

A Gestão do Litoral e da Ria de Aveiro

FILIPPE DUARTE SANTOS

fdsantos@fc.ul.pt

**CCIAM - CE3C Climate Change, Impacts, Adaptation and
Modelling Research Group**

FCUL – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

<http://www.sim.ul.pt/cciam/>

Congresso 2015, Região de Aveiro

Descentralização e Investimento

Aveiro, 28 de Maio de 2015

Grupo de Trabalho do Litoral

Filipe Duarte Santos, António Mota Lopes, Gabriela Moniz
Laudemira Ramos, Rui Taborda

Criado pelo Despacho 6574/2014, de 20 de Maio
Secretaria de Estado do Ambiente – Ministério do Ambiente,
Ordenamento do Território e Energia

Relatório entregue em 19 de dezembro de 2014

Apresentação pública das resoluções do Senhor Ministro
Do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia relativas
ao Relatório em 16 de março de 2015

Relatório acessível em

[http://sniamb.apambiente.pt/infos/geoportaldocs/docs/
Relatorio_Final_GTL2015.pdf](http://sniamb.apambiente.pt/infos/geoportaldocs/docs/Relatorio_Final_GTL2015.pdf)

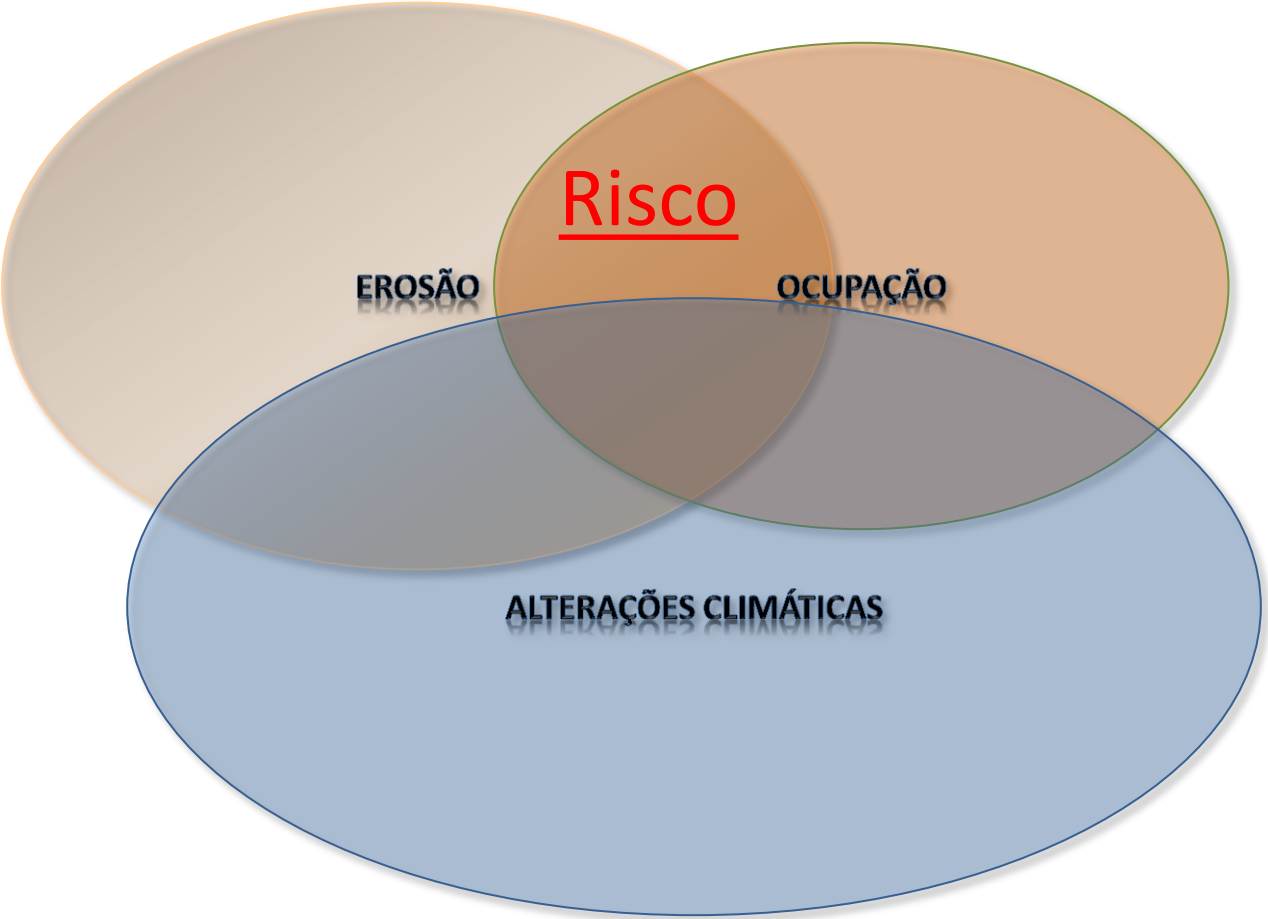
- Plano da apresentação

- A erosão nas zonas costeiras de Portugal continental e os riscos associados.
- **Evolução temporal e distribuição geográfica dos custos das obras de protecção costeira**
- Evolução do balanço sedimentar nas células sedimentares (unidades fisiográficas) das zonas costeiras de Portugal continental
- **Custos da reposição do ciclo sedimentar nas células de risco elevado em vários cenários de intervenção e em vários horizontes temporais.**
- Estratégias de adaptação (protecção, acomodação e realocização) em cenários de alterações climáticas
- **Propostas de protecção e de realocização**
- Governança

EROSÃO

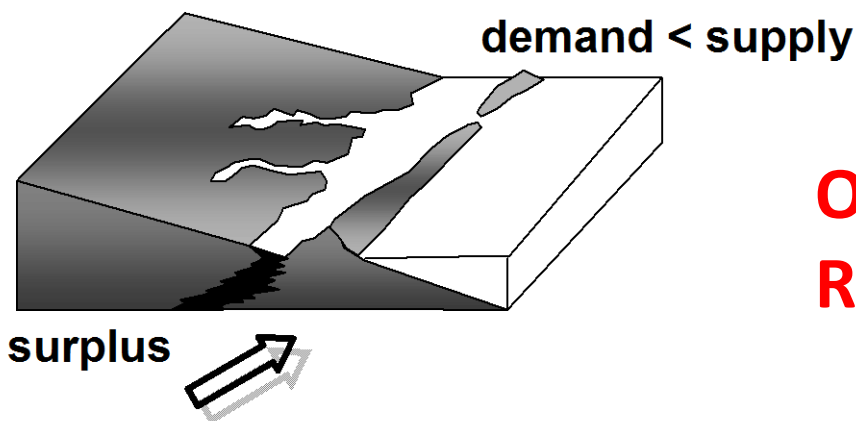
Na fachada oeste o regime de agitação marítima é de alta energia o que a torna numa das mais energéticas e dinâmicas da Europa, com **valores excepcionalmente elevados do transporte sedimentar litoral**.

A conjugação deste transporte com uma **diminuição do fornecimento sedimentar ao litoral**, que se iniciou em meados do século XIX resultante de várias atividades humanas nas bacias hidrográficas e na própria zona costeira, está na origem de problemas de erosão significativos, que irão ser progressivamente agravados pelos efeitos das alterações climáticas e, em particular, pela subida do nível médio do mar

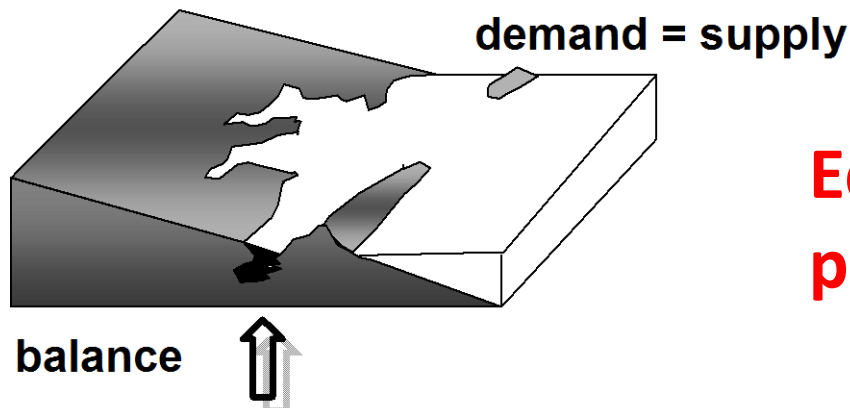


Evolução de longo prazo do litoral

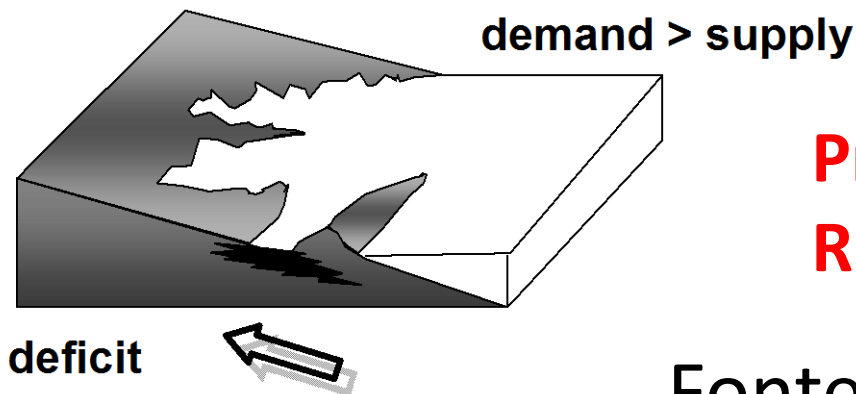
**Oferta maior do que procura
Ria de Aveiro no Séc. XIX**



Equilíbrio entre a oferta e procura de sedimentos



**Procura maior do que oferta
Ria de Aveiro no X**



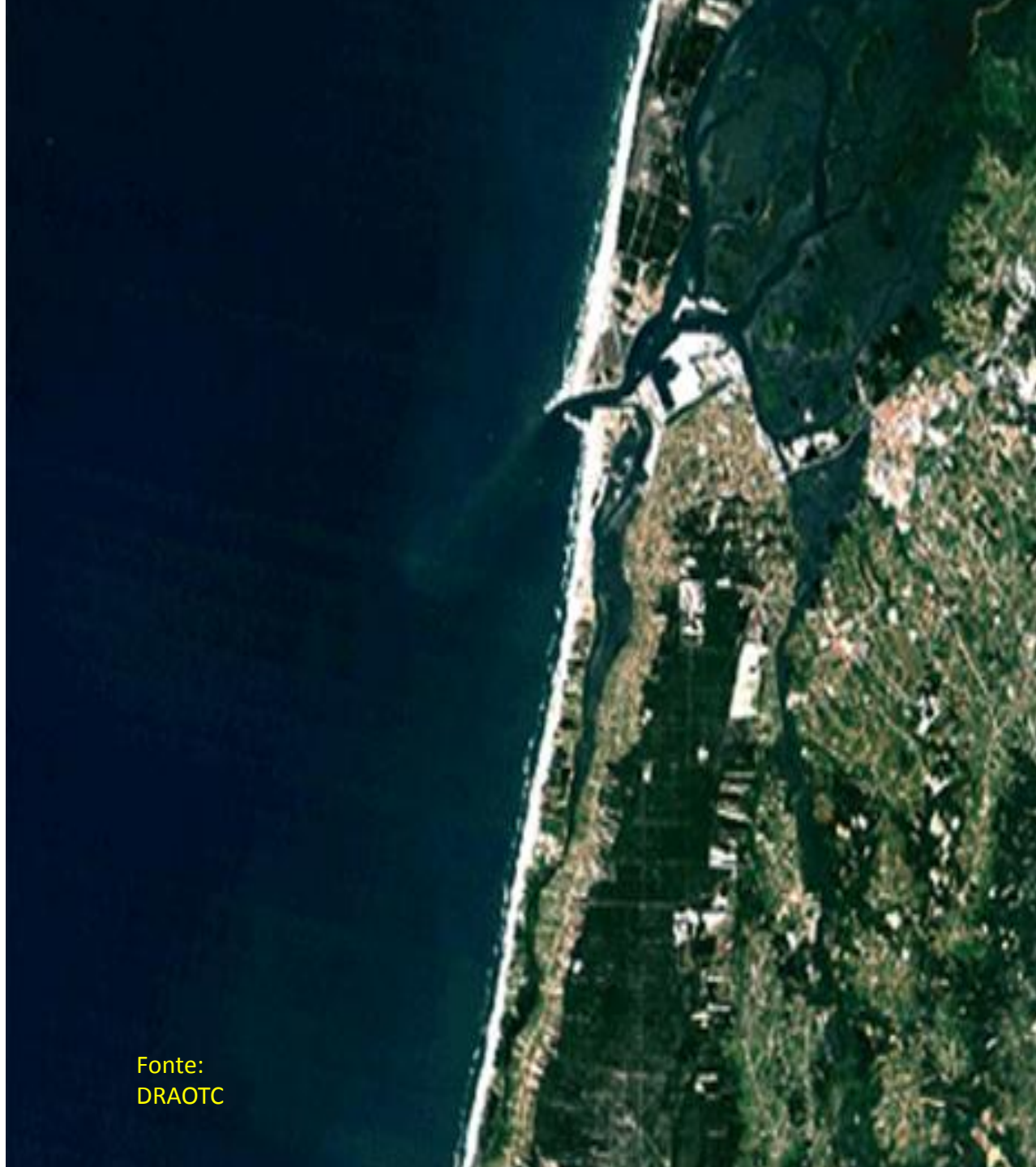
Fonte: Robert Nicholls, 1989

Previsão da
evolução da linha
de costa com base
no POOC ainda
em vigor
(1ª geração)

Ria de Aveiro

Fonte DRAOTC

Fonte:
DRAOTC



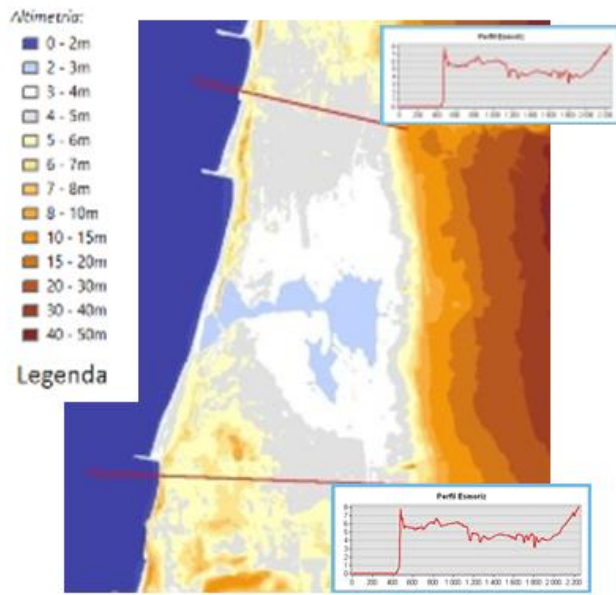
EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA EM ESMORIZZ



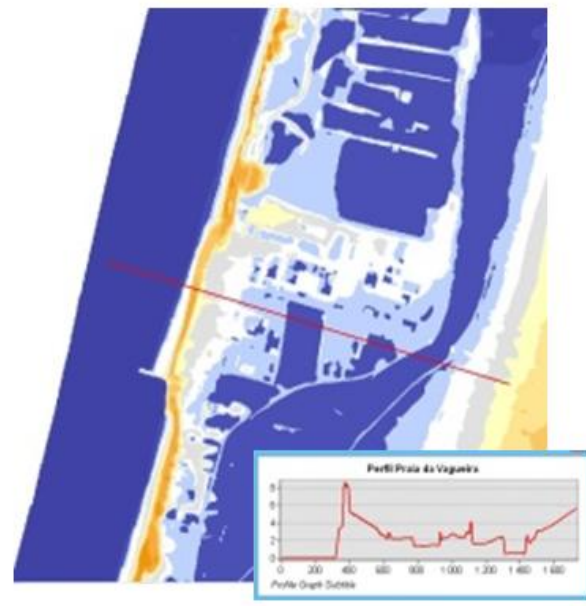


Costa da Caparica 1937

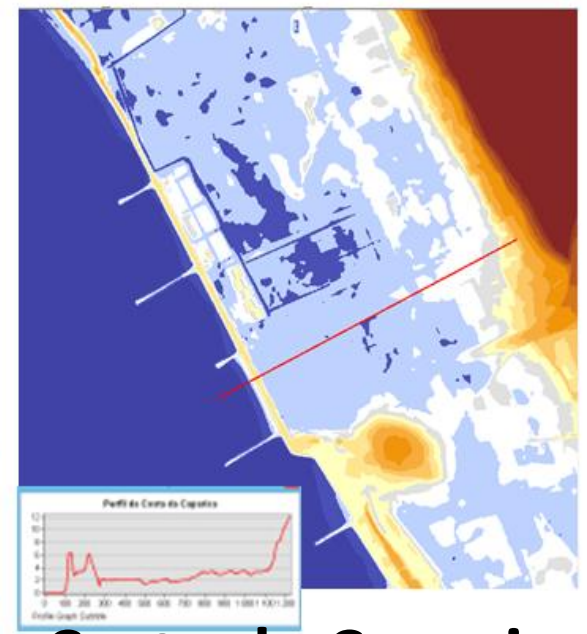




Esmoriz



Vagueira

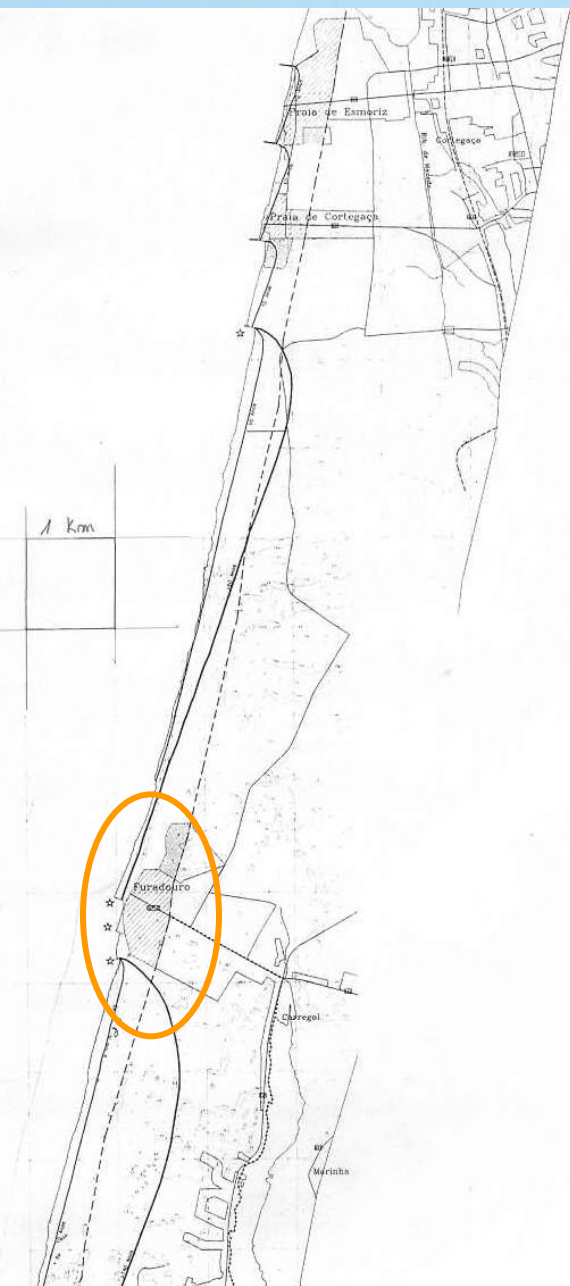


Costa da Caparica



Fonte: GTL sobre levantamento aerofotogramétrico de 2008

Furadouro



Furadouro



Evolução temporal e distribuição geográfica dos custos das obras de protecção costeira

