

Cenários da mudança climática em Portugal

Mariana Bernardino & Fátima Espírito Santo, IPMA
4 de junho de 2015



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



instituto português do mar e da atmosfera



Alterações Observadas no Sistema Climático

Desde 1950 têm-se observado alterações em todo o sistema climático:

- aquecimento da atmosfera e do oceano
 - diminuição da extensão e do volume de neve e gelo
 - subida do nível do mar
- e
- alterações na variabilidade climática, incluindo fenómenos extremos

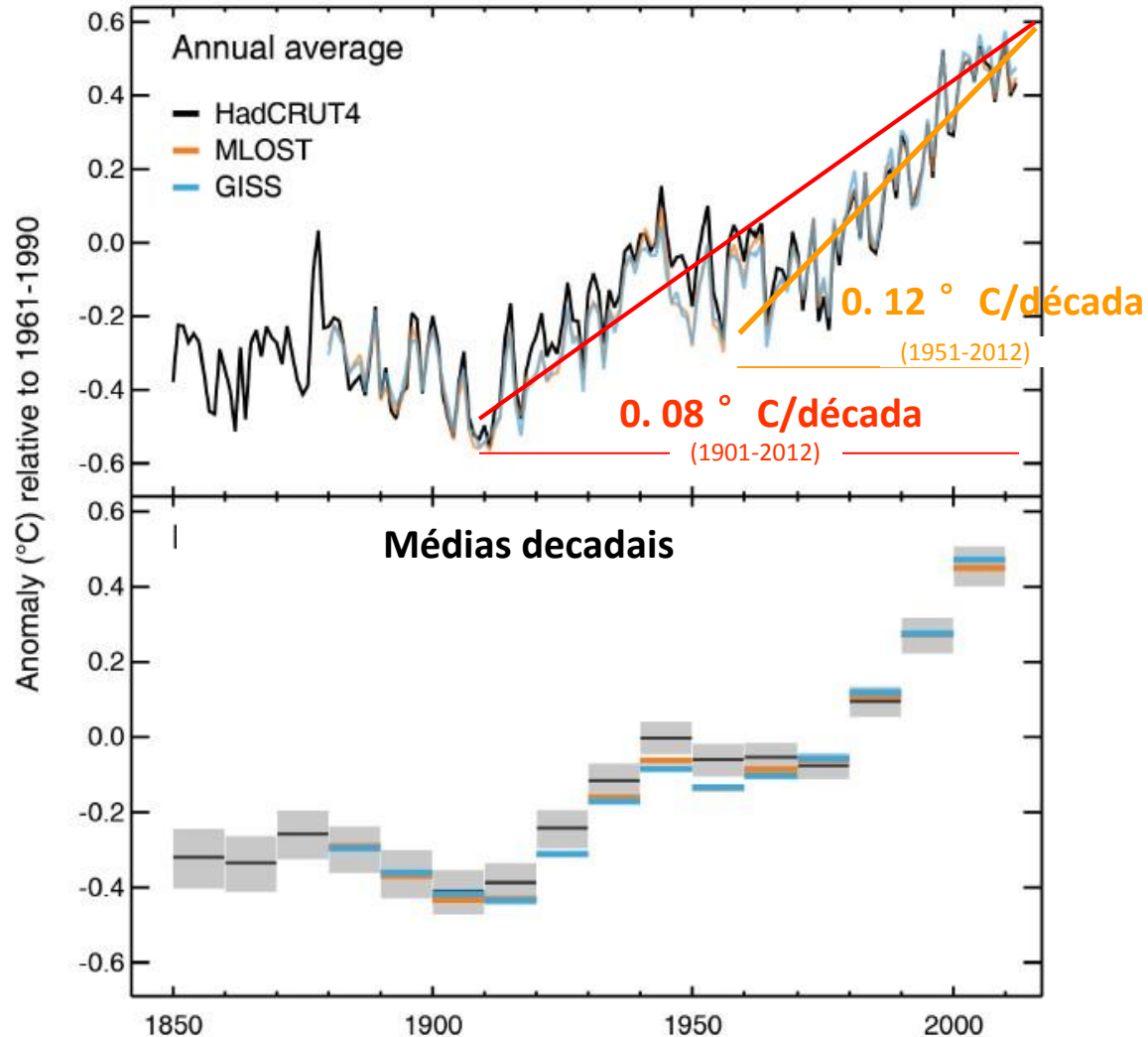
Algumas das alterações observadas são raras ou sem precedentes em escalas de tempo de décadas a milénios.

Há sinais diversos e complementares de alterações no clima da Terra.

- As últimas 3 décadas foram sucessivamente mais quentes e mais quentes do que qualquer das décadas depois de 1850
- O período 1983-2012 foi provavelmente o mais quente de qualquer trinténio nos últimos 1400 anos

IPCC, 2013

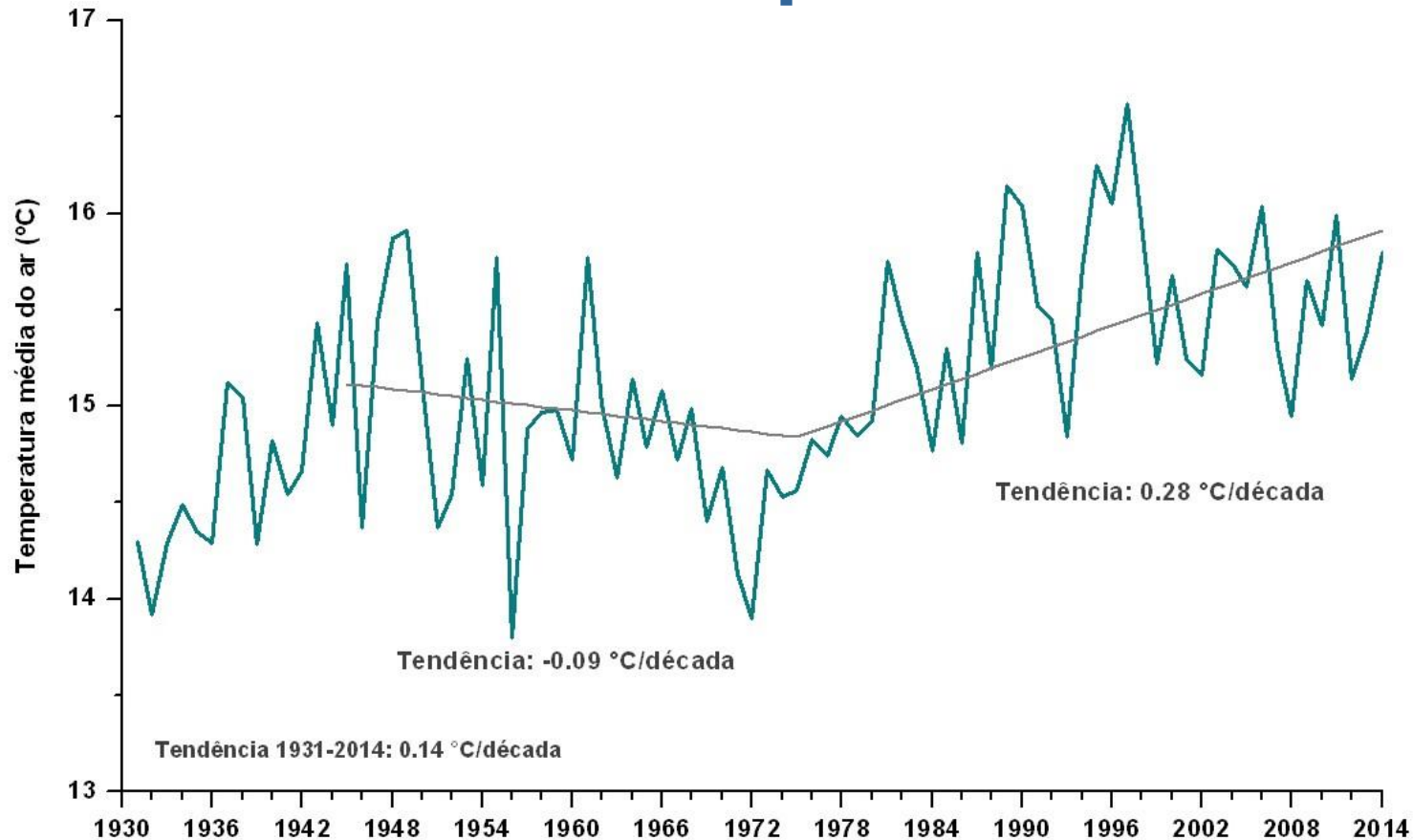
(a) Média global da temperatura do ar à superfície



