

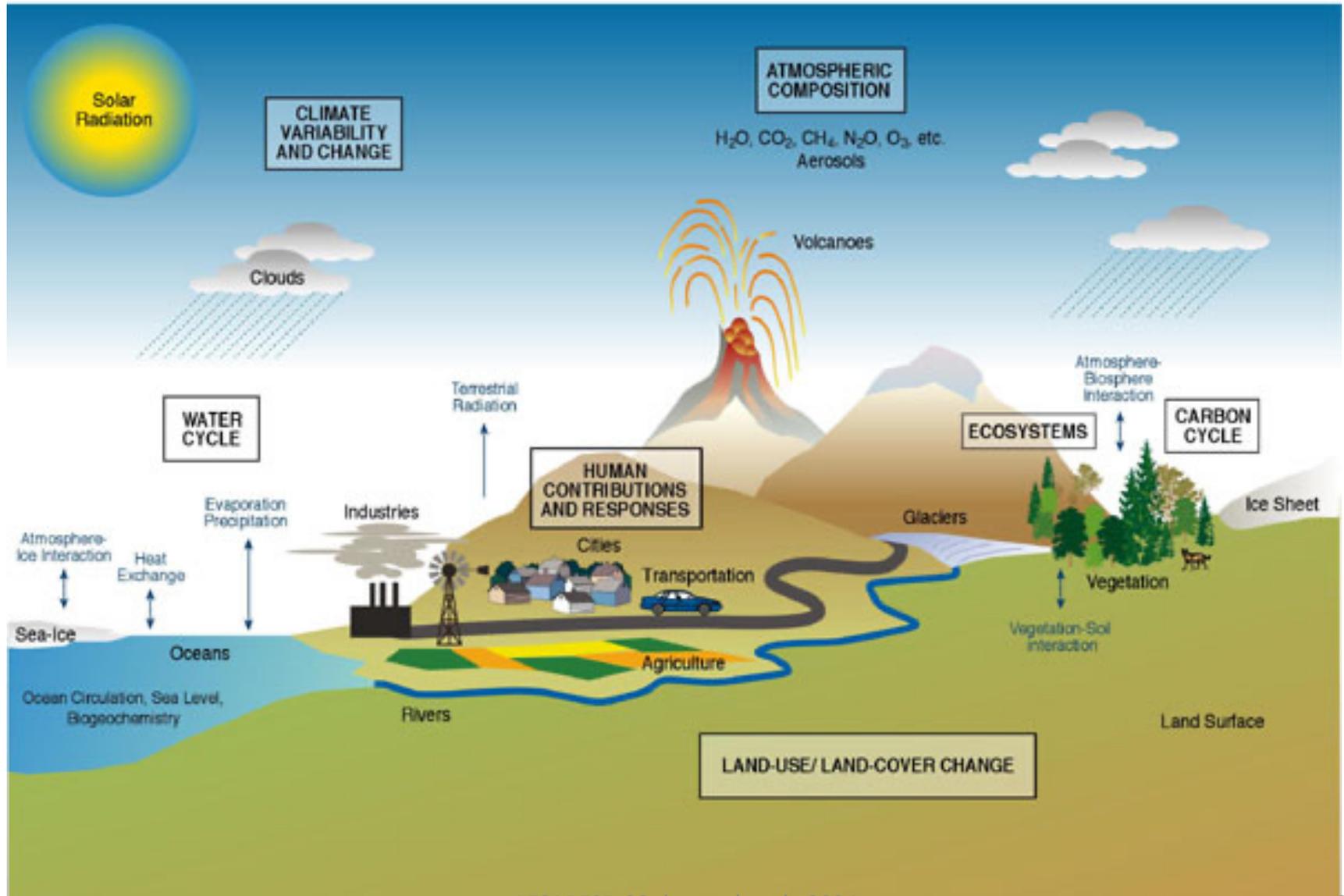


# IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas: a dinâmica de trabalho dos autores

**Chou Sin Chan**

[Chou.chan@inpe.br](mailto:Chou.chan@inpe.br)