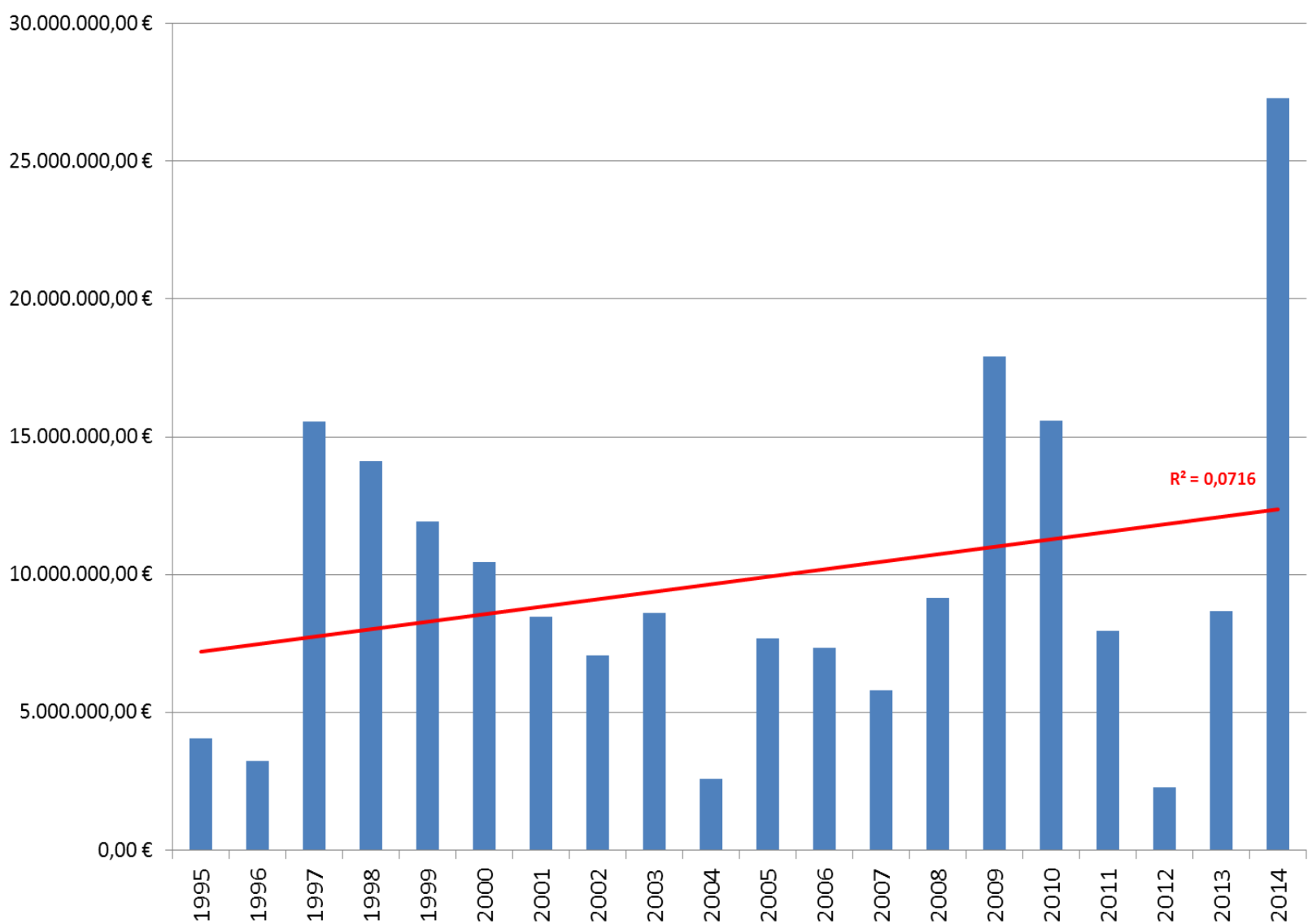


Figura 8.11 Investimentos anuais executados em obras de defesa costeira 1995-2014 (Total 196 M€).

(Fonte: APA, I.P., compilado por Seixas, 2014)

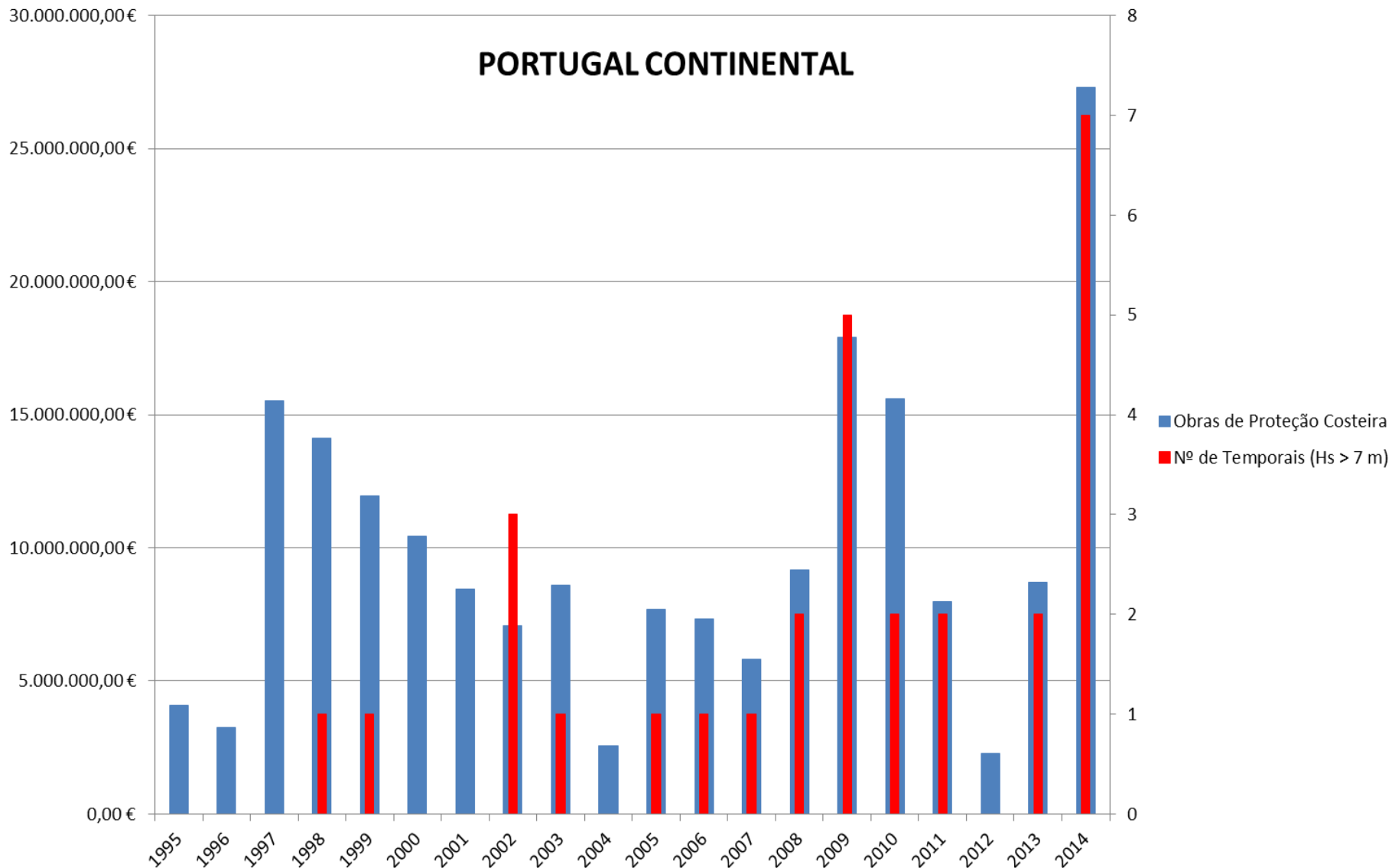
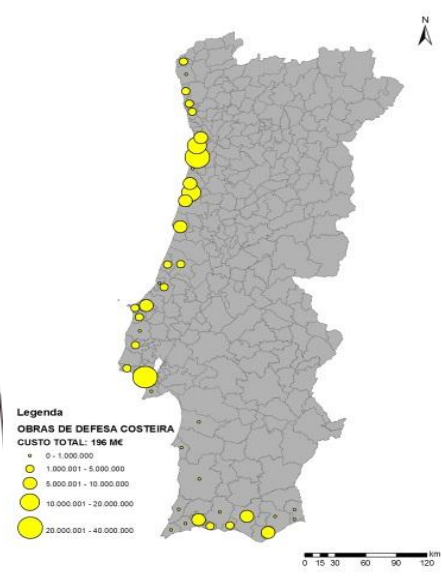
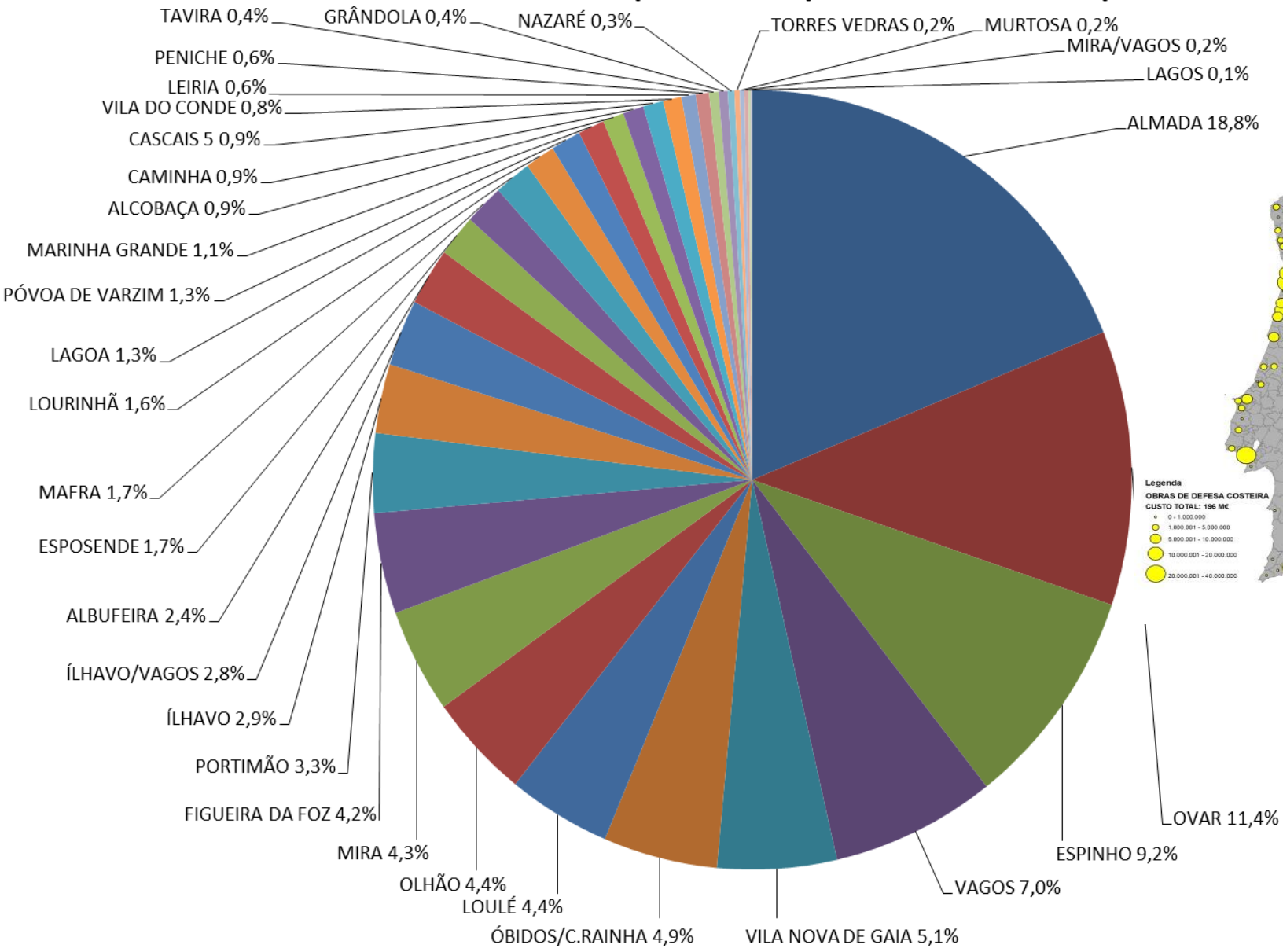
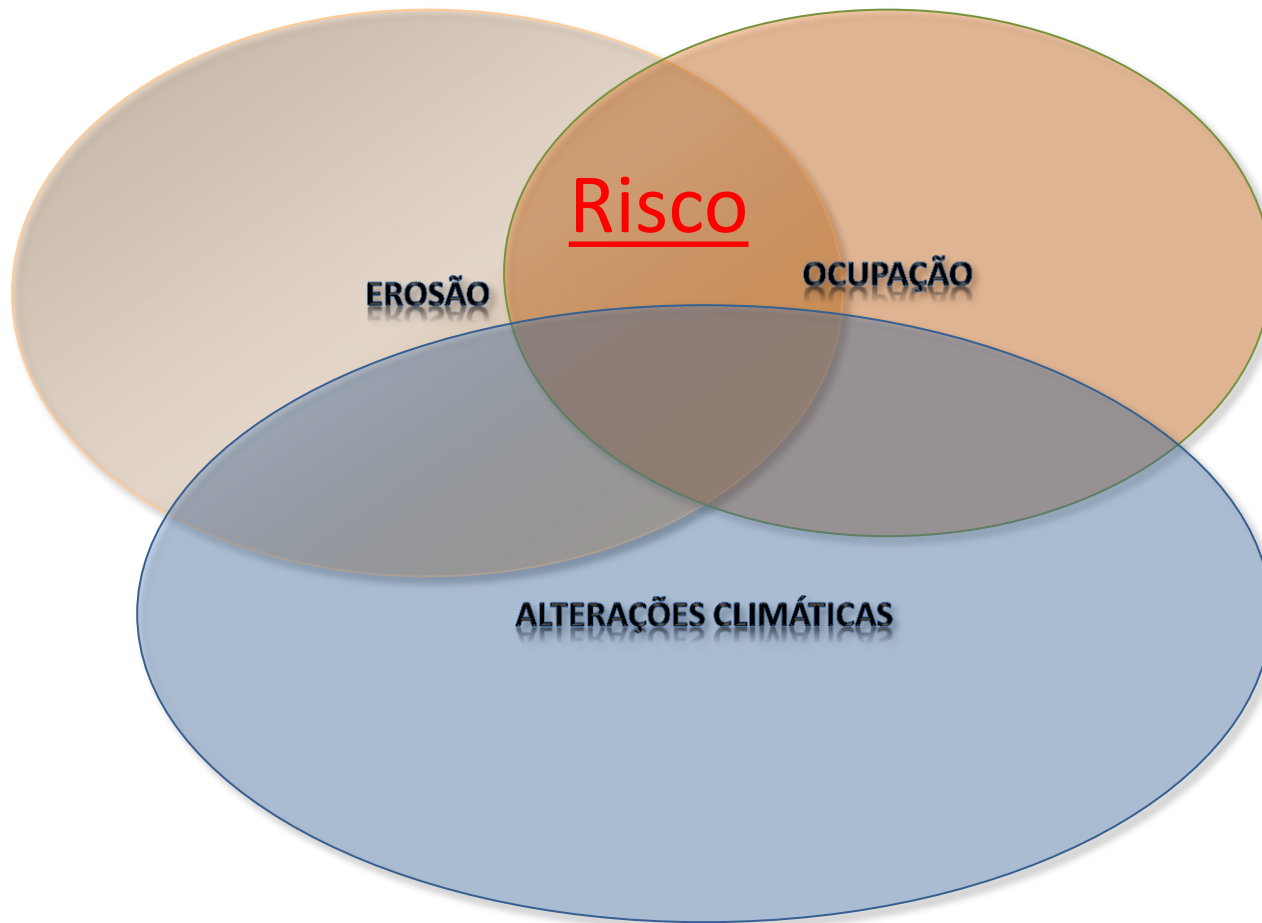


Figura 8.12 Investimentos anuais entre 1995-2014 (196 M€) com sobreposição do nº de temporais com altura significativa da onda superior a 7 m.