Tendências Observadas em Portugal

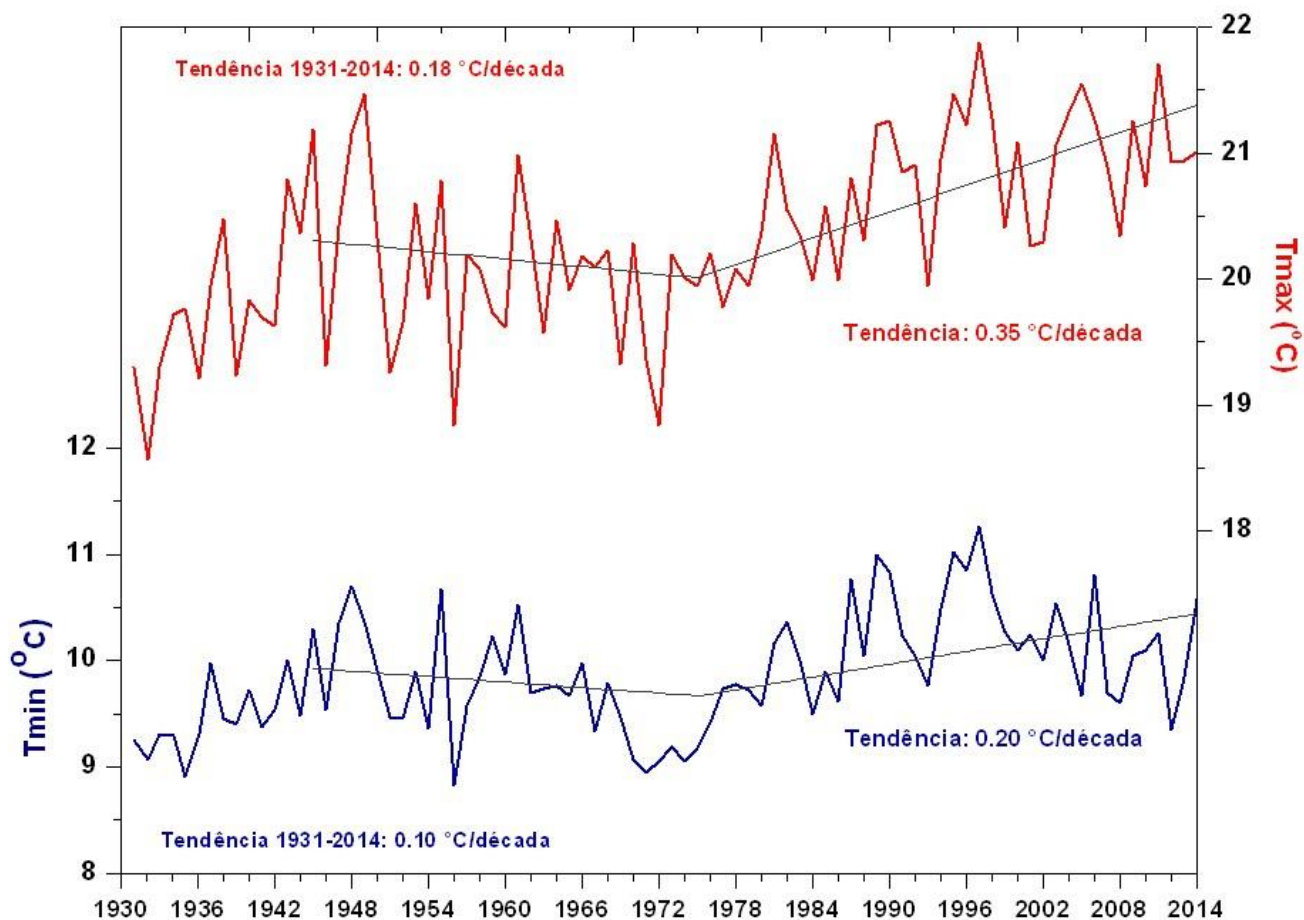
Alterações Observadas do Clima Actual

Temperatura



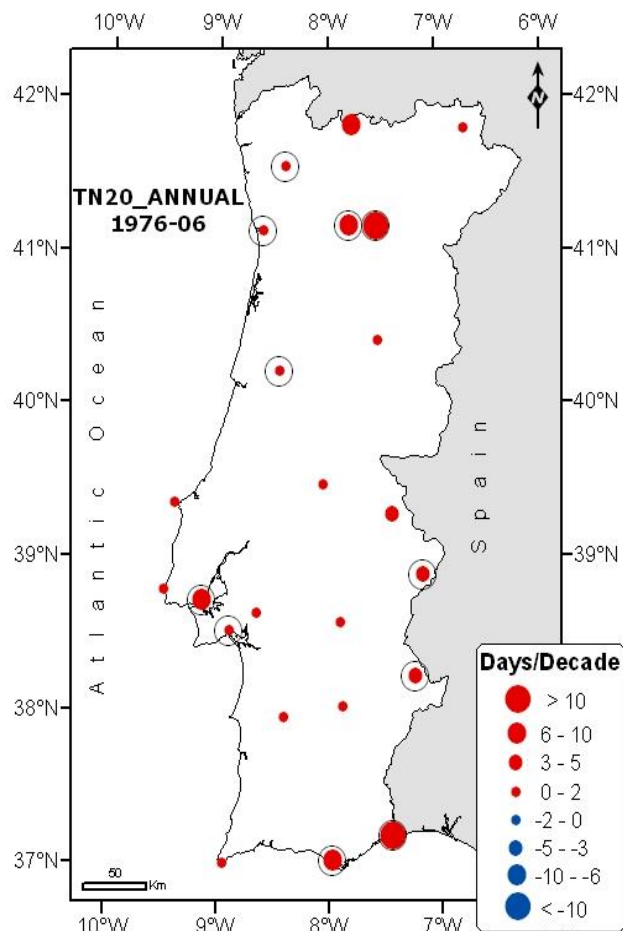
Alterações Observadas do Clima Actual

Temperatura

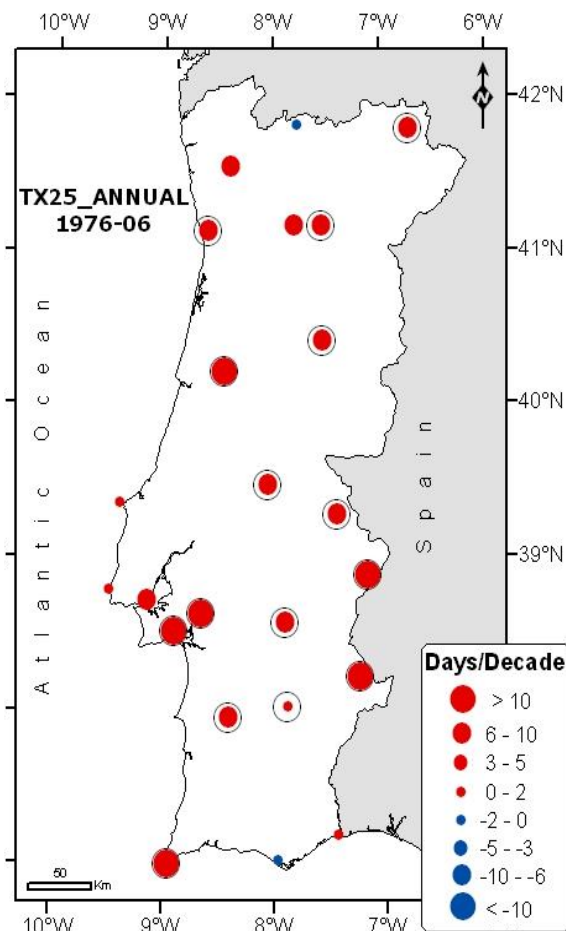


Desde 1976, aumento no # de extremos de temperatura (calor):

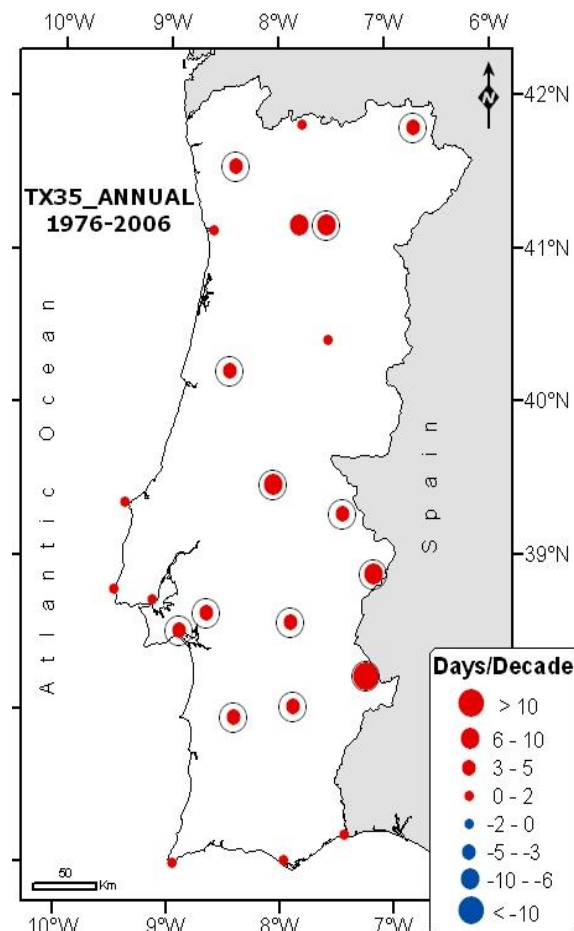
Noites Tropicais



Dias de Verão



Dias muito quentes

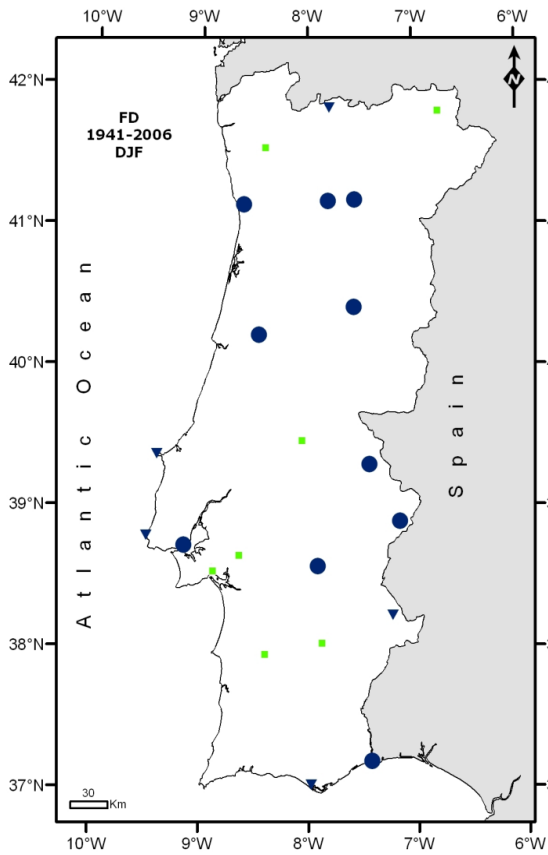


Tendências estatisticamente significativas a 5% marcadas com um círculo

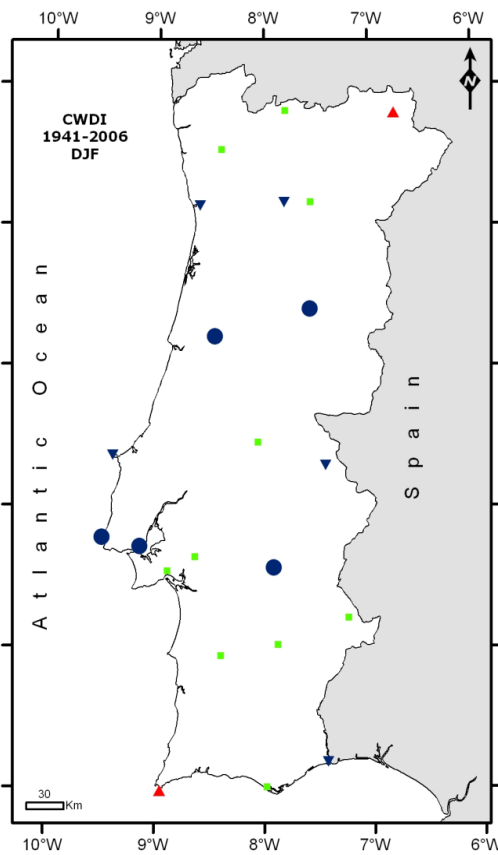
Fonte: Ramos AM, RM Trigo, FE Santo (2011)

Extremos de temperatura (frio)

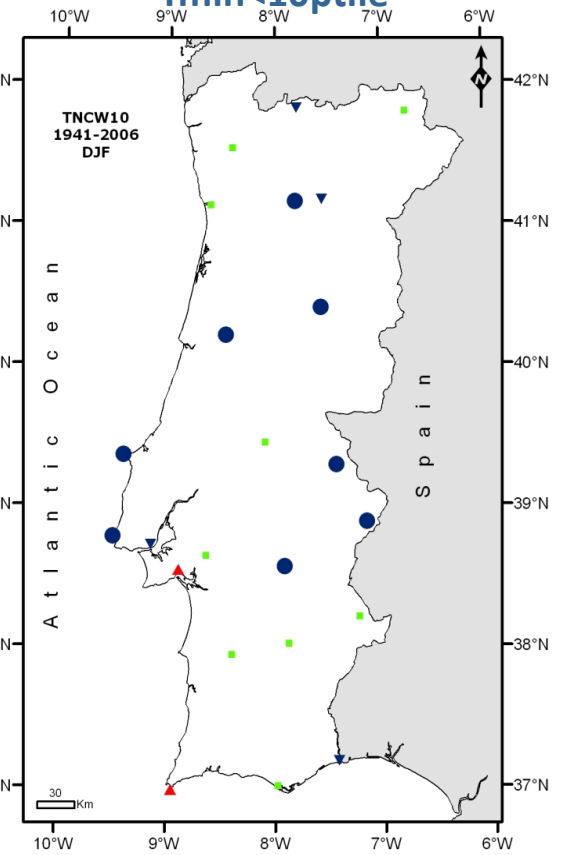
Dias com geada



Onda de frio



Max. # dias consecutivos com $T_{min} < 10^{\text{optile}}$



Os símbolos estão dimensionados de acordo com a magnitude da tendência: vermelho corresponde às tendências crescentes e azul às decrescentes)

