Visão para o Futuro - Programa de Ação para Adaptação na RAM

Filipe Duarte Santos
fdsantos@fc.ul.pt

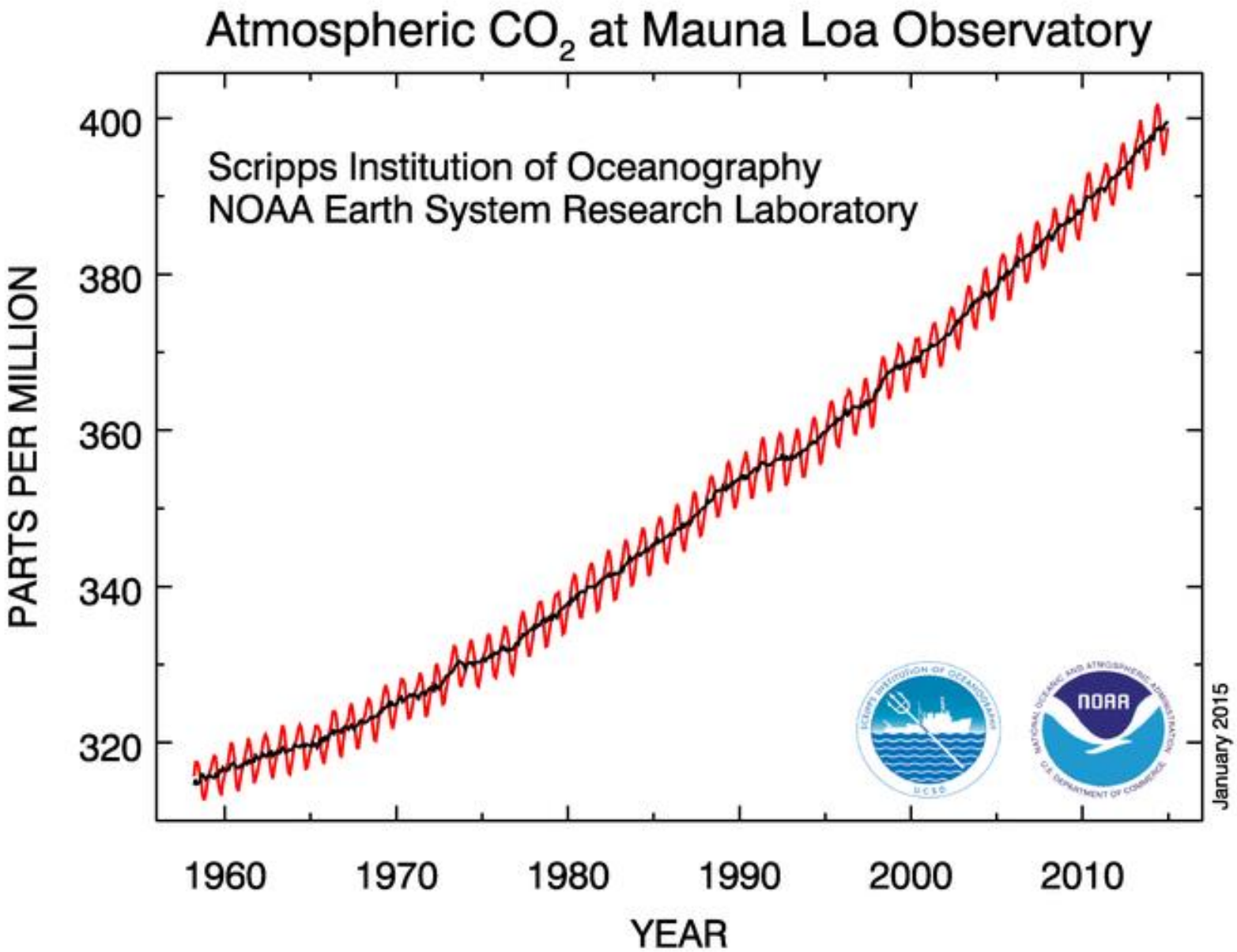
Conselho Nacional do Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável
CCIAM – CE3C Centre for Climate Change Impacts, Adaptation and Modelling - Universidade de Lisboa
FCUL – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

http://cciam.fc.ul.pt/

Conferência da Região da Madeira da Ordem dos Engenheiros
O Papel da Engenharia na Adaptação às Alterações Climáticas
Auditório do Museu Casa da Luz

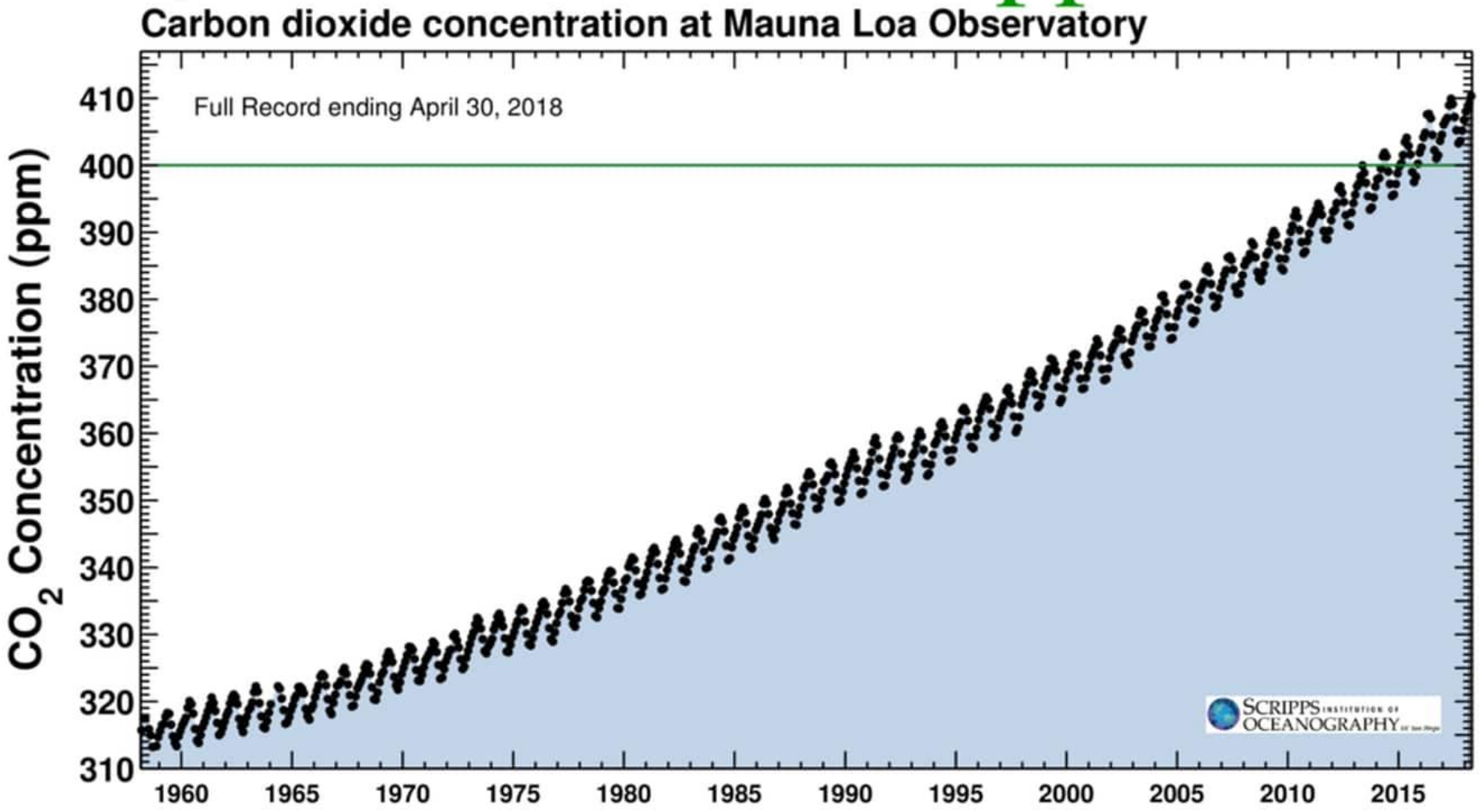
Funchal, 6 de julho de 2018

Concentração do dióxido de carbono aumentou de 42% desde o século XVIII



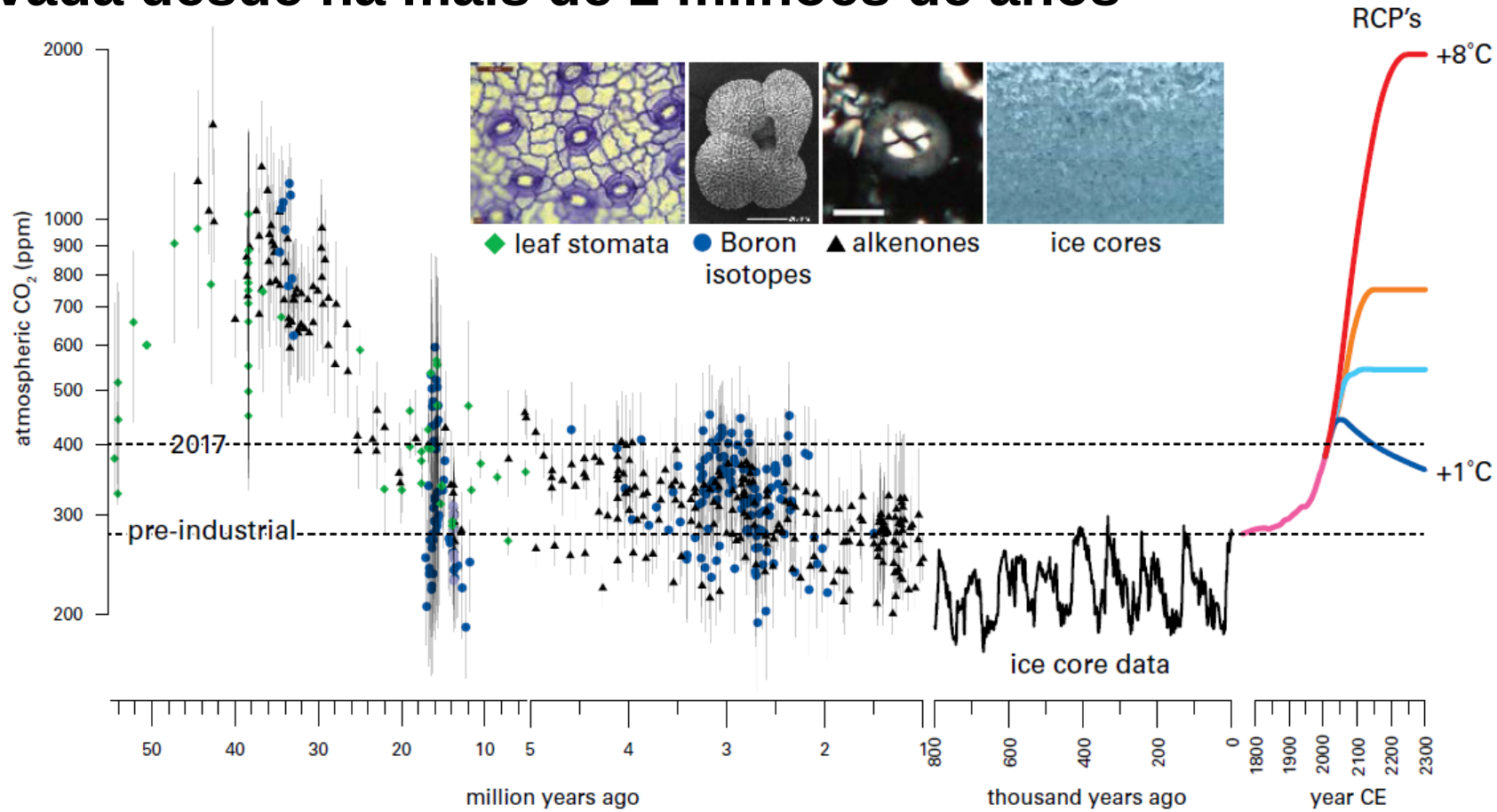
Latest CO_2 reading
April 29, 2018

411.24 ppm



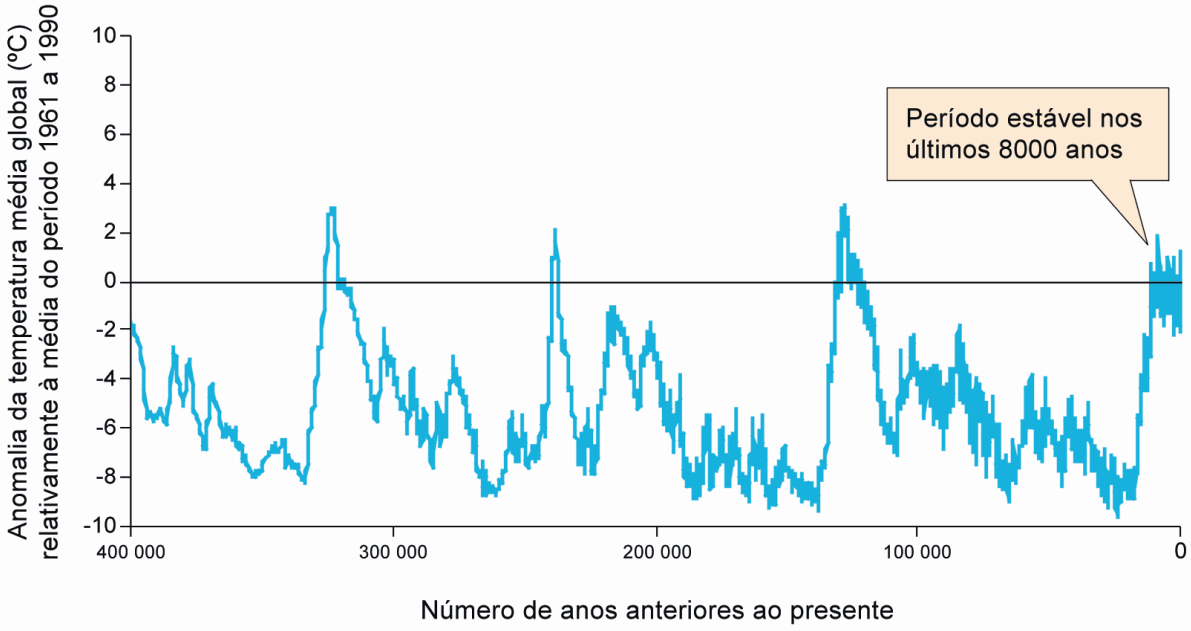
Fonte: Scripps Institution of Oceanography, US

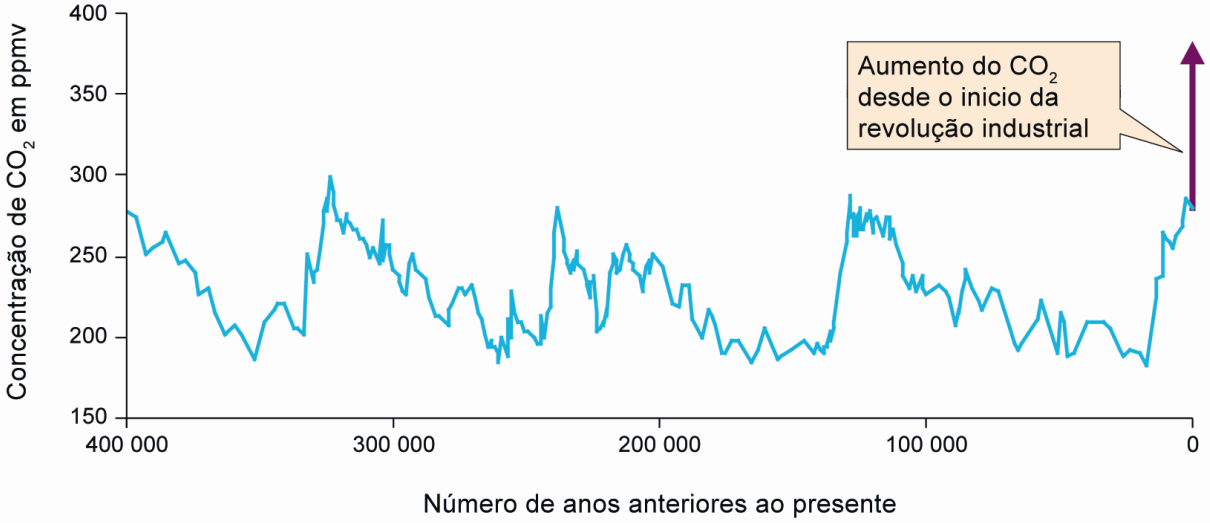
A concentração atmosférica atual (2017) de CO2 é a mais elevada desde há mais de 2 milhões de anos



Reconstituição por meio de estudos de paleoclimatologia

Reconstructions of atmospheric CO_2 over the past 55 million years are generated from proxy data that include boron isotopes (blue circles), alkenones (black triangles) and leaf stomata (green diamonds). Direct measurements from the past 800 000 years are acquired from Antarctic ice cores and modern instruments (pink). Future estimates include representative concentration pathways (RCPs) 8.5 (red), 6 (orange), 4.5 (light blue) and 2.6 (blue). References for all data shown in this plot are listed in the extended version online (http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ghg/ghg-bulletin13.html). CE = Common Era.