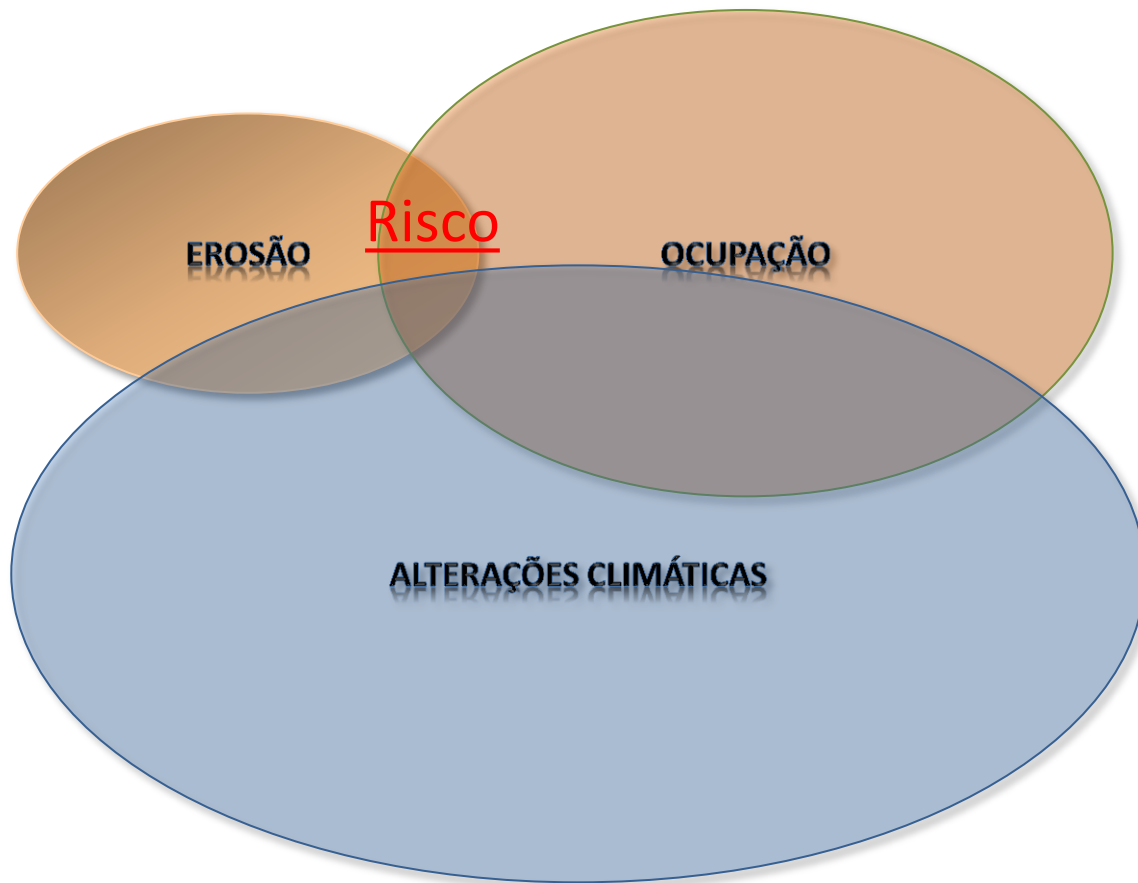
(Fonte: Instituto Hidrográfico e APA, compilado pelo GTL e por Seixas, 2014)

OBRAS DE DEFESA COSTEIRA (1995-2014) - POR CONCELHO (Total: 196M€)

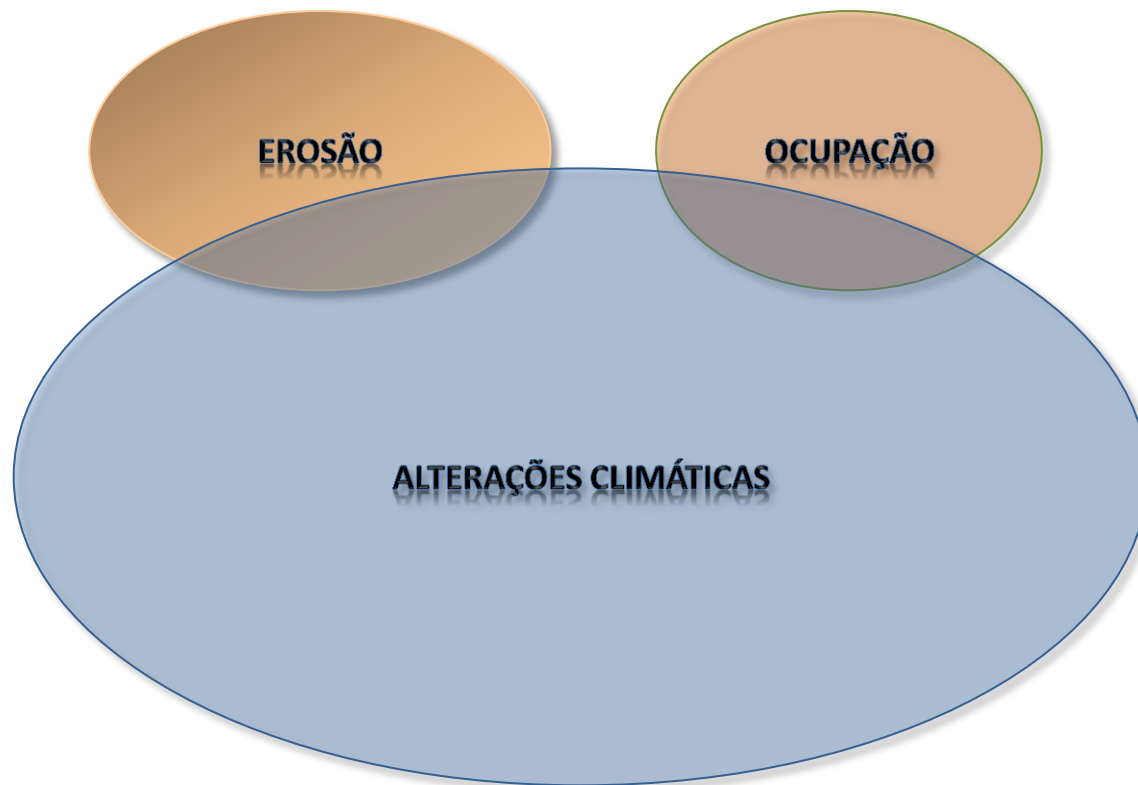




GTL 23 de Setembro de 2014



GTL 23 de Setembro de 2014



GTL 23 de Setembro de 2014

Evolução do balanço sedimentar nas células sedimentares (ou unidades fisiográficas) das zonas costeiras de Portugal continental

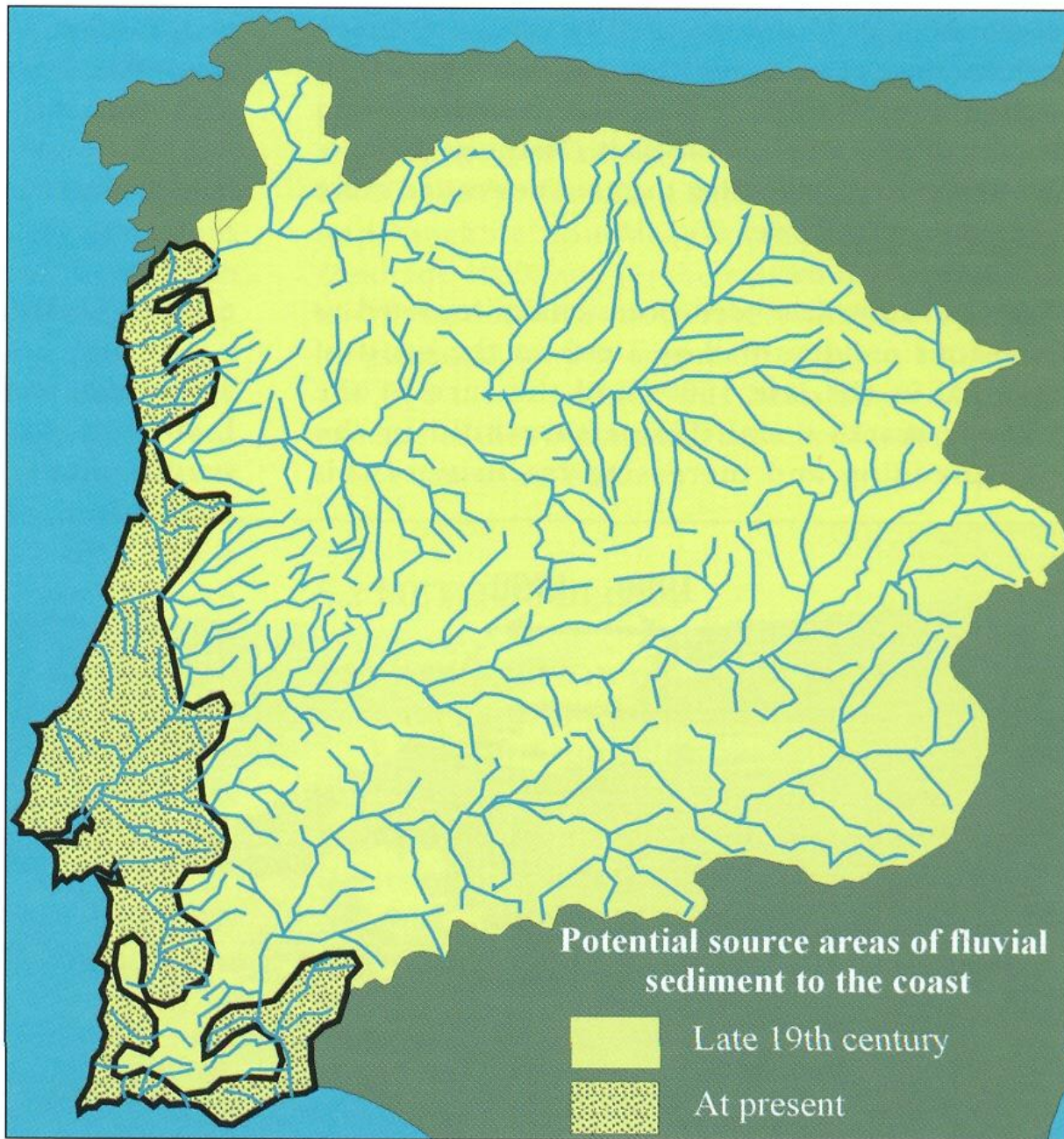
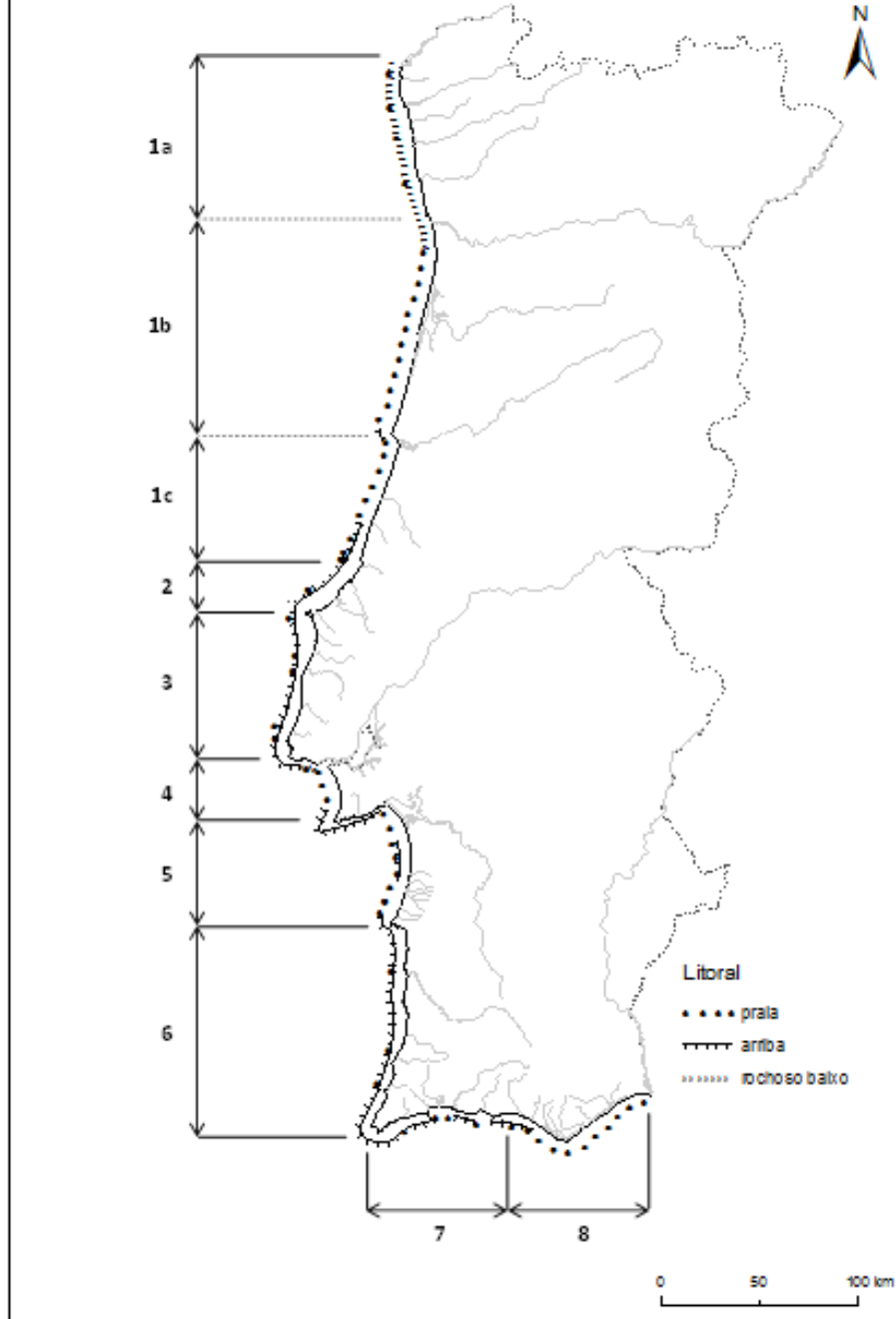


Figure 6.5 – Potential and effective source areas of sediment in Iberian watersheds resulting from dams (modified from Dias 1990).

