

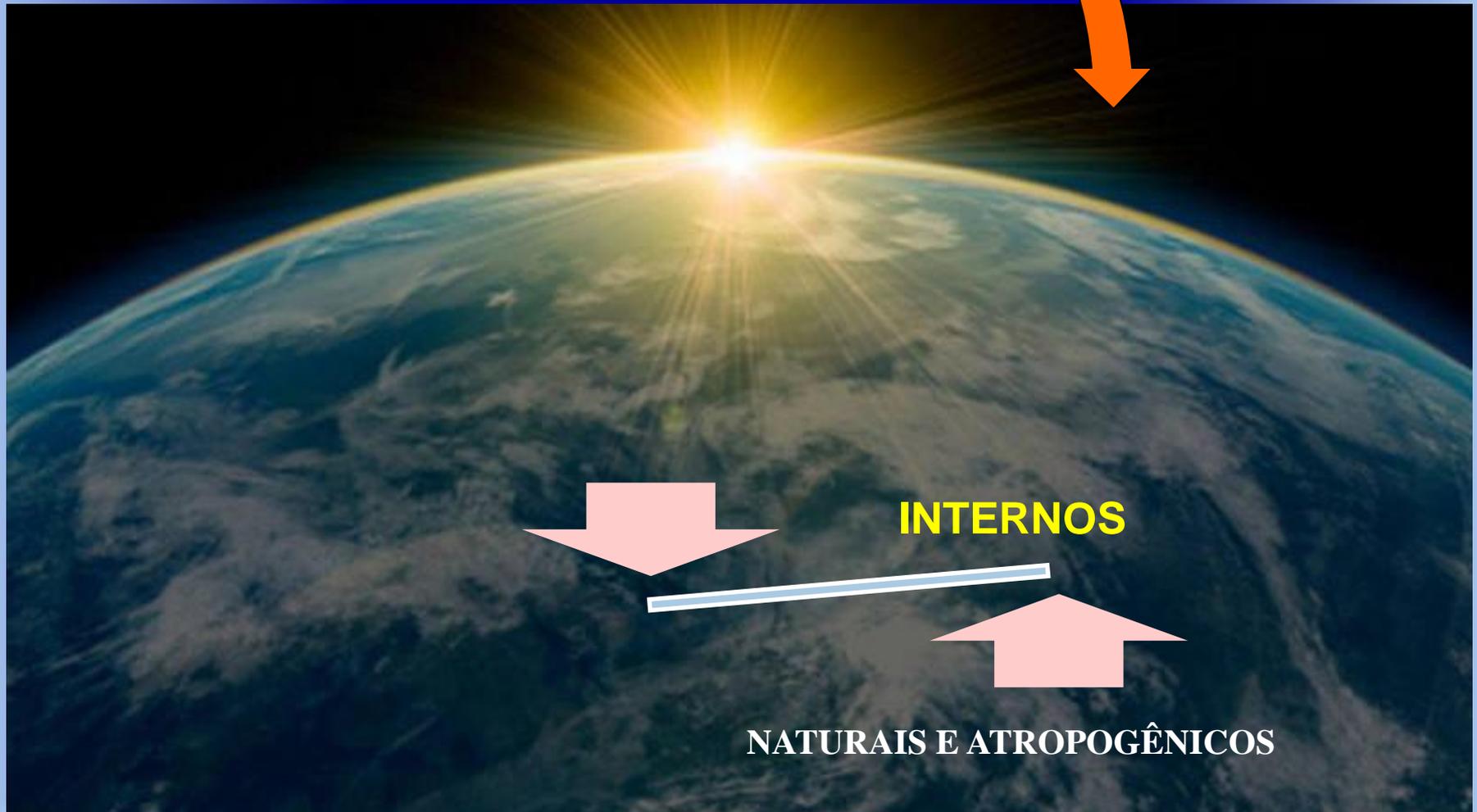
# Mudanças Climáticas

*Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos*

**Profa. Andrea de Oliveira Cardoso**  
**Universidade Federal do ABC**

# O clima da Terra sofre contínuas mudanças

EXTERNOS

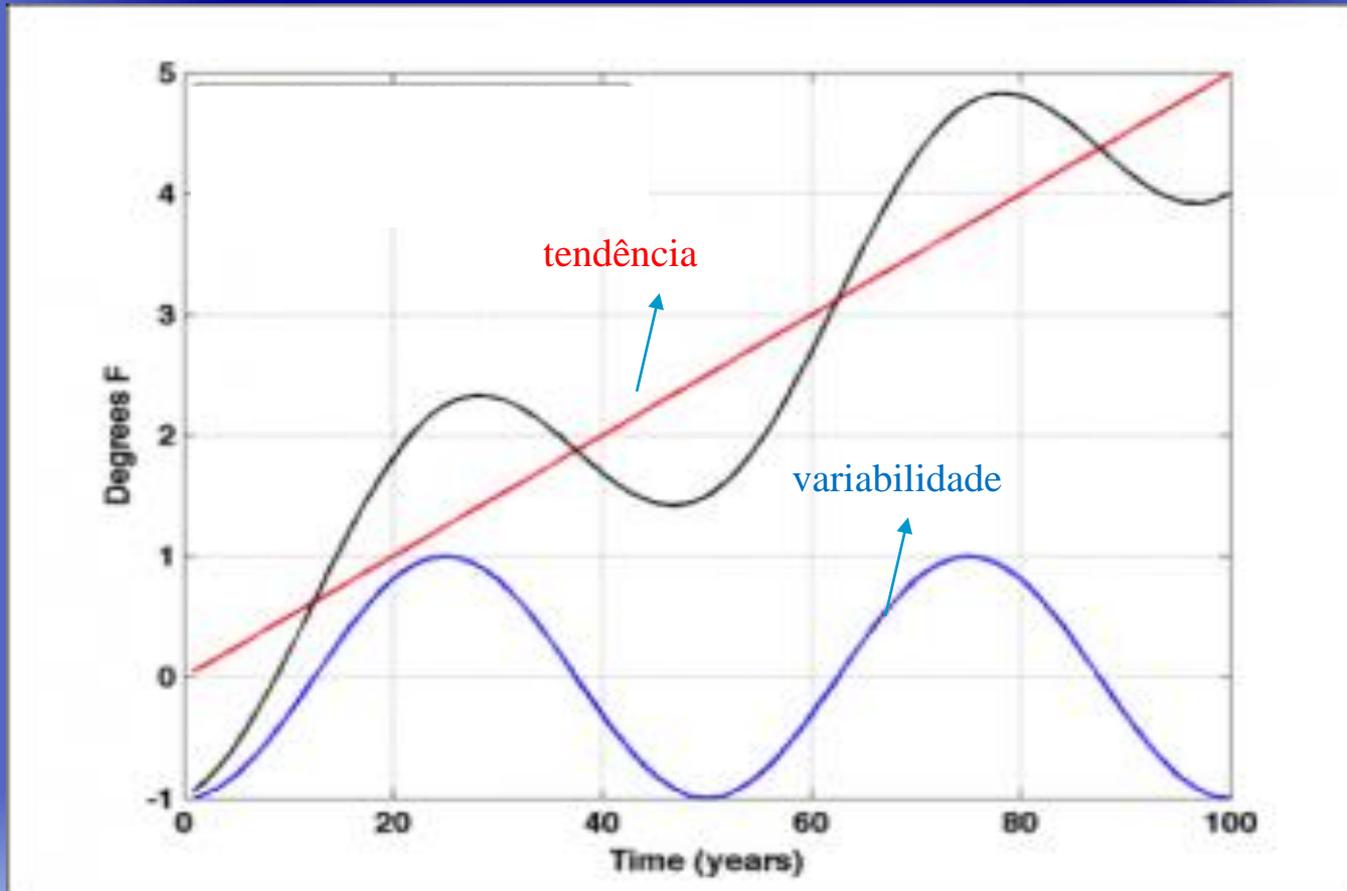


INTERNOS

NATURAIS E ATROPOGÊNICOS

# Mudanças Climáticas

- Longa escala temporal (séculos);
- Sobrepõe às variabilidades naturais de menor escala (extremos mais intensos).



# Causas de Mudanças Climáticas

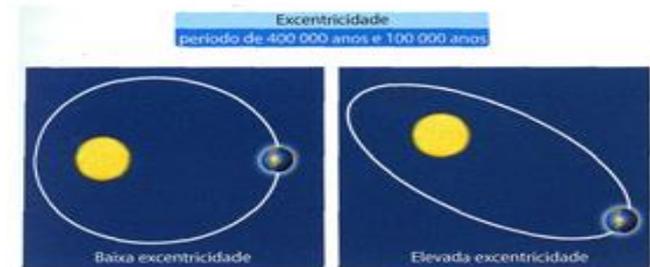
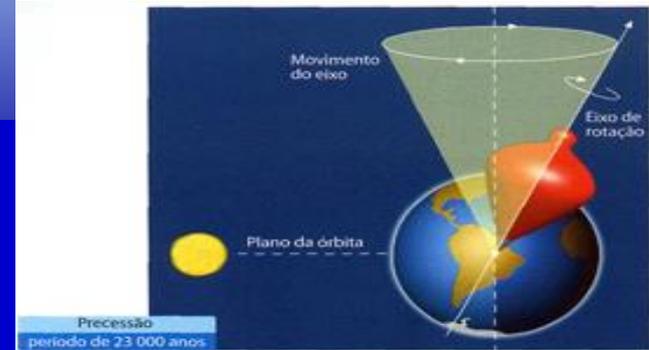
## Naturais

### EXTERNAS:

- Ciclos de manchas solares;
- Colisões de cometas com a Terra;
- Os efeitos das forçantes orbitais (Teoria de Milankovitch).

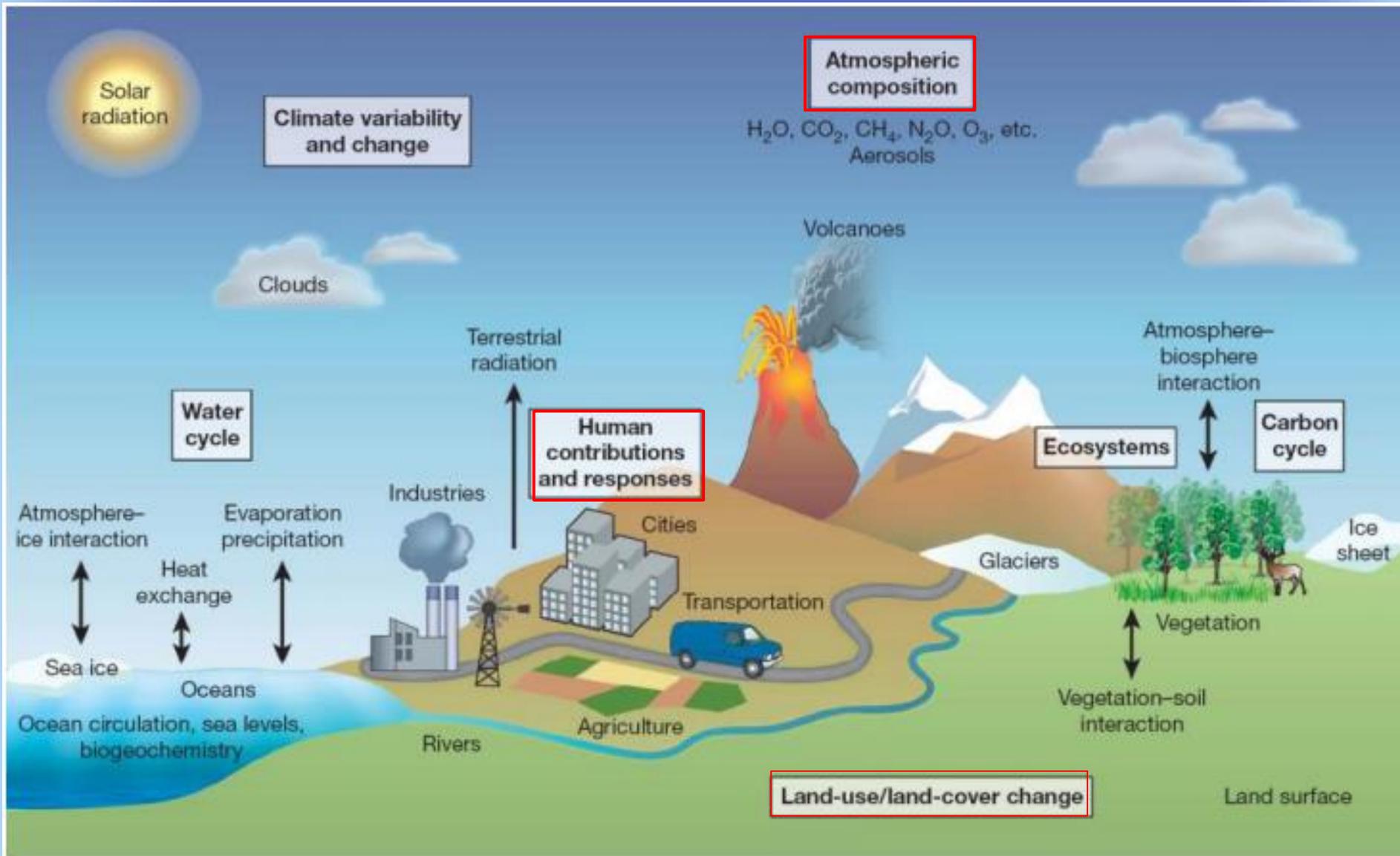
### INTERNAS:

- Processos tectônicos que afetam a circulação atmosférica;
- Erupções vulcânicas que afetam o balanço radiativo;
- Variações na composição atmosférica;
- Variações na circulação oceânica;
- Acoplamento entre as componentes.



Variabilidades  
Naturais

# MUITOS FATORES



## Fatores Antropogênicos

- ✓ **Alteração da vegetação original:** albedo (refletividade), ciclo hidrológico, circulação local e de grande escala;
- ✓ **Desmatamento:** ciclo de carbono, equilíbrio ecológico e os recursos naturais;
- ✓ **Crescimento urbano:** impermeabilização do solo, verticalização, ocupação desordenada, que levam a efeitos locais de “ilha de calor” e enchentes;
- ✓ **Demanda por energia:** é alta e continua aumentando;
- ✓ **Aumento da poluição:** doméstica, agrícola e industrial.

