

Ressacas na plataforma continental sudeste

Belmiro M. Castro

Marcelo Dottori

Laboratório de Hidrodinâmica Costeira (LHiCo)

Instituto Oceanográfico, USP



XII OMAR-SAT, outubro, 2017



O que é “ressaca”?

- Dicionário Aurélio:
 - Movimento das ondas sobre si mesmas, quando recuam depois da rebentação.
 - Porto formado pela preamar.
- Wikipédia:
 - Ressaca é o aumento da atividade marítima costeira em decorrência da atuação de Campos de Vento em alto mar. Dentro das alterações observadas podemos destacar o aumento das ondas, tanto em tamanho quanto força, que costumam avançar sobre a faixa de areia, não raramente adentrando áreas urbanizadas inclusive causando prejuízos e a elevação da maré.

Ressaca = “Storm Surge”? “Storm Tide”?

- National Oceanic and Atmospheric Administration:
 - “Storm Surge” é uma grande elevação da superfície do mar causada por fortes ventos que sopram sobre o mar.
 - “Storm Tide” é a combinação de uma “Storm Surge” com marés astronômicas de grande amplitude.



Definição de Ressaca

- Baseada na definição de “Storm Tide”:

Ressaca é uma grande elevação da superfície do mar na costa causada pela soma construtiva de dois processos físicos:

- Elevação pelo vento (=“Storm Surge”)
- Maré



Elevação pelo vento

- É a resposta das águas da plataforma continental ao vento sinótico (alguns dias a algumas semanas)
- Essa resposta ocorre de duas formas:
 - Resposta ao vento **remoto**
 - Resposta ao vento **local**





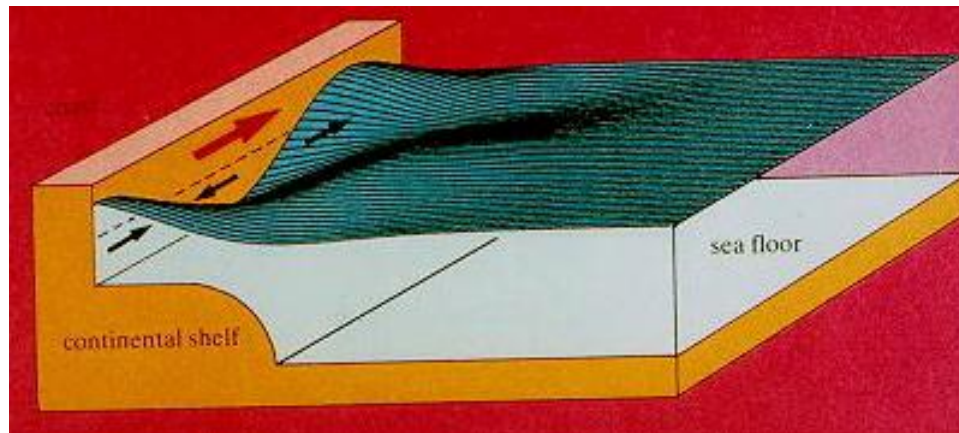
Vento sinótico

Número médio sazonal de frentes frias que atingiram Cabo Frio entre 1986 e 2008 (Levantamento no Boletim Climanálise)

Estação	Cabo Frio (RJ) Média	Cabo Frio (RJ) Desvio padrão
Verão	6,7	2,4
Outono	8,7	3,0
Inverno	8,0	2,3
Primavera	9,8	3,1

Onda de Plataforma Continental: resposta ao vento não-uniforme e progressivo

- Propagação unidirecional ao longo da costa
- Deixam a costa à esquerda no Hemisfério Sul
- Amplitudes decaem para o largo
- Escalas típicas:
 - Espacial: 10^6 m (paralela); 10^5 m (normal)
 - Tempo: dias-semanas
 - Amplitude: $O(0,1$ m)