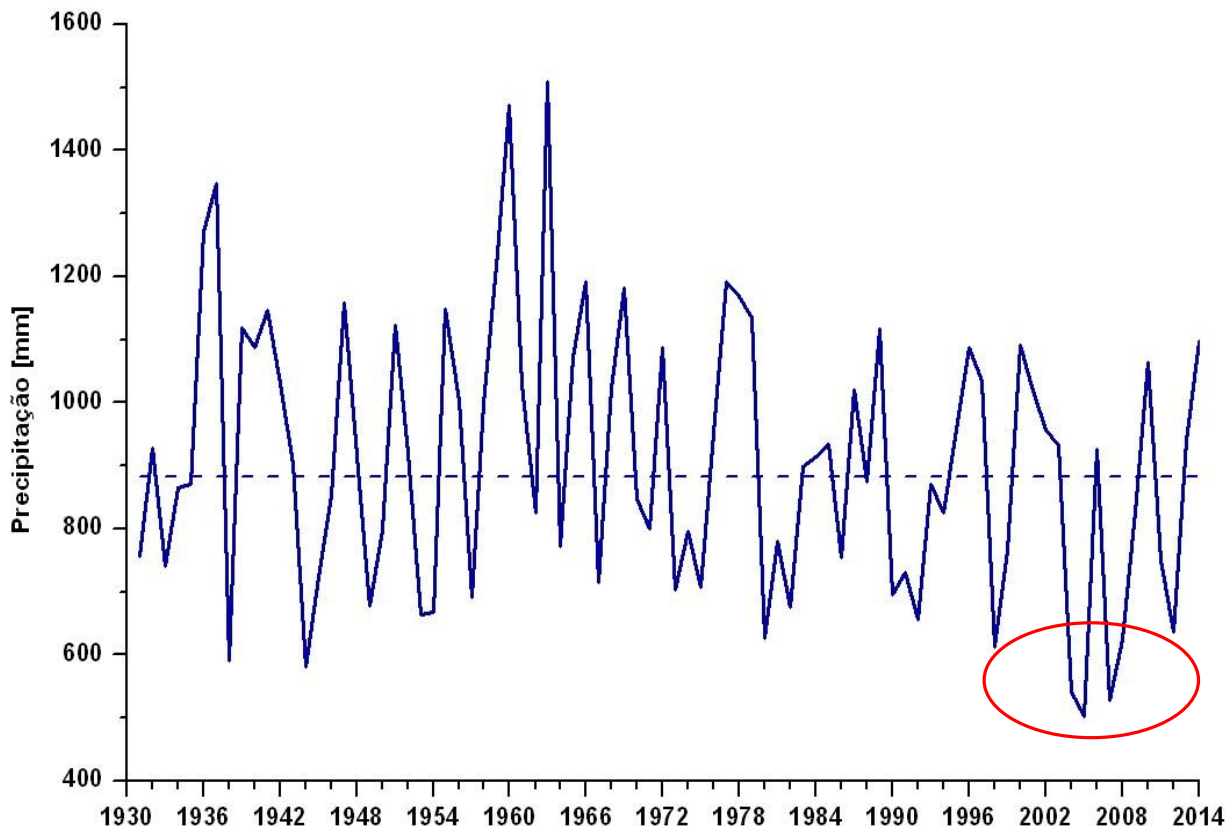
Alterações Observadas do Clima Actual

Temperatura

- Aumento das ondas de calor e dos dias muito quentes ($T_x \geq 35^\circ\text{C}$);
- Aumento das noites quentes em todas as estações do ano, em particular no Verão;
- Diminuição dos dias frios, estatisticamente significativa em grande parte das estações climatológicas;
- Diminuição do número de dias com geada, na maioria das estações analisadas.

Alterações Observadas do Clima Actual

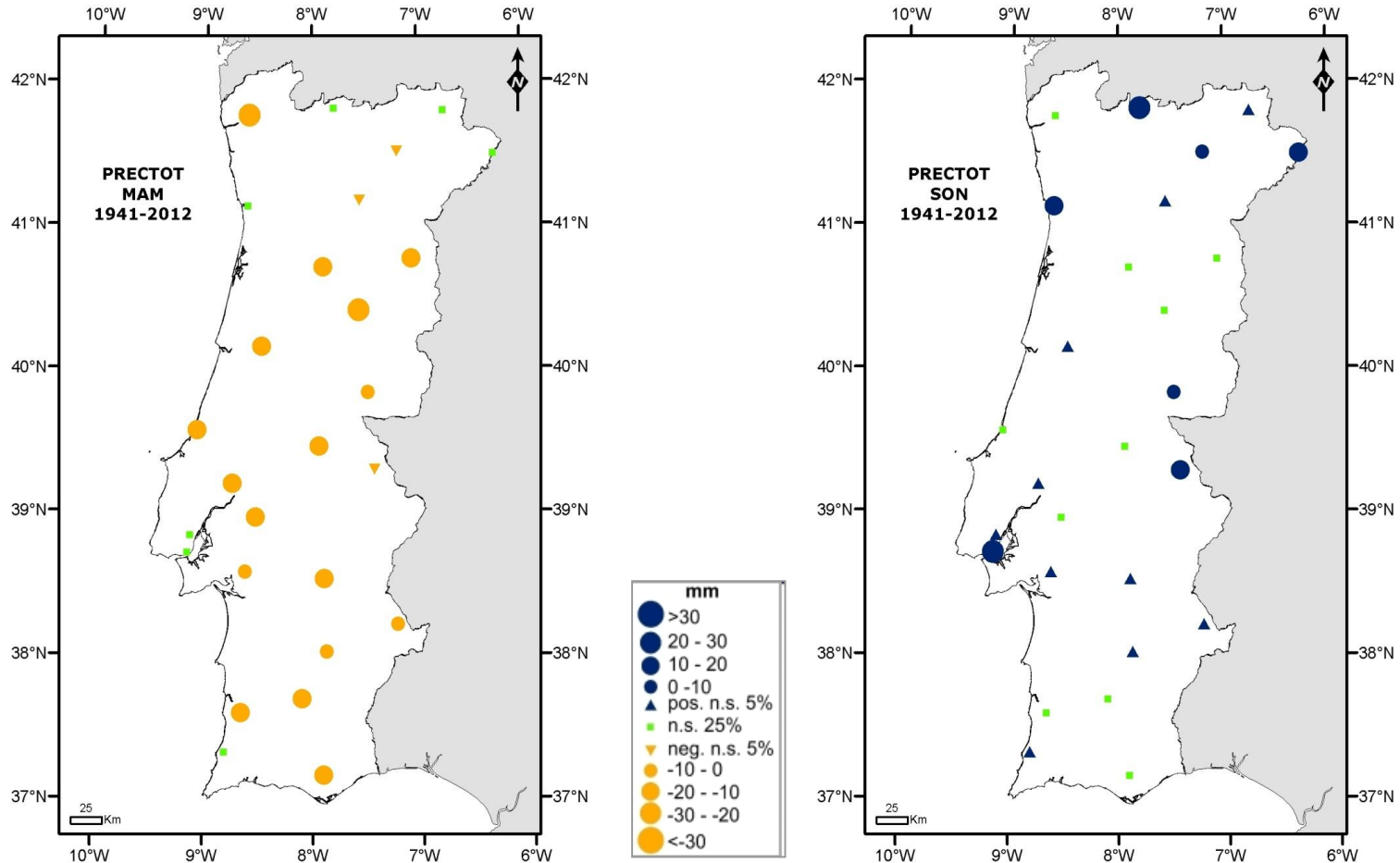
Precipitação



Decréscimo da precipitação anual: os últimos 20 anos foram particularmente pouco chuvosos em Portugal Continental. De referir ainda que 5 dos 10 anos mais secos ocorreram depois de 2000.

2005: ano mais seco; 2007: 2º mais seco; 2004: 3º mais seco

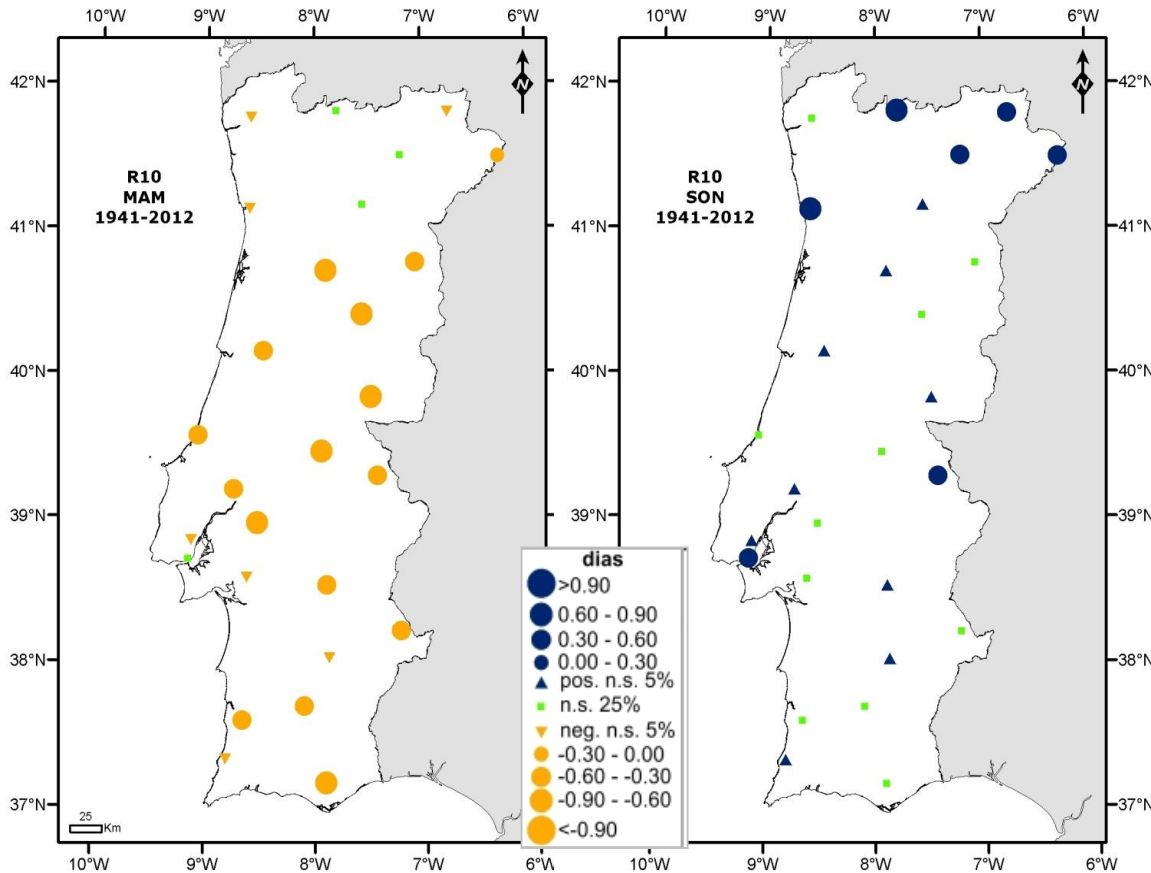
Tendência da precipitação sazonal



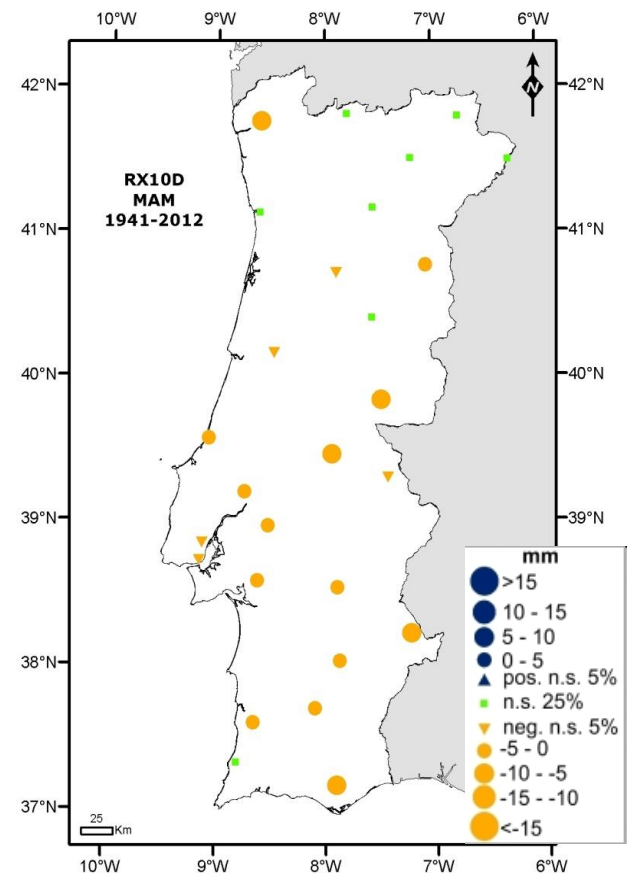
Os símbolos estão dimensionados de acordo com a magnitude da tendência: azul corresponde às tendências crescentes e amarelo às decrescentes