**Mudança no uso do solo**

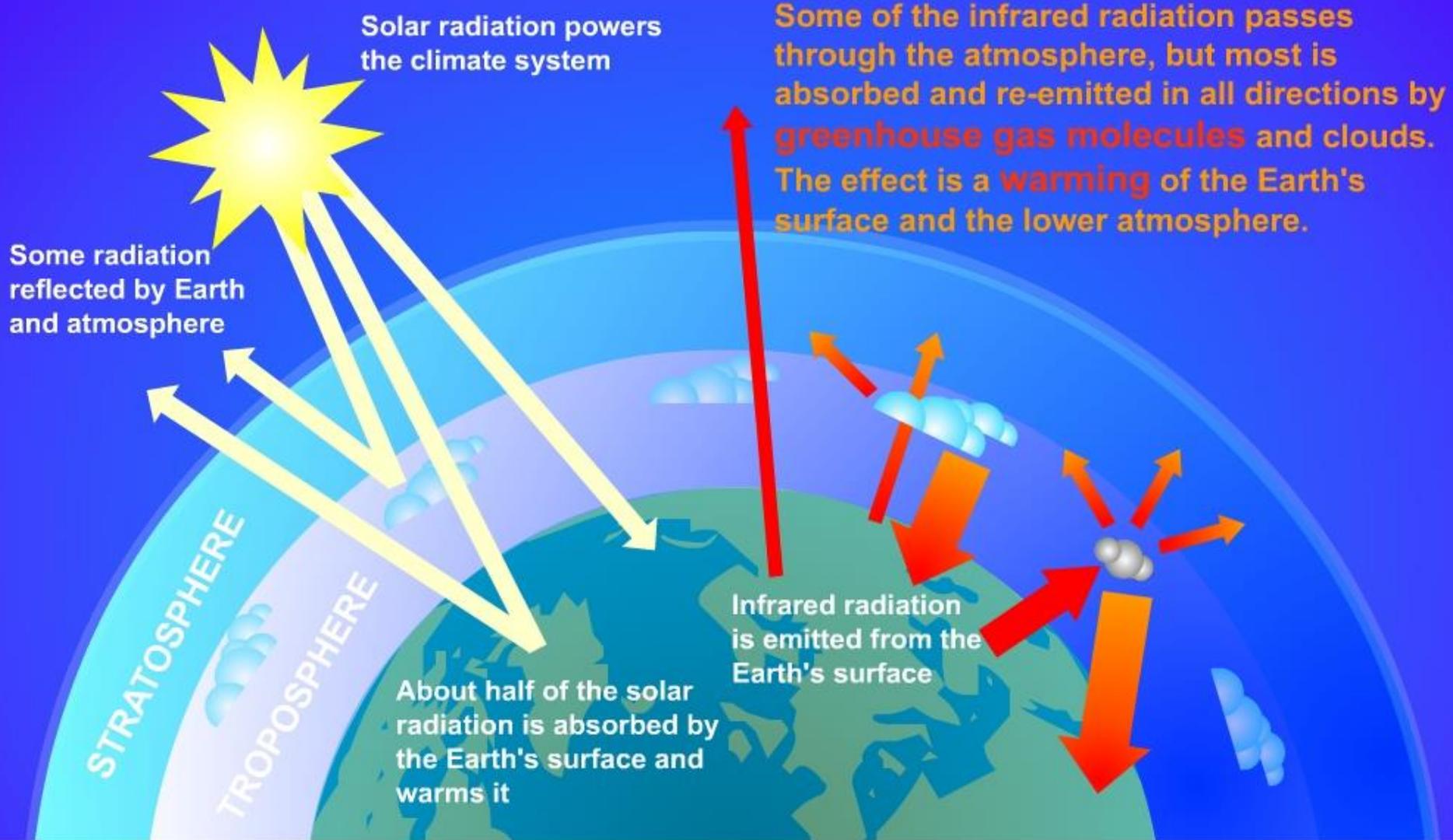
**Alteração da composição atmosférica**

**Aumento do Efeito estufa**

```
graph TD; A[Mudança no uso do solo] --> C((Aumento do Efeito estufa)); B[Alteração da composição atmosférica] --> C;
```

# Efeito Estufa

## THE GREENHOUSE EFFECT



# Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC)

- Constituído em 1988 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Organização Meteorológica Mundial (OMM);
- Fornecer ao mundo uma visão científica clara do conhecimento atual sobre as alterações climáticas e os potenciais impactos ambientais e socioeconômicos;
- Fonte sobre o tema Aquecimento Global.

- Reúne milhares de cientistas de todo o mundo;
- 195 países membros;
- Grupos de trabalhos: G1) Bases da Ciência Física; G2) Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade; G3) Mitigação; Força tarefa de Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa.
- Cinco relatórios: FAR (1990), SAR (1995), TAR (2001), AR4 (2007), AR5 (2014), AR6 (2022)

## **OBSERVACIONAL - CENÁRIOS - PROJEÇÕES DE MODELOS**

*Apresentam consenso científico de que as mudanças climáticas são uma realidade e sua principal causa é decorrente das atividades humanas, principalmente a queima de combustíveis fósseis.*

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

# Últimos e próximos relatórios

## LATEST AND UPCOMING REPORT

---

Global Warming of 1.5°C

2019 Refinement to the 2006 IPCC

Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

Climate Change and Land

The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate

## SIXTH ASSESSMENT REPORT

---

AR6 Synthesis Report: Climate Change 2022

AR6 Climate Change 2021: Impacts, Adaptation and Vulnerability

AR6 Climate Change 2021: Mitigation of Climate Change

AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis

## FIFTH ASSESSMENT REPORT

---

AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014

AR5 Climate Change 2013: The Physical Science Basis

AR5 Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability

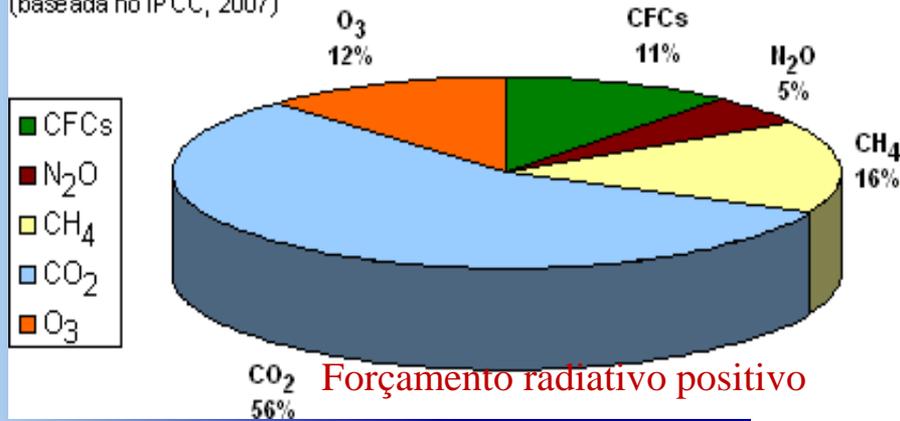
AR5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change

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

# Principais gases de efeito estufa

Contribuição proporcional dos principais gases do efeito estufa estimada desde a era pré-industrial até o presente

(baseada no IPCC, 2007)



A longa permanência das emissões dos gases de efeito estufa (GEE) causa um efeito cumulativo:

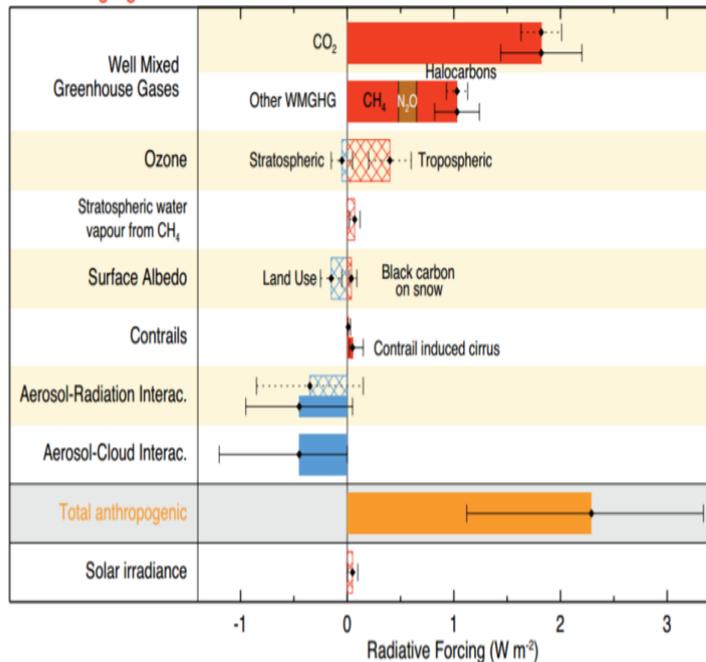
CH<sub>4</sub> 15 anos ; CO<sub>2</sub> 50-200 anos;  
N<sub>2</sub>O 120 anos; CFC 50-1700 anos.

Radiative forcing of climate between 1750 and 2011

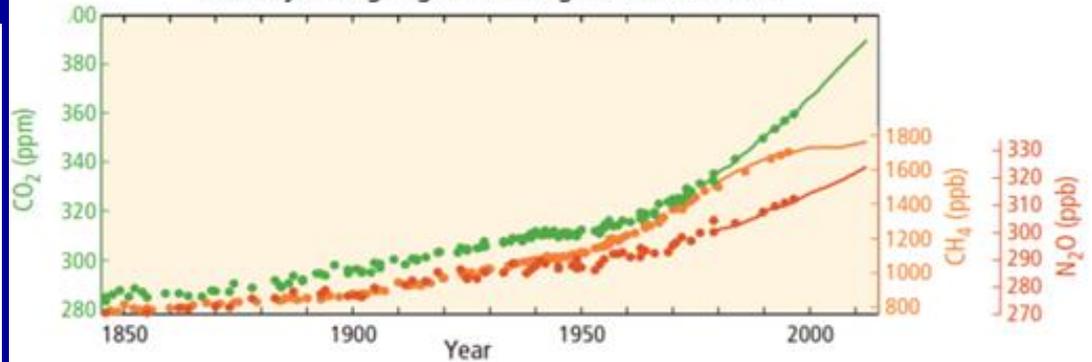
Forcing agent

Anthropogenic

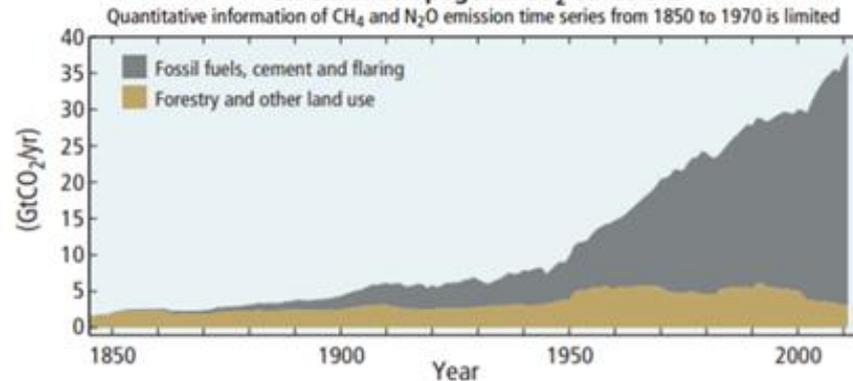
Natural



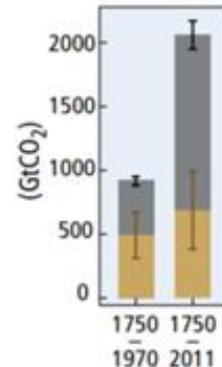
Globally averaged greenhouse gas concentrations



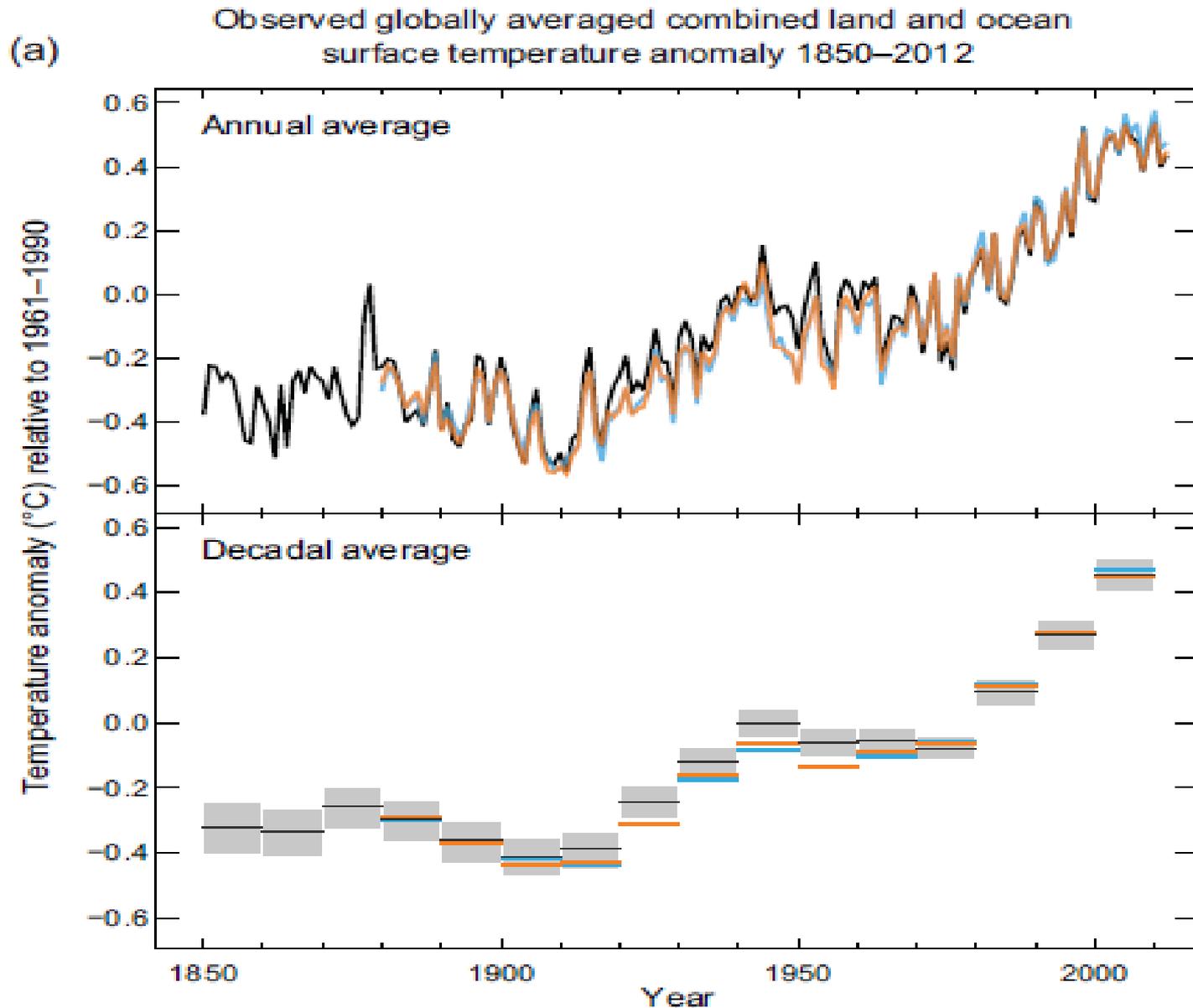
Global anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions



