Projecto RENCOASTAL

O risco de erosão em zonas costeiras: territórios resilientes e vulnerabilidades sociais

Seminário Final

Alterações climáticas e impactos sobre as zonas costeiras continentais portuguesas

C. Andrade, M. C. Freitas, R. Taborda, F. Marques, C. Antunes

Centro de Geologia, Departamento de Geologia, IDL

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

LNEC, Lisboa, 25 de Julho de 2013

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

Centro de Geologia

FACULDADE DE CIÊNCIAS UNIVERSIDADE DE LISBOA

- **Projecto RENCOASTAL**

Território e comunidades

Espaço Costeiro

Perda de território

- ***Ciências Sociais***

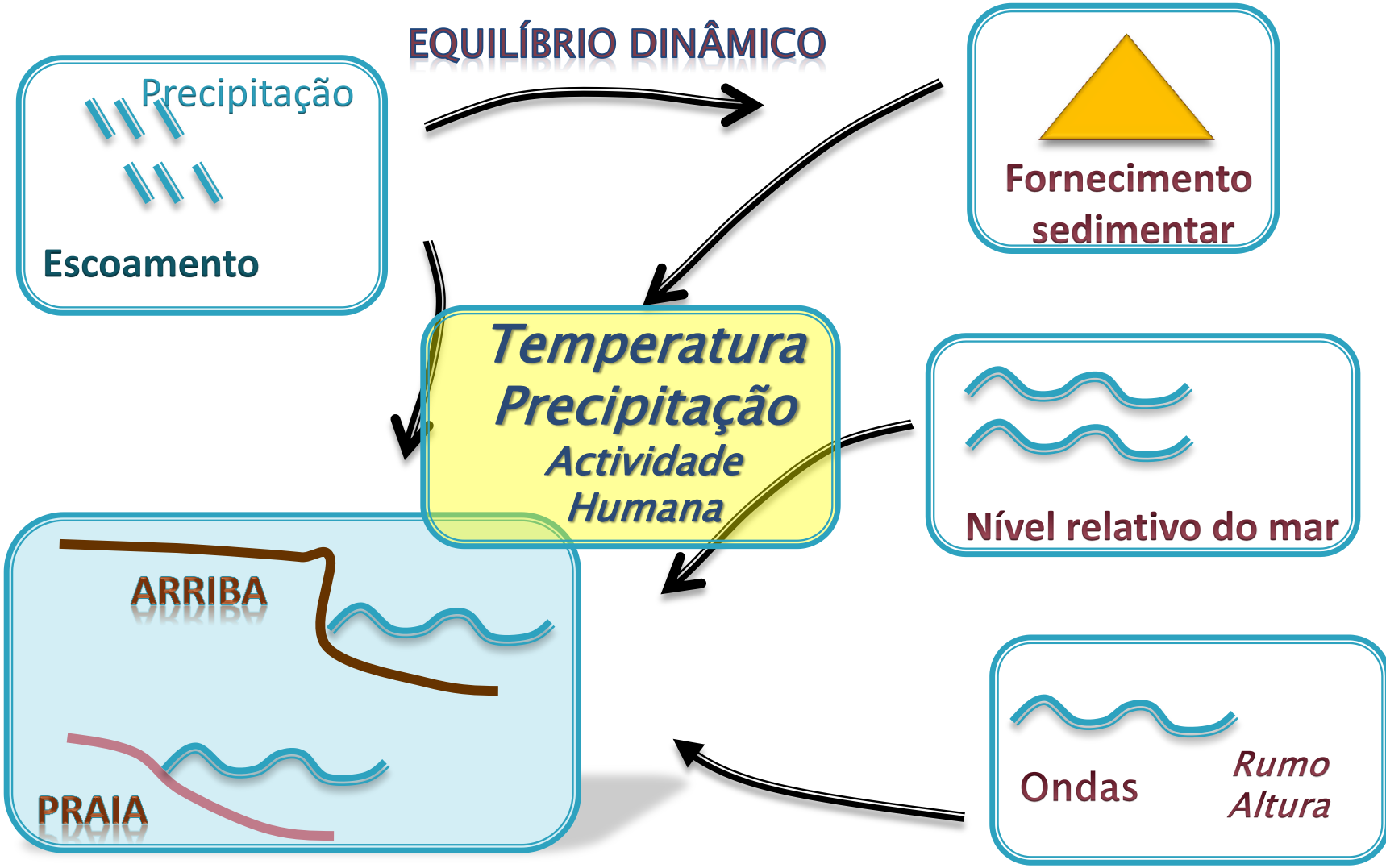
- ***Ciências da Terra*** : Geologia costeira ► erosão, inundação….

Passado — Presente — Futuro — *tempo*

Alteração do forçamento (climáticas, humanas…)

A ZONA COSTEIRA – passado, presente, futuro

Evolução da linha de costa



RESPOSTA MORFOLÓGICA
ADAPTAÇÃO / MITIGAÇÃO

Consequências

Alterações climáticas

Aumento da temperatura

Modificação do regime de ventos

Modificação da pluviosidade

Elevação do nível médio do mar

Variação da taxa de elevação do NMM

Impactos na faixa costeira

Extensão,intensidade de inundação

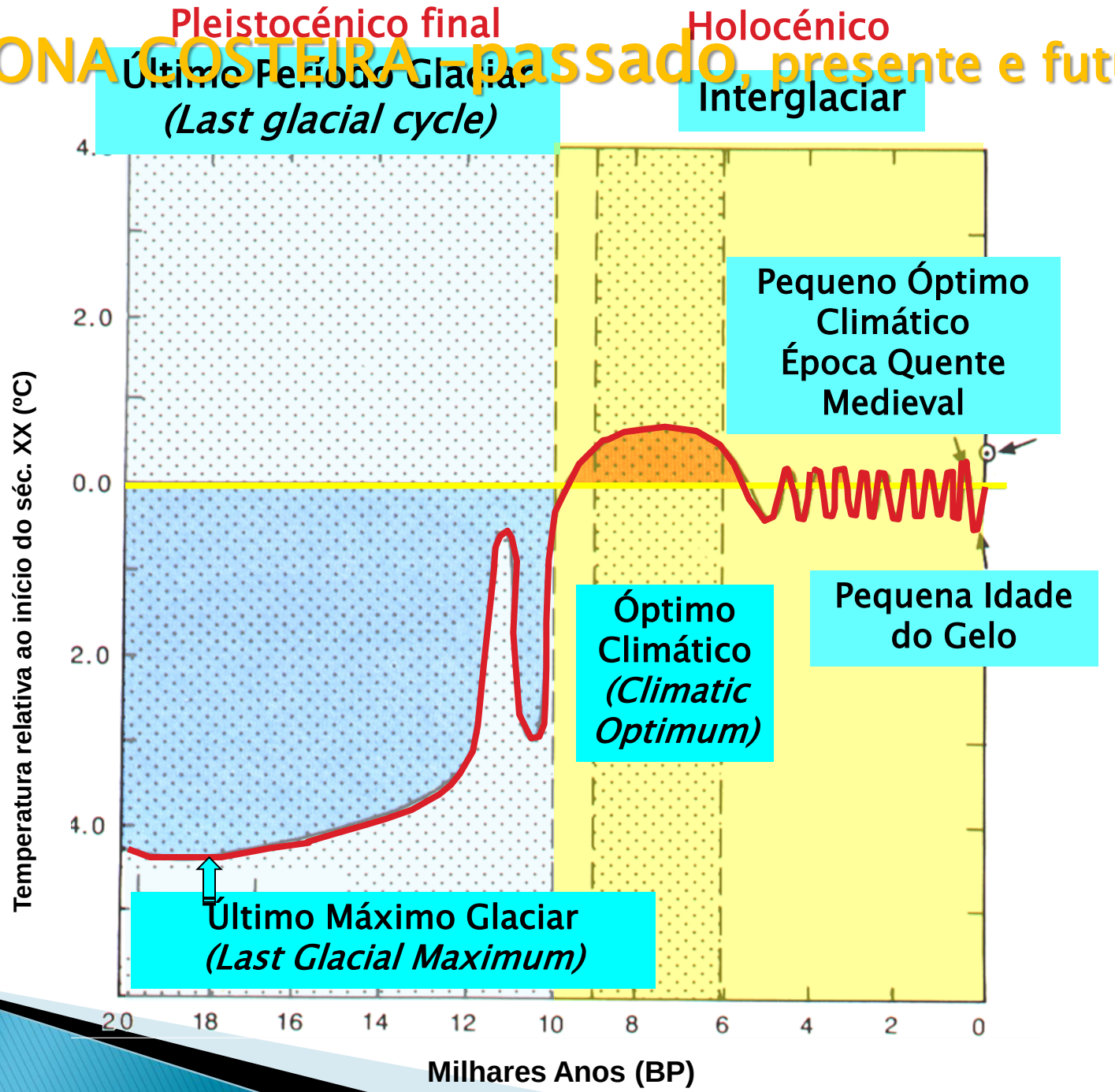
Intensificação da erosão

Assoreamento

Intrusão salina

Variação do regime de: Sobreelevação de tempestade, agitação e de temporais, escoamento superficial, aporte sedimentar

A ZONA COSTEIRA – passado, presente e futuro

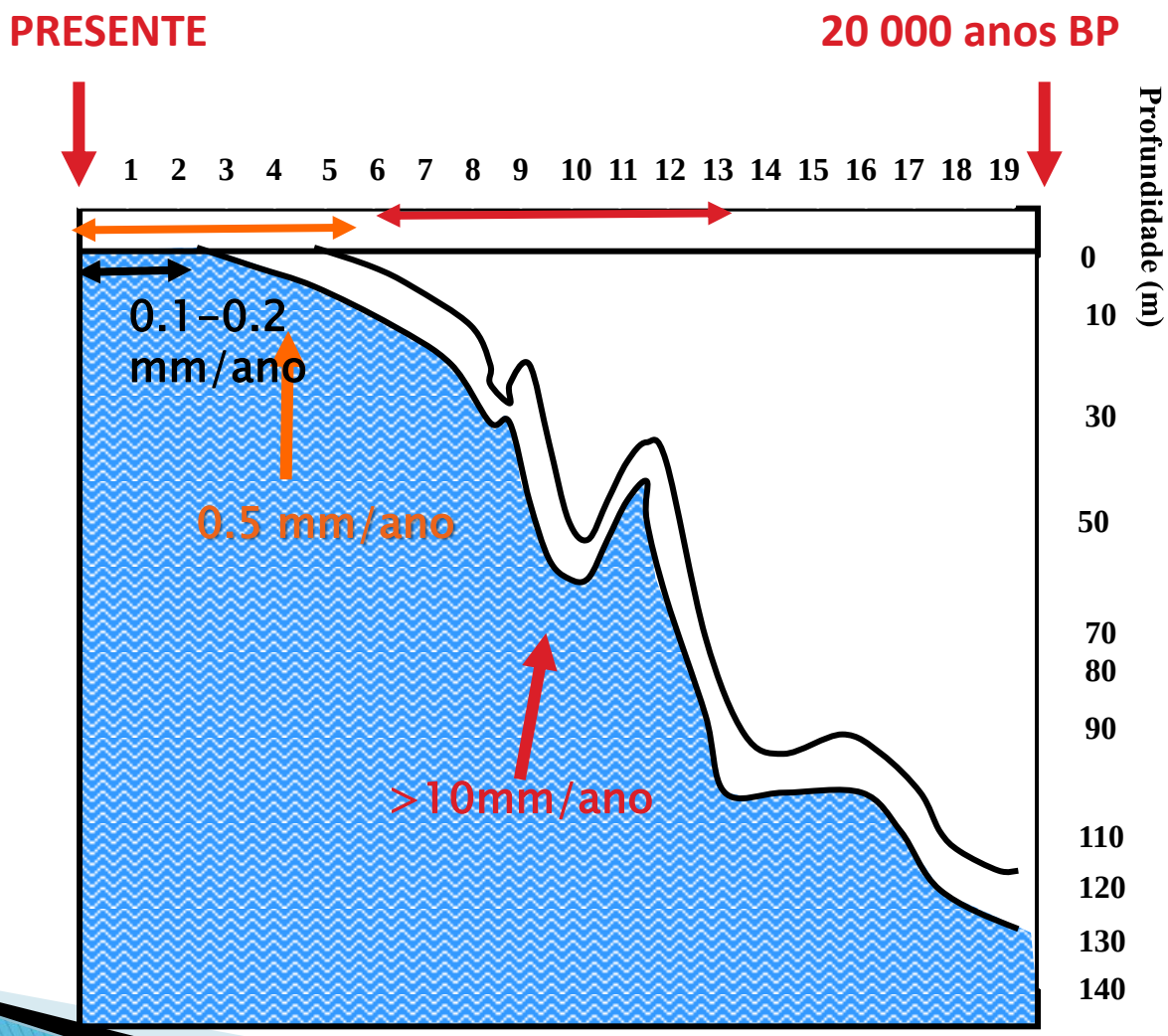


Projecto RENCOASTAL

O risco de erosão em zonas costeiras: territórios resilientes e vulnerabilidades social

