

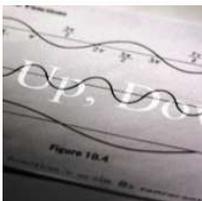


LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Propagação de ondas marítimas e comportamento de navios amarrados em portos

Liliana Pinheiro
LNEC





TÓPICOS DA APRESENTAÇÃO

- > Introdução
- > Propagação de ondas Marítimas
- > Comportamento de Navios amarrados
- > Ferramenta SWAMS
- > Aplicações numéricas
- > Comentários finais

LINEK

Introdução

- > Portugal tem a maior região marítima da União Europeia
- > Hoje em dia o mar é visto como um sector prioritário para a nossa economia
 - 67% do comércio externo Português é feito por via marítima
 - O transporte marítimo mundial tem tido um forte crescimento tanto em número como em capacidade dos navios
 - *Necessidade de adaptação dos portos existentes*
 - *Necessidade de construção de novos portos*
 - Existe também um grande desenvolvimento na navegação de recreio
 - *Necessidade de mais postos disponíveis em marinas (Continente e Ilhas)*
 - *Incremento na urbanização nas zonas de adjacentes*



Principais Portos



Costa Aberta

Estuários

Ilhas

Marinas



- > O grande desenvolvimento da náutica de recreio levou à modernização das nossas marinas e à construção de novas marinas e docas de recreio



