



# ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E ECONOMIA: UMA INTRODUÇÃO

FÓRUM DE ECONOMIA | 7 JUN. 2022

BERNARDINO ADÃO | ANTÓNIO ANTUNES |  
MIGUEL GOUVEIA | NUNO LOURENÇO |  
JOÃO VALLE E AZEVEDO



BANCO DE  
PORTUGAL  
EUROSISTEMA



# AGENDA

## 01. ASPETOS GEOFÍSICOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

- O FUNCIONAMENTO DO SISTEMA CLIMÁTICO NATURAL
- OS GEE COMO CAUSA DOMINANTE DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS
- A EVOLUÇÃO GLOBAL DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO

## 02. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM PERSPETIVA ECONÓMICA

- IMPACTOS ECONÓMICOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS
- MECANISMOS DE INTERAÇÃO ENTRE A MACROECONOMIA E O CLIMA
- POLÍTICA ECONÓMICA E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS
- DESCONTO INTERTEMPORAL

## 03. AVALIAÇÃO PROSPETIVA DE POLÍTICAS DE MITIGAÇÃO: UM EXEMPLO



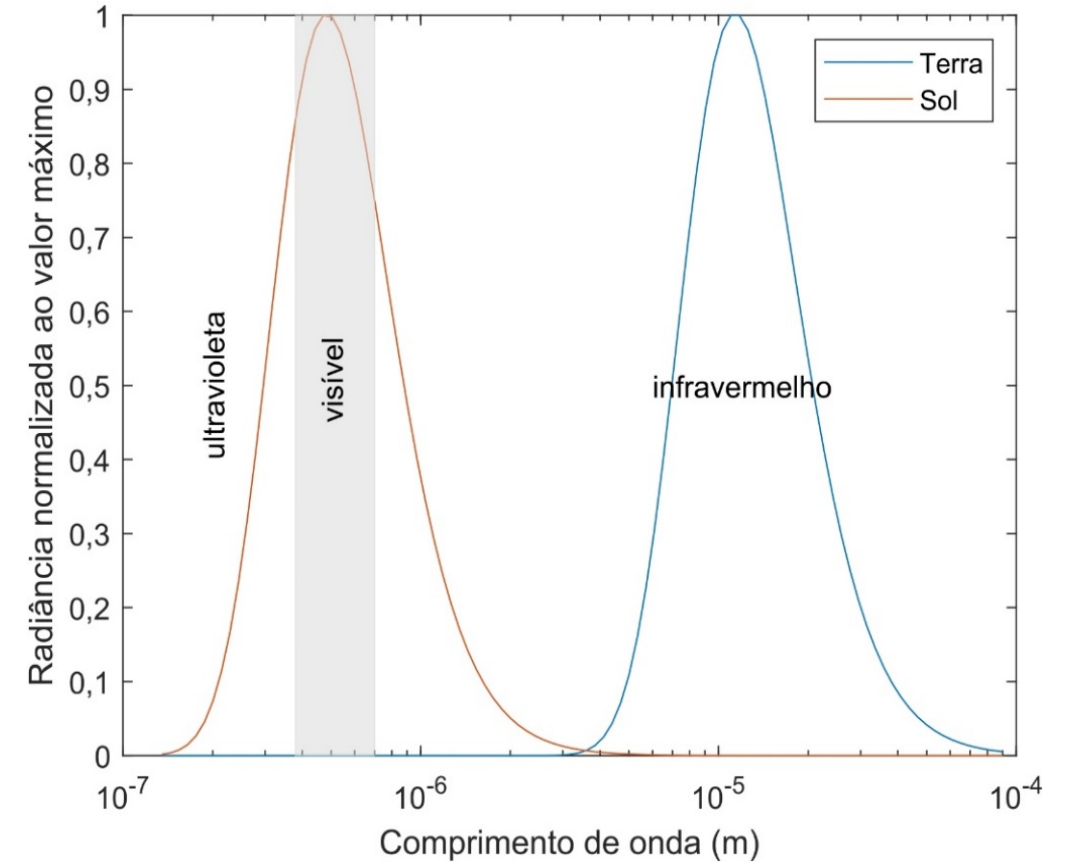
**ASPETOS  
GEOFÍSICOS DAS  
ALTERAÇÕES  
CLIMÁTICAS**

**01**



# ASPETOS GEOFÍSICOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

- A Terra recebe luz do Sol (**insolação**) que a aquece
- Parte da energia (30%, o **albedo**) é refletida
- Mas se não emitir energia, **aquece** indefinidamente?... (Jean-Baptiste Fourier, início do século XIX)
- Todos os corpos emitem **energia eletromagnética** cujo comprimento de onda depende da sua temperatura
- A Terra comporta-se como um **corpo negro** e emite energia de acordo com a Lei de Planck
- Quanto **maior a temperatura, maior a radiação**





