
- O equilíbrio entre a quantidade de energia absorvida e emitida determina a temperatura do planeta.
- A energia da radiação solar afeta as condições atmosféricas da Terra;

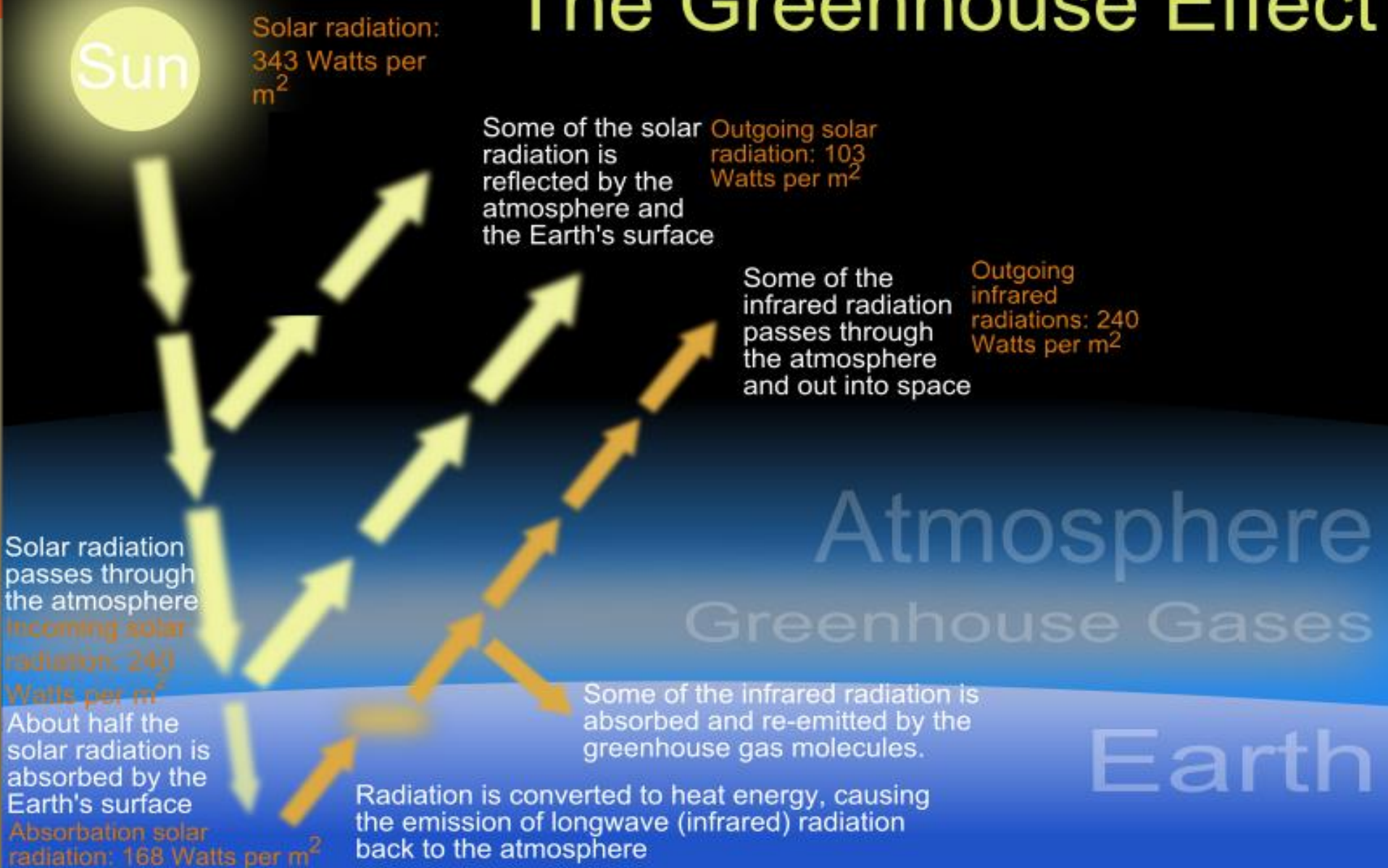
# Efeito de estufa

5

- Em condições normais, o balanço energético (E. absorvida vs E. emitida) pelo sistema Terra (superfície + atmosfera) é nulo;
- Isto faz com que a temperatura da Terra se mantenha estável;
- Contudo tem-se observado uma absorção de  $0,85 \pm 0,15 \text{ W/m}^2$  (maior absorção do que emissão);
  - Isto significa que ocorre um aumento da temperatura média da Terra;
  - Esta discrepância no fluxo de energia faz com que a comunidade científica considere, cada vez mais, que a causa é antropogénica.

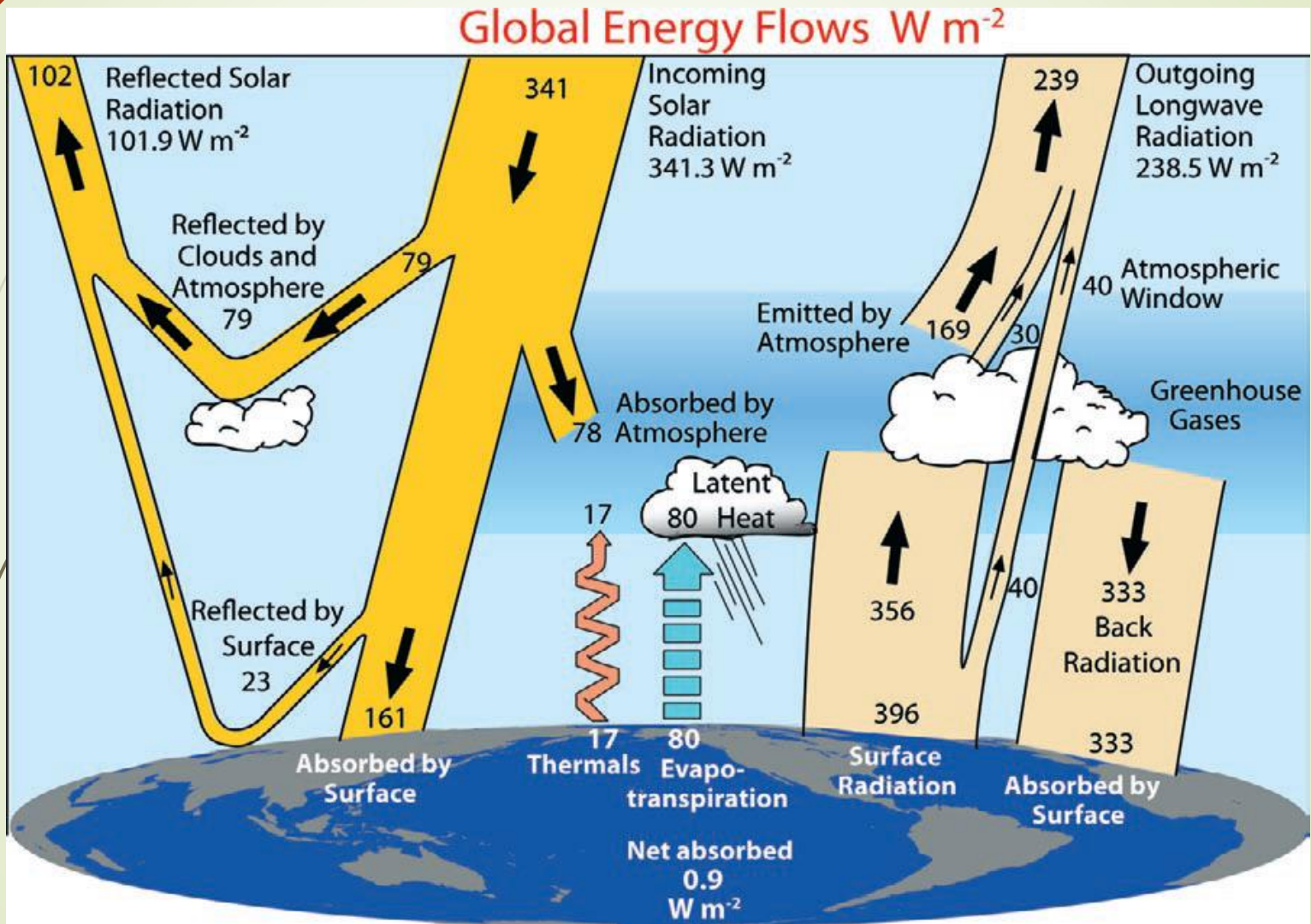
# Efeito de estufa

## The Greenhouse Effect



# Efeito de estufa

7



# Radiative forcing / climate forcing

8

## *Potência radiativa*

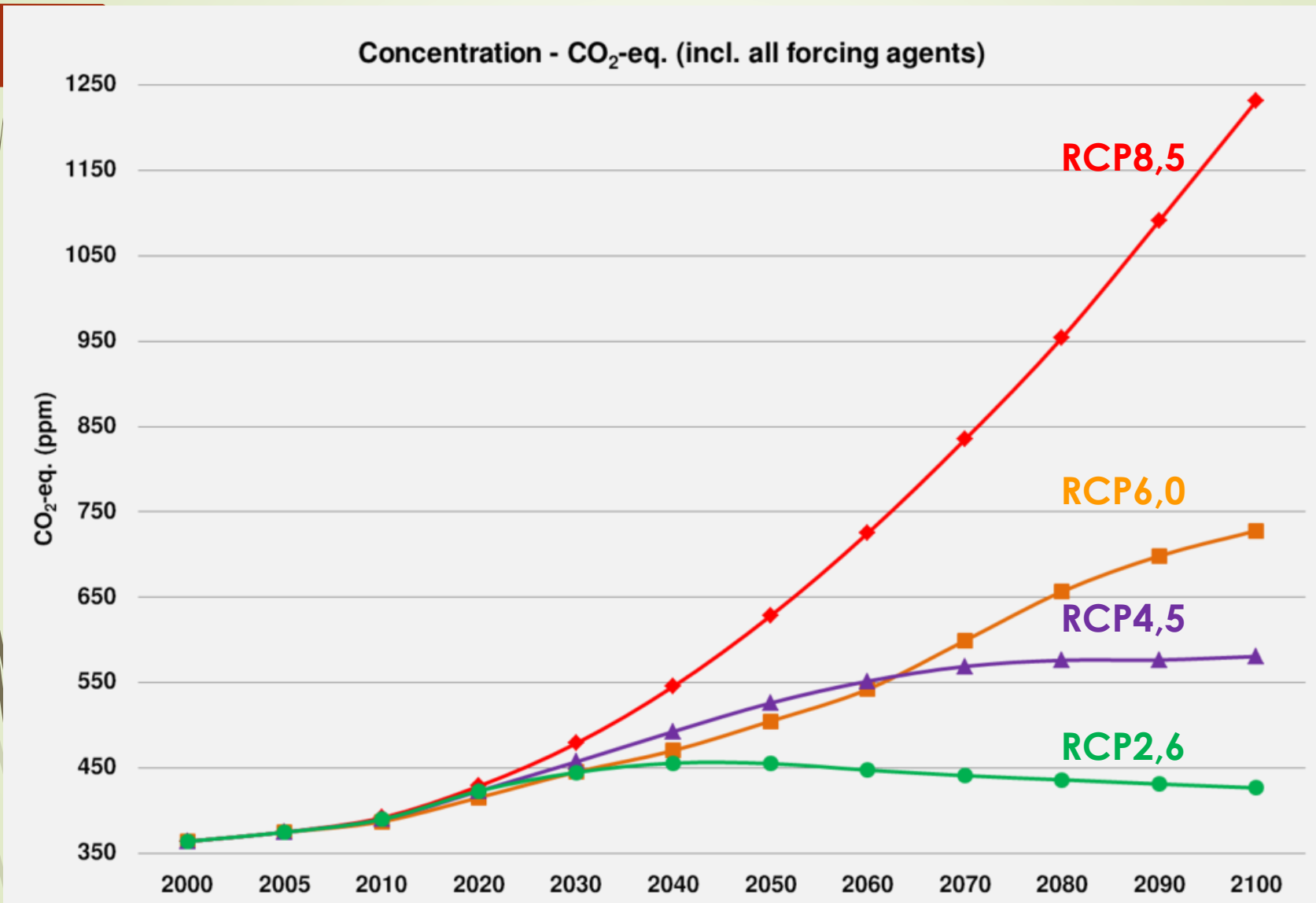
- Taxa de variação de energia por unidade de área - diferença entre a energia absorvida pela Terra (insolação) e a que se perde por emissão.
  - Quantificada na Tropopausa;
  - Unidades:  $W/m^2$  (watt / metro<sup>2</sup>);
    - Lei de Stefan-Boltzman:  $P/A = \epsilon\sigma T^4$
- Pode ser:
  - Positiva - mais energia a entrar
    - ▶ **aquecimento**
  - Negativa - mais energia a sair
    - ▶ **arrefecimento**