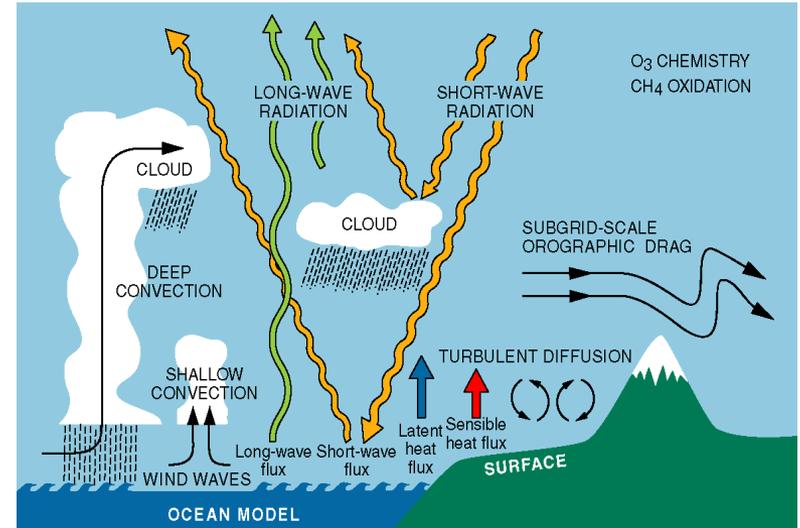
# O SISTEMA CLIMÁTICO



# Como são produzidas as simulações do clima?

## MODELOS CLIMÁTICOS GLOBAIS / MODELOS DO SISTEMA TERRESTRE

- O modelo atmosférico utiliza equações da física (eq. Navier-Stokes) de conservação de massa, energia e de momentum angular para prever temperatura, vento, pressão atmosférica e umidade, etc.
- Processos físicos como produção de nuvens e chuva, trocas radiativas, turbulência atmosférica, fluxos turbulentos a superfície, arrasto por ondas de gravidades são incluídos nos modelos a partir de esquemas de parametrização.

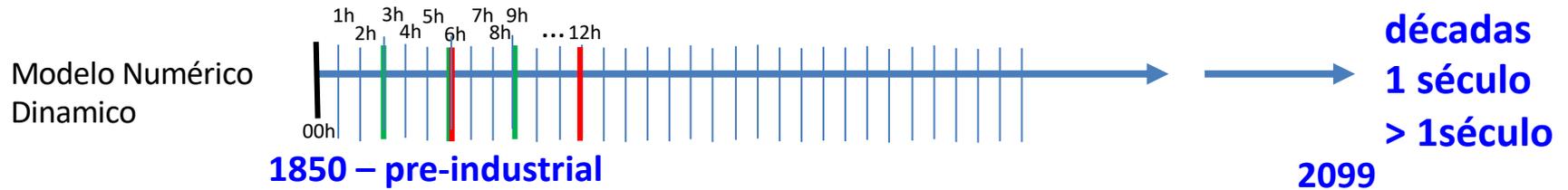


A T M O S P H E R E	STRATOSPHERE	DYNAMICS-RADIATION-SIMPLIFIED CHEMISTRY		
	TROPOSPHERE	DYNAMICS-RADIATION-CLOUDS-ENERGY & WATER CYCLE		
O C E A N  L A N D	OCEAN	LAND HYDROSPHERE	LAND BIOSPHERE	
	OCEAN SURFACE WAVES OCEAN CIRCULATION SIMPLIFIED SEA ICE	SNOW ON LAND SOIL MOISTURE FREEZING	LAND SURFACE PROCESSES SOIL MOISTURE PROCESSES SIMPLIFIED VEGETATION	

- O acoplamento do modelo atmosférico a modelos oceânico, de biosfera e hidrológicos permite incluir os processos de interação entre a atmosfera e superfície da terra e dos oceanos que são importantes para caracterização do clima.

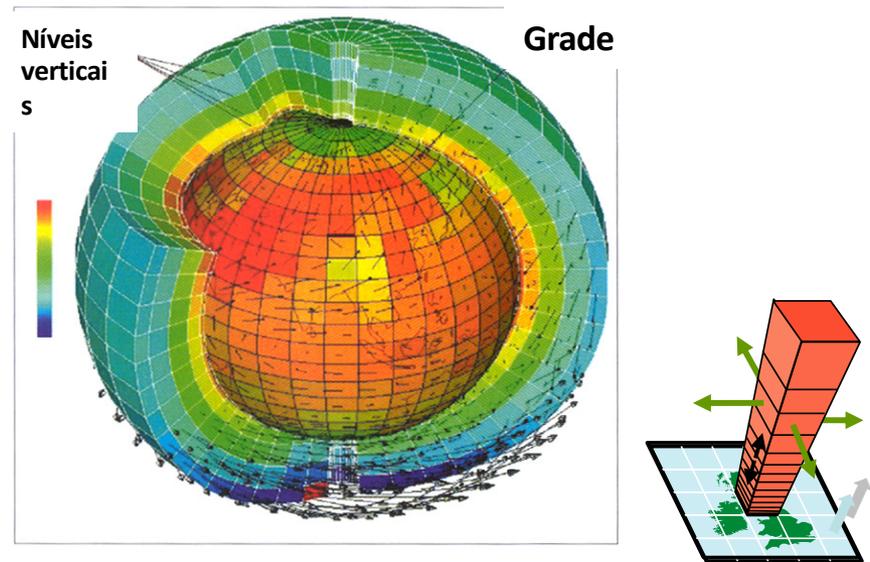
# Como são produzidas as simulações do clima?