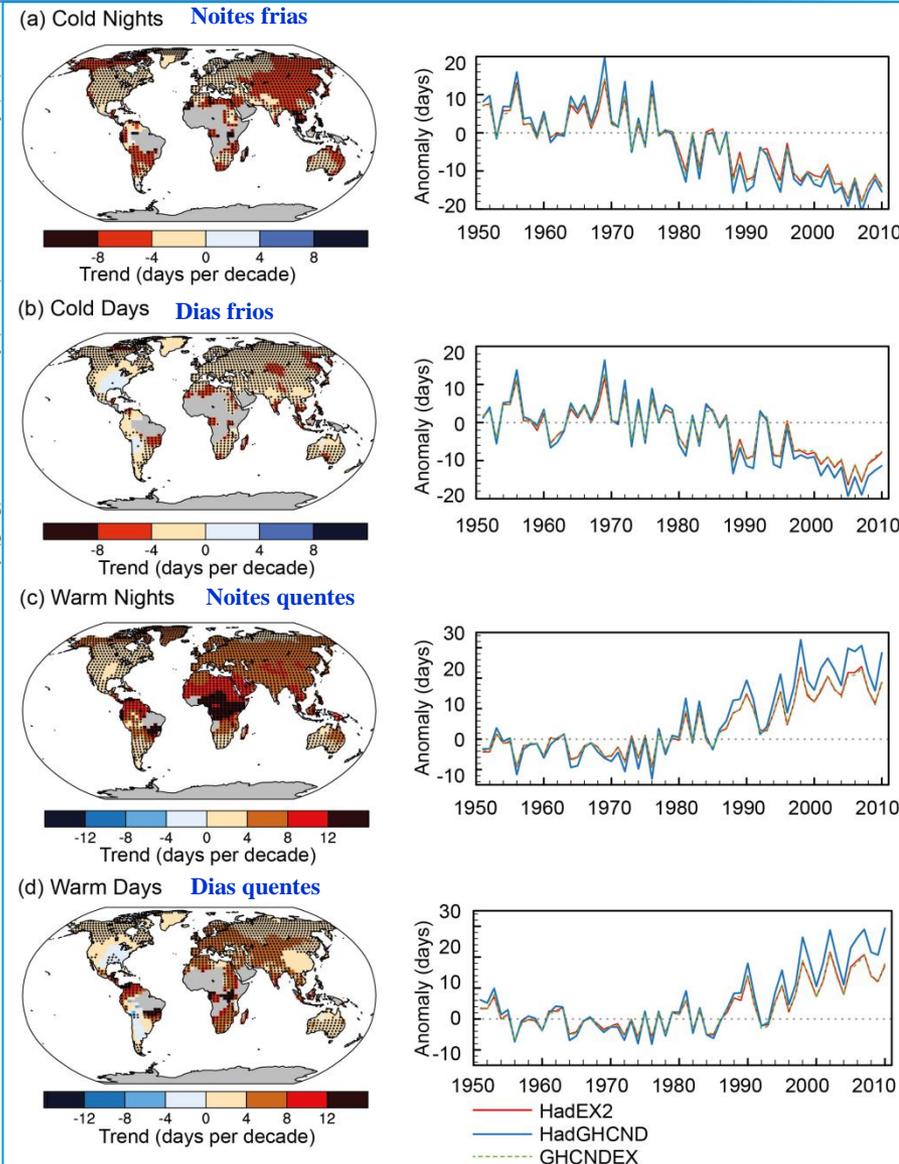
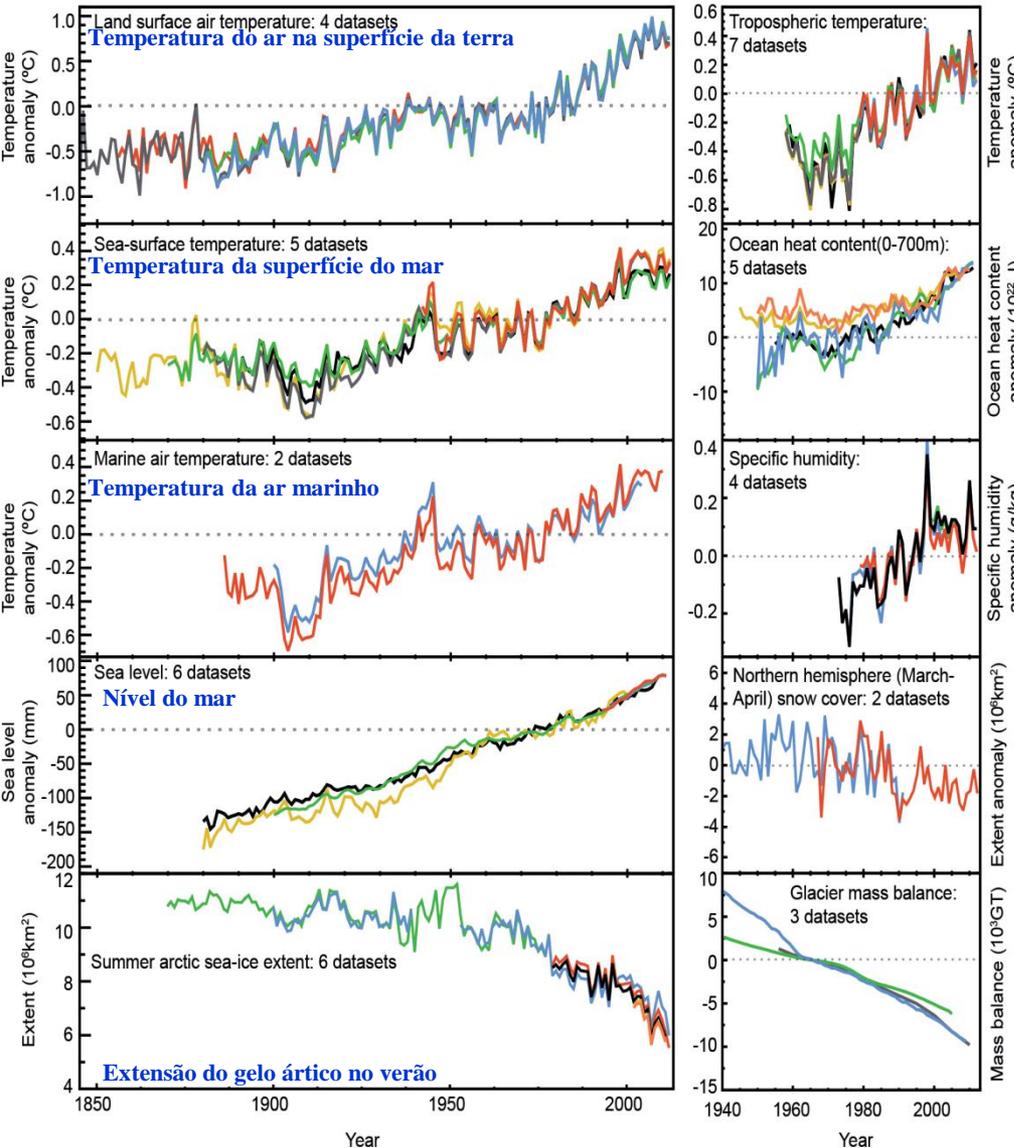
Cumulative CO<sub>2</sub> emissions



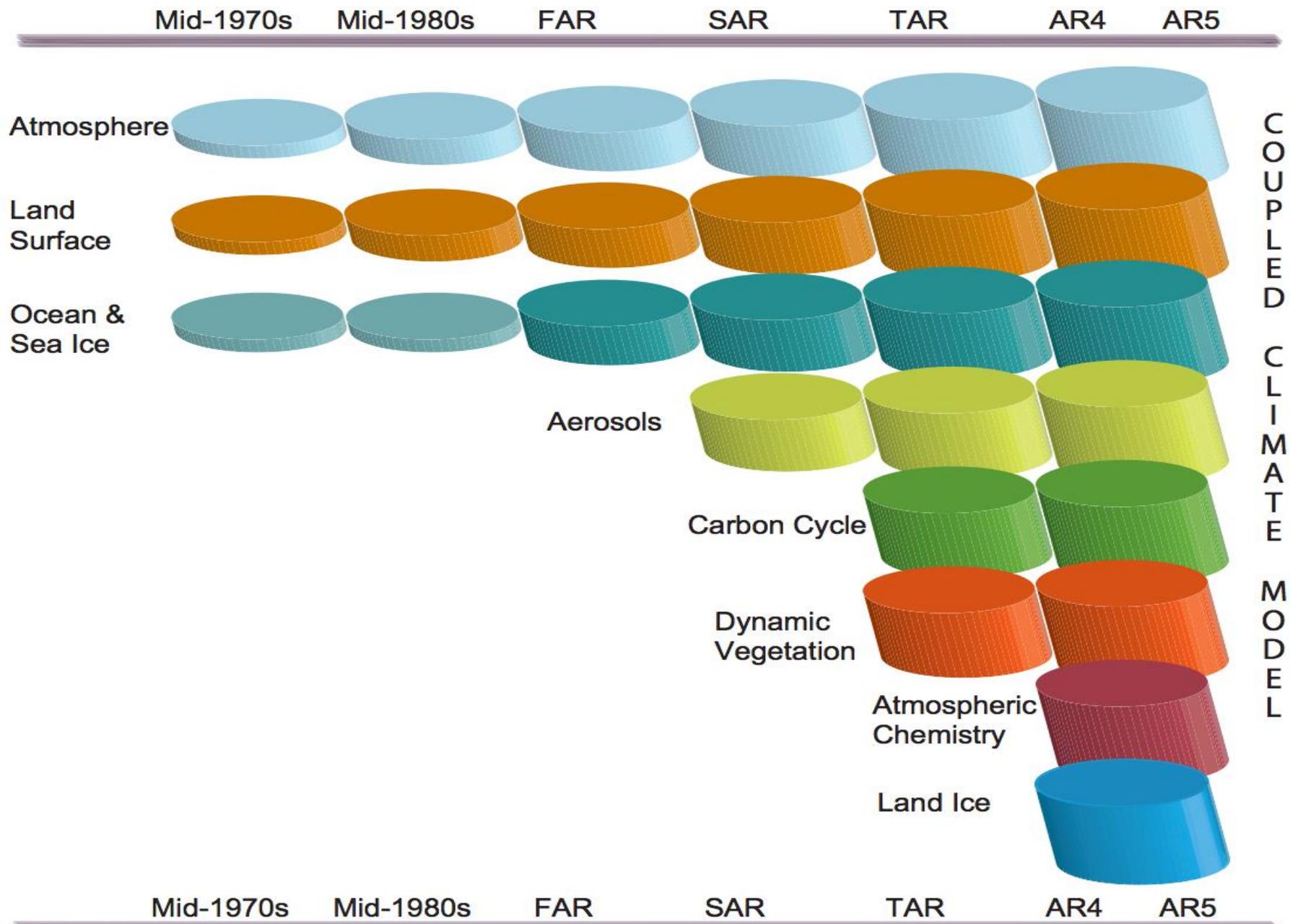
# Observações – AR5



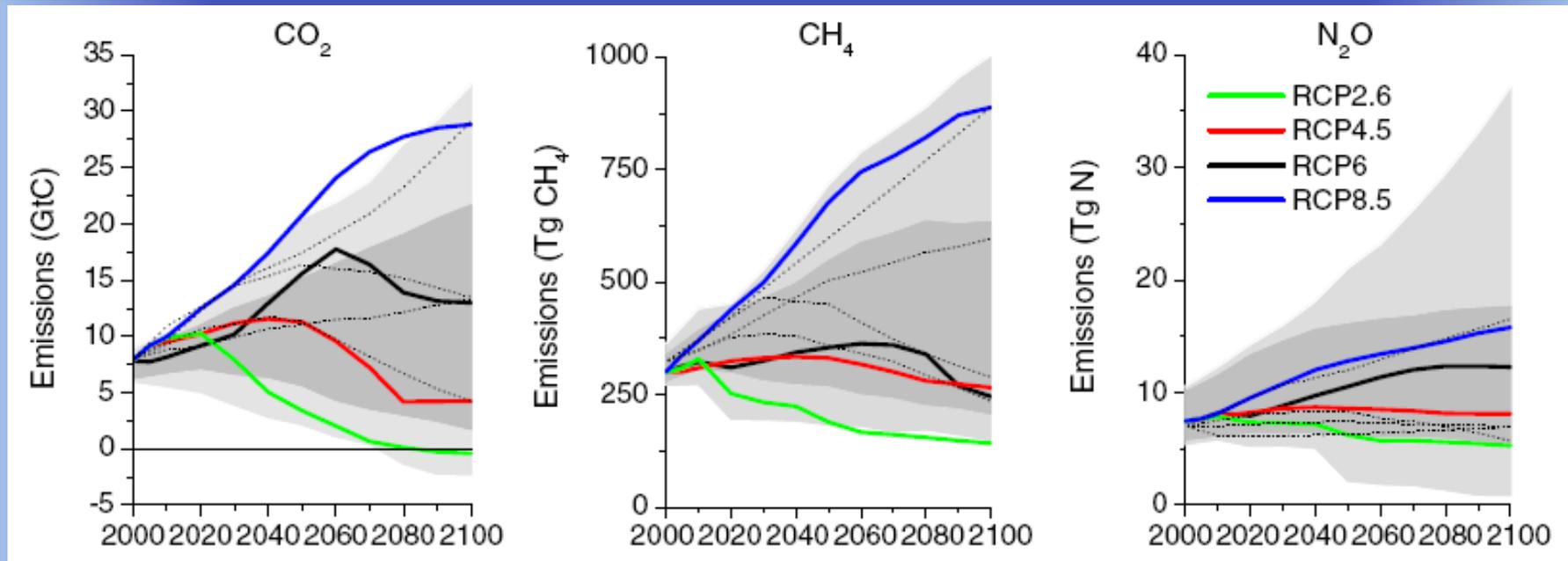
# Observações – AR5



# Modelos para prospecções climáticas



*Para apresentar projeções do clima futuro, o AR5 do IPCC considerou modelagem de diferentes cenários de emissões possíveis de acontecer até o ano de 2100 (impactos), os chamados “Representative Concentration Pathways (RCPs)”.*



**RCP2.6:** prevê que o sistema terrestre armazenará 2,6 W/m<sup>2</sup> adicionais. Para que esse cenário acontecesse, seria preciso estabilizar as concentrações de gases do efeito estufa nos próximos 10 anos e atuar para sua remoção da atmosfera. => **Otimista (mitigação)**