Tomczac – Hemisfério Sul

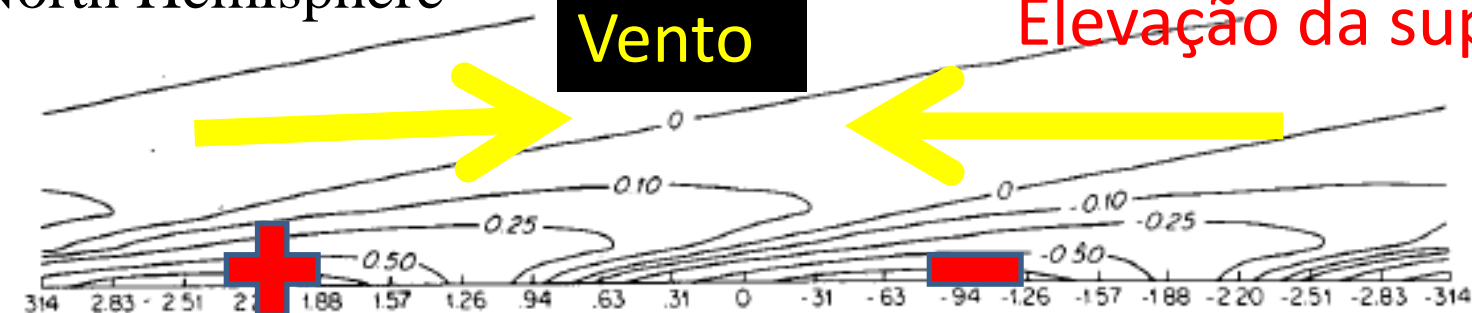


Onda Topográfica Aprisionada: Resposta ao vento não-uniforme e estacionário

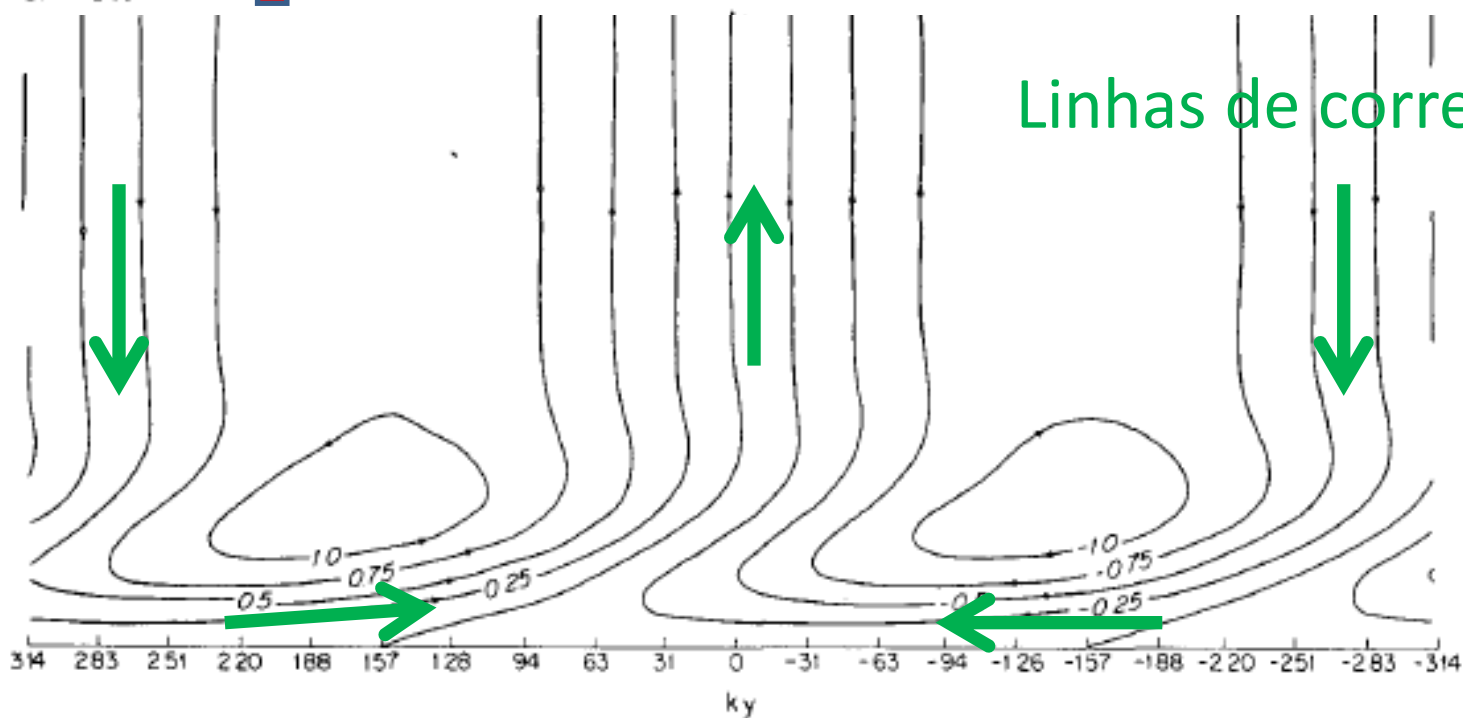
North Hemisphere

Vento

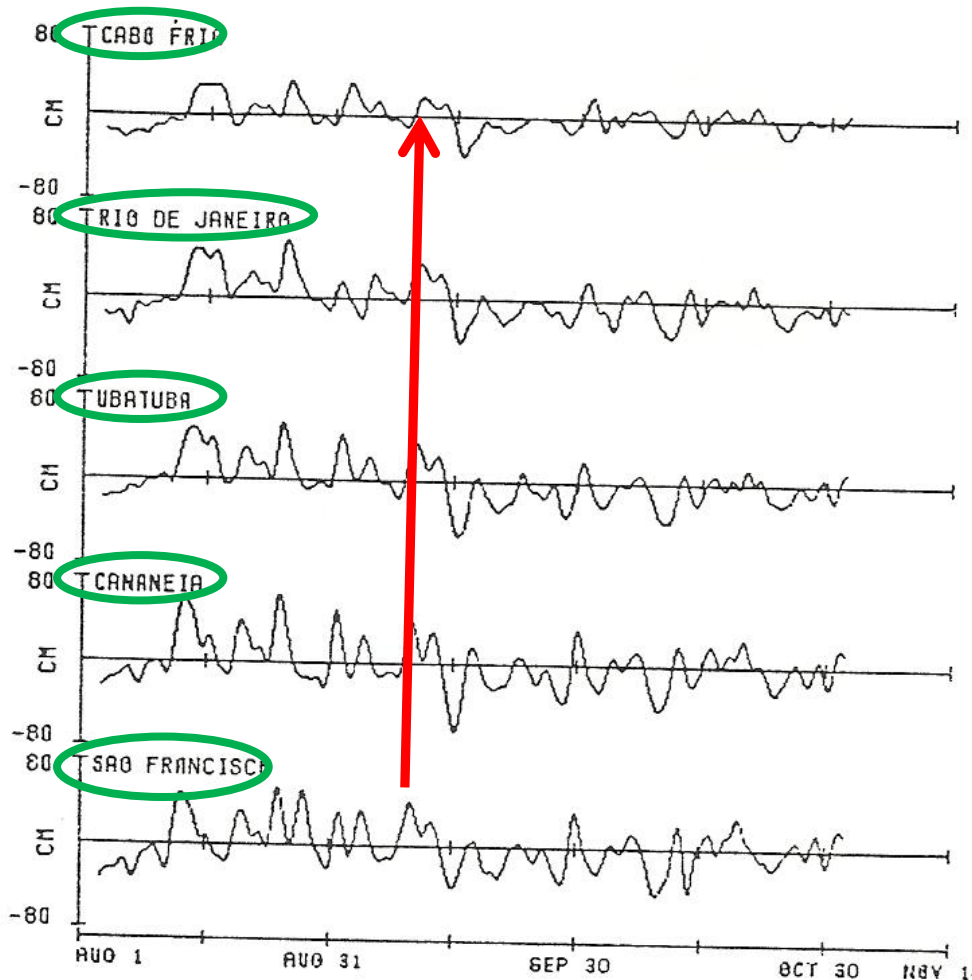
Elevação da superfície



Linhas de corrente



OPC na PCSE



- Oscilações subinerciais da superfície do mar
- Propagação do sul para o norte (deixando a costa à esquerda)
- $O(0,1\text{ m} - 1\text{ m})$