A ZONA COSTEIRA –passado, presente e futuro

NÍVEL MÉDIO DO MAR

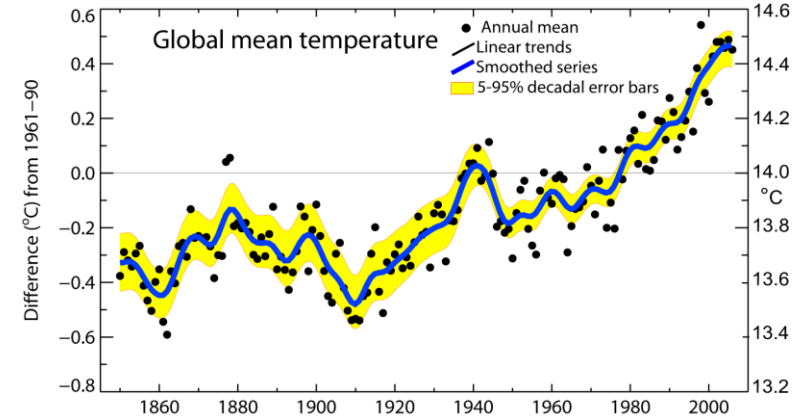


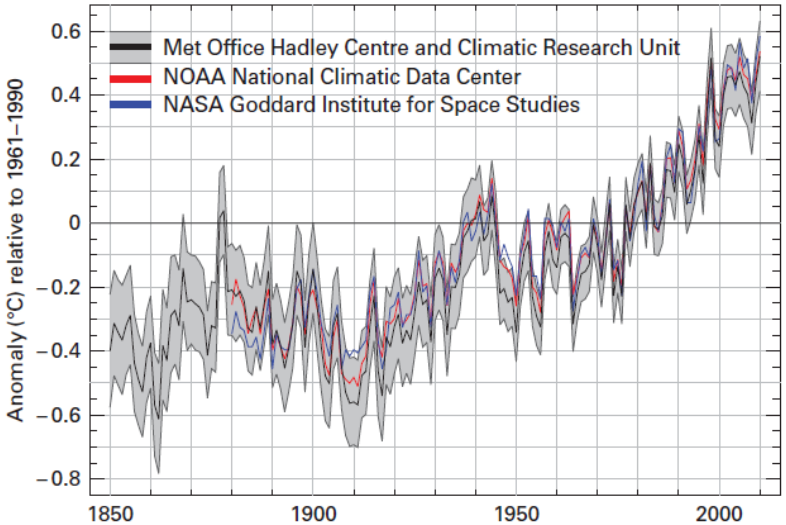
Dias, 1987; Dias et al., 2002

Projecto RENCOASTAL
O risco de erosão em zonas costeiras: territórios resilientes e vulnerabilidades social
FACULDADE DE CIÊNCIAS UNIVERSIDADE DE LISBOA
Centro de Geologia
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

A ZONA COSTEIRA –passado, presente e futuro

O forçamento térmico





Fontes: WMO, NOAA, NASA (2011)

O "presente" e modificações climáticas

2001-2010
década mais quente > 1880
+0.46°C acima da média 1961–1990

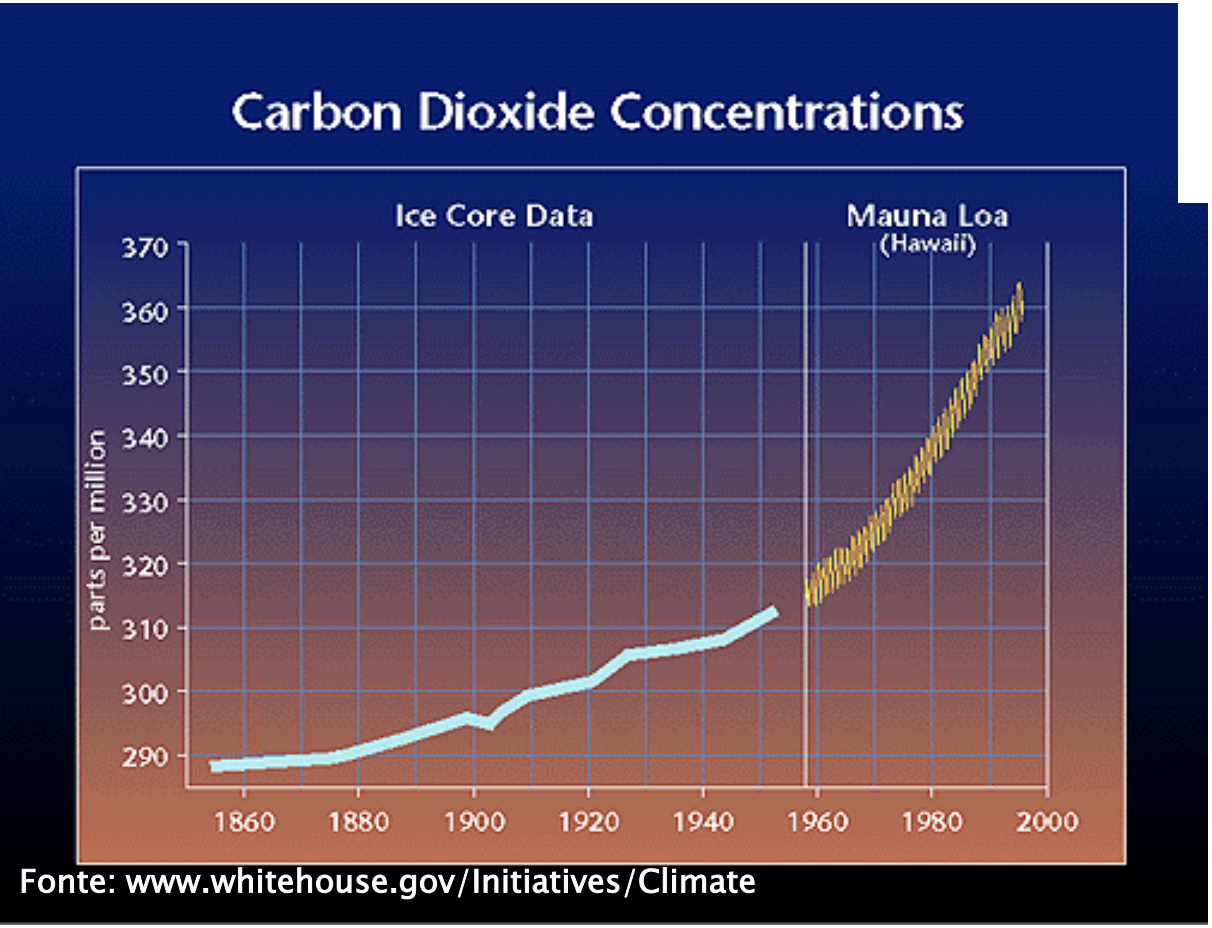
2001-2010
0.21°C mais quente que a média 1991–2000

1991–2000 **mais quente que as décadas precedentes**

2010 – ano mais quente desde 1880
0.53°C ± 0.09°C acima da média 1961–1990

Tendência para aquecimento (global)

Concentração em CO_2



Aumento da Temperatura média global à superfície

Como reflexo do aumento da concentração de GEEs

[CO_2] na atmosfera Aumentou a um ritmo de + 1.9 ppm/ano entre 2000 e 2008

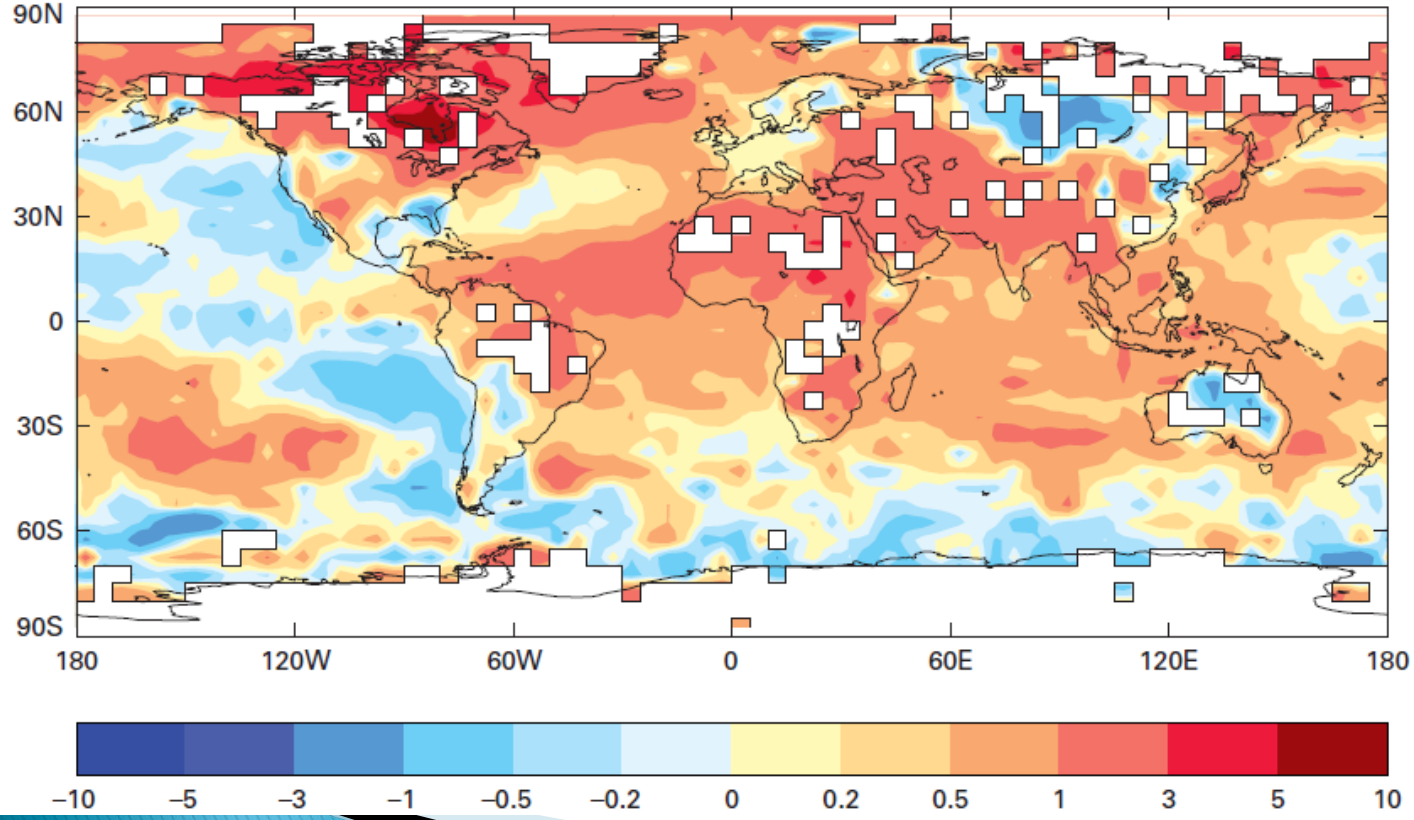
(+ 1.5 ppm/ano nos anos 1990)

Variação 10x + intensa que os máximos registado em sondagens de gelo, cobrindo um intervalo temporal de 22 000 anos

Allison et al., (2009)

A Zona Costeira:
O "presente"e modificações climáticas

(2010) – Distribuição geográfica de anomalias térmicas em terra e no oceano relativas a 1961–90



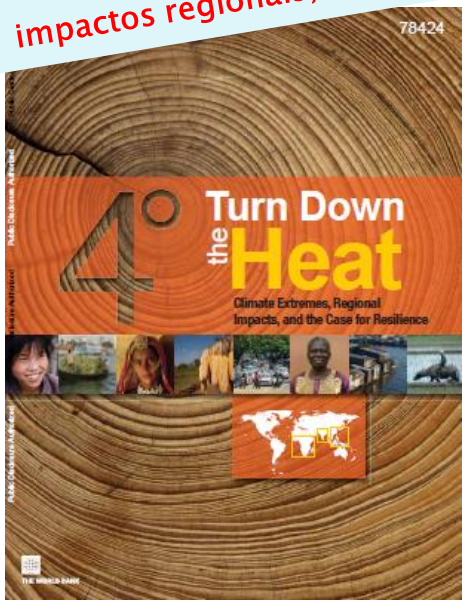
Fonte: WMO (2011)

Projecções no futuro:

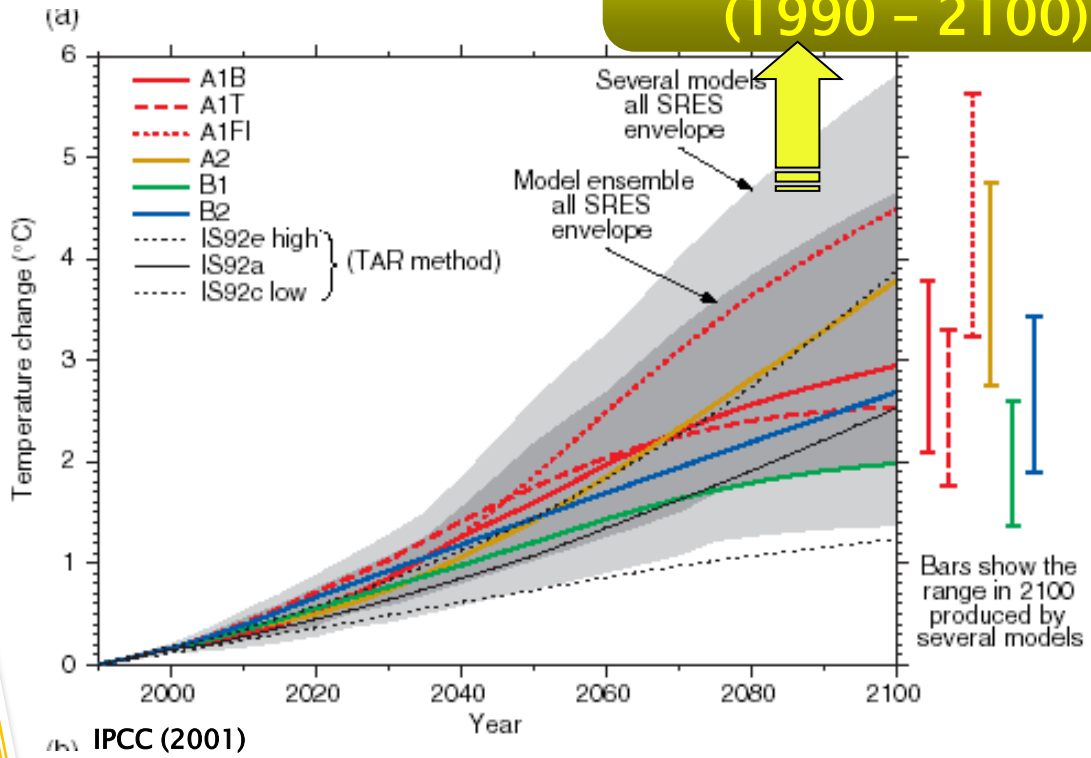
Temperatura

0.6±0.2ºC ☑

4º Relatório Banco Mundial (2013)
Extremos climáticos, impactos regionais, resiliência