## Que informações fornecem os Modelos Numéricos de Clima ?

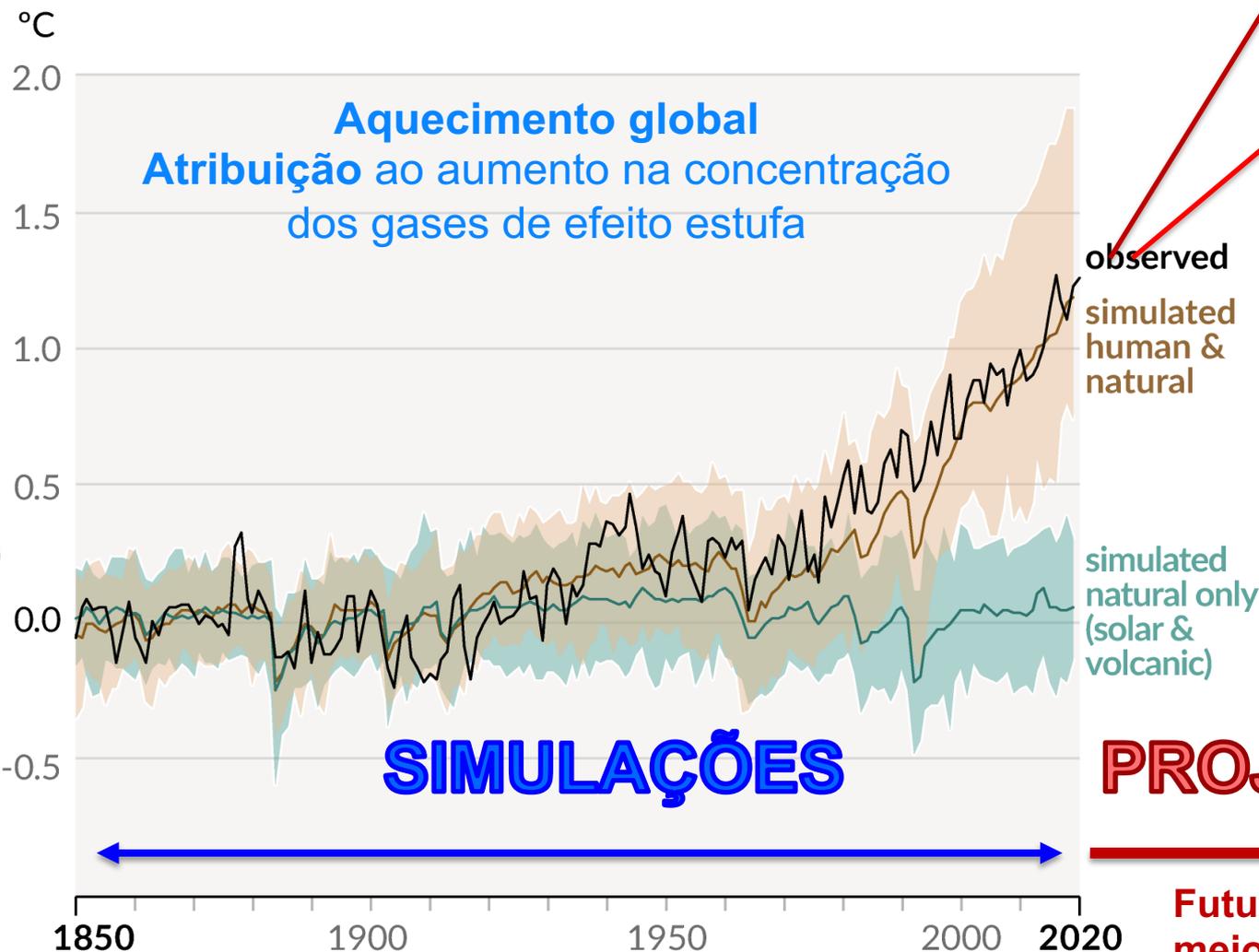


### Variáveis de saída dos modelos numéricos

- Temperatura,
- Vento,
- Umidade Relativa,
- Chuva,
- Pressão atmosférica
- Evaporação
- Radiação solar, terrestre,
- Nuvens
- Gelo nas nuvens
- Índices de instabilidade
- Umidade do solo
- Temperatura do solo
- Temperatura do mar
- Correntes marítimas
- etc
- etc



b) Change in global surface temperature (annual average) as **observed** and simulated using **human & natural** and **only natural** factors (both 1850-2020)