Intensidade/Persistencia

Nº de dias com $R \geq 10\text{mm}$



precipitação máxima acumulada em 10 dias consecutivos



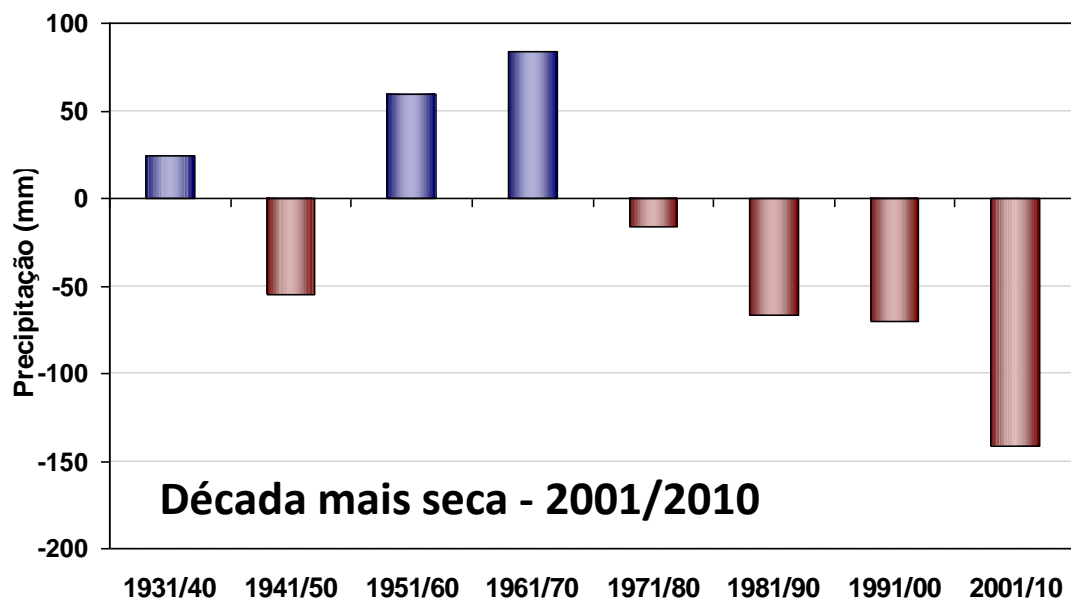
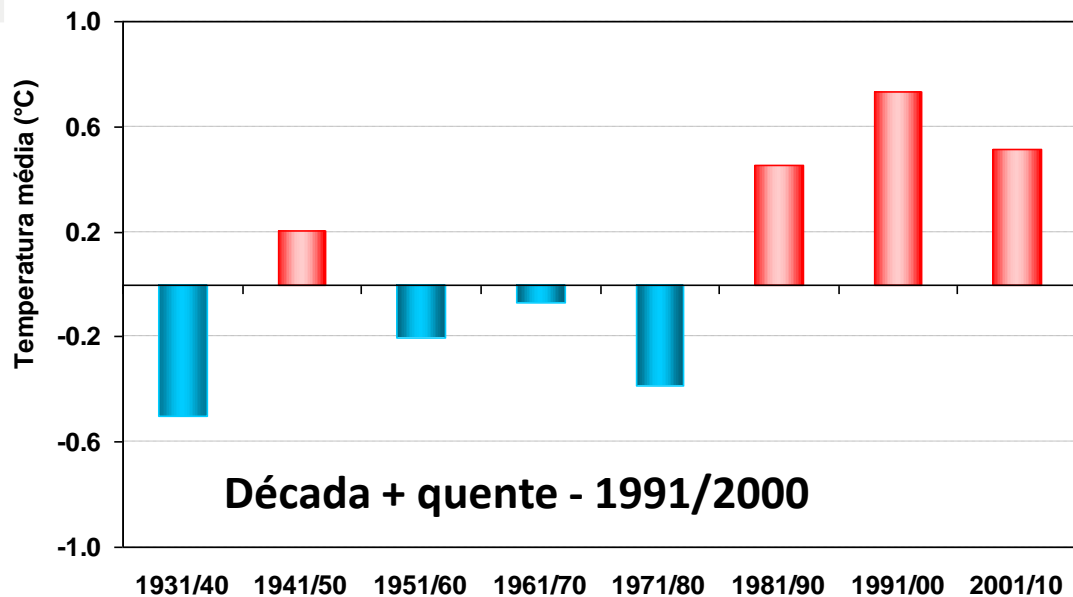
Os símbolos estão dimensionados de acordo com a magnitude da tendência: azul corresponde às tendências crescentes e amarelo às decrescentes

Alterações Observadas do Clima Atual

Precipitação

- À escala anual, verifica-se diminuição da precipitação total, especialmente nos últimos 32 anos, acompanhada pela diminuição do número de dias muito chuvosos;
- Na Primavera diminuição da precipitação total (estatisticamente significativa em 75% dos casos);
- No Outono tendência positiva, com aumento no número de dias com precipitação.

Anomalias da Temperatura e Precipitação por décadas - Portugal continental



Modelos Climáticos

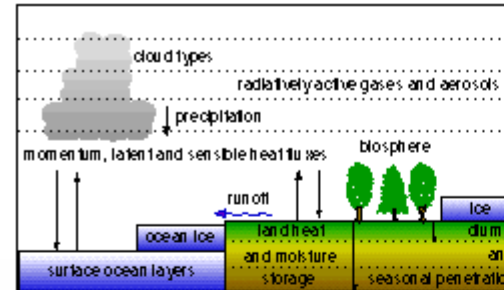
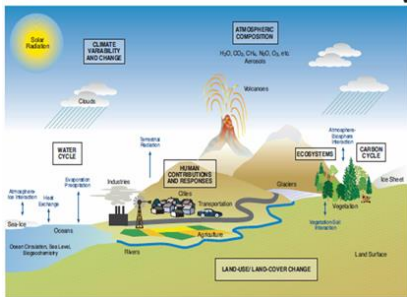
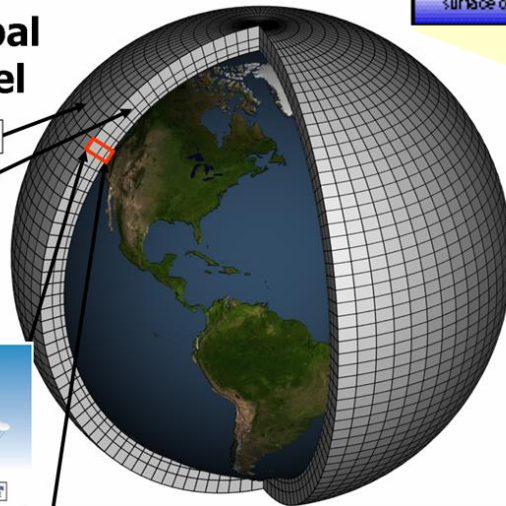
Evolução

Modelos Climáticos

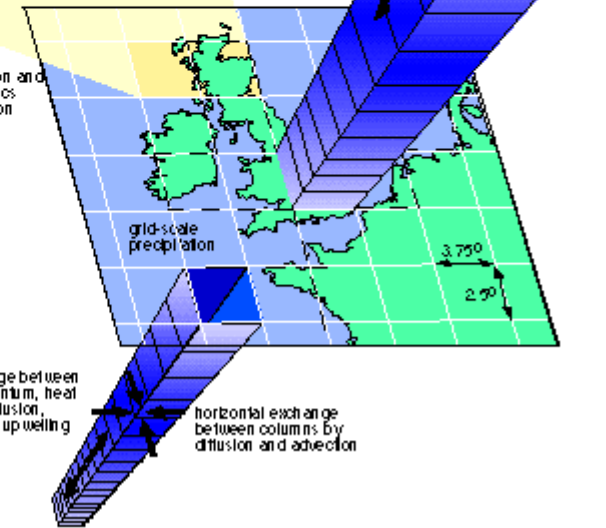
Schematic for Global Atmospheric Model

Horizontal Grid (Latitude-Longitude)

Vertical Grid (Height or Pressure)



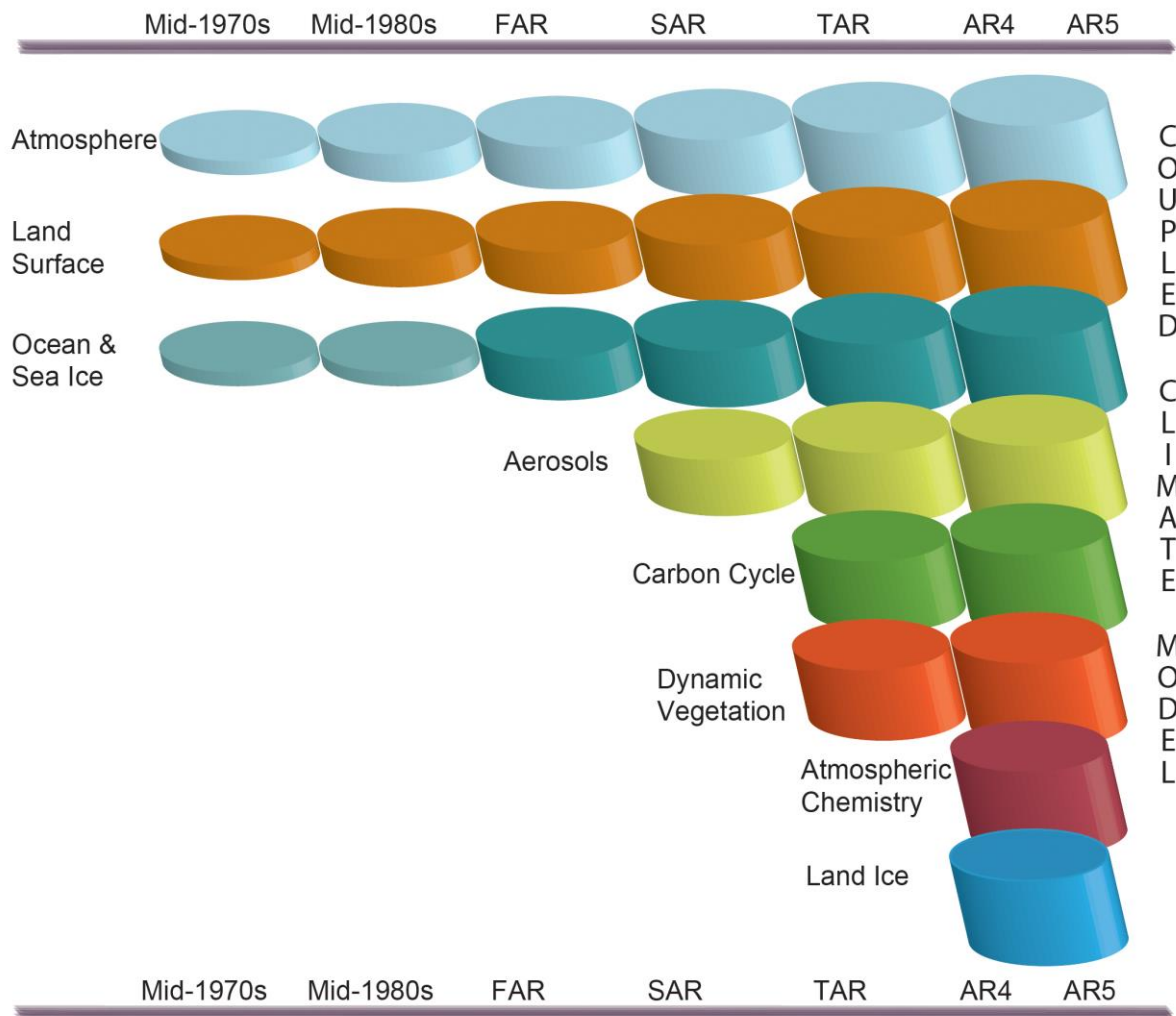
orography, vegetation and surface characteristics included at surface on each grid box



vertical exchange between layers of momentum, heat and salts by diffusion, convection and upwelling