IPCC (2007) +0.5 a +4.0ºC
IPCC (2001) +1.4 a + 5.8ºC
(1990 – 2100)



IPCC (2001)

Horizonte 2100

+ 2ºC - adquirido (2100)
Provável (2050)

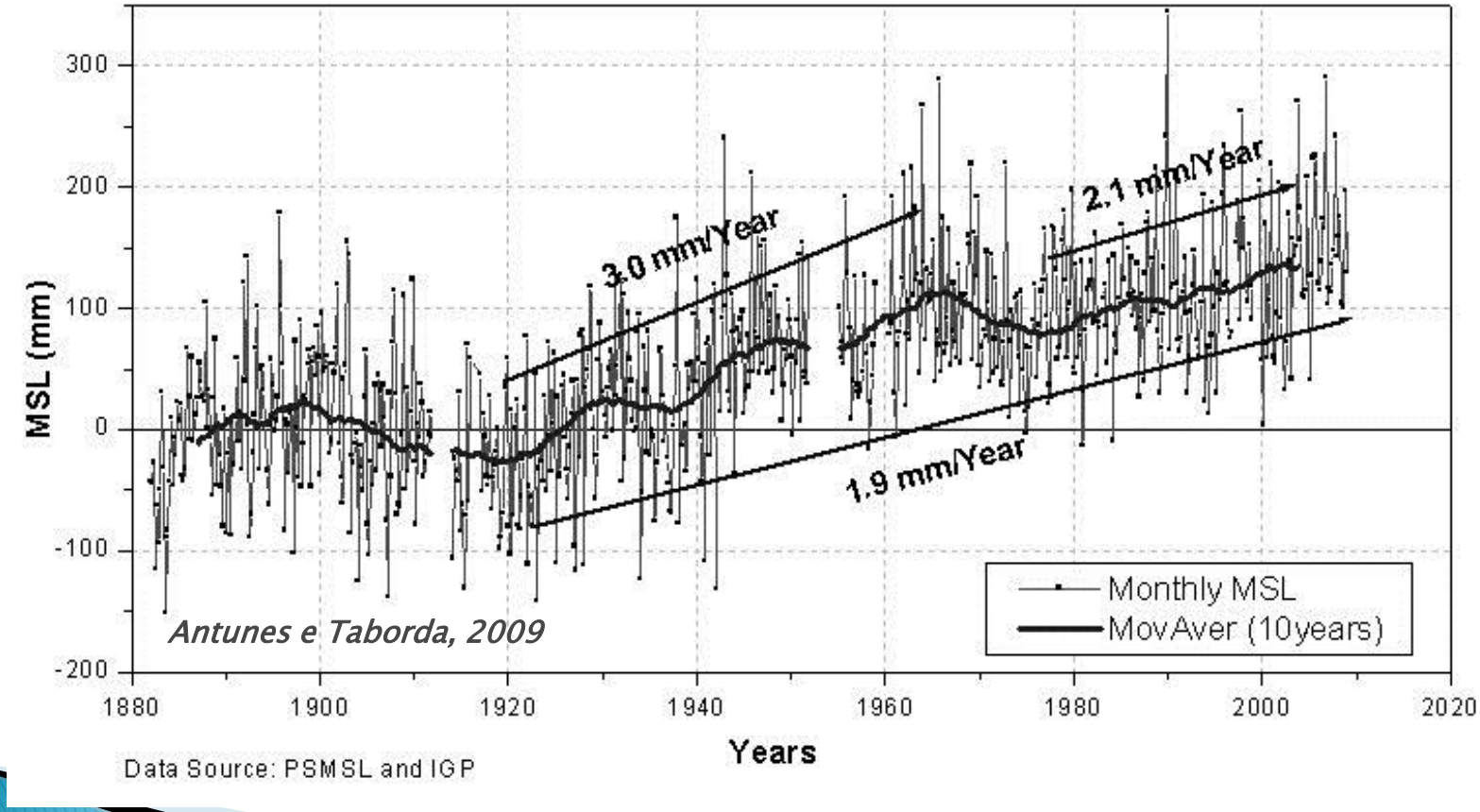
+4ºC – Provável 2100

NÍVEL MÉDIO DO MAR

REGIME TRANSGRESSIVO
(APÓS 5000 - 3000 ANOS DE "ELEVAÇÃO LENTA")

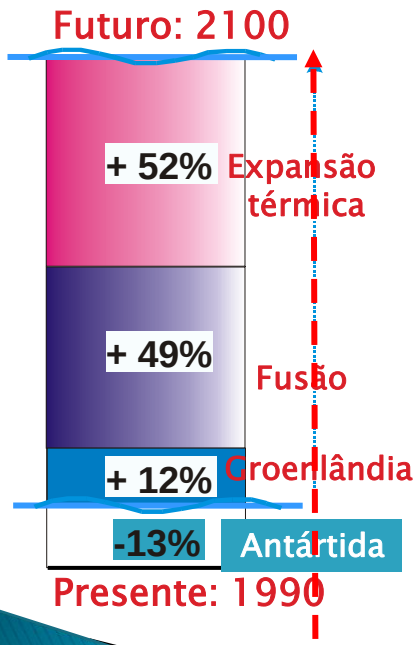
MARÉGRAFO DE CASCAIS
1.5 mm/ano (1880 – 1990)
2.1 mm/ano (1990 – 1999)
2.5 mm/ano (2000 – 2009)

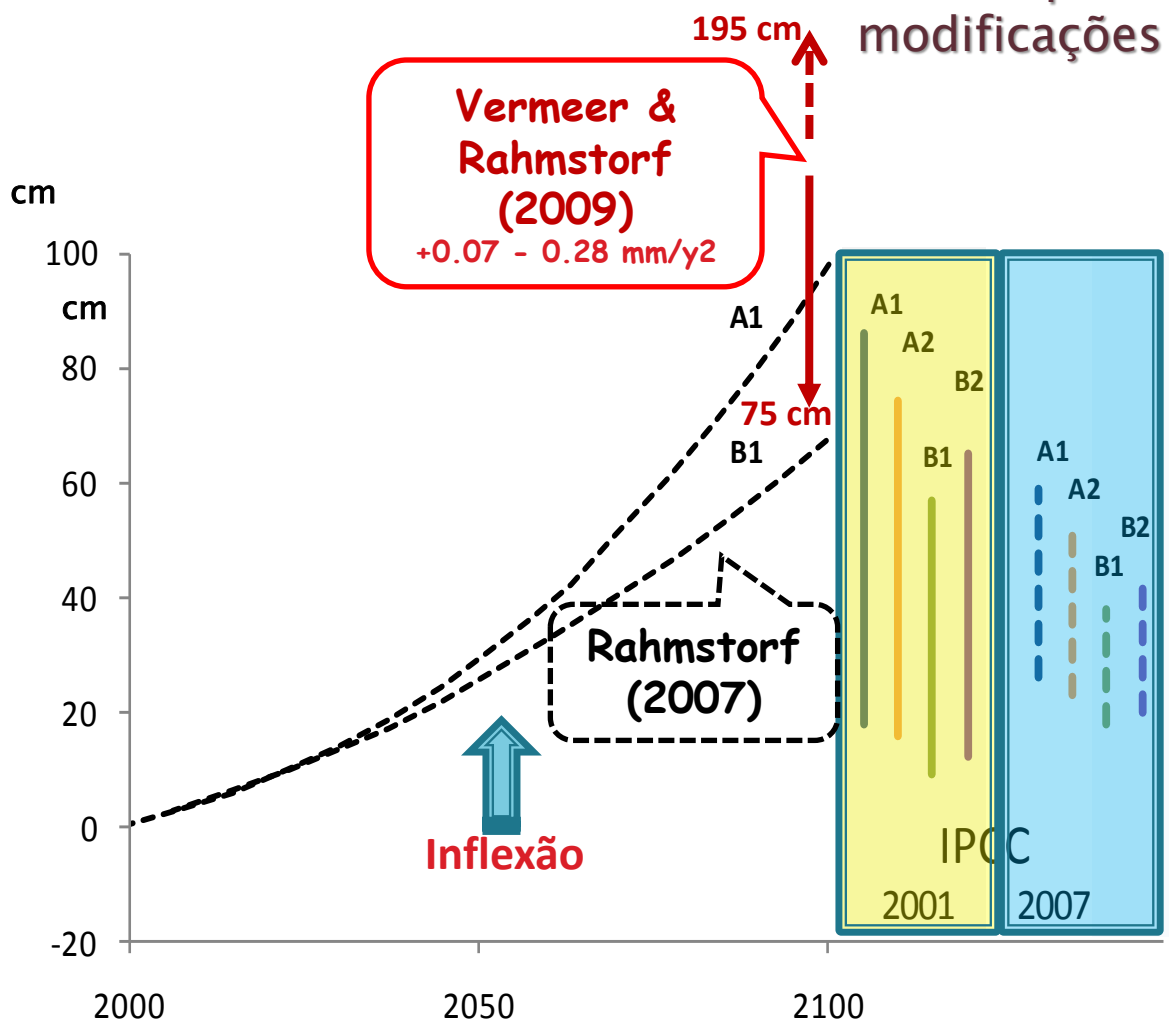
CONGRUÊNCIA com "OCEANO GLOBAL"



NÍVEL MÉDIO DO MAR

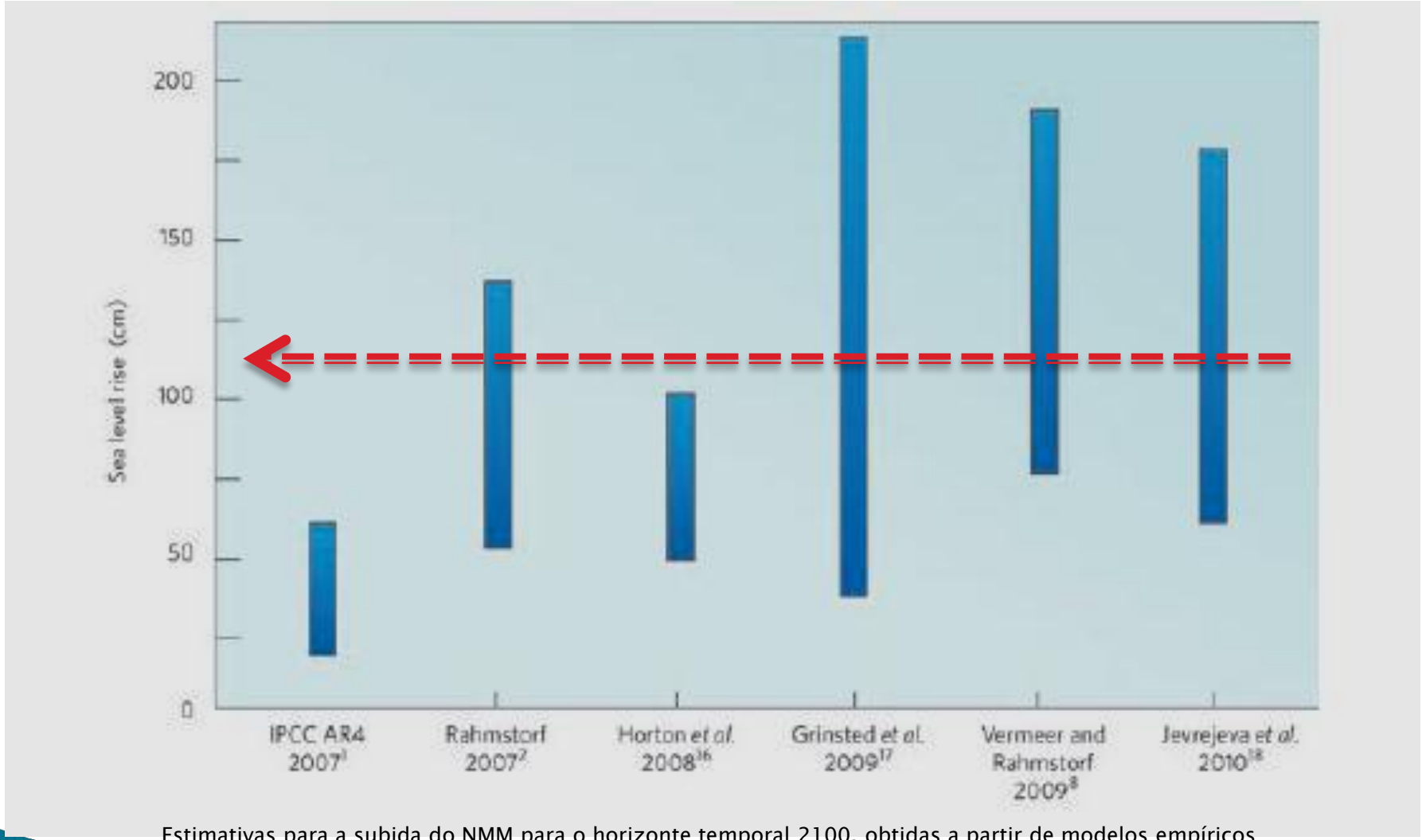
A Zona Costeira:
O "presente"e modificações climáticas





Fonte: IPCC, 2001; IPCC, 2007; Rahmstorf, 2007; [illegible] &Rahmstorf, 2009, Houston&Dean, *in press*