# Representative Concentration Pathways (RCPs)

9

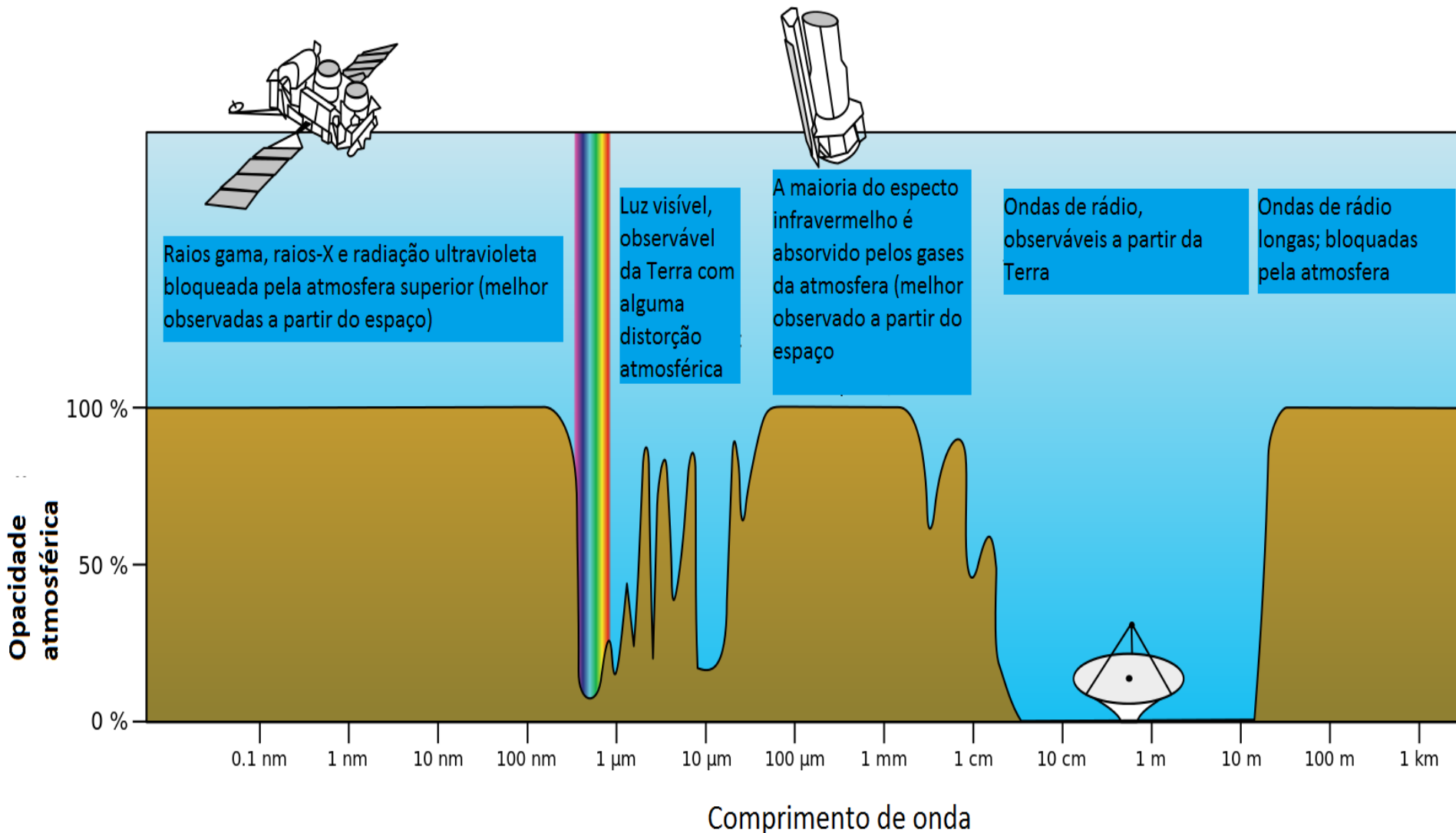
- Trajetórias da concentração (não a emissão) de gases de efeito de estufa (GEE)
  - RCP2,6
  - RCP4,5
  - RCP6,0
  - RCP8,5

# Estimativas da concentração de CO<sub>2</sub>



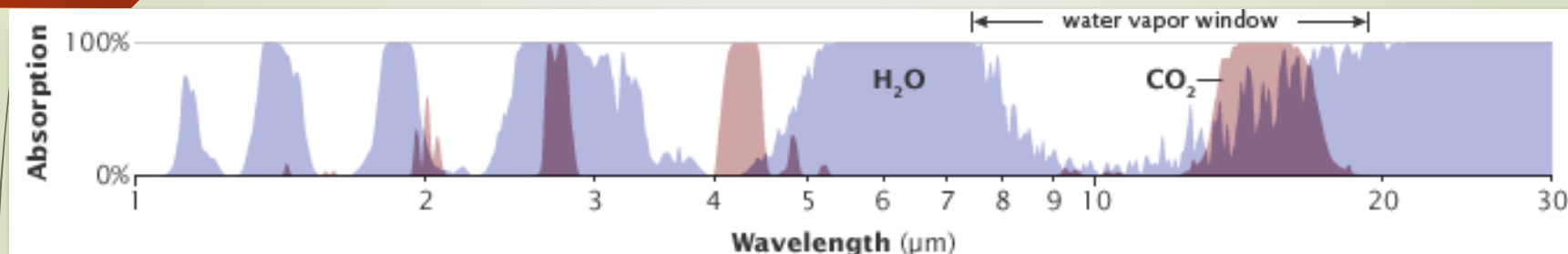
# Espectros de absorção da atmosfera

11



# Espectros de absorção da atmosfera

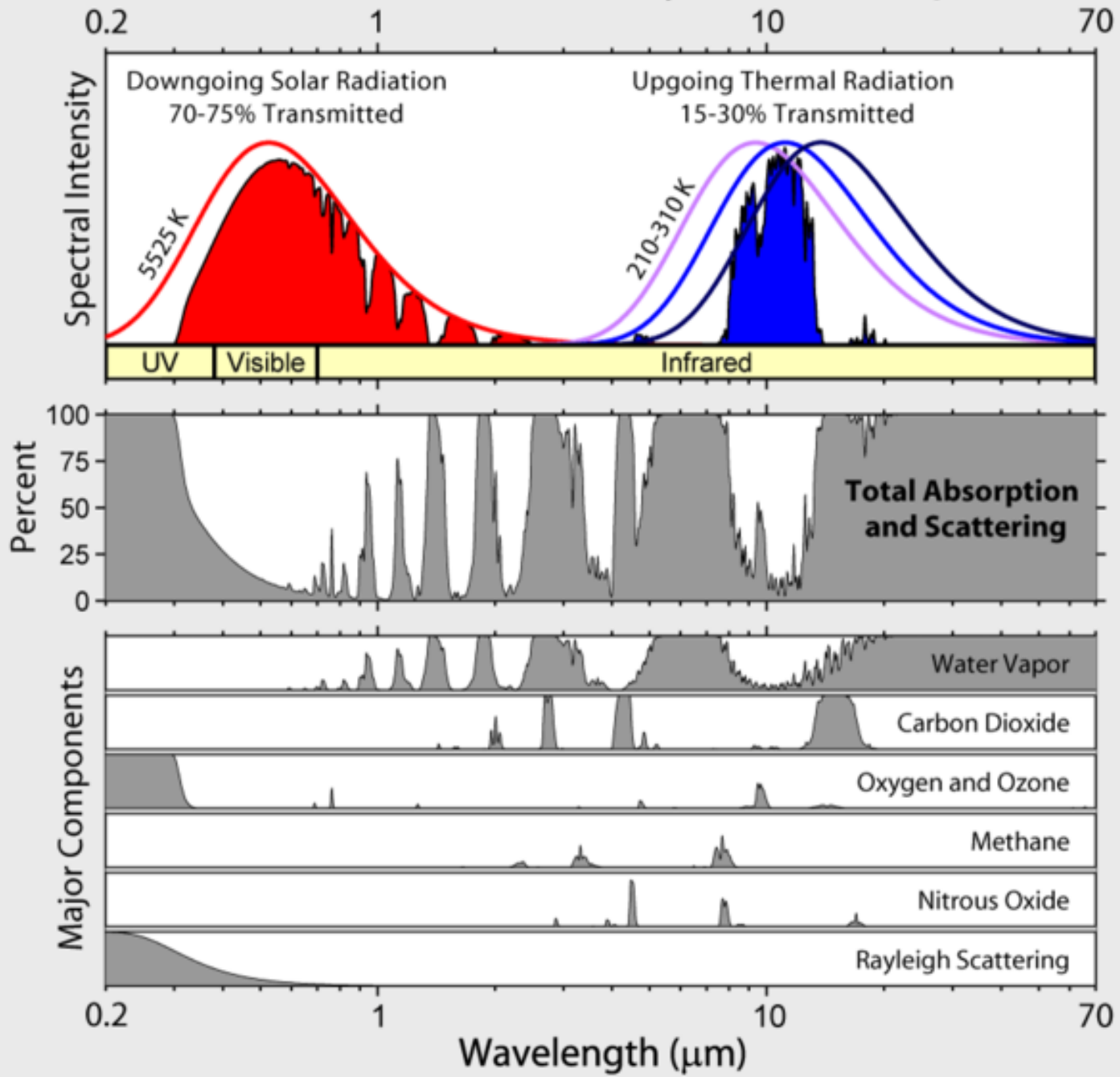
12



- ➔ A água e o CO<sub>2</sub> atmosféricos absorvem alguns comprimentos de onda da radiação;
- ➔ O CO<sub>2</sub> não é um gás de efeito de estufa tão forte como a água;
- ➔ O CO<sub>2</sub> absorve parcialmente o calor (12 - 15 μm) impedindo que o calor irradiado pela superfície escape para o espaço;

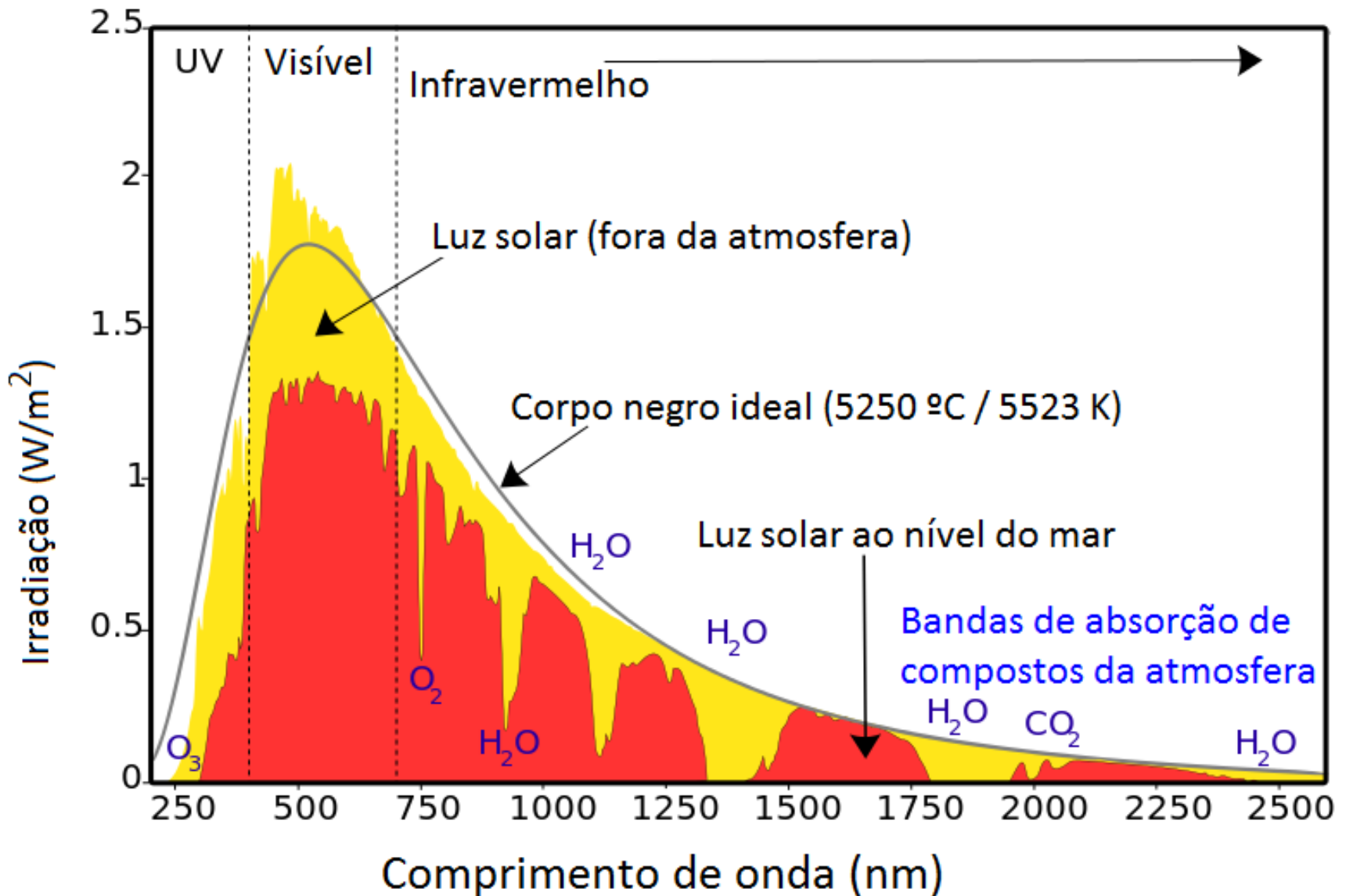
# Radiation Transmitted by the Atmosphere