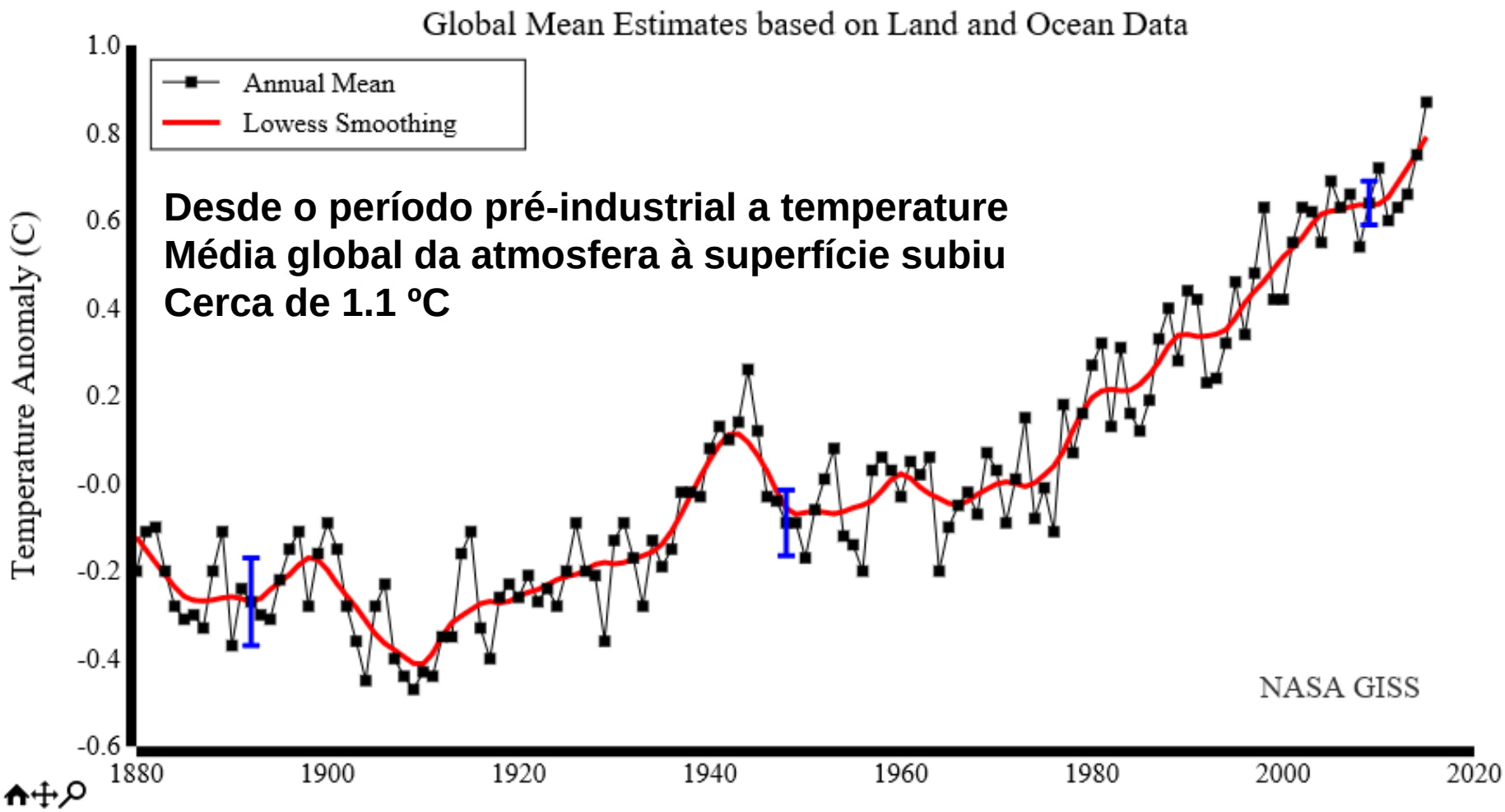




Reconstituição da evolução da temperatura média global da baixa atmosfera, representada por meio da anomalia relativamente à média do período de 1961 a 1990, e da concentração atmosférica do CO2 nos últimos 400 000 anos (Petit, 1999). Figura adaptada de EEA, 2004. Repare-se na correlação que se observa entre os dois registos. O aumento da concentração do CO2 a partir da revolução industrial e até ao presente está indicado por um vector aproximadamente vertical devido à escala de tempo utilizada na figura

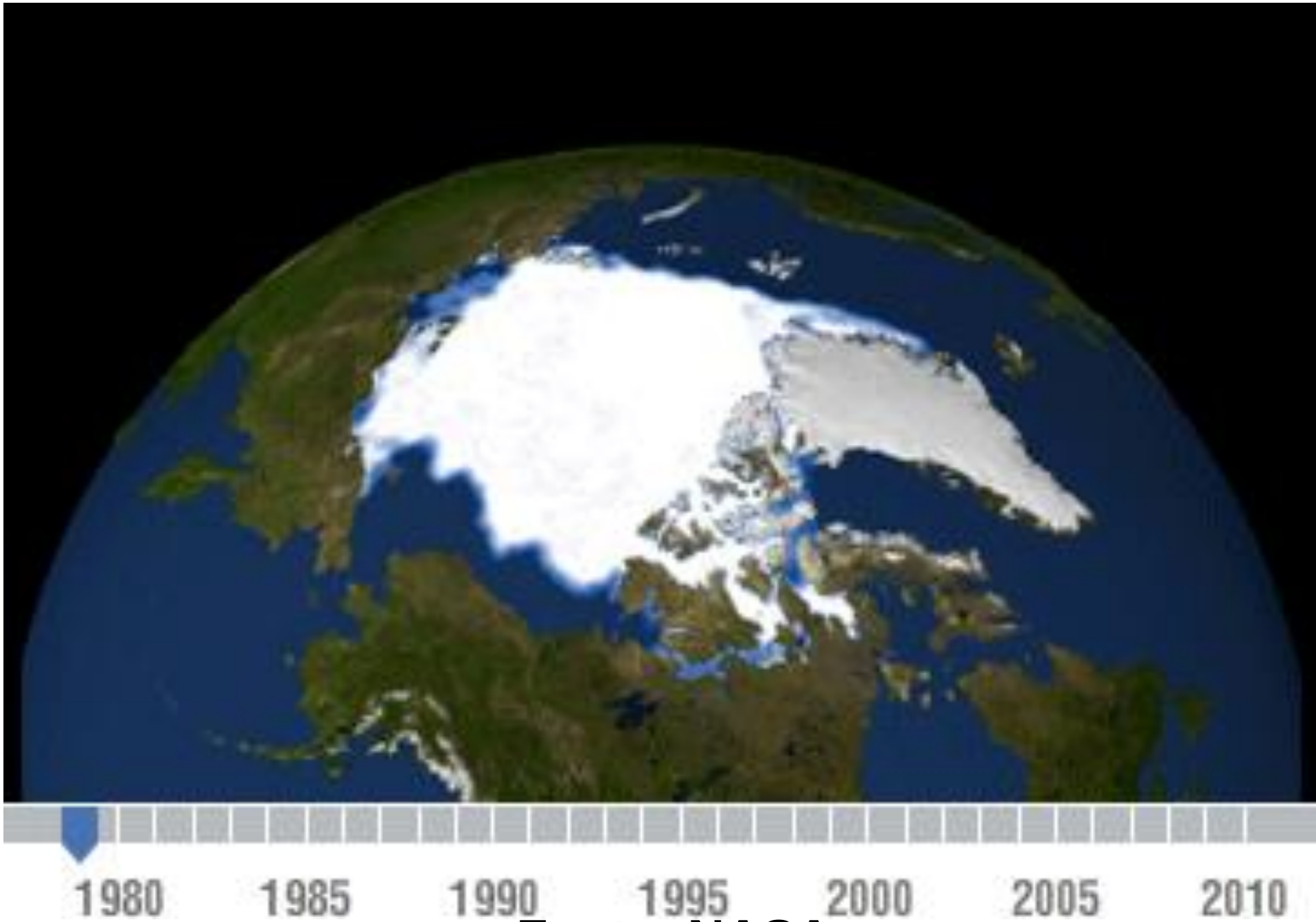
Fonte, Petit et al., 1999

Variação da temperatura média global da atmosfera à superfície desde 1880



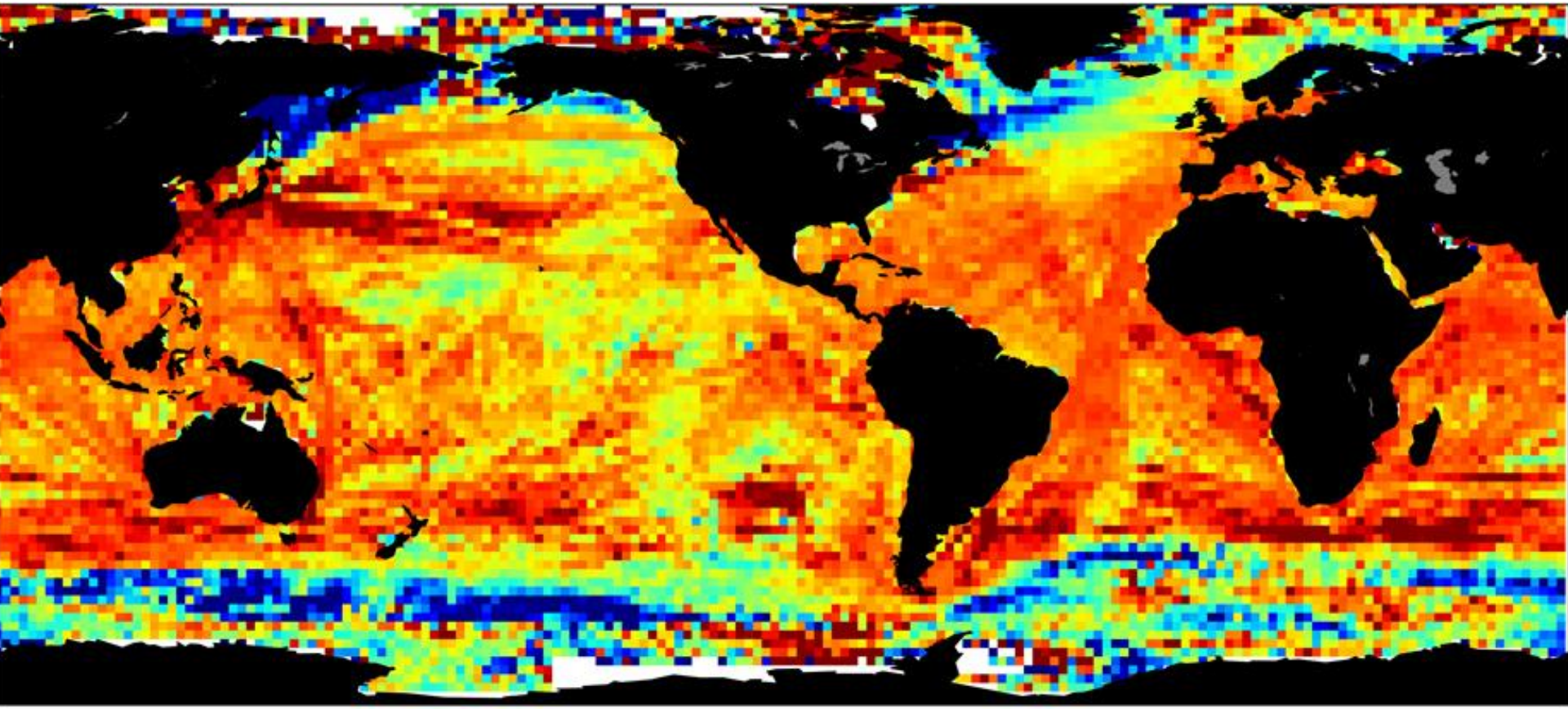
Desde o período pré-industrial a temperature Média global da atmosfera à superfície subiu Cerca de 1.1 ºC