Cerca de 60 modelos globais climáticos



# Como são produzidas as projeções de mudanças climáticas ?

\*1

## Construção dos cenários de emissão dos Gases de Efeito Estufa (GEE)

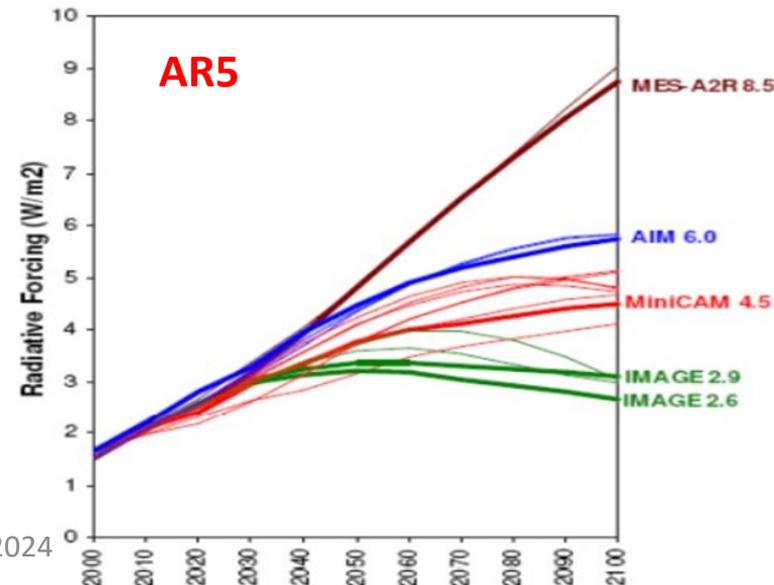
O que aconteceria com as emissões se:

- o mundo tomar o rumo de desenvolvimento exacerbado?
- no meio do século for empregada energia na forma de hidrogênio verde?
- Conseguirmos manter a temperatura global média abaixo de 2oC?
- Se não conseguir implementar ações para NetZero?

## Uso de: IAM – Integrated Assessment Models

Consideram:

- o crescimento populacional,
- o crescimento econômico de base,
- a mudança tecnológica,
- as políticas de mitigação
- Uso da terra,
- etc



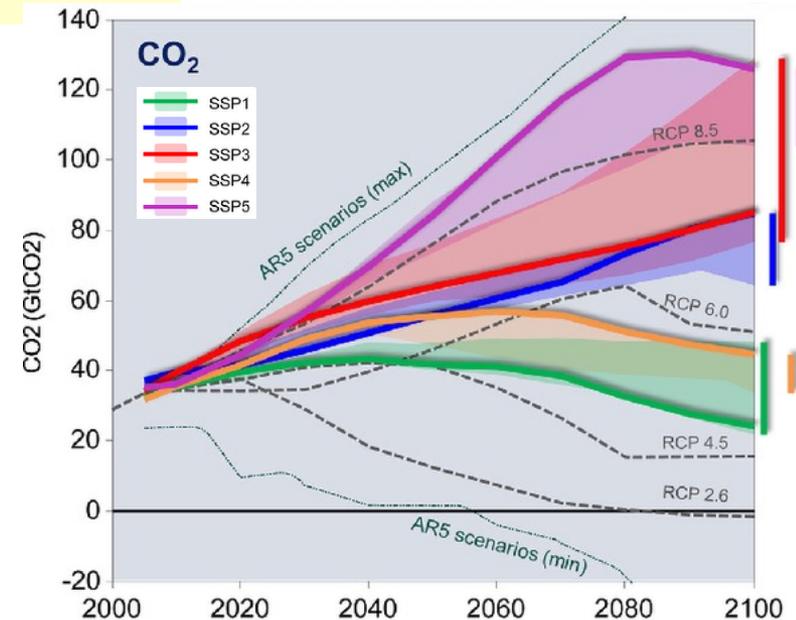
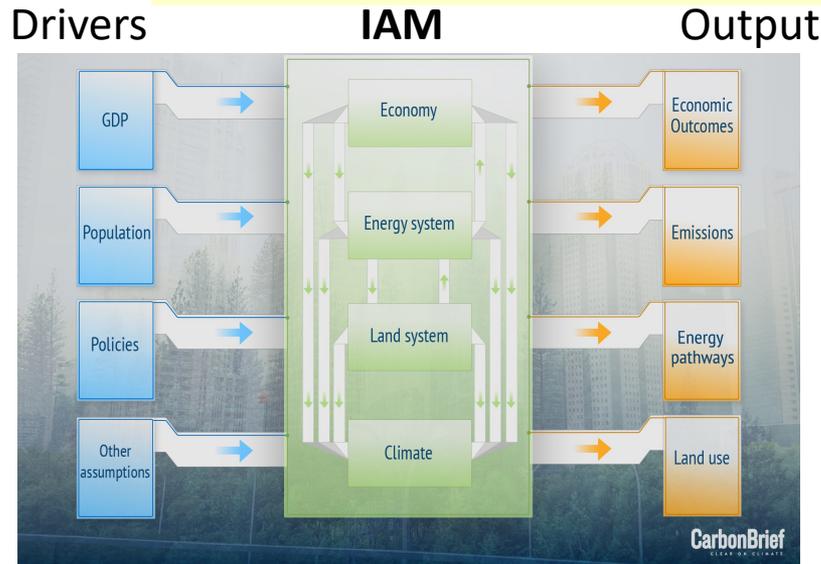
# Como são produzidas as projeções de mudanças climáticas ?