13



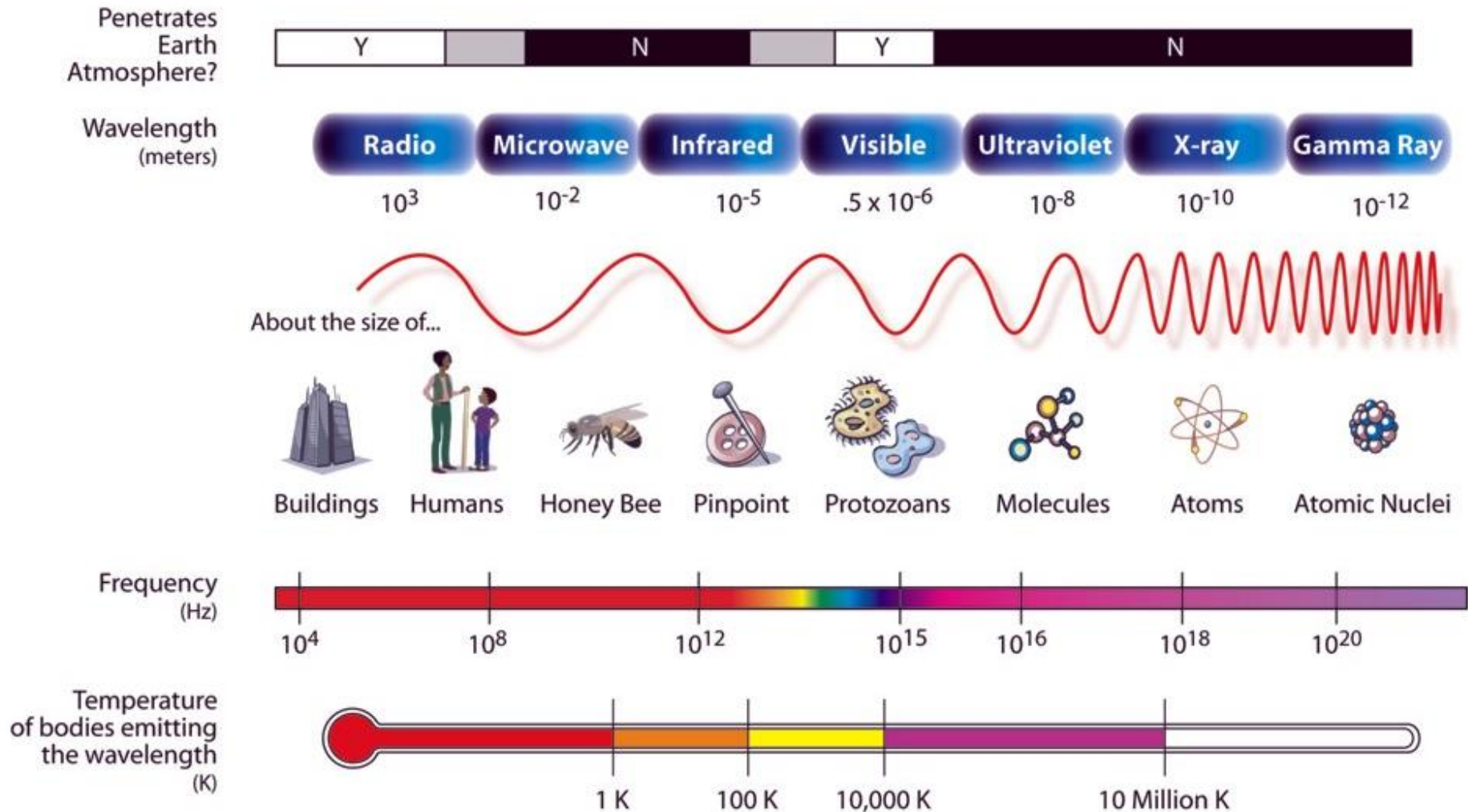
# Espectro da radiação solar à superfície da Terra

14

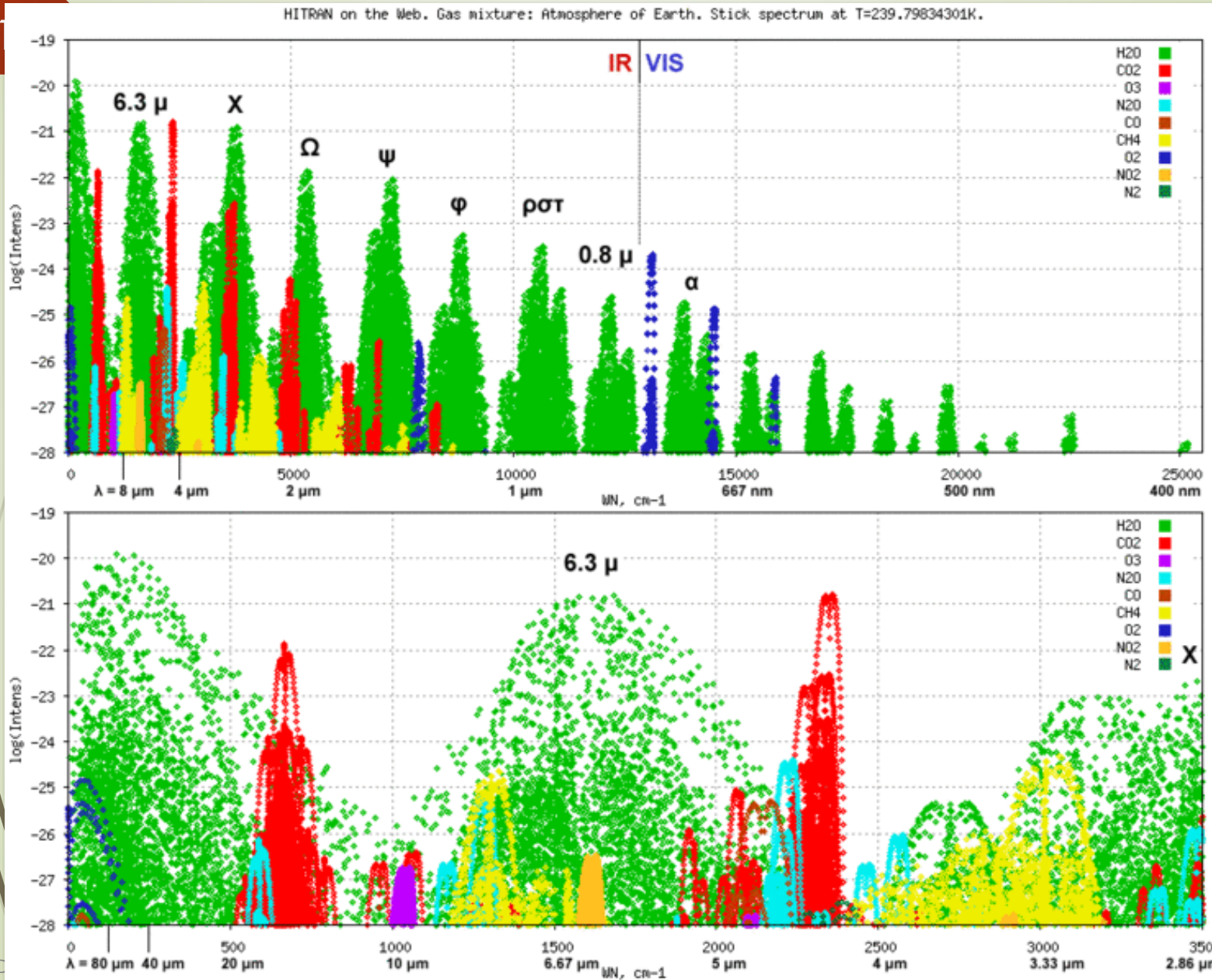


# Espectro eletromagnético

15



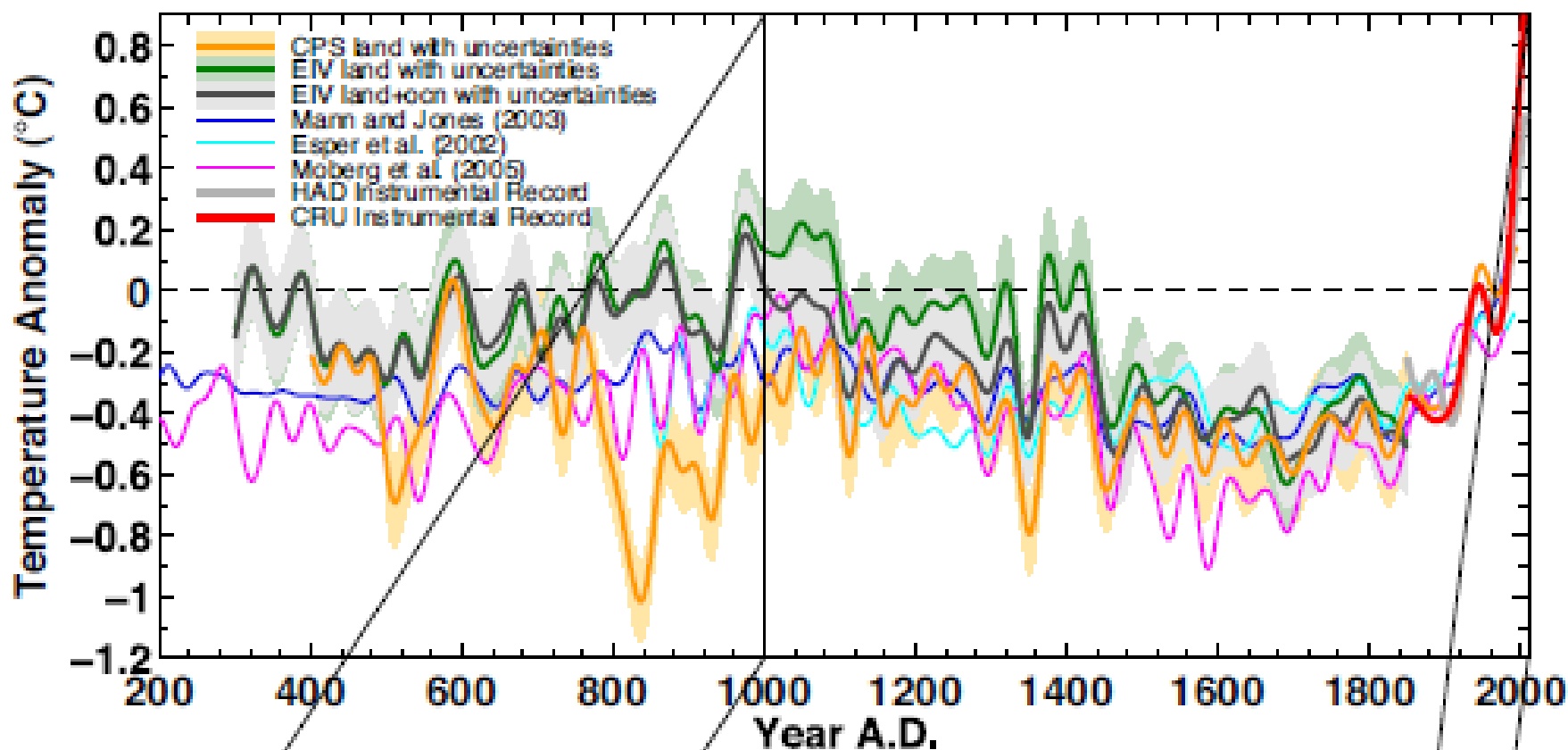
# Espectros de absorção da atmosfera



# Variação da temperatura

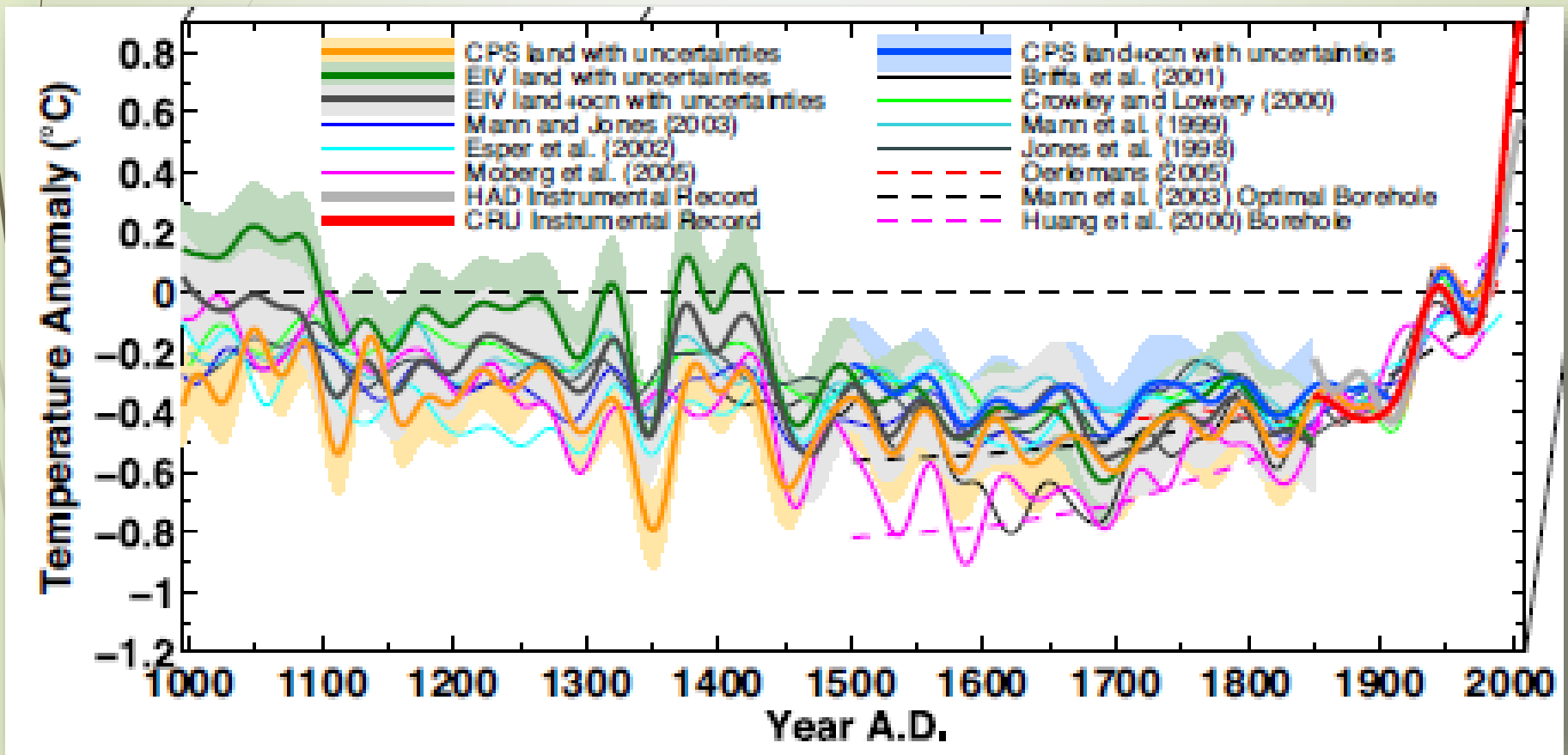
17

## Northern Hemisphere



# Variação da temperatura

18



# Variação da temperatura

19

- Registos de temperatura desde meados do séc. XIX
  - Qualidade das medidas de temperatura?
    - Há sempre necessidade de calibração de equipamentos de medida - ITS-90
- Uso de arquivos climáticos naturais:
  - Anéis de árvores; corais; gelo glacial; dados históricos para ajudar a reconstruir o clima ao longo de séculos.
- Alguns acontecimentos extremos podem ter afetado os registos de temperatura:
  - Ex: erupções vulcânicas (Eyjafjallajökull na Islândia - em 920, 1612 e 1821-1823)