Viana do Castelo



Cascais



Portimão

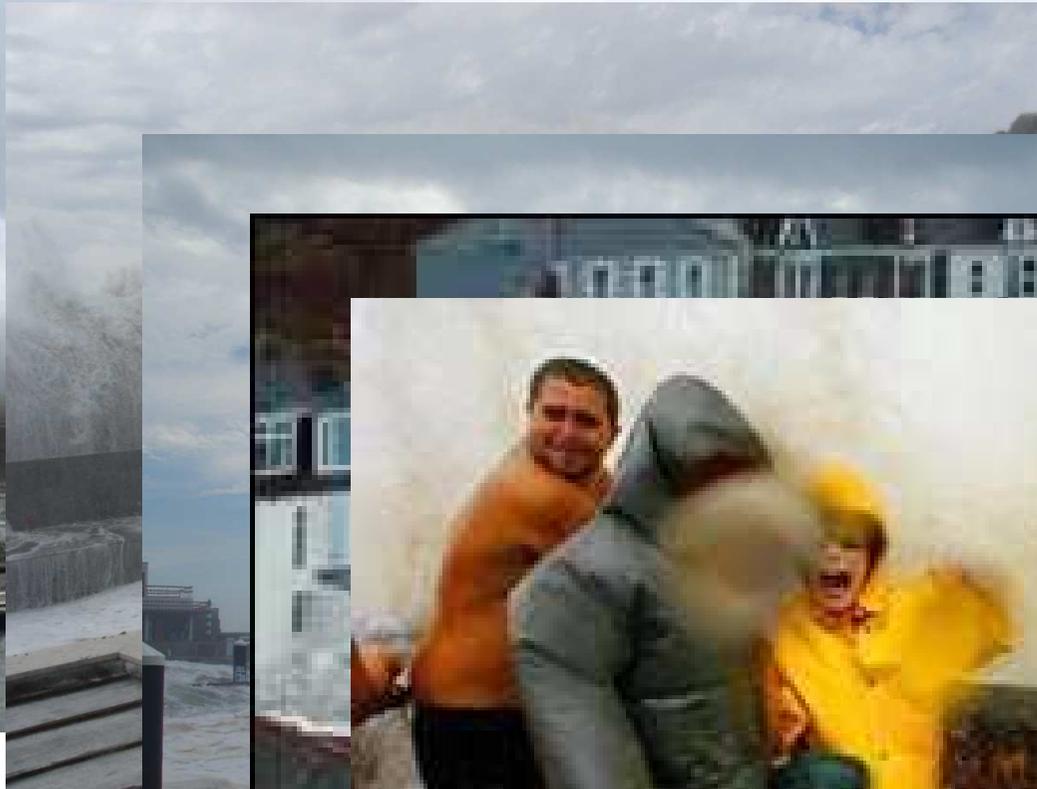
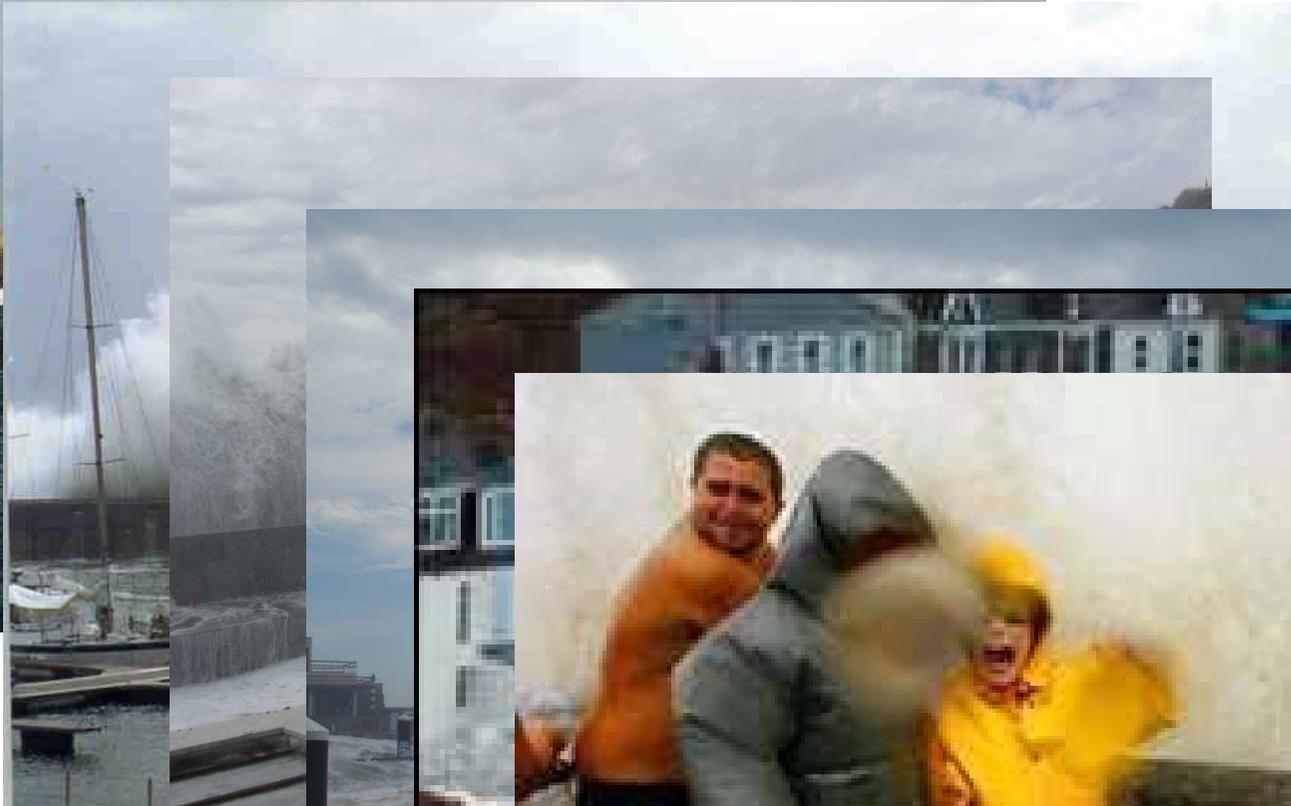
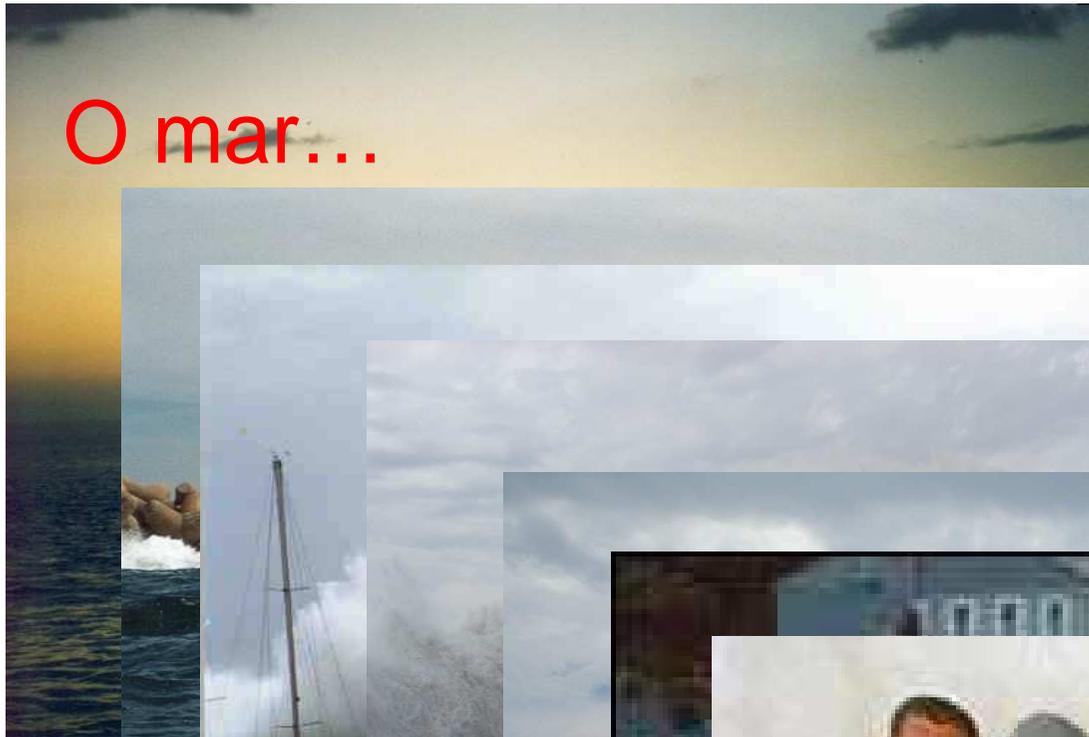


Vilamoura



Calheta

O mar...



O mar e os portos

Porque necessitamos de prever o comportamento de navios em portos?

Tombamento de embarcações



Colisões com o cais



Danos nas mercadorias



Interrupção das operações de carga e descarga de navios



- Emitir alertas quando a segurança está em risco
- Planear operações portuárias

Ferramenta SWAMS

Simulation of Wave Action on Moored Ships

> Problema:

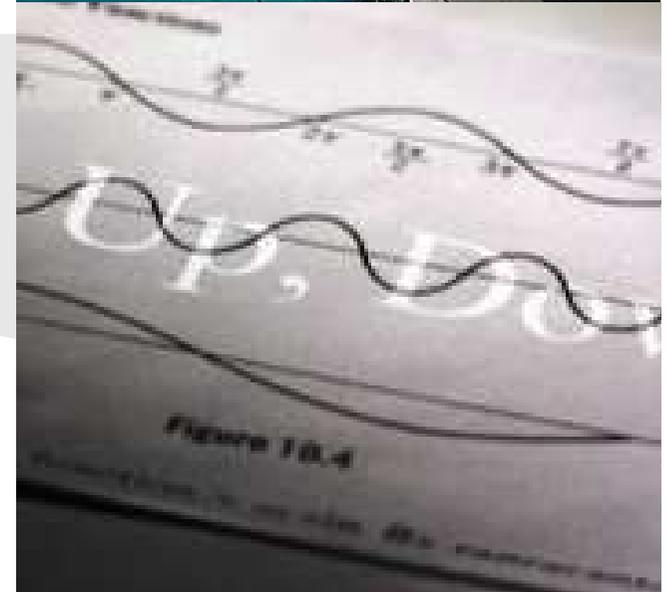
- prever condições potencialmente adversas
- planear as actividades de carga e descarga de navios com segurança