\*1

Os cenários consistem em dois elementos (Suposições)

1. ('**narratives**') um conjunto qualitativo de narrativas que descrevem diferentes futuros da sociedade (O'Neill et al., 2017a), e
2. ('**drivers**') um conjunto quantitativo de medidas de desenvolvimento em diferentes escalas espaciais.

AR6



Region	Model - Scenario	Variable	Unit	2005	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
World	REMIND-MAGPIE - SSP5-45	Diagnostics MAGICC6 Concentration CO2	ppm	379.850	390.505	414.846	442.562	473.042	502.388	527.418	546.074	559.147	567.641	573.710
World	REMIND-MAGPIE - SSP5-60	Diagnostics MAGICC6 Concentration CO2	ppm	379.850	390.505	414.854	443.956	479.799	520.112	562.371	603.330	640.685	673.437	702.393

Exemplos de IAM de SSP: MESSAGE, AIM, IMAGE, GCAM, REMIND, WITCH

AESABESP, 23 de outubro de 2024

(Riahi et al,<sup>7</sup> 2017)

# Como são produzidas as projeções de mudanças climáticas ?

\*2

## ***Coupled Model Intercomparison Project – CMIP***

Projeto organizado para coordenar as atividades da comunidade de modelos climáticos globais e apoiar relatórios do IPCC numa abordagem de Multi-Modelos climáticos (CMIP3, CMIP5, CMIP6, CMIP7)

*“CMIP6 model results are a crucial part of the IPCC report. They provide detailed information about the role of human activities in driving historical climate change, and they provide quantitative projections of future climate”.*

Greg Flato (IPCC vice-chair)

2 categorias de modelos climáticos:

Uso de **CGCM** – Coupled Global Climate Models

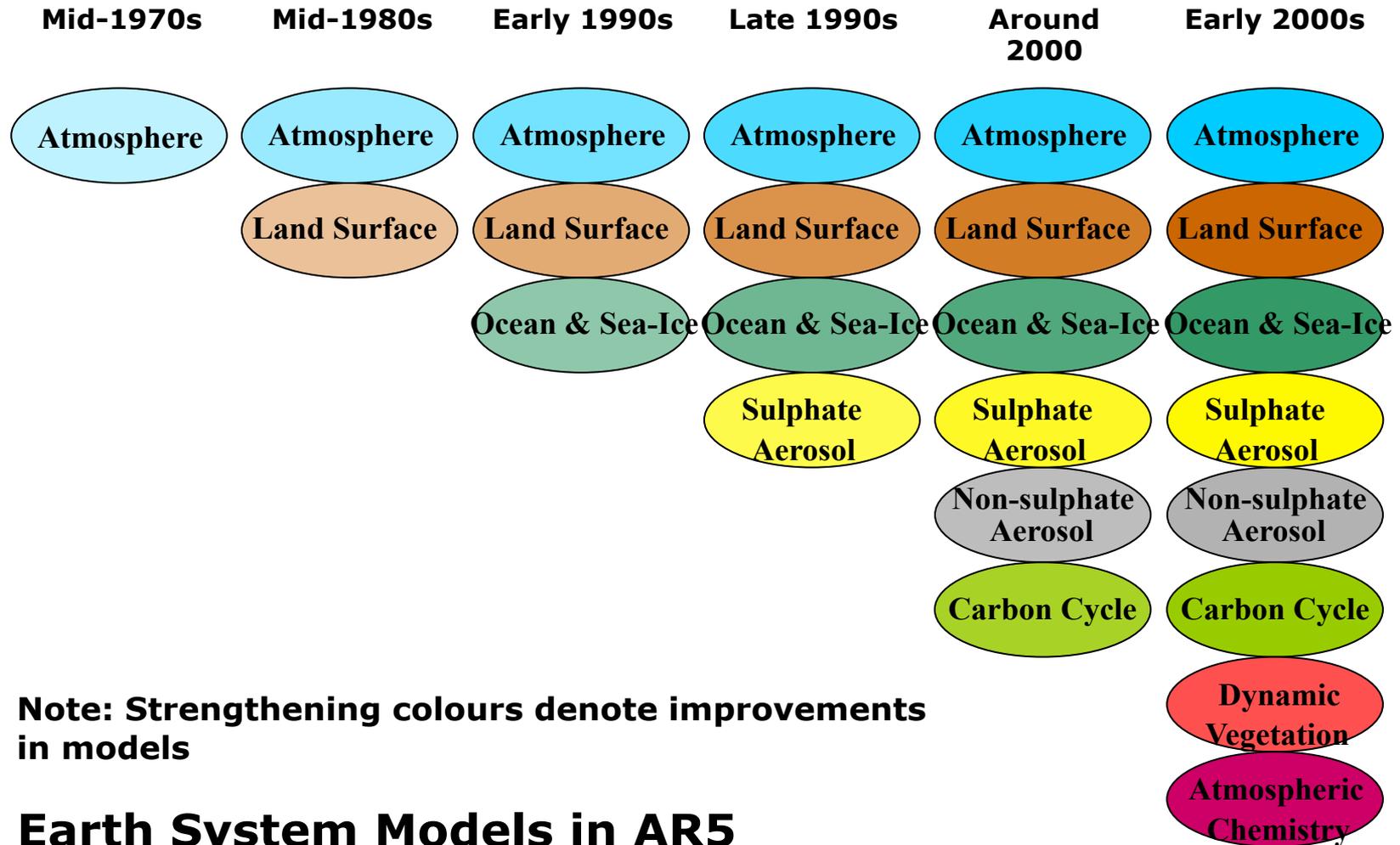
Concentrações prescritas de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O