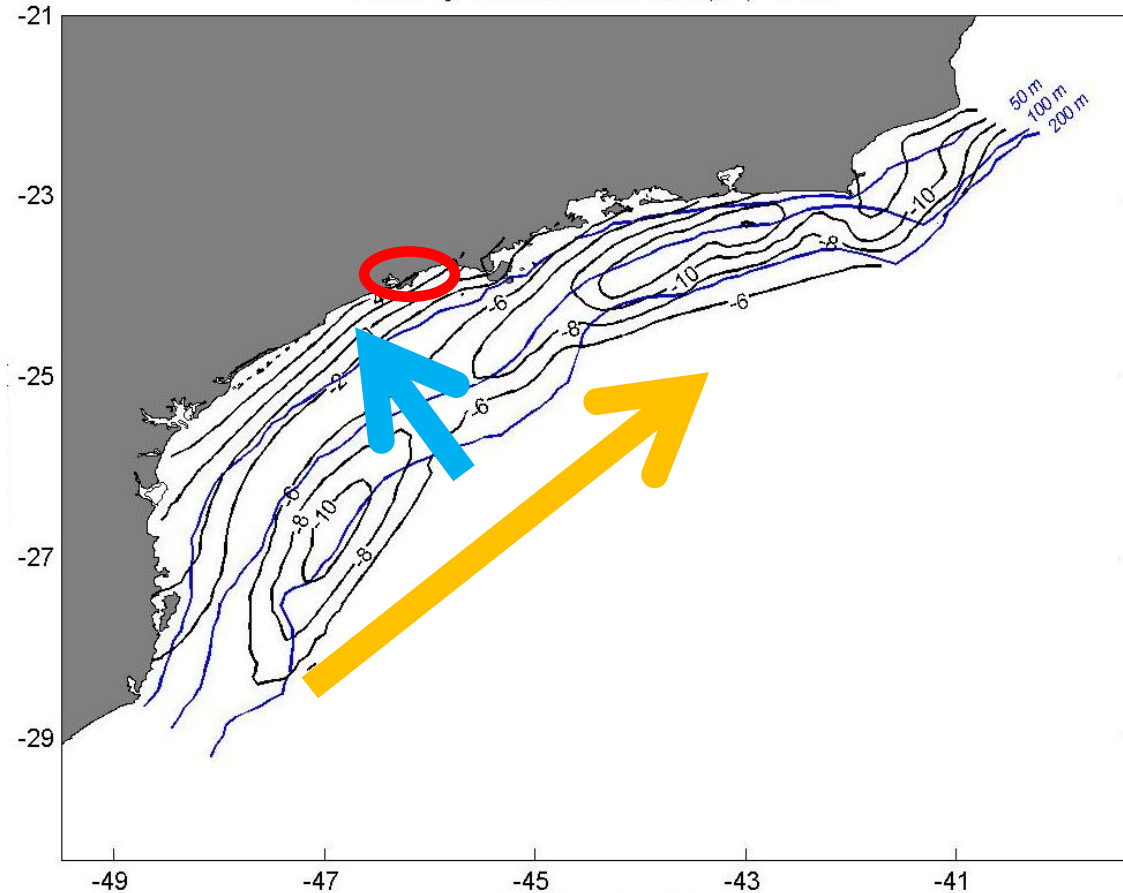
Castro, 1985





OTA na PCSE

ELEVAÇÃO DA SUPERFÍCIE (cm) - 31.5h



Vento de frente fria
(S-SW)

Transporte de água
perpendicular ao
vento, em direção à
costa

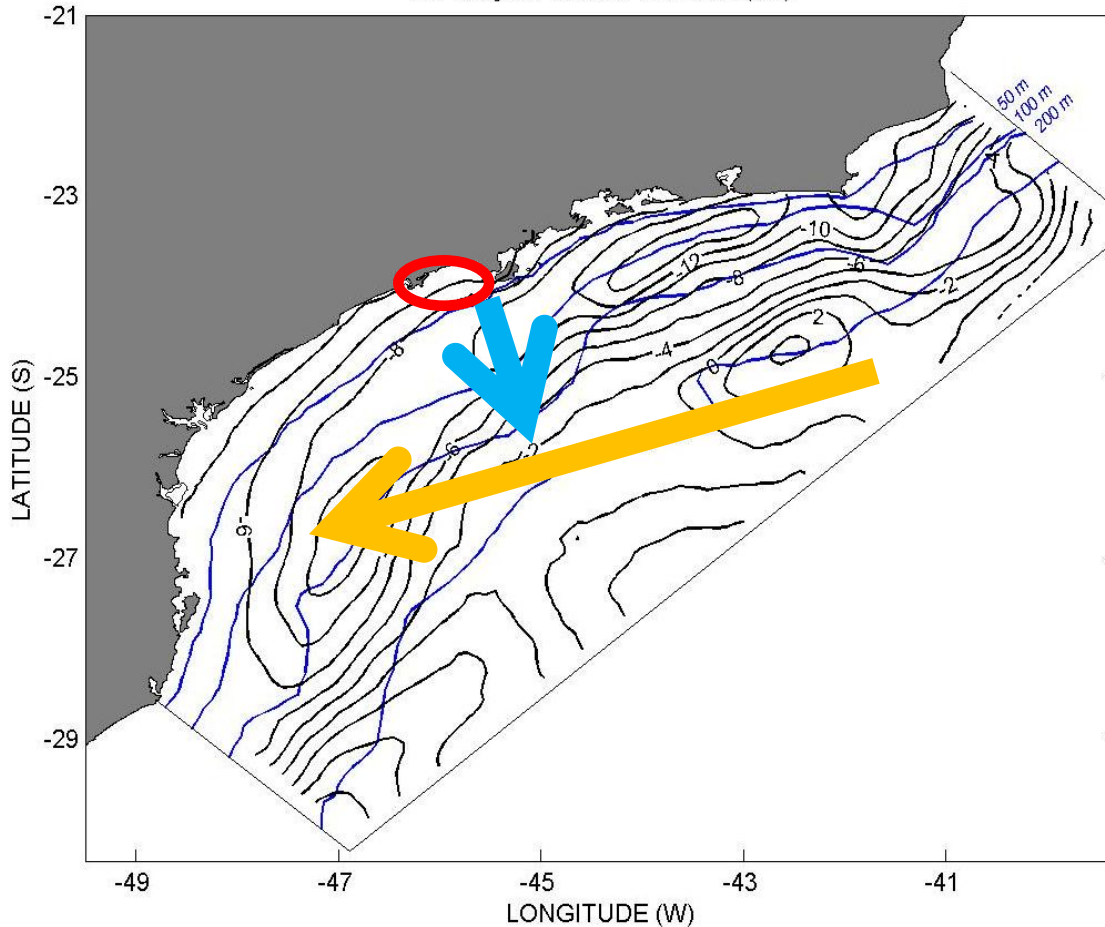
Nível do mar sobe na
costa. Ex.: 0,05 m em
Santos

O(0,1 m – 1m)



OTA na PCSE

ELEVAÇÃO DA SUPERFÍCIE (cm)



Vento climatológico
(E-NE)