> Solução:

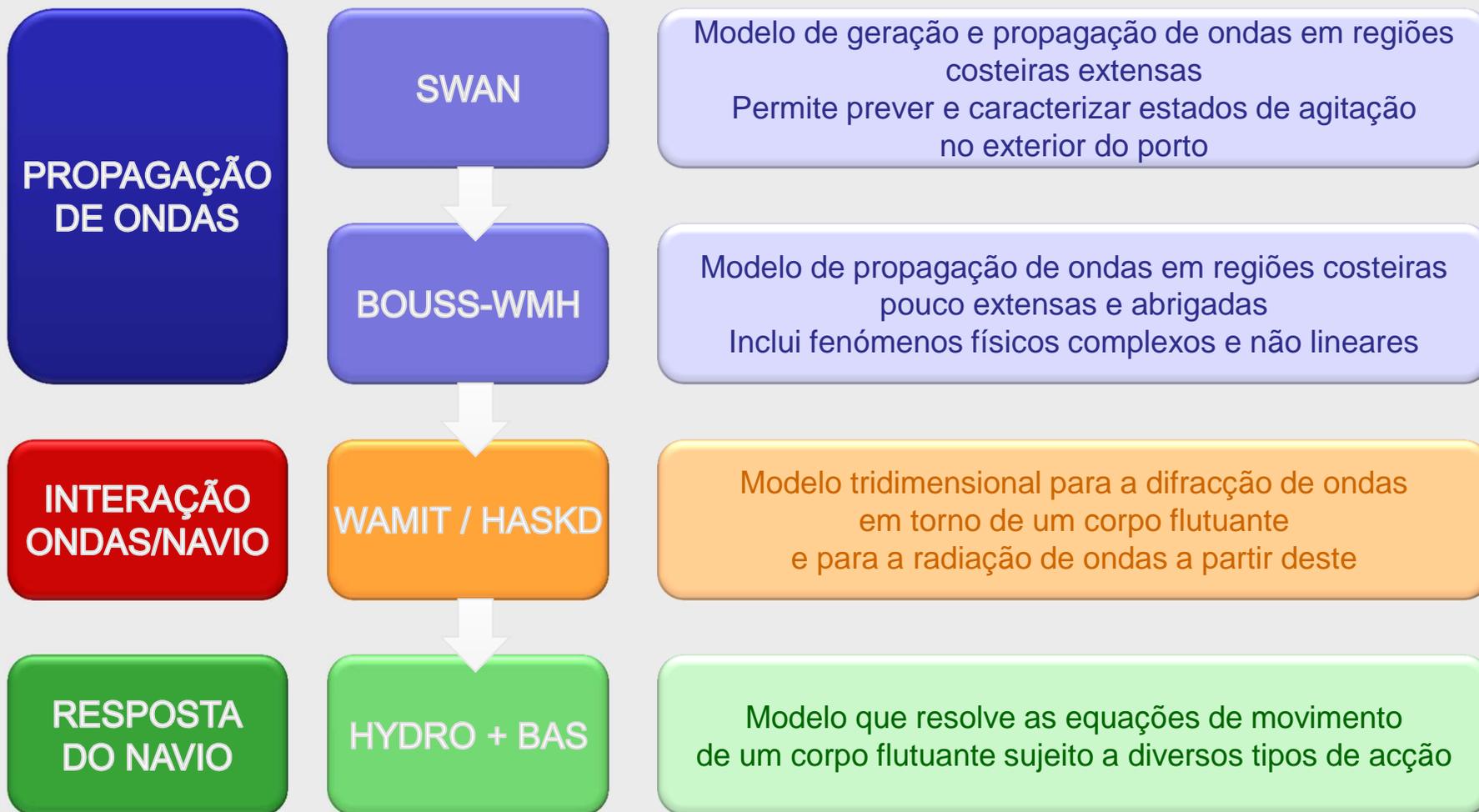
- prever e caracterizar correctamente:
 - *o campo de ondas dentro do porto*
 - *a resposta dos navios amarrados*

> Metodologia:

- Modelação numérica
 - *Rapidez*
 - *Flexibilidade*
 - *Vasto leque de aplicações práticas*
 - *Descrição aproximada dos fenómenos físicos*
- Ferramenta integrada
 - *Geração de ondas por ação de ventos*
 - *Propagação de ondas*
 - *Penetração das ondas no interior do porto*
 - *Comportamento do navio*



SWAMS – Simulation of Wave Action on Moored Ships



SWAMS – Graphical User Interface

SWAN

The SWAN software interface displays various input parameters for wave simulation. It includes sections for 'Dados do projeto' (Project Data), 'Malha Computacional' (Computational Mesh), 'Dados de Saída' (Output Data), 'Especo Computacional' (Computational Spectrum), and 'Parâmetros do Espectro' (Spectrum Parameters). A map on the right shows the 'Malha Global' (Global Mesh) over a coastal area, with a scale bar from 0 to 2000 meters and a vertical axis from 0 to 110 meters.

BOUSS-WMH

The BOUSS-WMH software interface shows 'DADOS DA AGITAÇÃO INCIDENTE' (Incident Wave Motion Data) in a table. The data includes:

Coefficiente dispersão Nw_0	-0.531
TIPO DE ONDA	REGULAR
AMPLITUDE DE ONDA	0.1 m
PERÍODO	10 s
COMPRIMENTO DE ONDA	43.7 m
PROF. NA GERAÇÃO	2 m
ÂNGULO DE INCIDÊNCIA	90 °

 A 3D visualization on the right shows blue waves propagating over a white seabed model. A 2D wave profile is also shown with a wave height of 0.100 m.