## ASPETOS GEOFÍSICOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

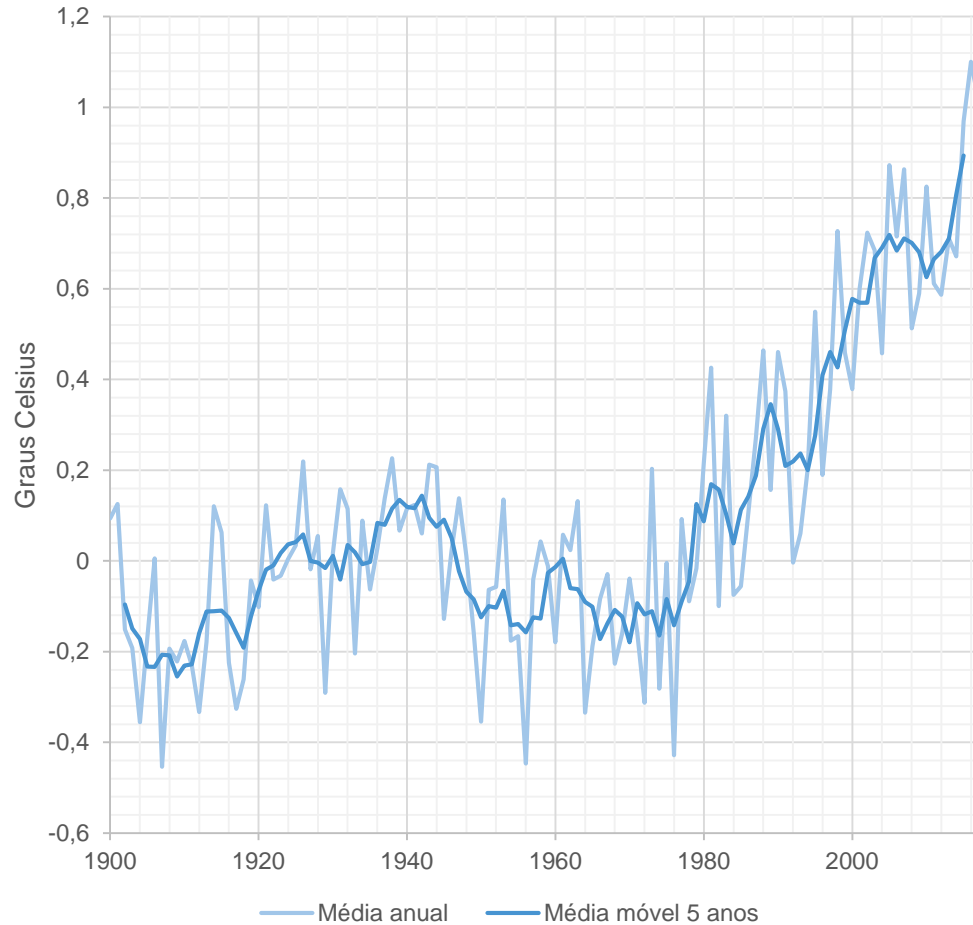
- A Terra emite radiação eletromagnética na **região infravermelha** sem sobreposição espectral com a do Sol, que emite sobretudo na **região visível**
- A **energia eletromagnética** é **parcialmente absorvida pelos gases de efeito de estufa** da atmosfera (GEE: vapor de água, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, etc.), com apenas uma parte (60%, a **transmitividade**) a escapar-se para o espaço sideral, o que traduz um **equilíbrio térmico**
- O **“efeito de estufa”** provém desses gases radiarem energia eletromagnética de volta para a Terra
- Se a **concentração de GEE** aumentar, a transmitividade reduz-se porque os GEE absorvem mais energia
- Para repor o equilíbrio, a Terra tem que aquecer à superfície, o **“aquecimento global”**
- **Syukuro Manabe** estima que duplicar a concentração de CO<sub>2</sub> aumenta a temperatura média em 2 graus Celsius