Transporte de água
perpendicular ao
vento, em direção ao
largo

Nível do mar desce na
costa. Ex.: -0,06 m em
Santos

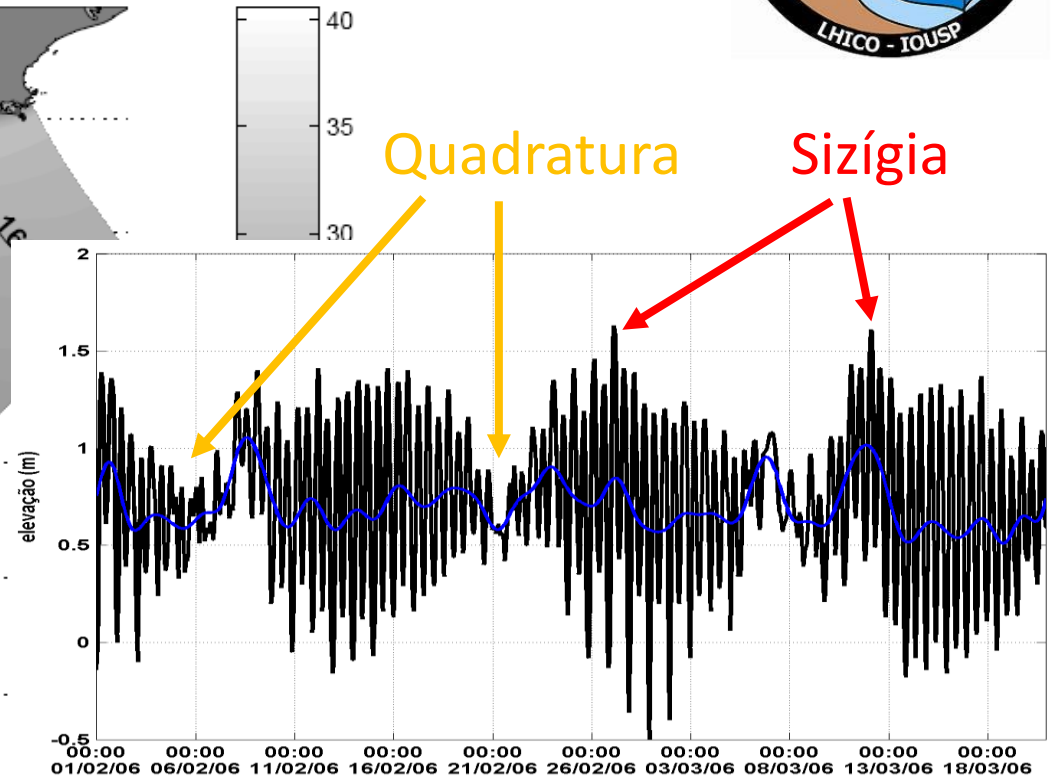
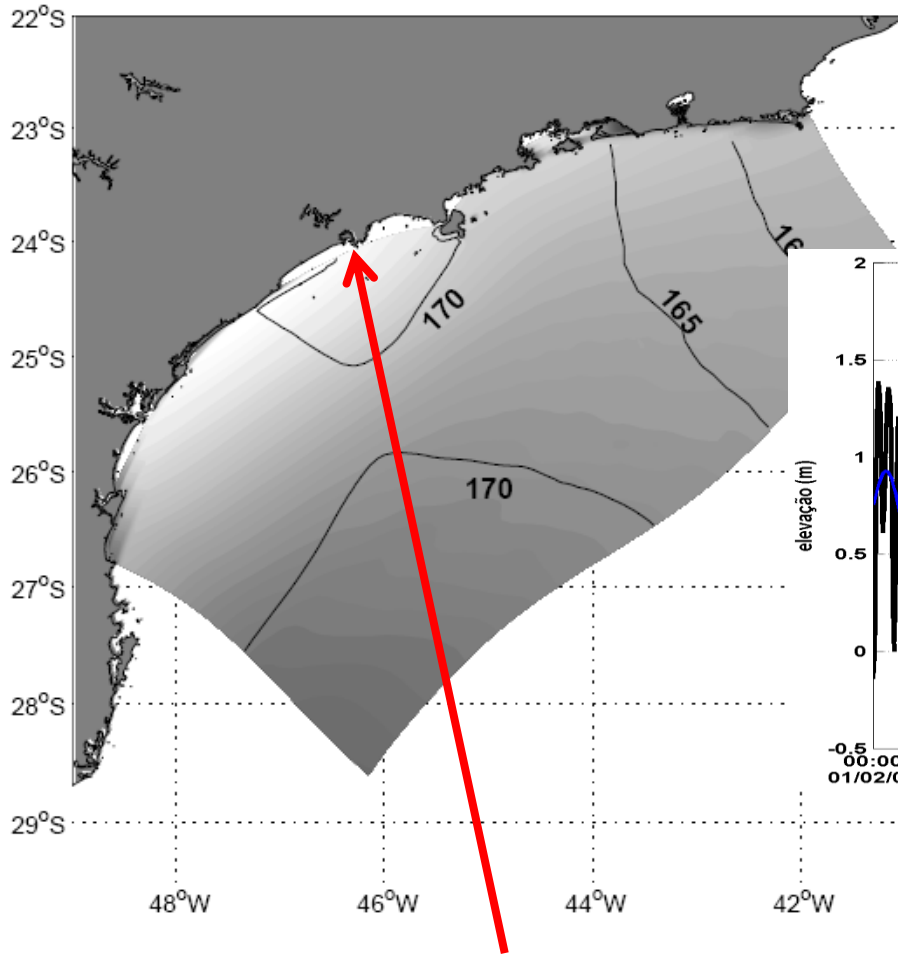
O(0,1 m – 1m)

OPC x OTA

- Onda de Plataforma Continental: limite com **pequeno** atrito de fundo; resposta ao vento **remoto**
- Onda Topográfica Aprisionada: limite com **grande** atrito de fundo; resposta ao vento **local**
- PCSE: responde ao vento remoto na forma de OPC e ao vento local na forma de OTA



Maré



M_2 : 0,5 m em Santos

Fonte: HidroMares
Projetos Ambientais

O(0,1 m – 1m)

Exemplo: Oscilações da superfície do mar em Santos

- $O(10^{-1} \sim 1 \text{ m})$: Marés (12 h – 24 h)
- $O(10^{-1} \sim 1 \text{ m})$: OPC (dias a semanas)
- $O(10^{-1} \sim 1 \text{ m})$: OTA (dias a semanas)



Soma pode ter $O(1 \sim 10 \text{ m})$



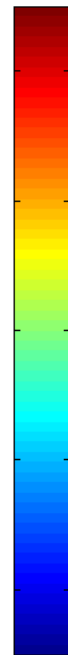
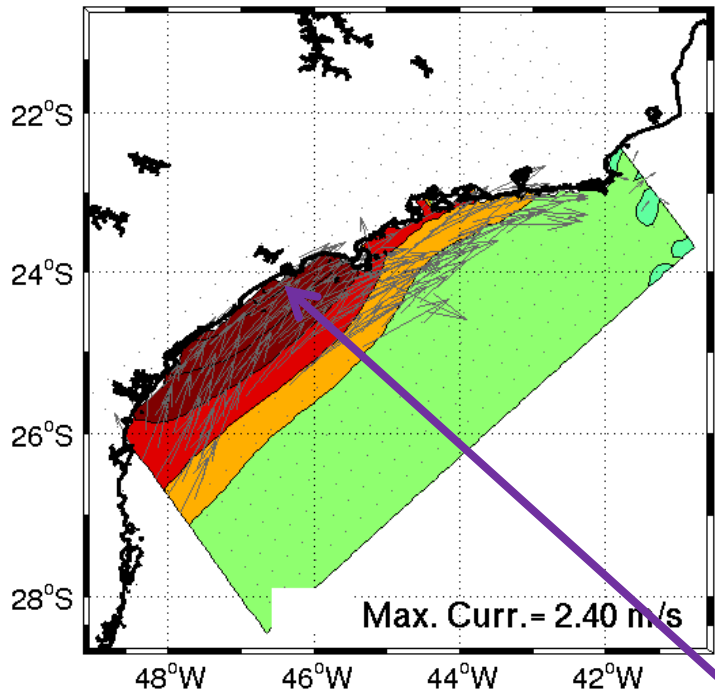