# Escalas internacionais de temperatura

20

- Grau Celsius - 1744;
  - ponto de fusão e de ebulição da água;
  - uso do mercúrio como material de trabalho;
- ITS-27 (1927)
  - 6 pontos de referência; desde o ponto normal de ebulição do oxigênio ( $-182.97^{\circ}\text{C}$ ) até ao ponto de solidificação do ouro ( $1063^{\circ}\text{C}$ );
- IPTS 1948 (international practical temperature scale)
  - Refinamentos da ITS-27
- IPTS-68
  - Introdução da unidade de temperatura, Kelvin
  - Estende para baixas temperaturas (ponto triplo do  $\text{H}_2$ :  $-253.34^{\circ}\text{C}$ )
- ITS-76
  - Garante medidas entre 0,5 K e 30 K;
- ITS-90

# ITS-90: pontos de definição

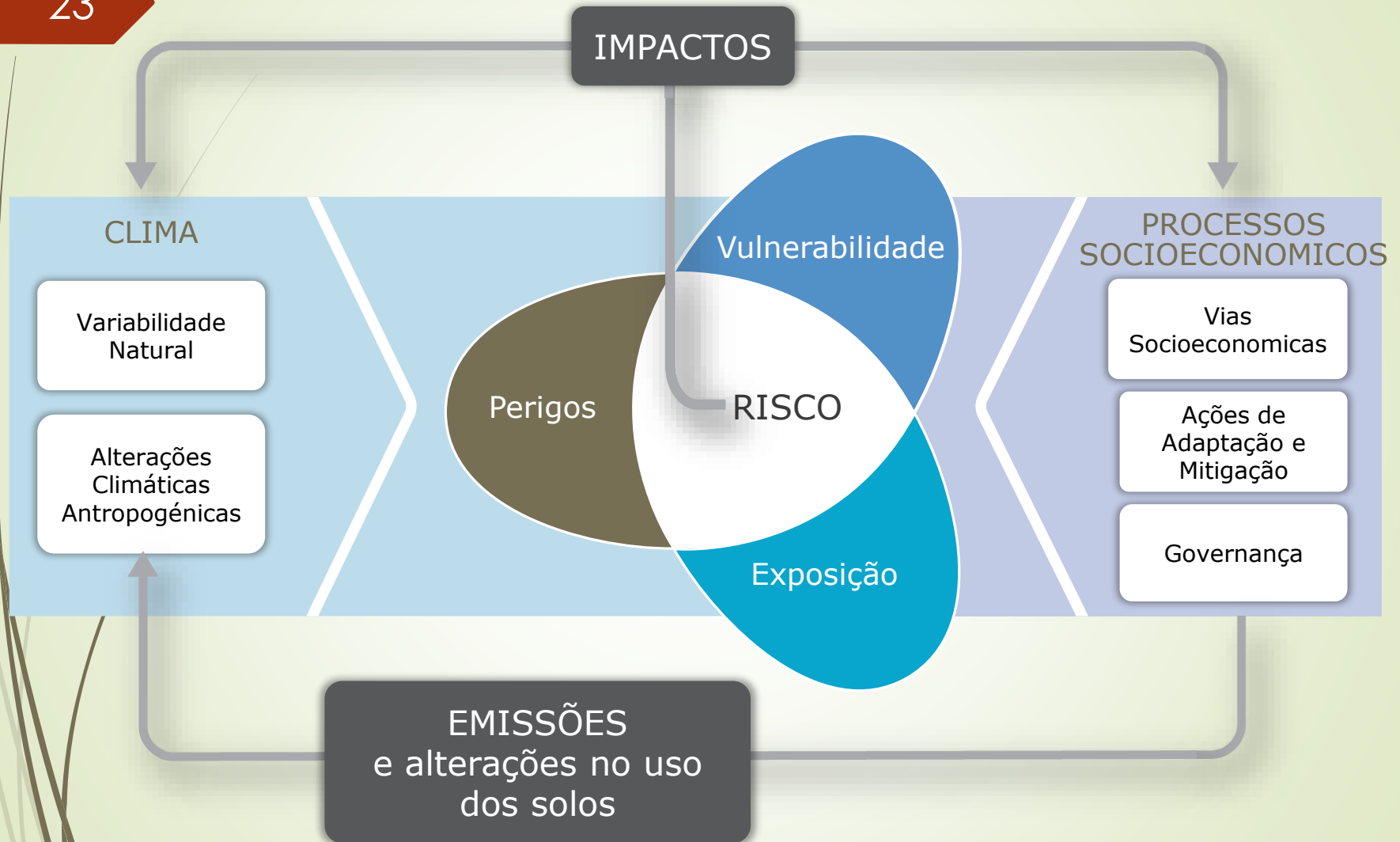
21

Substância e o seu estado	Temperatura	
	K	°C
Ponto triplo do hidrogénio (H <sub>2</sub> )	13.8033	-259.3467
Ponto triplo do néon (Ne)	24.5561	-248.5939
Ponto triplo do oxigénio (O <sub>2</sub> )	54.3584	-218.7916
Ponto triplo do árgon (Ar)	83.8058	-189.3442
Ponto triplo do mercúrio (Hg)	234.3156	-38.8344
Ponto triplo da água (H <sub>2</sub> O)	273.16	0.01
Ponto de fusão do gálio (Ga)	302.9146	29.7646
Ponto de congelação do índio (In)	429.7485	156.5985
Ponto de congelação do estanho (Sn)	505.078	231.928
Ponto de congelação do zinco (Zn)	692.677	419.527
Ponto de congelação do alumínio (Al)	933.473	660.323
Ponto de congelação da prata (Ag)	1234.93	961.78
Ponto de congelação do ouro (Au)	1337.33	1064.18
Ponto de congelação do cobre (Cu)	1357.77	1084.62

- Alterações climáticas
- O que fazer?

# Alterações climáticas - ADAPTAÇÃO

23





---

# VULNERABILIDADE e EXPOSIÇÃO

---

EM TODO O GLOBO



**VULNERABILIDADE  
e EXPOSIÇÃO**

**EM TODO O GLOBO**



---

# ADAPTAÇÃO

---

Já está a ocorrer

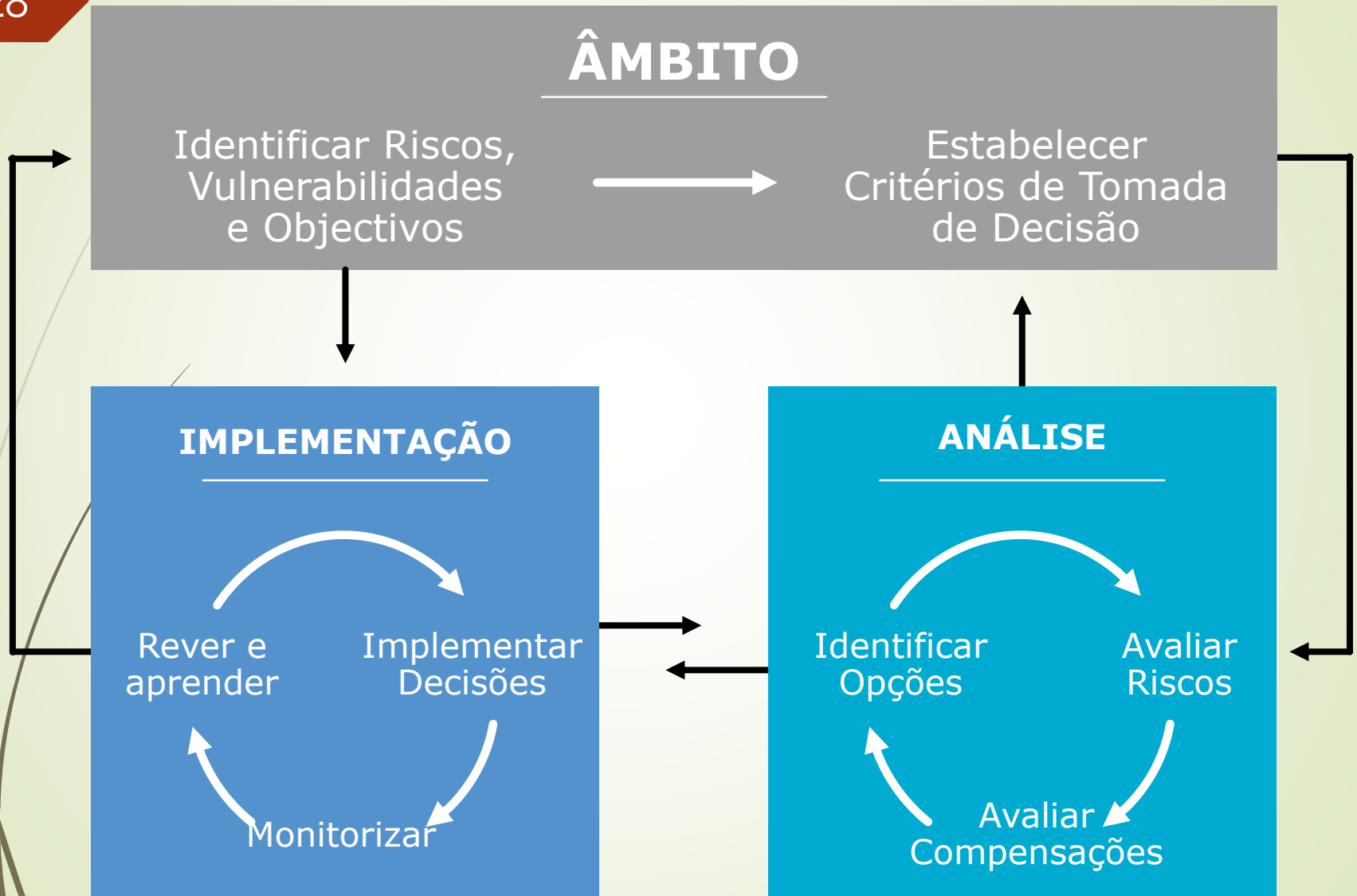


# ADAPTAÇÃO

Já está a ocorrer

# Alterações climáticas - ADAPTAÇÃO

28





---

# ADAPTAÇÃO EFETIVA ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

---

UM MUNDO MAIS VIBRANTE

ipcc

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE

# Recursos de água doce

30

- ▶ Espera-se que as alterações climáticas reduzam significativamente os recursos hídricos superficiais e subterrâneos renováveis, na maioria das regiões subtropicais secas.
- ▶ Irá aumentar a competição pela água entre a agricultura, os ecossistemas, indústria e produção de energia, afetando a disponibilidade de água, energia e segurança alimentar regional.

# Recursos de água doce

31

- ➔ Não há (até agora) observações generalizadas de mudanças na magnitude e frequência de inundações devido a alterações climáticas antropogénicas, mas há projeções que apontam para variações na frequência das cheias.
- ➔ As alterações climáticas deverão reduzir a qualidade da água bruta, o que representa riscos para a qualidade da água potável, mesmo com o tratamento convencional (e maior consumo energético).