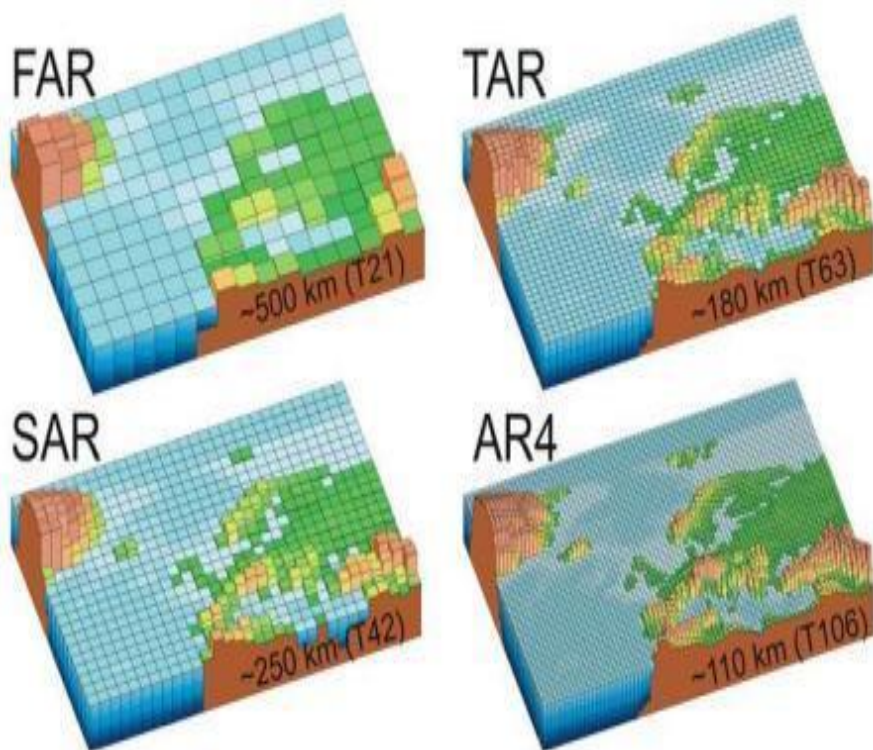
horizontal exchange between columns by diffusion and advection

Evolução dos modelos climáticos globais

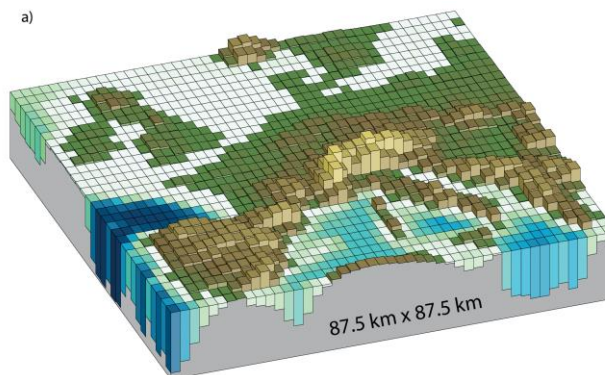


Fonte: AR5 Fig. 1.13

Evolução dos modelos climáticos globais



AR5



AR5 versus AR4

Aumentou o grau de conhecimento sobre o sistema climático:

- Mais observações, com melhor qualidade, maior diversidade e maior cobertura geográfica; melhor tratamento dos dados
- Melhor compreensão dos processos climáticos relevantes
- Modelos mais realistas e muito mais modelos
- Melhor caracterização da incerteza

No entanto, a incerteza das projeções **não** foi reduzida

- Incerteza nos cenários de evolução dos gases de efeito de estufa não pode diminuir, porque depende dos cenários de evolução socio-económica
- Incerteza ligada à variabilidade climática, inerente ao sistema climático

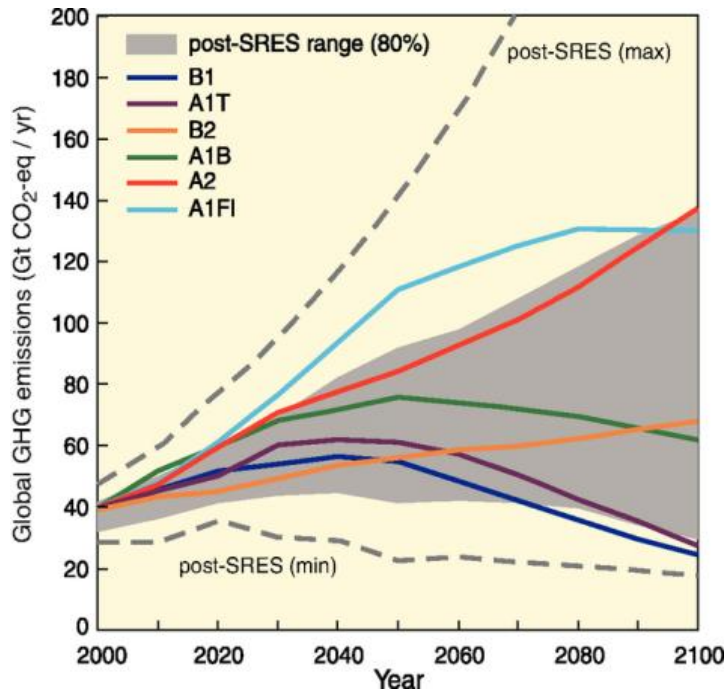
Representative Conc. Pathways

Um cenário climático é um conjunto encadeado de componentes

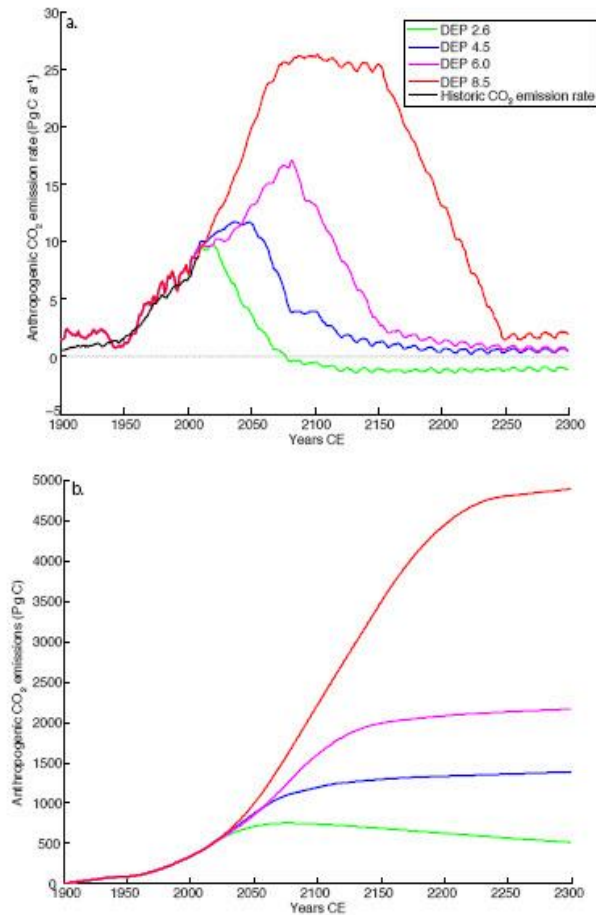
- **Definição da evolução da concentração dos gases de efeito de estufa (GEE)**
 - **RCP 4.5: Evolução da concentração de GEE correspondente a uma estabilização de emissões a meio do século XXI (~ A1B do AR4)**
 - **RCP 8.5: Evolução da concentração de GEE correspondente a um aumento continuado de emissões até 2100 (~B2 do AR4)**
- **1 modelo numérico do Sistema Terra, baseado em mecânica dos fluidos**