WAMIT

The WAMIT software interface displays 'Ship's Panels CGs and wave model Mesh'. It includes a 3D model of a ship's hull and a 2D mesh of the wave model. The interface also shows a table of parameters and a list of actions to be performed, such as 'Create script file for AutoCAD', 'Create Panel File', 'Create Potential File', 'Get Geometric Data from Ship', 'Create Panels in NPP', 'View ship in TECPLOT', 'Run Model', 'Run Potential', and 'Run Force'.

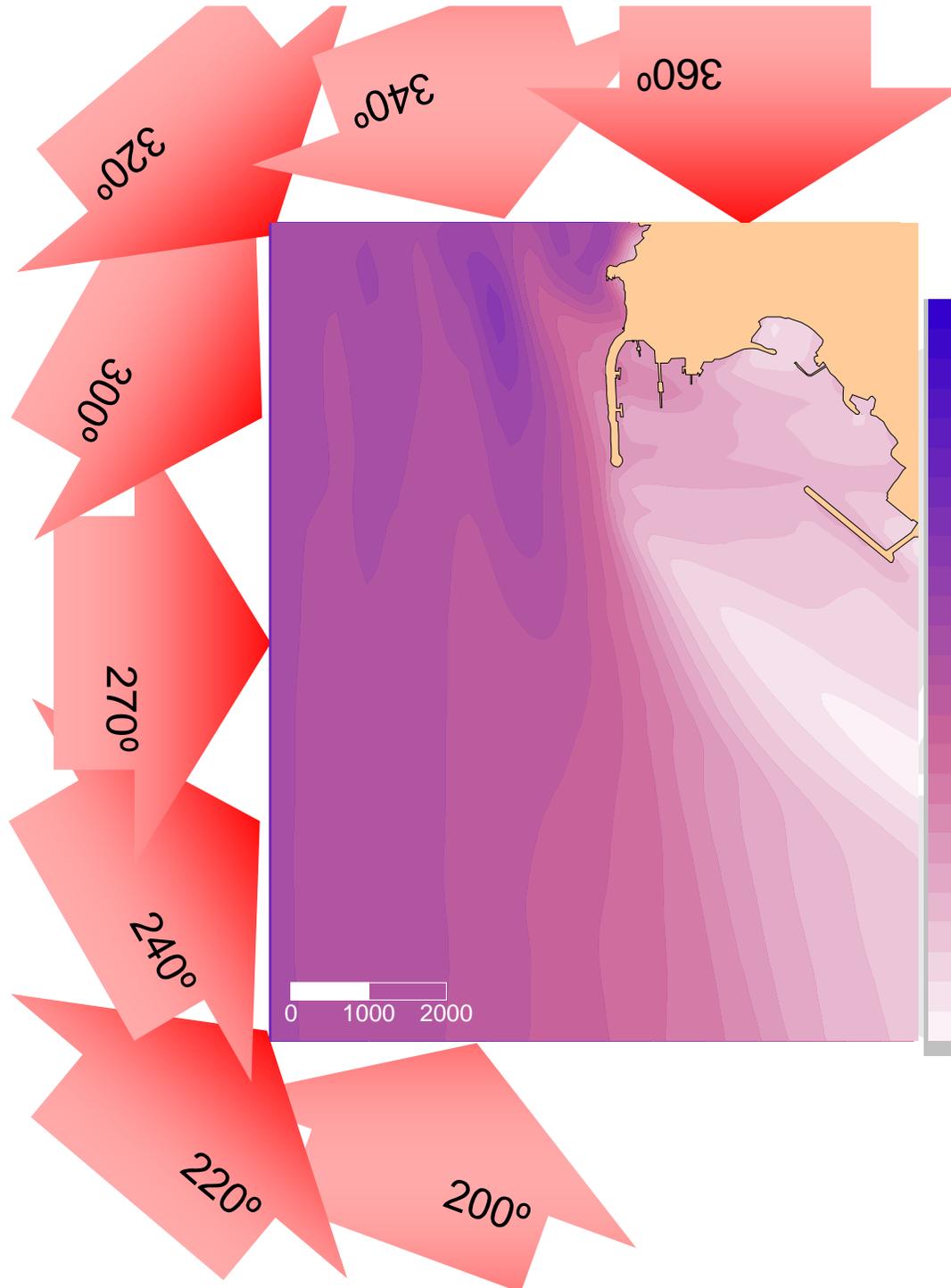
BAS

The BAS software interface shows 'PROJECT DATA INPUT' in a table. The data includes:

ALL INPUT FREE FORMAT, EXCEPT FIRST THREE LINES OF TEXT	THREE LINES OF TEXT
PROJECT HEADER	REC2011 rod
JOB EXTENSIONS	tit (file name extension of the HYDRO file)
INITIAL POSITION ROTATION OF THE VESSEL	X - direction (targe) 0 m
	Y - direction (sway) 0 m
	Z - direction (heave) 0 m
	X - axis (roll) 0 deg (00)

 A 3D visualization on the right shows a green ship's hull with six numbered points (1-6) indicating mooring line and fender positions.