# Recursos de água doce

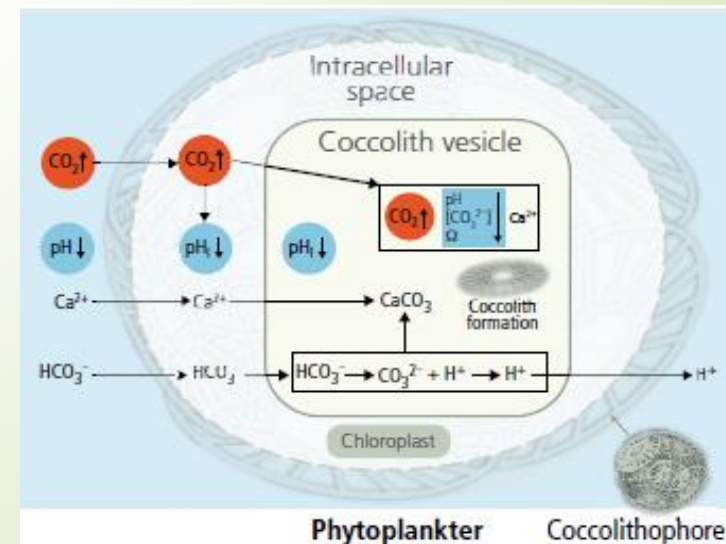
32

- Algumas medidas para reduzir as emissões de GEE implicam riscos para os sistemas de água doce.
  - Se irrigadas, as culturas bioenergéticas têm elevadas exigências de água.
  - A energia hidroelétrica tem também impactos negativos sobre os ecossistemas de água doce
    - → necessidade de uma administração adequada.
  - A captura e armazenamento de carbono (em profundidade) pode diminuir a qualidade das águas subterrâneas.
  - Em algumas regiões, a arborização pode reduzir recursos hídricos renováveis, e também reduzir o risco de inundações e erosão do solo.

# Oceanos

33

- Porque é que a acidificação dos oceanos afeta alguns organismos marinhos (plâncton, conchas, corais,...)?
  - Para a formação do carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), a partir do  $\text{CO}_2$ , necessitam aumentar o pH (mais alcalino, menos ácido) dentro de certos organitos intracelulares;
  - Este processo também requer energia;
  - Se o pH da água dos oceanos baixar, estes seres vivos necessitam gastar ainda mais energia
    - Resultado: diminuição do seu crescimento e da reprodução!!



# Áreas urbanas - ADAPTAÇÃO

34

- A ação em centros urbanos é essencial para a adaptação às alterações climáticas globais.
  - Abrigam mais de metade da população mundial e atividades económicas → mais ameaçadas pelas alterações climáticas;
  - Uma grande parte das emissões globais de gases de efeito estufa são geradas por atividades urbanas e seus residentes.
- Grande parte dos riscos climáticos globais emergentes estão concentrados em áreas urbanas.
  - A rápida urbanização e crescimento das grandes cidades, acompanhadas pelo rápido crescimento das comunidades urbanas, que vivem em locais de elevado risco quando sujeitas a condições meteorológicas extremas.

# Áreas urbanas - ADAPTAÇÃO

35

- Os riscos relacionados com as alterações climáticas urbanas aumentam tendo impactos negativos generalizados sobre as pessoas
  - aumento do nível do mar e tempestades, o stress térmico, precipitação extrema, inundações costeiras e interiores, deslizamentos de terras, seca, aumento da aridez, a escassez de água e poluição do ar;
  - a sua saúde, meios de subsistência e haveres;
  - e sobre as economias e os ecossistemas locais e nacionais.
- As alterações climáticas terão impactos profundos sobre muitos sistemas e infraestruturas
  - água e fornecimento de energia, saneamento e drenagem, transporte e telecomunicações,
  - Serviços, incluindo os cuidados de saúde e serviços de emergência.

# Áreas urbanas - ADAPTAÇÃO

36

- A adaptação urbana pode dinamizar a economia, reduzir os riscos para as empresas, famílias e comunidades.
- A construção de sistemas resilientes e infraestruturas pode reduzir significativamente a exposição ao risco e vulnerabilidade às alterações climáticas.
  - abastecimento de água, escoamento de águas residuais e de tempestades, eletricidade, transportes e telecomunicações, saúde, educação e resposta a emergências.

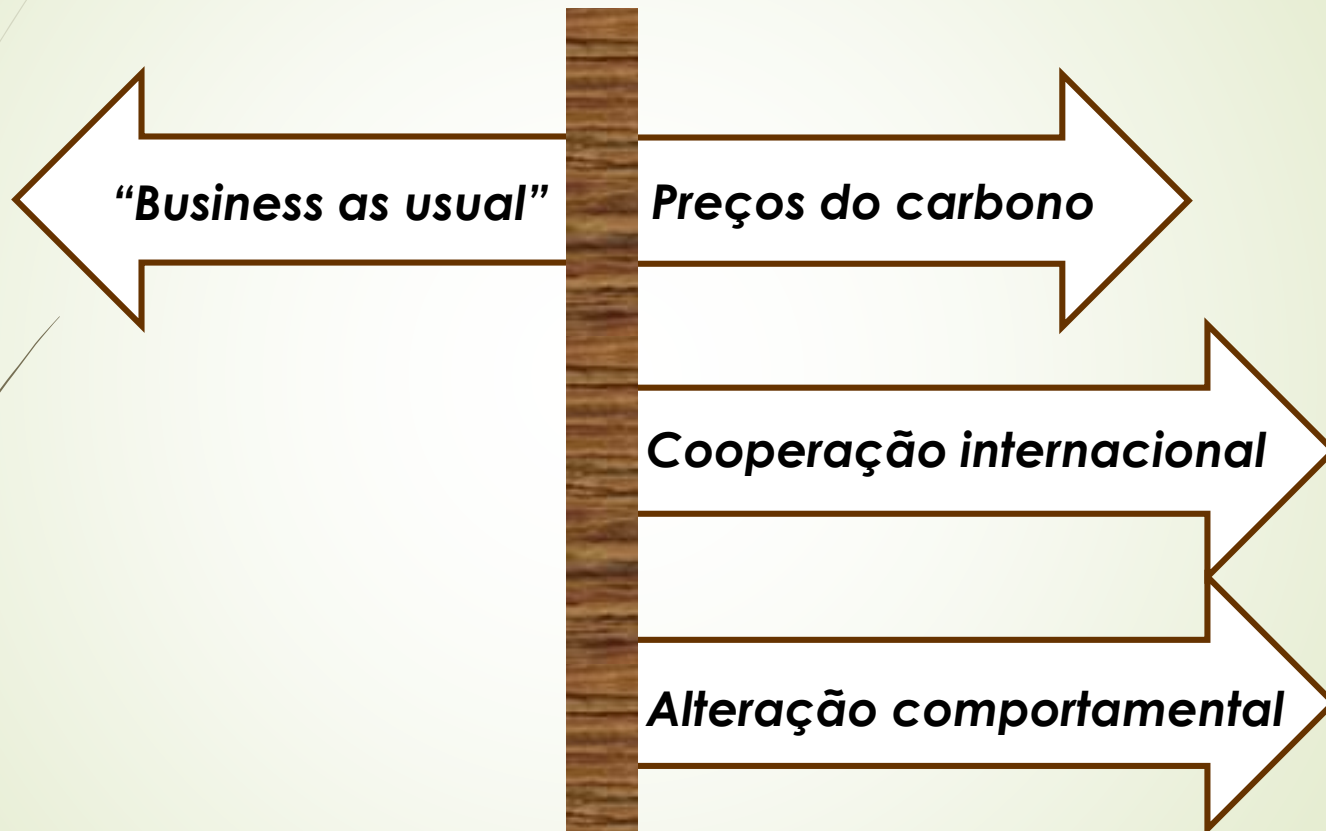
# Áreas urbanas - ADAPTAÇÃO

37

- ➔ Os governos municipais estão no centro de uma adaptação climática urbana bem sucedida
- ➔ deles dependem as avaliações locais e integração da adaptação nos investimentos locais, políticas e quadros regulamentares.

# Alterações climáticas - MITIGAÇÃO

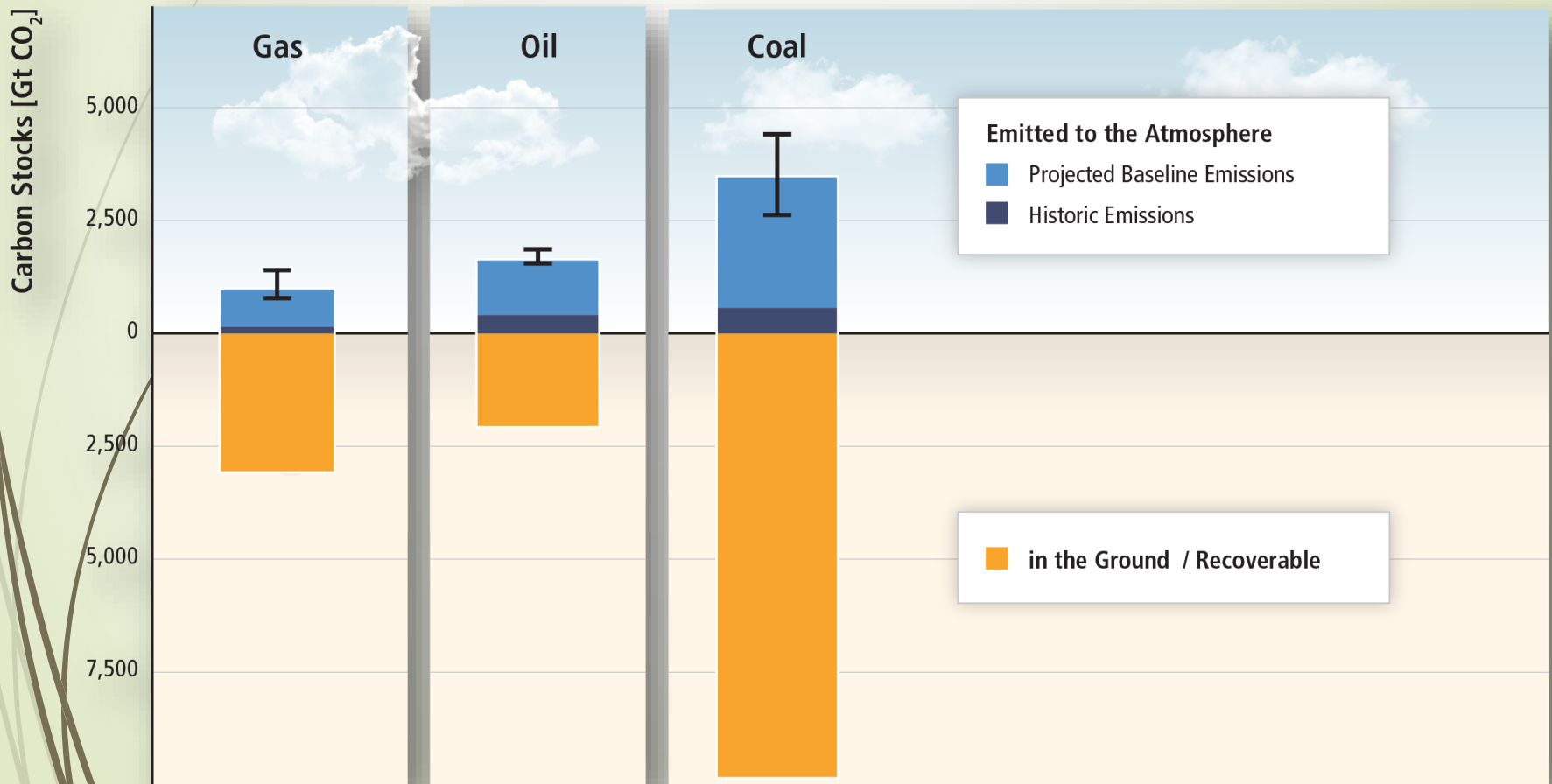
38



# Alterações climáticas - GEE

39

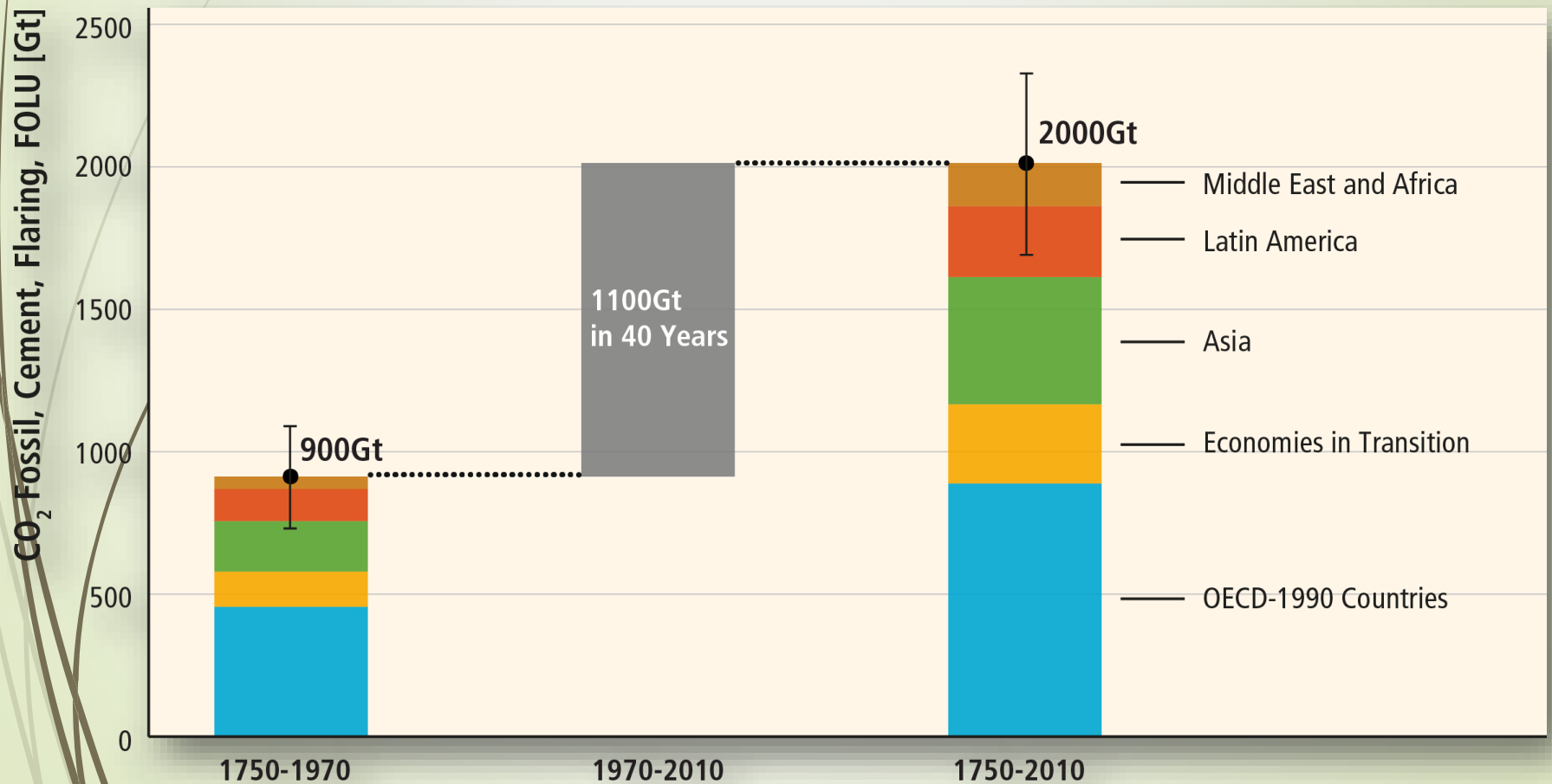
► Existe mais carbono no solo do que o que foi emitido