Cenários de emissões

AR4

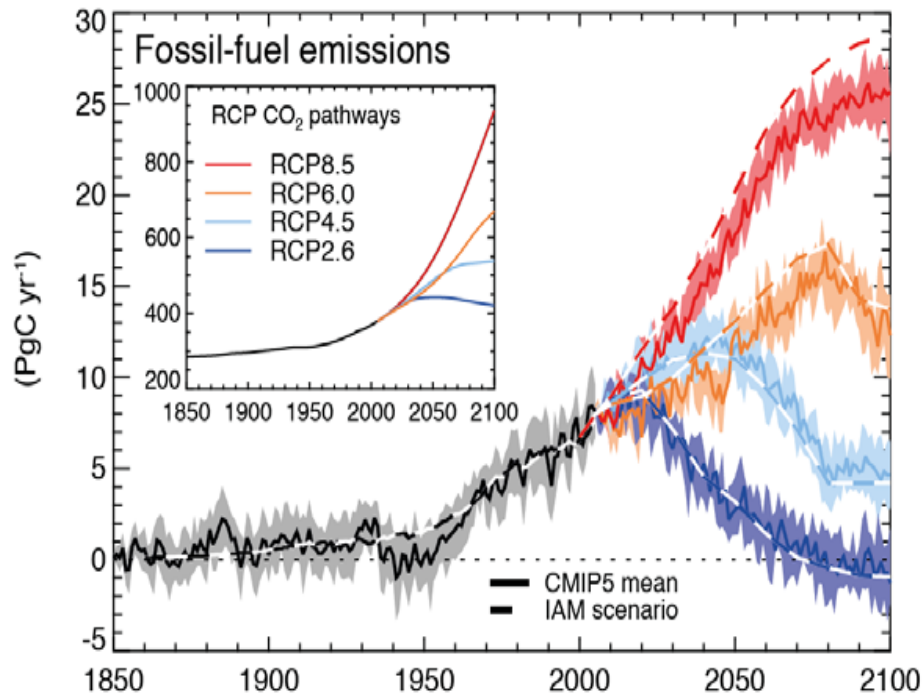


AR5

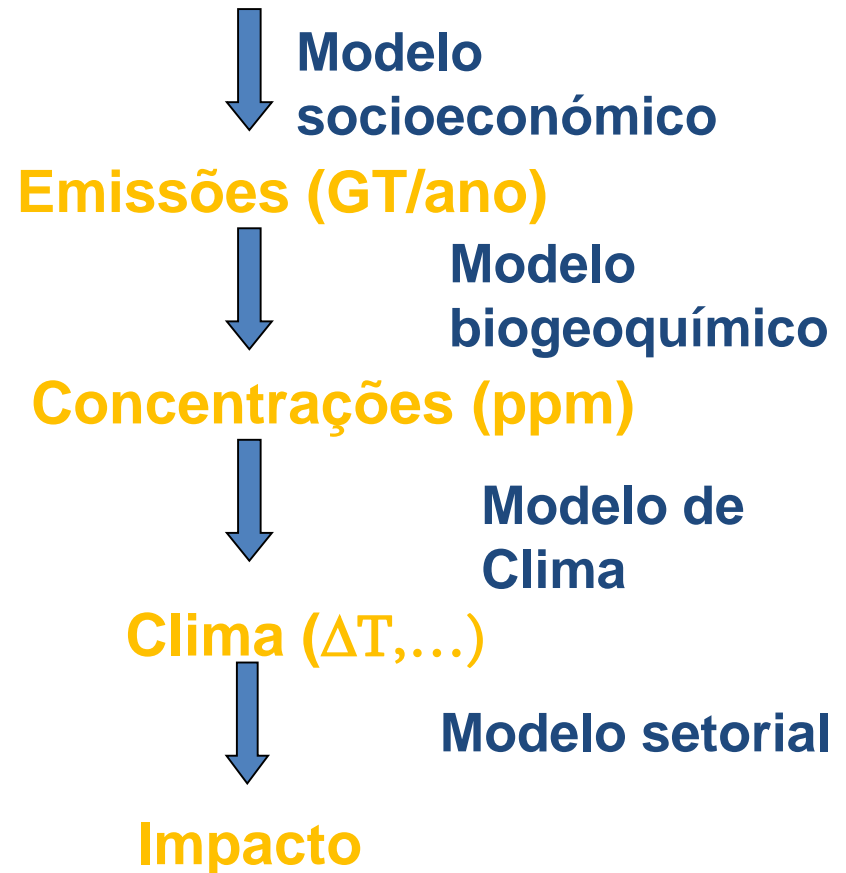


O clima no século XXI: Modelação

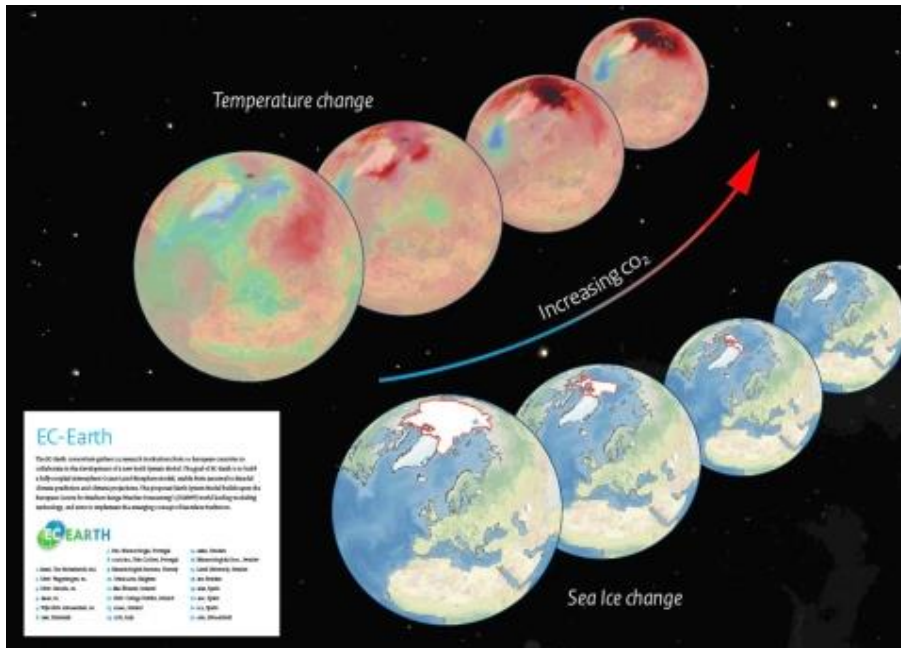
Cenários socio-económicos e emissões



Dos cenários ao clima

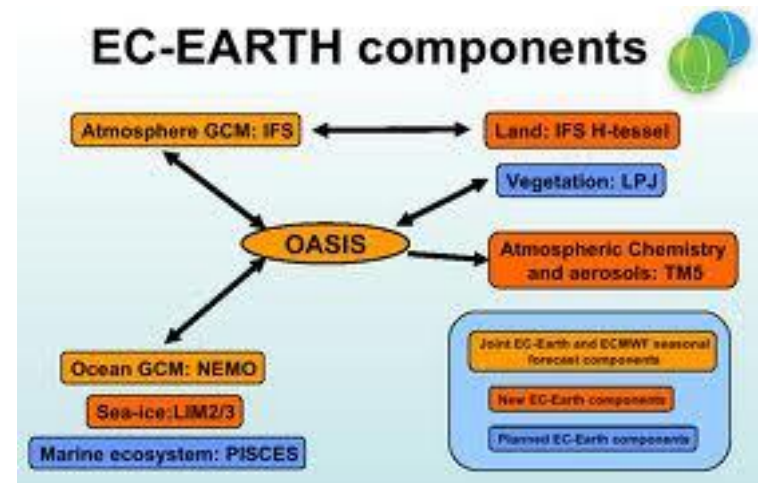


Sistema EC-EARTH



O EC-Earth é um consórcio que junta 22 centros de investigação de 10 países Europeus, com o objectivo comum de desenvolver um sistema de simulação do sistema Terra.

O projecto EC-Earth baseia-se no modelo Integrated Forecast System (IFS) no que diz respeito ao módulo atmosférico. Os resultados quer dos modelos globais como dos regionais poderão ser utilizados em estudos de impacto e adaptação.



Modelos Climáticos

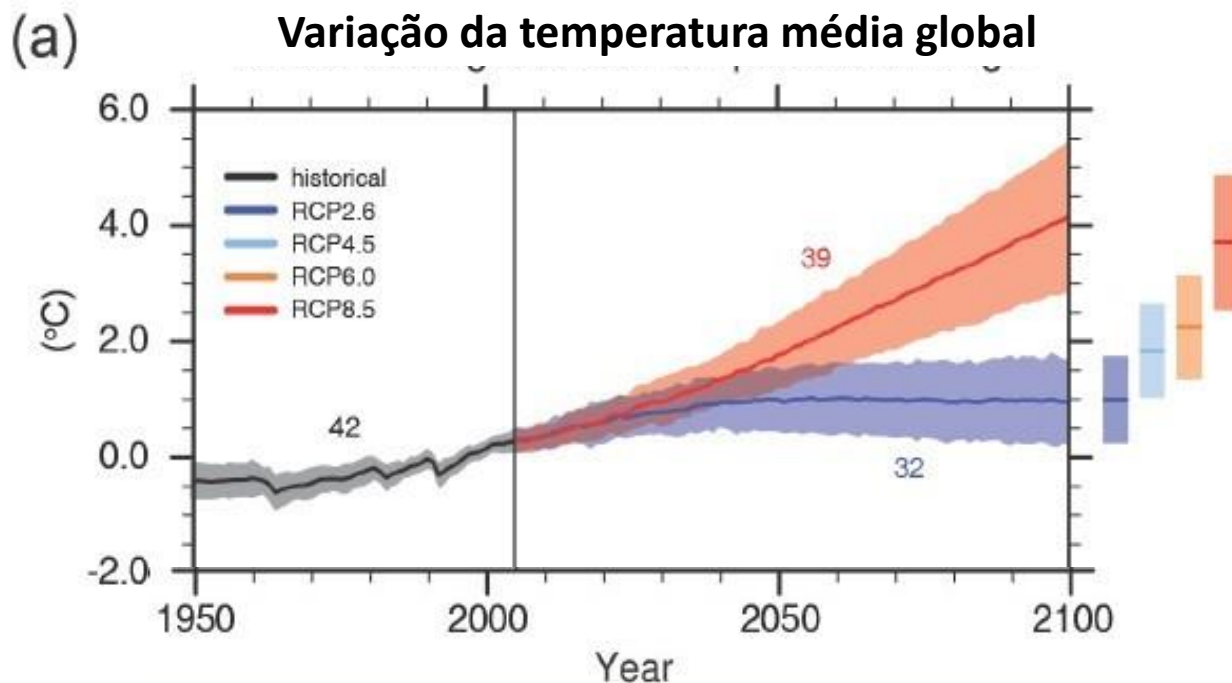
Cenários globais e regionais

Alterações Climáticas Globais - Projeções

Temperatura

- 2016-2035 : aumento entre 0.3°C e 0.7°C para o conjunto dos RCPs.
- 2081-2100: aumento da temperatura média global

- 2.6°C a 4.8°C (RCP8.5)
- 1.4°C a 3.1°C (RCP6.0)
- 1.1°C a 2.6°C (RCP4.5)
- 0.3°C a 1.7°C (RCP2.6)

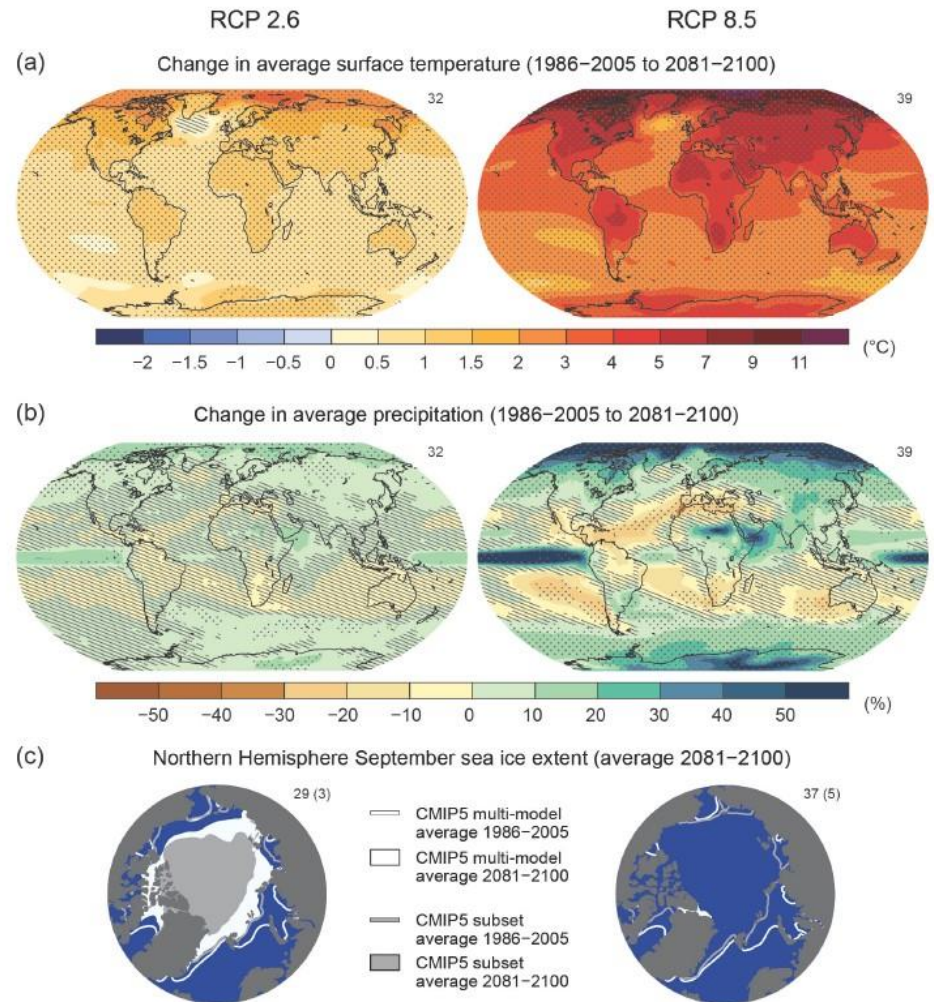


Alterações Climáticas Globais - Projeções

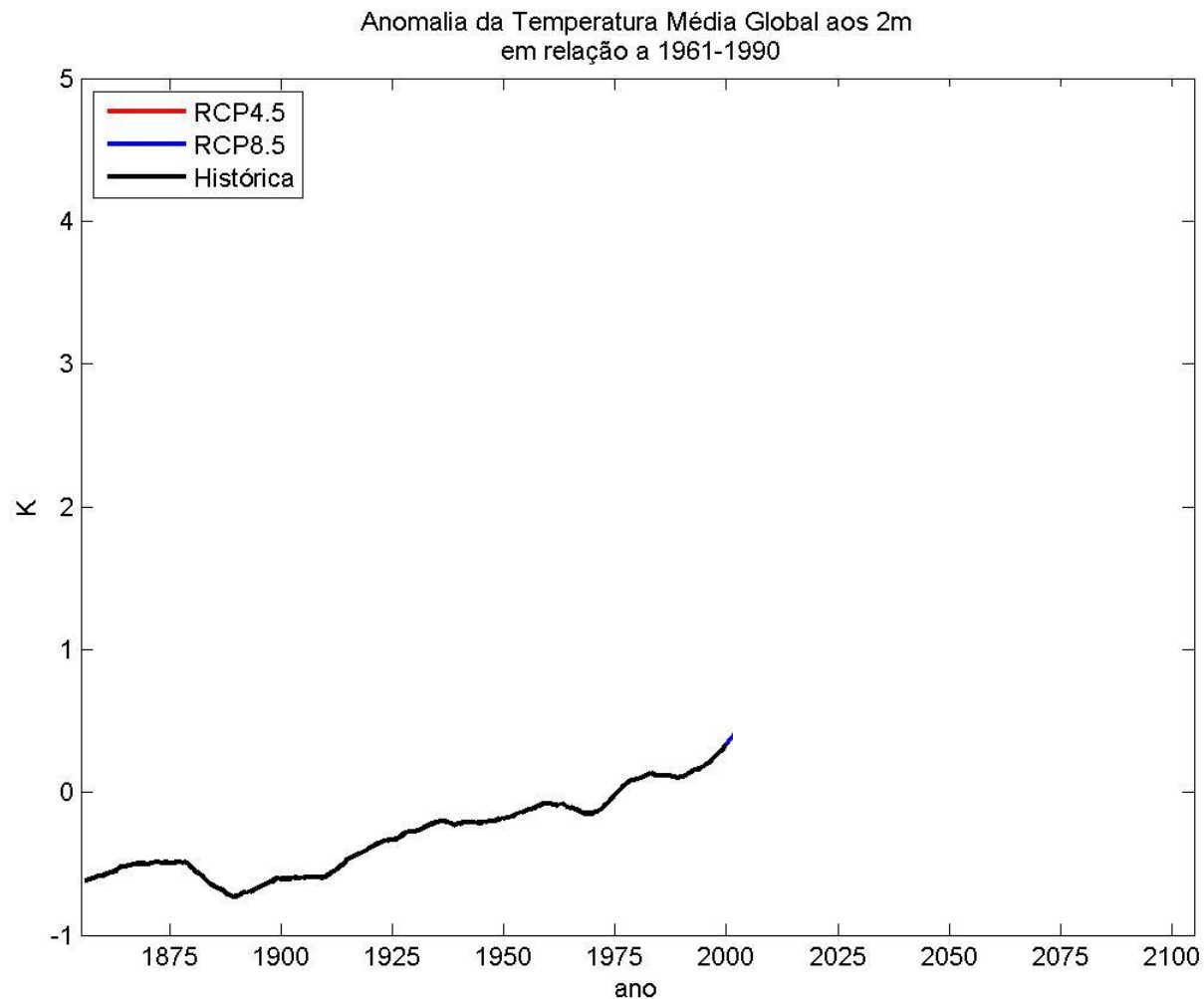
Temperatura à superfície

Precipitação anual

Gelo Ártico (Setembro)