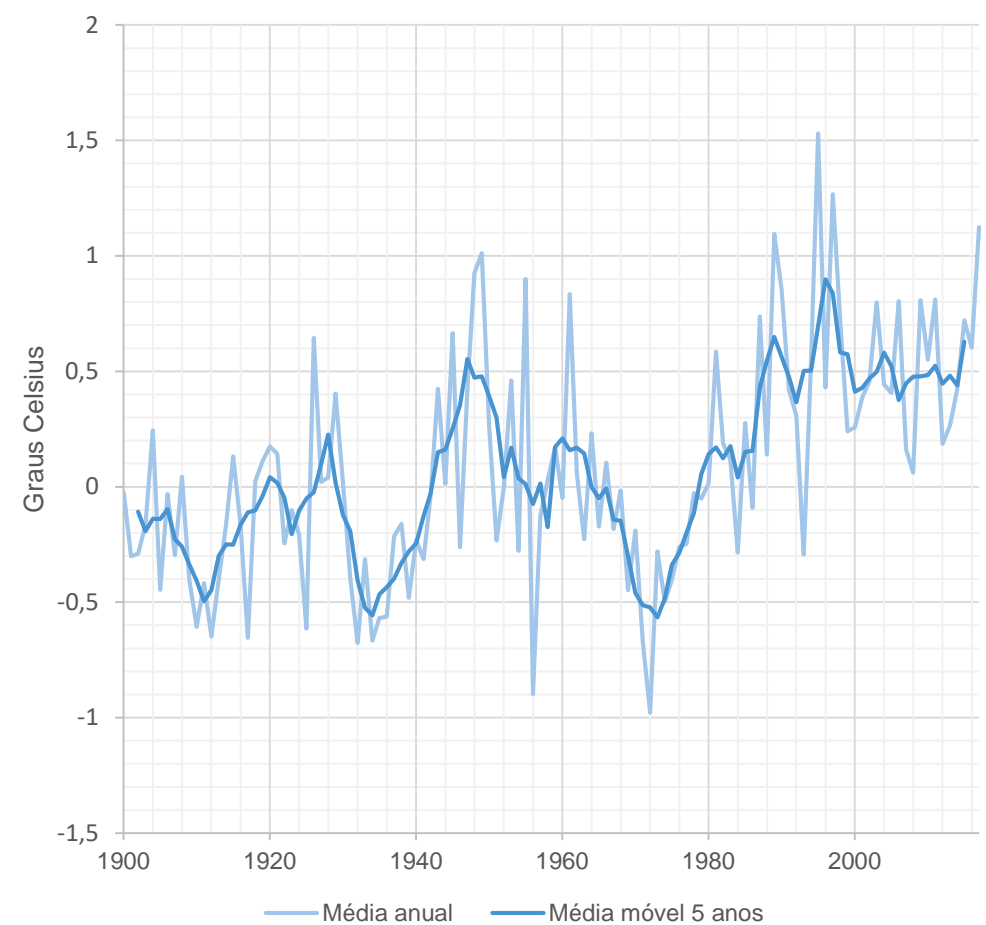
# DADOS CLIMATOLÓGICOS EM PORTUGAL CONTINENTAL E NO MUNDO

Anomalia face à média do século XX (em °C)