Uso de **ESM** – Earth System Models

Emissões de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O

**ESM** possuem ciclo de carbono, ciclo de Nitrogênio, Ciclo de Enxofre, vegetação dinâmica

# Histórico de desenvolvimento dos modelos numéricos



**Note: Strengthening colours denote improvements in models**

## Earth System Models in AR5

# Exemplo Modelos Globais CMIP6 - IPCC ,2021

institution full name country	Models	Main reference S	Atmosphere 1) Component name 2) resolution (km) and number of levels 3) Top 4) references	Aerosol 1) Component name 2) emission-driven or prescribed 3) references	Atmospheric Chemistry 1) Component name 2) details 3) references	Ocean 1) Component name 2) horizontal resolution and number of levels 3) vertical grid 4) references	Cryosphere 1) Sea ice 2) Land ice	Land 1) component name 2) reference	Land carbon Active processes	ocean interactive biogeochemistry 1) component name 2) reference
<b>MOHC</b> Met Office Hadley Centre <b>U.K.</b>	<b>HADGEM3-GC31-LL</b> <b>HADGEM3-GC31-MM</b>	(Williams et al., 2018) (Kuhlbrodt et al., 2018) (Sellar et al., 2019)	1) MetUM-HadGEM3-GA7.1 2) <b>LL: 140 km, 85L</b> <b>MM: 60 km, 85L</b> 3) Top 85 km	1) UK-GLOMAP 2) emission-driven 3) (Mulcahy et al., 2020)	none	1) NEMO-HadGEM3-GO6.0 2) <b>LL : 70 km, 75L</b> <b>MM:20 km, 75L</b>	1) CICE HadGEM3-GSI8 (Ridley et al., 2018b)	JULES-HadGEM3-GL7.1	none	none
<b>MIROC consortium</b> <b>JAMSTEC, AORI, NIES, R-CCS</b> <b>Japan</b>	<b>MIROC-ES2L</b> <b>MIROC-ES2H</b> <b>MIROC6</b>	ES2L: (Hajima et al., 2020) ES2H : (Kawamiya et al., 2020) MIROC6: (Tatebe et al., 2019)	ES2L: 1) CCSR AGCM 2) 250 km, 40L; 3) Top 40 km ES2H, MIROC6: 1) CCSR AGCM 2) 120 km, 81L; 3) Top 80 km	1) SPRINTARS 2) emission-driven 3) (Takemura et al., 2000, 2005, 2009)	ES2L, MIROC6: 2) prescribed oxidants ES2H: 1) CHASER 2) interactive 3) (Sudo et al., 2002b, 2002a; Morgenstern et al., 2017)	1) COCO4.9 2) 80 km, 63L 3) z	1) COCO4.9	MIROC6: MATSIRO6.0 (Takata et al., 2003; Nitta et al., 2014, 2017) ES2L & ES2H MATSIRO6.0 And visit-e ver 1.0 (Hajima et al., 2020)	MIROC6: none ES2L & ES2H Land carbon N cycle	OECO v2.0
<b>EC-Earth consortium</b> <b>Europe</b>	<b>EC-Earth3</b> <b>EC-Earth3-LR</b> <b>Options:</b> <b>AerChem,</b> <b>Veg</b>	(Döscher et al., 2021)	1) IFS cy36r4 2) EC-Earth3: 80 km, 91L; EC-Earth3-LR: 120 km, 62L 3) EC-Earth3: Top 80 km EC-Earth3-LR: Top 36 km	EC-Earth3 2) Prescribed, MACv2-SP <b>AerChem:</b> 1)TM5 2) emission-driven 3) (van Noije et al., 2014, 2020)	EC-Earth3 none <b>AerChem:</b> 1) TM5 2) interactive 3) (van Noije et al., 2014, 2020)	<b>NEMO3.6</b> 2) 70 km, 75L 3) z	1) LIM3 (Rousset et al., 2015)	EC-Earth3 1) H-TESSSEL 2) (Balsamo et al., 2009) <b>Veg:</b> 1) H-TESSSEL and LPJ-GUESS 2) (Smith et al., 2014)	EC-Earth3 none <b>Veg:</b> N cycle Prog. Veg Fires	none
<b>EC-Earth</b>	<b>EC-Earth3-CC</b>	(Döscher et al., 2021)	1) IFS cy36r4 2) 80 km, 91L; 3) Top 80 km	2) prescribed, MACv2-SP	none	NEMO3.6 2) 70 km, 75L 3) z	1) LIM3 (Rousset et al., 2015)	1) H-TESSSEL and LPJ-GUESS 2) (Smith et al., 2014)	Land carbon N cycle Prog. Veg Fires	PISCES v2
<b>CCCMA</b> <b>Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis</b>	<b>CanESM5</b> <b>CanESM5-CanOE</b>	(Swart et al., 2019)	1) CanAM5 2) 250 km, 49L 3) Top 48. km	2) emission-driven 3) (von Salzen et al., 2013)	2) specified oxidants, interactive sulfur 3) (von Salzen et al., 2013)	2) NEMO3.4.1 2) 70 km, 45 L 3) z	1) LIM2	1)Physics, CLASS3.6 Biogeochemistry, CTEM1.2 2) (Verseghy, 2000; Arora and Boer, 2010)	Land carbon	CanESM5: CMOC CanESM5- CanOE: CanOE