Processos adicionais nas ressacas

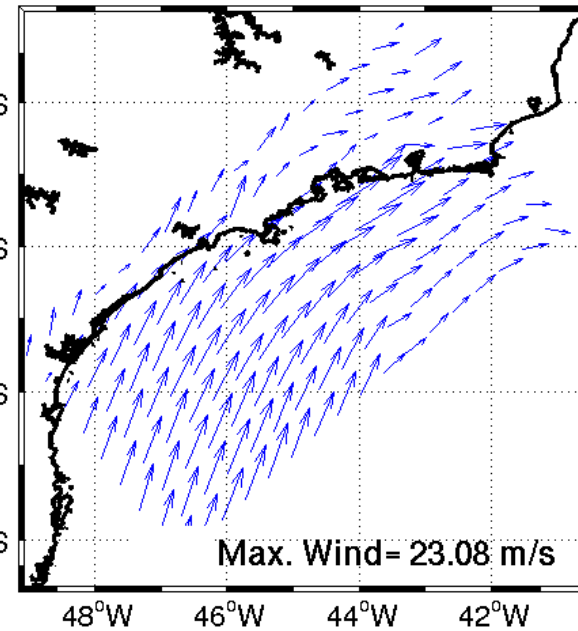
- Os dois processos, levantamento pelo vento e maré de sizígia, compõem o quadro clássico de estudos de ressacas.
- Outros processos:
 - Ondas de alta frequência (supramaregráficas)
 - Componente perpendicular à costa da tensão de cisalhamento do vento (Lentz & Fewings, 2012) em profundidades menores que 10 m
 - Variações da pressão atmosférica e precipitações (chuvas)

Ressaca de 21/8/2016: Elevação pelo vento

Sea level [m] & Curr. [m/s]: 21-Aug-2016 21:00:00 GMT



Wind [m/s]: 21-Aug-2016 21:00:00 GMT



≈2,0 m em Santos



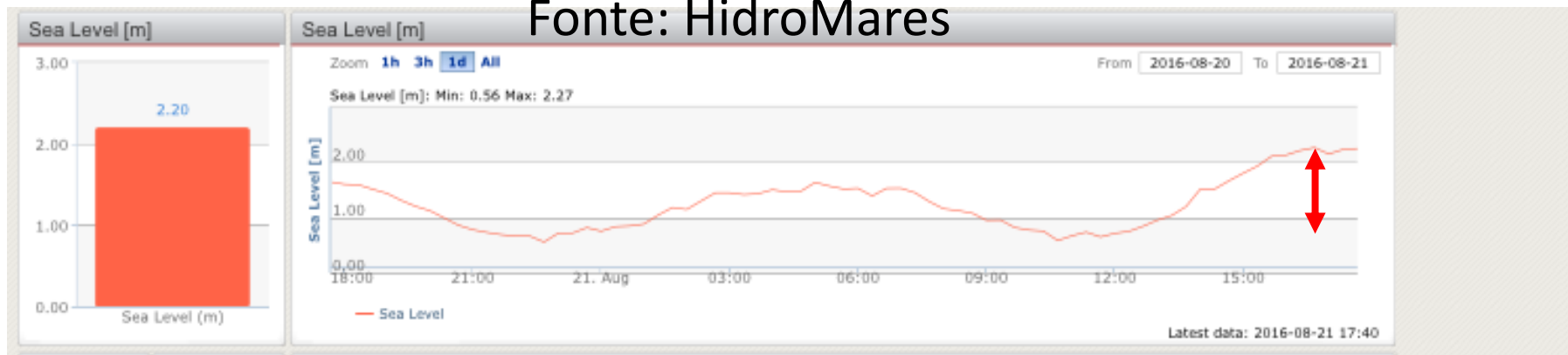
Ressaca de 21/8/2016: maré

- Previsão da Marinha do Brasil para Santos
- Maré de sizígia (lua cheia)

DOM 21/08/2016

04:19	1.4
11:21	0.1
16:54	1.3
23:15	0.4

Fonte: HidroMares

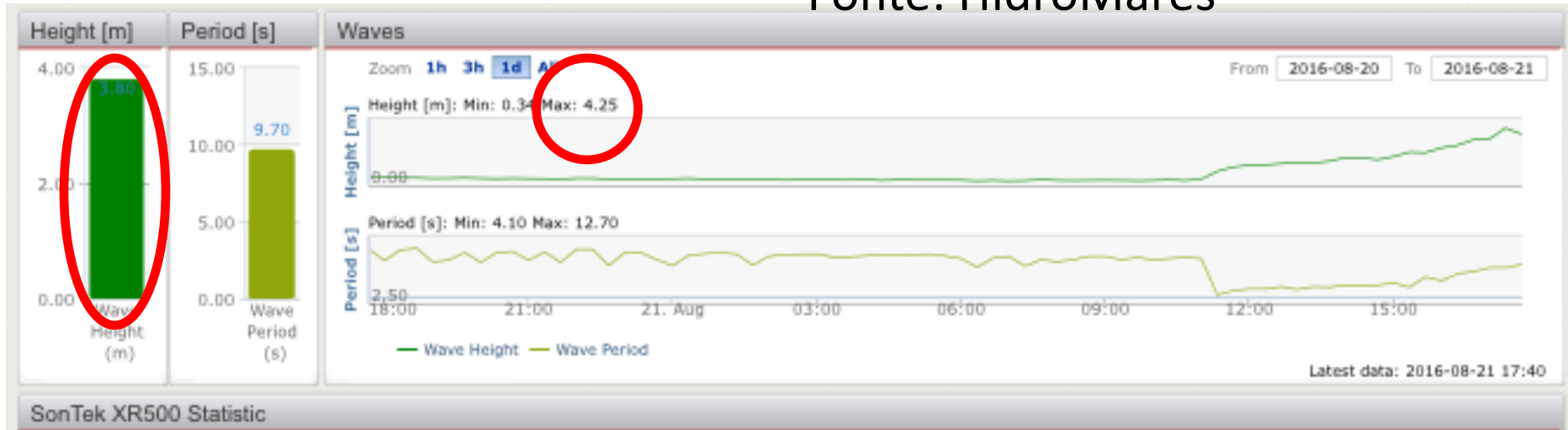


Ressaca de 21/8/2016: ondas de alta frequência



- Velocidade do vento > 80 km/h
- Altura da onda > 4m

Fonte: HidroMares



Ressaca de 21/8/2016: resumo

- Elevação pelo vento: 2,0 m
- Maré de sizígia: 1,3 m
- Onda de alta frequência: 4,0 m
- Soma dos três processos: 7,3 m