# Alterações climáticas - GEE

40

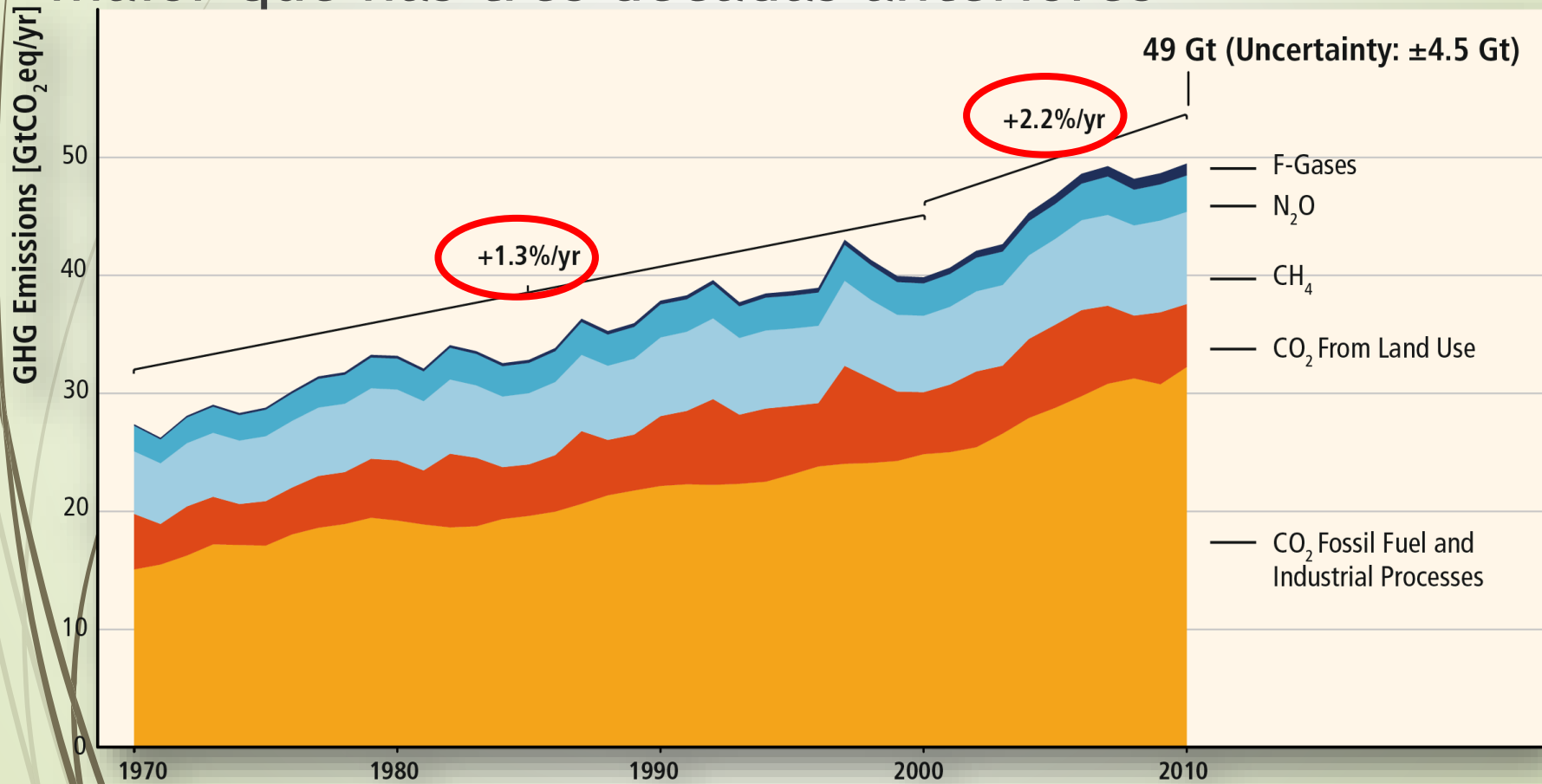
- Entre 1750 e 2010, cerca de metade das emissões cumulativas antropogênicas de CO<sub>2</sub> ocorreram nos últimos 40 anos.



# Alterações climáticas - GEE

41

- Entre 2000 e 2010 a taxa de emissões dos GEE foi maior que nas três décadas anteriores

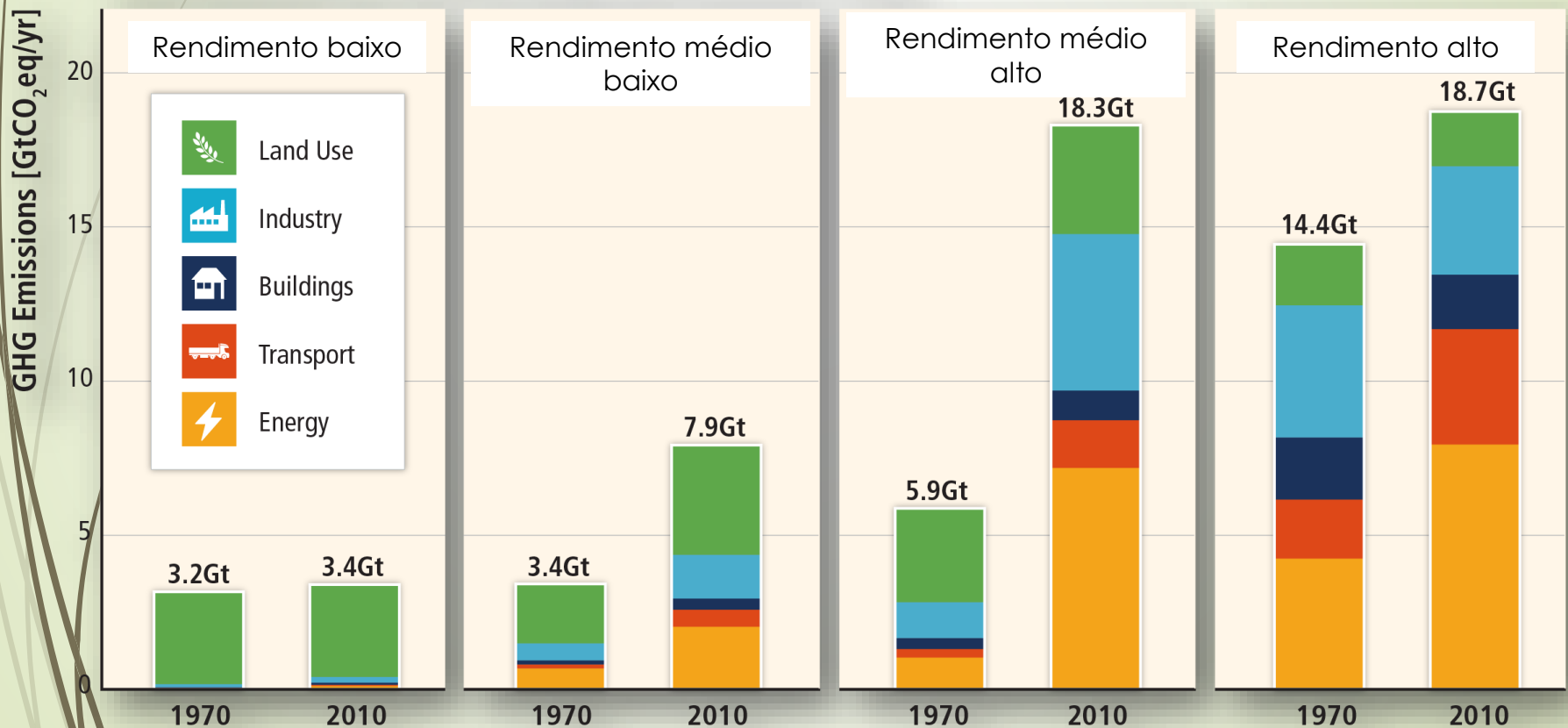


# Alterações climáticas - GEE

42

- Os padrões de emissões de GEE regionais estão a mudar juntamente com as mudanças na economia mundial.

### GHG Emissions by Country Group and Economic Sector





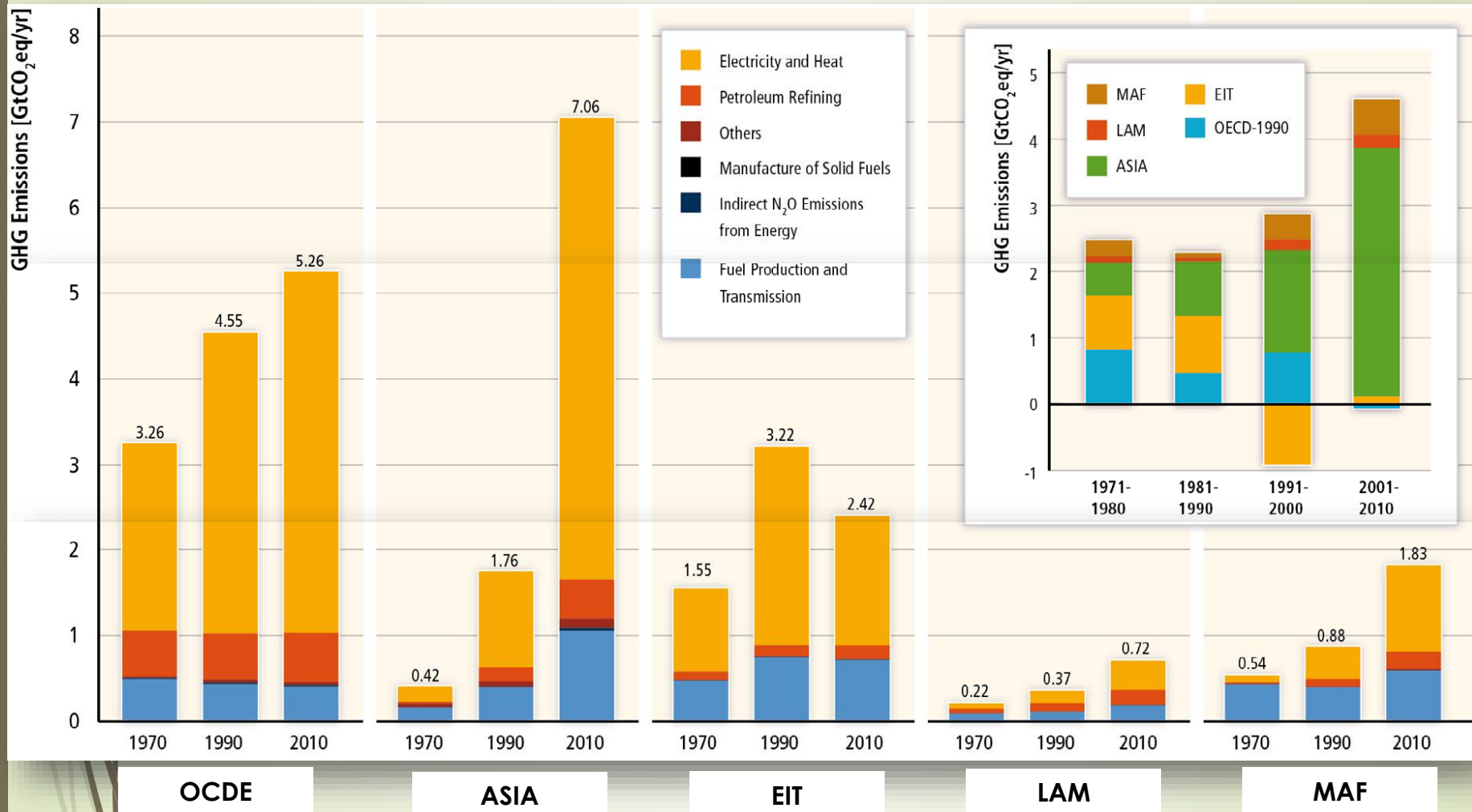
# O consumo global de energia

44

- A indústria energética converte mais de 75% do total da energia primária fornecida, noutras formas:
  - Eletricidade; calor; coque; produtos petrolíferos refinados; gás natural;
  - Responsável por perdas da ordem de 29,3% (calor) - só fornece 48,7% do total de energia.
- A indústria em geral consome
  - 84% do carvão, 26% produtos petrolíferos, 47% gás natural, 40% eletricidade, 43% calor;
- Os transportes consomem 62% dos combustíveis líquidos;
- O sector da construção é responsável pelo consumo de:
  - 46% do gás natural; 76% de combustíveis renováveis; 52% de eletricidade; 51% de calor.