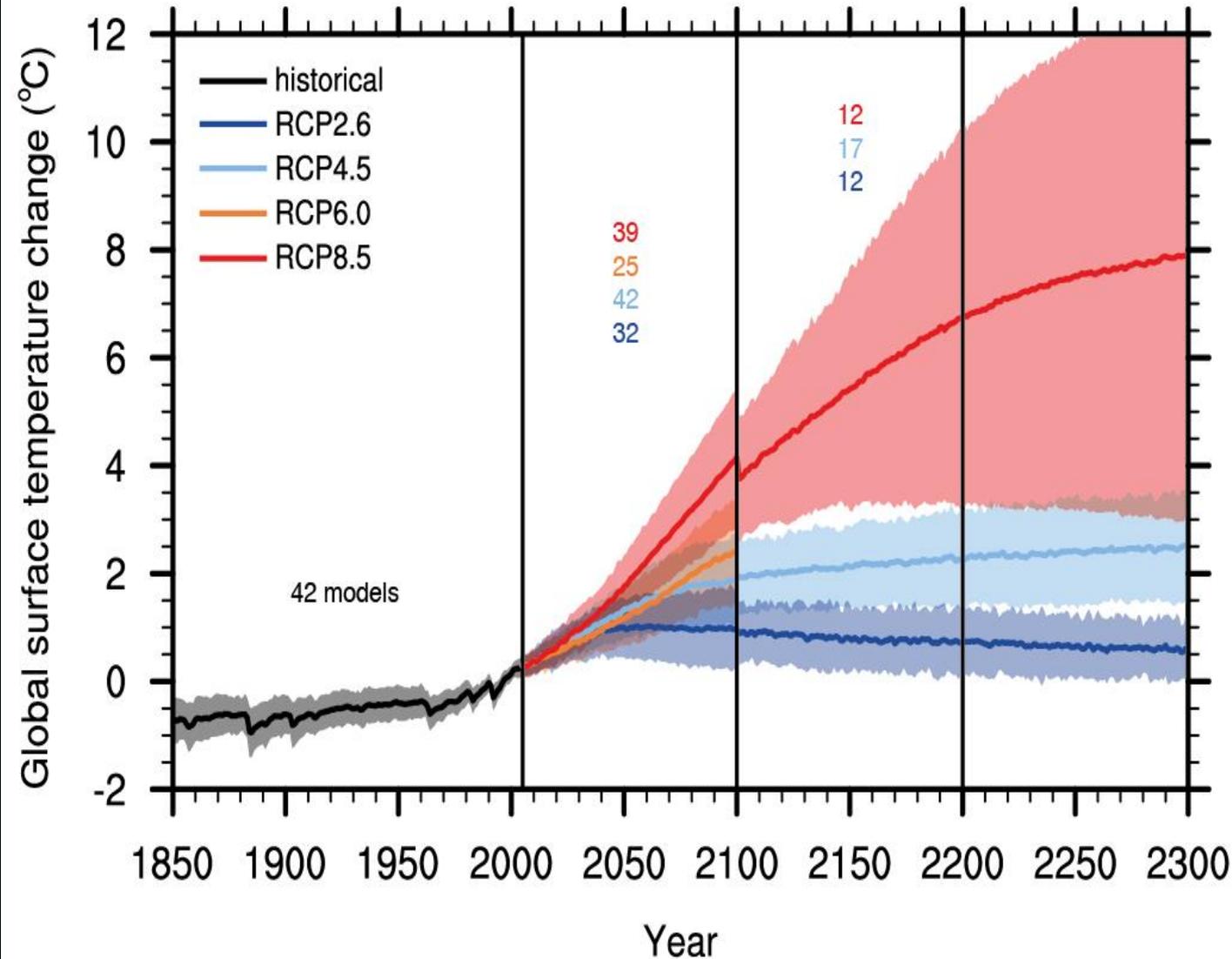
**RCP4.5:** prevê um armazenamento de 4,5 W/m<sup>2</sup>.

**RCP6.0:** prevê um armazenamento de 6,0 W/m<sup>2</sup>

Intermediários (aumento até ~ meados do século e estabilização antes 2100)

**Quarto cenário (RCP8.5):** emissões continuam a crescer em ritmo acelerado, prevê um armazenamento adicional de 8,5 W/m<sup>2</sup>. => **Pessimista**

# Cenários de mudança da temperatura global



RCP2.6:  $T > 0,3\text{ }^{\circ}\text{C} - 1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  de 2010 até 2100 e o nível do mar  $> 26 - 55\text{ cm}$ .

RCP4.5:  $T > 1,1\text{ }^{\circ}\text{C} - 2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  e o nível do mar  $> 32 - 63\text{ cm}$ .

RCP6.0:  $T > 1,4\text{ }^{\circ}\text{C} - 3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  e o nível do mar subiria  $> 33 - 63\text{ centímetros}$ .

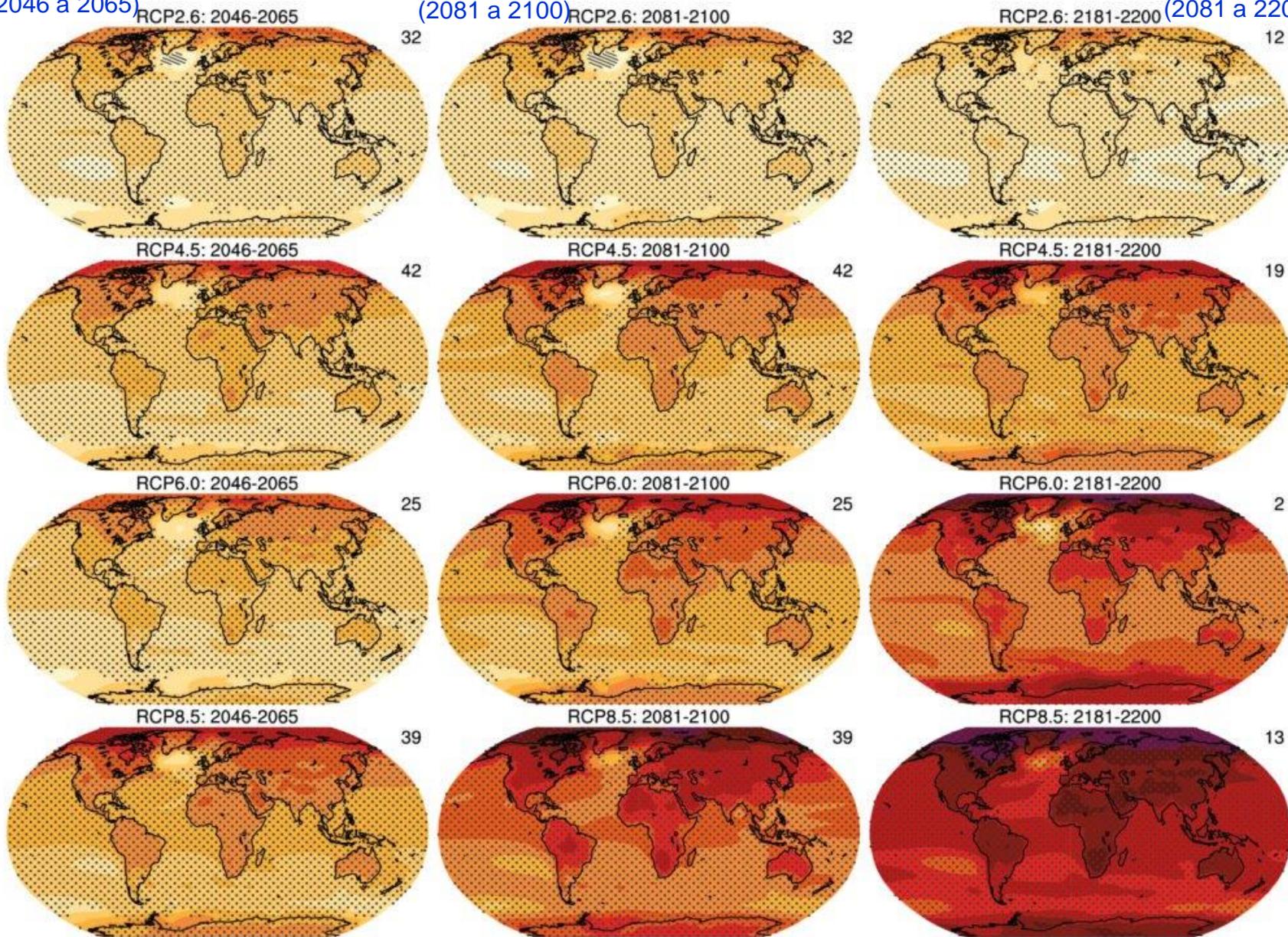
RCP8.5:  $T > 2,6\text{ }^{\circ}\text{C} - 4,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  ao longo deste século, fazendo com que o nível dos oceanos aumente entre 45 e 82 cm.

# Annual mean surface air temperature change

(2046 a 2065)

(2081 a 2100)

(2081 a 2200)



relativo a 1986-2005

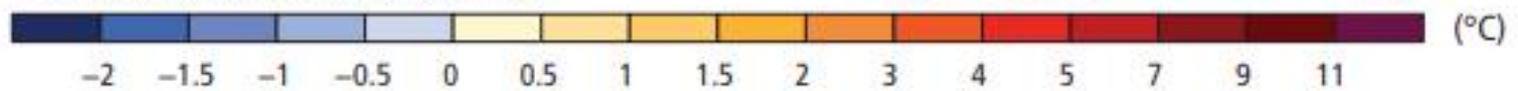
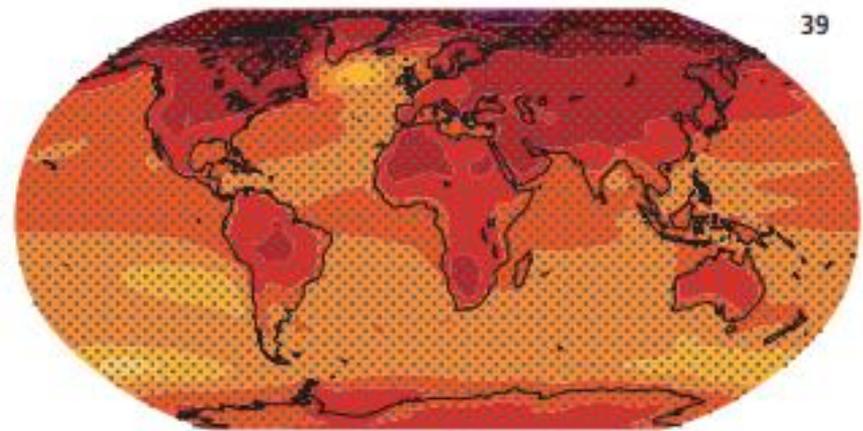
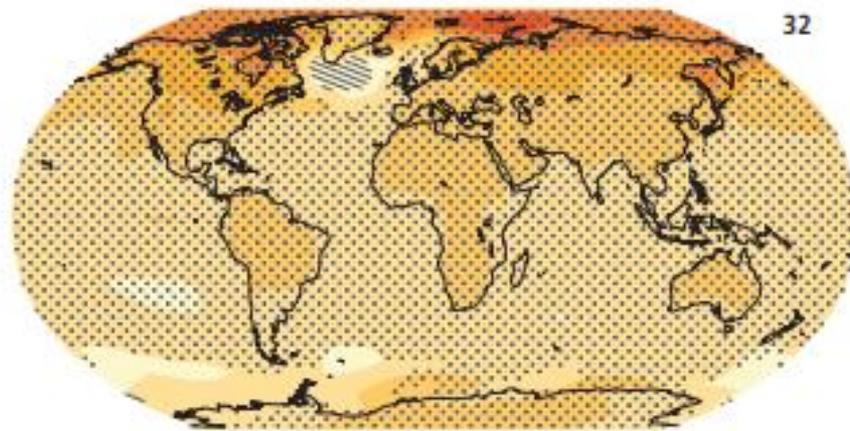


Figure 12.11 (AR5)

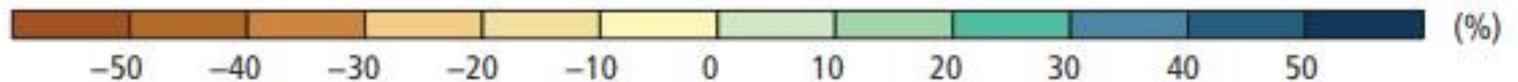
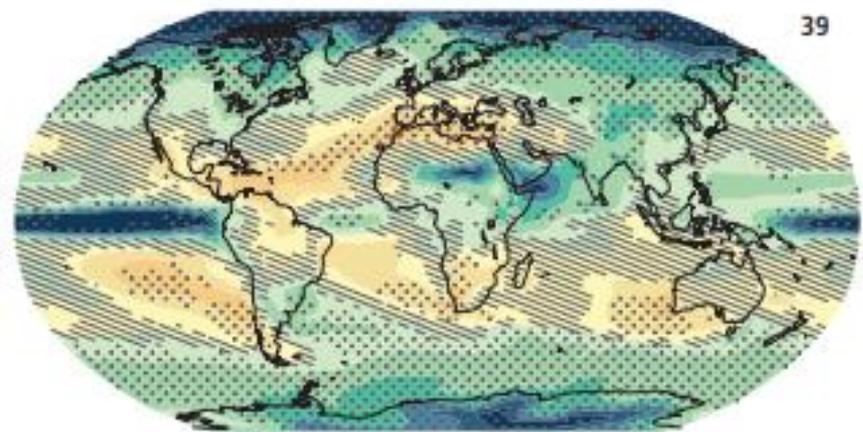
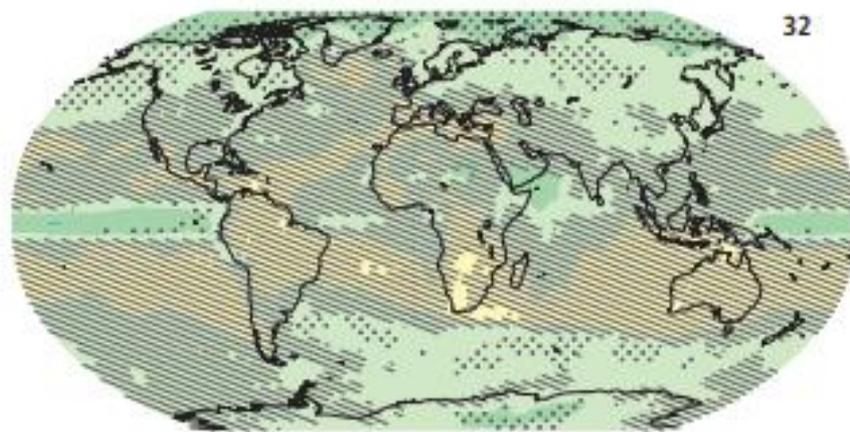
RCP2.6

RCP8.5

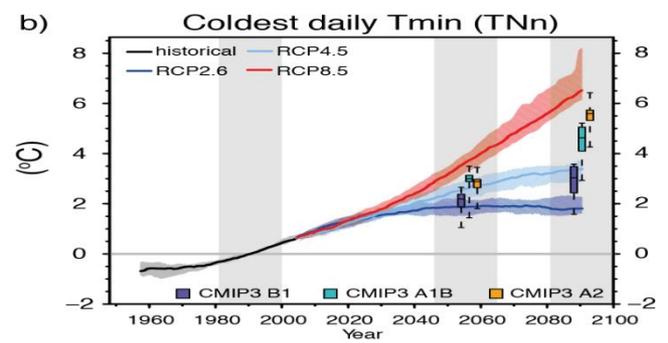
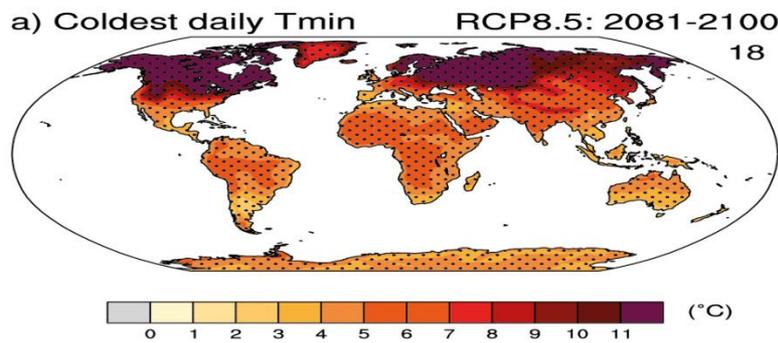
(a) Change in average surface temperature (1986–2005 to 2081–2100)