Fonte: NASA GISS USA

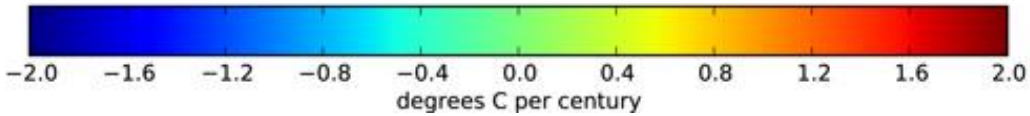


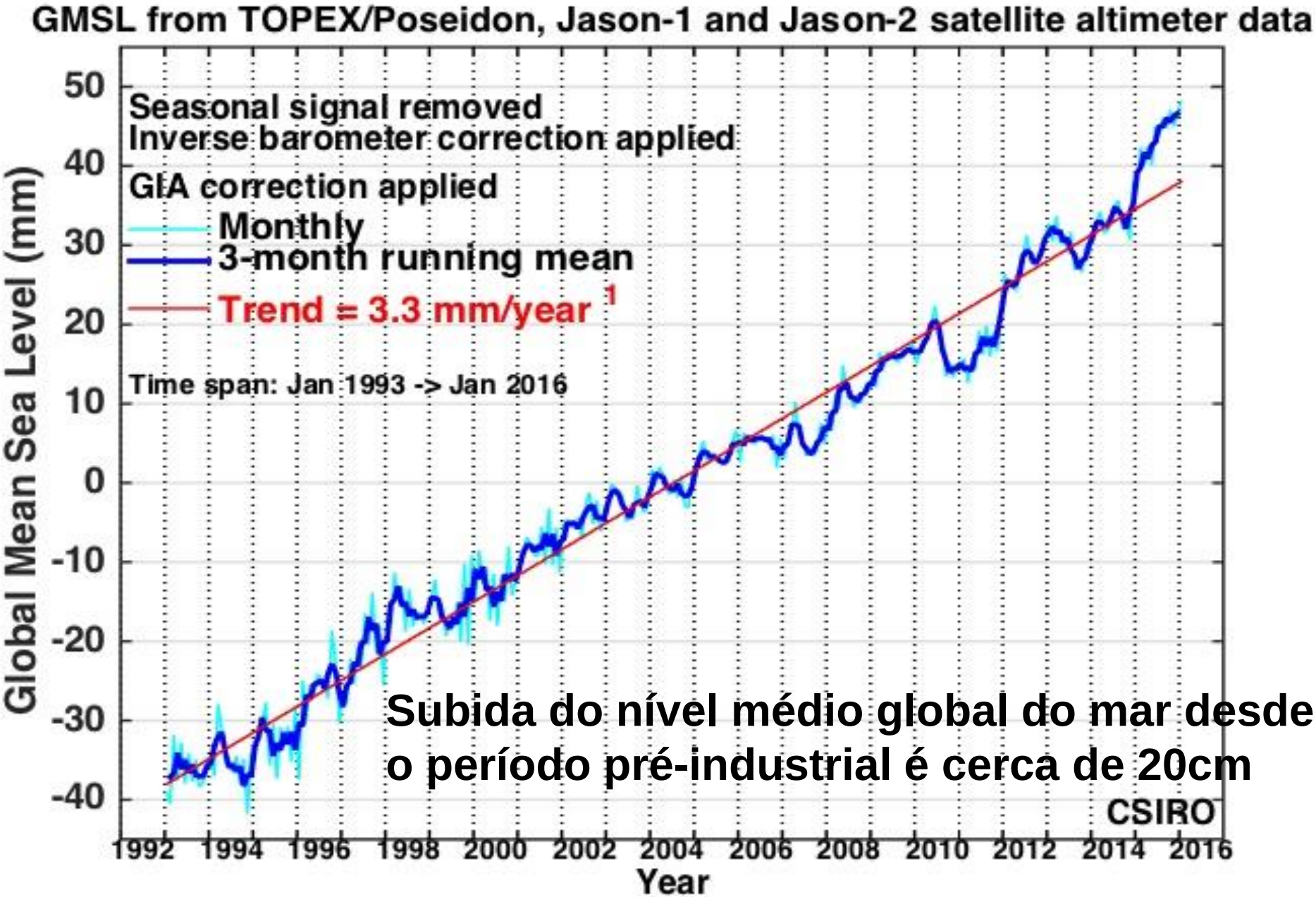
Fonte: NASA

Fonte: NOAA, USA



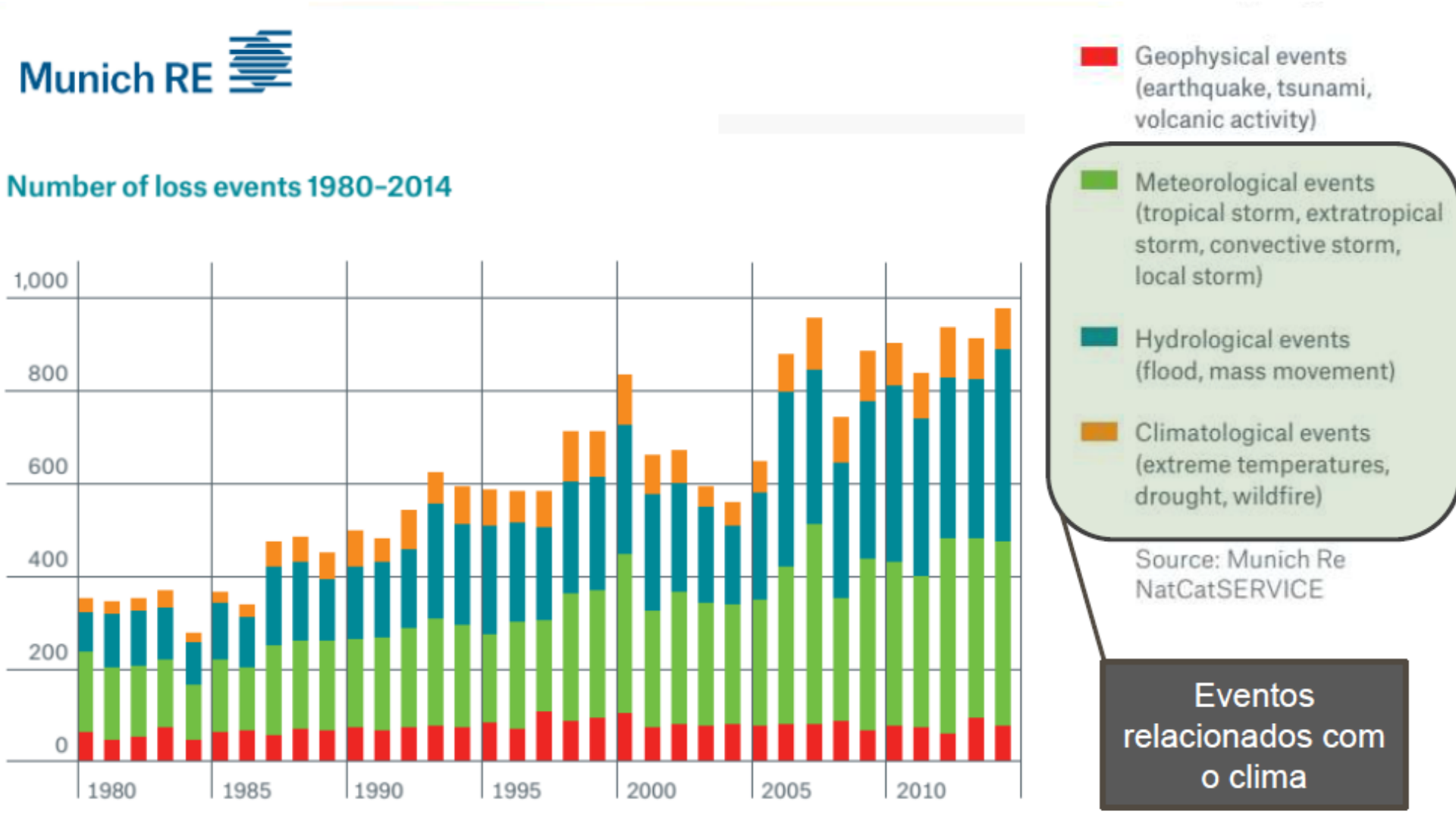
Changes in Sea-Surface Temperature Since 1900





Subida do nível médio global do mar desde o período pré-industrial é cerca de 20cm

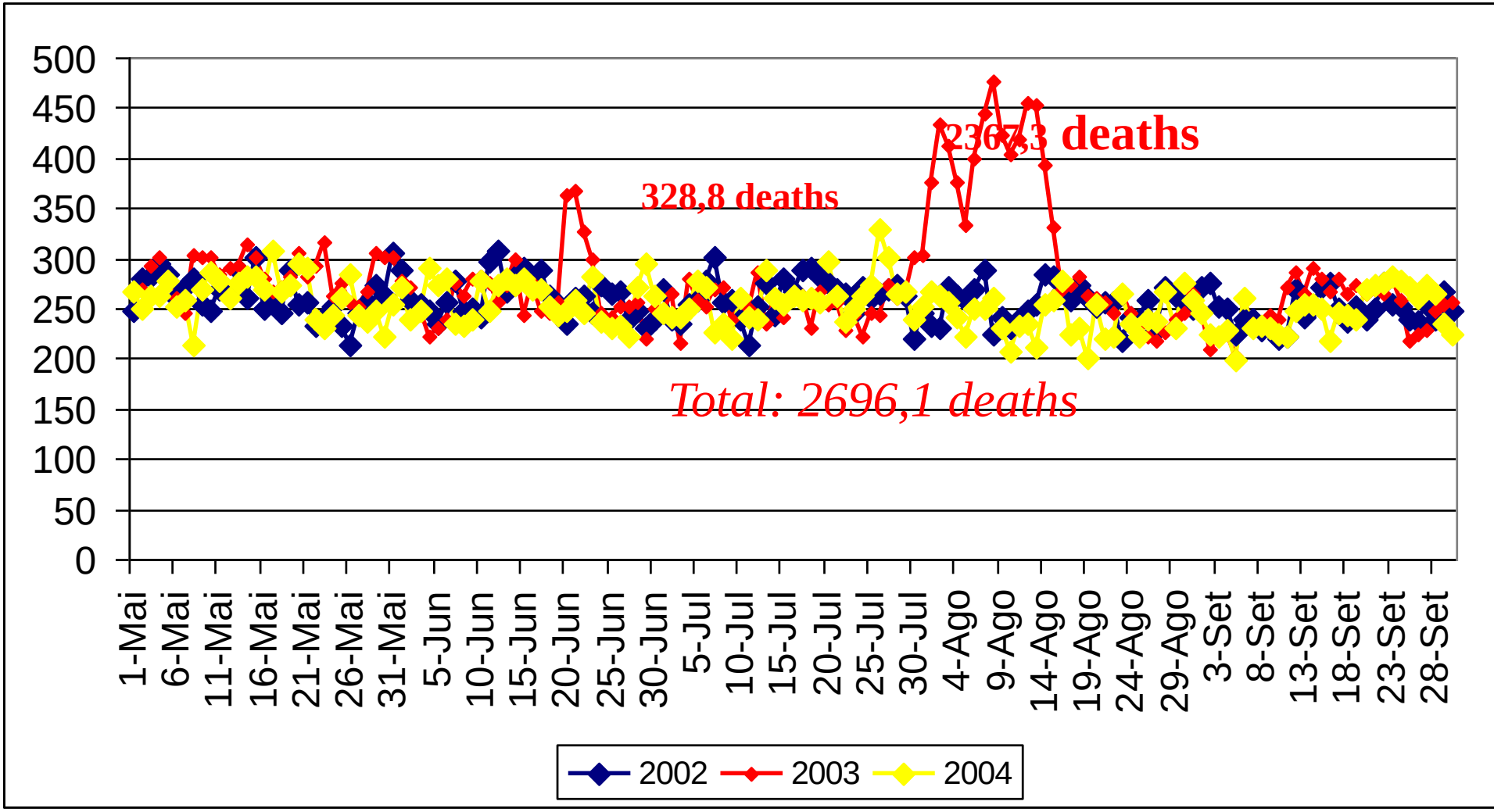
Número de eventos extremos em que houve perdas reportadas à escala mundial



Source: Instituto Nacional de Saúde

Onda de Calor de Julho-Agosto 2003

Comparação da mortalidade em anos adjacentes



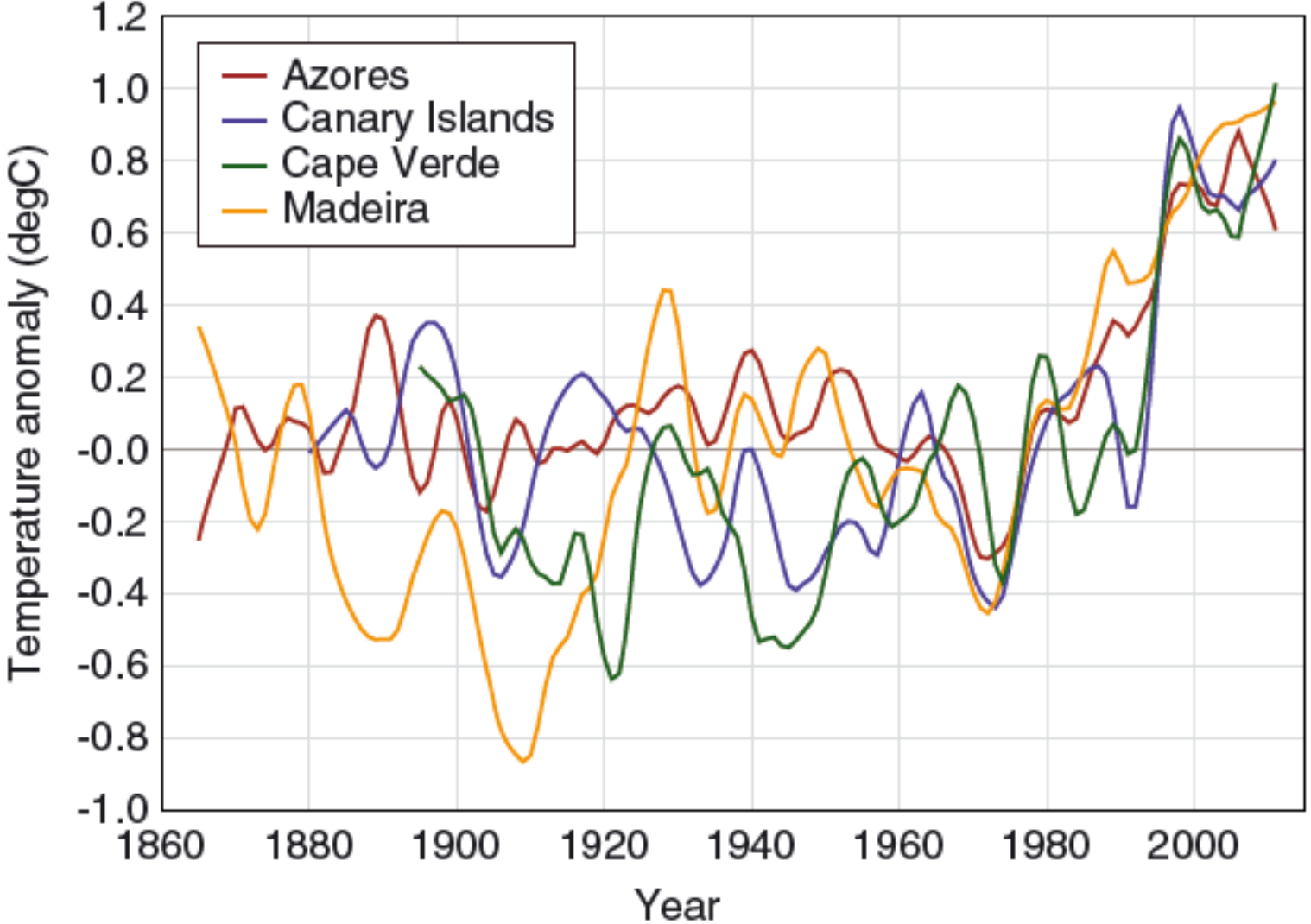


Figure 4. 11-year LOESS filter of the long-term Macaronesia temperature records from Ponta Delgada (Azores), Funchal (Madeira), Santa Cruz (Canary Islands) and Sal (Cape Verde).

Variação da anomalia da temperatura média na Macaronésia
Fonte: Cropper, 2013

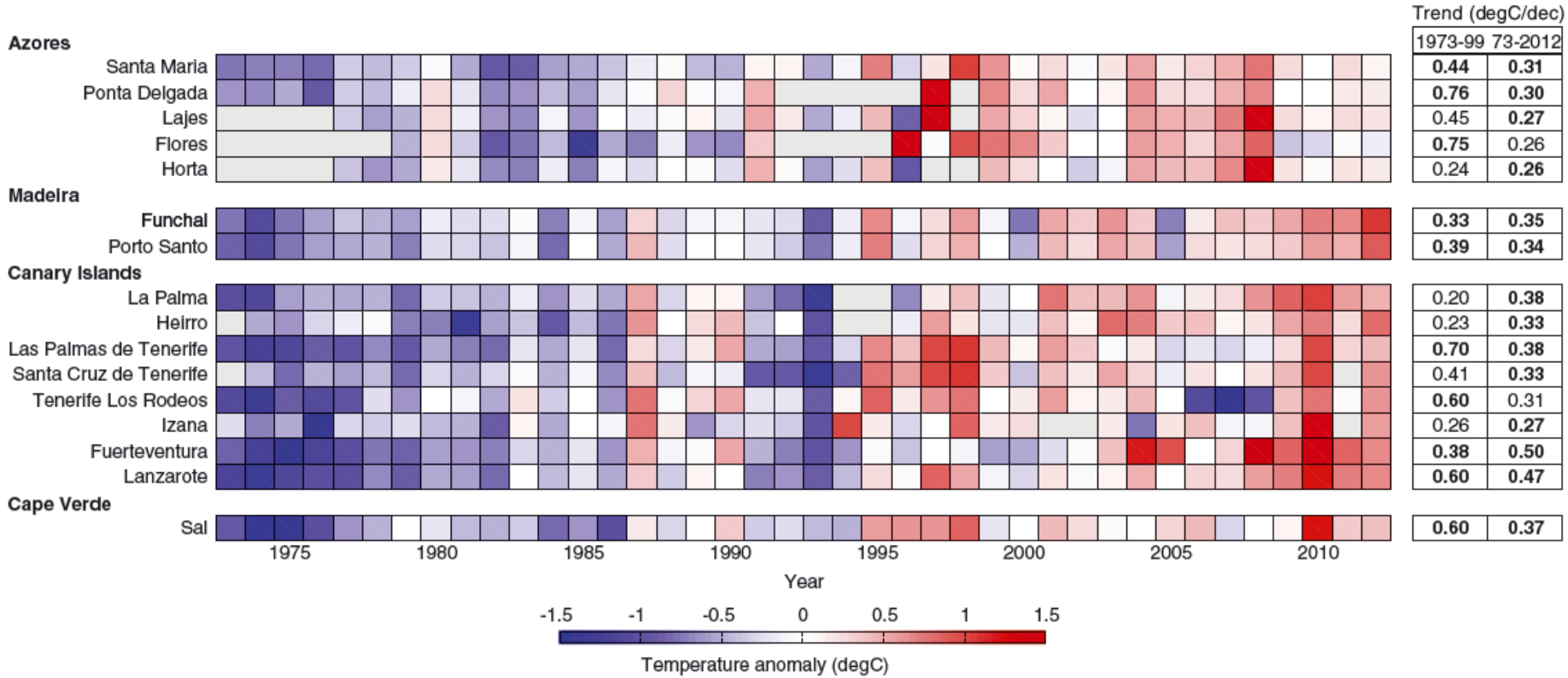
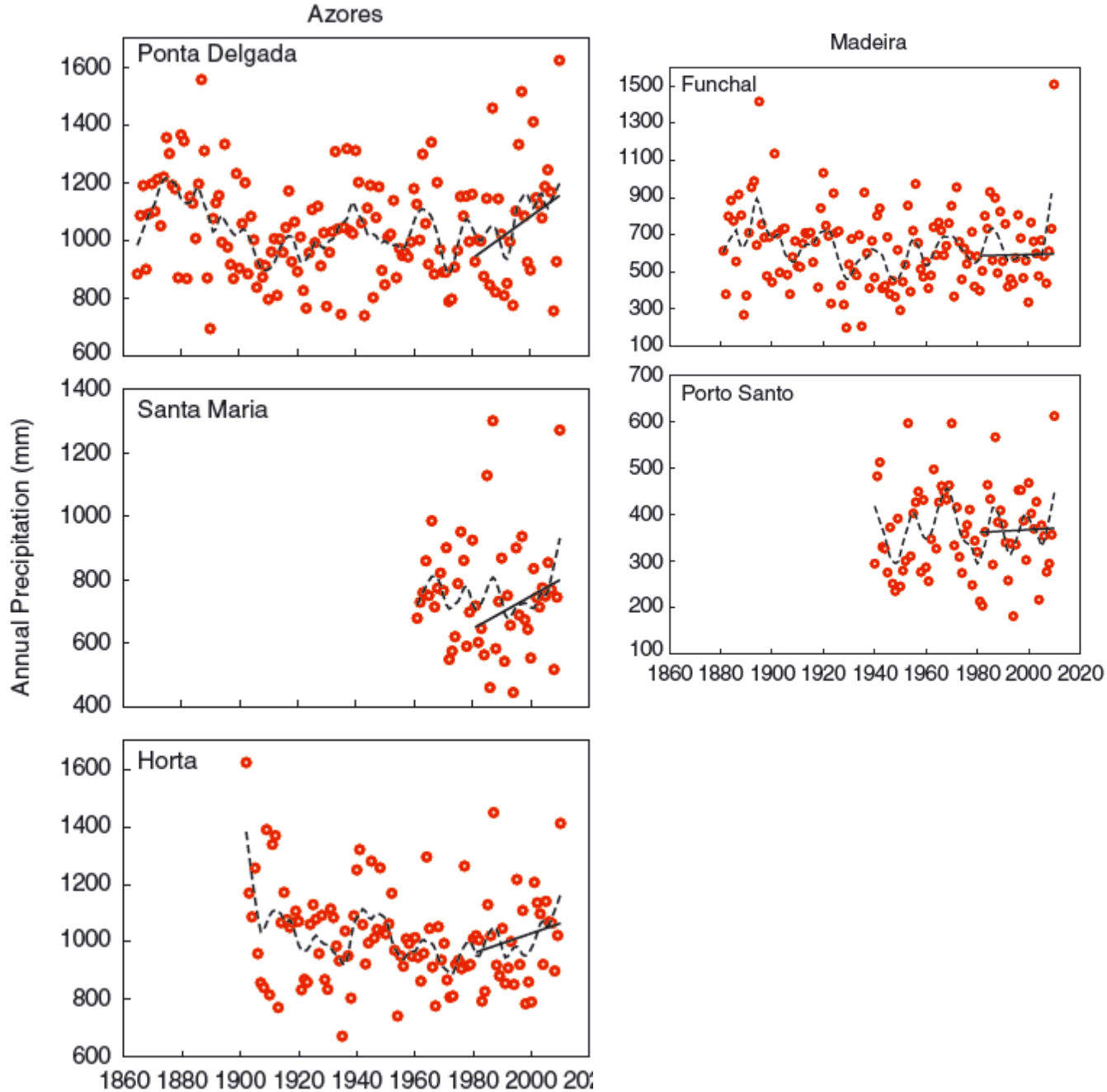