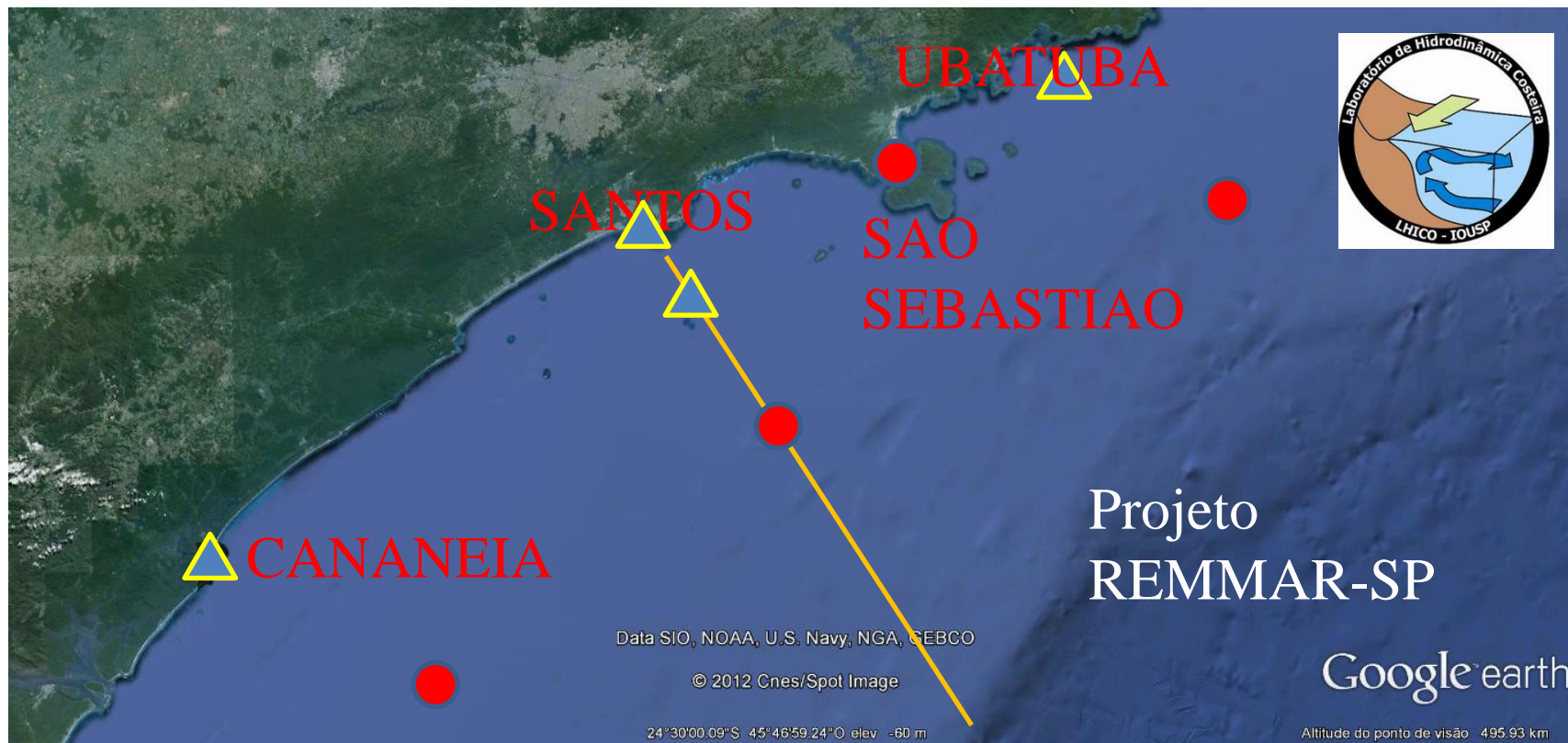
RESSACA DE GRANDE AMPLITUDE



Ressaca de 21/8/2016: resposta local em Santos



Ressacas podem ser previstas por modelos matemáticos validados por observações

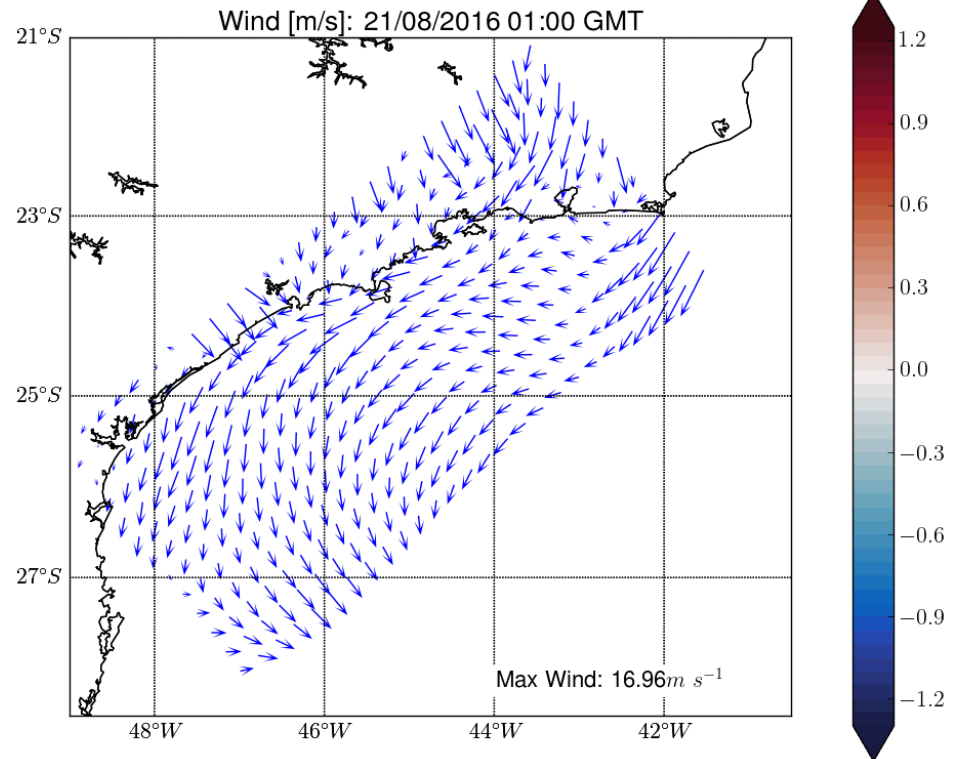
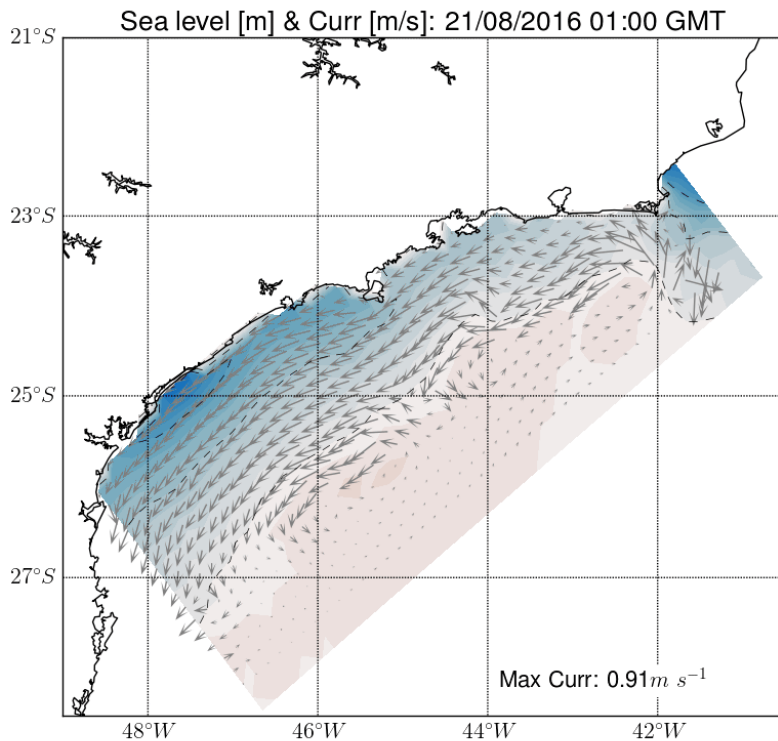