Temperatura na superfície terrestre, 1900-2017



Temperatura em Portugal continental, 1900-2017

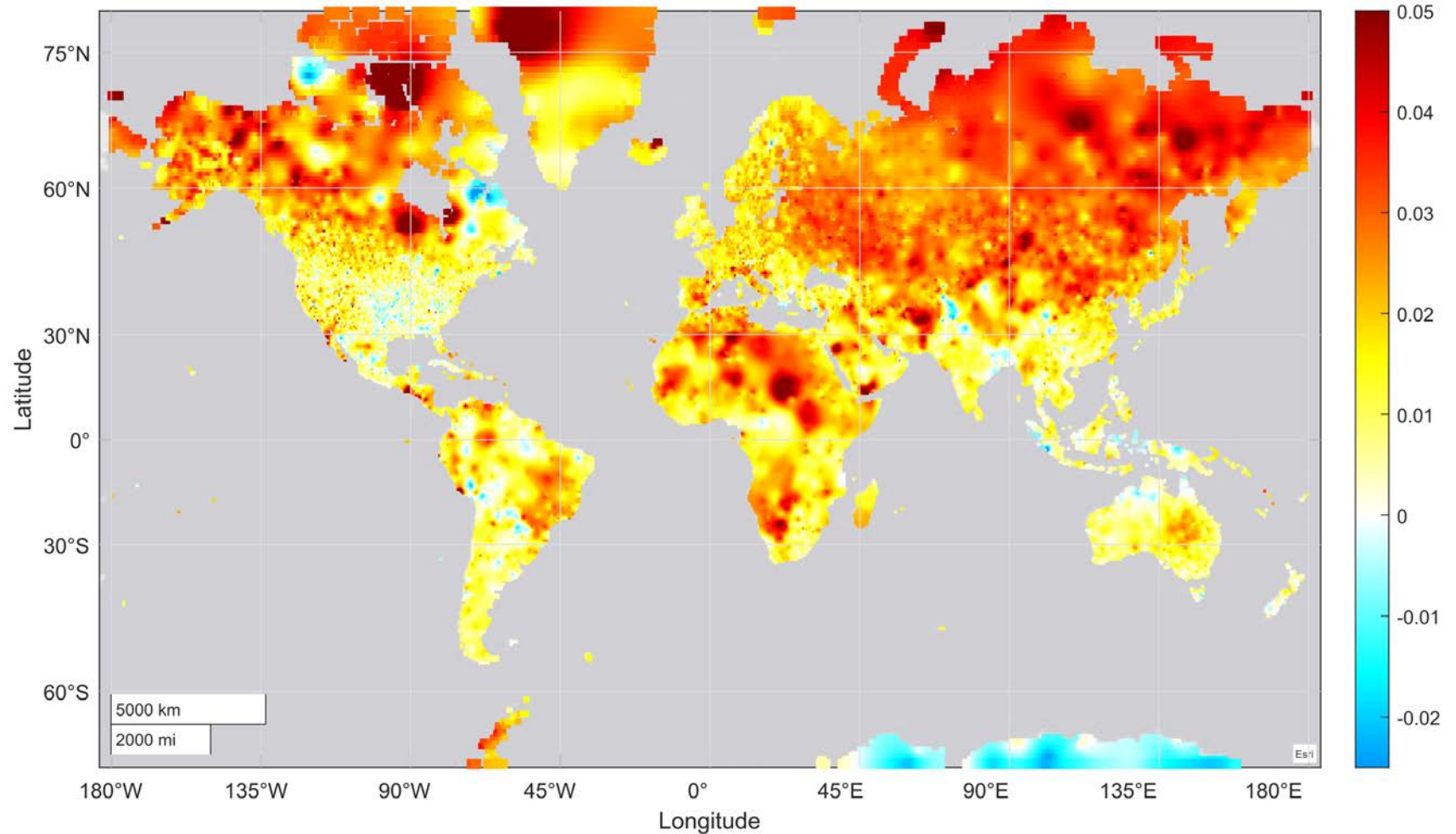




# TEMPERATURA MÉDIA NA SUPERFÍCIE TERRESTRE

Variação da temperatura média anual para o período 1950-2017 (em °C por ano)

- Aquecimento global
- Aumento da precipitação
- Maior frequência de eventos extremos
- Subida do nível médio das águas do mar