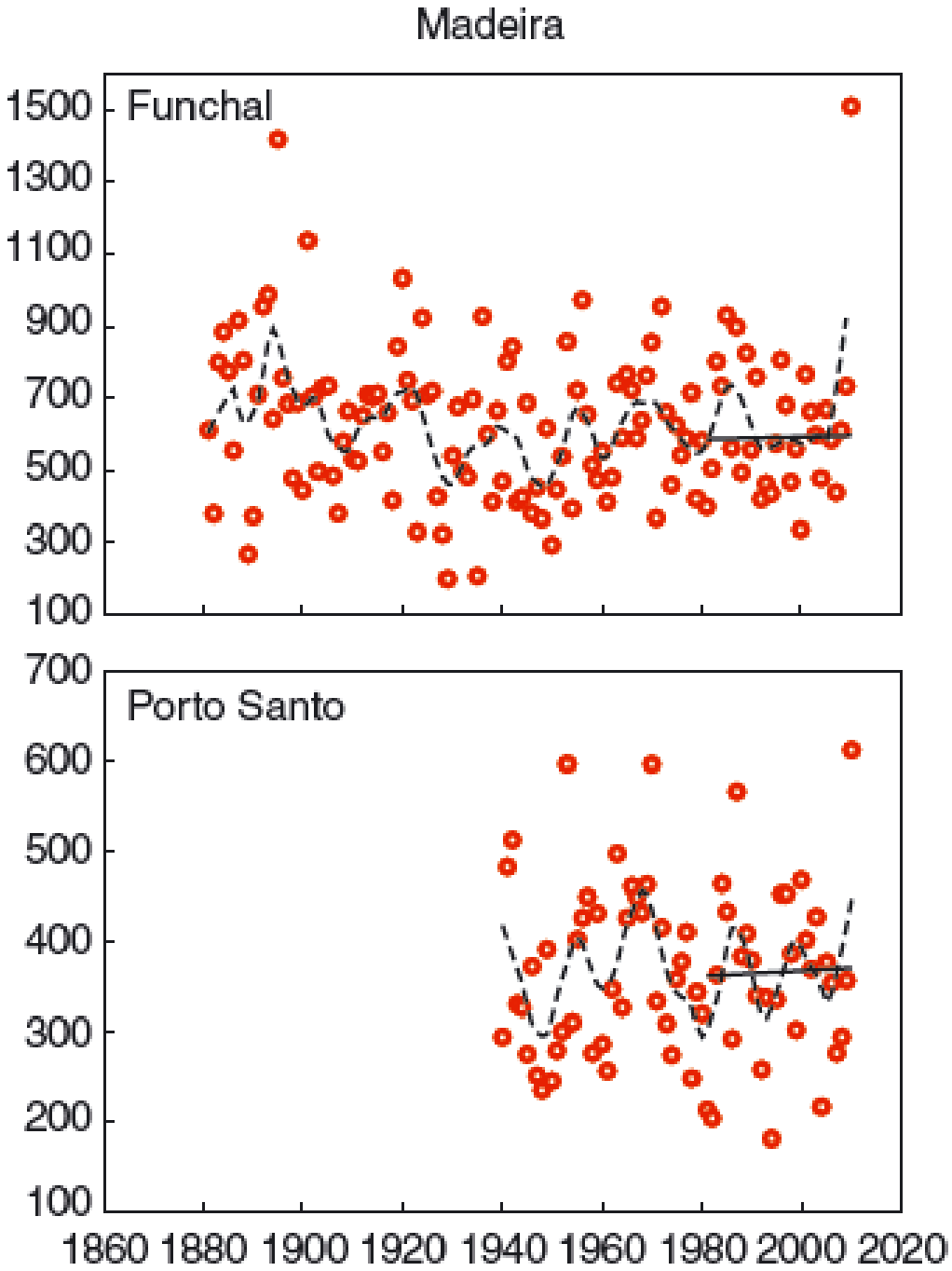
Figure 5. The annual temperature anomaly (relative to the 1981–2010 base period) for the sixteen Macaronesia stations listed in Table 1. Grey shading indicates no data. The table shows the linear trends of temperature against time (degC per decade) for 1973–1999 and 1973–2012. Bold values indicate significant trends ($p < 0.05$, calculated by the modified Mann–Kendall Test, which accounts for autocorrelation (Hamed and Rao, 1998)).

Fonte: Cropper, 2013



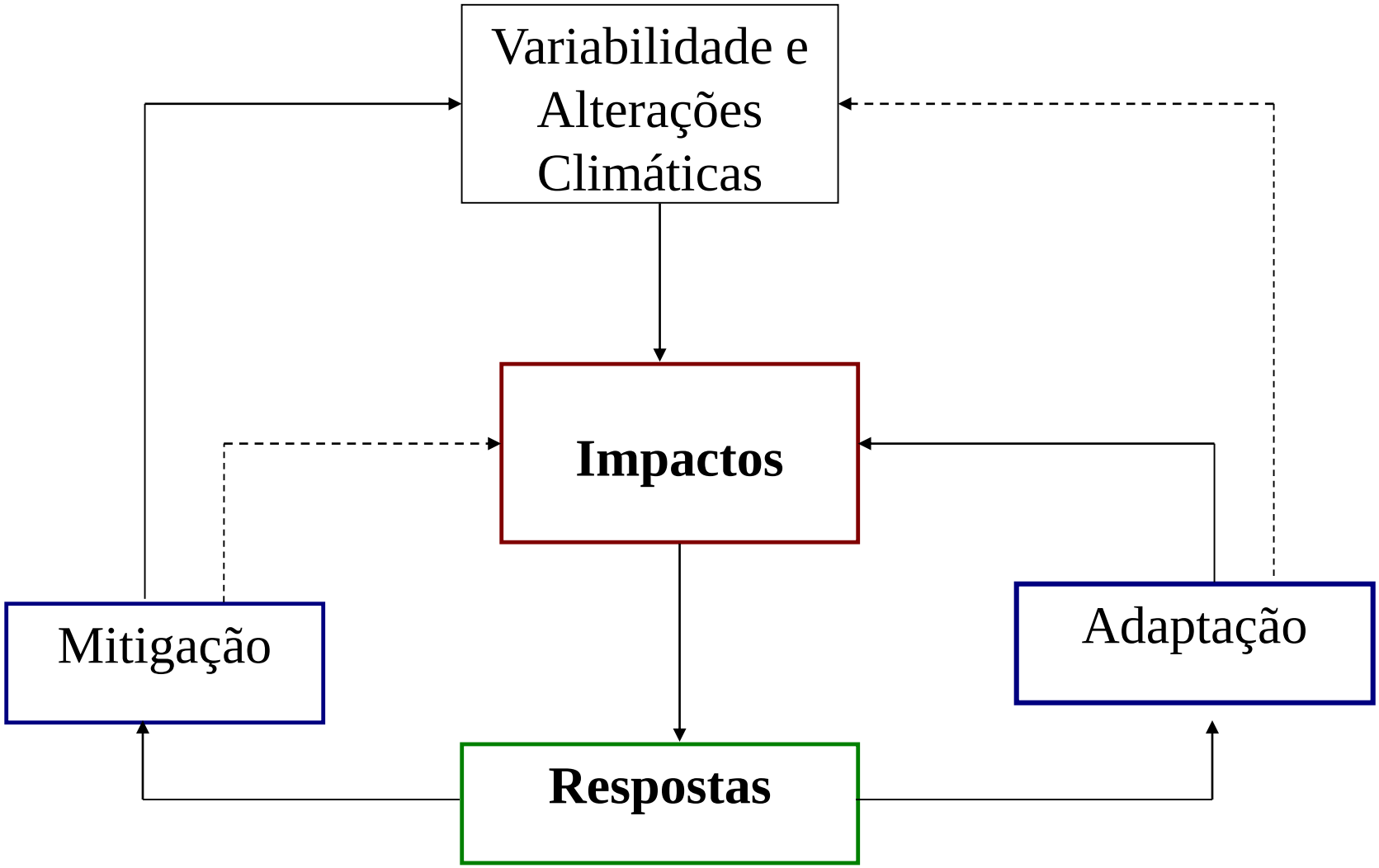
Fonte: Cropper, 2014

Figure 9. Annual precipitation (mm) records from various Macaronesian sites with their 1981–2010 Thiel-Sen trend line and long-term 11-year LOESS filters.



Precipitação anual

Fonte: Cropper, 2013

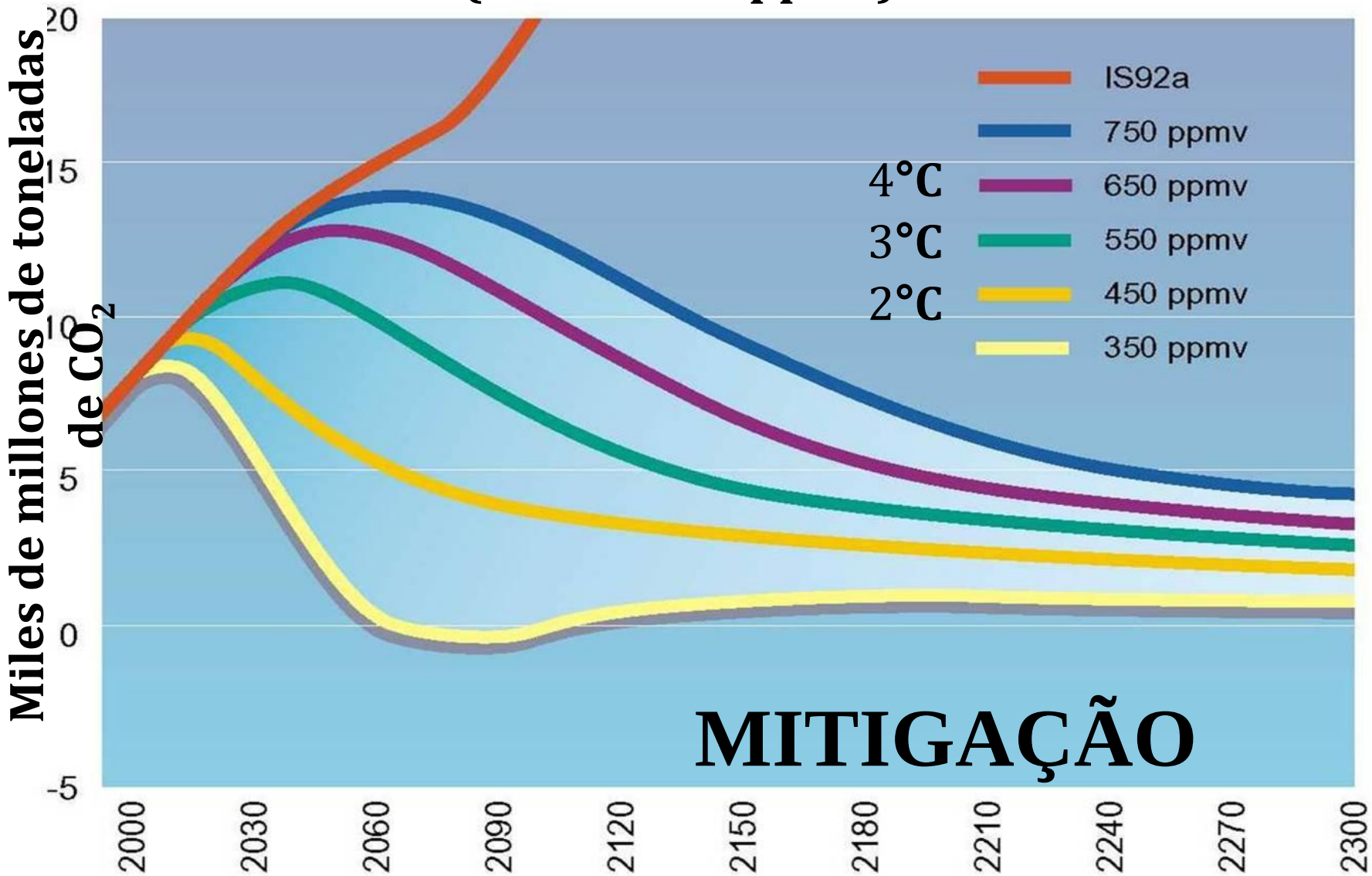


Efeitos directos ou retroacção

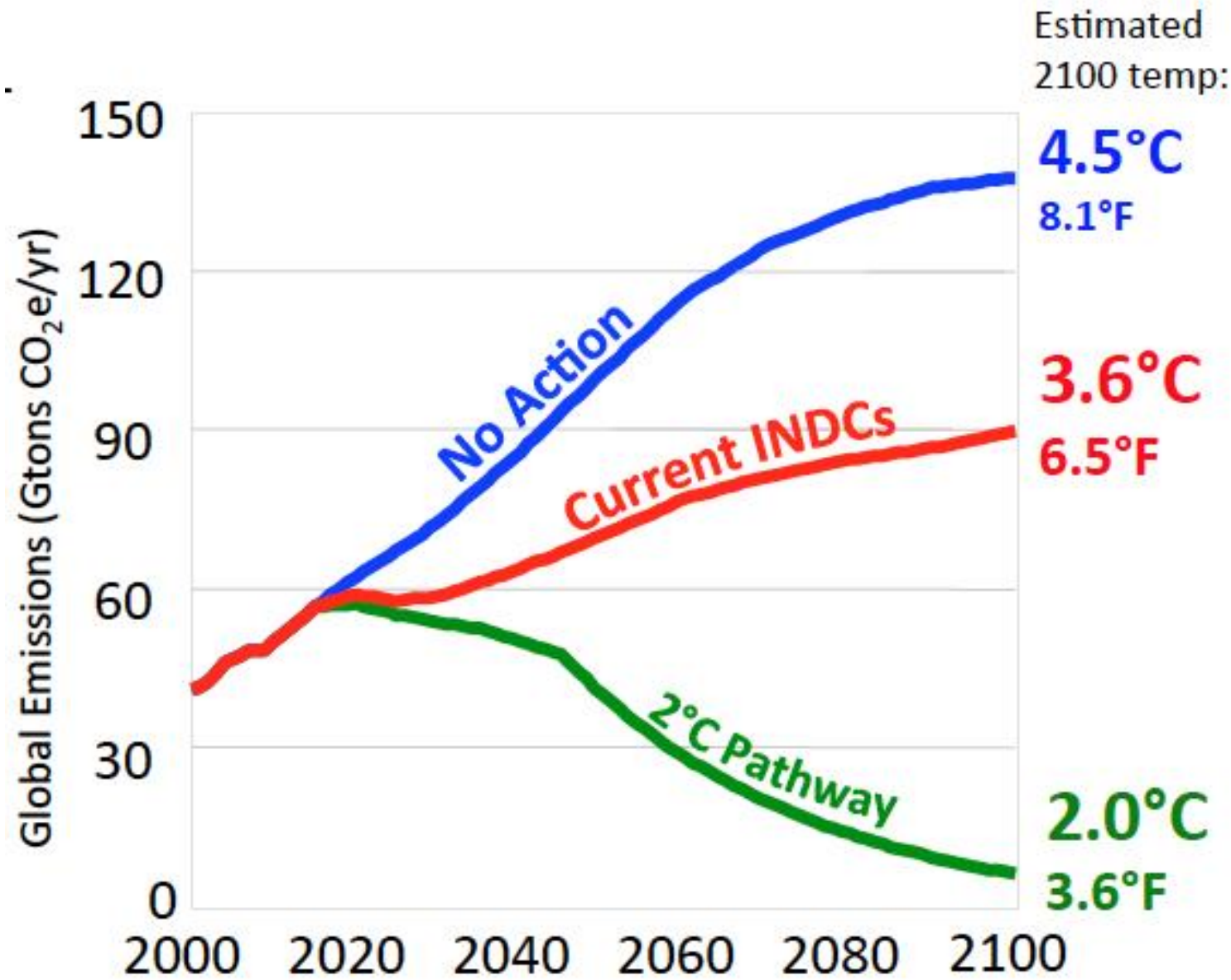
Efeitos indirectos

Trajectórias das emissões de CO_2e

(2005 = 380 ppmv)