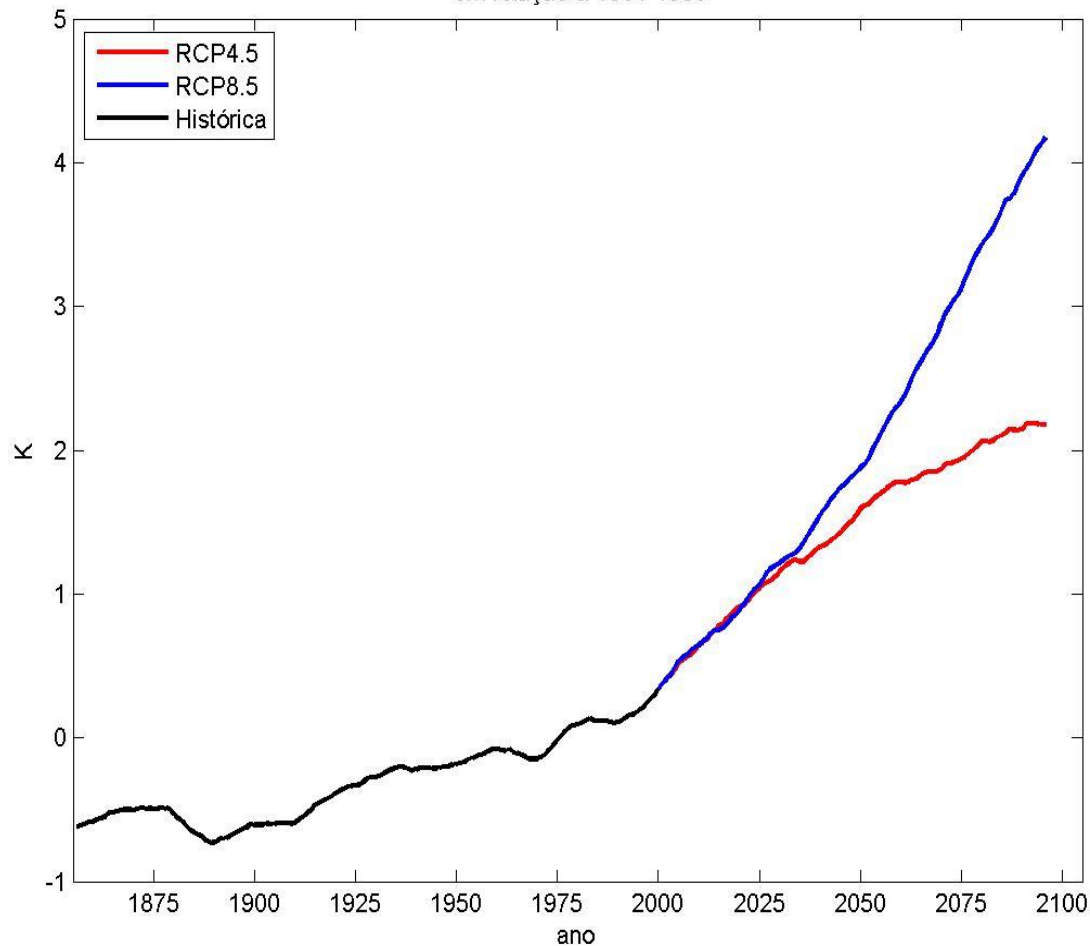


Anomalia da temperatura média global à superfície



Anomalia da temperatura média global à superfície

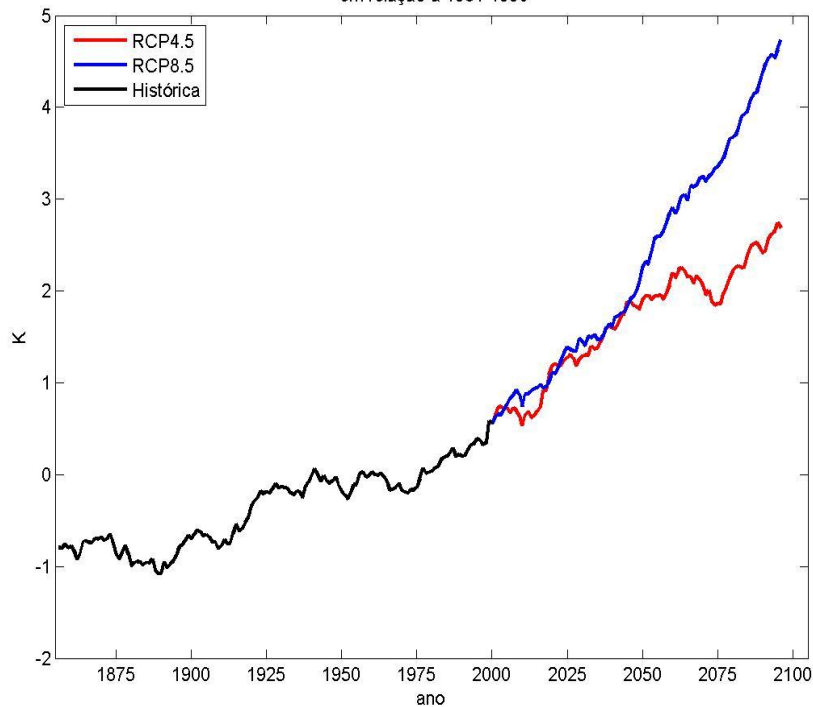
Anomalia da Temperatura Média Global aos 2m em relação a 1961-1990



Evolução na Península Ibérica

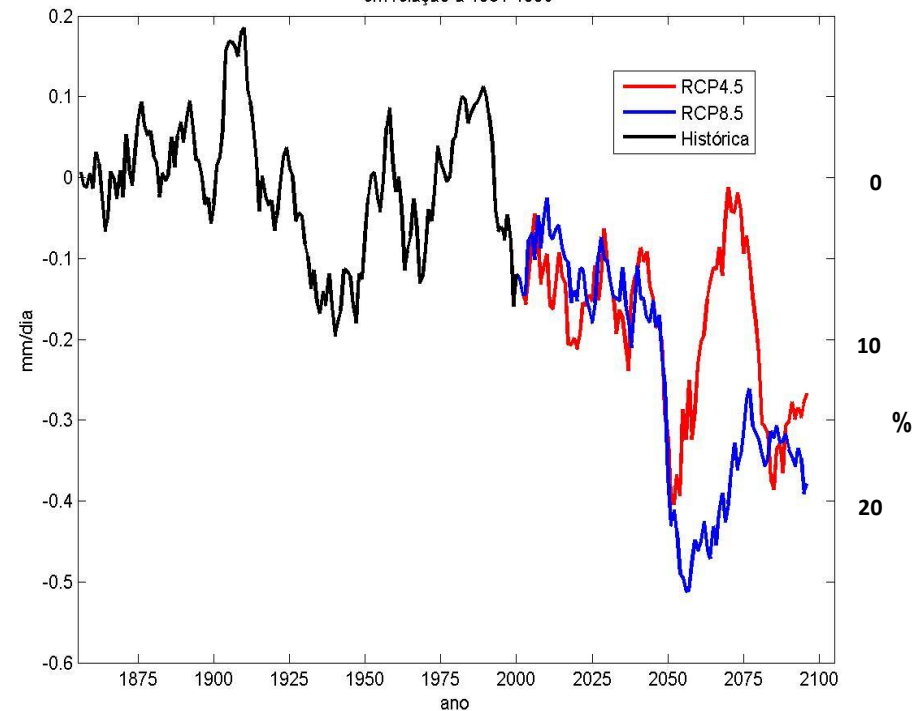
T2m

Anomalia da Temperatura Média Ibérica aos 2m
em relação a 1961-1990

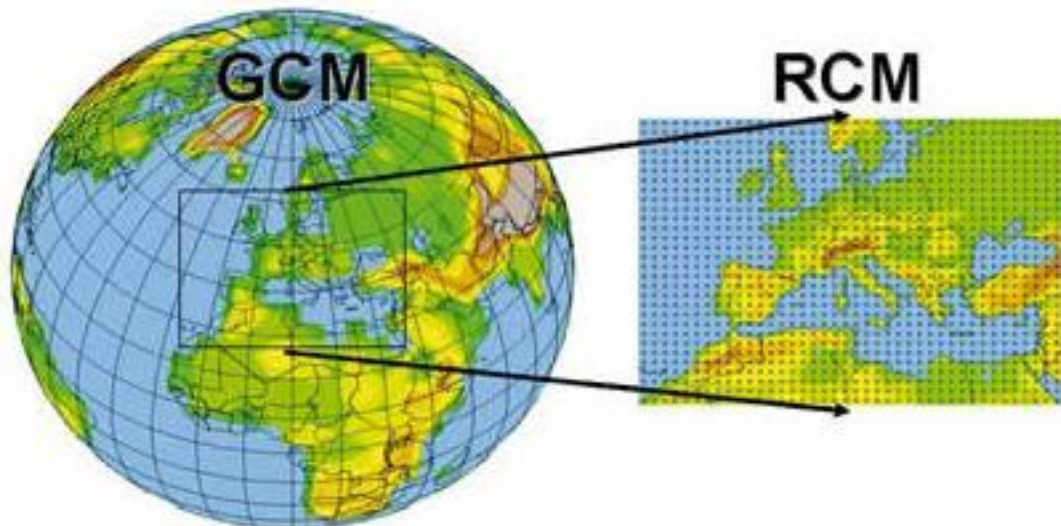


Precipitação

Anomalia da Precipitação Média na Península Ibérica
em relação a 1961-1990



Modelos Climáticos Regionais



Downscaling dinâmico
Downscaling estatístico

Porque precisamos de modelos regionais?

- É necessária informação regional e mesmo nacional para apoiar políticas sociais e económicas com vista a impedir a deterioração do clima global.
- Existem processos que necessitam de ser representados a uma escala mais fina.
- Em última análise, os processos regionais podem influenciar os processos globais.