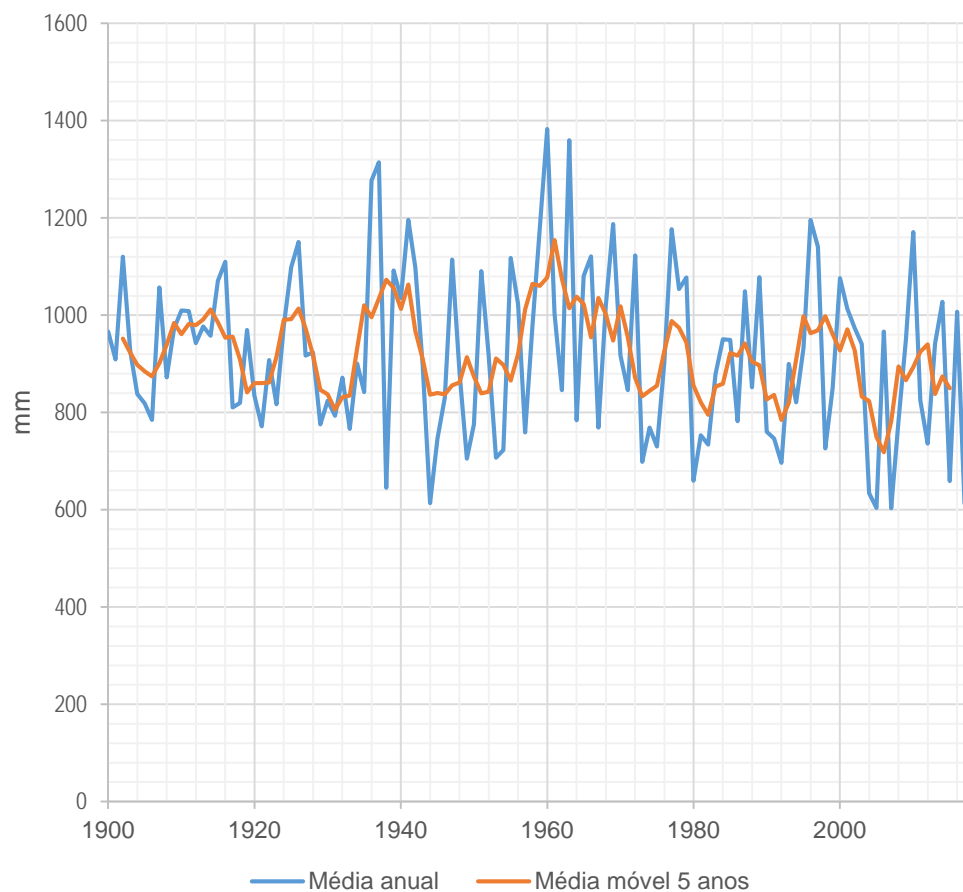




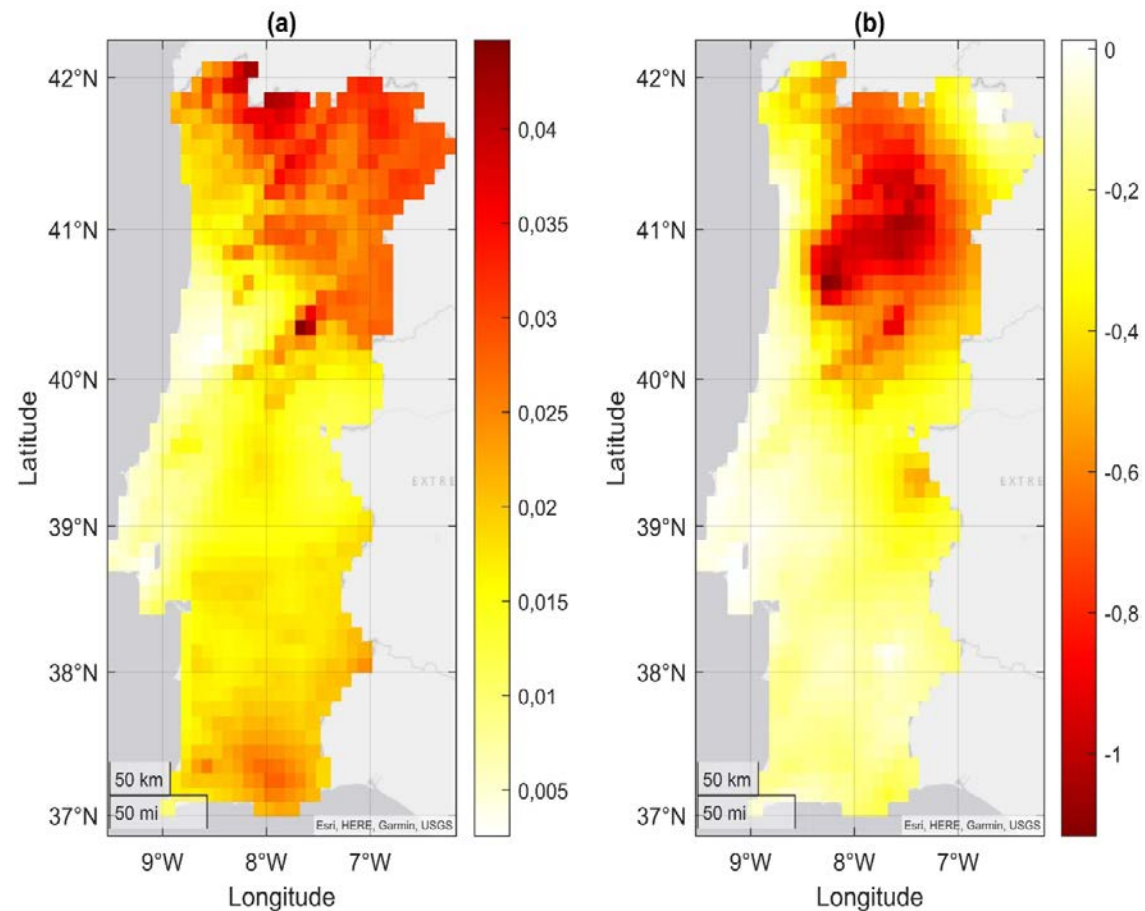


# DADOS CLIMATOLÓGICOS EM PORTUGAL CONTINENTAL

Precipitação média anual, Portugal continental, 1900-2017



Variação da temperatura (a) (em °C por ano) e variação da precipitação (b) (em % por ano), Portugal continental, 1950-2020