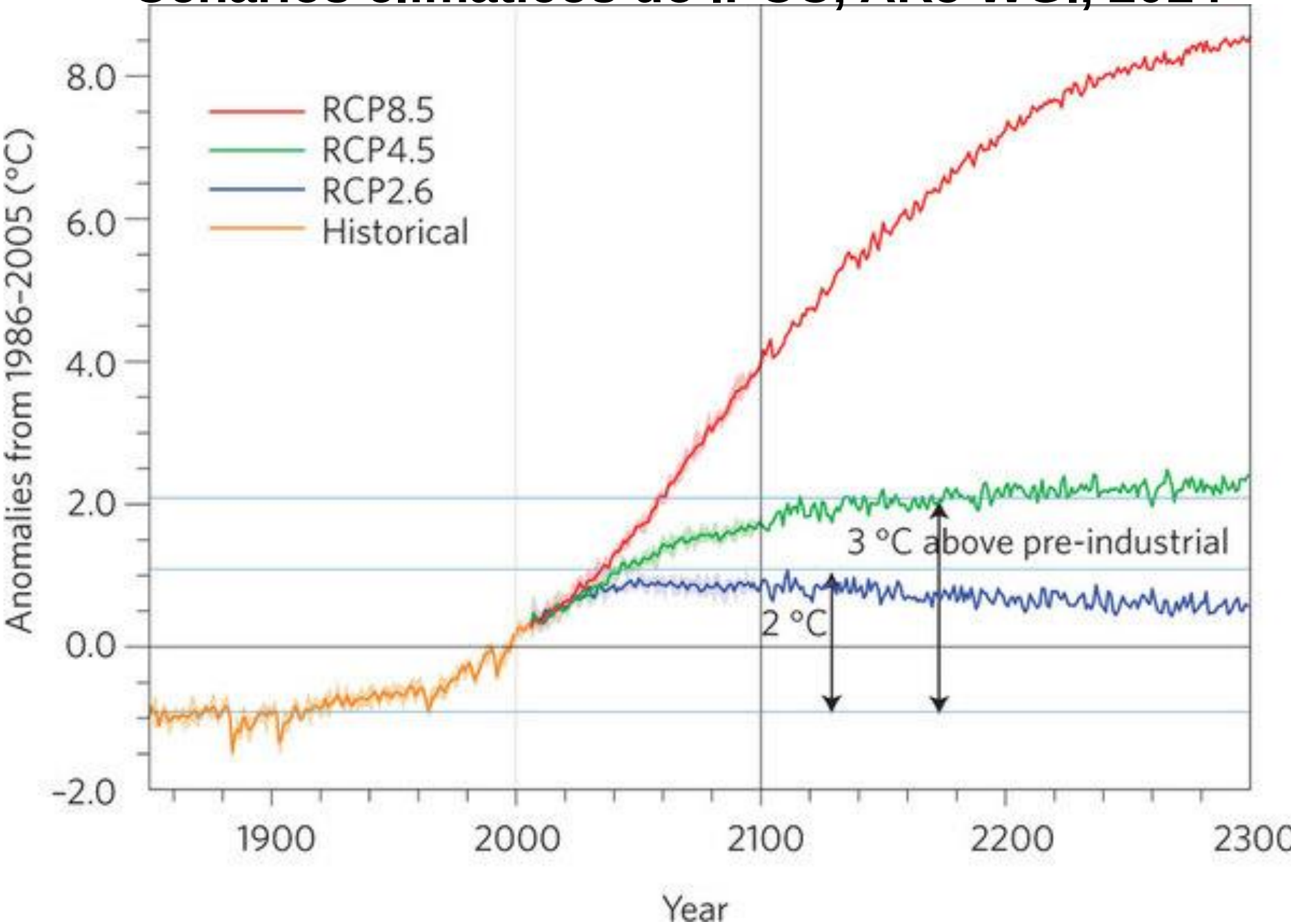


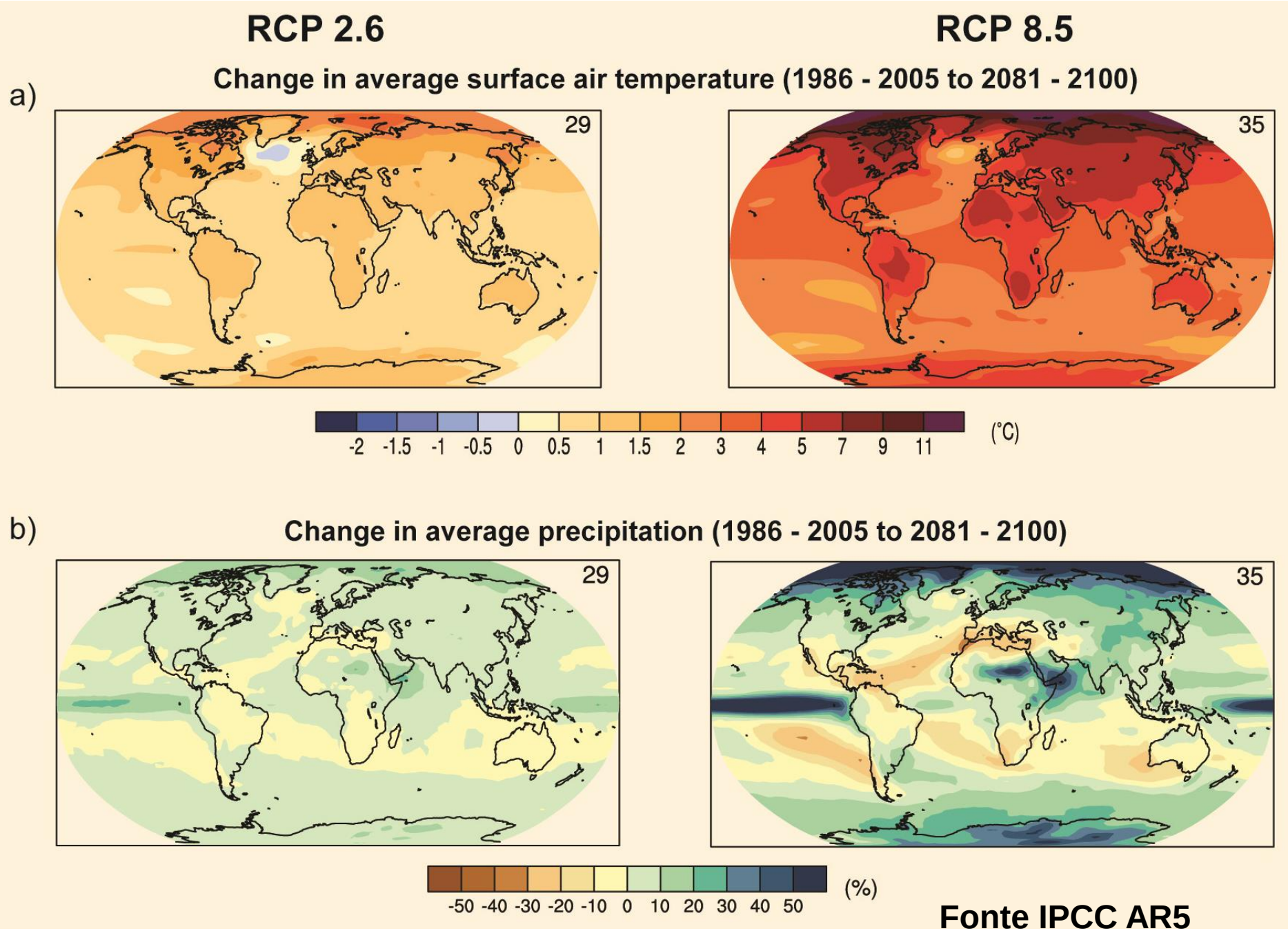
Fuente: Stern Review; World Resources Institute



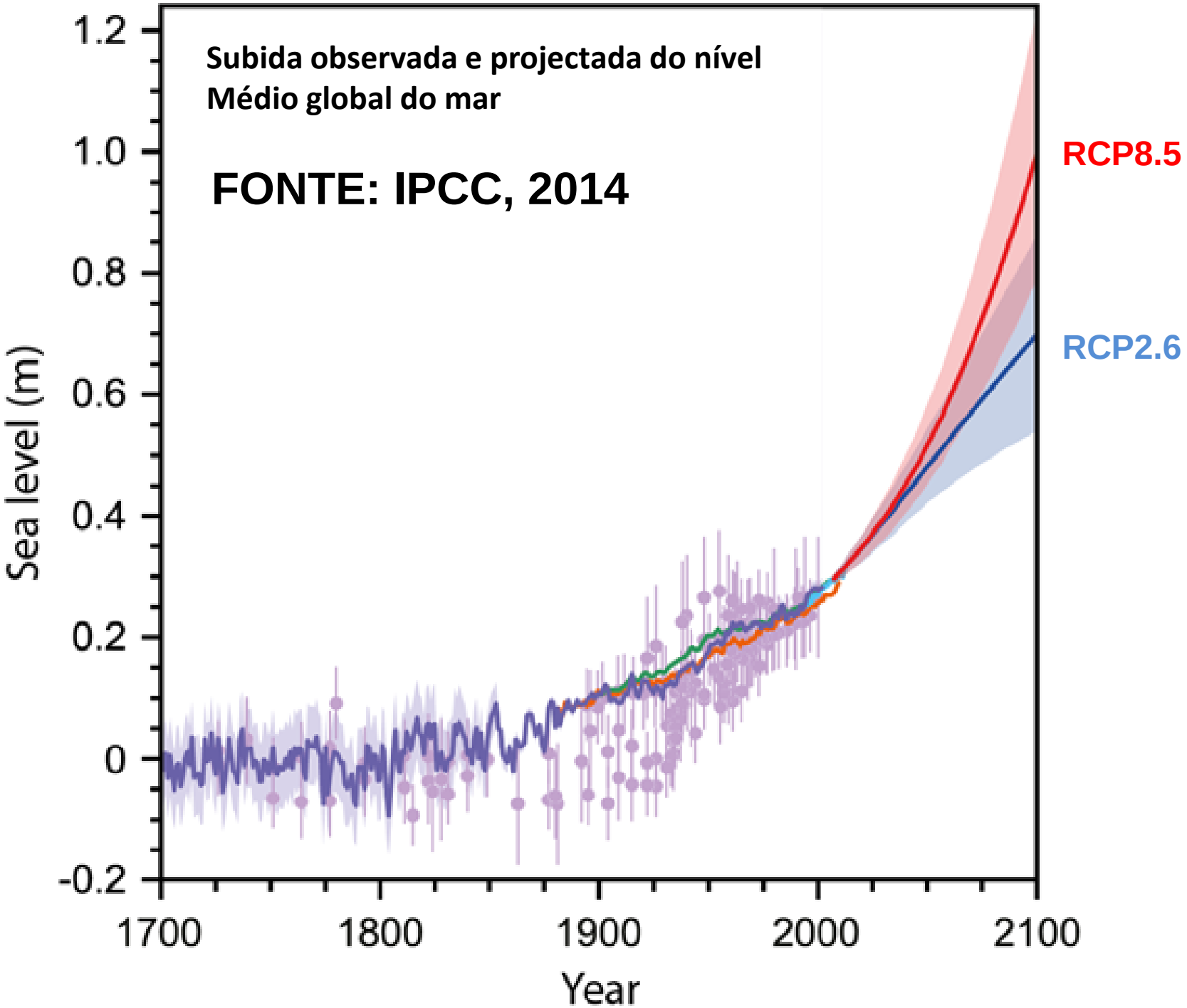
Impact of national climate pledges (aka INDCs) on world's greenhouse gas emissions measured in CO2 equivalents (CO2e).

Cenários climáticos do IPCC, AR5 WGI, 2014





Fonte IPCC AR5


Subida observada e projectada do nível
Médio global do mar
FONTE: IPCC, 2014
RCP8.5
RCP2.6
Sea level (m)
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
1700
1800
1900
2000
2100
Year