Simulações a alta resolução EURO-CORDEX

Validação: ERA-Interim

- ✓ 1989-2008
- ✓ Estatísticas sincronizadas
- ✓ ~12 km

Simulação de controlo

- 1951 – 2005
- ~12 km

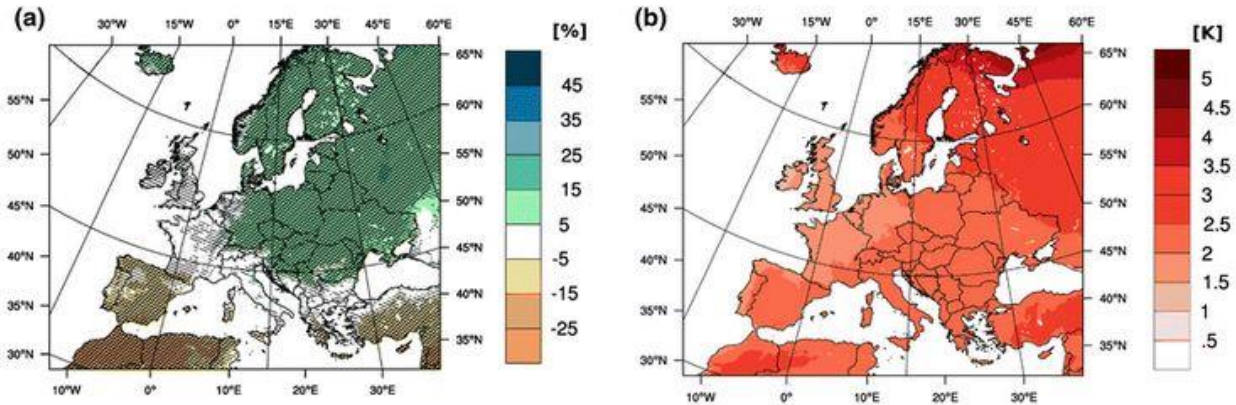
Cenários

- 2006 – 2100 separado em três períodos: 2041-71, 2011-40, 2071-2100
- ~12 km

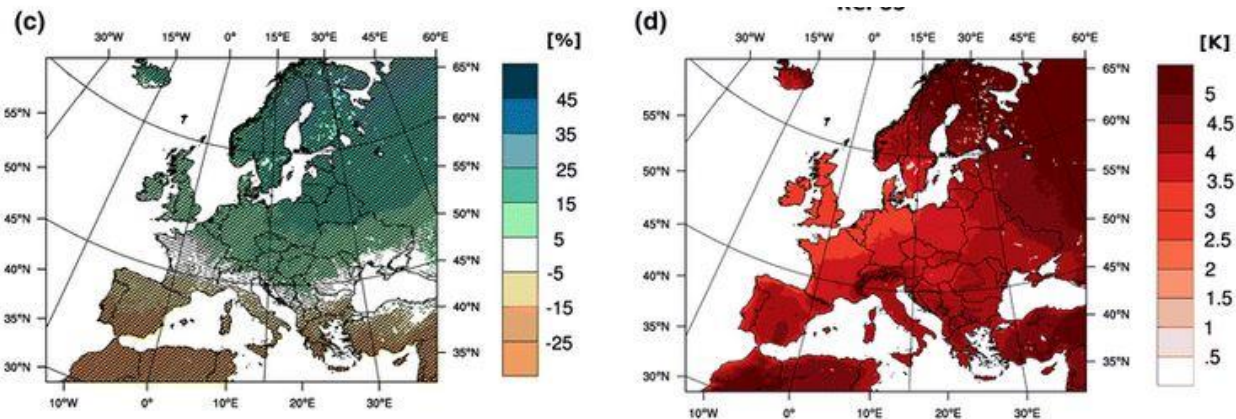


Cenários climáticos regionais

RCP 4.5



RCP 8.5



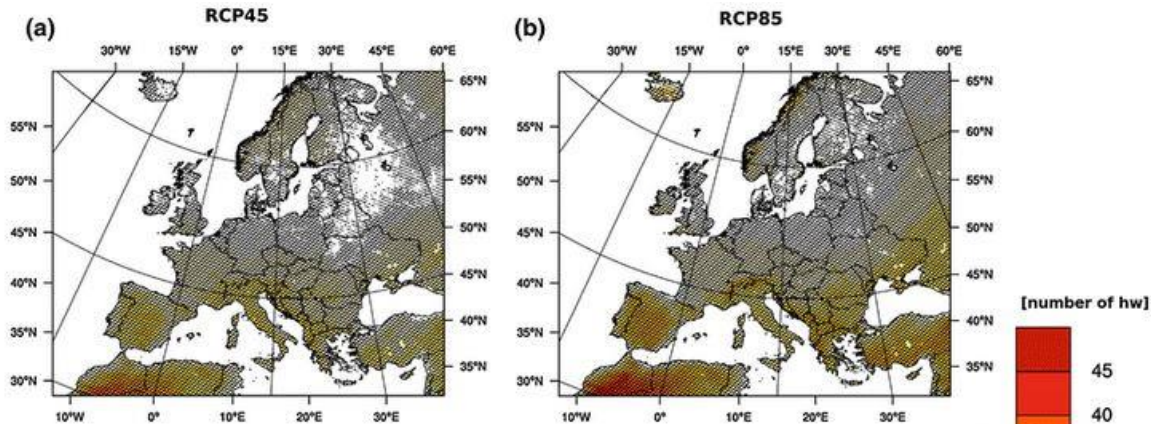
Variação na temperatura média anual e precipitação total anual,

2071-2100 comparado com 1971-2000.

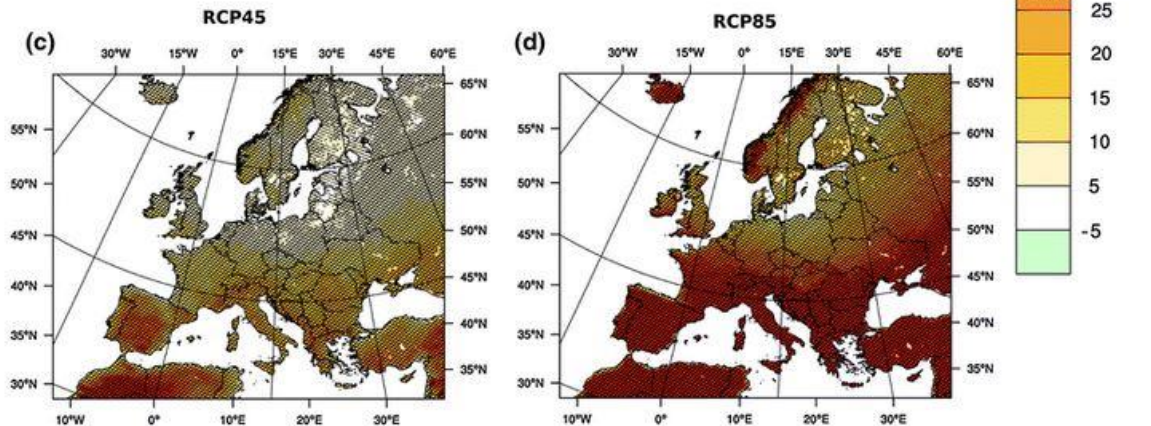
Fonte: D. Jacob et al. 2014

Cenários climáticos regionais

2021-2050



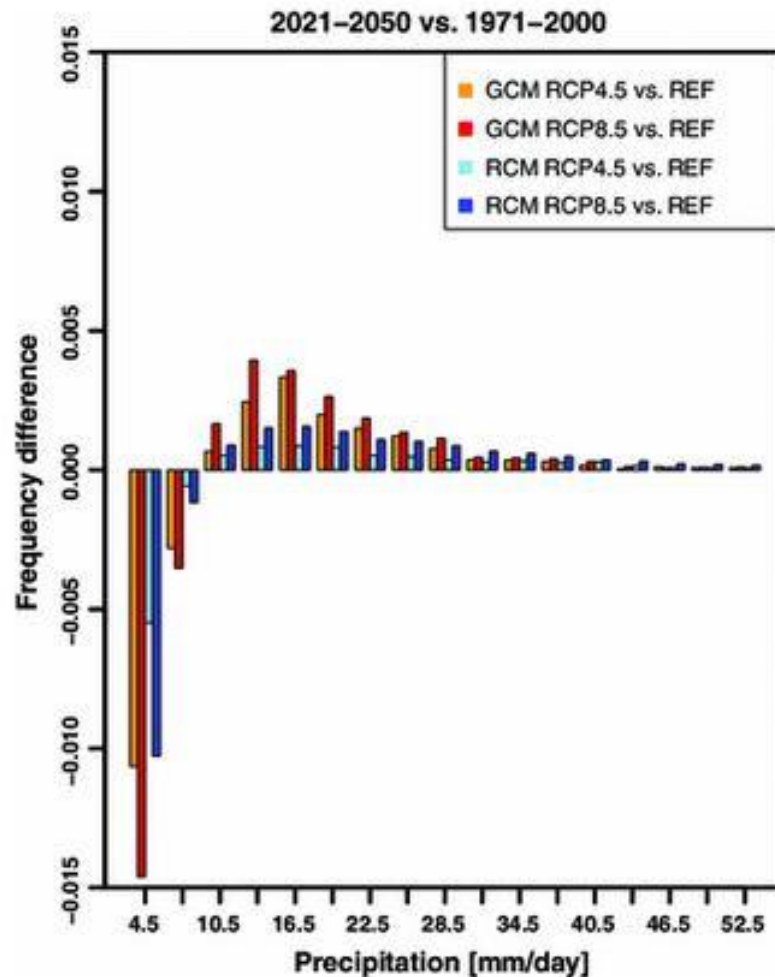
2071-2100



Fonte: D. Jacob et al. 2014

Alteração no número de ondas de calor entre maio e setembro em comparação com 1971-2000.

Cenários climáticos regionais

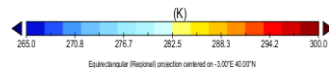
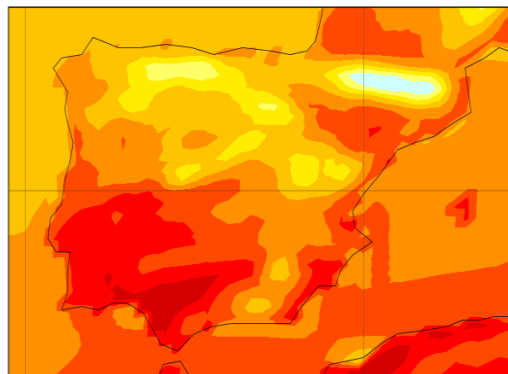


Modificações da frequência de ocorrência das diferentes classes de precipitação entre (2021-2015) e o período de referência (1971-2000).

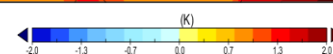
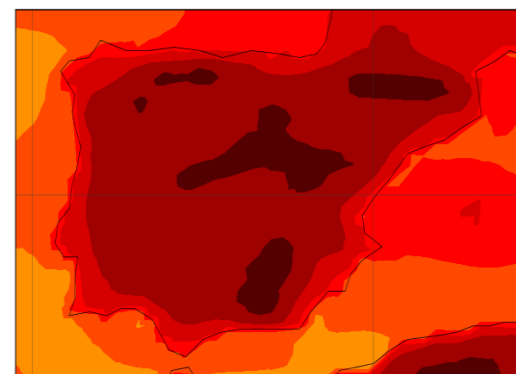
Exemplo de resultados do modelo WRF RCP4.5

Temperatura

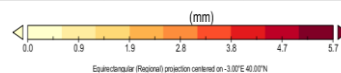
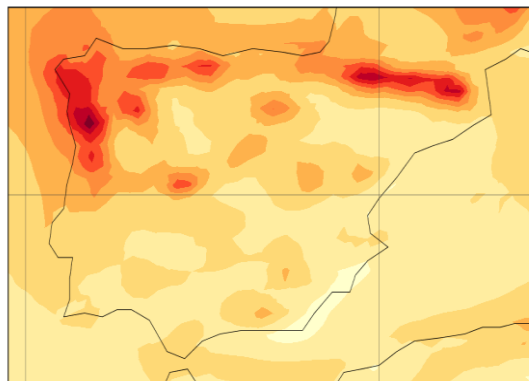
(1971-2000)



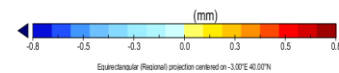
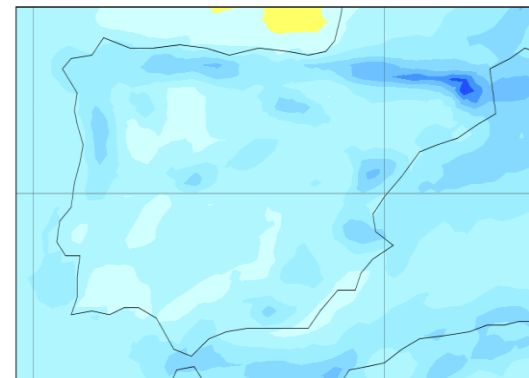
(2041-2070)-(1971-2000)



(1971-2000)



Precipitação (2041-2070)-(1971-2000)



Cenários da mudança climática em Portugal



Mariana Bernardino & Fátima Espírito Santo
Instituto Português do Mar e da Atmosfera