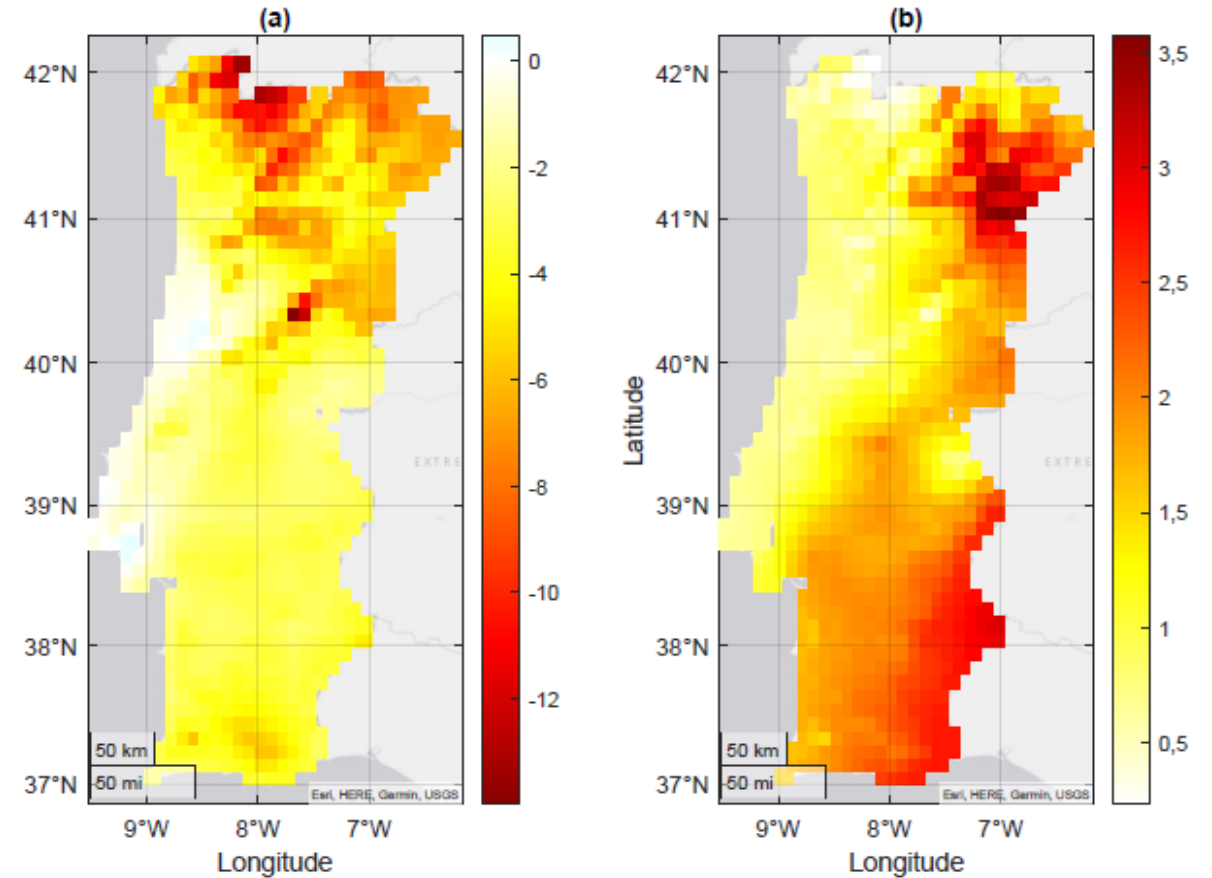




# DADOS CLIMATOLÓGICOS EM PORTUGAL CONTINENTAL

- As alterações climáticas têm várias implicações económicas (como veremos a seguir)
- Uma delas é sobre o **consumo de energia**
- Quanta energia é necessária para aquecer ou arrefecer os **edifícios**?
- Depende de **características estruturais** mas também do **clima**
- Necessidades de aquecimento e arrefecimento, medidas em **dias-°C** (Eurostat, etc.)

Variação média anual de dias-graus de aquecimento (a) e de arrefecimento (b) (em dias-°C por ano), 1950-2020



**ALTERAÇÕES  
CLIMÁTICAS EM  
PERSPETIVA  
ECONÓMICA**

**02**



# ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM PERSPETIVA ECONÓMICA

O **consumo de energia** está no centro de todas as atividades económicas

- Tal induz a **acumulação de GEE** (e.g. CO<sub>2</sub>)
- As **atividades económicas** afetam o clima (e vice-versa)

Do ponto de vista económico, as **alterações climáticas** são uma **externalidade negativa global** e, na presença de externalidades, os mercados não garantem uma alocação eficiente de recursos

- Necessidade de tomar **ações corretivas** (políticas públicas)



# IMPACTO DE LONGO PRAZO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO PIB

Aumento da temperatura média global da superfície (em graus Celsius)	N.º de estimativas	Impacto % no nível do PIB mundial	
		Média das estimativas	Intervalo das estimativas
≤ 2	4	0,3	-0,5 a 2,3
2,5	11	-1,3	-3,0 a 0,1
2,9	2	-2	-2,1 a -2
3	6	-1,7	-3,6 a -0,9
3,2	1	-5,1	-5,1
5,4	1	-6,1	-6,1
6	1	-6,7	-6,7

Fonte: Adaptado de Tol (2018). | Nota: Impacto percentual no nível do PIB em 2100 relativamente a um cenário sem alterações climáticas.