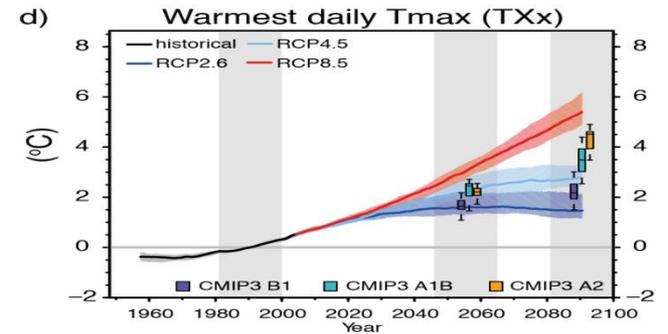
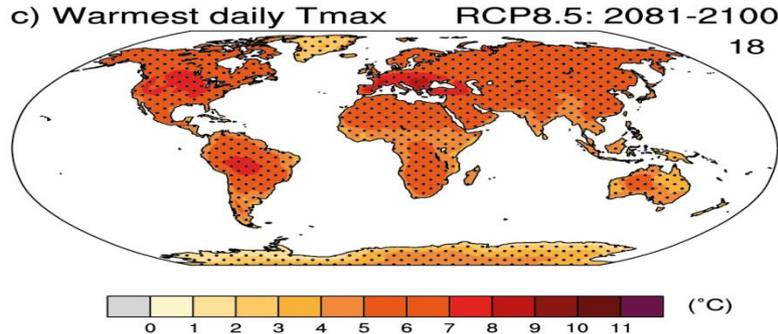
(b) Change in average precipitation (1986–2005 to 2081–2100)



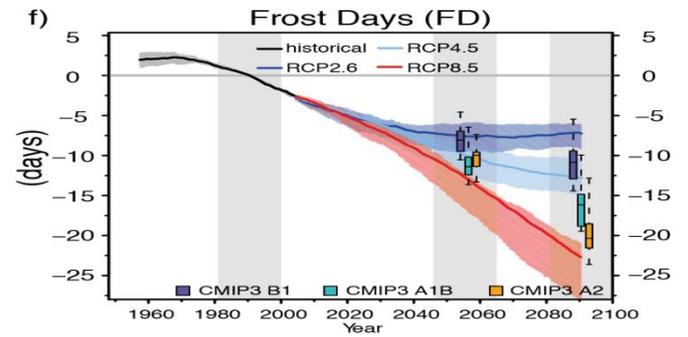
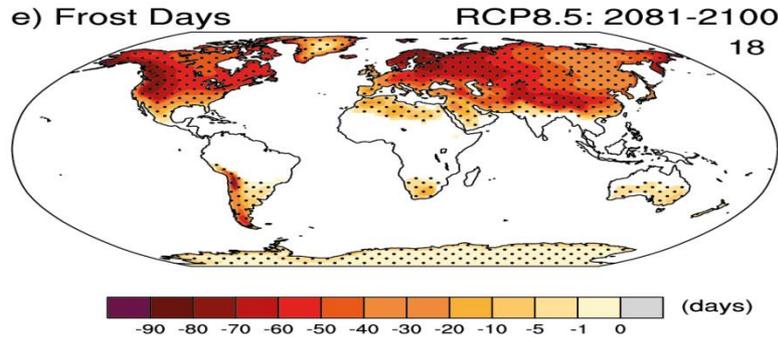
**Tmin dias  
mais frios**



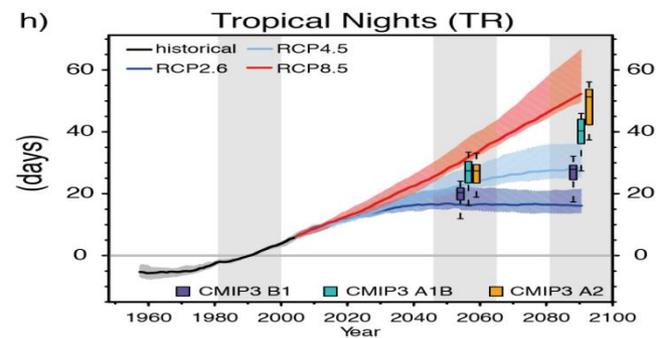
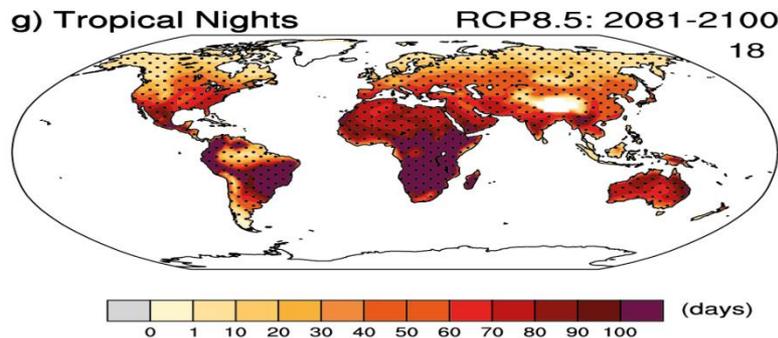
**Tmax dias  
mais quente**



**Dias com  
geada**



**Noites  
tropicais**



## Relatório – AR5

REGIÃO	Principais mudanças projetadas em relação aos fenômenos
<b>Ártico</b>	Mudanças na temperatura e precipitação de inverno resultante do pequeno aumento projetado na NAO; aumento do aquecimento e derretimento do gelo do mar; aumento significativo na precipitação até meados do século, devido principalmente ao aumento da precipitação na Extratropical Ciclonas.
<b>América do Norte</b>	Precipitação Monsoon mudará atrasando o ciclo anual; aumento de precipitação por ciclones extra-tropicais levará a grandes aumentos na precipitação de inverno sobre o terço norte do continente; aumento de extremos precipitação em ciclones tropicais afetando costa ocidental dos EUA e o México, o Golfo do México e na costa leste do EUA e Canadá.
<b>América Central e Caribe</b>	Redução na precipitação média e aumento da precipitação extrema; precipitação mais extrema nos ciclones tropicais ao longo das costas orientais e ocidentais.
<b>América do Sul</b>	<u>A Zona de Convergência do Atlântico Sul deslocada para sul e aumento na precipitação na região sudeste;</u> tendência positiva no modo anular sul <u>deslocando as tempestades extratropicais em direção para o sul,</u> diminuindo a precipitação no centro do Chile e aumentando para a ponta sul do AS.
<b>Europa e Mediterrâneo</b>	Realce dos extremos de precipitação relacionados com tempestade e diminuição da frequência de precipitação relacionados com tempestade sobre o E. Mediterrâneo.
<b>África</b>	Realce nas precipitação de monções de verão na África Ocidental; aumentou das pancadas de chuva no leste da África, devido ao padrão de aquecimento do Oceano Índico; aumento das chuvas extremas de ciclones na costa leste (incluindo Madagascar).
<b>Ásia Norte e Central</b>	Realce da precipitação de verão; aumento do aquecimento do inverno sobre o norte da Ásia.
<b>Ásia Leste</b>	Realce da precipitação de monções de verão, aumento de precipitação extremos de tufões na costa e redução da supressão de ciclones extratropicais meio de inverno.
<b>Ásia Oeste</b>	Aumento dos extremos de precipitação dos ciclones na Península Arábica; diminuição de precipitação no noroeste da Ásia, devido a um deslocamento para norte das faixas de tempestades extratropicais.
<b>Ásia Sul</b>	Realce da precipitação das monções de verão, o aumento extremos de precipitação dos ciclones terra firme nas costas da Baía de Bengala e Mar da Arábia.
<b>Ásia Sudeste</b>	Precipitação reduzida na Indonésia durante julho-outubro devido ao padrão do aquecimento do Oceano Índico, aumento de precipitação extrema de ciclones nas costas do Mar do Sul da China, Golfo da Tailândia e do Mar de Andaman.
<b>Austrália e Nova Zelândia</b>	Precipitação das monções de verão pode aumentar ao longo do norte da Austrália; episódios mais frequentes da Zona de Convergência do Pacífico Sul podem reduzir a precipitação no nordeste da Austrália, maior aquecimento e redução da precipitação na Nova Zelândia e no sul da Austrália, devido à tendência positiva projetada no modo anular sul; aumento de precipitação extrema associada a tempestades tropicais.

**Table 14.3** | Summary of the relevance of projected changes in major phenomena for mean change in future regional climate. The relevance is classified into high (red), medium (yellow), low (cyan), and 'no obvious relevance' (grey), based on confidence that there will be a change in the phenomena ('HP' for high, 'MP' for medium, 'LP' for low), and confidence in the impact of the phenomena on each region ('HI' for high, 'MI' for medium, 'LI' for low). More information on how these assessments have been constructed is given in the Supplementary Material (Section 14.SM.6.1).

Phenomena Regions	Section	Monsoon Systems MP—see Section 14.2	Tropical Phenomena <sup>a</sup> HP/MP/LP/LP—See Section 14.3	ENSO LP—See Section 14.4	Annular and Dipolar Modes HP—See Section 14.5	Tropical Cyclones MP—See Section 14.6.1	Extratropical Cyclones <sup>b</sup> MP/HP—See Section 14.6.2
Arctic	14.8.2				HP/MI The small projected increase in NAO is <i>likely</i> to contribute to wintertime changes in temperature and precipitation.		MP/MI Projected increase in precipitation in extratropical cyclones is <i>likely</i> to enhance mean precipitation.
North America	14.8.3	MP/MI It is <i>likely</i> the number of consecutive dry days will increase, and overall water availability will be reduced.	HP/LI Projected ITCZ shifts unrelated to ENSO changes will impact temperature and precipitation, especially in winter.	LP/MI <i>Likely</i> changes in N. American precipitation if ENSO changes.	HP/MI The small projected increase in the NAO index is <i>likely</i> to contribute to wintertime temperature and precipitation changes in NE America.	MP/MI Projected increases in extreme precipitation near the centres of tropical cyclones making landfall along the western coast of the USA and Mexico, the Gulf Mexico, and the eastern coast of the USA and Canada.	MP/MI Projected increases in precipitation in extratropical cyclones will lead to large increases in wintertime precipitation over the northern third of the continent.
Central America and Caribbean	14.8.4	MP/MI Projected reduction in mean precipitation .	HP/MI Reduced mean precipitation in southern Central America if there is a southward displacement of the East Pacific ITCZ.	LP/MI Reduced mean precipitation if El Niño events become more frequent and/or intense.		MP/MI More extreme precipitation near the centres of tropical cyclones making landfall along the eastern and western coasts.	
South America	14.8.5	MP/MI Projected increase in extreme precipitation and in the extension of monsoon area.  <b>+ precipitação extrema</b>	HP/MI Projected increase in the mean precipitation in the southeast due to the projected southward displacement of the SACZ.  <b>+ precipitação no SE</b>	LP/MI Reduced mean precipitation in eastern Amazonia and increased precipitation in the La Plata Basin.  <b>- prec. na Amazônia + na B. do Prata</b>	HP/MI Poleward shift of storm tracks due to projected positive trend in SAMS phase leads to less precipitation in central Chile and increased precipitation in the southern tip of South America.		HP/MI Southward displacement of cyclogenesis activity increases the precipitation in the extreme south.
Europe and Mediterranean	14.8.6				HP/MI Projected increase in the NAO will lead to enhanced winter warming and precipitation over NW Europe.		MP/MI Enhanced extremes of storm-related precipitation and decreased frequency of storm-related precipitation over the E. Mediterranean.



# AMÉRICA DO SUL E AMÉRICA CENTRAL

Risco chave	Questões de adaptação e Perspectivas da Adaptação	Condutores do clima	Prazo	Risco e potencial para a adaptação																																						
Água disponível no semiárido e regiões dependentes do degelo na América Central; cheias e deslizamentos em áreas urbanas e rurais por causa de precipitações extremas (alta confiança).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integração da gestão dos recursos hídricos.</li> <li>Gestão de cheias urbanas e rurais (incluindo infraestrutura), sistemas de alerta, melhoria da previsão do clima e de escoamento; controle de doenças infecciosas.</li> </ul>		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Muito baixo</th> <th>Médio</th> <th>Muito alto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Período próximo (2030-2040)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Longo período (2080-2100)</td> <td>2°C</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>4°C</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>		Muito baixo	Médio	Muito alto	Presente				Período próximo (2030-2040)				Longo período (2080-2100)	2°C			4°C			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Muito baixo</th> <th>Médio</th> <th>Muito alto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Período próximo (2030-2040)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Longo período (2080-2100)</td> <td>2°C</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>4°C</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>		Muito baixo	Médio	Muito alto	Presente				Período próximo (2030-2040)				Longo período (2080-2100)	2°C			4°C		
	Muito baixo	Médio	Muito alto																																							
Presente																																										
Período próximo (2030-2040)																																										
Longo período (2080-2100)	2°C																																									
	4°C																																									
	Muito baixo	Médio	Muito alto																																							
Presente																																										
Período próximo (2030-2040)																																										
Longo período (2080-2100)	2°C																																									
	4°C																																									
Diminuição da produção e qualidade da comida (confiança média).	<ul style="list-style-type: none"> <li>desenvolvimento de novas variedades de cultura agrícola, mais adaptadas a mudanças climáticas (temperatura e seca).</li> <li>Mecanismos compensatórios para impactos na saúde humana e animal devido à redução da qualidade da alimentação.</li> <li>Mecanismos compensatórios para os impactos econômicos e de mudança do uso da terra.</li> <li>Fortalecimento dos conhecimentos e práticas tradicionais dos indígenas.</li> </ul>		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Muito baixo</th> <th>Médio</th> <th>Muito alto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Período próximo (2030-2040)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Longo período (2080-2100)</td> <td>2°C</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>4°C</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>		Muito baixo	Médio	Muito alto	Presente				Período próximo (2030-2040)				Longo período (2080-2100)	2°C			4°C			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Muito baixo</th> <th>Médio</th> <th>Muito alto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Período próximo (2030-2040)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Longo período (2080-2100)</td> <td>2°C</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>4°C</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>		Muito baixo	Médio	Muito alto	Presente				Período próximo (2030-2040)				Longo período (2080-2100)	2°C			4°C		
	Muito baixo	Médio	Muito alto																																							
Presente																																										
Período próximo (2030-2040)																																										
Longo período (2080-2100)	2°C																																									
	4°C																																									
	Muito baixo	Médio	Muito alto																																							
Presente																																										
Período próximo (2030-2040)																																										
Longo período (2080-2100)	2°C																																									
	4°C																																									
Propagação de doenças transmitidas por vetores em altitude e latitude (alta confiança).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de sistemas de alerta para controle de doenças e mitigação baseada no clima e outros inputs relevantes. Muitos fatores aumentam a vulnerabilidade.</li> <li>Estabelecimento de programas para estender serviços de saúde pública.</li> </ul>		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Muito baixo</th> <th>Médio</th> <th>Muito alto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Período próximo (2030-2040)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Longo período (2080-2100)</td> <td>2°C</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>4°C</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>		Muito baixo	Médio	Muito alto	Presente				Período próximo (2030-2040)				Longo período (2080-2100)	2°C			4°C			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Muito baixo</th> <th>Médio</th> <th>Muito alto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Período próximo (2030-2040)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Longo período (2080-2100)</td> <td>2°C</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>4°C</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>		Muito baixo	Médio	Muito alto	Presente				Período próximo (2030-2040)				Longo período (2080-2100)	2°C			4°C		
	Muito baixo	Médio	Muito alto																																							
Presente																																										
Período próximo (2030-2040)																																										
Longo período (2080-2100)	2°C																																									
	4°C																																									
	Muito baixo	Médio	Muito alto																																							
Presente																																										
Período próximo (2030-2040)																																										
Longo período (2080-2100)	2°C																																									
	4°C																																									