● Bóias meteoceanográficas

▲ Estações costeiras e insulares:
meteorologia+marés

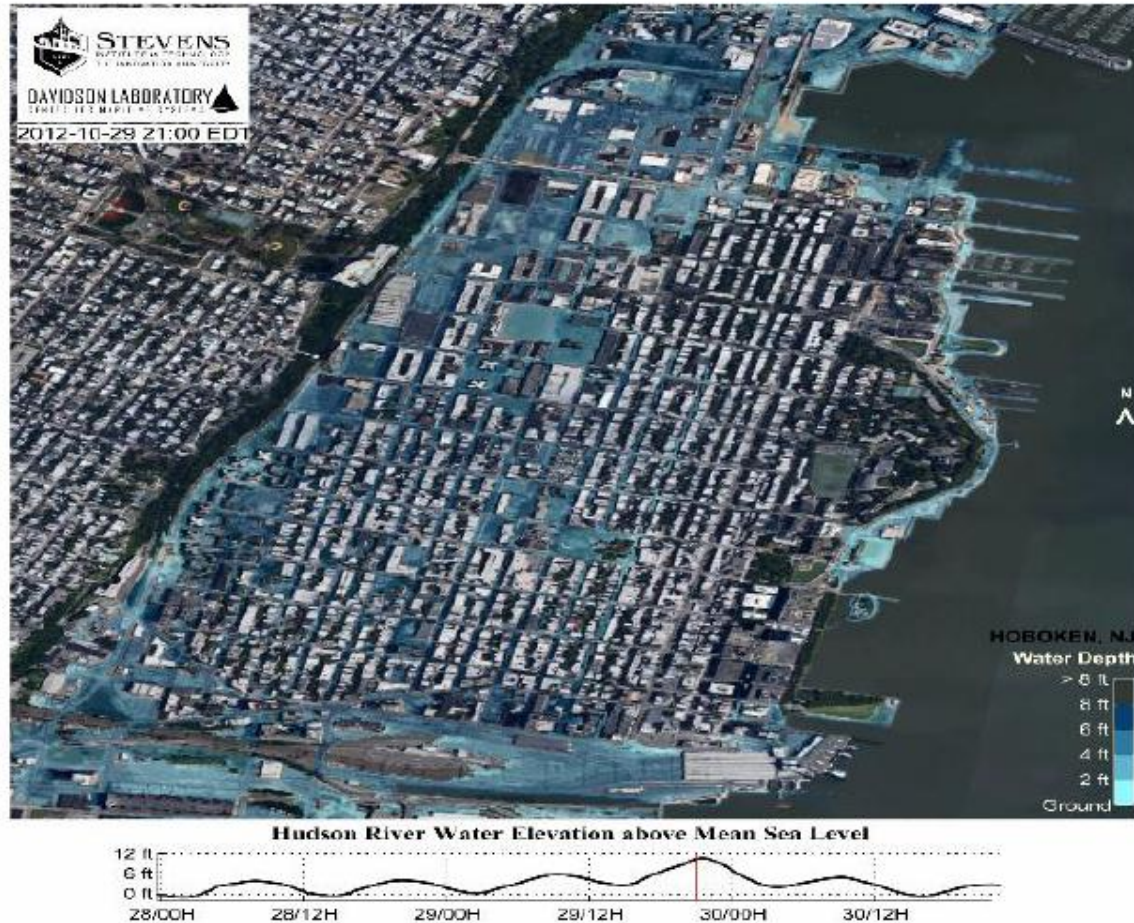
— Gliders+cruzeiros

Ressaca de 21/8/2016: previsão pelo LHiCo



Previsões em: oceanos.nap.usp.br/remmarsp.php

Sandy: Hoboken Flooding Sub-model



4/8/2014

Philip Orton, Stevens Institute of
Technology

56

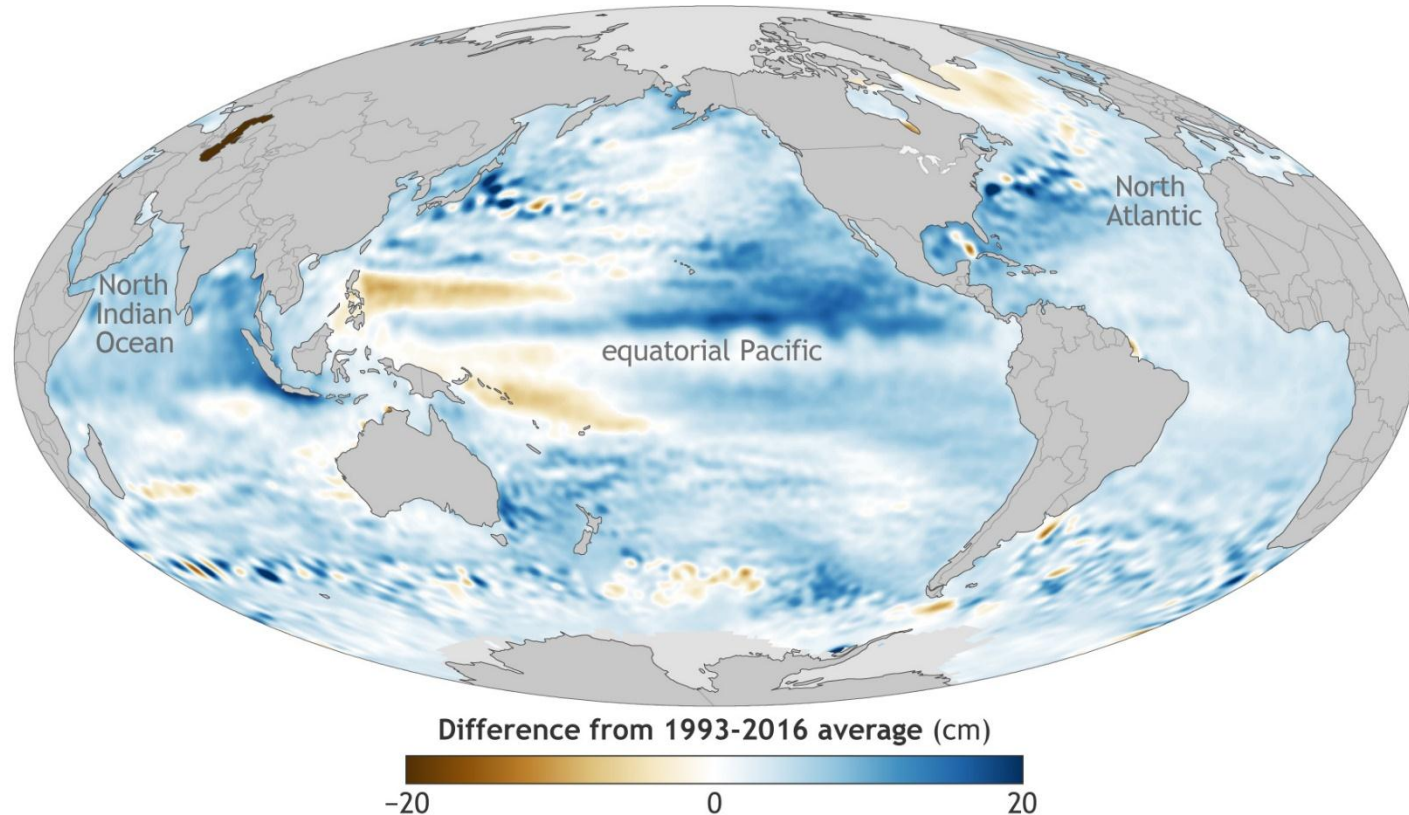
Trabalho coordenado por Alan Blumberg (Stevens)

Possíveis impactos das mudanças climáticas nas ressacas

- Elevação da superfície do mar
- Essas elevações podem ser causadas por:
 - Dilatação térmica
 - Fusão de gelo
 - Intensificação dos ventos

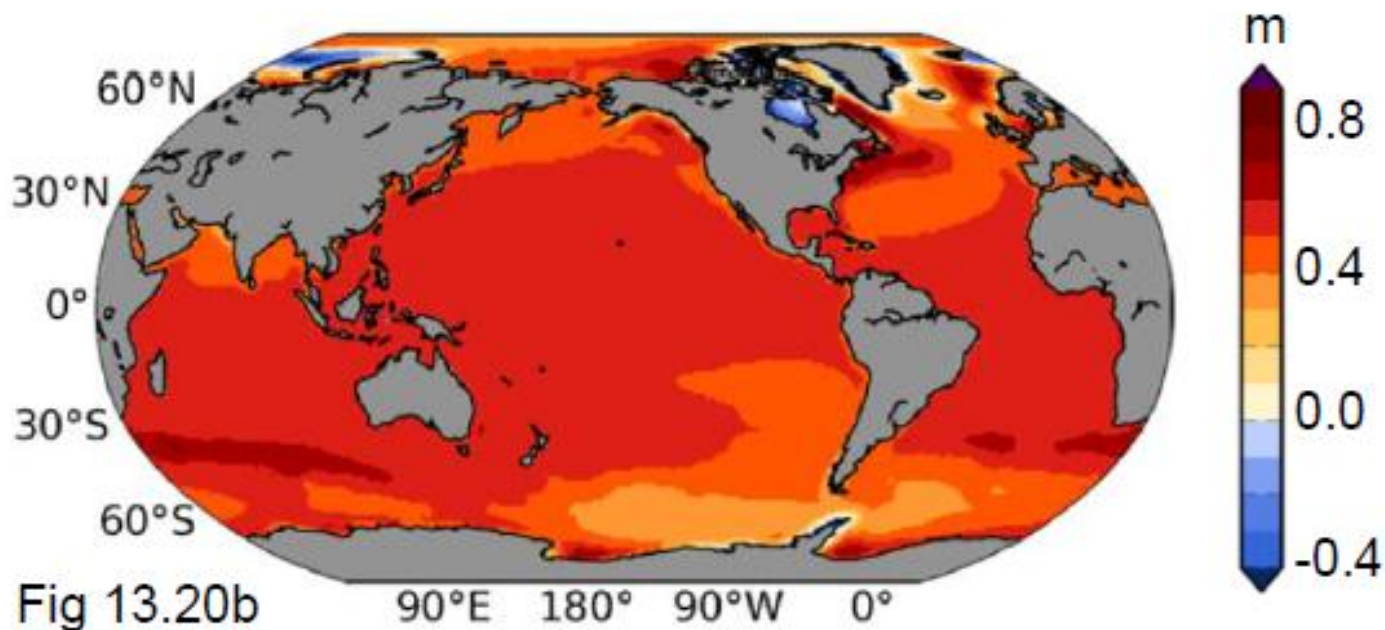


Observações



Variação média do nível do mar entre 1993 e 2016 (observações) (IPCC)

Previsões



Uma das previsões para a elevação da superfície do mar ao final do século XXI (IPCC)



Conclusões

- As ressacas são fenômenos naturais
- As ressacas têm larga escala espacial: $O(10^6 \text{ m})$
- Obras costeiras podem alterar a resposta local às ressacas
- As previsões existentes para mudanças climáticas do nível médio do mar não permitem prever mudanças significativas das ressacas na PCSE
- Entretanto, a resposta local às ressacas pode ser alterada pelas mudanças climáticas

Em breve:

www.oceanosemlimites.com.br

Obrigado!

bmcastro@usp.br