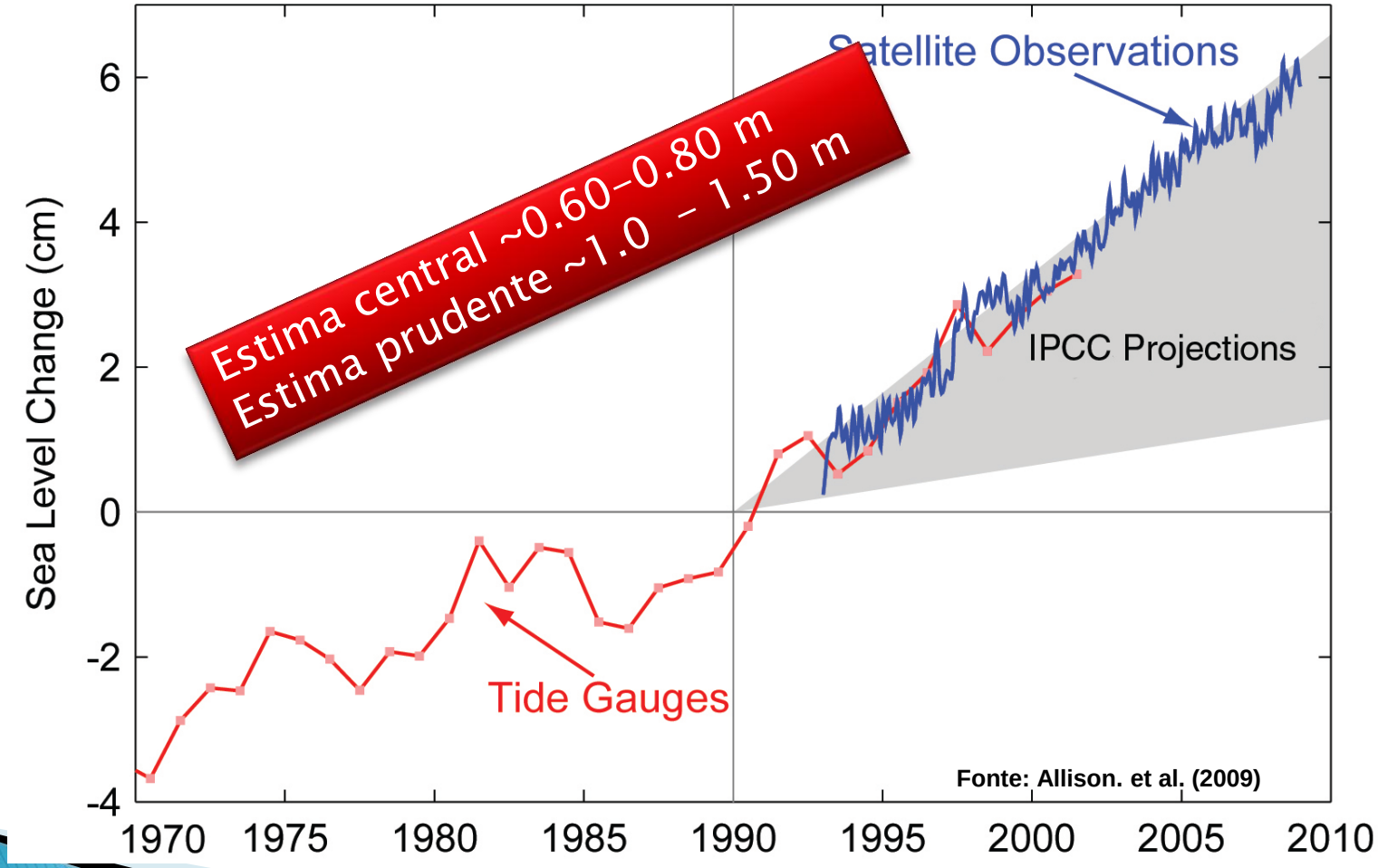
NÍVEL MÉDIO DO MAR



Estimativas para a subida do NMM para o horizonte temporal 2100, obtidas a partir de modelos empíricos comparadas com os valores de IPCC 2007
(extraído de http://www.nature.com/climate/2010/1004/pdf/climate.2010.29.pdf)

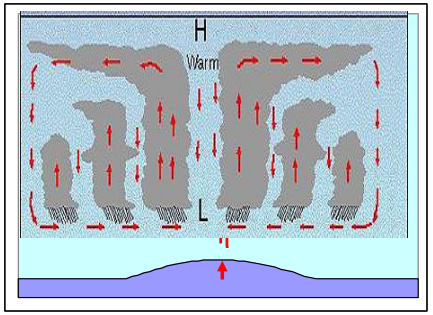
NÍVEL MÉDIO DO MAR

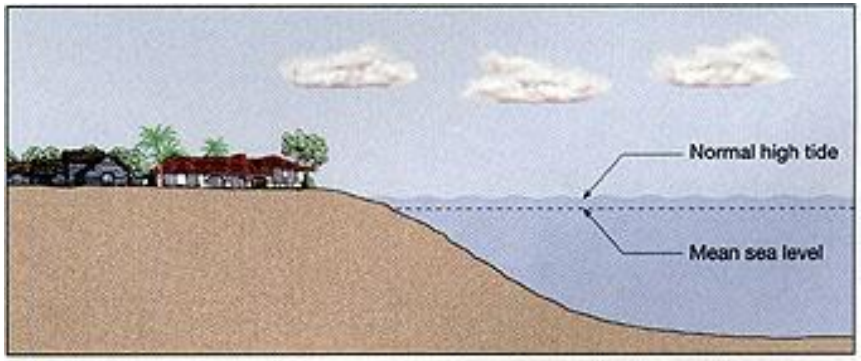
A Zona Costeira:
O futuro e modificações climáticas

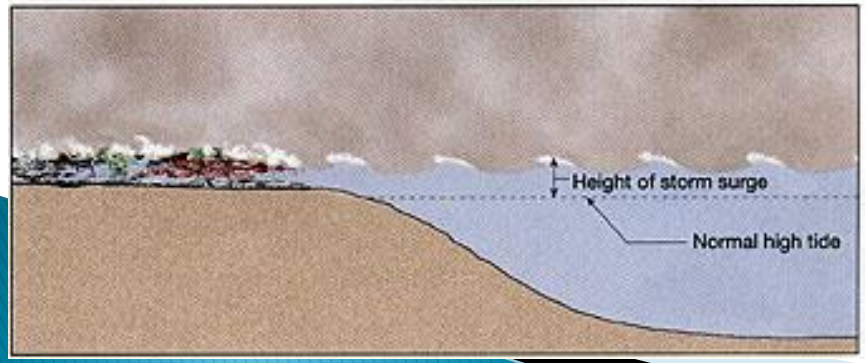


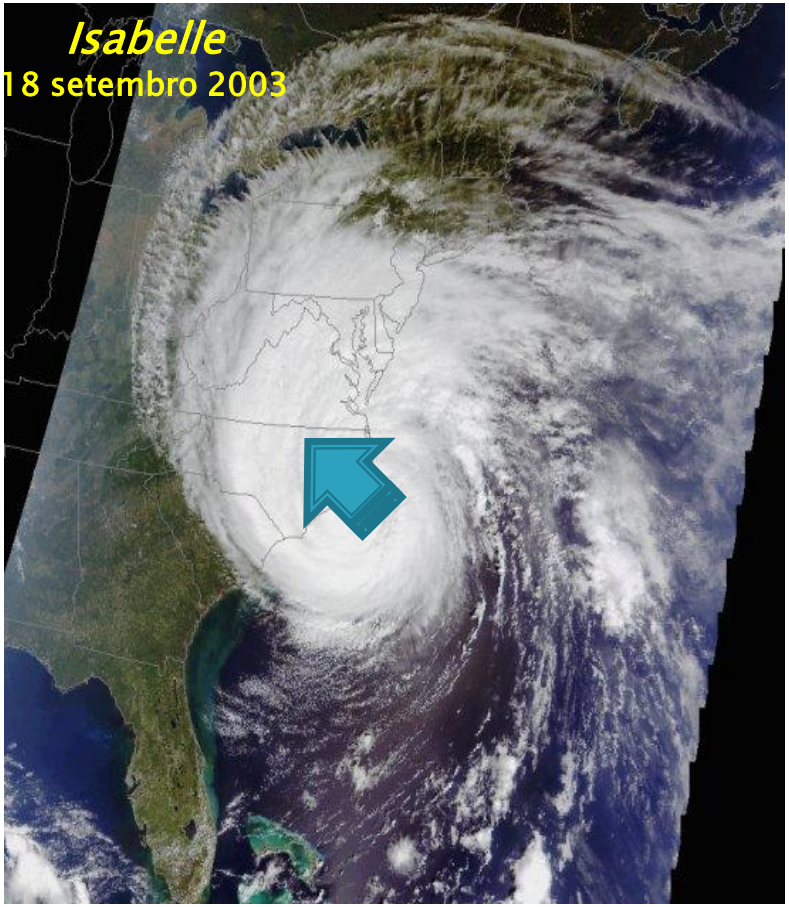
A ZONA COSTEIRA –o presente e o futuro

SOBREELEVAÇÃO DE TEMPESTADE









A ZONA COSTEIRA –o presente e o futuro

No golfo de Bengala, as ondas atingem o arrozal de Nurzhan Bibi, transformado – com a subida das temperaturas e do nível do mar – num meio de sustento ainda mais precário para esta senhora viúva do Bangladesh. A retracção dos glaciares do Alasca (como o Columbia, páginas 6-7) contribui significativamente para a subida do nível dos mares. Poucos duvidam que o aumento dos gases com efeito de estufa libertados pela indústria, automóveis e produção de electricidade a carvão (páginas 4-5) são um factor decisivo para a alteração do clima da Terra.

A ZONA COSTEIRA –o presente e o futuro

SOBREELEVAÇÃO DE TEMPESTADE

28-02-2010 - 15:33h

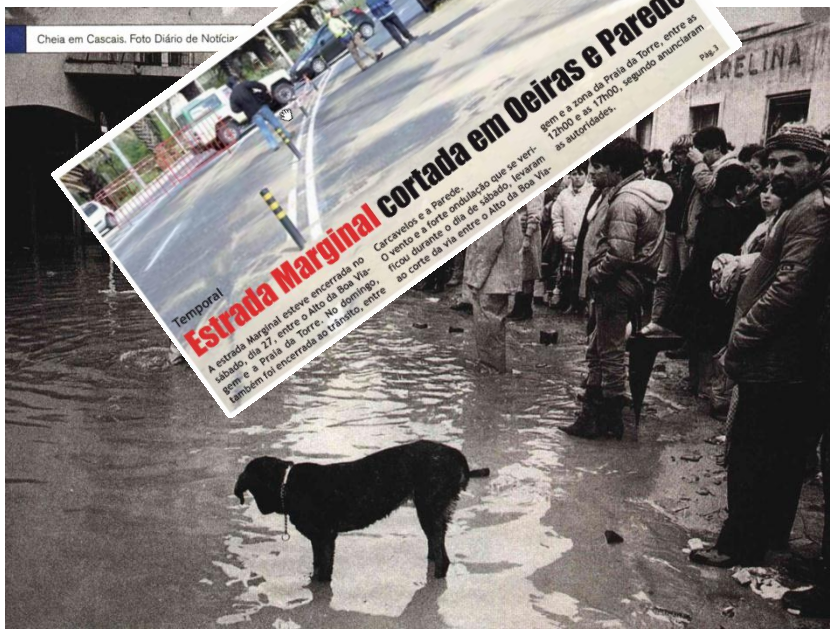
Mau tempo: trânsito cortado na Marginal

A avenida foi fechada por motivos de segurança devido à subida da maré

Por: Redacção / VG

Condicionada por efeitos de sítio
Factor secundário na dinâmica costeira
Factor relevante na inundação de zonas ribeirinhas
(precipitação intensa+ PMAV, cheias rápidas)

Valores extremos + 1.0 m (V. Castelo, Leixões)
Valores típicos < + 0.5m



Os dados disponíveis (SIAM II) não permitem concluir sobre a existência de tendência de longo prazo na sobreelevação de tempestade

Gama et al., 1994; Andade et al., 2002; 2006

A ZONA COSTEIRA –o presente e o futuro

AGITAÇÃO MARÍTIMA, CLIMA DE ONDAS E EXTREMOS (HS, T, RUMO)

PROJECÇÕES CONTROVERSAS: FONTES, INTERVALOS TEMPORAL....