# Medidas de Mitigação por setores – AR5

## Produção de energia

- Produzir eletricidade a partir da energia nuclear e de fontes renováveis – eólica (vento), solar (sol), hidroelétrica (correntes de água), geotérmica (calor interno da Terra) e bioenergia (biomassa);
- associar tecnologias de captação e armazenamento de CO<sub>2</sub>, mesmo quando se usa bioenergia;
- substituir combustíveis de elevado carbono por combustíveis de baixo carbono (por exemplo, substituir o uso de carvão pelo uso de gás natural);
- controlar as perdas de metano para a atmosfera na cadeia de extração e transformação de combustíveis fósseis;
- substituir centrais termoelétricas<sup>6</sup> tradicionais por centrais de ciclo combinado<sup>7</sup> e de cogeração;
- utilizar tecnologias mais eficientes na extração das fontes energéticas, na sua conversão, transmissão e distribuição (por exemplo, redes inteligentes/*SmartGrids*).

## Transportes

- Substituir os combustíveis atualmente usados por outros de baixo carbono (como eletricidade com origem em fontes renováveis, células de combustível de hidrogénio e biocombustível);
- utilizar veículos mais leves e com motores mais eficientes;
- reduzir as emissões de GEE durante a produção dos veículos;
- promover a reciclagem e recuperação de materiais utilizados nos veículos;
- promover a eficiência de comportamentos e de infraestruturas, por exemplo, através do recurso aos transportes públicos e a bicicletas, da condução ecológica, de maior eficiência no transporte de mercadorias, da substituição do transporte aéreo e rodoviário de grande carga pelo comboio e do planeamento mais eficiente das infraestruturas de transportes.

# Medidas de Mitigação por setores – AR5

## Construção e urbanismo

- Integrar a exploração de energias renováveis nos edifícios como, por exemplo, painéis solares térmicos (produção de água quente), painéis fotovoltaicos ou minigeradores eólicos (microgeração elétrica);
- integrar dispositivos eficientes na aclimatização e no aquecimento das águas, eletrodomésticos classificados com A+++ e usar dispositivos de iluminação mais eficientes (como lâmpadas LED);
- escolher matérias-primas mais duráveis e energeticamente mais eficientes;
- desenvolver e integrar mecanismos de automação e controlo, como, por exemplo, medidores de consumos, sensores, contadores inteligentes, controlos do sistema de climatização e de segurança.

## Indústria

- Reduzir as emissões:
  - 1) usando tecnologias de captura e armazenamento de carbono,
  - 2) substituindo os combustíveis fósseis por combustíveis de baixo carbono ou biomassa e
  - 3) recuperando os resíduos para produzir eletricidade e como combustível;
- instalar e utilizar sistemas de vapor, fornos e caldeiras mais eficientes, bem como aumentar a eficiência através da instalação de motores elétricos e de sistemas de controlo eletrónico nas máquinas;
- inovar processos de produção e de construção, utilizar novas abordagens ao desenho de produto e reutilizar ou recuperar materiais antigos (como as estruturas de aço);
- aumentar a disponibilidade de produtos mais duráveis e que possam ser utilizados de forma mais intensiva ou partilhada.

## Medidas de Mitigação por setores – AR5

### Agricultura, florestas e outros usos do solo

- Reduzir perdas e desperdícios alimentares e mudar dietas alimentares no sentido de serem utilizados mais produtos cuja produção e transporte envolva menores emissões de GEE;
- conservar e aumentar os reservatórios de carbono existentes, através da redução da desflorestação e da degradação das florestas, prevenindo e combatendo os incêndios, promovendo a articulação entre agricultura e silvicultura, incentivando a florestação e a reflorestação e integrando sistemas de captura do carbono nos solos<sup>8</sup>;
- reduzir emissões de metano na pecuária e de óxido nitroso na gestão do estrume animal;
- substituir combustíveis fósseis por resíduos agrícolas e florestais, em centrais de produção elétrica, e usar biocombustíveis nos transportes.

### Gestão e tratamento da água e dos resíduos

- Utilizar produtos mais duráveis e mudar padrões de consumo;
- produzir eletricidade a partir do biogás resultante da decomposição da matéria orgânica de resíduos sólidos, em aterros sanitários e centros de tratamento de resíduos;
- usar tecnologias mais avançadas de tratamento de águas.

# Relatório especial do IPCC - Global warming of 1.5 °C

(publicado em outubro de 2018)

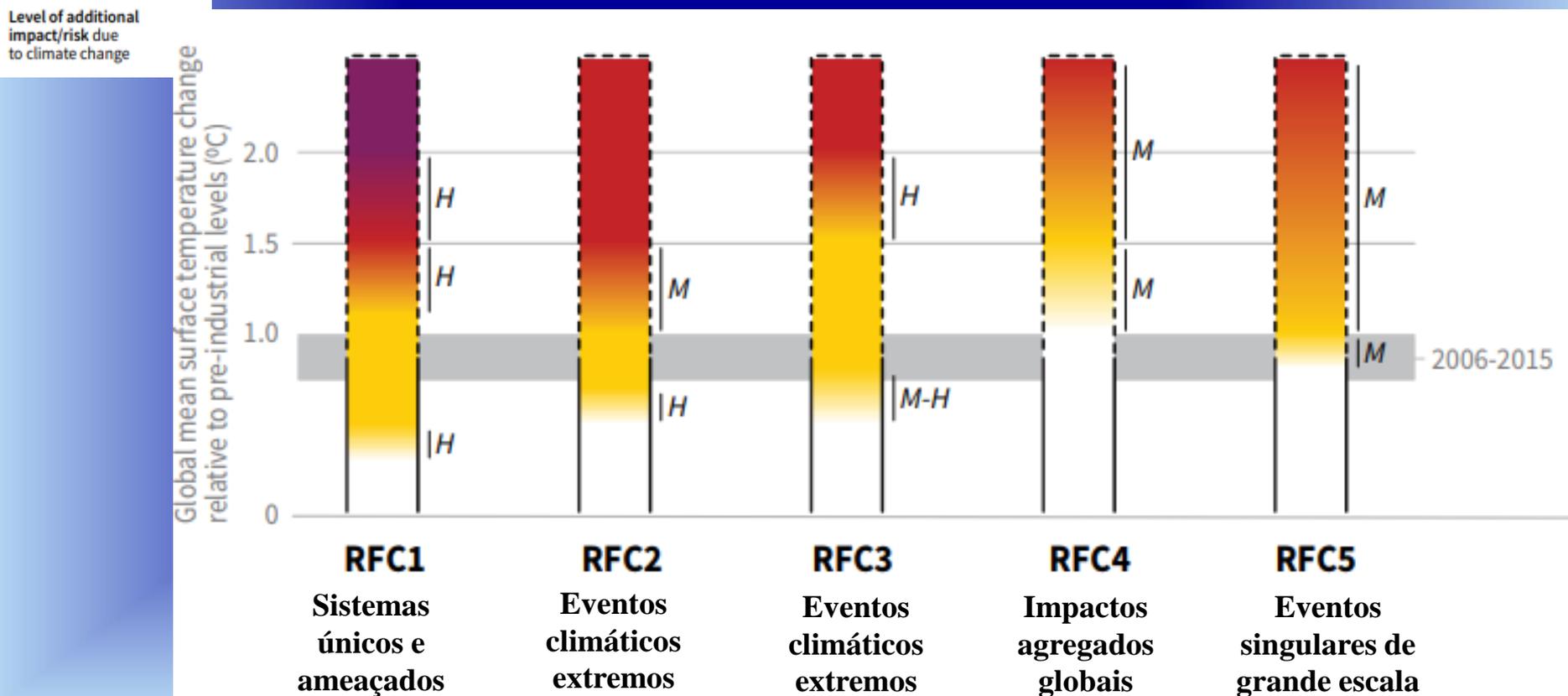
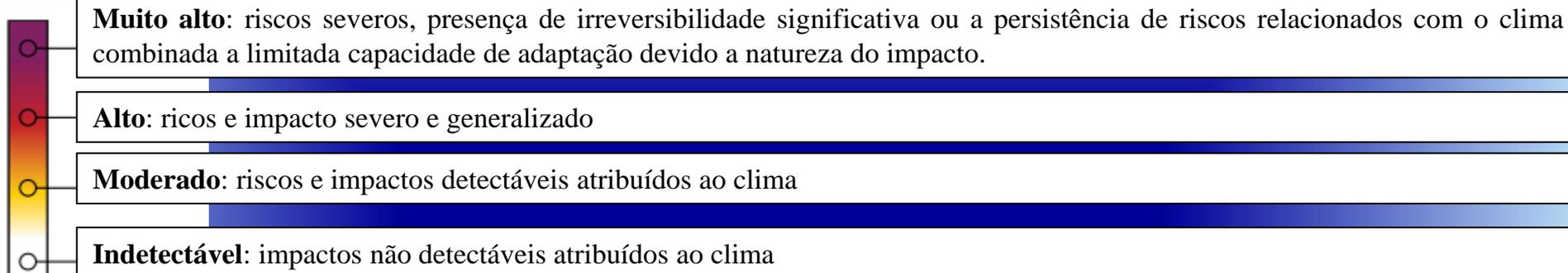
Destaca os impactos que poderiam ser evitados se limitar o aquecimento global a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais, enfatizando a importância de ação urgente para atingir tal meta.

- Revisão de milhares de referências atualizadas.
- Pode contribuir para orientar a tomada de decisões dos governos no aprimoramento de seus compromissos climáticos nacionais em relação ao Acordo de Paris (em 2015, manter abaixo de 2°C até 2100, por 195 nações).

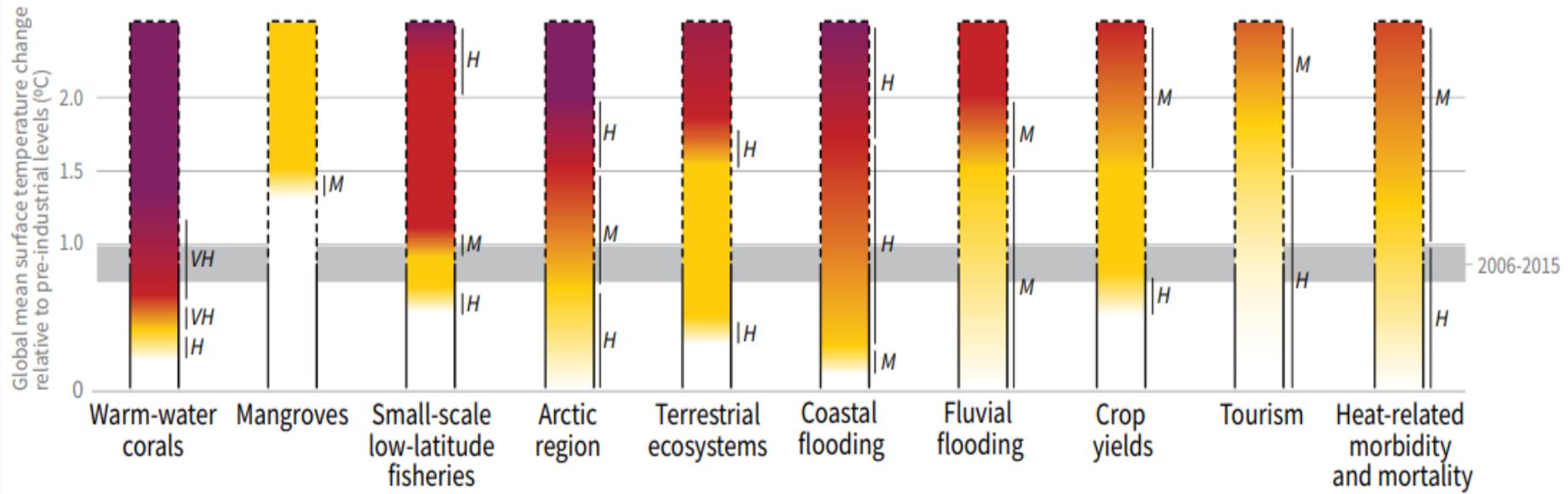
## Impactos e riscos associados aos motivos de preocupação (RFCs)

- **RFC1:** Sistemas únicos e ameaçados (sistemas ecológicos e humanos que possuem áreas geográficas restritas ao clima);
- **RFC2:** Eventos climáticos extremos (impacto na saúde humana, meios de subsistência, ecossistemas, etc.);
- **RFC3:** Distribuição de impactos (distribuição desigual de riscos físicos de mudança climática, exposição ou vulnerabilidade);
- **RFC4:** Impactos agregados globais (danos monetários globais, degradação em escala global e perda de ecossistemas e biodiversidade);
- **RFC5:** Eventos singulares de grande escala (mudanças relativamente grandes, abruptas e às vezes irreversíveis nos sistemas causadas pelo aquecimento global).

## Impactos e riscos associados aos motivos de preocupação (RFCs)



## Impactos e riscos para recursos naturais, sistemas humanos e gerenciados



- O relatório enfatiza a urgência para a tomada de medidas visando não exceder 1,5°C de aquecimento, visto que na maioria dos sistemas a necessidade de adaptação é reduzida com a redução do aquecimento. Existem limites de adaptação e capacidade adaptativa para alguns recursos humanos e naturais.
- Quanto mais exceder esse limite, maior será o risco associado a mudanças duradouras ou irreversíveis;
- O relatório também destaca caminhos disponíveis para limitar o aquecimento a 1,5 °C. Algumas ações já estão em andamento.