O Modelo SWAN

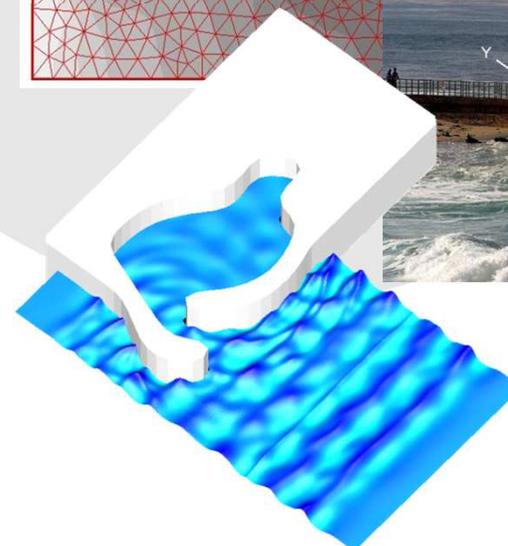
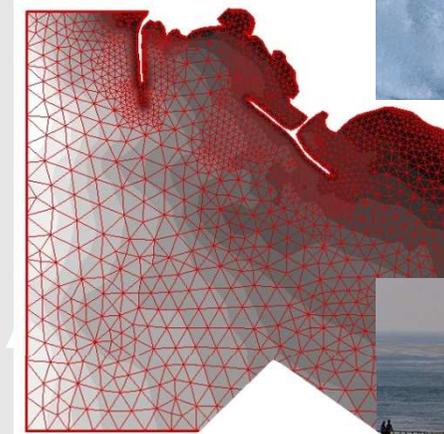


> Modelo espectral não-linear para geração e propagação da agitação marítima em áreas da ordem da dezena de quilómetros

HS = 4.0 m TP = 10 s

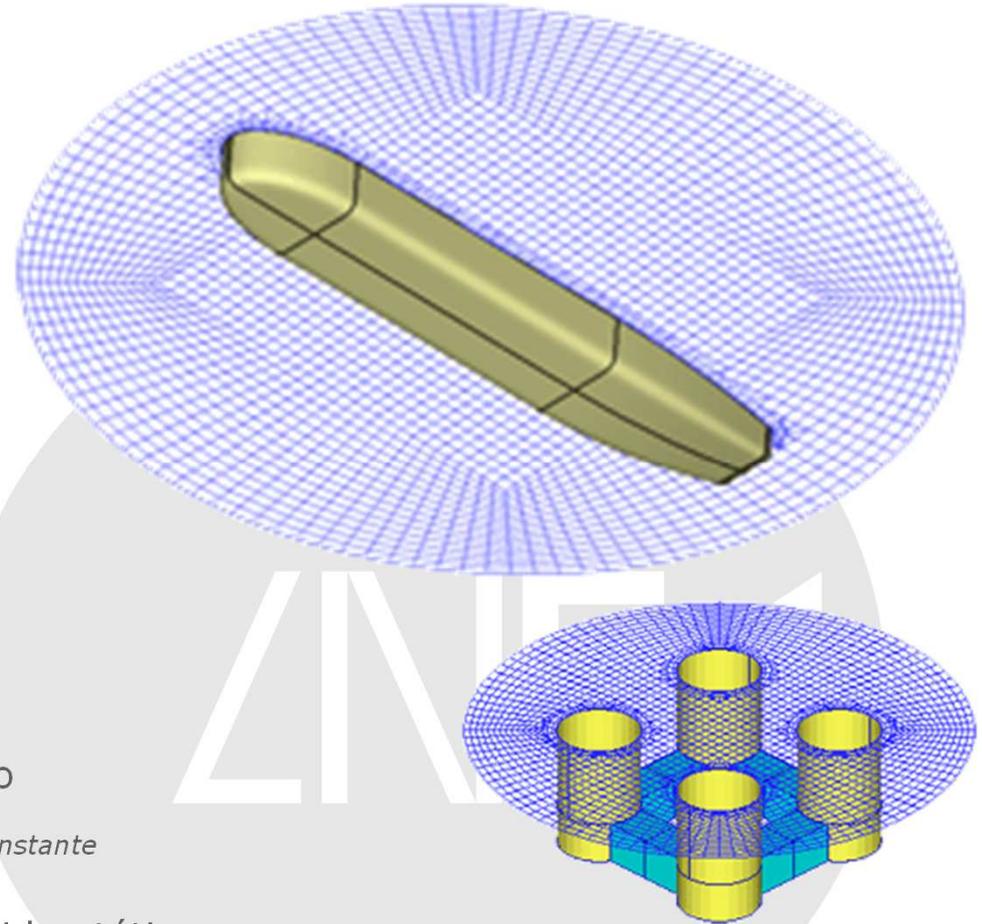
O Modelo BOUSS-WMH

- > Modelo de elementos finitos que resolve as equações de Boussinesq estendidas derivadas por Nwogu (1993)
 - Previsão da evolução das ondas marítimas desde o largo até à costa
- > Simula a propagação de ondas em zonas costeiras e portuárias
 - Fenómenos físicos não lineares e dispersivos:
 - o *Geração de ondas regulares e irregulares*
 - o *Absorção das ondas nas fronteiras de saída*
 - o *Empolamento*
 - o *Difracção*
 - o *Refracção*
 - o *Reflexão parcial ou total de ondas através de estruturas porosas ou não*
 - o *Geração de harmónicas*
 - o *Rebentação*
 - o *Atrito de fundo*