**Restrição da
área de captação
de fluxo fluvial de
sedimentos
para o litoral
de Portugal**

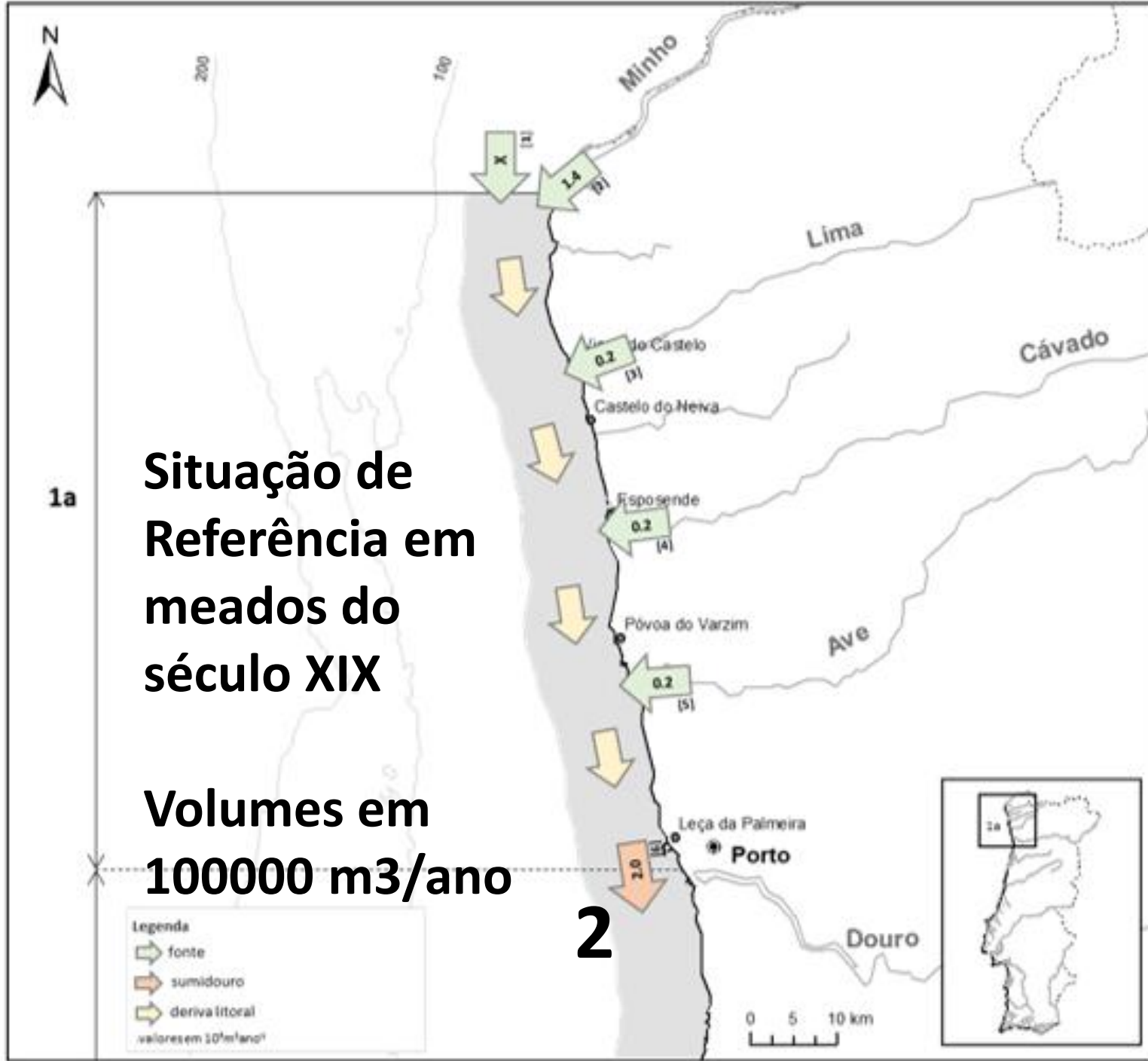
Source Dias, 1990



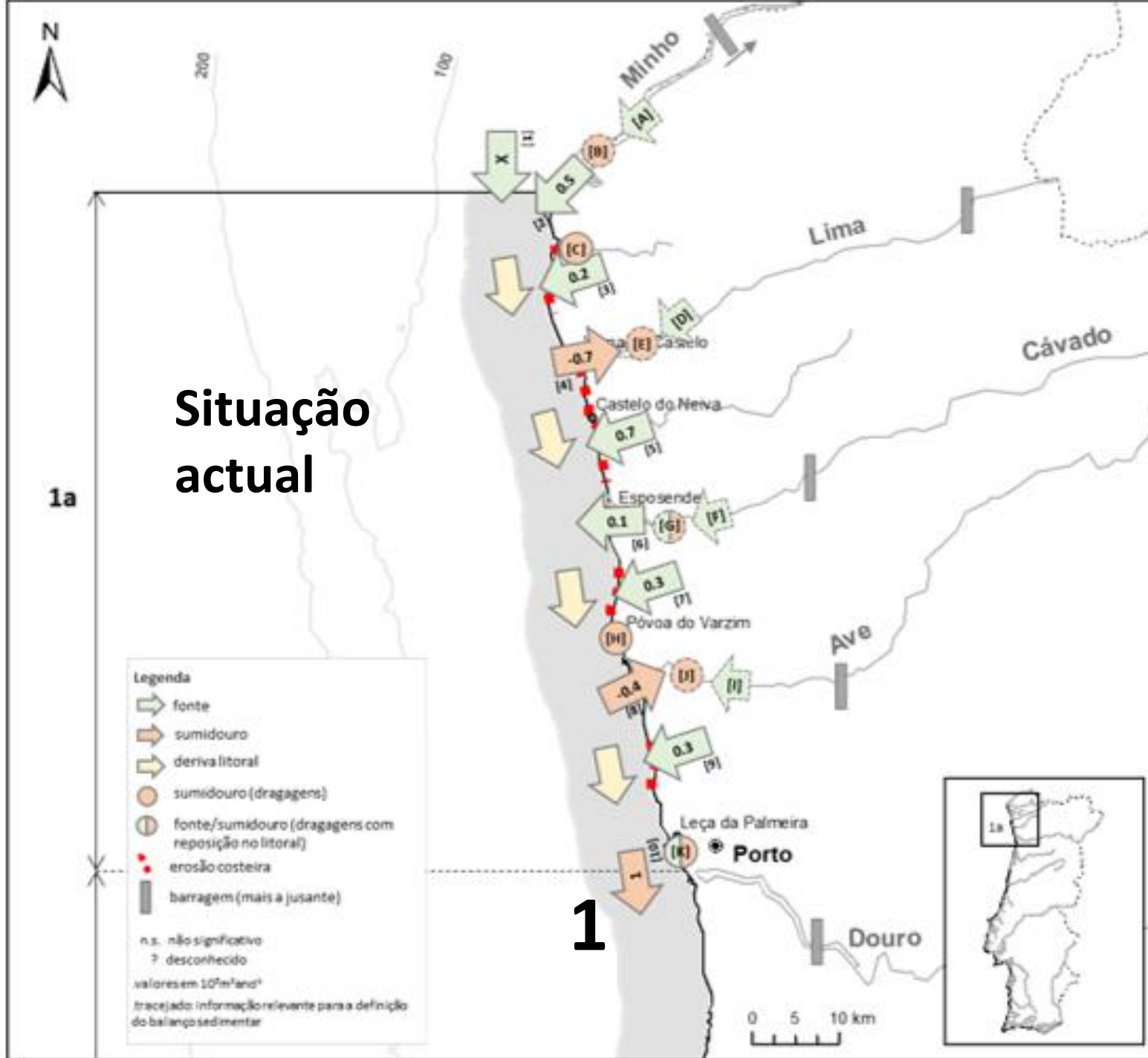
Células sedimentares

Fonte: GTL

Figura 3. Geomorfologia simplificada do litoral português e divisão células sedimentares.



Fonte: GTL



Fonte: GTL



1b

Situação de referência

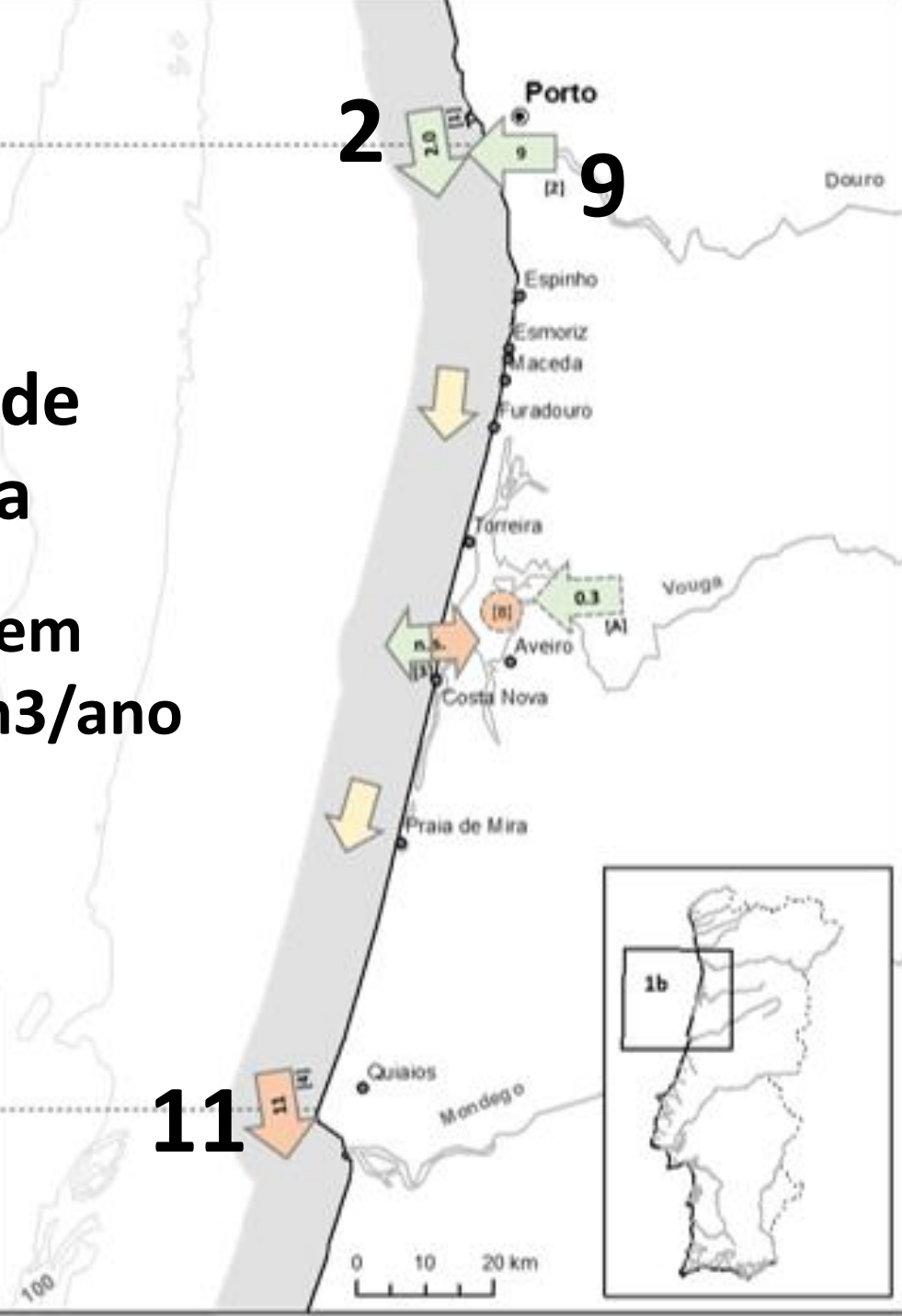
Volumes em 100000 m³/ano

Fonte: GTL

Legenda

- fonte
- sumidouro
- sumidouro (retenção sedimentar)
- deriva litoral

n.s. não significativo
valores em 10⁶m³/ano⁴
tracejado: informação relevante para a definição do balanço sedimentar





1b

Situação actual

Fonte: GTL

Legenda

fonte

sumidouro

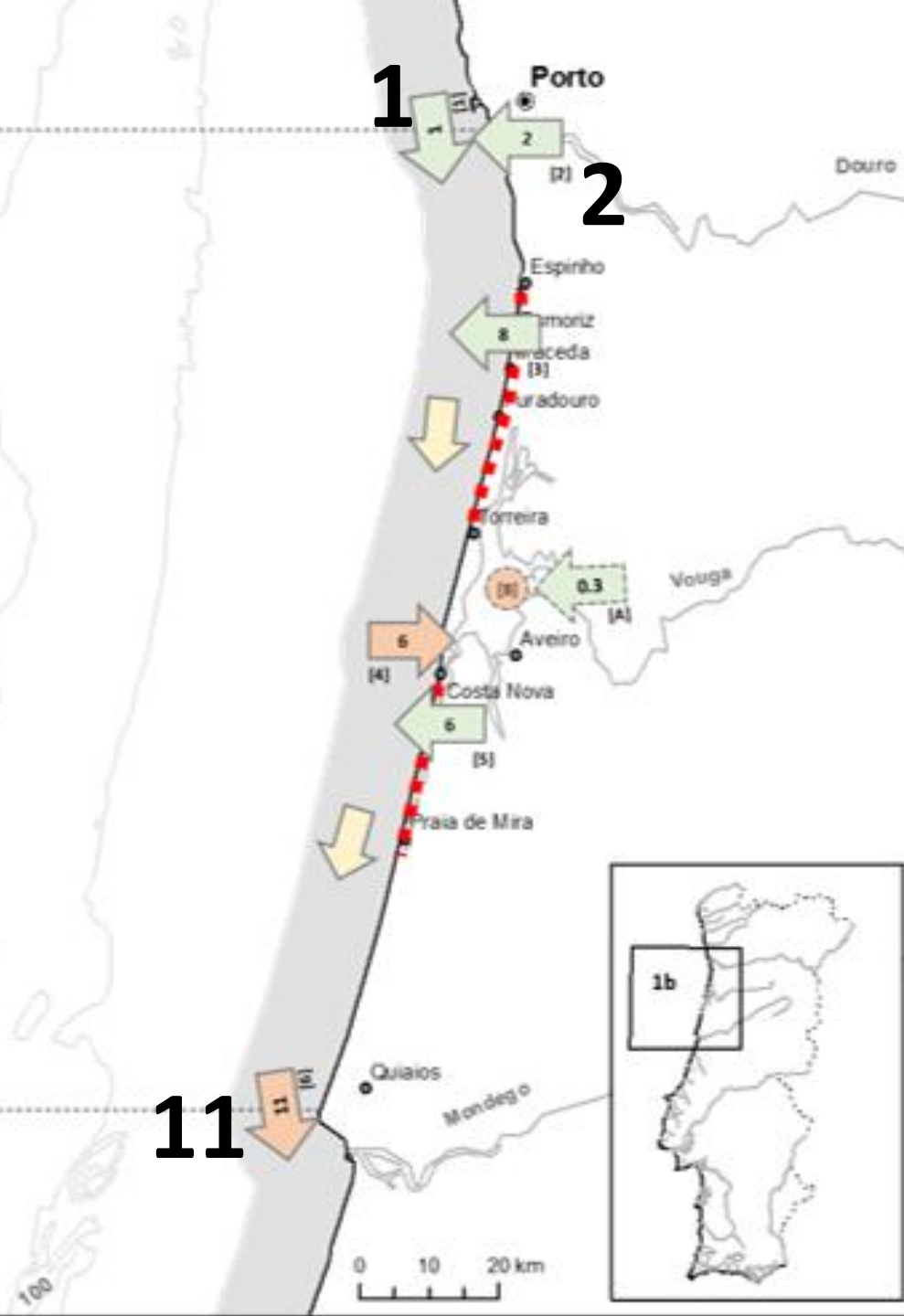
sumidouro (retenção sedimentar)

deriva litoral

erosão costeira

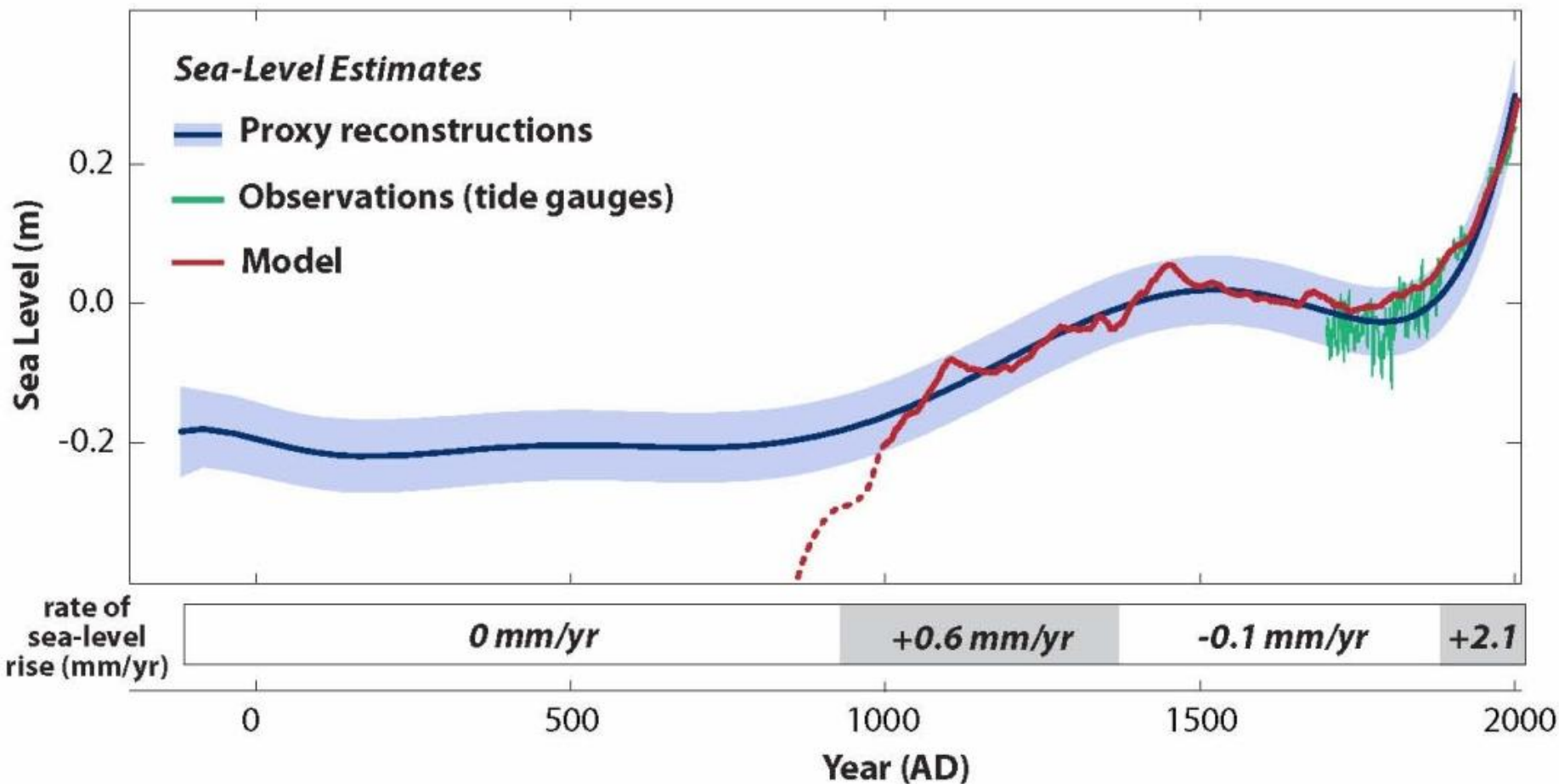
valores em $10^6 \text{m}^3/\text{ano}^2$