# Estudos e mudanças climáticas no Brasil

**Rede CLIMA** - criada pelo governo federal em 2007, para gerar e disseminar conhecimentos e tecnologias relacionados ao tema, contribuir para a formulação e acompanhamento de políticas públicas, contribuir para a concepção e a implementação de um sistema de monitoramento e alertas de desastres naturais para o país, entre outros;

**Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT)** - criados em 2008 pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), sendo uma grande rede de pesquisa ambiental;

**Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC)** - Reunir, sintetizar e avaliar informações científicas sobre os aspectos relevantes das mudanças climáticas no Brasil.

**Há vários resultados de modelagem regional das projeções de cenários futuros para o Brasil e estudo de impactos em diversas áreas.**

# Medidas de mitigação no Brasil

## Importantes ações:

- redução do desmatamento na Amazônia;
- redução do desmatamento no cerrado;
- reflorestamento para produção de carvão vegetal de origem renovável, a ser utilizado no setor siderúrgico;
- integração lavoura/pecuária, para limitar as emissões do setor agropecuário;
- eficiência energética;
- expansão da produção e uso de biocombustíveis;
- expansão da geração de energia elétrica de fontes renováveis;
- adequada coleta, disposição e tratamento de resíduos, incluindo a captura, queima e possível utilização como energético do biogás proveniente de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos e de estações de tratamento de esgotos.

Tabela 1.3 Ações de Mitigação da Política Nacional sobre Mudança do Clima

Setores	1990	2005	Variação 1990 - 2005	2020	Variação 2005-2020 Cenário de Referência	Redução de Emissões no ano de 2020 em relação ao Cenário de Referência
	Dados do Inventário	Dados do Inventário		Cenário de Referência		
	(Mt CO <sub>2</sub> -eq)	(Mt CO <sub>2</sub> -eq)	%	(Mt CO <sub>2</sub> -eq)	%	(Mt CO <sub>2</sub> -eq)
<b>Mudança de Uso do Solo</b>	813	1329	63%	1404	6%	
<b>Amazônia</b>				948		
<b>Cerrado</b>				323		
<b>Outros</b>				133		
<b>Agropecuária</b>	304	416	37%	730	75%	
<b>Energia</b>	192	329	71%	868	164%	234
<b>Processos Indus- triais + Resíduos</b>	82	119	45%	234	97%	
<b>TOTAL</b>	1389	2193	58%	3236	48%	1168 a 1259

Fonte: Decreto Federal do Brasil nº 7390 de 09 de dezembro de 2010.

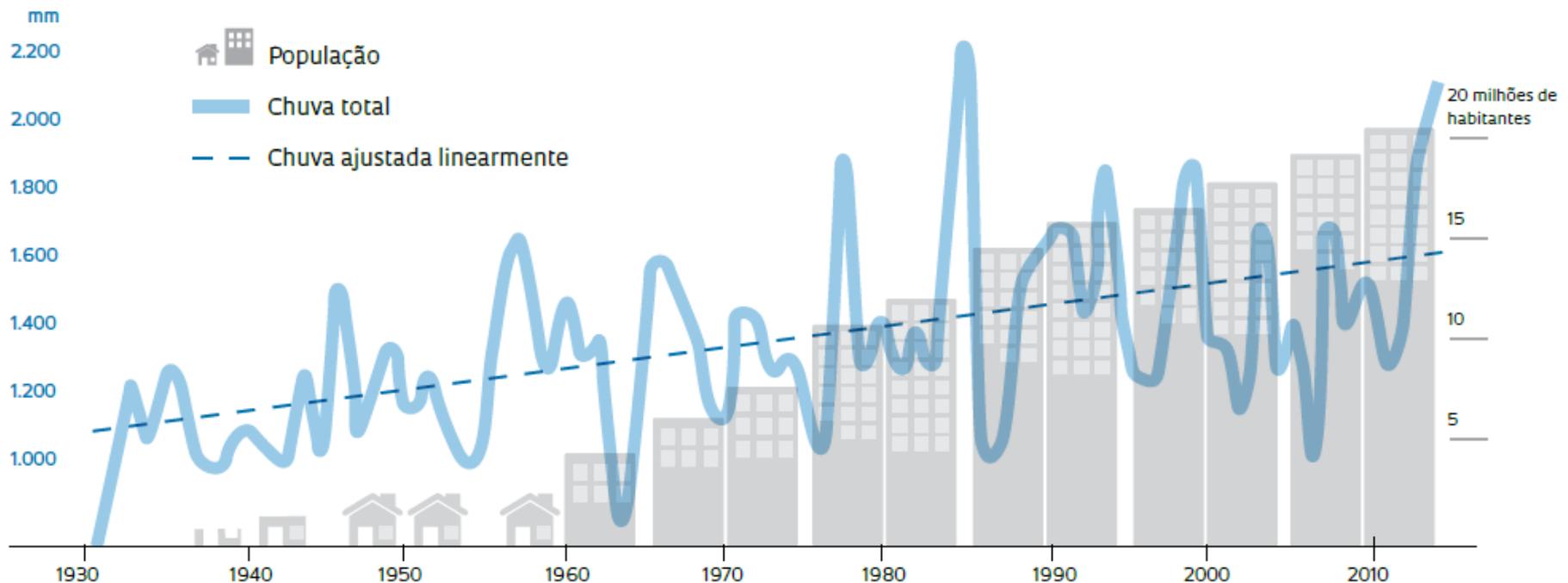
Fonte: Primeiro Relatório de avaliação nacional (PBMC, 2014).

**E os efeitos da ação humana  
no clima local?**

# Da garoa à tempestade: Estudo na Região Metropolitana de São Paulo (Silva dias, et. al. 2012)

## Uma metrópole cada vez mais úmida

Evolução do total anual de chuvas na Região Metropolitana de São Paulo



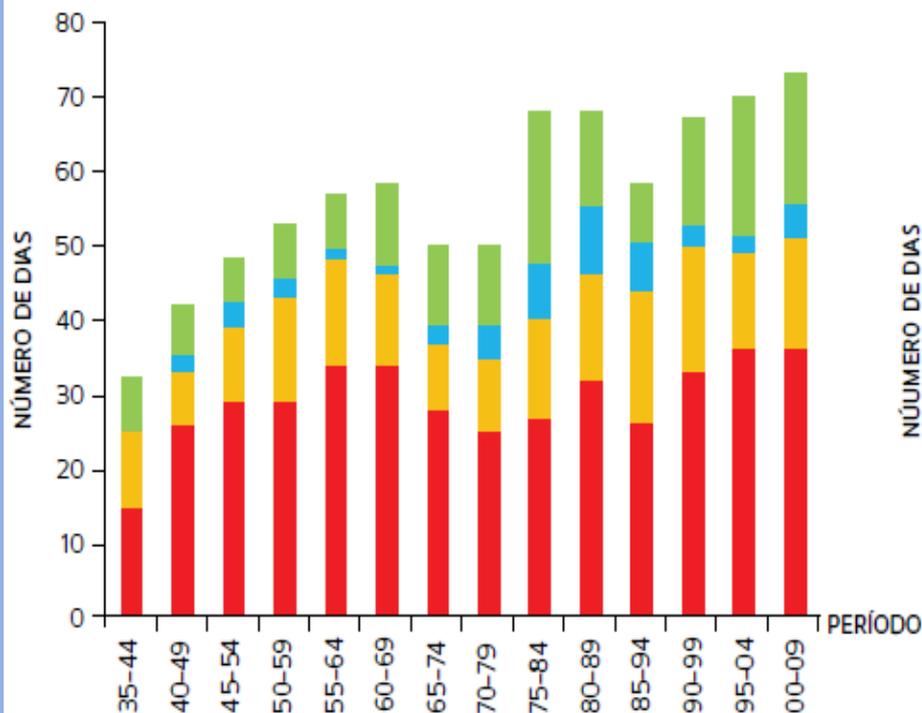
Os temporais se tornaram mais frequentes e a chuva aumentou 30% em São Paulo em 80 anos - Aumentou 425 milímetros

A quantidade de dias com chuva forte ou moderada cresceu, provocando inclusive tempestades no inverno, época normalmente seca.

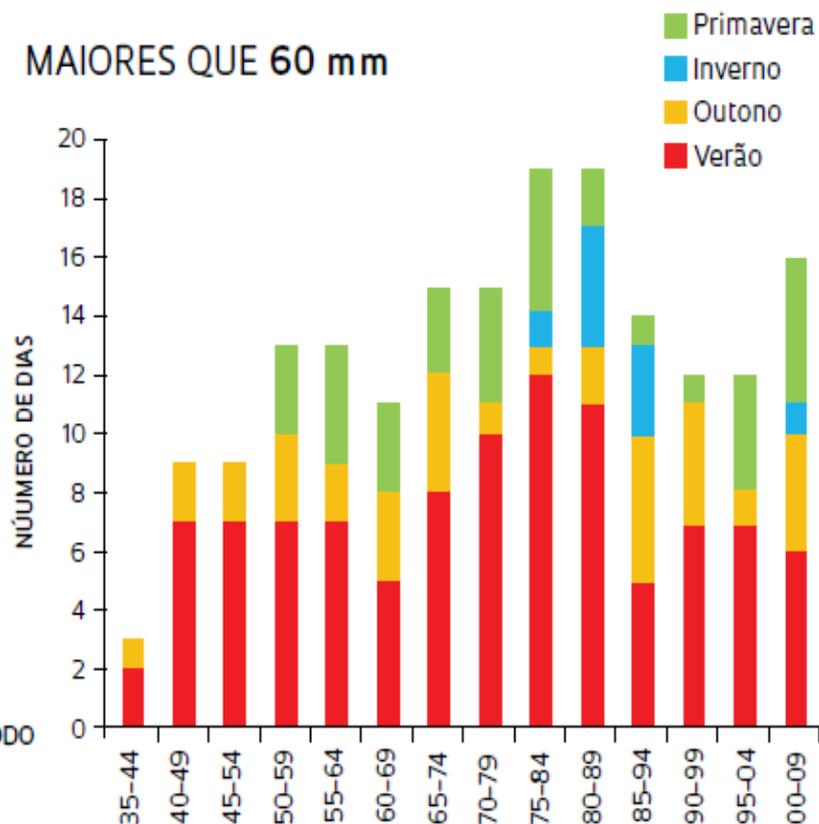
## A ESCALADA DOS TEMPORAIS

Nas últimas décadas, os dias de chuva forte se tornaram mais frequentes e as tempestades passaram a ocorrer até nos meses de inverno na região metropolitana

### CHUVAS SUPERIORES A 40 mm



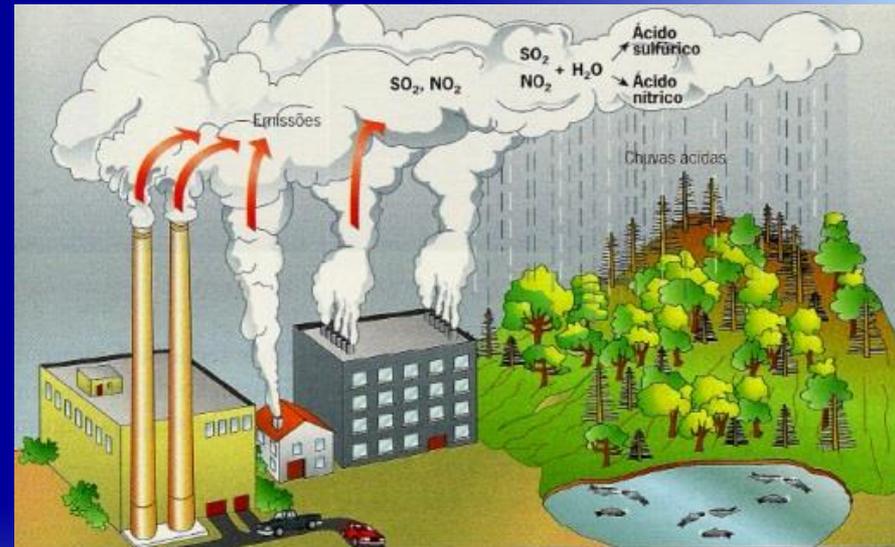
### MAIORES QUE 60 mm



O número de dias com chuva fraca, menor do que 5 mm, diminuiu.

## Possíveis causas:

“A urbanização e o chamado efeito ilha de calor, além da poluição atmosférica, parecem ter um papel importante na alteração do padrão de pluviosidade em São Paulo, em especial nas estações já normalmente mais úmidas, como primavera e verão”.



## Contribuição da Brisa marinha mais úmida

Boa parte das chuvas na Grande São Paulo ocorre entre o meio e o final da tarde - horário que a brisa termina de subir a serra e atinge a megalópole.

A temperatura superficial do Atlântico no litoral paulista aumentou cerca de 1° entre 1950 e 2010 (para 22,5°C)  
-> Aumento da taxa de evaporação  
-> Brisa marinha mais úmida.

### A brisa marinha traz chuva para a região metropolitana

O oceano está mais quente, a taxa de evaporação aumentou e o vento que sobe a serra se tornou mais úmido

BRISA MARINHA

ATLÂNTICO



(Silva dias, et. al. 2012)

SÃO PAULO

A brisa marinha costuma chegar em São Paulo no meio da tarde



SERRA DA CANTAREIRA

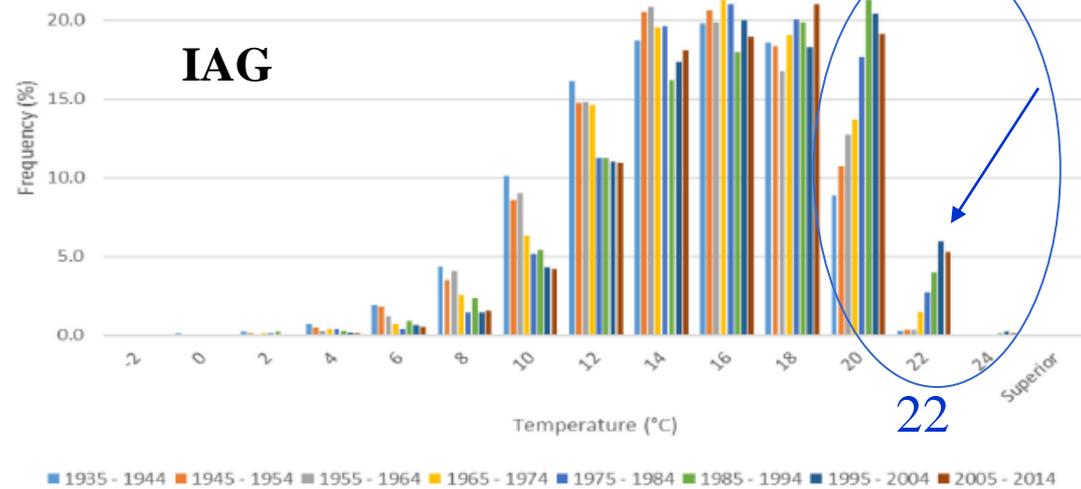
O efeito ilha de calor da mancha urbana potencializa as chuvas vespertinas

“A zona Sudeste é geralmente o primeiro lugar da capital que sente os efeitos da brisa. A estrutura interna das cidades, com muitos prédios altos, altera a direção dos ventos e pode até provocar a ascensão da brisa marinha em certos pontos da região metropolitana e provocar chuva.”