IPCC; ALLISON, I. ET AL.,2009, OUTROS:

FURACÕES E TEMPESTADES TROPICAIS:
AUMENTO DA INTENSIDADE, FREQUÊNCIA E DURAÇÃO (CLASSE IV) DESDE 1970

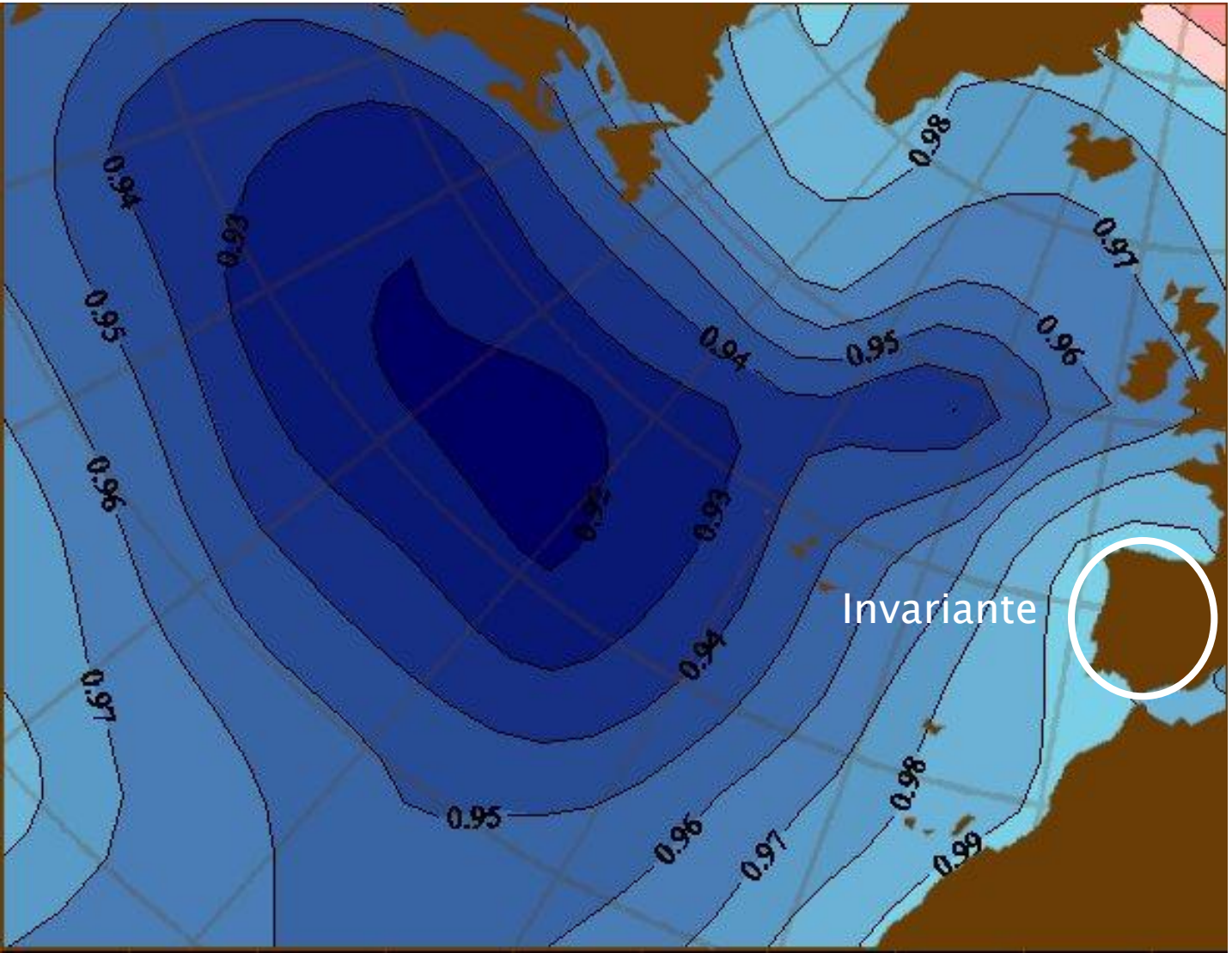
Relação com incremento da temperatura superficial do oceano

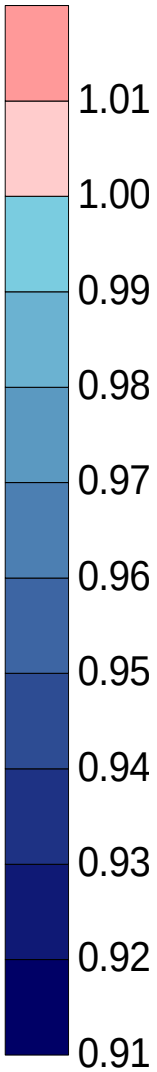
TEMPESTADES EXTRA-TROPICAIS, ATLÂNTICO NORTE:
AUMENTO EM FINAIS SÉC. XX MAS IDÊNTICO A FINAIS DO SÉC. XIX
TENDÊNCIA DE LONGO TERMO DISCUTÍVEL - *f* (METODOLOGIA, DADOS, EXTENSÃO SÉRIE, REGIÃO...)

A ZONA COSTEIRA –o presente e o futuro

Hs – valor médio anual

Cenário de referência 1961-1990
Projecção 2070-2099

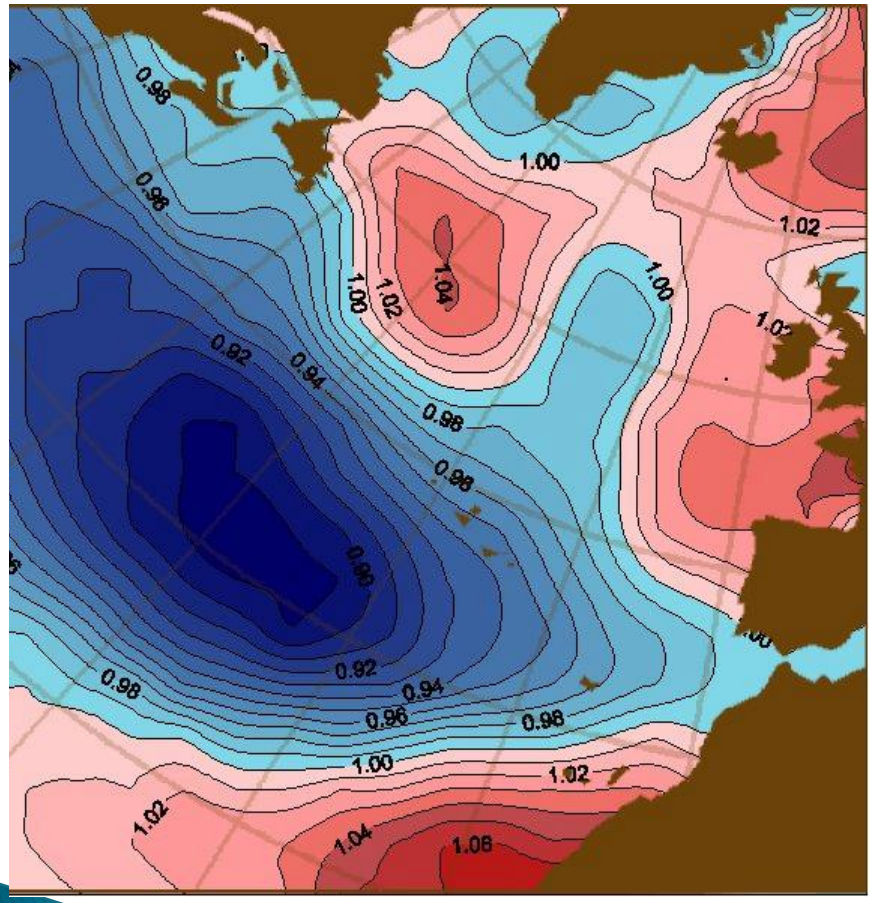


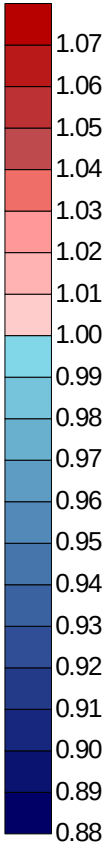


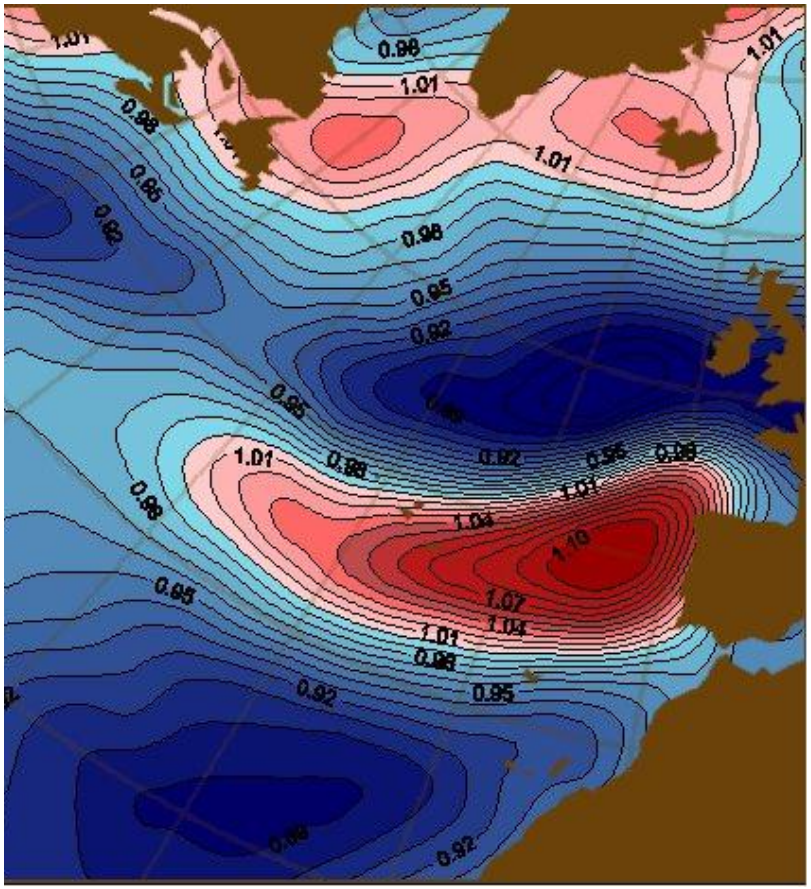
A ZONA COSTEIRA –o presente e o futuro

Hs – valor médio anual

Cenário de referência 1961-1990
Projecção 2070-2099







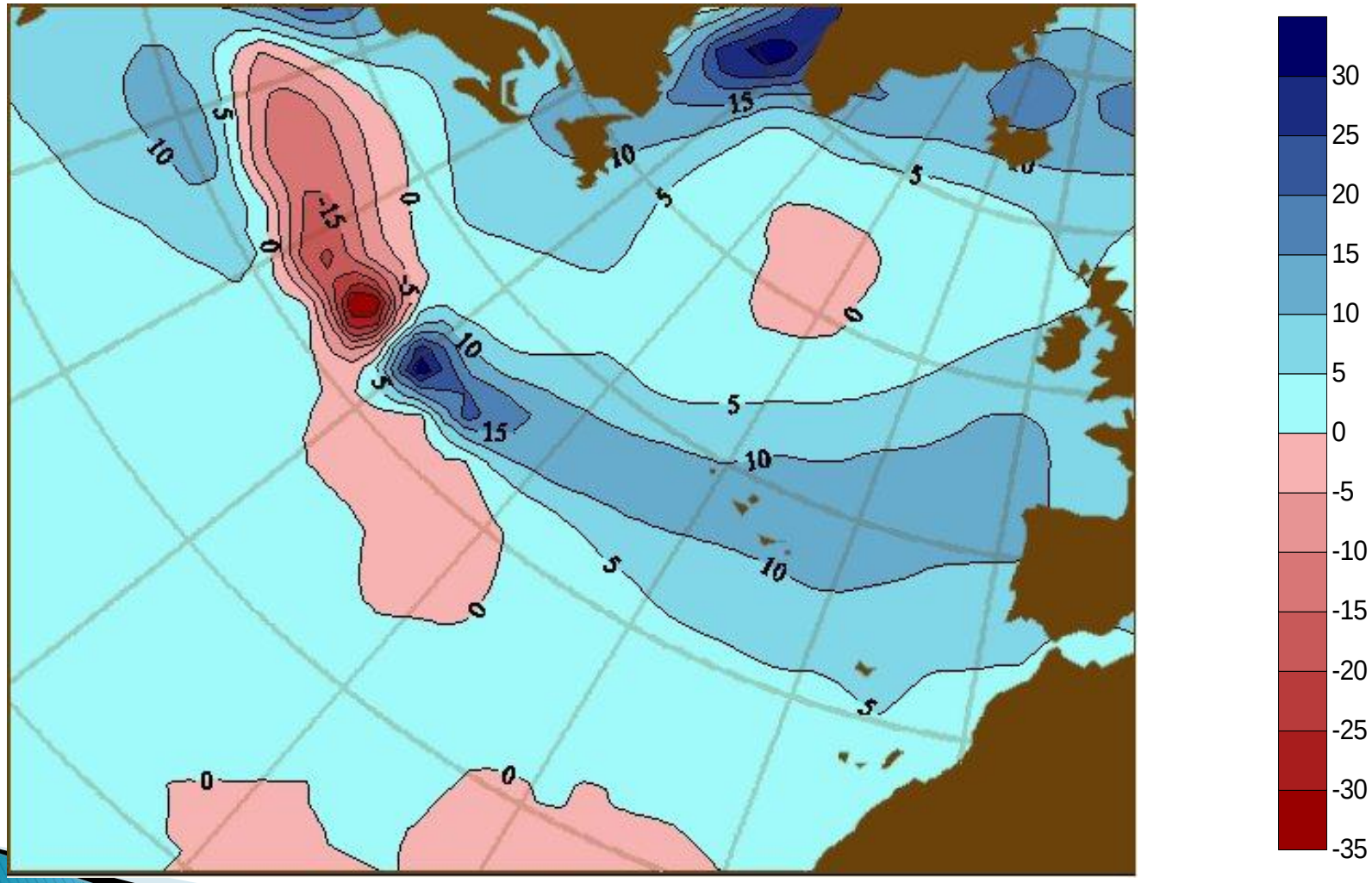
Inverno

Verão

A ZONA COSTEIRA –o presente e o futuro

Rumo médio vectorial

Cenário de referência 1961-1990
Projecção 2070-2099



Rotação (horária) do rumo médio de potência de 5 – 10º

AGITAÇÃO MARÍTIMA, CLIMA DE ONDAS E EXTREMOS (HS, T, RUMO)