tracejado: informação relevante para a definição do balanço sedimentar



0 10 20 km

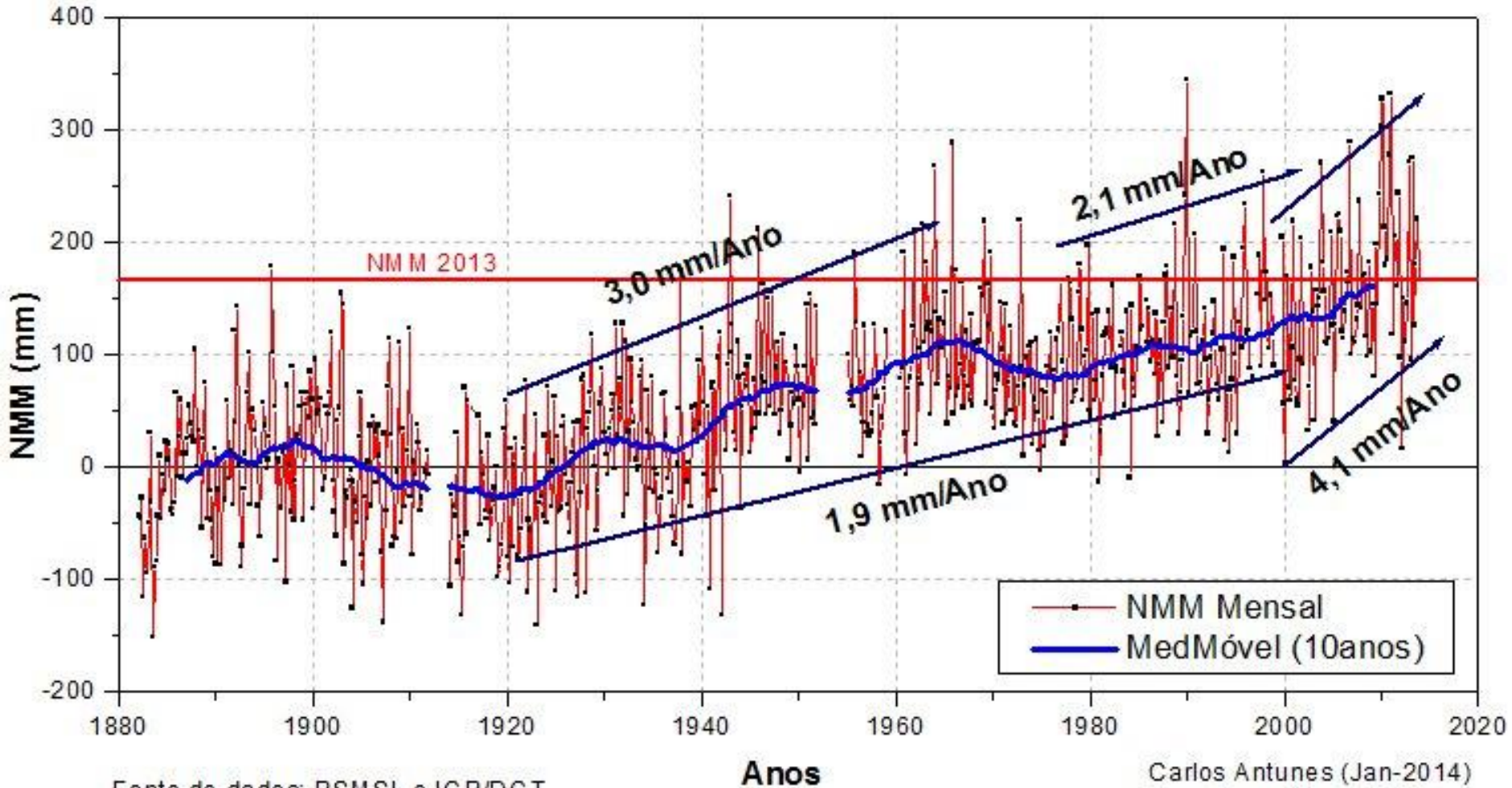
Sea-Level Rise



Sea-Levels have risen by ~20 cm since pre-industrial times.

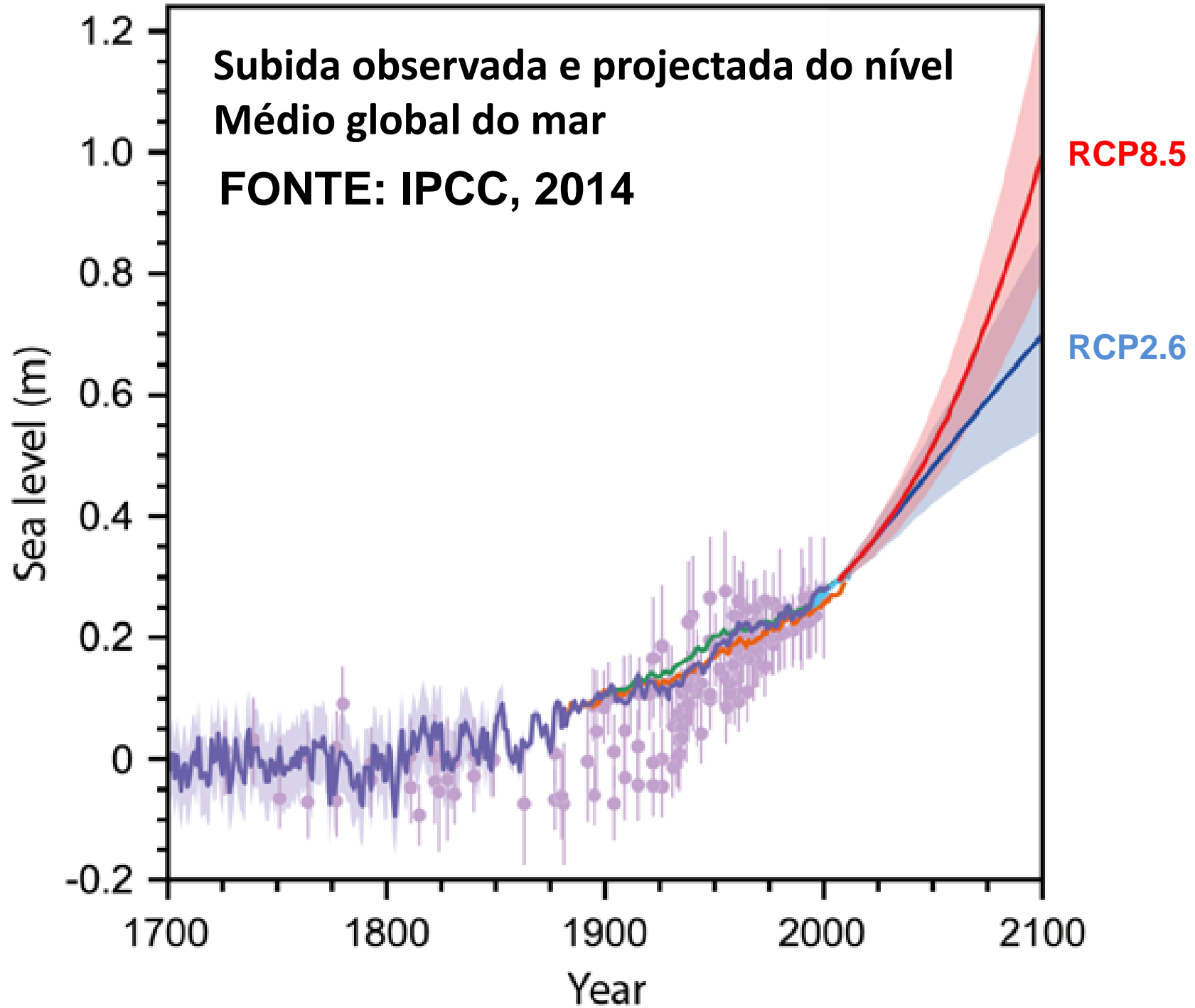
Source: Kemp et al., 2011

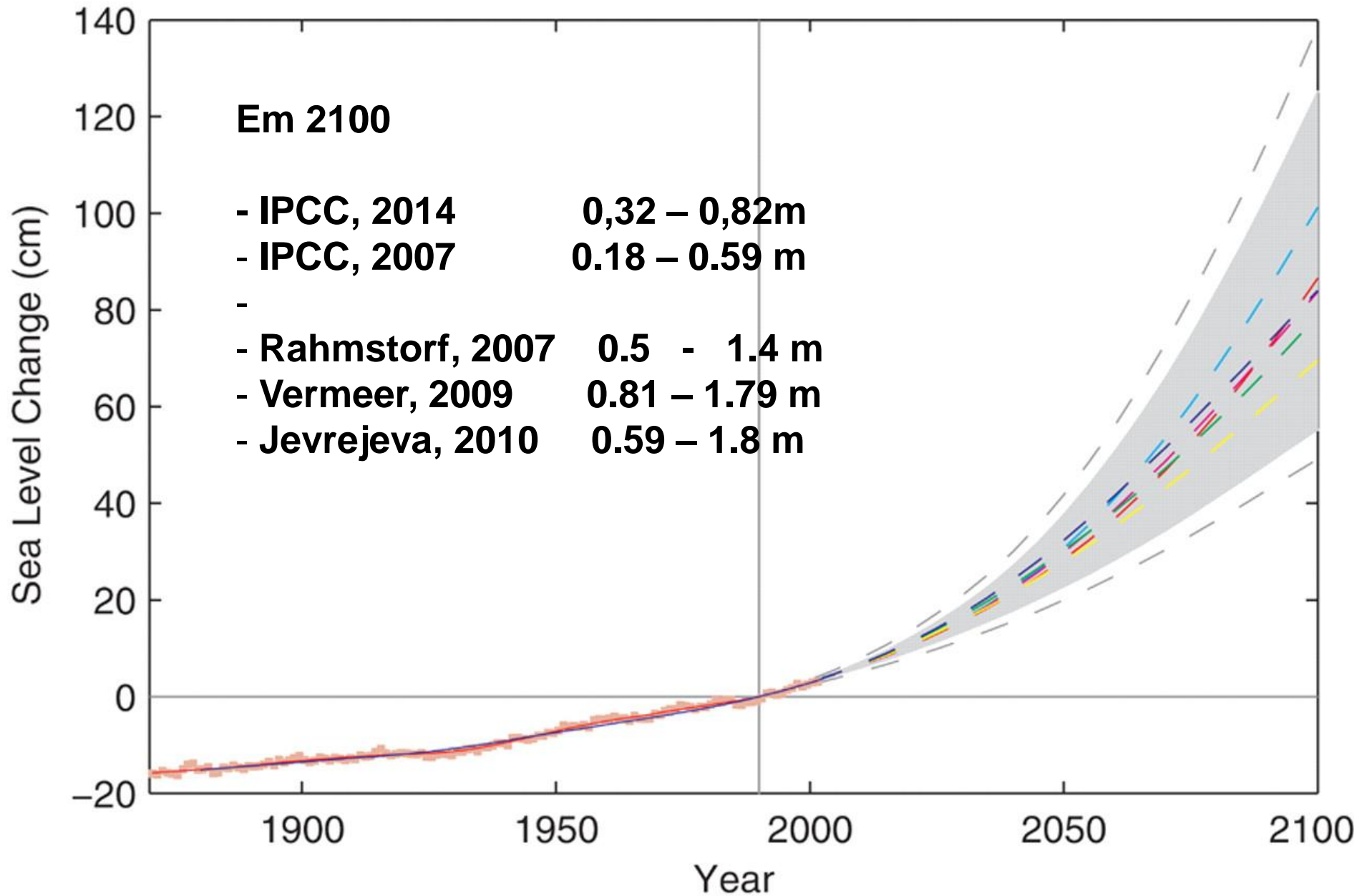
CASCAIS - VARIAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR



Fonte de dados: PSMSL e IGP/DGT

Carlos Antunes (Jan-2014)
Eng. Geográfica - FCUL





Rahmstorf, 2007

Outras consequências da mudança do clima

- **Alteração do regime da agitação marítima**

- **Rotação dextrogira de 5-10º na direção das ondas o que aumenta a erosão nos troços lineares da costa oeste**

- **Será que os temporais se vão tornar mais frequentes e/ou intensos? Ainda não se sabe ao certo mas a probabilidade de que se tornem mais intensos é maior de 50%**

- Até agora a principal resposta aos **riscos costeiros de galgamento, inundação, erosão e instabilidade de vertentes tem sido a protecção costeira**. Devido à intensificação destes riscos e aos crescentes impactos das mudanças climáticas sobre as zonas costeiras, em especial os que resultam da subida do nível médio global do mar, a resposta mais adequada passará a ser progressivamente **a adaptação, um conceito mais abrangente que inclui não só a protecção mas também outro tipo de respostas como a acomodação e o recuo planeado**.

- As soluções mais adequadas resultam frequentemente de uma combinação das três estratégias de **protecção, acomodação e recuo planeado** que permita uma maior sustentabilidade das opções em termos sociais, económicos e ambientais

- Utilizam-se três horizontes temporais: curto prazo, correspondente ao intervalo de tempo desde o presente até **2020**; médio e longo prazo, correspondentes respetivamente, a intervalos de tempo centrados em **2050 e 2100**

The diagram shows a cross-section of a coastal area with a sloping beach and a wavy water line. Three horizontal lines represent different ground levels. The top level shows two houses with an arrow pointing from the right house to the left house, indicating relocation. The middle level shows a house behind a fence with an upward arrow, indicating accommodation. The bottom level shows a house and a trapezoidal structure (levee) with an upward arrow, indicating protection of infrastructure. Three vertical upward arrows on the right side of the water line indicate rising sea levels.

**Recuo Planeado
ou Relocalização**

Acomodação

**Proteger c/ infra-estruturas:
'pesadas' ou 'leves'**

Custos de protecção em vários cenários de intervenção e em vários horizontes temporais.

Utilizam-se três horizontes: curto prazo, correspondente ao intervalo de tempo desde o presente até 2020; médio e longo prazo, correspondentes respectivamente, a intervalos de tempo centrados em 2050 e 2100

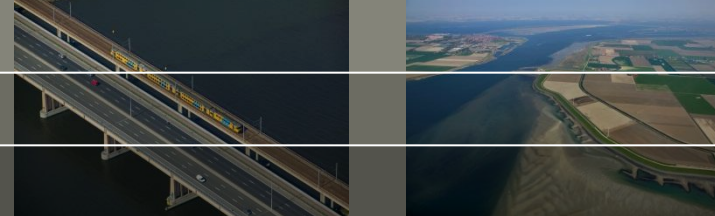
O risco associado ao galgamento, inundação e erosão é especialmente elevado em alguns troços da célula sedimentar entre a foz do Rio Douro e o Cabo Mondego.

Acresce que nesta célula a proteção costeira representa também a defesa do vasto e valioso território interior da Ria de Aveiro. Consequentemente deverá procurar manter-se a linha de costa de modo a evitar o rompimento da restinga protetora da Ria.

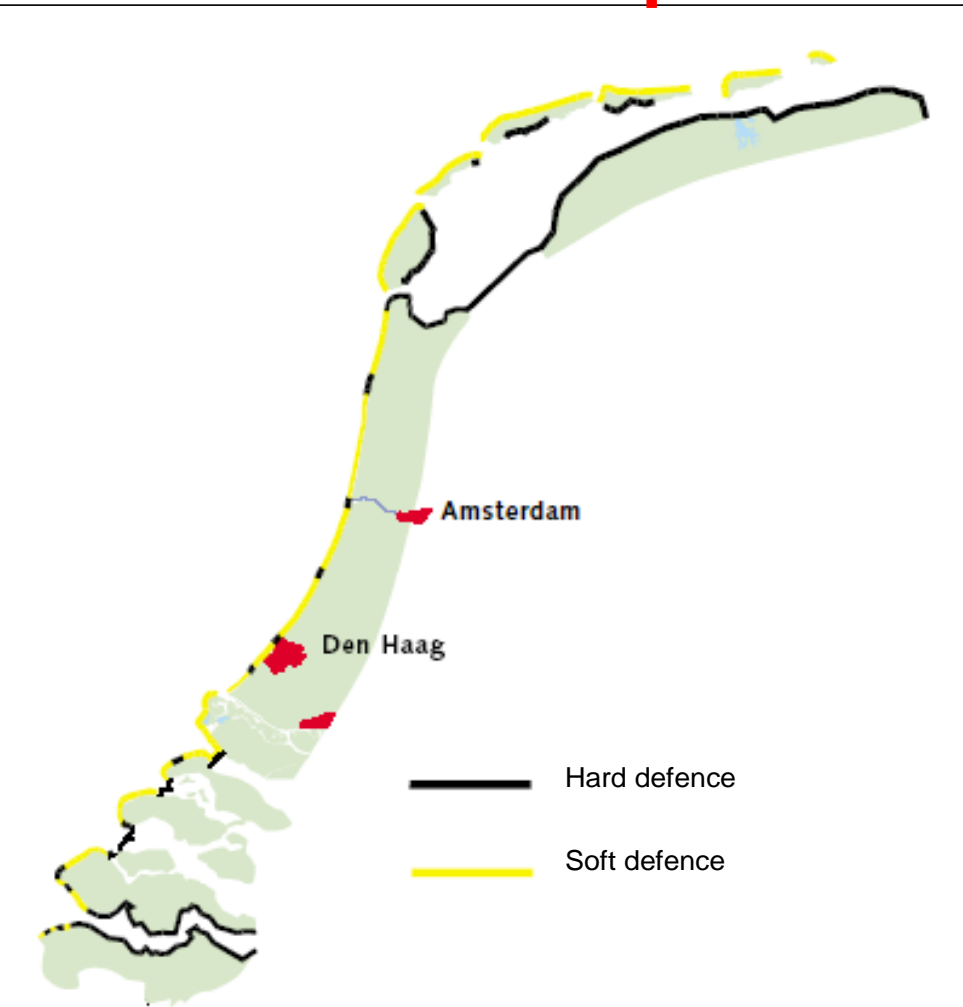
Em outros troços de elevado risco e de grande importância económica e estratégica a nível nacional deverá também procurar manter-se a linha de costa

Seleção das opções de proteção e recuo planeado deve basear-se em modelação, análises de custo-benefício e multicritério.