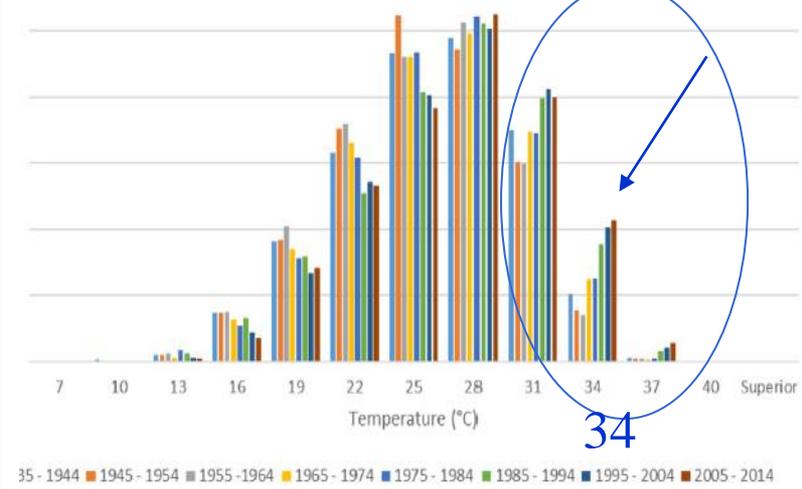
# RMSP mais quente e com chuvas mais intensas (Lima e Rueda, 2018)

## Frequência de Tmin

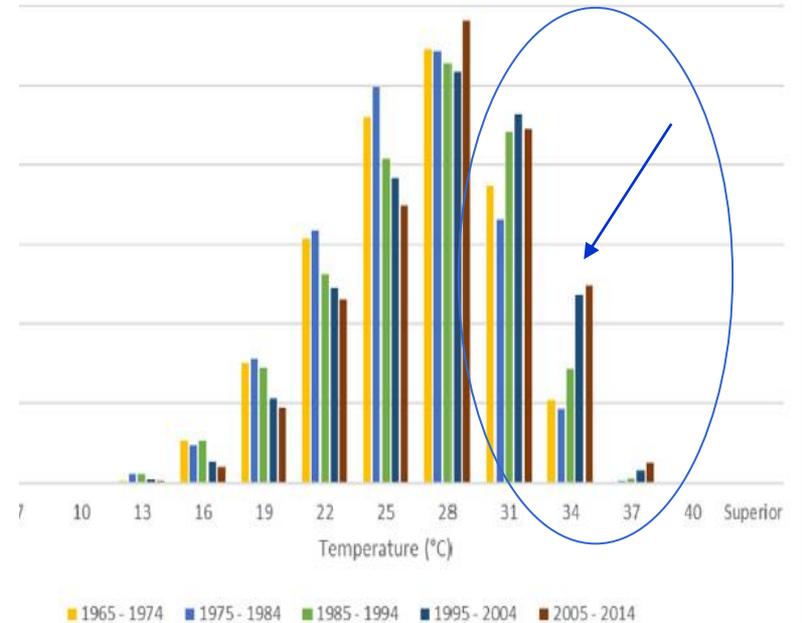
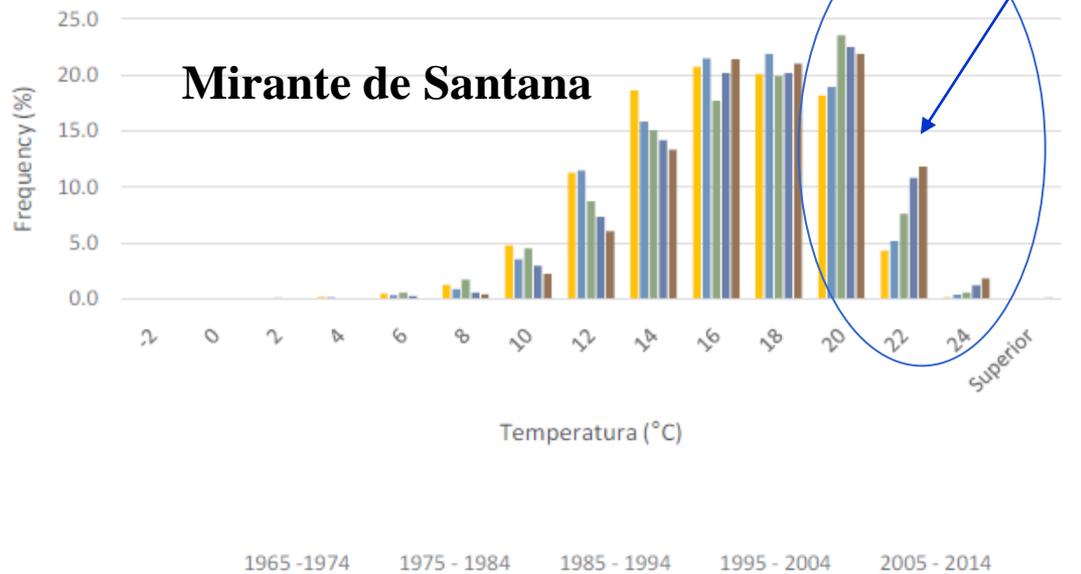
IAG



## Frequência de Tmax

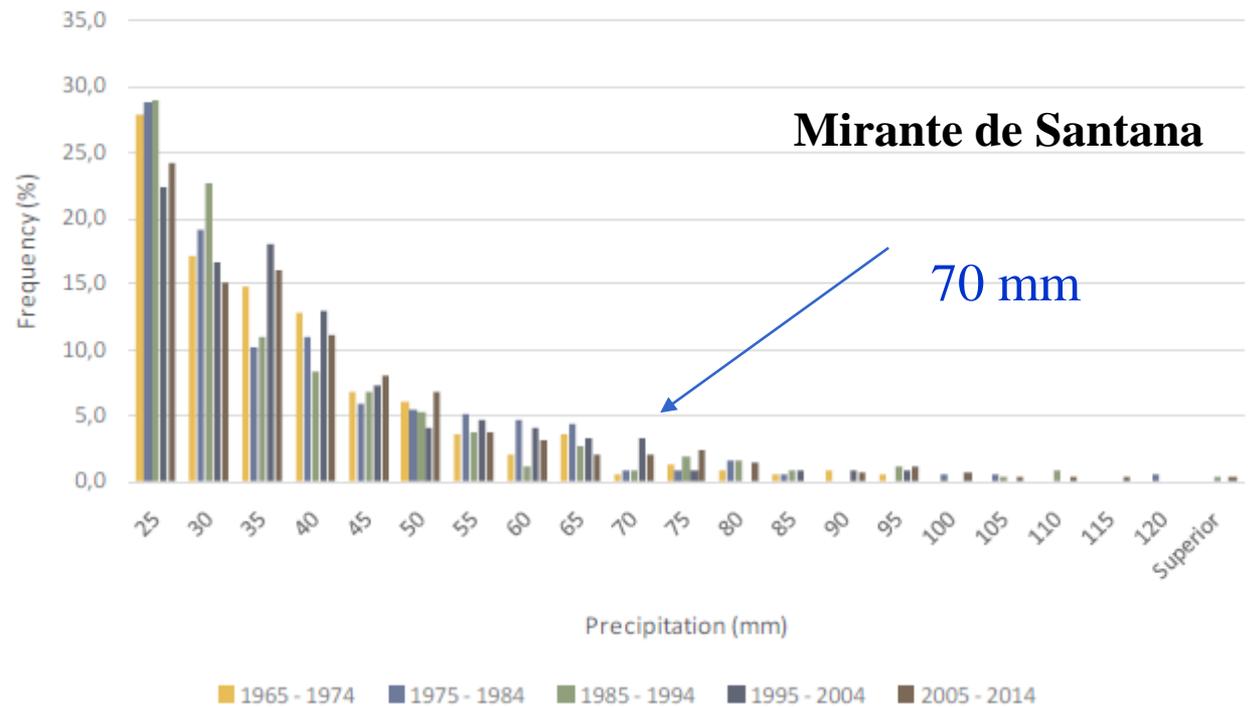
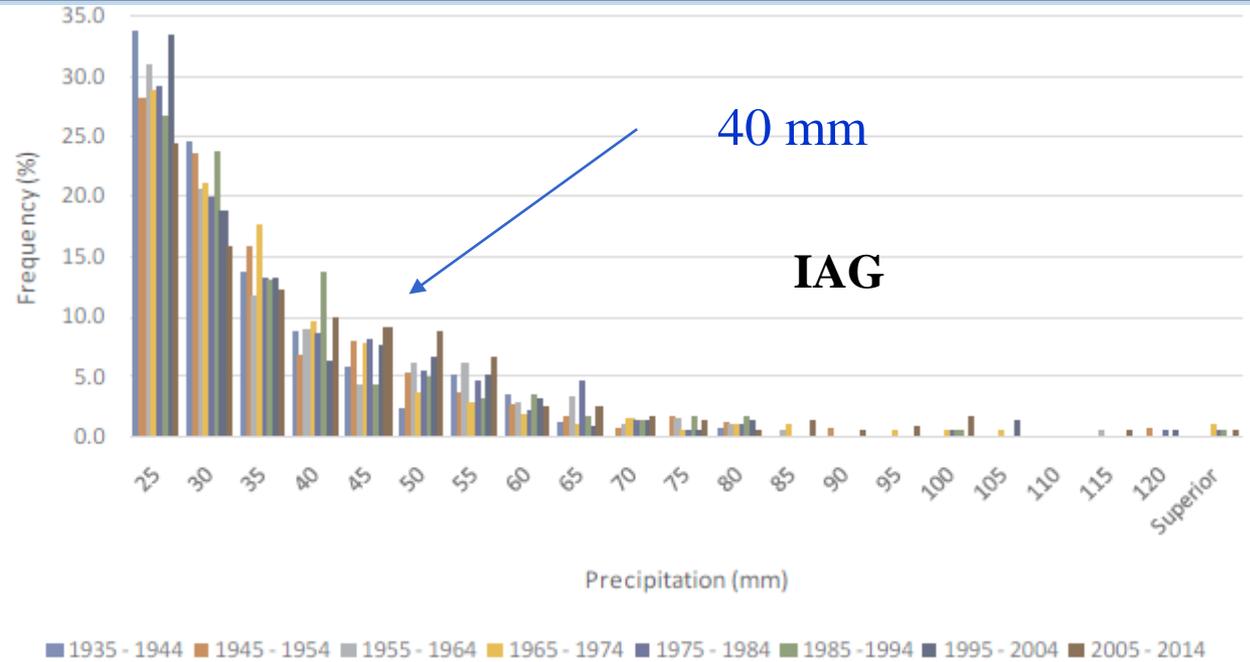


Mirante de Santana



**RMSP mais quente e com chuvas mais intensas (Lima e Rueda, 2018)**

**Frequência Precipitação diária**



# Vegetação e o clima urbano

As áreas verdes urbanas constituem-se em importantes instrumentos para a regulação do clima urbano, manutenção da biodiversidade, controle de poluição atmosférica e sonora, atenuação da erosão e inundação na malha urbana, além dos aspectos paisagísticos, de lazer e recreativos na cidade (Carvalho, 2001).

- **Evapotranspiração:** reduz temperatura (e a ilha de calor) e aumenta umidade do ar;
- **Interação com a radiação solar:** reflexão (albedo ~ 25%, dependendo da densidade, índice de área foliar e altura), protege dos efeitos da radiação, produz sombra às edificações (atenuação da ilha de calor);
- **Interceptação precipitação:** reduz a quantidade chuva que atinge a superfície e facilita a infiltração da água (minimiza alagamentos);
- **Rugosidade e obstáculo:** interferem na direção e velocidade dos ventos (amenizando e direcionando os fluxos de ar);
- **Qualidade do ar:** absorção de CO<sub>2</sub> (reduz o efeito estufa), retenção de partículas inaláveis.

# Referências

- GIORGI, F. Climate change prediction. *Climatic Change*, v. 73, p. 239-265, 2005.
- LIMA, G. N.; RUEDA, V. M. The urban growth of the metropolitan area of Sao Paulo and its impact on the climate. *Weather Clim. Extrem.* 2018, 21, 17–26.
- MARENGO, J. A. et al. Ensemble Simulation of Interannual Climate Variability using the CPTEC/COLA AGCM for the período 1982-1991. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2000, Anais.
- MARENGO, J. Mudanças Climáticas: Detecção e Cenários Futuros para o Brasil até o final do Século XXI. In: I.F.A. Cavalcanti, N.J. Ferreira, M.G.A.J. Silva, M.A.F. da Silva Dias. *Tempo e Clima no Brasil*. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, v. 1, p. 408-424, 2009b.
- MEARNS, L. O.; HULME, M.; CARTER, T. R.; LEEMANS, R., LAL, M.; WHETTON, P. H. Climate Scenario Development. In: HOUGHTON, J. T.; DING, Y.; GRIGGS, D. J.; NOGUER, M., VAN DER LINDEN, P. J.; XIAOXU, D. (eds.), *Climate change 2001: the scientific basis*. Capítulo 13, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press, Cambridge, UK, p. 739–768, 2001.
- Silva Dias, M. A. F. ; Dias, J. ; Silva Dias, P. L. ; Freitas, E. D. ; Carvalho, L. M. V. . Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil. *Climatic Change*, v. 116, p. 3, 2012.
- PBMC, 2014: Mitigação das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 3 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Bustamante, M. M. C., Rovere E.L.L, (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 463 pp.
- PBMC, 2016: Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 116p. ISBN: 978-85-285-0344-9
- TORRES, R. R. Análise de incertezas em projeções de mudanças climáticas na América do Sul . Tese de Doutorado. São José dos Campos : INPE, 2014.

# Referências

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

<http://revistapesquisa.fapesp.br/?art=2430&bd=1&pg=2&lg=>

[http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/IPCC\\_WG2AR5\\_SPM\\_Approved.pdf](http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/IPCC_WG2AR5_SPM_Approved.pdf)

[http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5\\_SPM\\_brochure\\_es.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_brochure_es.pdf)

[http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press\\_releases/pr\\_989\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_989_en.html)

[http://www.iee.usp.br/sites/default/files/Relatorio\\_IPCC\\_portugues\\_2015.pdf](http://www.iee.usp.br/sites/default/files/Relatorio_IPCC_portugues_2015.pdf)

[https://www.climaedumedia.com/uploads/4/8/3/1/48317615/modulo\\_iv\\_ciencia.pdf](https://www.climaedumedia.com/uploads/4/8/3/1/48317615/modulo_iv_ciencia.pdf)