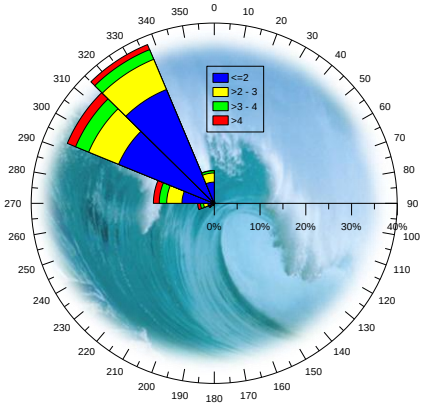
Clima de agitação ao largo

WAVEWATCH III™ – WW3

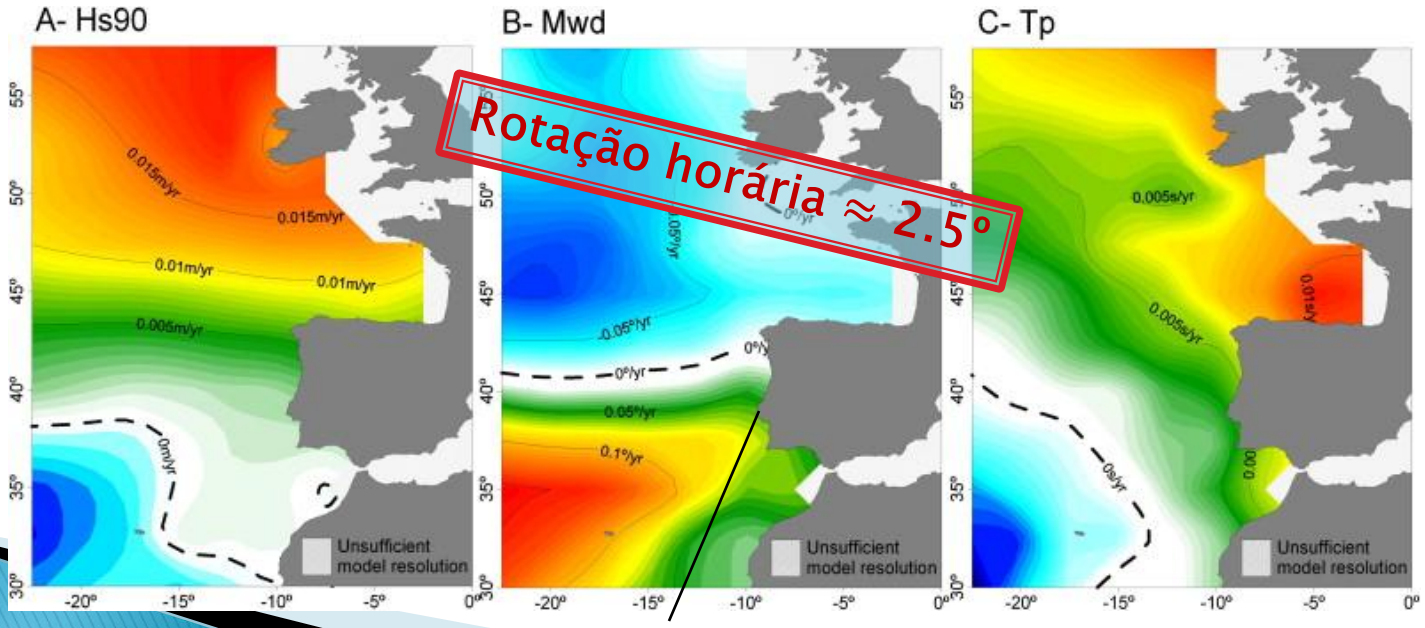
Altura ≈ 2.0 m

Direcção – NW

Valores médios



Evolução – 1953–2009



≈ Invariante

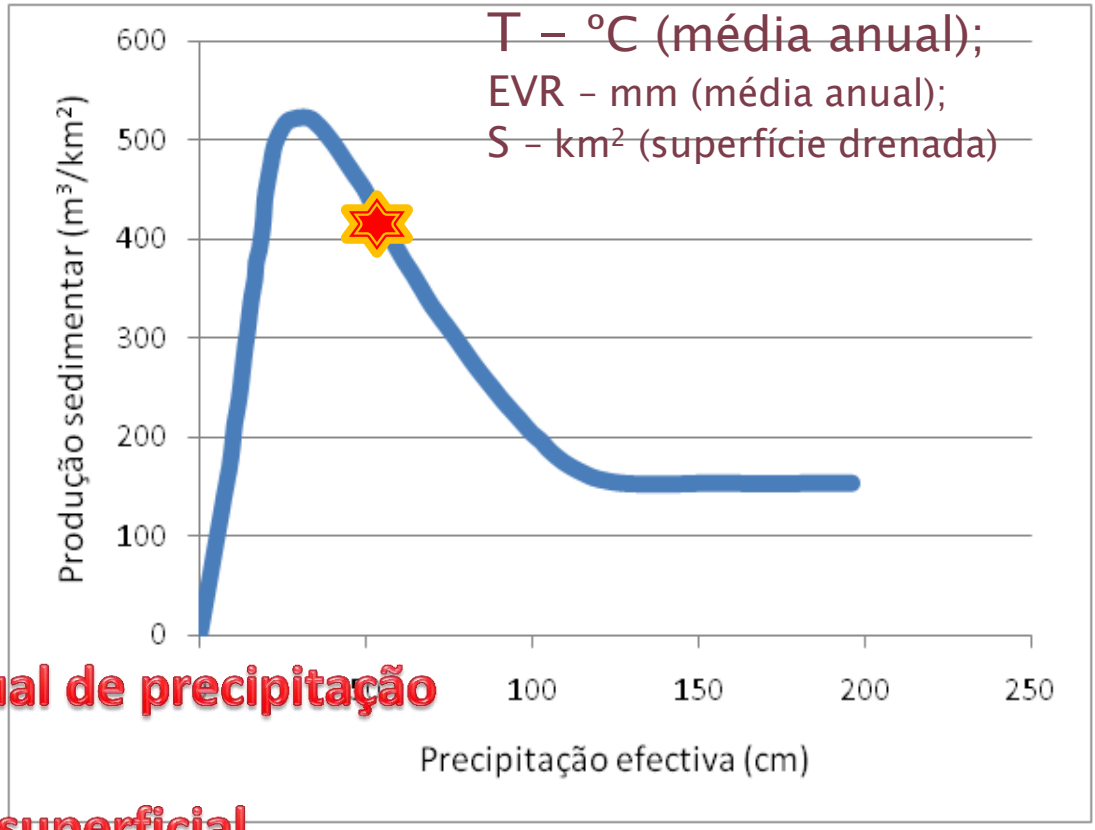
≈ Invariante

A ZONA COSTEIRA –o presente e o futuro

ALIMENTAÇÃO SEDIMENTAR: O CASO DE PORTUGAL

Distribuição da precipitação irregular
Tendência para encurtamento
da estação húmida (séc. XIX – XX)

Variáveis relevantes:
P – mm (média anual);
T – ºC (média anual);
EVR – mm (média anual);
S – km² (superfície drenada)



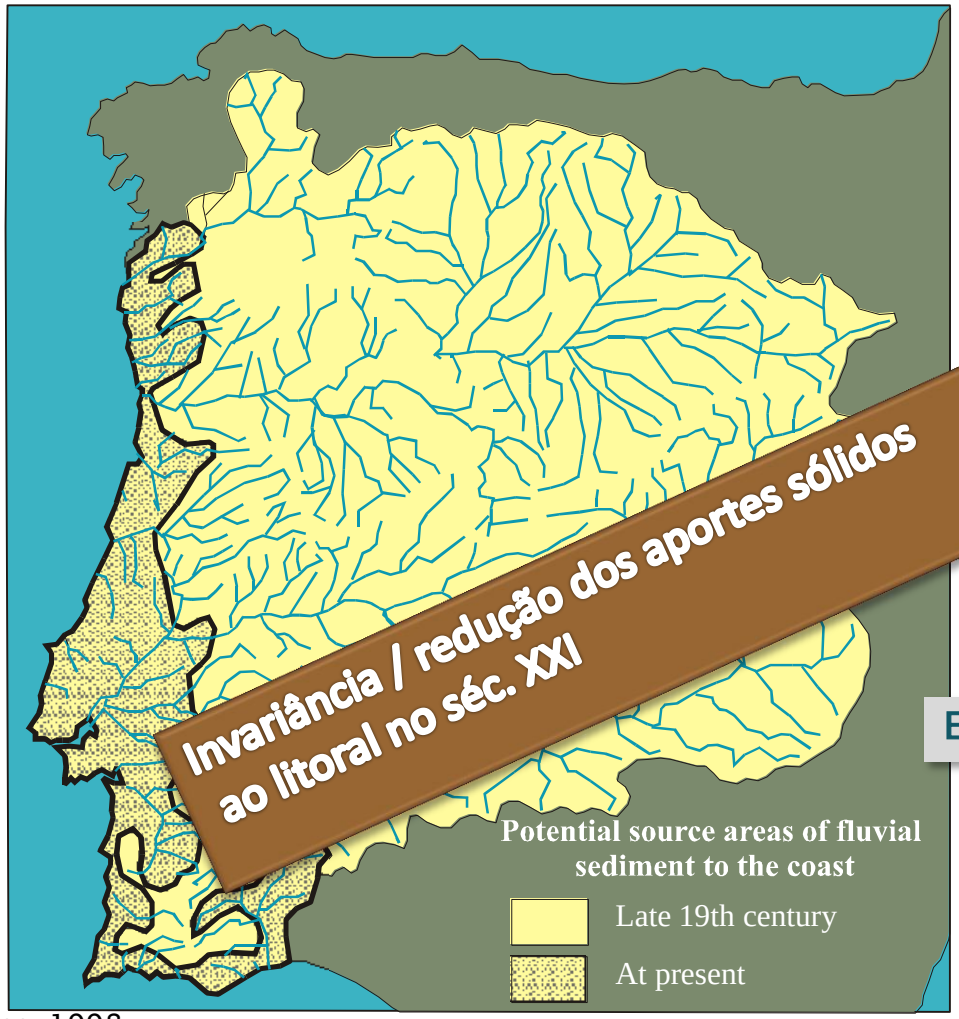
Projecções até 2100 (SIAM I):

→ Diminuição da quantidade anual de precipitação

→ Concentração da chuva

→ Concentração do escoamento superficial

A ZONA COSTEIRA –o presente e o futuro



Dias, 1998

Invariância / redução dos aportes sólidos ao litoral no séc. XXI

Principais sistemas hidrográficos alimentadores do litoral

Desde os anos 40

→ Regularizados (cheias);
→ Cascatas de barragens,;
→ Proliferação de minihídricas;

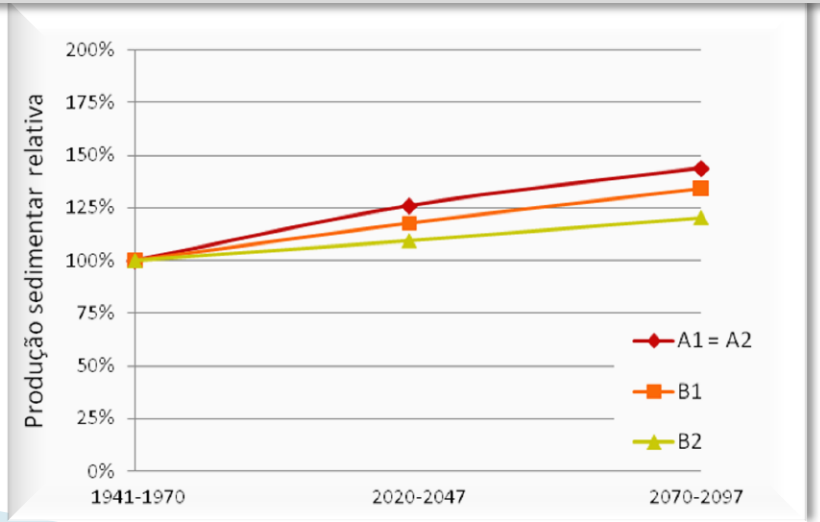
ção sedimentar insuficiente

Eventuais modificações :

Actividade humana: **predominante**

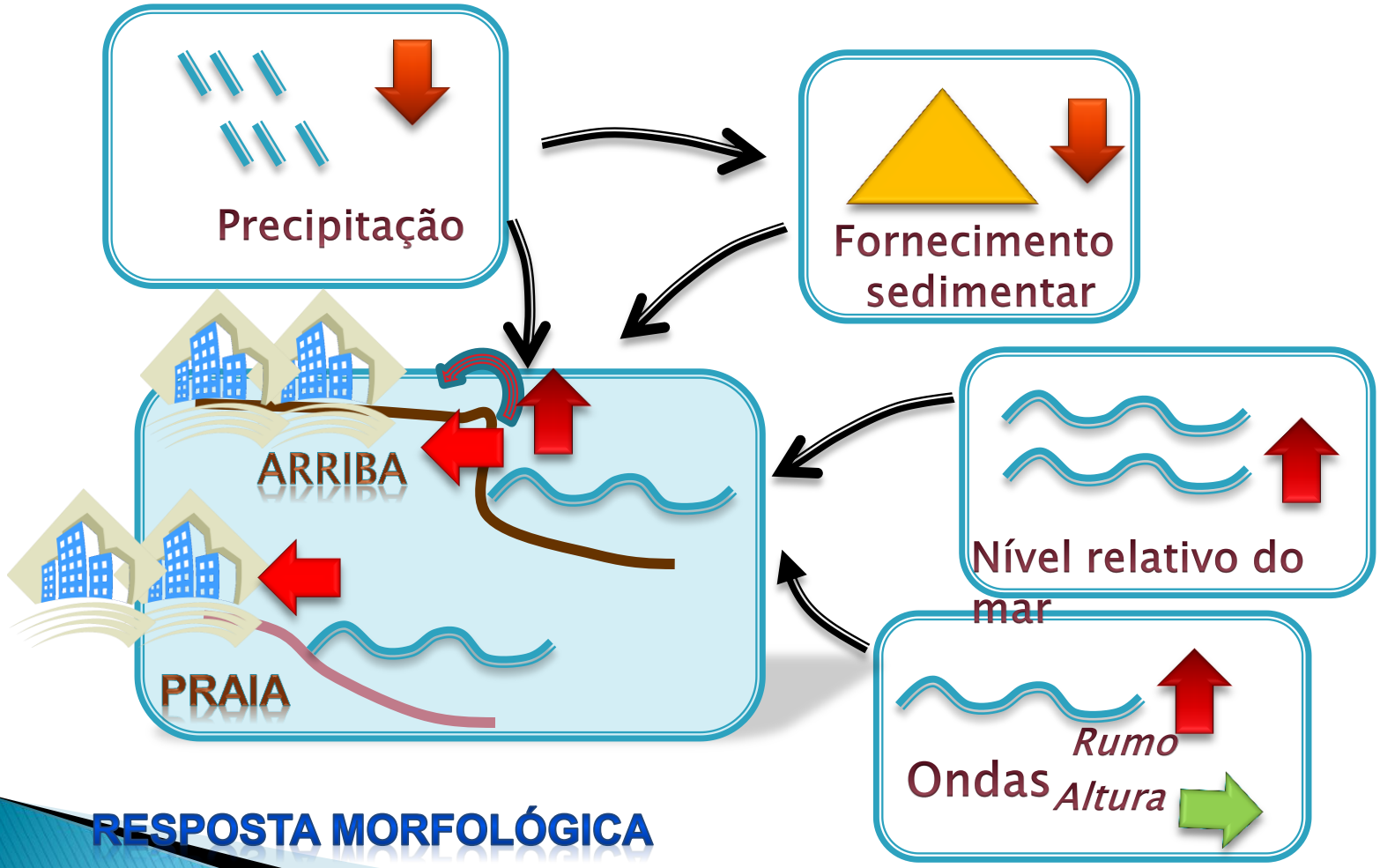
Causas climáticas: **subordinadas**

Excepção – Pequenos sistemas em regime natural



Produção sedimentar relativa de ribeiras do município de Cascais
(Taborda et al., 2009)