# O consumo global de energia e emissões de GEE

45



Economies in Transition (EIT), Africa and the Middle East (MAF), Latin America (LAM)

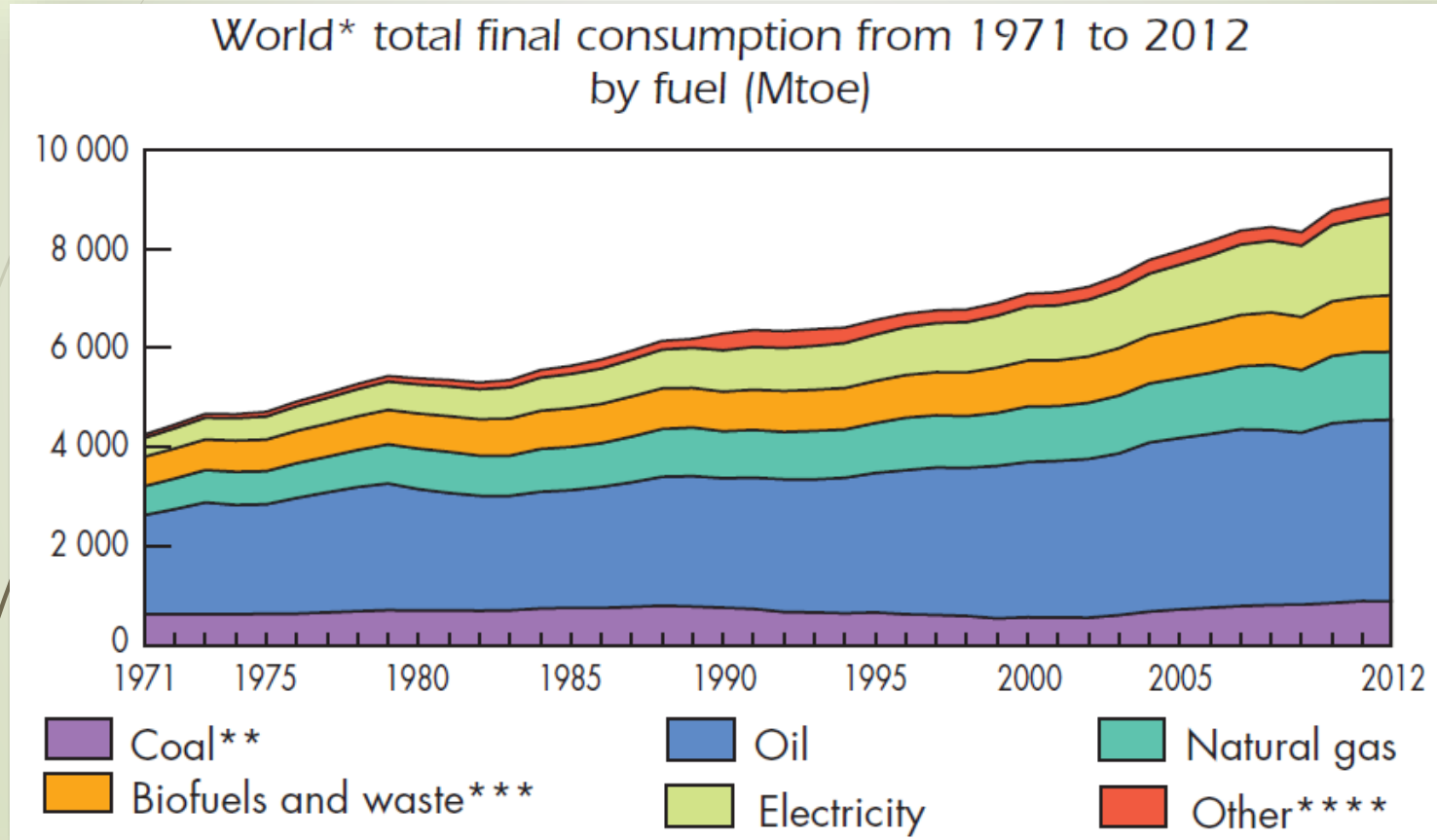
# O consumo global de energia

46

- O aumento do consumo de energia leva a uma crescente preocupação com:
  - O seu fornecimento;
  - Esgotamento das reservas energéticas
    - reservas de petróleo em alta; reservas de gás natural e carvão previstos para muitas décadas;
  - Impacto ambiental profundo
    - alterações climáticas,
    - diminuição da camada de ozono (tem influência no efeito de estufa?)
    - aquecimento global,
    - ...;

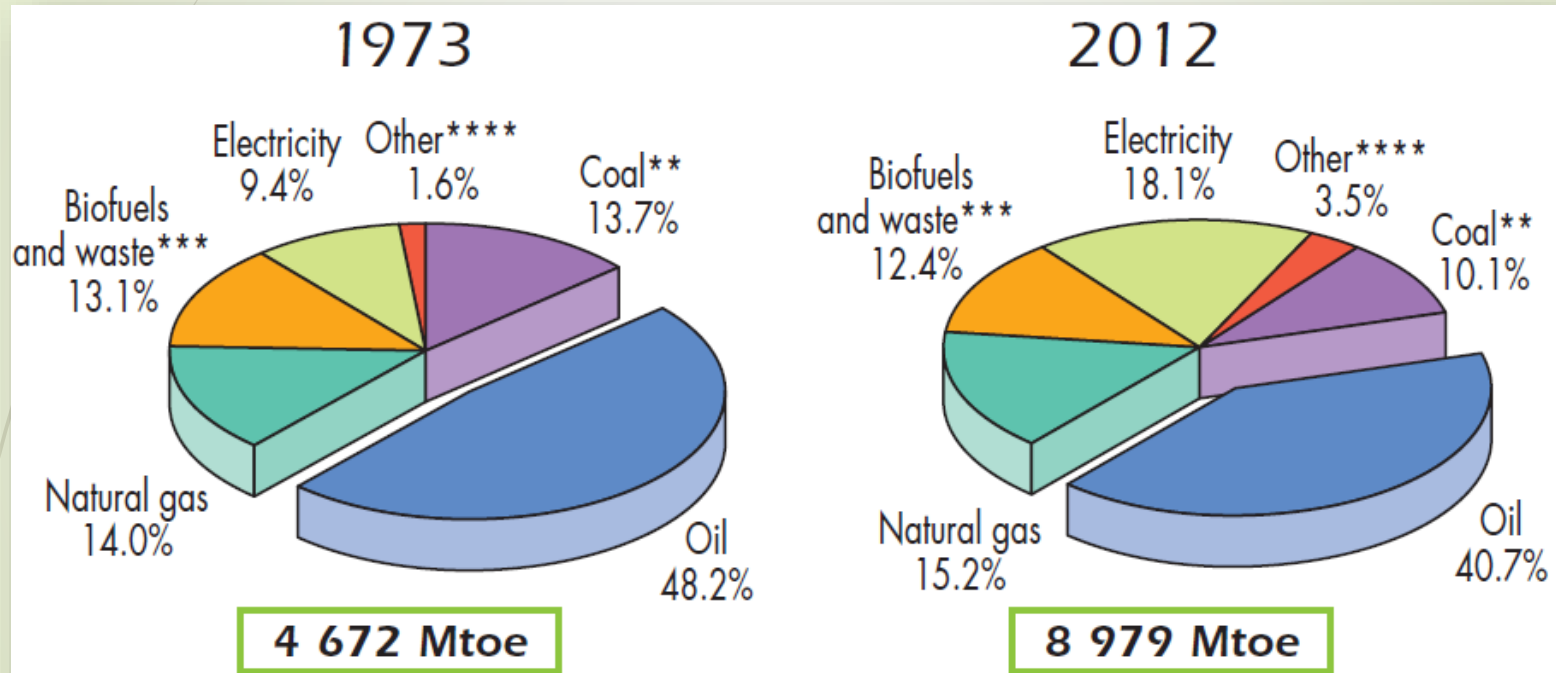
# Consumo energético global de 1971 a 2012

47



# Distribuição do consumo de energia

48



\*World includes international aviation and international marine bunkers.

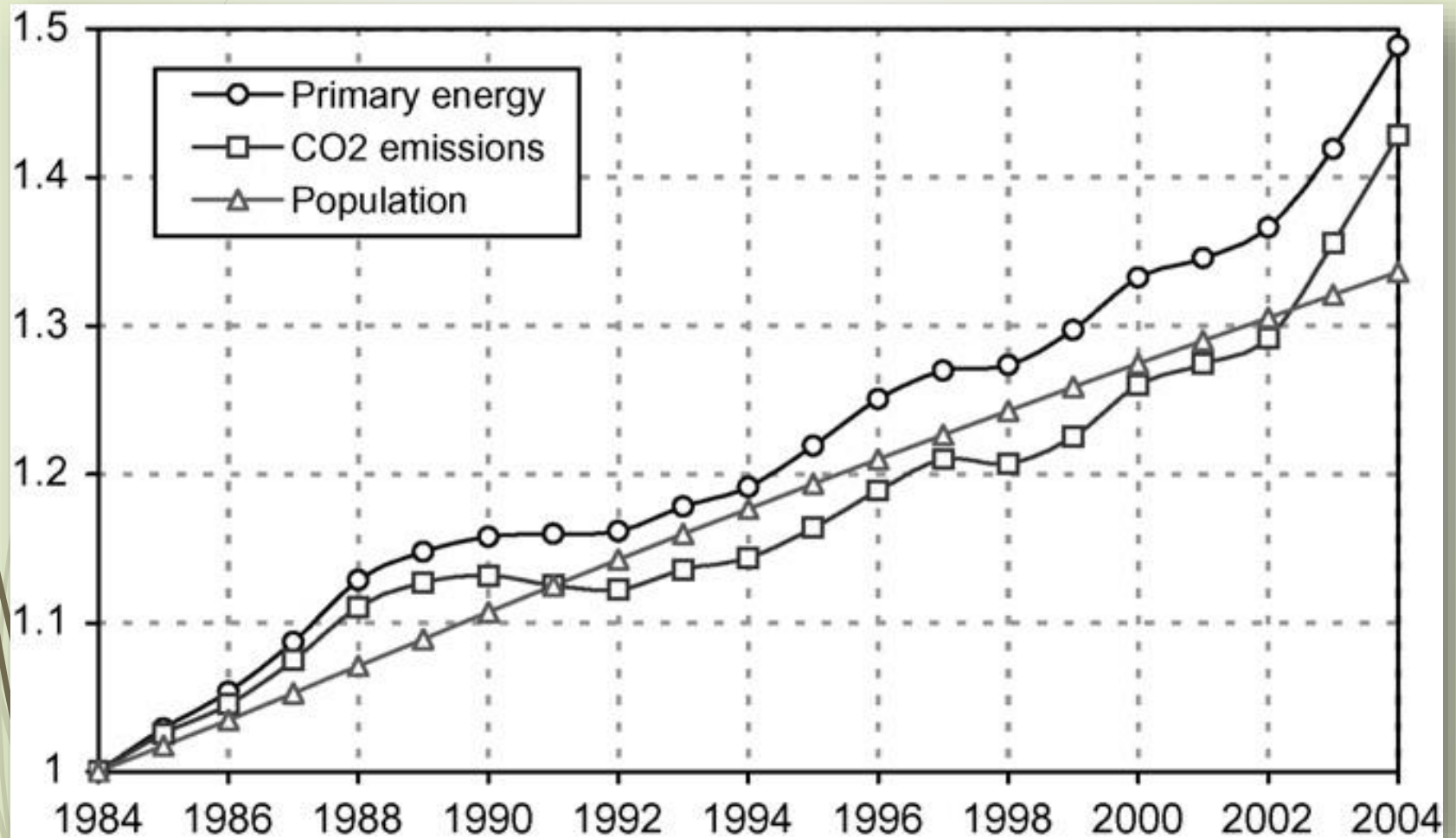
\*\*In these graphs, peat and oil shale are aggregated with coal.

\*\*\*Data for biofuels and waste final consumption have been estimated for a number of countries.

\*\*\*\*Includes geothermal, solar, wind, heat, etc.