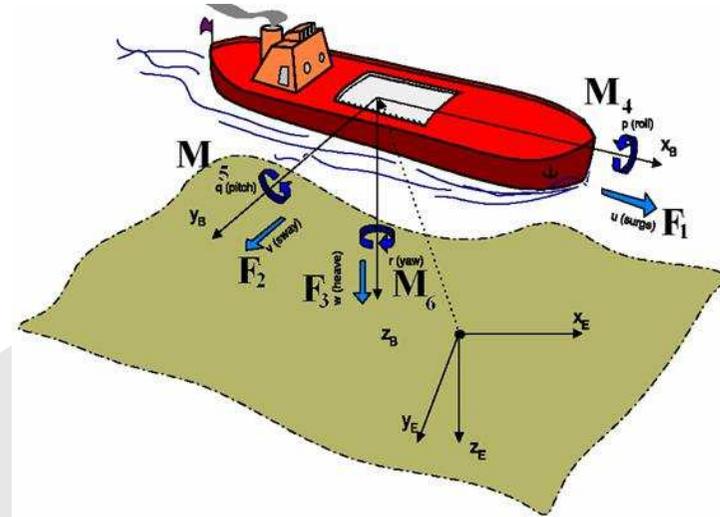
O Modelo WAMIT

- > Desenvolvido no Departamento de Engenharia Oceânica do *Massachusetts Institute of Technology*
- > Utiliza um método de painel
 - Os painéis discretizam a superfície molhada do casco do navio
- > Baseia-se na segunda igualdade de Green
- > Resolve no domínio da frequência:
 - Os problemas de radiação e difracção
 - de um corpo flutuante livre
 - em águas não confinadas de profundidade constante
- > Calcula:
 - matrizes de massa e de restituição hidrostática
 - matrizes de massa adicionada para frequência infinita
 - funções de resposta a impulso
 - forças de excitação devidas às ondas

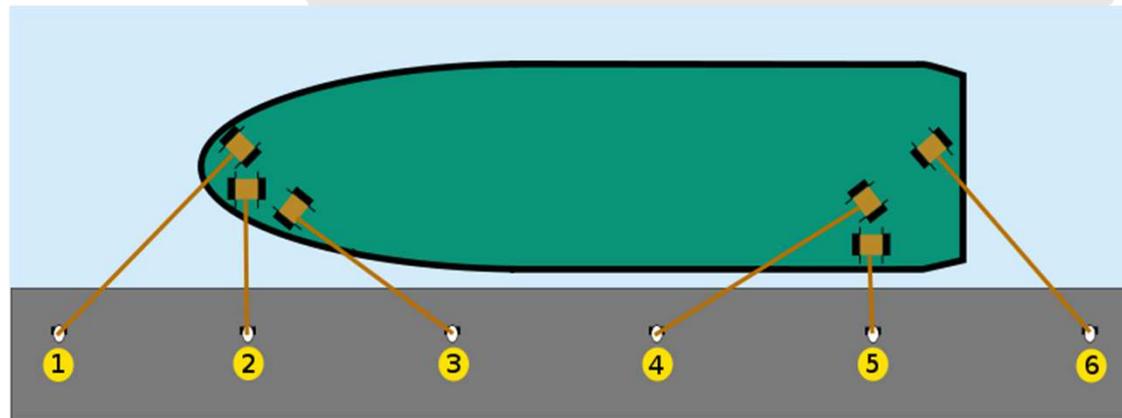


O Modelo BAS

- > Desenvolvido por WL-Hydraulics de Delft
- > Resolve o sistema de equações diferenciais de segunda ordem
 - 6 Equações de movimento do navio amarrado
 - N Relações constitutivas (amarras+defensas)
- > Incógnitas:
 - Movimentos segundo os 6 graus de liberdade
 - Forças nas amarras e defensas



ΔNIEK



Propagação de ondas - Aplicação Numérica

Bacia de adução da central termo-eléctrica de Sines



- > Foi realizado um estudo com vista a apoiar a Companhia Portuguesa de Produção de Electricidade (CPPE) na resolução de um problema relacionado com a afluência de algas à bacia de adução da Central Térmica de Sines
- > Foi feita a análise do aprofundamento da bacia de adução de modo a avaliar se o rebaixamento dos fundos poderá alterar a agitação dentro da bacia uma vez que há limites às alturas de onda que podem atingir a zona de adução sem consequências negativas para o funcionamento do sistema de tomada de água