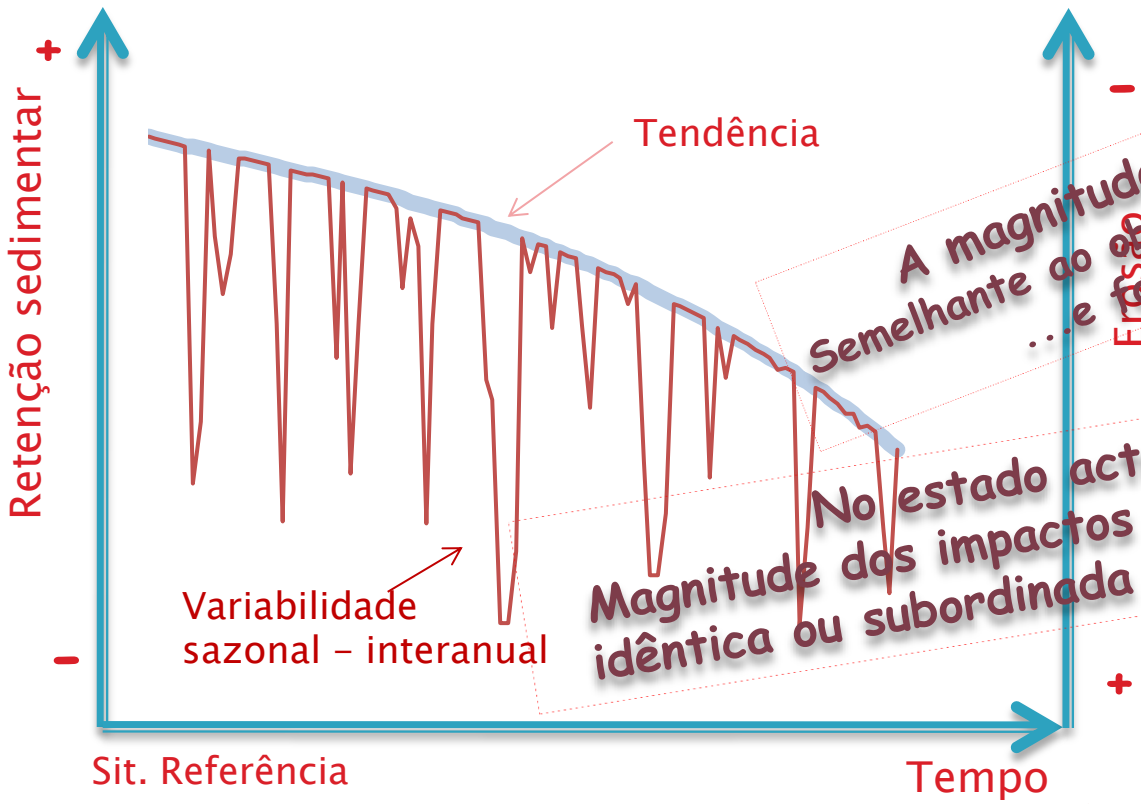
Alterações climáticas; risco acrescido nas zonas costeiras Portuguesas?



RESPOSTA MORFOLÓGICA

IMPACTOS na ZONA COSTEIRA

Variação climática, tendências de longo termo e variabilidade sazonal a interanual do forçamento-resposta do sistema costeiro



A magnitude dos impactos esperados é:
Semelhante ao observado no passado, Δt interdecadal;
...e fomos capazes de adaptar.....

No estado actual do conhecimento:
Magnitude dos impactos associados a variação climática idêntica ou subordinada ⇔ modelos de uso do território

Alterações climáticas:
Risco acrescido? **SIM**, <u>mas</u>
ao alcance de medidas de adaptação

IMPACTOS na ZONA COSTEIRA

Variação do nível do mar

Inundação,erosão e perda de território

quantificada (em Portugal)

Estudos (de baixa r da Europa e Ibéria

(e.g. Nichol PEER, 2009)

Risco de inundação	ulada de 00)
Elevado, c com o t	% mo + 1.0m)

fundamentada em tr gia e representação adequadas da geomor ectivamente expostos.

Projecto RENCOASTAL

O risco de erosão em zonas costeiras: territórios resilientes e vulnerabilidades sociais

Seminário Final

Alterações climáticas e impactos sobre as zonas costeiras continentais portuguesas

C. Andrade, M. C. Freitas, R. Taborda, F. Marques, C. Antunes

Centro de Geologia, Departamento de Geologia, IDL

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

LNEC, Lisboa, 25 de Julho de 2013

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

Centro de Geologia

FACULDADE DE CIÊNCIAS UNIVERSIDADE DE LISBOA

IMPACTOS na ZONA COSTEIRA

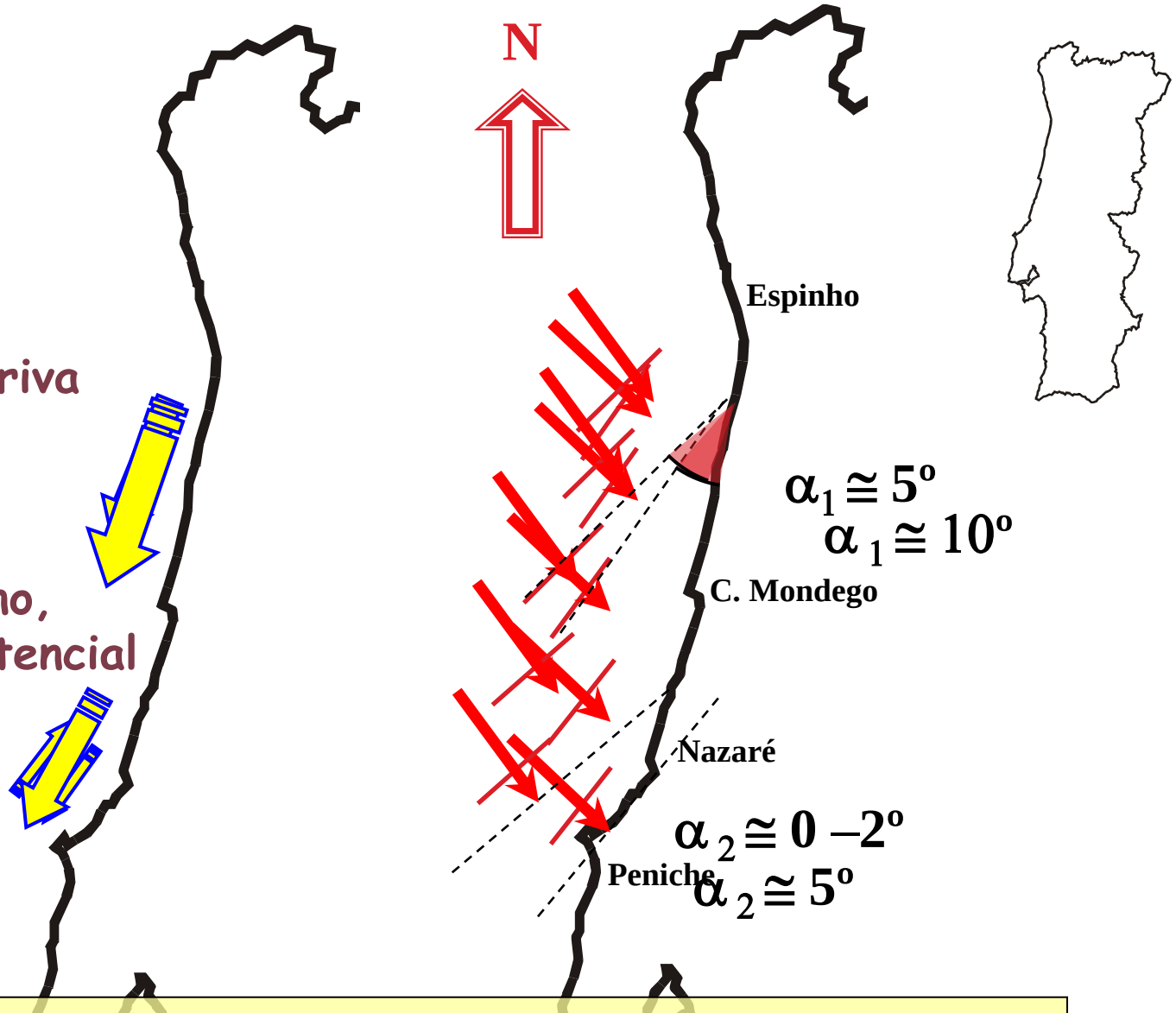
Variação da obliquidade das ondas

⇨ Litoral baixo, arenoso, “drift aligned”

⇨ Transporte de areias longitudinal (deriva litoral)

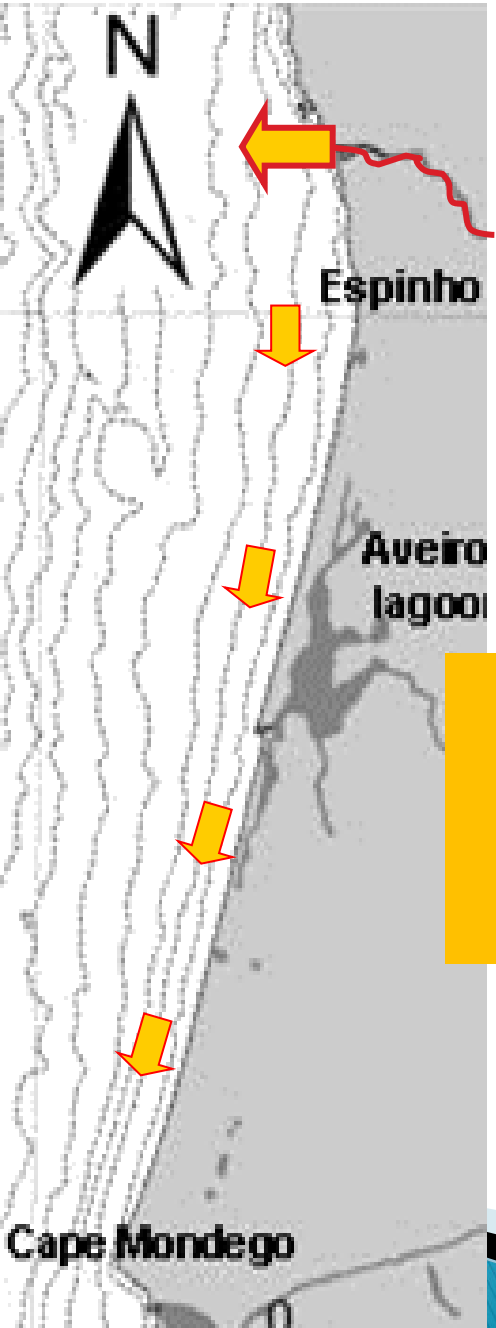
⇨Fonte sedimentar a barlamar

Incremento da obliquidade traduz-se em Incremento da deriva litoral;
Na ausência de abastecimento sedimentar externo, Incremento do potencial erosivo.