# Como são produzidas as projeções de mudanças climáticas ?

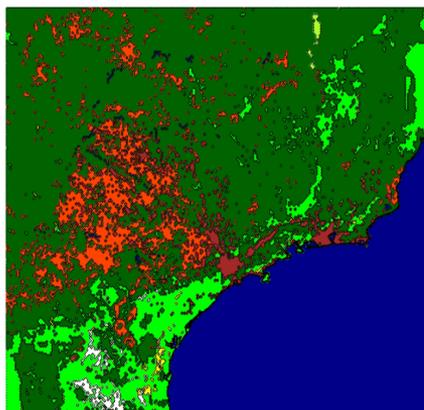
\*3

## Quando é necessária a alta resolução horizontal?

1. Topografia complexa

2. Corpos d'água

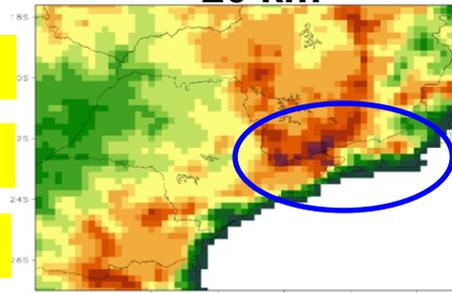
3. Linha da costa



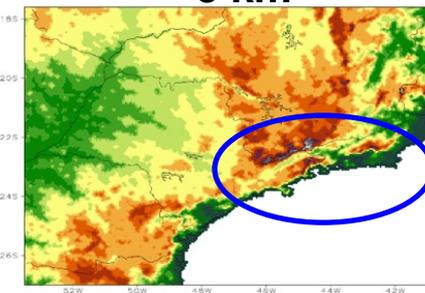
- 00
- 01 Broadleaf-Evergreen Trees (Tropical Forest)
- 02 Broadleaf-Deciduous Trees
- 03 Broadleaf and Needleleaf Trees (Mixed Forest)
- 04 Needleleaf-Evergreen Trees
- 05 Needleleaf-Deciduous Trees (Larch)
- 06 Broadleaf Trees with Groundcover (Savanna)
- 07 Groundcover Only (Perennial)
- 08 Broadleaf Shrubs with Perennial Groundcover
- 09 Broadleaf Shrubs with Bare Soil
- 10 Dwarf Trees and Shrubs with Groundcover (Tundra)
- 11 Bare Soil
- 12 Cultivations (The Same Parameters as for Type 7)
- 13 Glacial (The Same Parameters as for Type 11)
- 14 Urban and Built-Up Land

5. Eventos extremos climáticos

20 km



5 km



4. Vegetação heterogênea / uso da terra

Gradientes horizontais mais intensos >> advecção mais intensa >> tendências mais intensas