Bacia de
adução da
central termo-
eléctrica de
Sines

March 26, 2012



March 20, 2012



Malha inicial
gerada pelo
GMALHA

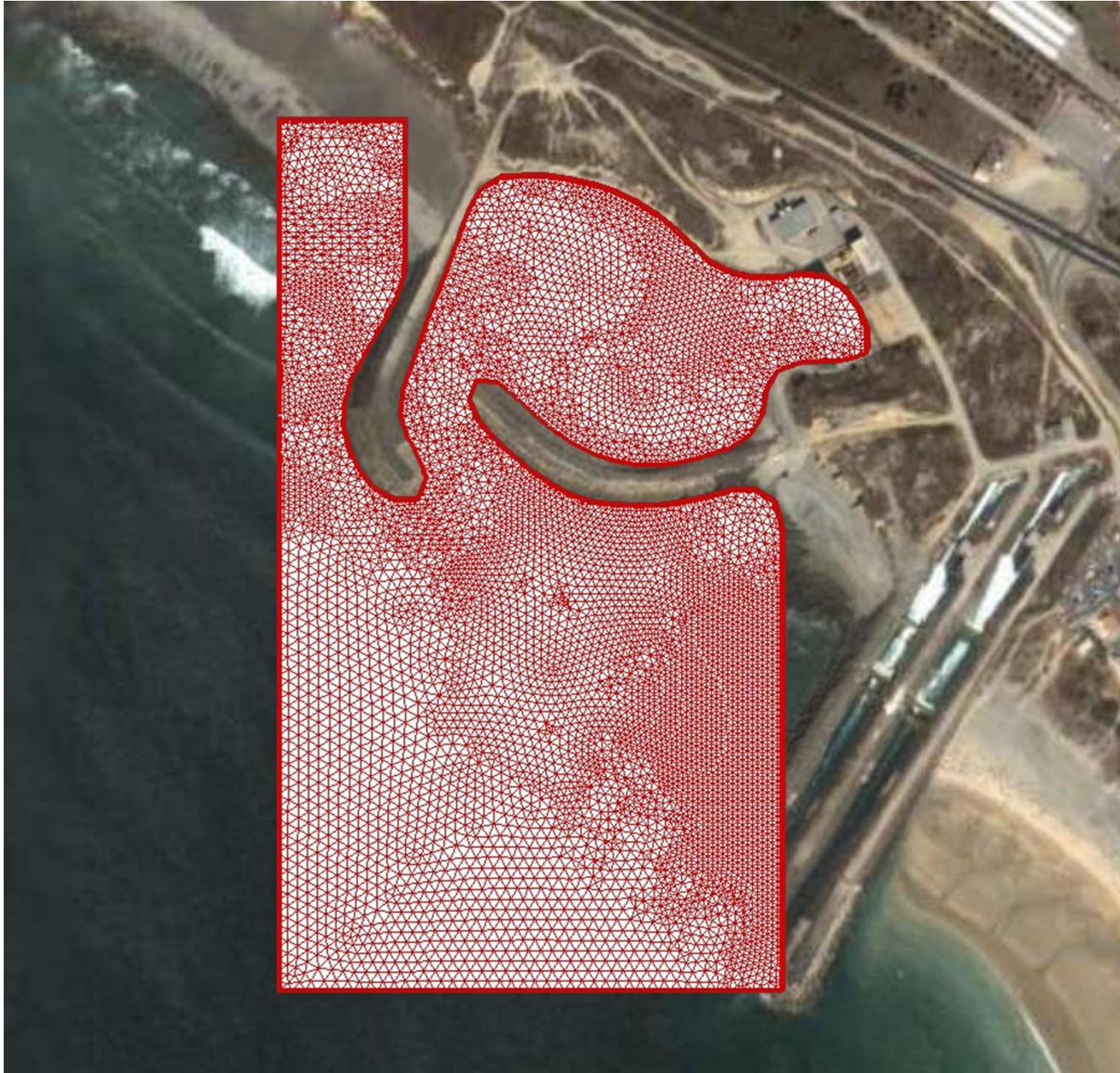




March 20, 2012

Batimetria da zona

IEK

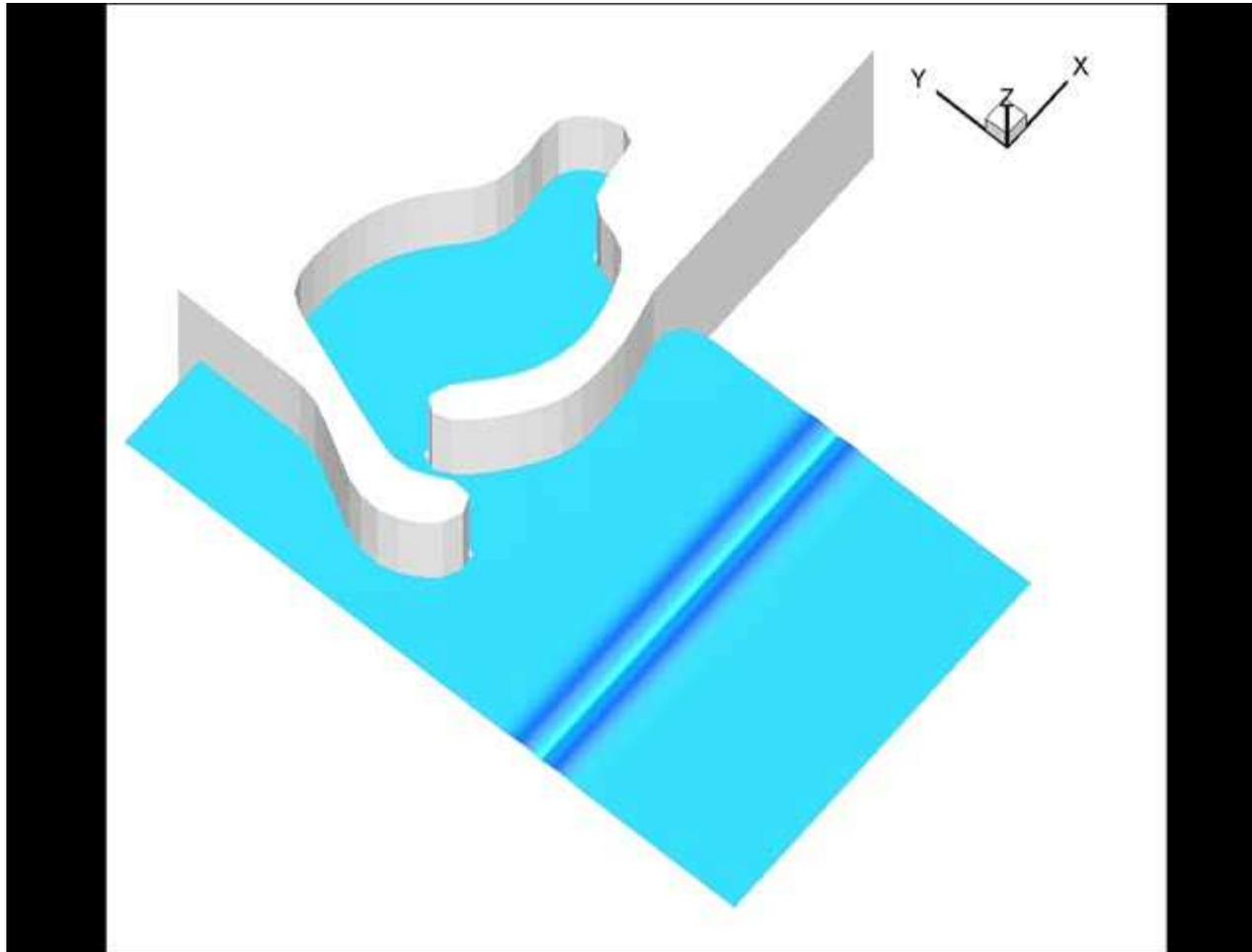


Malha refinada
de acordo com a
batimetria

2 pontos por
comprimento de
onda

$T = 4s$