Incremento da taxa de transporte sólido anual, erosão

Ruptura de equilíbrio em sectores presentemente"estáveis"



Regime perturbado
(Séc. XXI)

Fonte sedimentar diminuida
(Potencial de transporte pelas ondas aumentado, não saturado)

Litoral em erosão,
Propagação da "onda erosiva" para sul

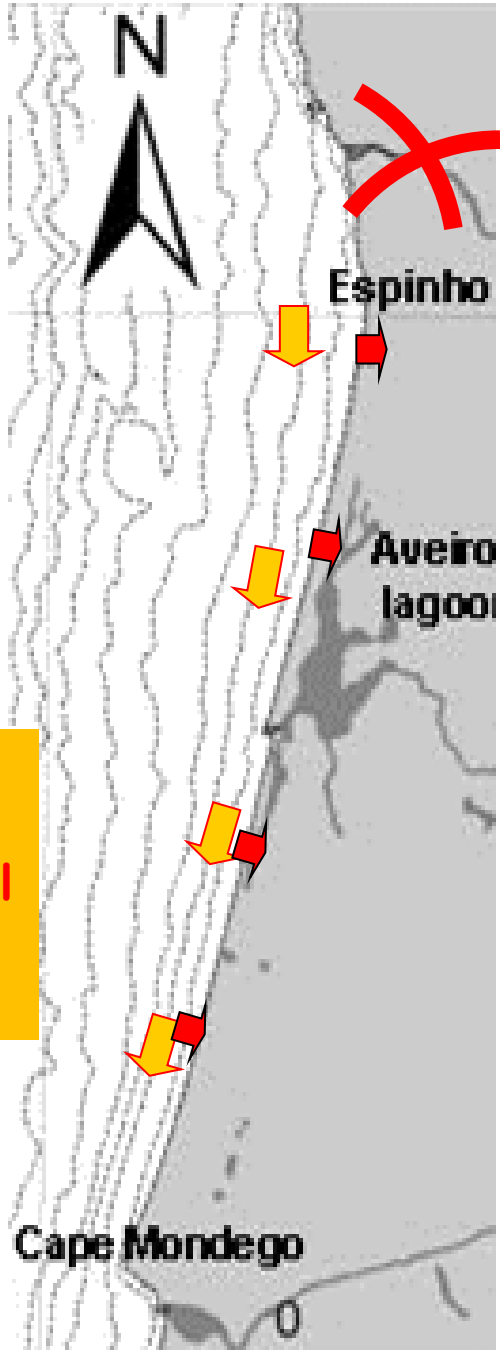


Photo:G. Afonso - http://www.semente.pt/images/spots_ribei

IMPACTOS na ZONA COSTEIRA

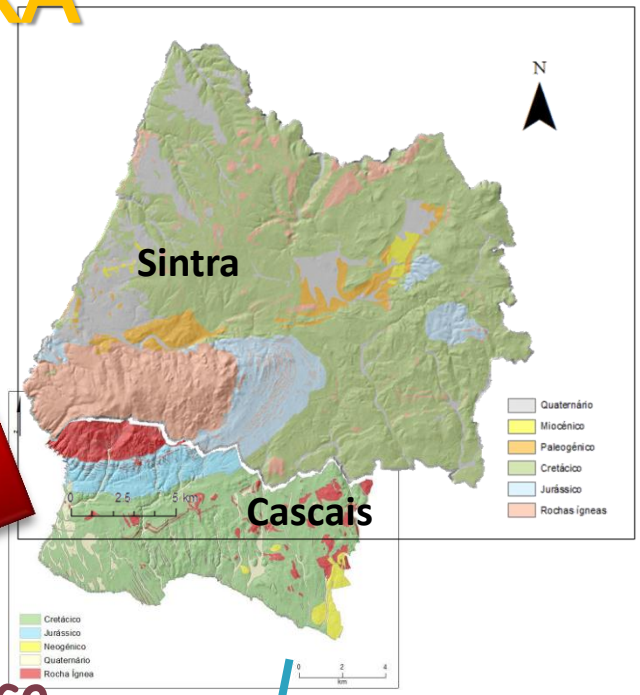
Variação da obliquidade das ondas

⇨ Praias encaixadas, alimentação restrita “swash aligned”

⇨ Desenvolvimento planar encurvado

IMPACTOS na ZONA COSTEIRA

Redução da superfície útil dos areais (10 – 80%)



Ajuste parabólico

Praia	Redução (%)	
Rotação	4º	10º
S. Julião	22	37
Vide Norte	14	31
Magoito	85	100
Aguda	17	42
Maçãs	3	8
Adraga	9	24

Andrade et al., 2008; Taborda et al., 2009;

IMPACTOS na ZONA COSTEIRA

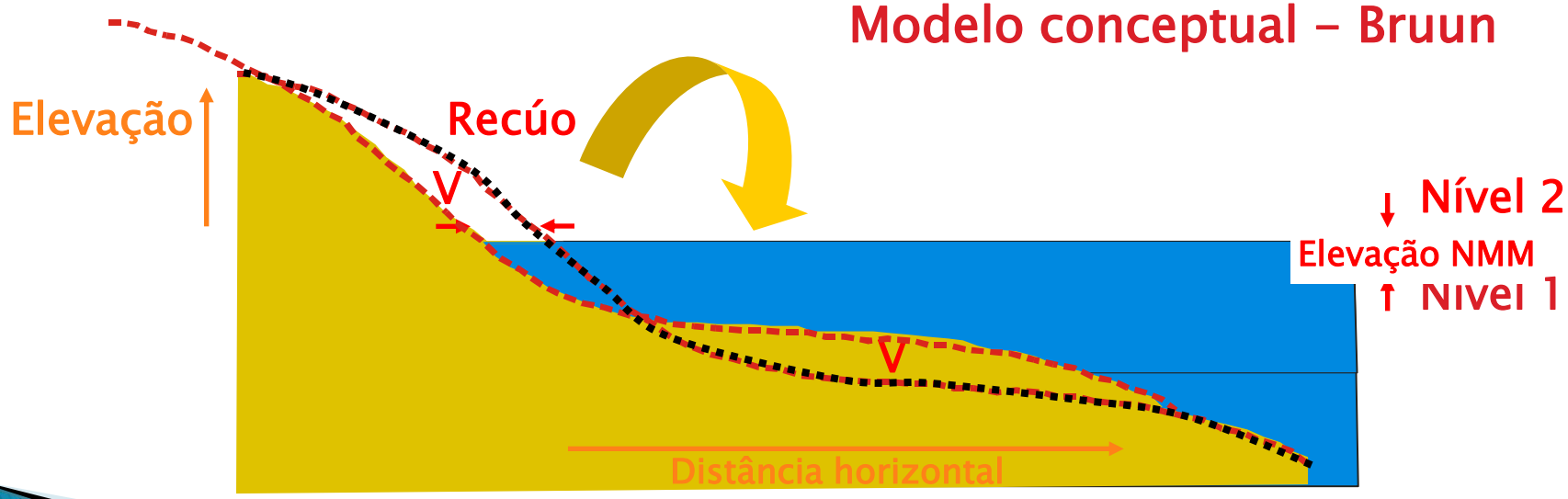
ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR

INTENSIFICAÇÃO DA EROSÃO:

(e.g. Espinho –C. Mondego, Ria Formosa)

Incremento da erosão
Causa secundária face ao forçamento das ondas

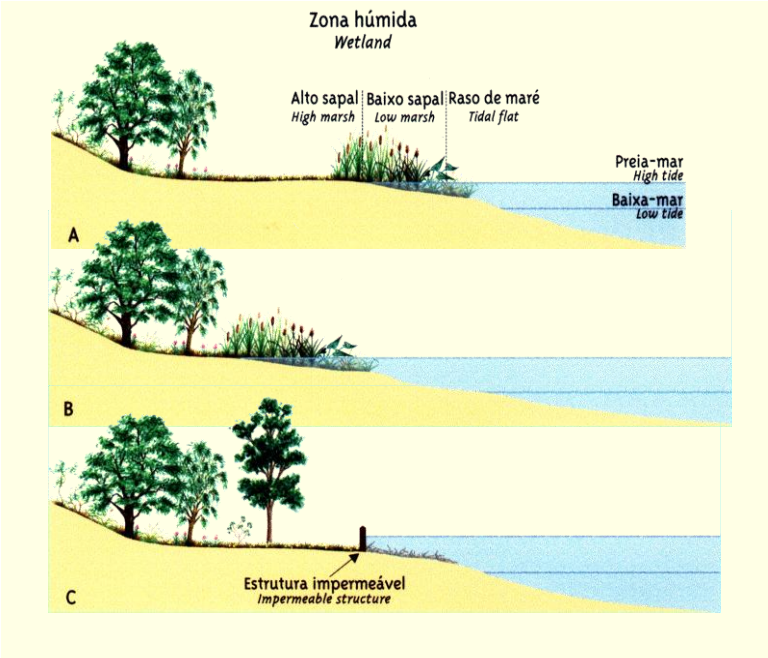
Modelo conceptual – Bruun



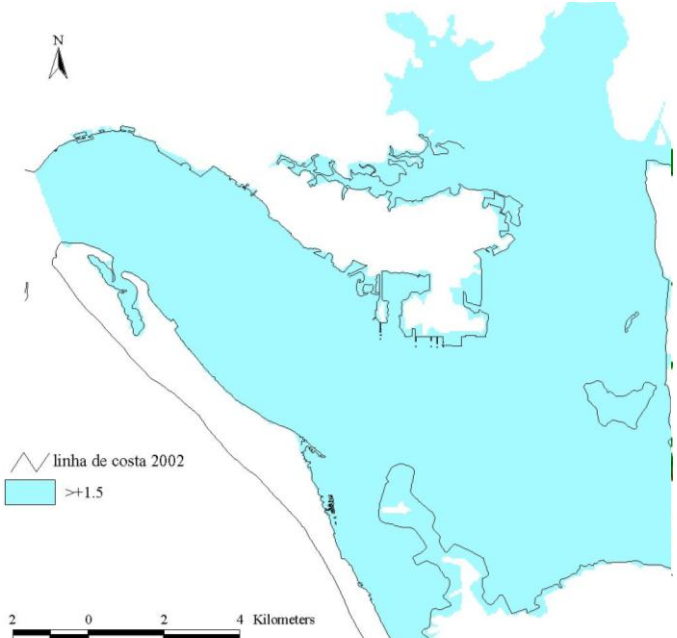
IMPACTOS na ZONA COSTEIRA

ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR

INUNDAÇÃO E PERDA DE ECOSSISTEMAS (zonas húmidas)

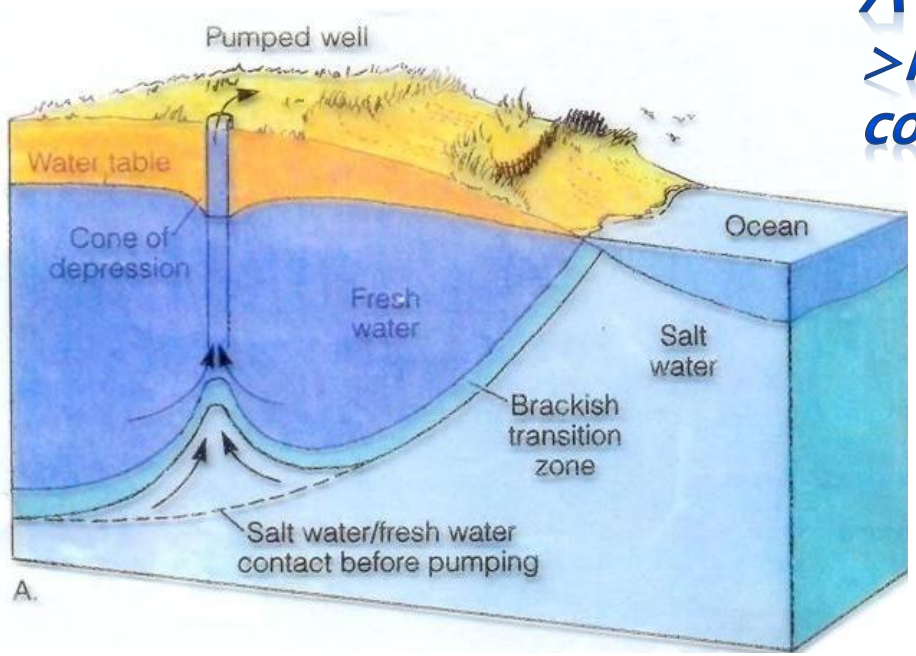
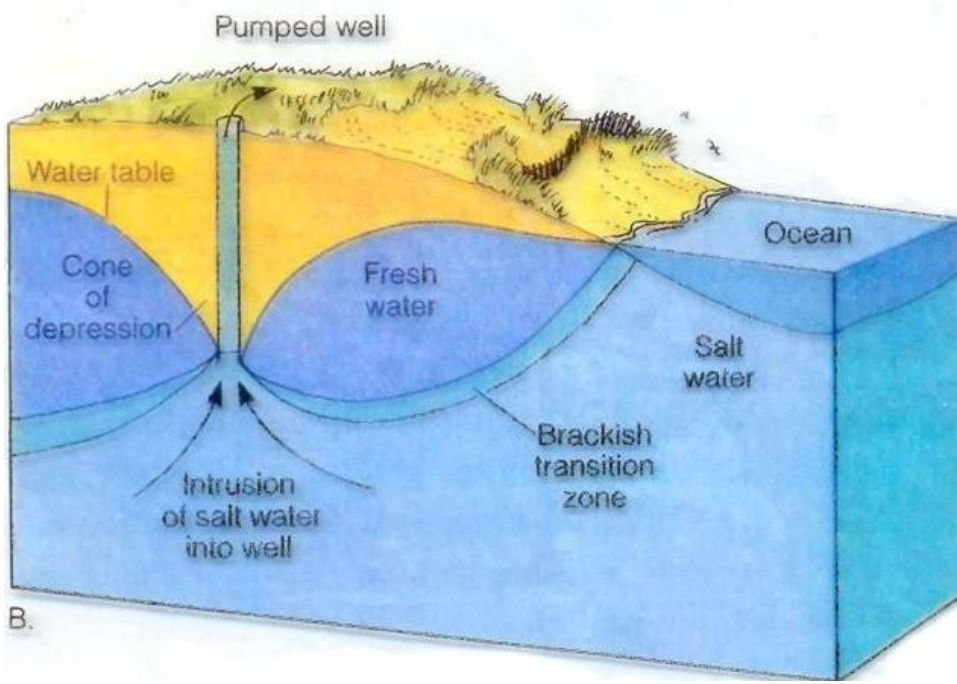


Específico de cada caso
Balanço: sedimentação/inundação
Intervenção nas margens >>>
Impactos elevação nmm



IMPACTOS na ZONA COSTEIRA

ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR

AVANÇO DA CUNHA SALINA

>Risco de salinização de aquíferos costeiros