VULNERABILIDADE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

EXPOSIÇÃO

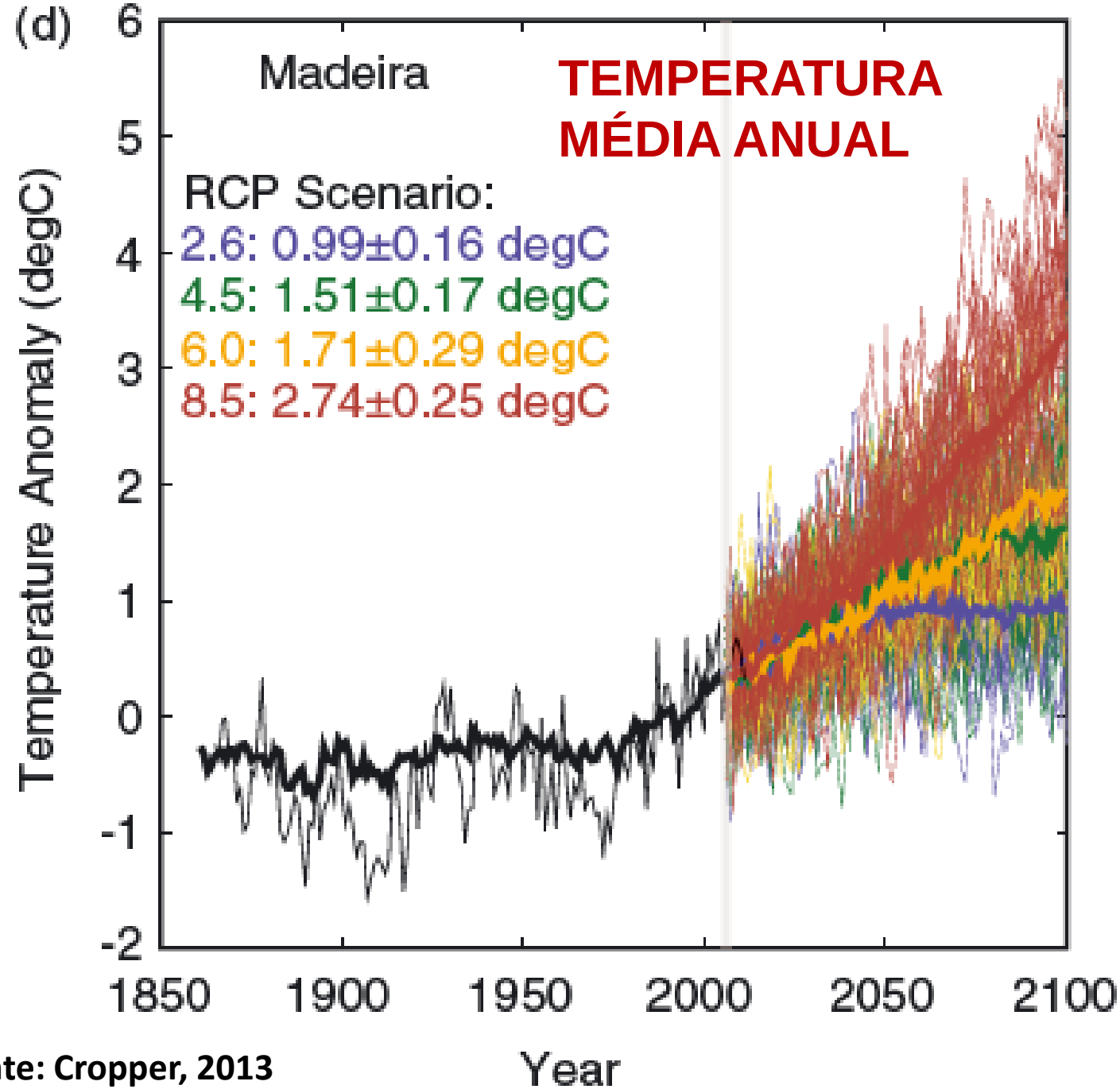
SENSIBILIDADE

CAPACIDADE DE ADAPTAÇÃO

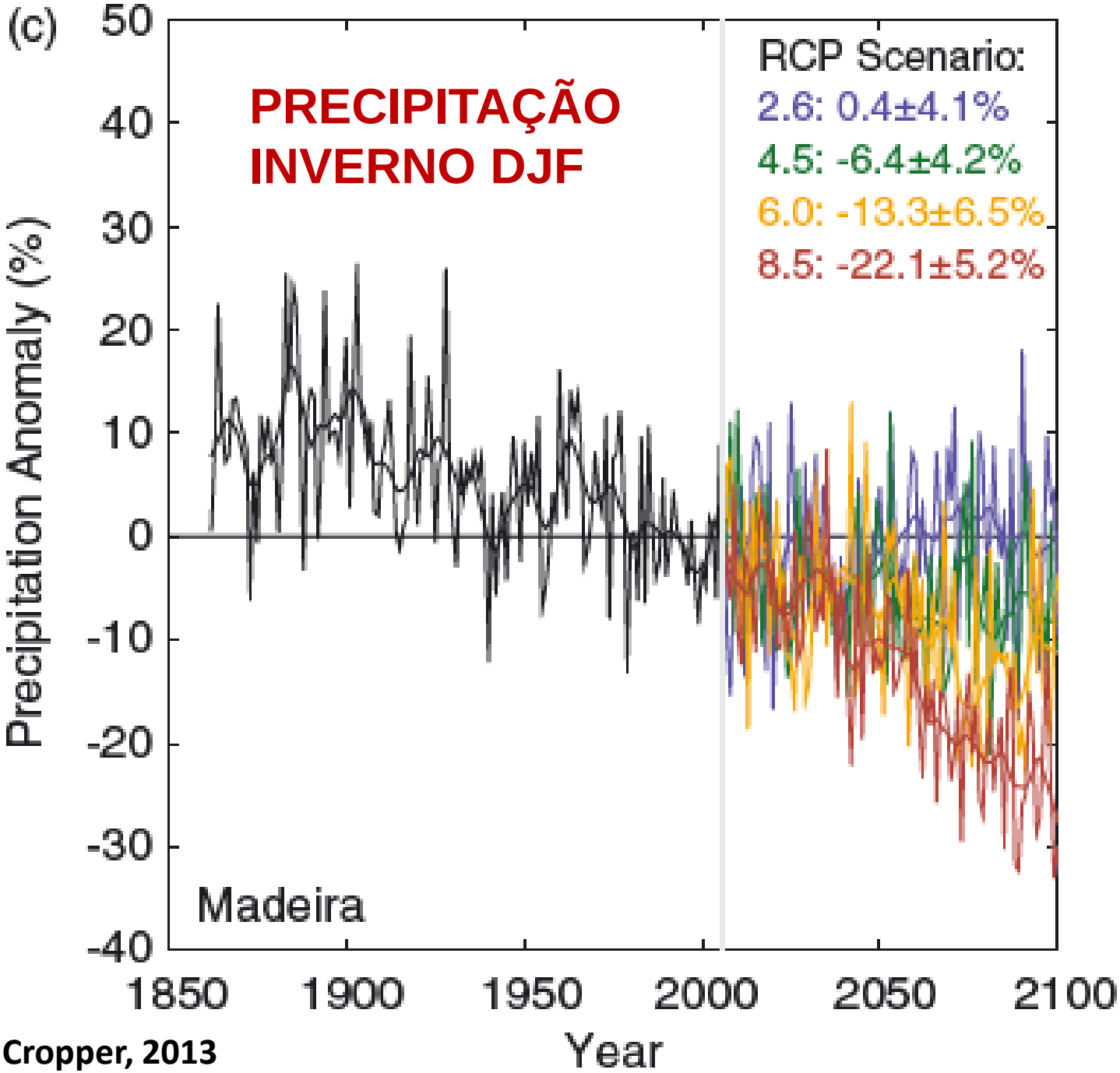
IMPACTOS POTENCIAIS

VULNERABILIDADE, RISCO, RESILIENCIA

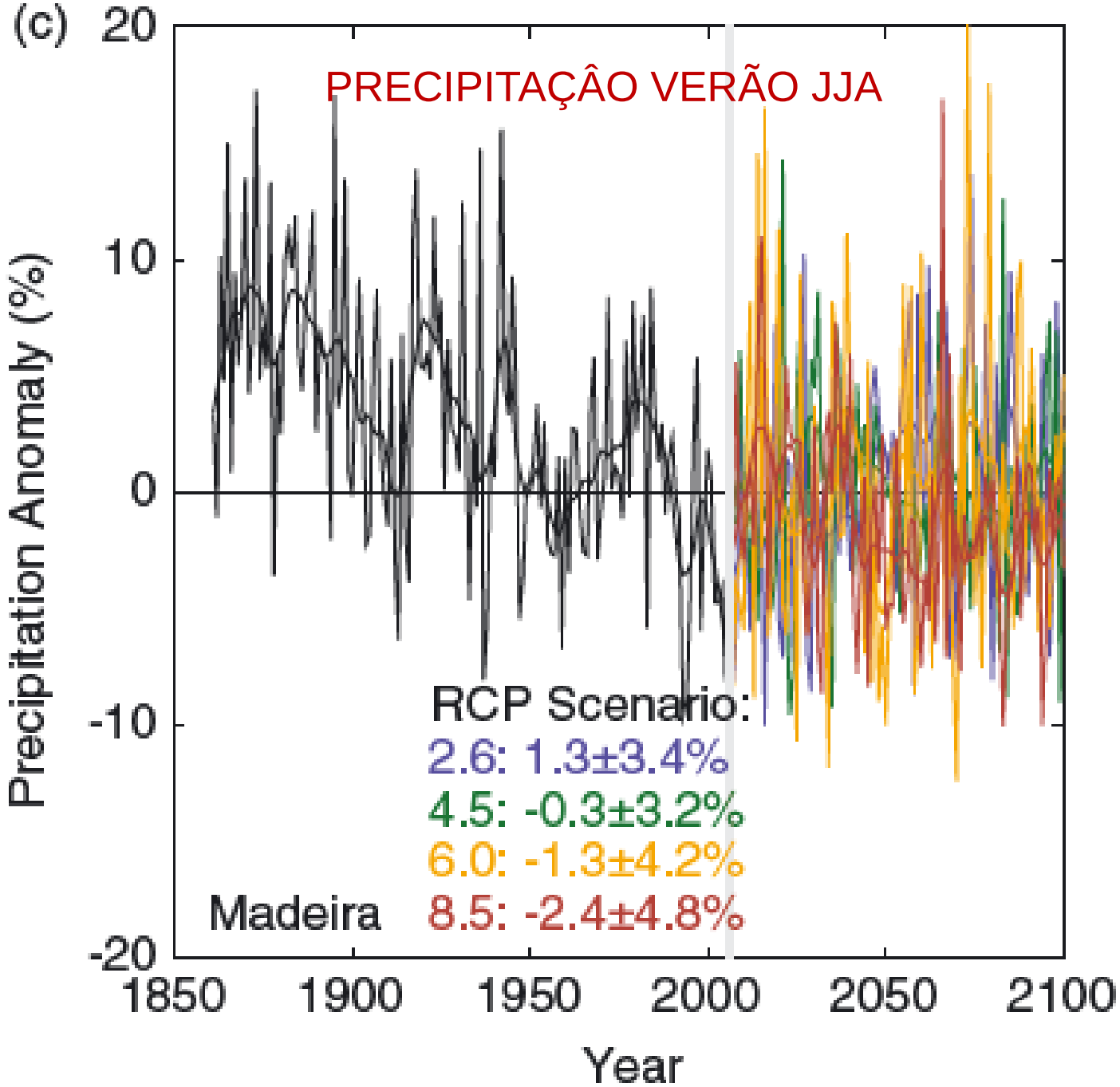
ADAPTAÇÃO PLANEADA



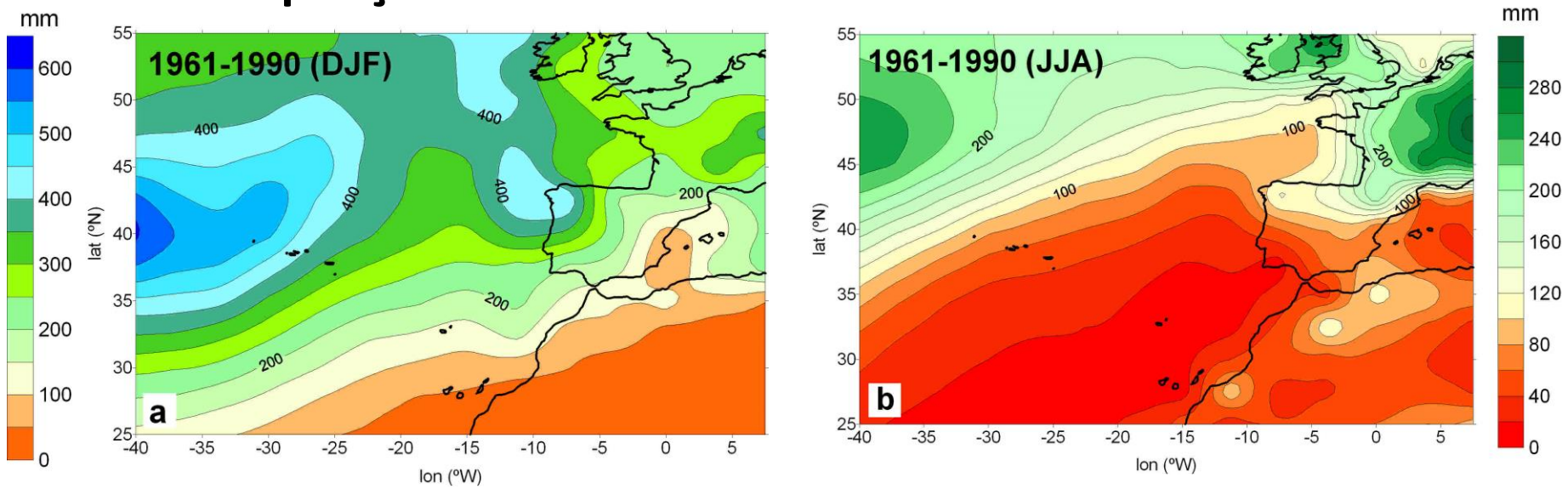
Fonte: Cropper, 2013



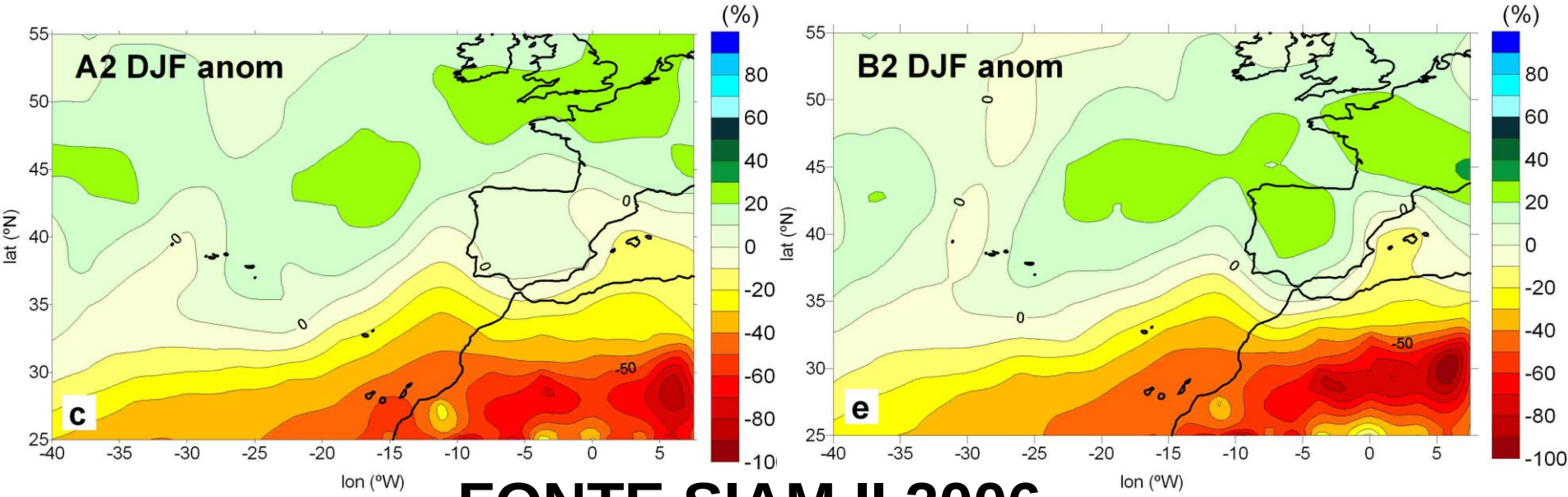
Fonte: Cropper, 2013


(c)
PRECIPITAÇÂO VERÃO JJA
Precipitation Anomaly (%)
20
10
0
-10
-20
1850
1900
1950
2000
2050
2100
Year
RCP Scenario:
2.6: 1.3±3.4%
4.5: -0.3±3.2%
6.0: -1.3±4.2%
8.5: -2.4±4.8%
Madeira

Precipitação média observada em DJF e JJA - 1961-1990



Anomalia da precipitação média em 2071-2100 nos cenários A2 e B2



FONTE SIAM II 2006

A adaptação às alterações climáticas é amplamente reconhecida como um exemplo de um desafio de governança multinível porque os impactos potenciais e as respetivas medidas de adaptação cruzam diferentes níveis de governação – nacional, regional e local – , diferentes setores socioeconómicos e envolvem uma multiplicidade de stakeholders, entre os quais se destacam as instituições Regionais e Autárquicas, as empresas e as organizações não-governamentais.

SIAM Project :

Climate Change in Portugal: Scenarios, Impacts and Adaptation Measures

SIAM I - 2002

SIAM II - 2006

http://www.siam.fc.ul.pt

Impactos e Medidas de Adaptação às Alterações Climáticas no Arquipélago da Madeira

Projecto CLIMAAT II, Coordenado por F.D. Santos e R. Aguiar
Direcção Regional do Ambiente da Madeira, Funchal, 2006.

O Projeto CLIMAAT II foi financiado pelo Programa INTEREGIIIB e realizou-se, de acordo com o contrato celebrado entre a DRA da RAM e o ICAT- FCUL, durante um período de 11 meses de 26 de Julho de 2005 a 26 de Junho de 2006.

Acessível em
http://www.sra.pt/files/PDF/Destaques/Brochura CLIMAAT_II_MadeiraFINAL.pdf

"No entanto, as alterações climáticas podem proporcionar condições mais favoráveis para a sobrevivência dos mosquitos e desenvolvimento dos parasitas. ***O futuro risco de transmissão da dengue e da febre-amarela é muito preocupante***."

O Governo Regional da Madeira, através da sua Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais, decidiu dotar a região de uma "Estratégia de Adaptação às Alterações Climáticas da Região Autónoma da Madeira – Estratégia CLIMA-Madeira", 2015

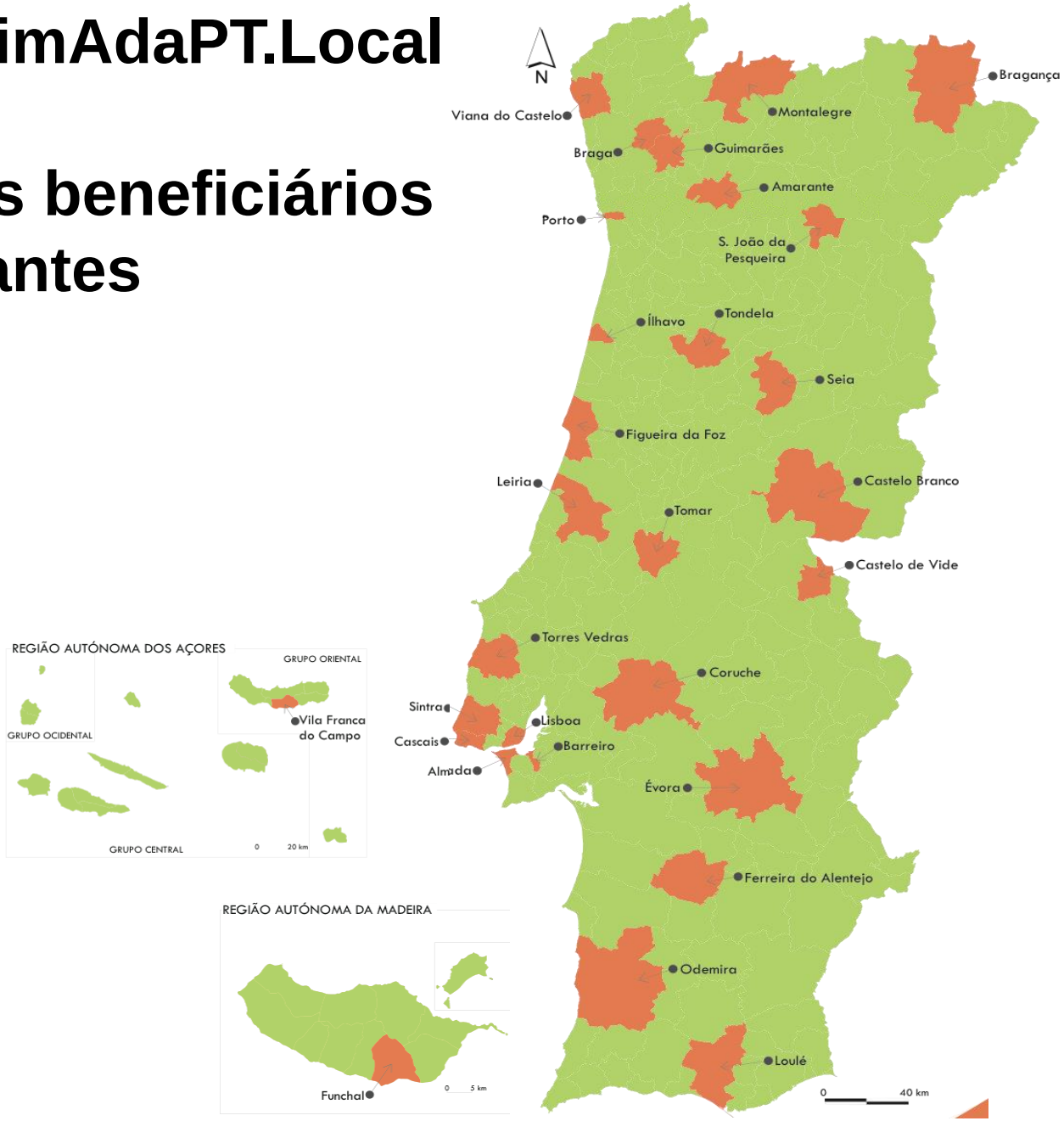
Consórcio Coordenado pelo CCIAM-Ce3C, FCUL