- Numa perspetiva de **testes de esforço (*stress tests*)**, os valores reportados são muito maiores (e.g. Swiss Re Institute 2021)



# MECANISMOS DE INTERAÇÃO ENTRE A MACROECONOMIA E O CLIMA

A **avaliação do impacto das alterações climáticas** na economia é normalmente feita ao nível de cada **setor de atividade** – com **agregação posterior** – e se possível considerando as **interligações entre setores e custos energéticos**

Vários **canais de transmissão** têm sido identificados na literatura económica:

- Volatilidade de preços e rendimento
- Fluxos de comércio internacional
- Redução do stock de capital
- Obsolescência de ativos
- Migrações, entre outros



# POLÍTICAS ECONÓMICAS DE MITIGAÇÃO

As principais **medidas corretivas** assentam na **atenuação das emissões de combustíveis fósseis** através de:

## ***Impostos sobre o carbono:***

- Consistem na introdução de impostos corretores (impostos de Pigou): bens e serviços são objeto de tributação (adicional) cujo valor depende da quantidade de carbono emitido na sua produção e distribuição

## ***Licenças de emissão transacionáveis:***

- Assentam em fixar uma quantidade agregada de emissões de carbono, a que corresponde uma dada quantidade de licenças transacionáveis (mecanismo inspirado na definição de direitos de propriedade de Ronald Coase). Exemplo: *Emissions Trading System* europeu



# POLÍTICAS ECONÓMICAS DE MITIGAÇÃO

## *Papel do sistema financeiro:*

O primeiro passo consiste em **identificar as falhas de mercado** às quais as medidas dirigidas ao sistema financeiro podem responder:

- 1. Insuficiências no reporte de informação** sobre os efeitos ambientais de determinadas indústrias ou empresas e sobre a sua suscetibilidade às alterações climáticas, que podem gerar um escasso reconhecimento do risco que lhes está associado;
- 2. Externalidades de determinadas atividades:** negativas no caso de emissões de GEE; positivas no caso de investimento demasiado baixo em desenvolvimento e adoção de tecnologias de energias renováveis, caracterizadas por ganhos na produção em massa ou economias de rede.





# POLÍTICAS ECONÓMICAS DE MITIGAÇÃO

## *Reporte de informação e regulação financeira:*

- Medidas enquadráveis na **regulação e supervisão do sistema financeiro** tendentes a garantir **informação credível e comparável**, a **divulgação padronizada** de dados ambientais pelas empresas e a correspondência com uma **taxonomia globalmente aceite** concorreriam para uma melhor **avaliação dos riscos climáticos** por parte dos **consumidores e investidores**
- Esta orientação pode ser reforçada pelo **papel dos bancos centrais enquanto autoridades monetárias**: o **desenho da política monetária** pode ser condicionado a requisitos de reporte por parte de bancos e de empresas que se financiem no mercado de capitais

## *Política monetária:*

- Subsidação de atividades verdes por via de **compra de obrigações verdes**
- **Tratamento favorável de créditos verdes dados como garantia** (e.g. menores *haircuts*)



## DESCONTO INTERTEMPORAL

O valor hoje de um fluxo a gerar daqui a  $t$  anos é dado por  $V_0 = V_t / (1 + \rho)^t$ , sendo  $\rho$  a **taxa de desconto**

$\rho = r + \gamma\mu - 1/2 \gamma^2 \sigma^2$ , onde  $\mu$  é o **crescimento do consumo per capita**,  $\gamma$  a **elasticidade intertemporal de substituição do consumo**,  $r$  é a **taxa de desconto intertemporal pura** e  $\sigma$  o desvio-padrão do crescimento do consumo per capita

$r$  é inferido a partir da **taxa de juro real sem risco**; 0,5% para Portugal (excluindo o período 2009-2014) [1-3% na década de 90]

$\gamma$  pode ser 1 ou superior (1,5 por exemplo; valor comum na avaliação de políticas)

$\mu$  situa-se no intervalo 1-3%, mas próximo de 1% nas economias avançadas

$\sigma$ : 1-4%, próximo de 1% nas economias avançadas

$\rho$ : 1,4-8,5%

**AVALIAÇÃO  
PROSPETIVA DE  
POLÍTICAS DE  
MITIGAÇÃO: UM  
EXEMPLO**

**03**



# AValiação PROSPETIVA DE POLÍTICAS DE MITIGAÇÃO

Os modelos de avaliação integrada (*Integrated Assessment Models*) permitem **avaliar** a eficácia de diferentes **políticas fiscais de mitigação** dos efeitos das alterações climáticas:

1. Sem alteração das políticas atuais
2. Incentivos à adoção de produção de energias renováveis
3. Tributação de Pigou das emissões de GEE para produção de energia
4. Adoção simultânea das políticas 2 e 3