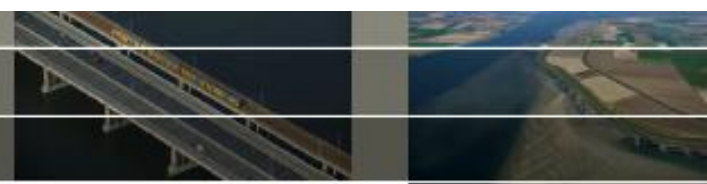
Soft sea defence



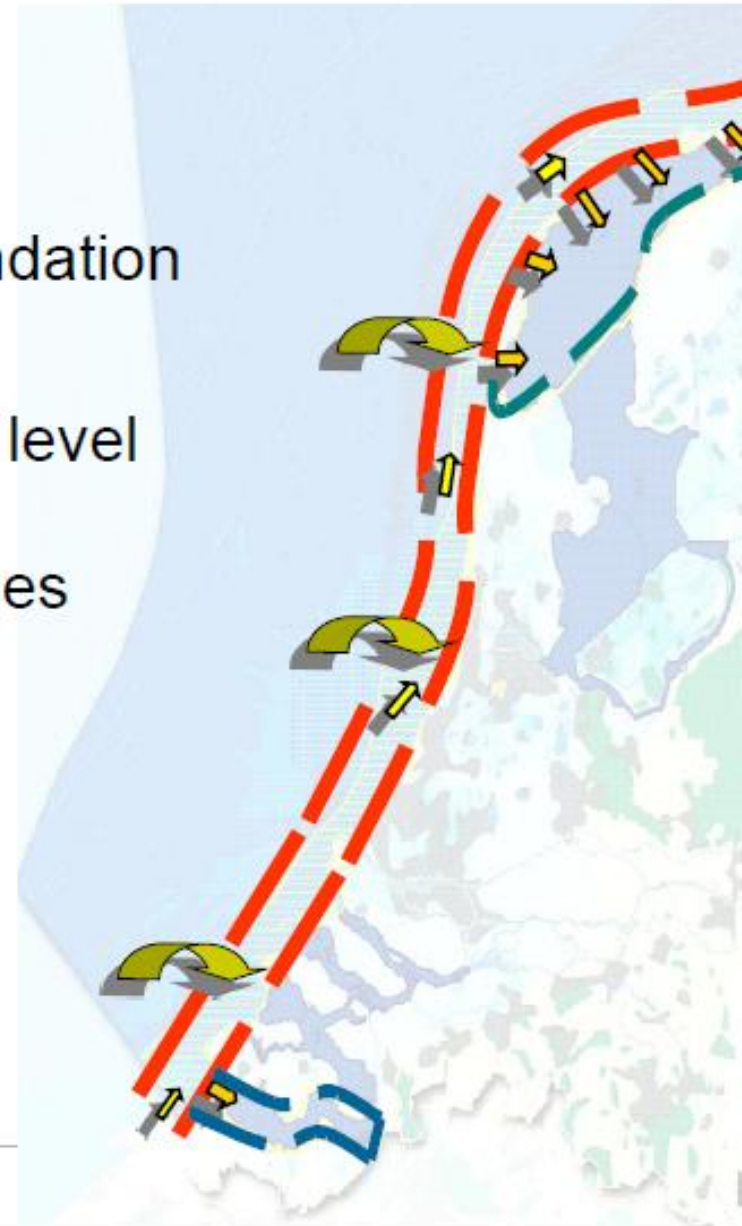
Defesas leves ou pesadas



A systems approach



- Maintain sand volume of coastal foundation
 - Beaches and dunes ‘grow’ with sea level
 - make optimal use of natural processes
“building with nature”
- > Sand is carrier of all functions



nourishment of coastal foundation

restoring of 'natural' geological process

- kustfundament
- primaire waterkering
- grote open wateren:
 1. Waddenzee
 2. IJsselmeergebied
 3. Zuidwestelijke Delta



Investimento projetado para 2020 e 2050 - Política Reativa

Unidade: Milhões de Euros

Período de tempo (anos)	20		1		6	36
	Total Executado INAG / APA 1995 - 2014	%	Média anual Período 1995-2014	factor segurança	Projeção 2015 - 2020	Projeção 2015 - 2050
Total Obras de Defesa Costeira	196	100%				
Sub-Total Zonas Baixas Costeiras	167	85%	8,3	1,5	75	450
Obras de defesa pesada (esporões, defesa aderente, outras)	85	51%				
Obras leves(12%)	63	38%				
Outros	18	11%				
Fora de Zonas Baixas Costeiras (33%)	29	15%				



12,5 M euros/Ano

Figura 8.21 - Investimento projetado para 2020 e 2050 mantendo a atual política reativa.

Reposição do Ciclo Sedimentar

Caminha - Douro
Alimentação a Sul do Douro
By-pass de Aveiro
By-pass de Fig. Foz
Caparica (sempre praia emersa)*
Sotamar Algarvio (sempre praia emersa)
TOTAL Alimentação permanente

Custos Unitários (€/m ³)		Volume de Ref ^a (10 ⁶ m ³ /ano)
Praia submarina	Praia emersa	
3,0	-	0,2
3,0	-	1,1
3,0	-	1,1
3,0	-	1,1
-	6,0	1,0
-	6,0	0,11
-	-	-

2015 - 2020 (6 anos)					
1 Intervenção pontual no 1 ^a ano **		6 anos		TOTAL	
Volume 10 ⁶ m ³	Valor (M€)	Volume 6 anos 10 ⁶ m ³	Valor (M€)	Volume 10 ⁶ m ³	Valor (M€)
1,8	5,4	1,2	3,6	3,0	9,0
9,9	29,7	6,6	19,8	16,5	49,5
9,9	29,7	6,6	19,8	16,5	49,5
9,9	29,7	6,6	19,8	16,5	49,5
5,0	30,0	5,0	30,0	10,0	60,0
-	-	0,7	4,0	0,7	4,0
-	125	27	97	63	221

* Na expectativa que a célula entre em equilíbrio com 10x10⁶ m³ embora careça ainda de estudos complementares

** Nove vezes o valor de referência

Só praia emersa
Só praia submarina

16,2 M euro/Anos

36 M euros/Ano

Reposição do Ciclo Sedimentar

Caminha - Douro
Alimentação a Sul do Douro
By-pass de Aveiro
By-pass de Fig. Foz
Caparica (sempre praia emersa)*
Sotamar Algarvio (sempre praia emersa)
TOTAL Alimentação permanente

Custos Unitários (€/m ³)		Volume de Ref ^a (10 ⁶ m ³ /ano)
Praia submarina	Praia emersa	
3,0	-	0,2
3,0	-	1,1
3,0	-	1,1
3,0	-	1,1
-	6,0	1,0
-	6,0	0,11
-	-	-

2015 - 2050 (36 anos)						
1 Intervenção pontual por década**			36	anos	TOTAL	
décadas	Vol. por década (10 ⁶ m ³)	Valor 3 décadas (M€)	Volume 33 anos 10 ⁶ m ³	Valor (M€)	Volume 10 ⁶ m ³	Valor (M€)
1	1,8	5,4	7,2	21,6	9,0	27,0
3	29,7	89,1	39,6	118,8	69,3	207,9
3	29,7	89,1	39,6	118,8	69,3	207,9
3	29,7	89,1	39,6	118,8	69,3	207,9
1	5,0	30,0	5,0	30,0	10,0	60,0
0	-	-	4,0	23,8	4,0	23,8
11	96	303	135	432	231	734

* Na expectativa que a célula entre em equilíbrio com 10x10⁶ m³ embora careça ainda de estudos complementares

** Nove vezes o valor de referência por década

Só praia emersa

Só praia submarina

Figueira da Foz

Foto antiga



2011

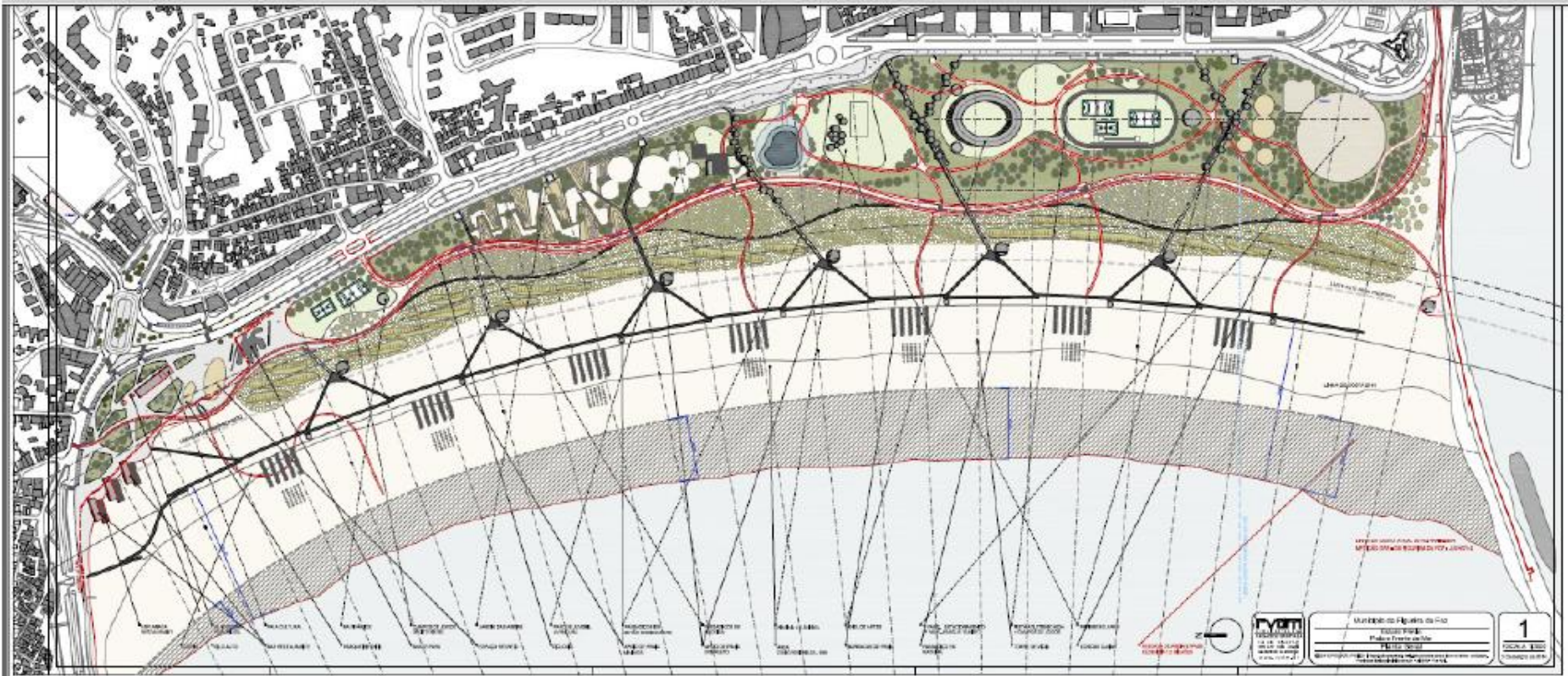




Figueira da Foz
Fonte: SIARL



4.465.236 m³ Fonte:CMFF



Legenda: Projeto apresentado à APA para valorização da frente de mar de Buarcos/Figueira da Foz. A cinzento (riscas diagonais) a zona de empréstimo de areias.

Concurso de projetos apresentado à APA



photo: Joop van Hout Rijkswaterstaat
<https://www.flickr.com/photos/zandmotor/>

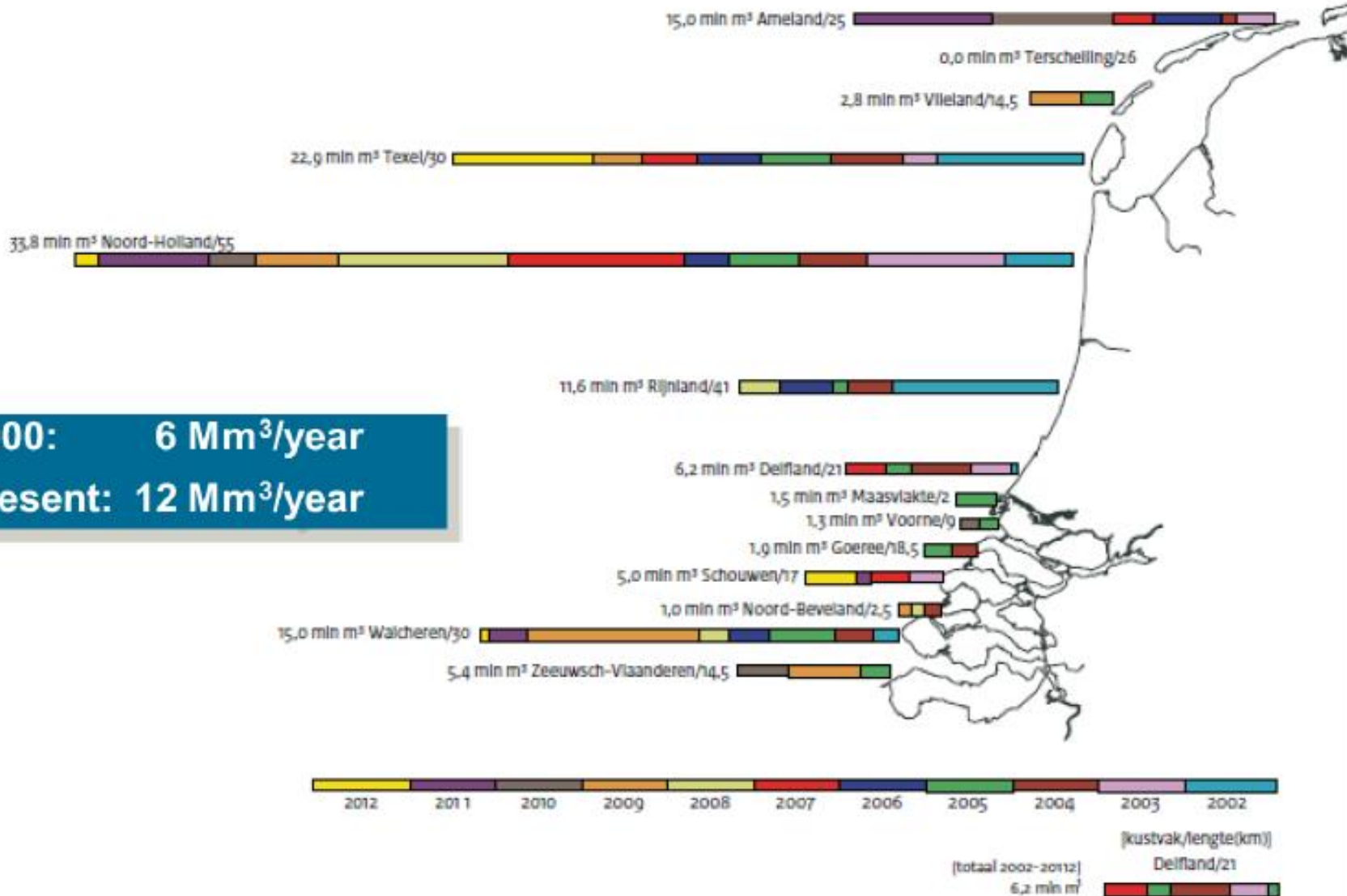
Sand Motor, The Hague, 2011



photo: Joop van Hout Rijkswaterstaat
<https://www.flickr.com/photos/zandmotor/>

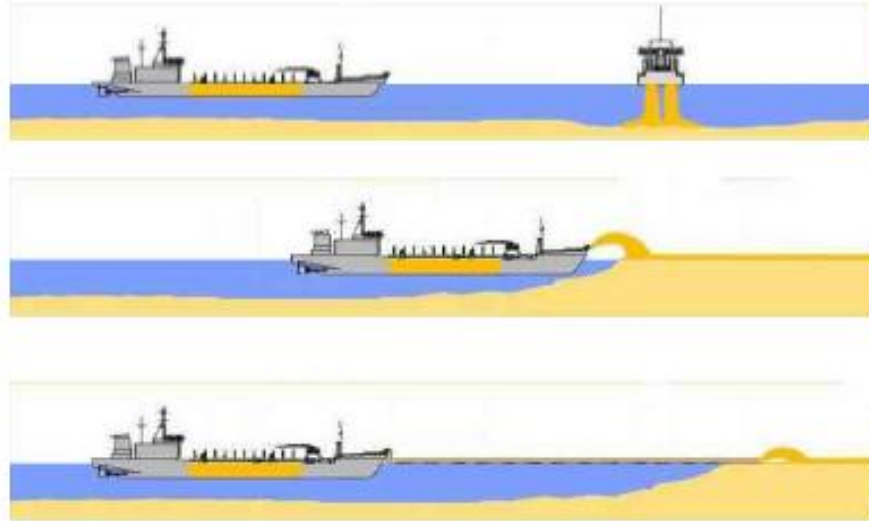
september 2014

Sand nourishments along the Dutch Coast



Different distribution strategies

Where ?
When ?
How ?



beach – and shore face nourishments

200 – 400 m³/m

once every 2-5 years



Mega sand nourishment or Sand Engine

~ 10,000 m³/m

once every 25 years

Trabalhos de investigação recentes realizados no âmbito das atividades do GTL, envolvendo uma colaboração entre investigadores dos projetos Europeus BASE e RISES, mostram ser possível manter a linha de costa (“hold the line”) na célula 1b, da **Foz do Douro ao Cabo Mondego até 2100**, em dois cenários de subida do nível médio global do mar, por meio de intervenções adequadas de alimentação artificial. **A estimativa do custo total para estes dois cenários varia entre 740 e 780 milhões de Euros nas primeiras três décadas e entre 1900 e 2300 milhões de Euros em nove décadas.**

Recomenda-se a realização deste tipo de modelação e avaliação de custos para esta e outras estratégias de adaptação (recuo e proteção com obra pesada), por outros grupos de investigação de modo a estimar a incerteza envolvida nas primeiras conclusões obtidas no âmbito dos referidos projetos.