# O consumo global de energia

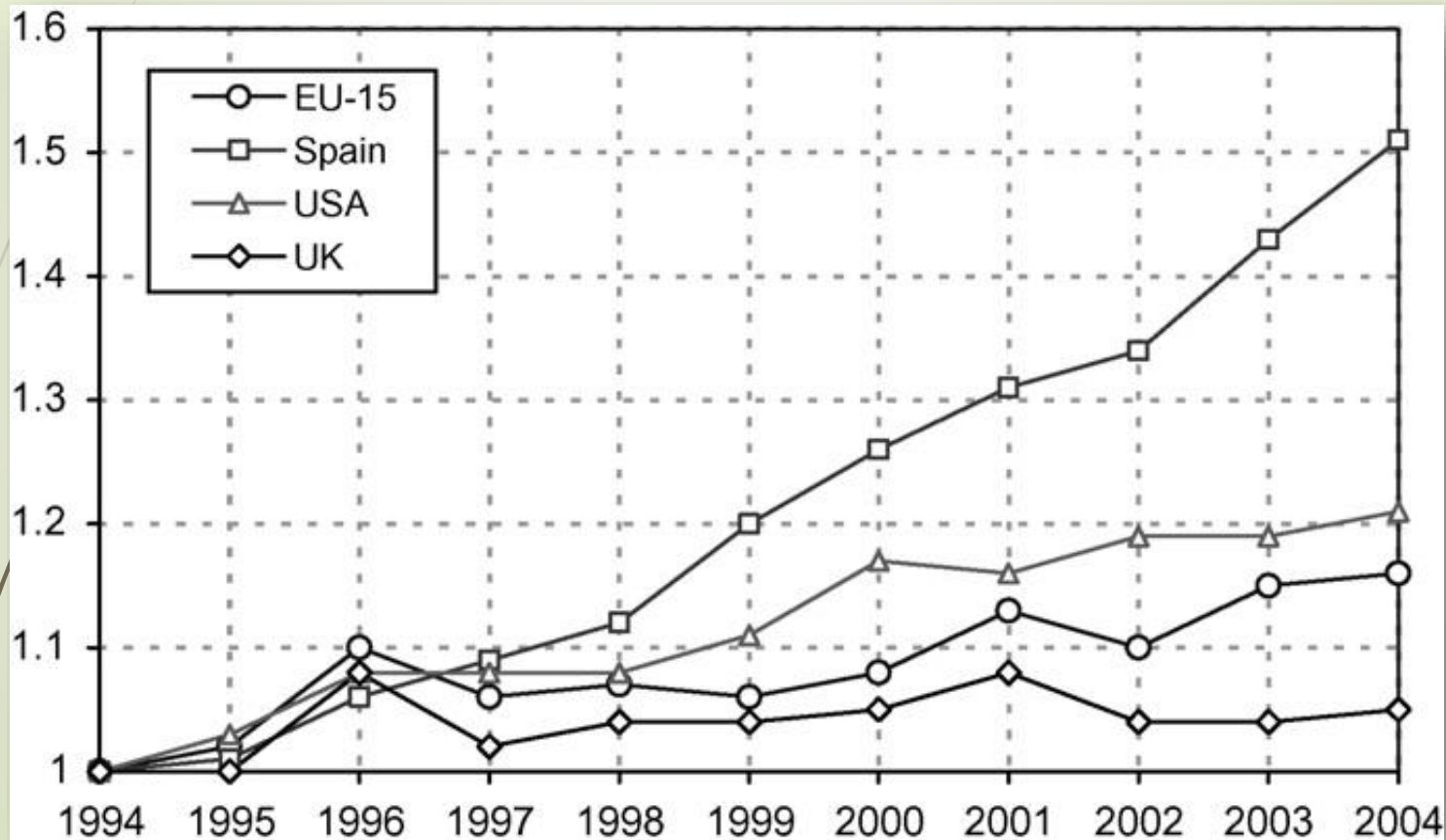
49



# O consumo global de energia

51

## Consumo de energia em edifícios



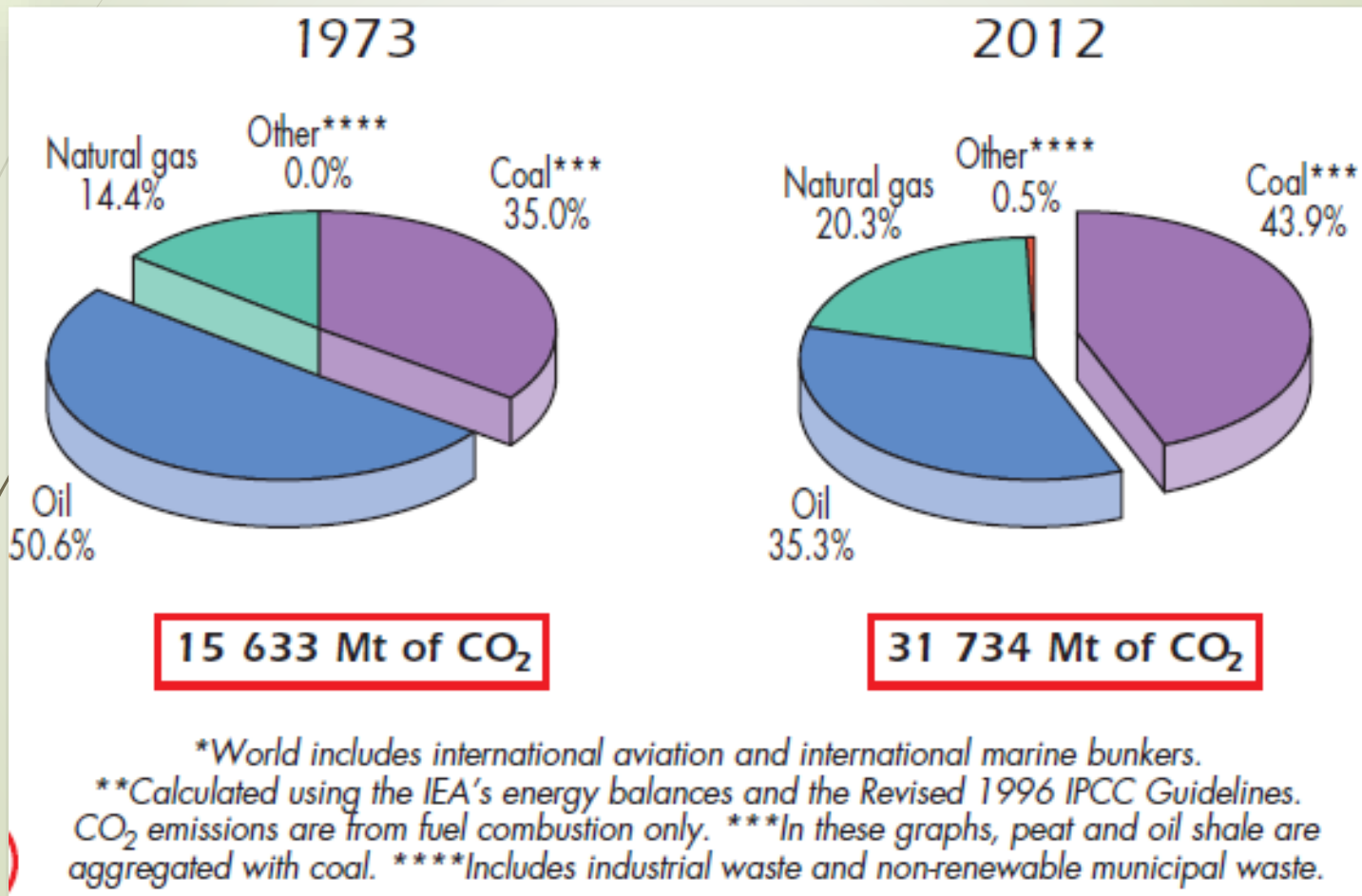
# As fontes de energia

53

- ▶ **Combustíveis fósseis**
  - ▶ **Carvão** (grandes reservas para muitos anos)
  - ▶ **Petróleo convencional**
  - ▶ **Petróleo não convencional** (reservas maiores que a de petróleo convencional)
    - ▶ óleo de xisto, óleo pesado, betumes, óleo (alcatrão) com areias e óleo extra-pesado → retidos em rochas sedimentares espalhados por todo o mundo em vários milhares de bacias;
  - ▶ **Gás natural convencional;**
  - ▶ **Gás de xisto** (gás natural não convencional)
    - ▶ Grandes reservas espalhadas por todo o globo, inclusive em Portugal;

# Distribuição da produção de CO<sub>2</sub> por tipo de combustível

54



# Captura e armazenamento do carbono (CCS)

55

- ▶ Para 2050, espera-se um aumento de 130% das emissões de CO<sub>2</sub>;
- ▶ CCS - aparentemente a única técnica para limitar/mitigar as emissões de gases de efeito de estufa.
- ▶ Carbon Capture and Storage (CCS)
  - ▶ Conjunto de técnicas que contribuem para a:
    - ▶ Captura de CO<sub>2</sub>;
      - ▶ fontes de elevada concentração e pressão de CO<sub>2</sub>;
    - ▶ Transporte do CO<sub>2</sub>;
      - ▶ há mais de 30 anos que se usam pipelines de CO<sub>2</sub> capturado de indústrias onde se produz CO<sub>2</sub> para ser usado em Enhanced Oil Recovery (EOR)
    - ▶ Armazenamento do CO<sub>2</sub>;
      - ▶ Armazenamento geológico

# Captura e armazenamento do carbono (CCS)

56

- Aprisionar grandes quantidades de CO<sub>2</sub> em depósitos abaixo do solo - armazenamento geológico.
  - Poços de petróleo, minas, ou outros furos realizados de propósito para esse efeito;
  - Isto pode implicar riscos ambientais de diversos tipos
    - contaminação de aquíferos, etc.
- CCS - projetos espalhados por todo o globo (EU, EUA, China, Japão, África do Sul, Emiratos Árabes Unidos,...)
  - Investimentos de milhares de milhões de US\$ / €;
  - Sleipner (Noruega -Statoil) a funcionar desde 1996!
    - A injetar mais de 1 milhão ton/ano de CO<sub>2</sub>;
    - Capacidade: 600 mil milhões ton CO<sub>2</sub>; espera-se que continue a operar após ter-se esgotado o metano a extrair;
    - criado para evitar um imposto de US\$50/ton CO<sub>2</sub>;

# Captura e armazenamento do carbono (CCS)

57

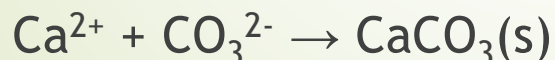
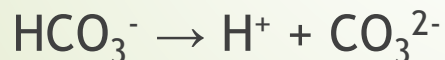
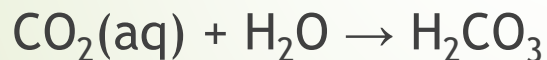
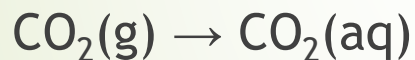
- Na extração do petróleo e gás natural é comum existir uma grande quantidade de  $\text{CO}_2$ .
- Como separar o gás natural do gás carbônico resultantes de uma extração de gás natural?
  - Aproveitamento, a nosso favor, das propriedades físicas dos compostos:
  - T. solidificação do  $\text{CO}_2$ : 216.6 K (-56.6 °C)
  - T. ebulição do  $\text{CH}_4$ : 112 K (-161.6 °C)

# Captura e armazenamento do carbono (CCS)

58

- ➔ **Reflorestação** - importante forma de armazenamento do carbono.
  - ➔ Queimar a madeira obtida para produção de energia e, simultaneamente, proceder à CCS, poder-se-ia obter um balanço negativo de produção de CO<sub>2</sub>.

- ➔ **Imitar a Natureza e converter, quimicamente, o CO<sub>2</sub> em CaCO<sub>3</sub>:**



- ➔ Precipita no fundo oceânico formando sedimento marinho.
- ➔ Requer energia para ser realizado pela indústria...

# As fontes de energia

59

- **Energia renovável** (essencialmente para produção de energia elétrica);
  - bioenergia, energia solar direta, energia geotérmica, hídrica, energia dos oceanos, e energia eólica;
- **Energia nuclear** (controversa, mas será uma energia do futuro?)
  - U-238 (~99,25%);
  - U-235 (~0,72%);
  - U-234 (~0,005%)

# Algumas conclusões

60

- ▶ As alterações climáticas parecem ser, cada vez mais, uma realidade incontornável;
- ▶ As estimativas existentes (devido ao aumento de temperatura global) são bastante catastróficas mas podem (ainda) ser mitigadas;
- ▶ Há muito trabalho a fazer, mas é fundamental que todos tomem verdadeira consciência da dimensão do que pode acontecer num curto espaço de tempo;
- ▶ As Alterações Climáticas irão criar muitas oportunidades e/ou atividades económicas devido à necessidade de adaptação e mitigação.
- ▶ Estaremos em melhores condições de contribuir para uma efetiva
  - ▶ Cidadania e Participação Ambiental
  - ▶ Sustentabilidade ambiental, social e desenvolvimento

# A importância da Preservação Ambiental e Energética

## Obrigado

**Fernando J. P. Caetano**

- Departamento de Ciências e Tecnologia, Universidade Aberta
- Centro de Química Estrutural, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

fernando.caetano@uab.pt

fcaetano@tecnico.ulisboa.pt

# Algumas Referências

62

- L. Pérez-Lombard, José Ortiz, Christine Pout, Energy and Buildings, 40 (2008) 394-398.
- Kevin E. Trenberth, John T. Fasullo, and Jeffrey Kiehl, Earth's global energy budget, American Meteorological Society, March 2009, 311-323; DOI:10.1175/2008BAMS2634.1
- Monitoring Vegetation From Space, <http://www.eumetrain.org/data/3/36/navmenu.php?page=2.1.1>
- <http://en.wikipedia.org/>, Radiative forcing, Outgoing longwave radiation, Greenhouse effect,
- Earth Observatory, Remote sensing, Radiation, [http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/remote\\_02.php](http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/remote_02.php)
- IPCC, Painel Internacional para as Alterações Climáticas, <http://www.ipcc.ch/>
- Agência Internacional de Energia, <http://www.iea.org/>