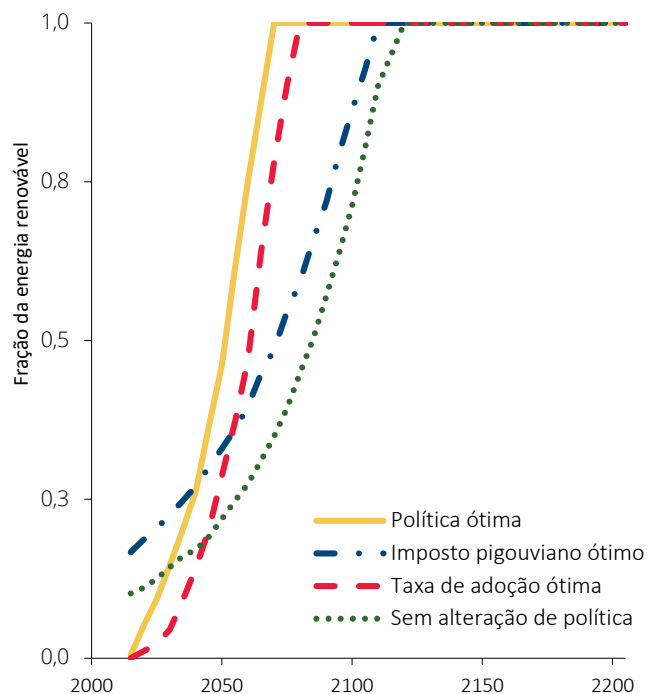
No exemplo que se segue, recorre-se a um modelo deste tipo que combina **quatro módulos** que interagem entre si: **clima, ciclo do carbono, danos causados** e a **economia**



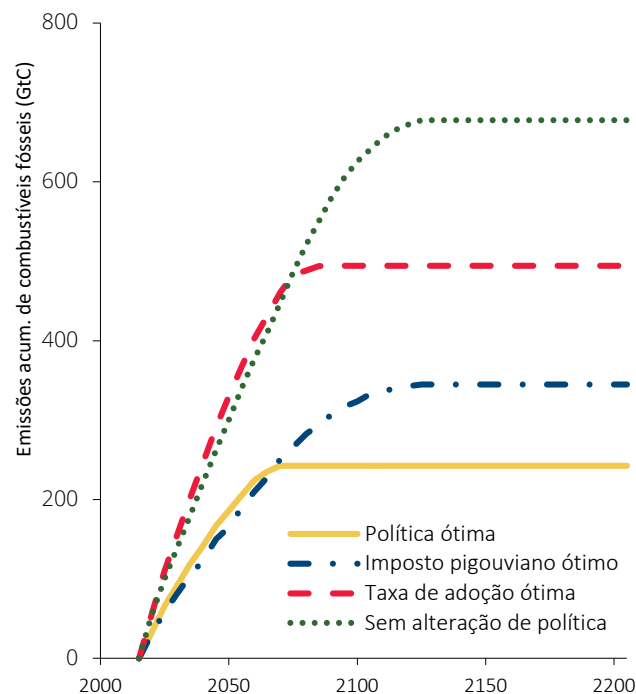
# AVALIAÇÃO PROSPETIVA DE POLÍTICAS DE MITIGAÇÃO

## Resultados de simulações sob cenários de política de impostos sobre emissões

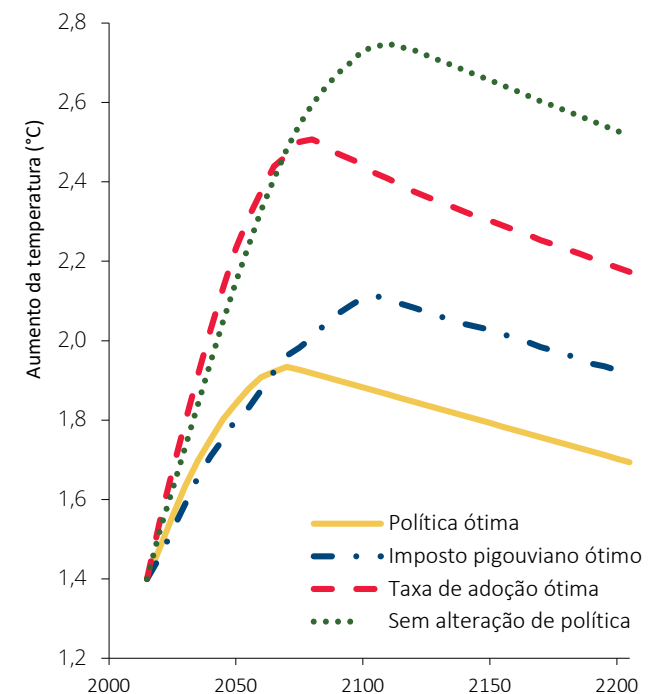
Painel (a) Fração de energia renovável



Painel (b) Emissões de combustíveis fósseis



Painel (c) Aumento de temperatura



Fonte: Adão et al. (2021).