Convergência, confluência, deformação mais intensas

# Como são produzidas as projeções de mudanças climáticas ?

\*3

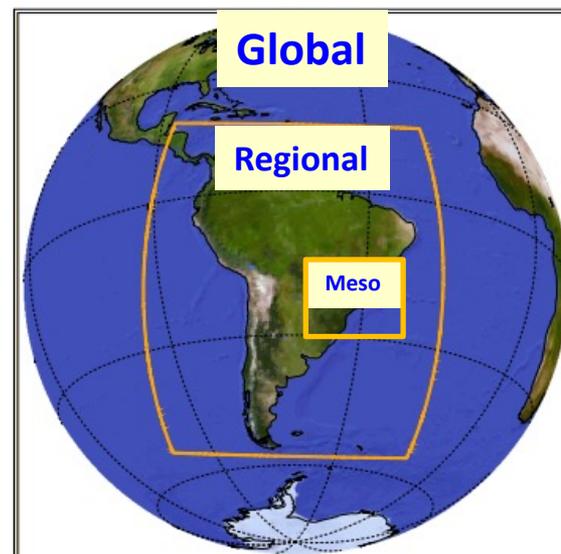
## DOWNSCALING DINÂMICO: Modelos Climáticos Regionais

CORDEX

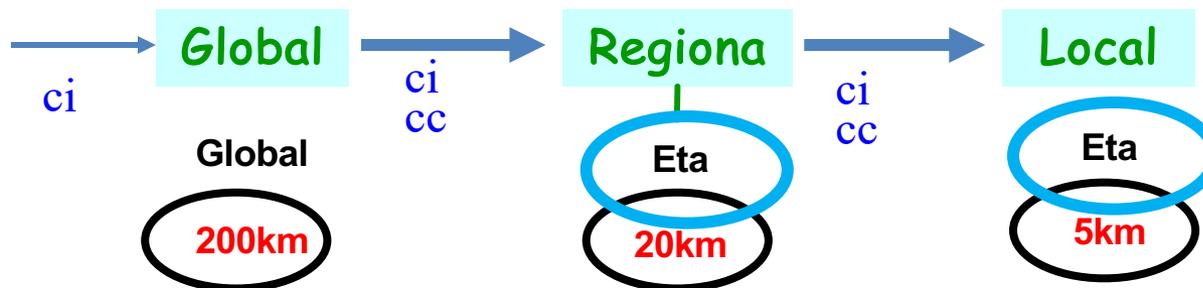
**Globais:** Acompanhamento dos padrões de escala sinótica para todo o globo.

**Regionais:** Aplicação semelhante aos modelos globais, mas com resolução maior sobre uma área limitada de interesse.

**Mesoescala/Local:** Acrescenta detalhes aos padrões de escala sinótica previstos no modelo regional.



### Hierarquia dos modelos



# Conjunto de diferentes categorias de modelos para projetar os Impactos das Mudanças Climáticas

\*1

Construção de Cenários de Emissões

Integrated Assessment Models

\*2

Projeções Climáticas Globais  
Temperatura, precipitação, pressão, etc.

Modelos Climáticos Globais /  
Modelos do Sistema Terrestre

\*3

Downscaling Detalhamento Regional  
Topografia, vegetação, evento extremo, etc.

Modelos Climáticos Regionais

\*4

Análise de Impactos, Riscos  
Enchentes, Secas, energia, produtividade agrícola etc.

modelos hidrológicos,  
modelos de energia,  
modelos de produtividade agrícola  
etc

**USUÁRIOS SETORIAIS**  
(saúde, energia, agricultura, recursos hídricos)  
Vulnerabilidade, Adaptação

# COMO ANALISAR OS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NOS RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO, EXEMPLOS?

**Perigos**

**indicadores**

Analisar as tendências/mudanças nos eventos extremos (*hazards*):

## INUNDAÇÃO/DRENAGEM URBANA, SAÚDE

R99p, R95p, R80, Rx1day,  
CWD, Rx5DAY



## DESABASTECIMENTO de ÁGUA

CDD, Precipitação, temperatura, Prec  
– Evap (disponibilidade hídrica),  
+Modelo hidrológico >> vazao

## TEMPESTADES/INFRAESTRUTURA

R95p + Vento95p  
Índices de instabilidade



## BAIXA QUALIDADE DA ÁGUA

CDD, +Modelo hidrológico >> vazao

## ONDAS DE CALOR /SAUDE

Tx90p, WSDI, HW, UHI

## AR MUITO SECO

UR < 30%, CDD, Tmax

Indicadores de condições  
climáticas favoráveis a incêndios



**OBRIGADA!**

[Chou.chan@inpe.br](mailto:Chou.chan@inpe.br)  
[Chou.inpe@gmail.com](mailto:Chou.inpe@gmail.com)