Acessível em:

http://clima-madeira.pt/pt

Projeto ClimAdaPT.Local

Municípios beneficiários e participantes



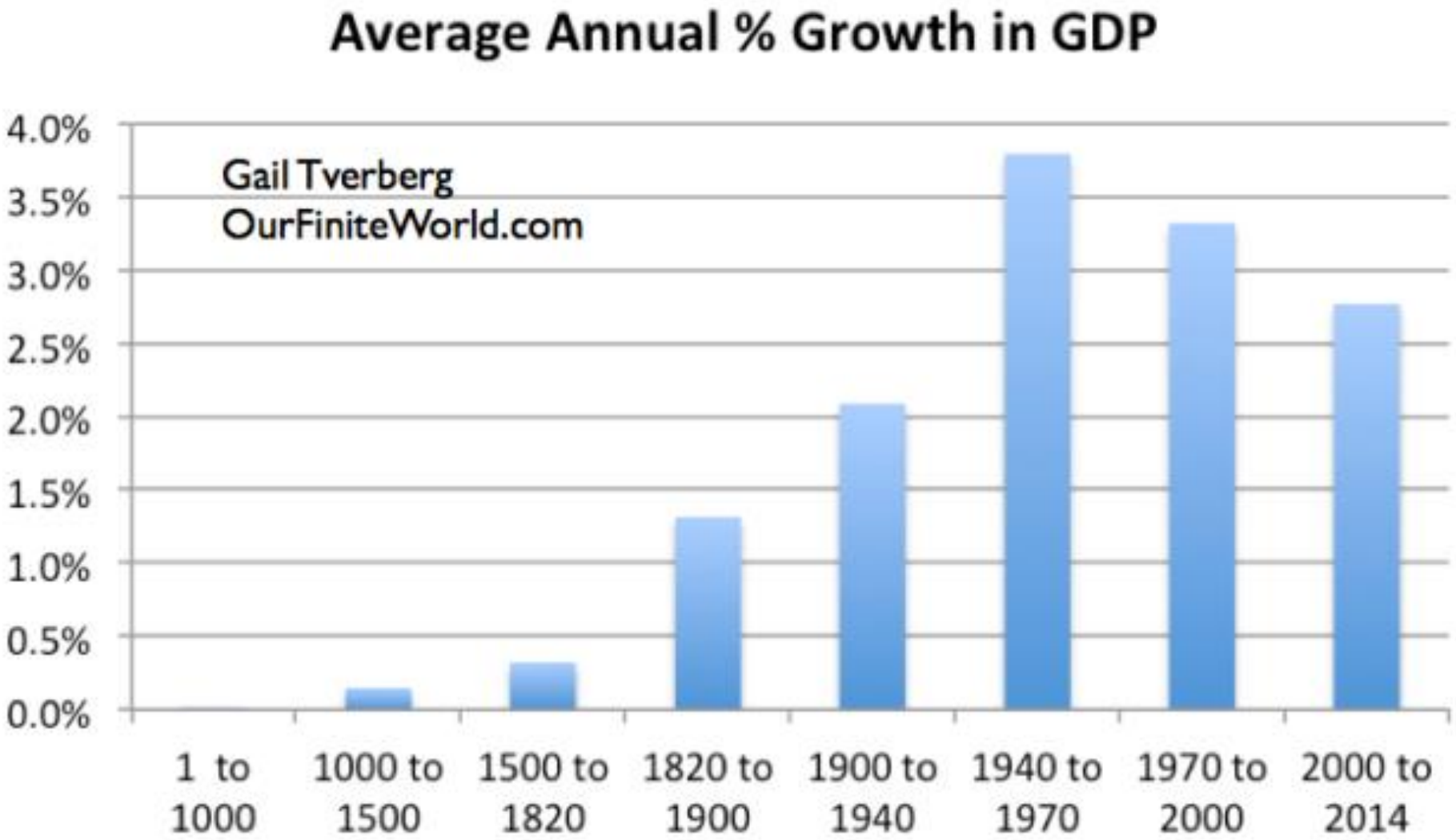
Ficha Climática - Funchal

1. QUADRO RESUMO

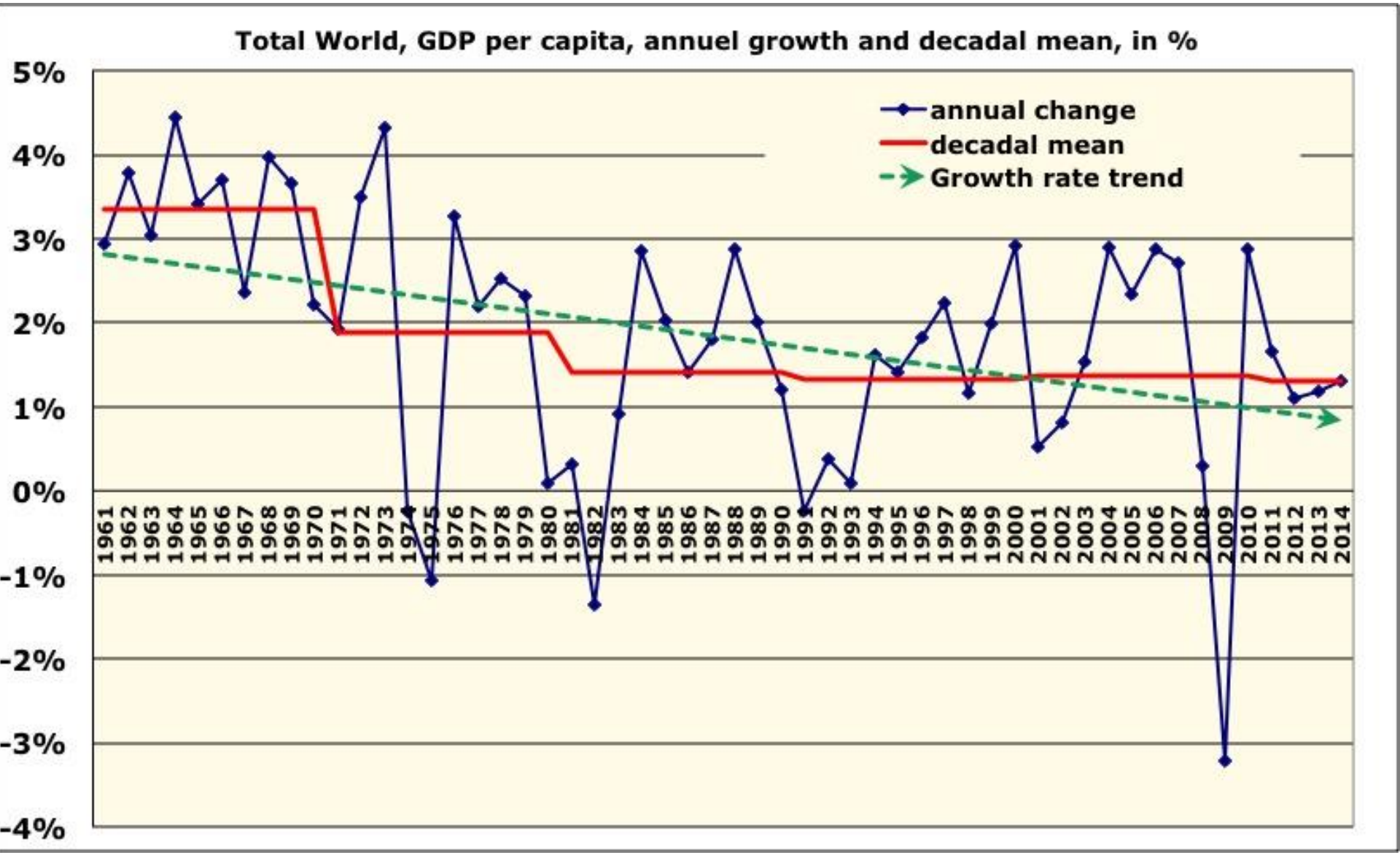
Variável climática	Sumário	Alterações projetadas
	Diminuição da precipitação média anual, com potencial aumento da precipitação no verão.	**Média anual** Diminuição da precipitação média anual, sendo mais acentuada no final do séc.XXI (entre 20% e 35%) [Miranda *et al.*, 2006]. Outro estudo projeta uma diminuição entre 27% e 32% [Tomé, R., 2013]. **Precipitação sazonal** Diminuição da precipitação nos meses de inverno (entre 15% e 35%) e um aumento substancial no verão (entre 20% e 80%) [Miranda *et al.*, 2006]. Tomé, R. (2013) corrobora esta tendência de precipitação decrescente em todas as estações do ano, exceto no verão. **Secas mais frequentes e intensas** As regiões com maior altitude serão as que sofrem maiores decréscimos de precipitação, aumentando a frequência e intensidade das secas [Miranda *et al.*, 2006].
	Aumento da temperatura média anual	**Temperatura média** Subida da temperatura média anual, entre 1,4ºC e 3,2ºC [Miranda *et al.*, 2006]. Outra projeção indica uma subida entre 1,53ºC e 2,85ºC [Tomé, R., 2013]. **Temperatura máxima** A média anual poderá aumentar até 3,05ºC [Tomé, R., 2013]. Aumento acentuado das temperaturas máximas no verão (até 3,2ºC) [Miranda *et al.*, 2006]. **Temperatura mínima** A média anual pode chegar aos 2,74ºC de subida [Tomé, R., 2013]. Subida da temperatura mínima no inverno até 3,2ºC [Miranda *et al.*, 2006].

	 Subida do nível médio da água do mar	**Média** As projeções globais indicam um aumento do nível médio do mar entre 0,17m e 0,38m para 2050, e entre 0,26m e 0,82m até ao final do séc. XXI [IPCC, 2013], podendo chegar até 1,10m [Jevrejeva *et al.*, 2011]. Na Madeira, Kopp *et al.* (2014) projetam um aumento que poderá chegar aos 0,85 m. **Eventos extremos** A subida do nível médio do mar terá impactos mais graves, quando conjugada com a sobrelevação do nível do mar associada a tempestades (*storm surge*) [IPCC, 2013].
	 Não há uma tendência clara nas projeções de fenómenos extremos de precipitação	**Fenómenos extremos** A incerteza nas projeções climáticas respeitantes aos fenómenos extremos de precipitação é muito elevada [Miranda *et al.*, 2006 ; Santos e Aguiar, 2006; Tomé, R., 2013]. Por essa razão, considera-se que a ocorrência destes fenómenos irá manter-se. Consequentemente, esta projeção está condicionada por futuras publicações científicas que apresentem conclusões mais robustas.

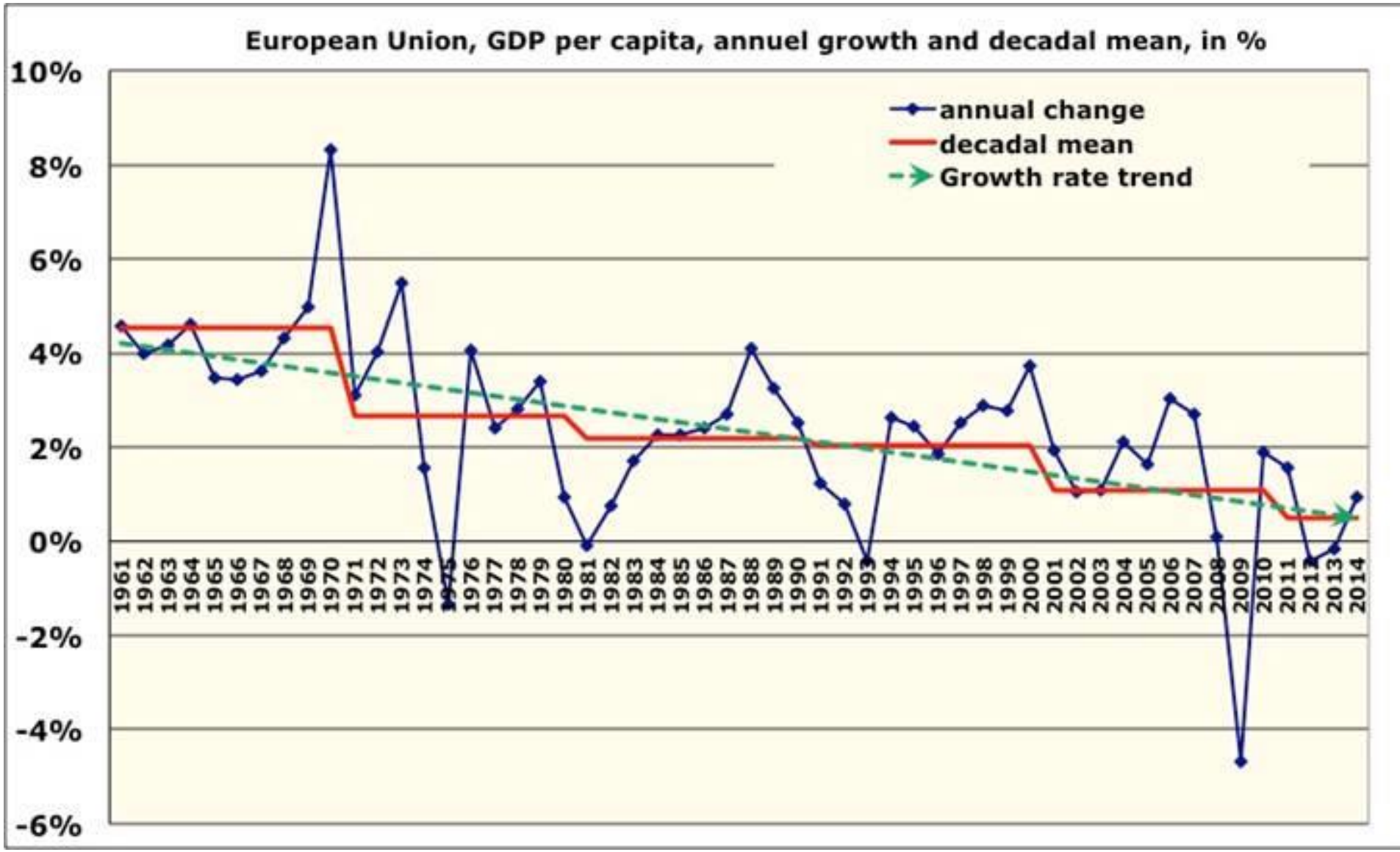
Tabela 1 | Resumo das principais alterações climáticas projetadas para o Funchal no final do século XXI (apresentação gráfica da imagem adaptada de 'Climate Change Adaptation Strategy' de Vancouver ©).



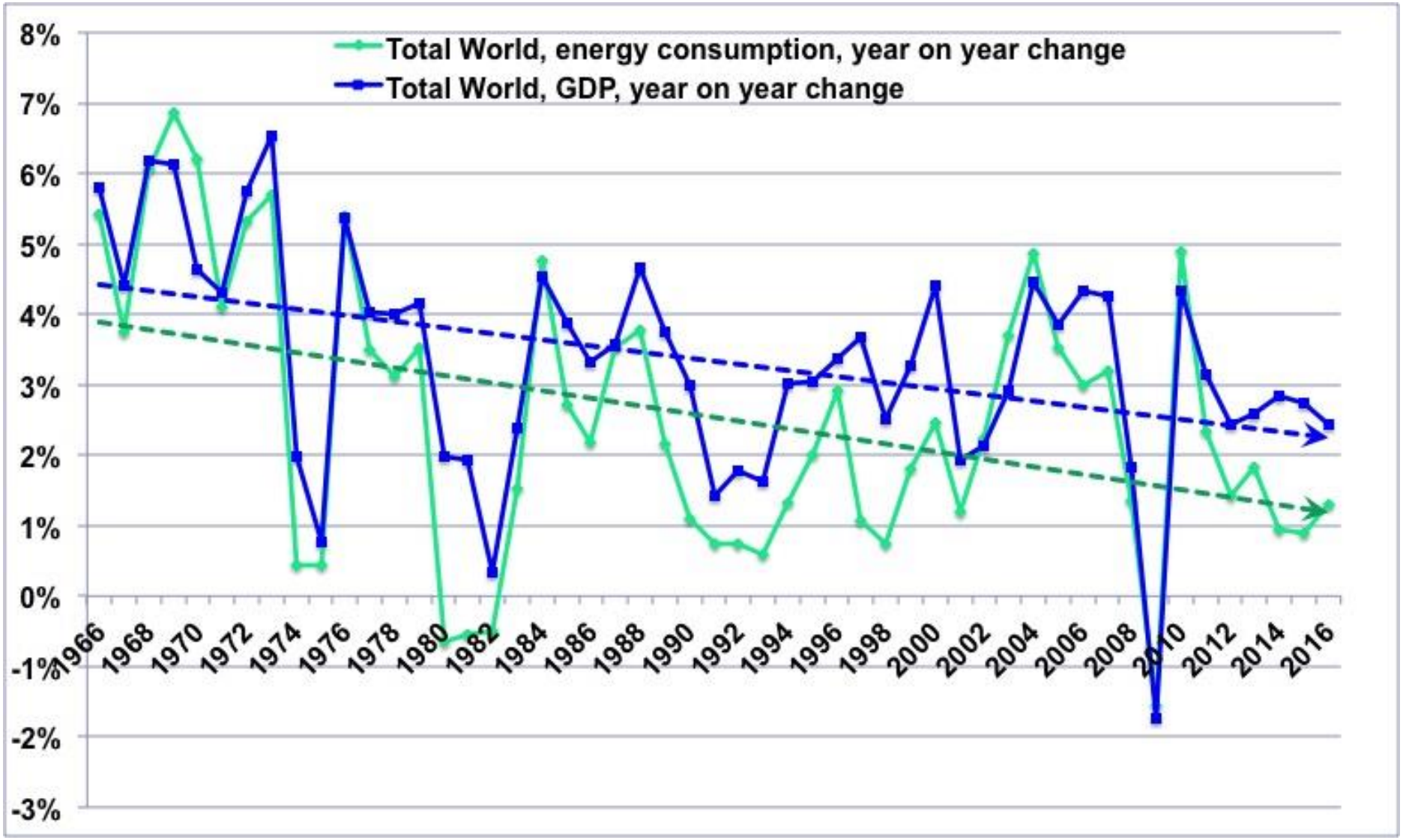
Average annual increase in inflation-adjusted GDP, based on work of Angus Maddison through 2000; USDA population/real GDP figures used for 2000 to 2014.