Revetment – with 2 and 3 t concrete blocks



Breakwaters at 1 m depth

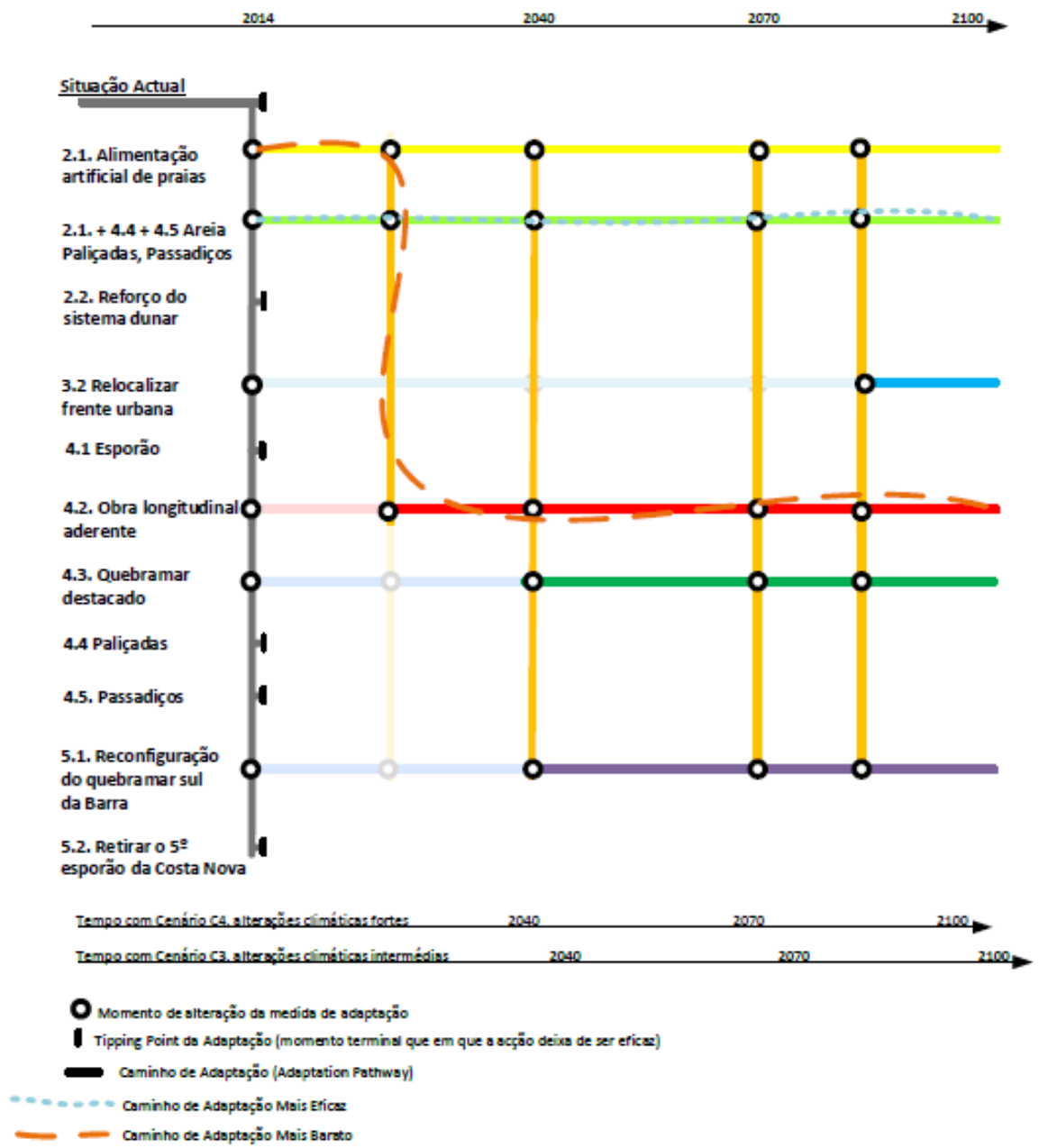


Nourishment – different methods



Troço 1 : Praia da Barra ao início da Costa Nova
 Objectivo: Proteger população e manter praia

CAMINHOS DE ADAPTAÇÃO



2014

2040

2070

2100

Situação Actual

2.1. Alimentação artificial de praias

2.1. + 4.4 + 4.5 Areia Paliçadas, Passadiços

2.2. Reforço do sistema dunar

3.1. Expropriação terrenos agrícolas

2.2 + 3.1 Reforço + Expropriação agrícola

4.1 Esporão

4.2. Obra longitudinal aderente

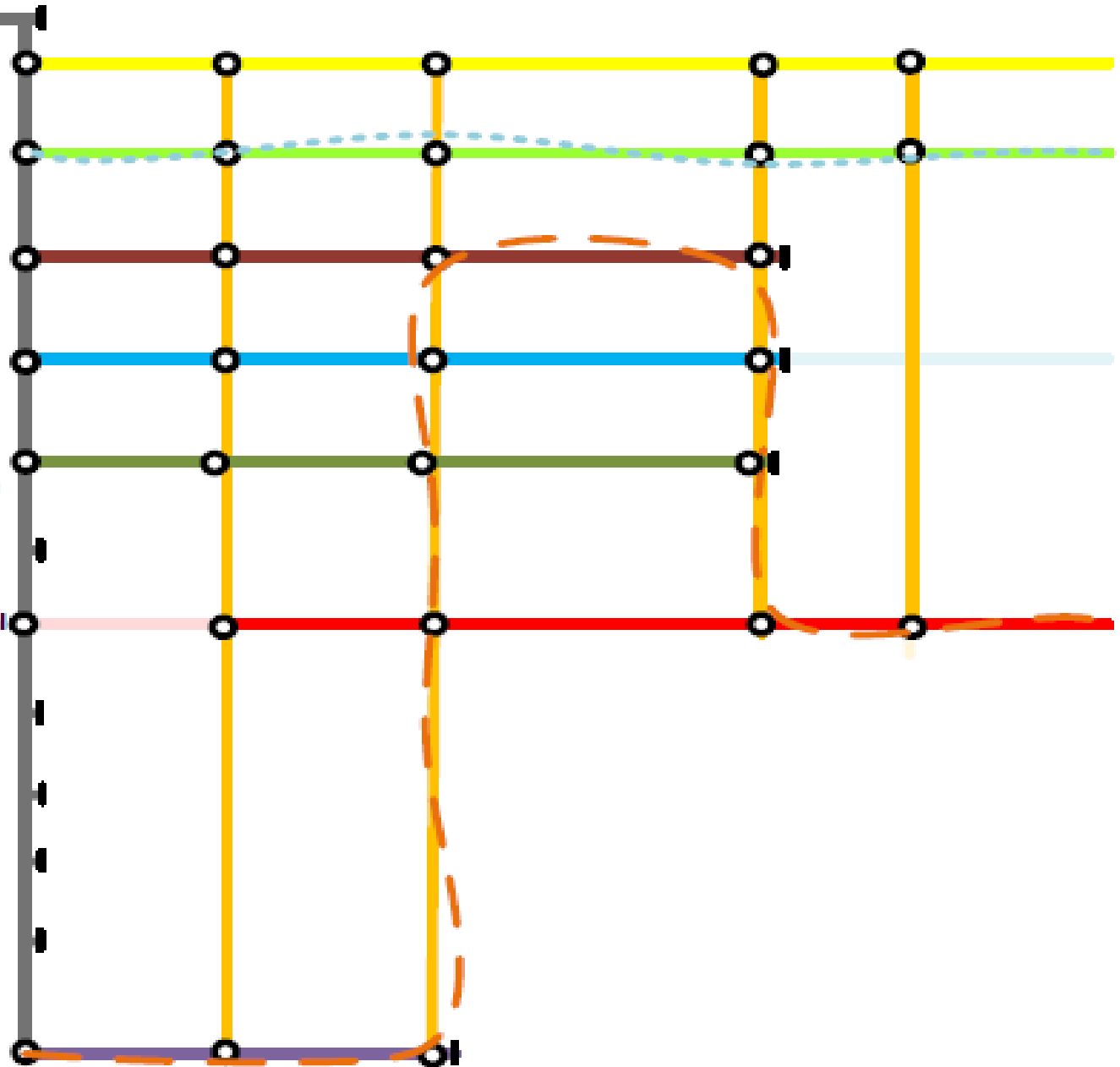
4.3. Quebramar destacado

4.4 Paliçadas

4.5. Passadiços

5.1. Reconfiguração do quebramar sul da Barra

5.2. Retirar o 5º esporão da Costa Nova





BASE **BOTTOM-UP CLIMATE ADAPTATION STRATEGIES FOR EUROPE**

Title: **Cost-benefit analysis of coastal erosion adaptation pathways along the Barra-Vagueira coastal stretch**

Summary: This study assesses the economic viability of the three main coastal erosion adaptation pathways identified for the Barra-Vagueira coastal stretch, using costs-benefit analysis that is based on coastal erosion and flood damage assessment as well as benefit transfer approaches. Results show that scenarios involving large artificial beach nourishments and minor hard intervention measures are not attractive from an economic perspective, while scenarios combining small artificial beach nourishments and major hard intervention measures are attractive from an economic perspective.

Grant agreement no: 308337

Informação e participação

A adaptação humana à dinâmica costeira actual e futura só será possível mediante um grande esforço, partilhado pelas instituições públicas e privadas, **de informação, divulgação, educação e formação sobre a problemática das zonas costeiras**, baseada nos princípios da precaução, do desenvolvimento sustentável e da gestão integrada das zonas costeiras.

Para pôr em prática políticas públicas que permitam a gestão integrada e sustentável das zonas costeiras é necessário que essas políticas **resultem da participação e da adesão das estruturas institucionais da administração desde o nível central ao local, das populações, das empresas e das organizações não-governamentais.**

Esta participação e adesão só se tornará possível se, ao nível local (população residente e sazonal, elementos das estruturas autárquicas e empresariais), **houver uma compreensão adequada da dinâmica actual e futura das zonas costeiras e dos pontos de equilíbrio entre essa dinâmica e a ocupação e actividades humanas no litoral.**

Governança

Liderança política

Financiamento adequado

Articulação e coordenação institucional

Capacidade científica e técnica na instituição responsável pela gestão integrada e sustentável da zona costeira

Monitorização efectiva e sistemática

Aquisição, gestão e acesso a dados

Cartas de vulnerabilidade e risco costeiro à escala nacional

Acordo de regime e parcerias interinstitucionais

Monitorização e sistema de informação

Mapas de vulnerabilidade e risco

Identificação das fontes de sedimentos

Identificação dos locais e calendarização das intervenções de alimentação artificial

Identificação e planeamento dos processos de realocização

Ações de fiscalização mais eficazes no que respeita ao cumprimento das regras de ordenamento do território

Articulação destas ações prioritárias com as iniciativas correntes dos POC.

Obrigado pela vossa atenção

Setor	km ³
A	4.6
B	0.3
C	0.1

Manchas de empréstimo na plataforma

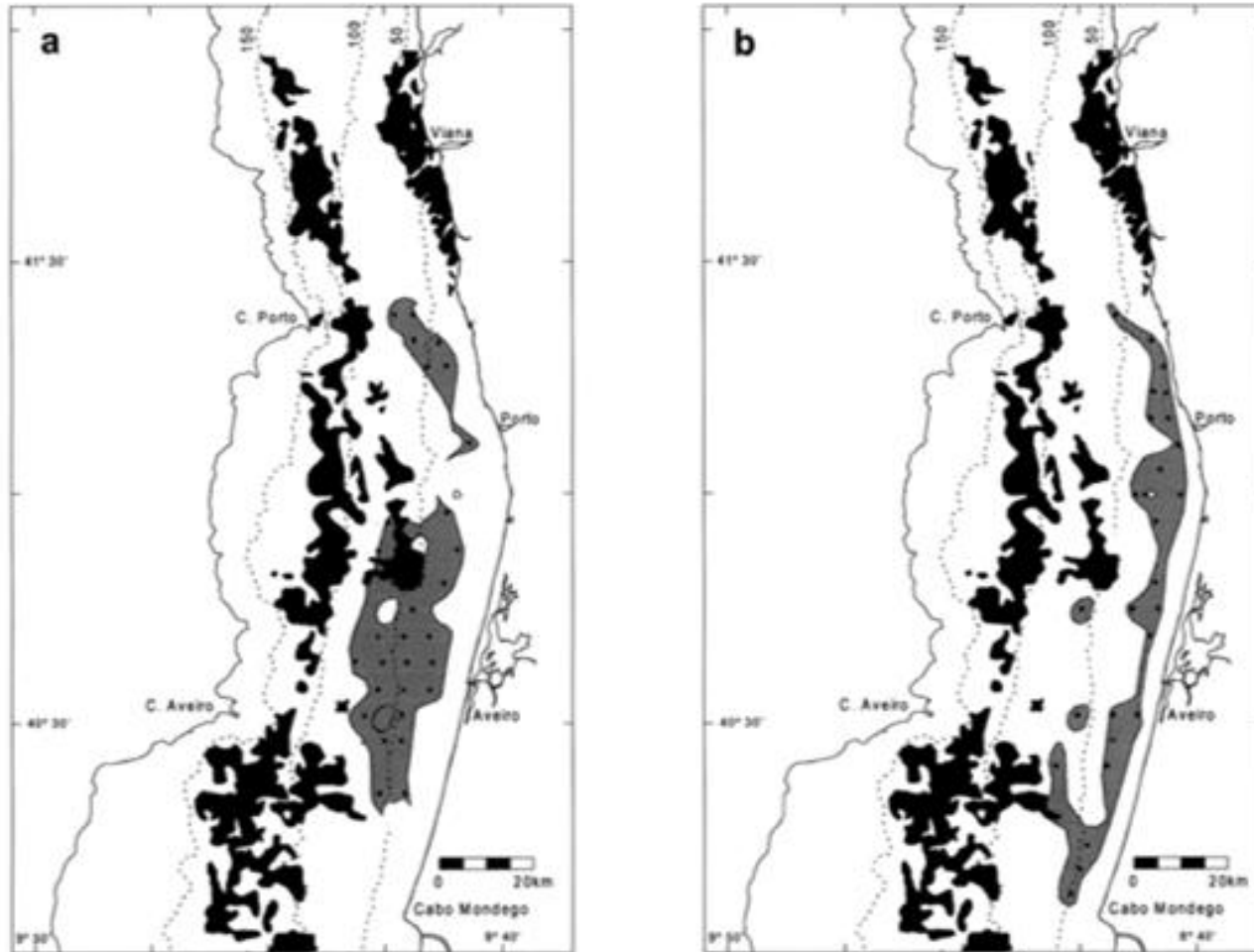


Figura 1 - Cartografia dos depósitos de areia (a) e cascalho (b) identificados por Magalhães (2003) na plataforma continental setentrional.

Recomenda-se que sejam alteradas as atuais práticas de deposição de sedimentos da classe 2 abaixo da profundidade de fecho.

A confirmação da existência duma política descoordenada na abordagem deste tema é o fato de, atualmente, se estimar que estejam a ser imersos no mar, a profundidades superiores à de fecho, cerca de 0,7 M m³/ano de sedimentos da classe 2 provenientes de ações do sector portuário para garantir a segurança nos canais de navegação, quando a sua utilização para alimentação do perfil submarino junto à rebentação é perfeitamente enquadrável pela Lei nº 49/2006, de 29 de agosto .

Classe 2: Material dragado com contaminação vestigiária – pode ser imerso no meio aquático tendo em atenção as características do meio receptor e o uso legítimo do mesmo (Portaria 1450/2007, de 12 de Novembro).

Tabela 8.4 – Destino dos materiais da Classe 2 de qualidade e estimativas dos respetivos volumes anuais, por região hidrográfica (fonte: APA/ARH e DGRM)

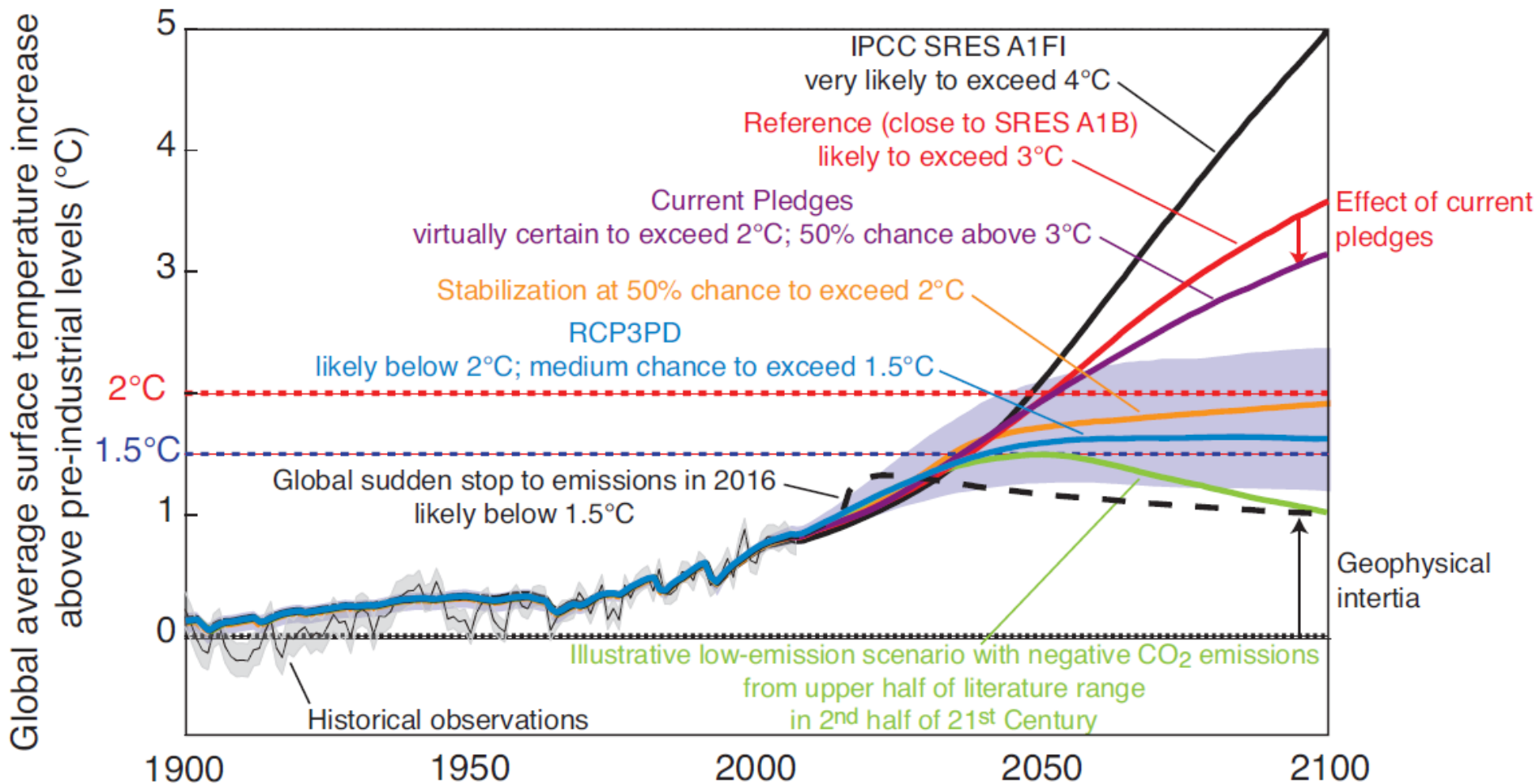
Região Hidrográfica	Destino	Profundidade média (imersão no mar)	Volumes
Norte	Imersão no mar	>30 m	170.000 m ³ / ano
Centro	Imersão no mar	>25 m	225.000 m ³ / ano
Tejo	Imersão no mar	>65 m	24.000 m ³ / ano
Alentejo	Imersão no mar	>65 m	118.000 m ³ / ano
Algarve	Imersão no mar	>30 m	195.000 m ³ / ano