Evolution of the GDP per capita, world average, since 196
Source, World Bank



Evolution of the GDP per capita, European average, since 1960. **The red line gives the mean per decade (and the average 2011 – 2014 for the current decade). Source of data: World Bank, 2015**

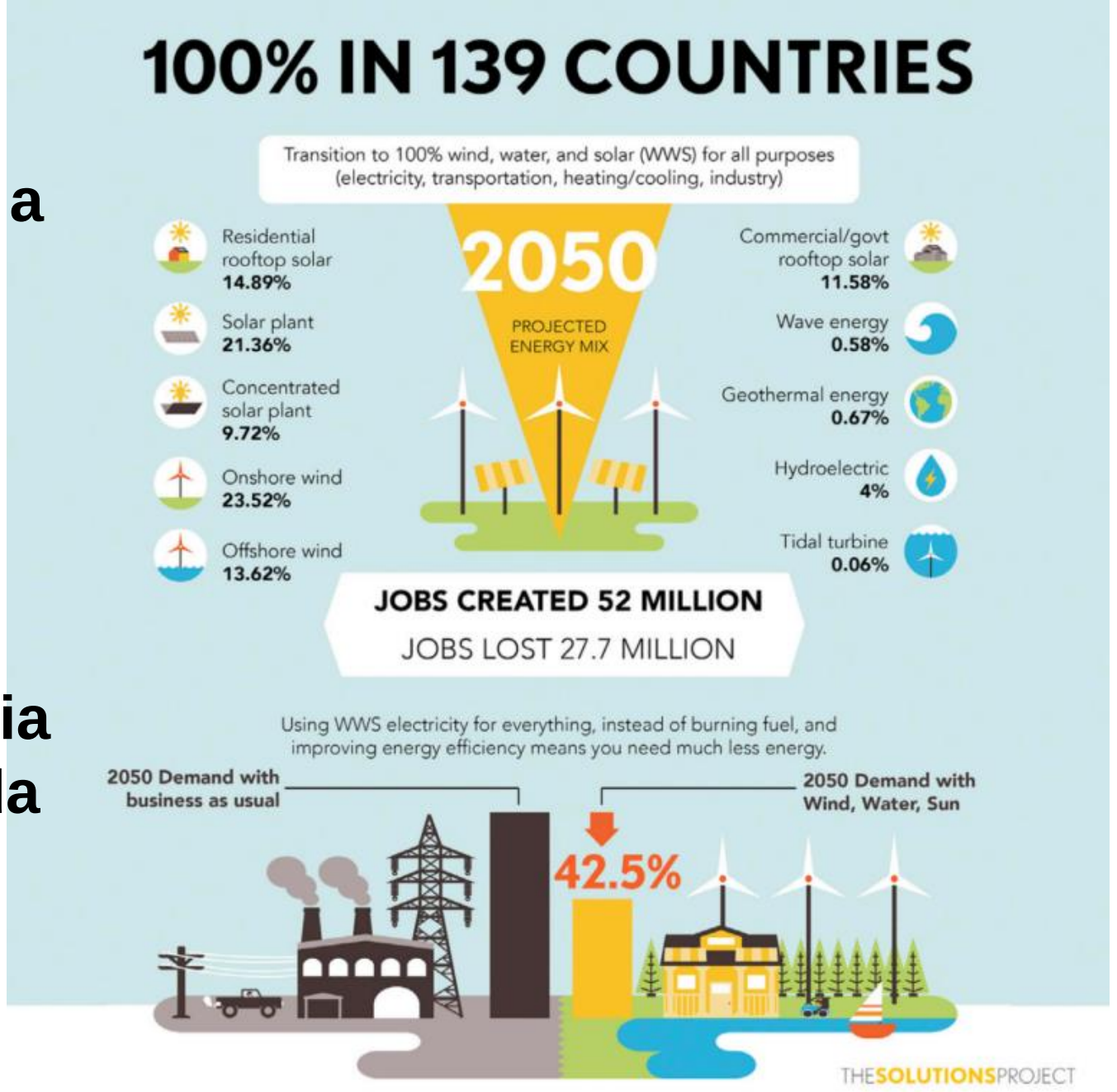


Respective year on year changes, since 1960, of the world GDP (purple curve), and the world energy consumption, excluding wood (dark blue). **Um exemplo significativo foi o choque petrolífero de 1979 causado pela Revolução Iraniana que baixou a oferta global de petróleo de apenas 4% mas provocou um aumento do seu preço para mais do dobro no ano seguinte. Desde esse período o PIB médio europeu per capita nunca cresceu acima de 2%.**

Os custos mais elevados da exploração dos combustíveis fósseis, especialmente do carvão e do petróleo, está a contribuir para a estagnação do consumo global de energia per capita no período de 2013-2017 e consequentemente está a condicionar o crescimento global da economia. Este condicionamento é notório nas economias avançadas, e especialmente nos países importadores

Simultaneamente estamos no começo de uma transição energética para as energias renováveis que é necessária e possível, mas que inicialmente envolve custos adicionais

É possível descarbonizar a economia mundial até 2050 com aumento do número de empregos no setor da energia e diminuição da procura de energia



Fonte: Jacobson, 2018

PNAS

Low-cost solution to the grid reliability problem with 100% penetration of intermittent wind, water, and solar for all purposes

Mark Z. Jacobson[a,1], Mark A. Delucchi[b], Mary A. Cameron[a], and Bethany A. Frew[a]

[a]Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University, Stanford, CA 94305; and [b]Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, CA 94720

Edited by Stephen Polasky, University of Minnesota, St. Paul, MN, and approved November 2, 2015 (received for review May 26, 2015)

ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Renewable Energy

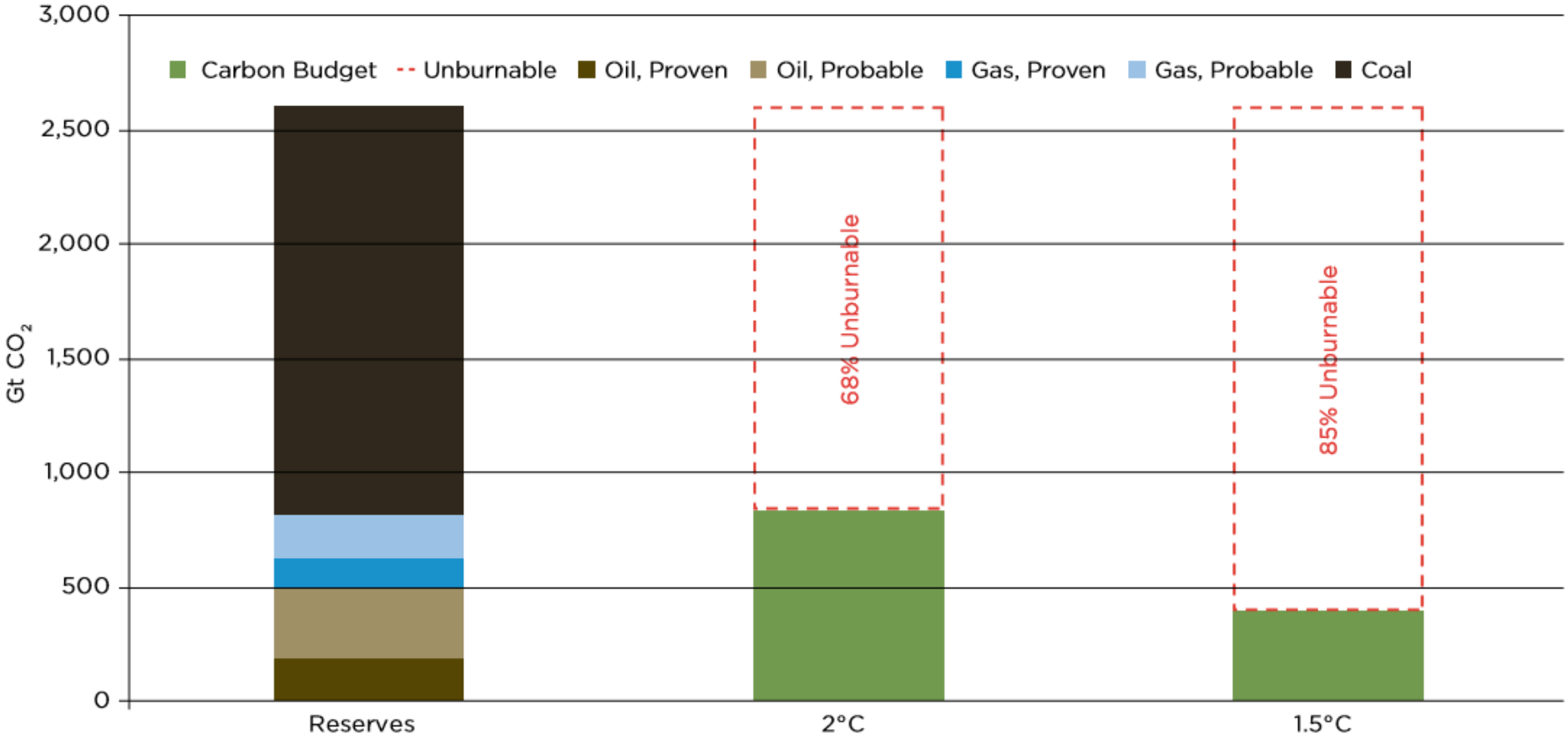
journal homepage: www.elsevier.com/locate/renene

Matching demand with supply at low cost in 139 countries among 20 world regions with 100% intermittent wind, water, and sunlight (WWS) for all purposes

Mark Z. Jacobson [a,*], Mark A. Delucchi [b], Mary A. Cameron [a], Brian V. Mathiesen [c]

Para cumprir o Acordo de Paris é necessário deixar no subso de 68% das reservas de combustíveis fósseis.

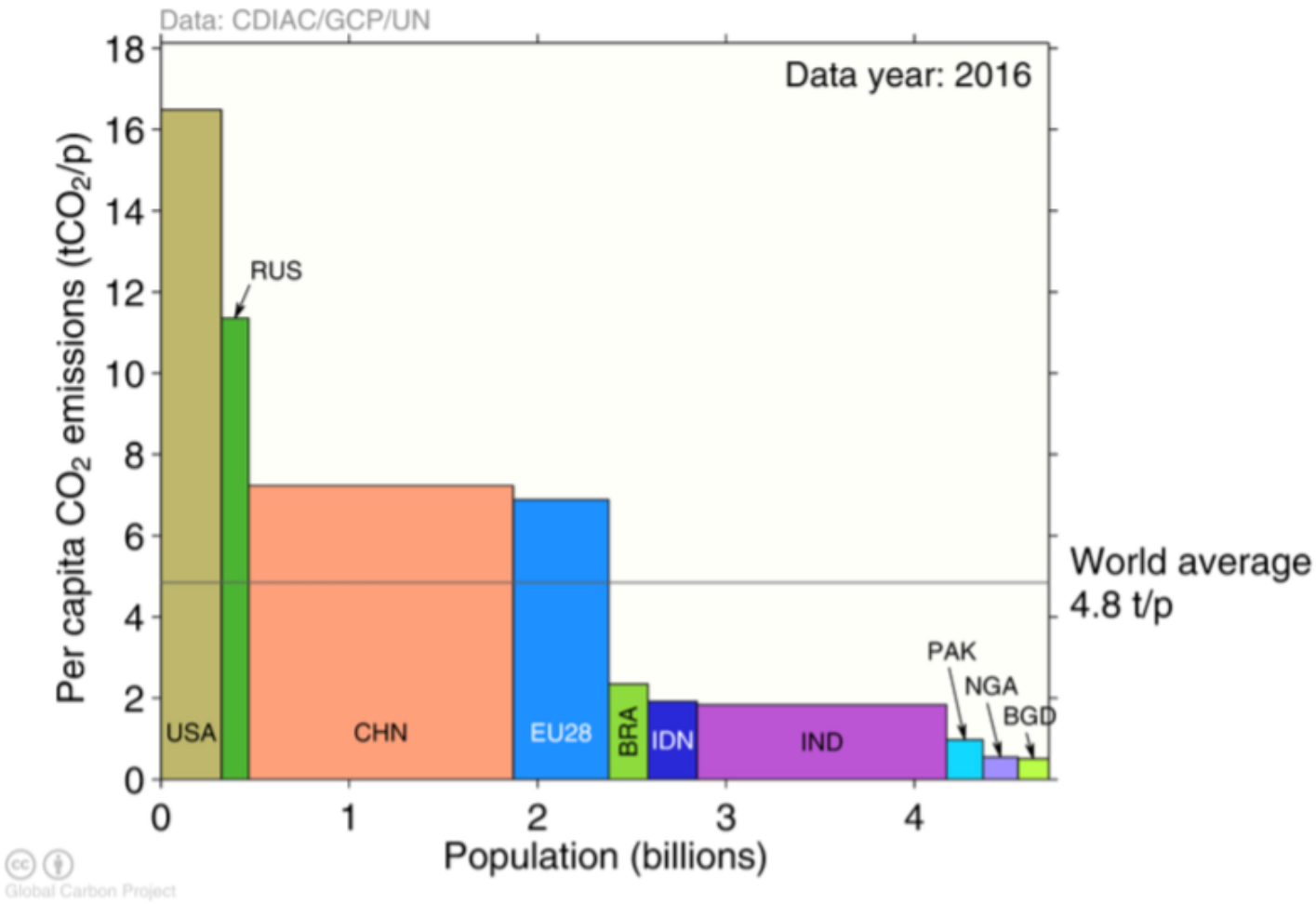
Figure 2: Global Fossil Fuel Reserves Compared to Carbon Budgets for Likely Chance of 2°C and Medium Chance of 1.5°C[28]



Sources: Rystad Energy, World Energy Council, IPCC

Se a partir de hoje não se construíssem mais centrais térmicas com combustíveis fósseis ainda seria necessário fechar cerca de 20% do parque global de centrais termoelétricas a combustíveis fósseis para poder cumprir o Acordo de Paris.

The 10 most populous countries span a wide range of development and emissions per person



Emission per capita: CO_2 emissions from fossil fuel and industry divided by population

Source: Global Carbon Budget 2017

Neutralidade carbónica de Portugal em 2050

Objetivo estabelecido em 2016 pelo governo

NEUTRALIDADE CARBÓNICA

energia + transportes + resíduos + agricultura florestas uso do solo + economia circular

48 Mt CO_2e, dos quais 16 Mt CO_2e

6,3 Mt CO_2e

6,6 Mt CO_2e,

-8,5 MtCO_2e

2015, APA (2017)

É essencial cumprir o Acordo de Paris e promover a adaptação

Obrigado pela vossa atenção

RECURSOS HÍDRICOS	Estudos ajustados às particularidades naturais, geográficas e socioculturais da RAM, para melhor identificar e caracterizar os potenciais impactes das alterações climáticas sobre os recursos hídricos.
	Melhoramento das séries de dados temporais sobre os recursos hídricos (atualmente apresentam elevada descontinuidade, com elevado número de observações em falta e/ou registos pouco fidedignos, mesmo quando transformadas em valores médios mensais).
	Estudos das incertezas face aos cenários climáticos, designadamente sobre a precipitação oculta.
	Estudos comparativos de boas práticas de adaptação às alterações climáticas, na preservação dos recursos hídricos na RAM.
	Estudos sobre o potencial da adaptação, baseada em ecossistemas, na preservação dos recursos hídricos da RAM.
	Estudo dos impactes do ordenamento do território, incluindo a ocupação e usos do solo nos recursos hídricos em cenários de alteração climática.
	Estudos sobre sistemas de dessalinização de água do mar e de soluções de armazenamento para fins múltiplos.
	Análise dos impactes das alterações climáticas e das necessidades de adaptação, em termos de constituição de reservas estratégicas de água, para fins múltiplos.

RISCOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS	Estudos de dinâmicas de vertentes, sedimentares e fluviais, numa perspetiva sistémica, interrelacionando os processos de erosão hídrica, dinâmica de massa em vertentes, transporte sedimentar e escoamento fluvial.
	Estudos de modelação da dinâmica marítima para vários cenários futuros, com particular atenção à ilha do Porto Santo.
	Estudos sobre a criação de bacias de retenção, tendo em vista a atenuação dos caudais de ponta de cheia.
	Estudos dos efeitos da criação de albufeiras nas principais ribeiras, no controlo das cheias naturais dessas linhas de água, bem como das estruturas de amortecimento de cheias.
	Melhoria do conhecimento sobre o fenómeno de transporte sólido, através da monitorização e análise de dados.
	Aquisição de informação hidrométrica.
	Estudos sobre o potencial da adaptação, baseada em ecossistemas na mitigação dos riscos hidrogeomorfológicos da RAM.
	Estudos históricos, antropológicos e sociais na RAM, no contexto das alterações climáticas e risco hidrogeomorfológico.