5.5

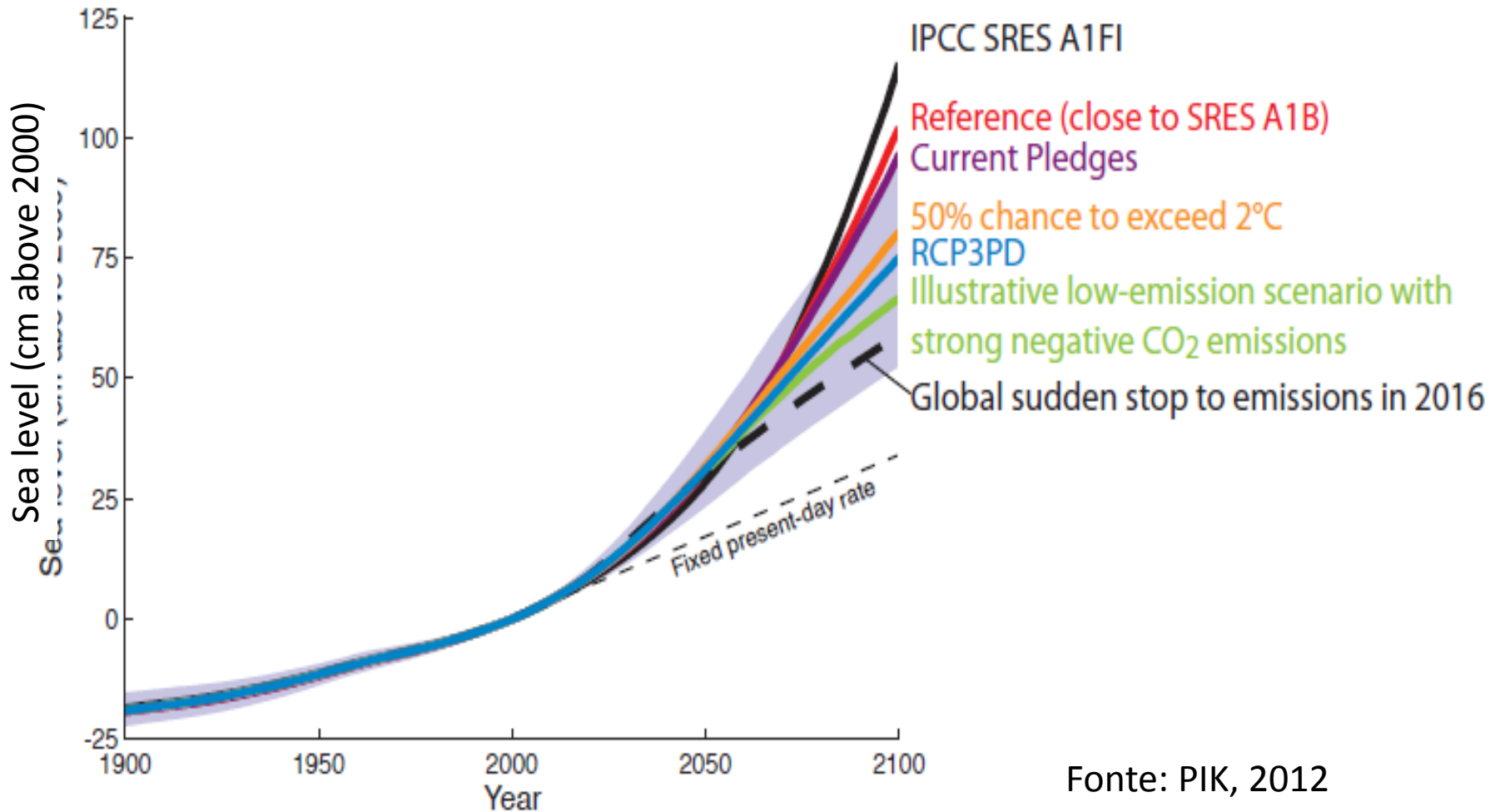
Recomenda-se a criação de uma plataforma de conhecimento que reúna os dados existentes sobre o litoral, fundamentais para o apoio à decisão no processo de gestão integrada e sustentável da zona costeira e que privilegie uma política de acesso aberto. Esta plataforma deverá constituir uma ferramenta privilegiada para integrar bases de dados sobre temas com relevância para o litoral (incluindo obras, dragagens e usos do solo), servir de suporte a uma infraestrutura de dados espaciais sobre o litoral e articular-se com uma política de dados nacionais.

Neste contexto, recomenda-se que o SIARL (Sistema de Administração do Recurso Litoral) ou um sistema equivalente sirva de suporte à criação da referida plataforma devendo para tal ficar sob a responsabilidade da APA e beneficiar de parcerias com as instituições com competências na zona costeira, nas áreas do ambiente, mar, economia, investigação e defesa, bem como com as autarquias.

Variação da temperatura média global da atmosfera em vários cenários de emissões de gases com efeito de estufa



Variação do nível médio global do mar nos mesmos cenários de emissões de gases com efeito de estufa

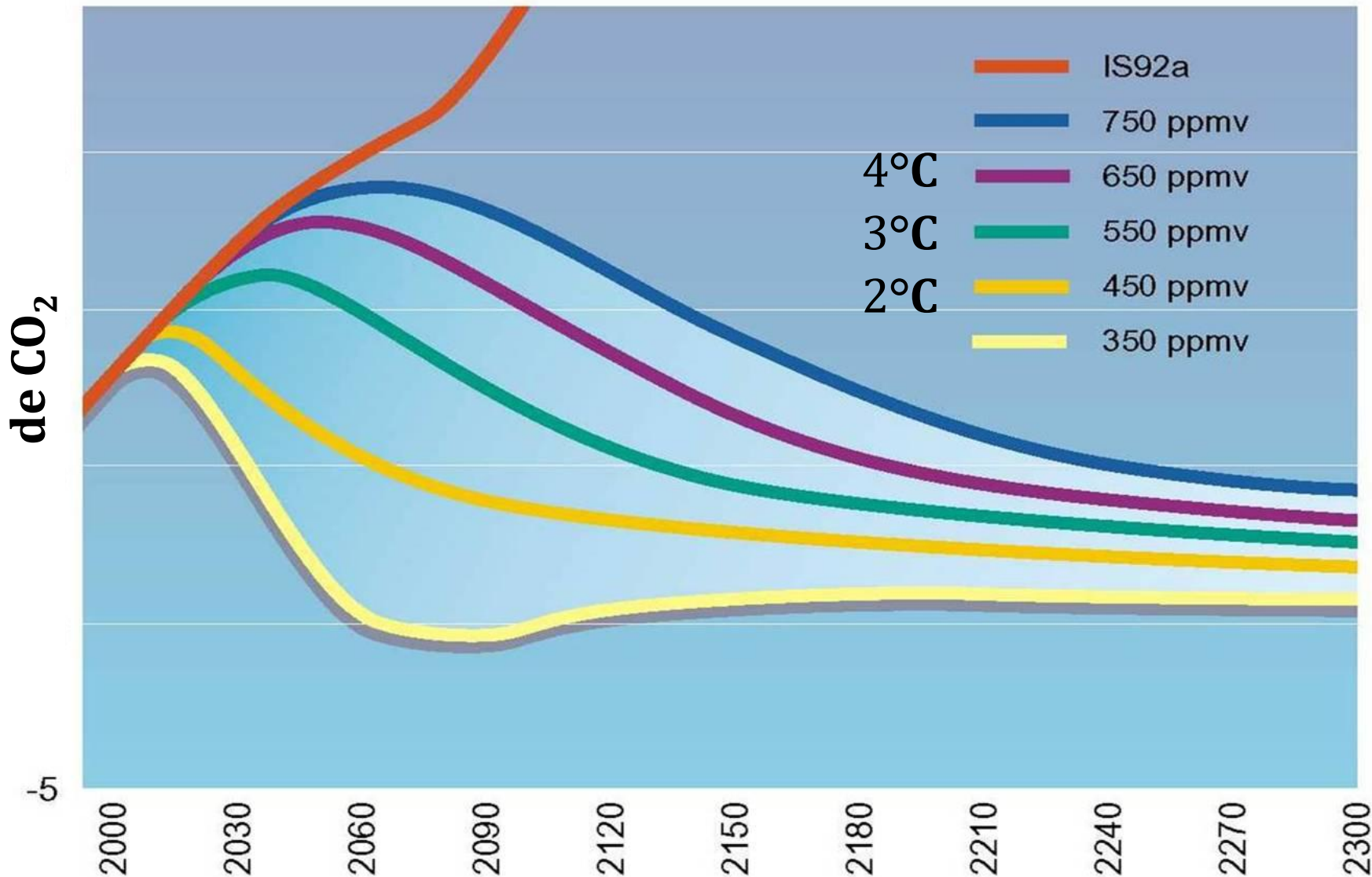


Fonte: PIK, 2012

Trajectórias das emissões de CO₂e

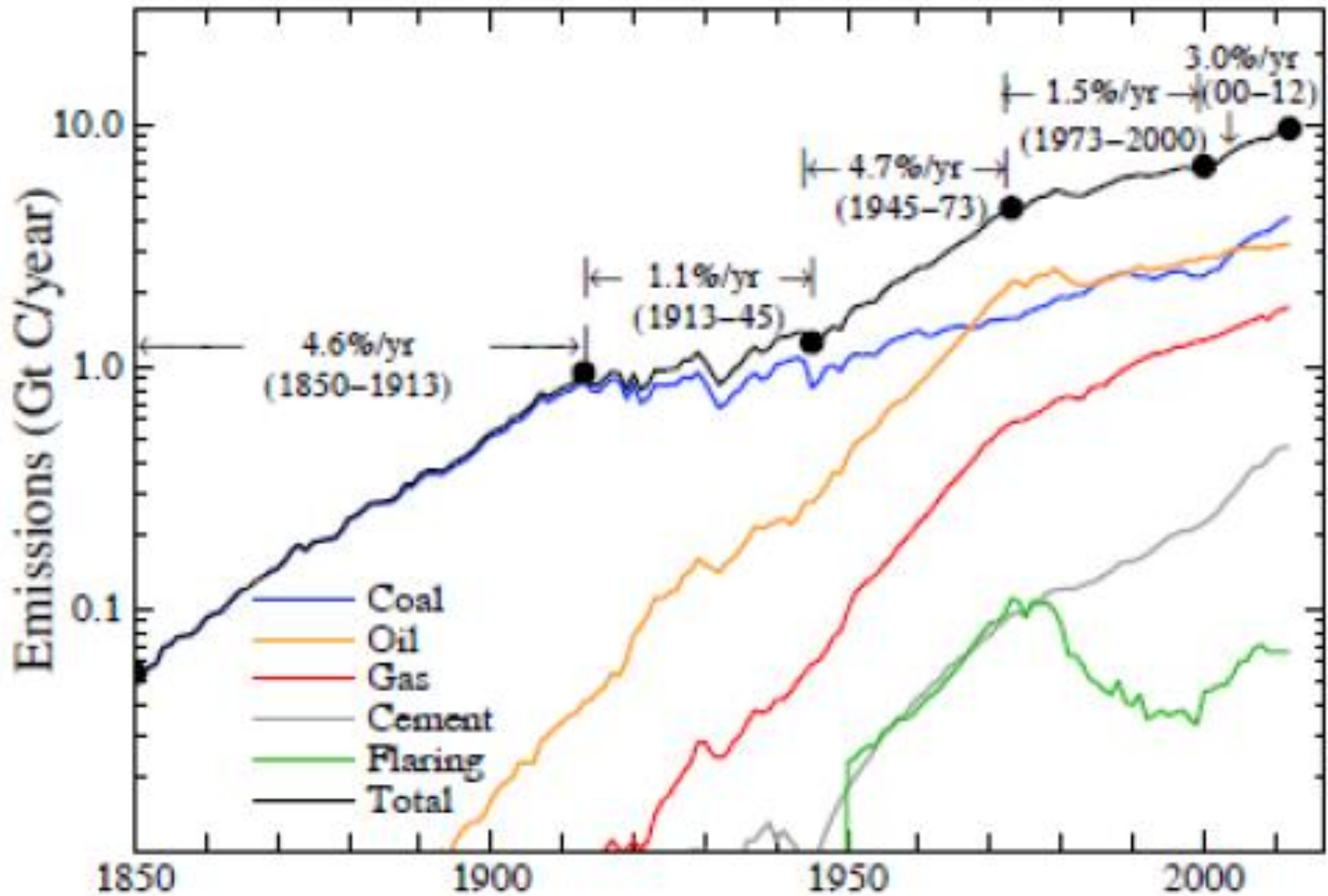
(2005 = 380 ppmv)

Miles de millones de toneladas



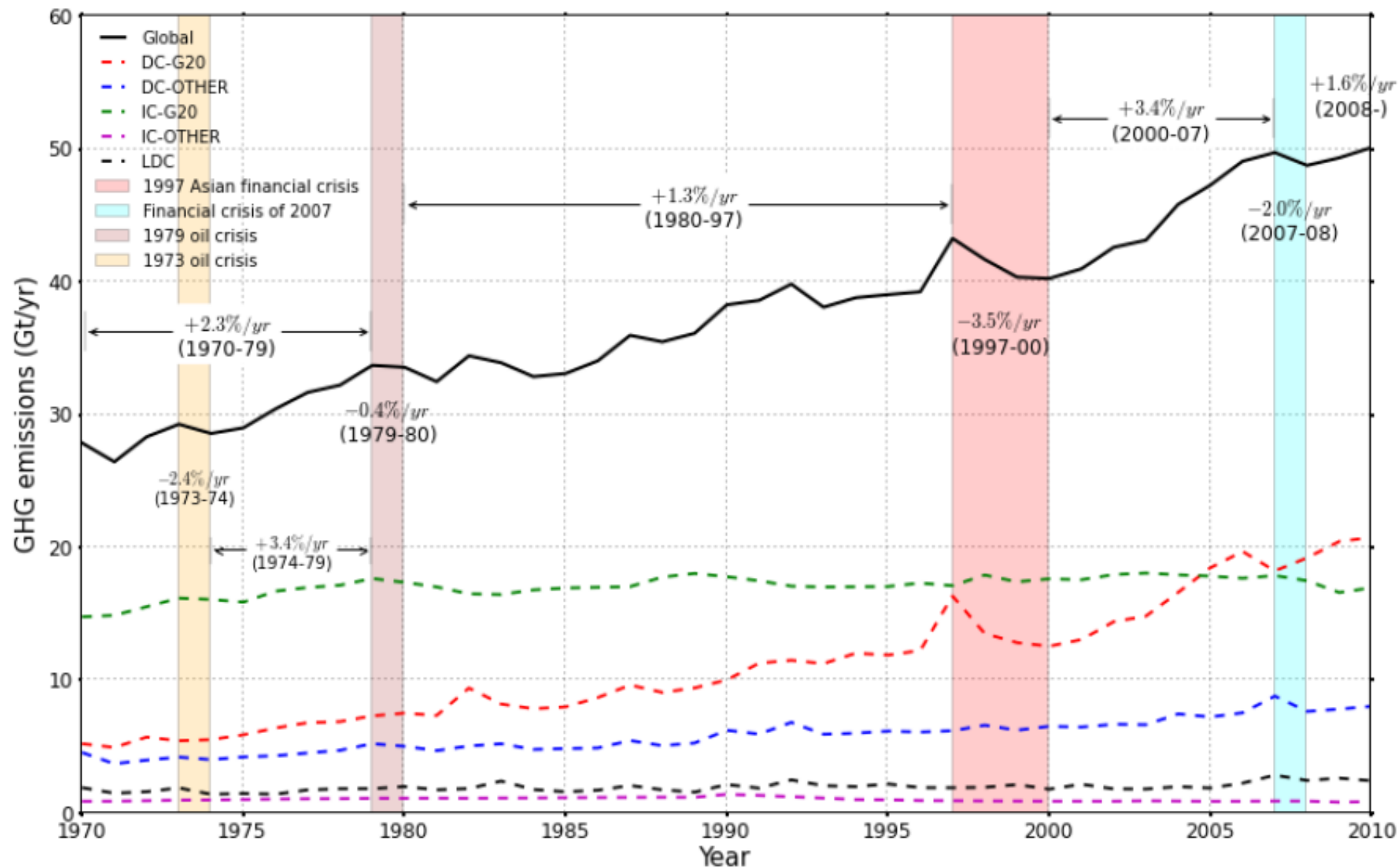
Fuente: Stern Review; World Resources Institute

A Global Fossil-Fuel CO₂ Annual Emissions



Fonte: BP, 2012 and Hansen, 2013

Global Greenhouse Gases emissions since 1970



IPCC, 2014