Malha:
7 650 pontos
14 704 elementos



Propagação de
ondas regulares
com o modelo
BOUSSiiv

$H=0.1\text{m}$

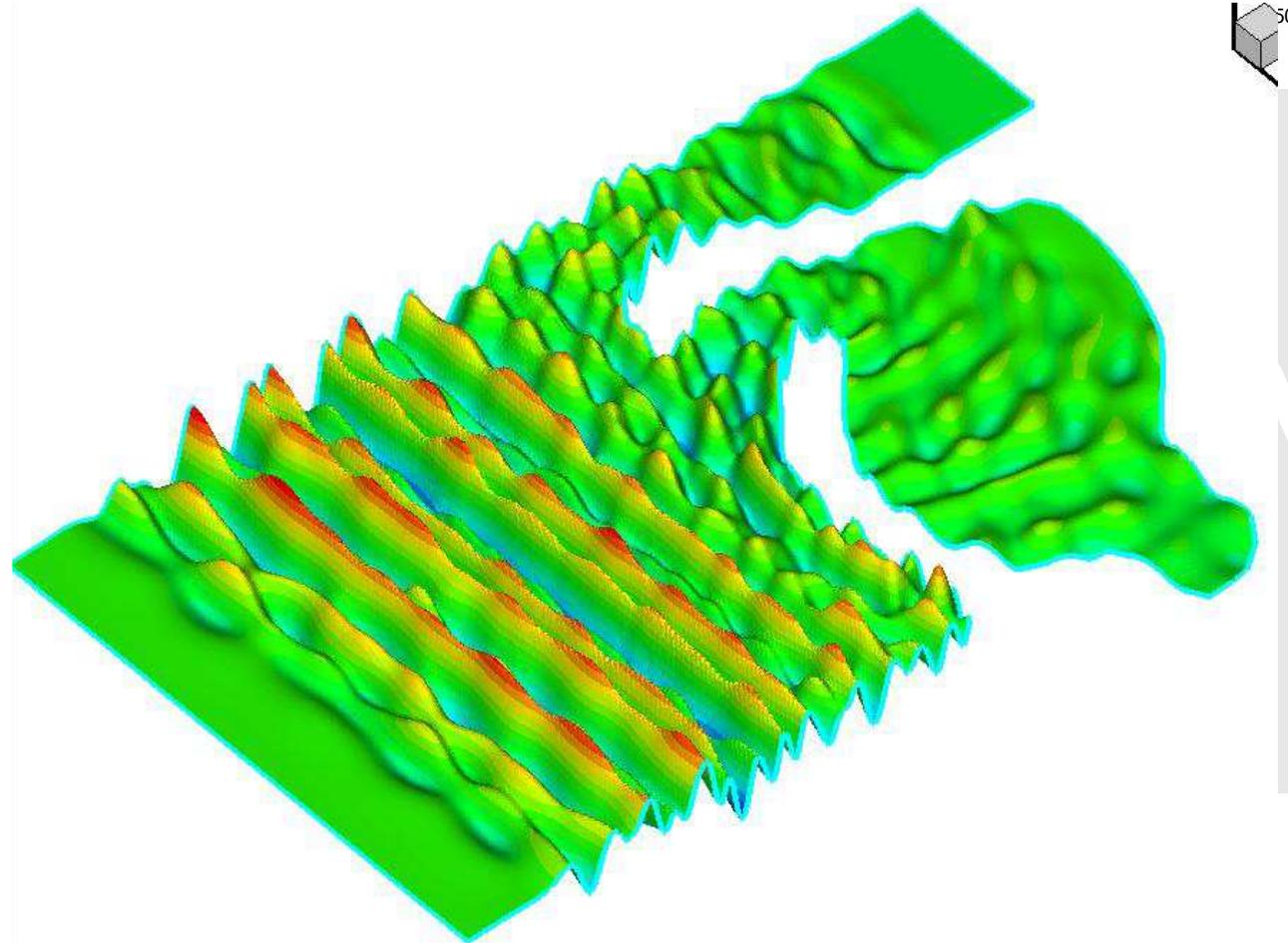
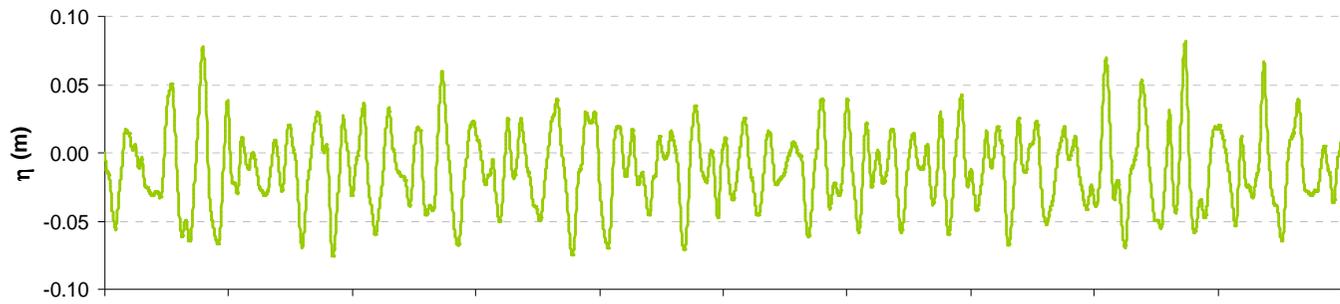
$T = 10\text{s}$

Malha:

72 689 pontos

143 972 elementos

Série temporal da agitação incidente



Propagação de
ondas irregulares
com o modelo
BOUSSiiv

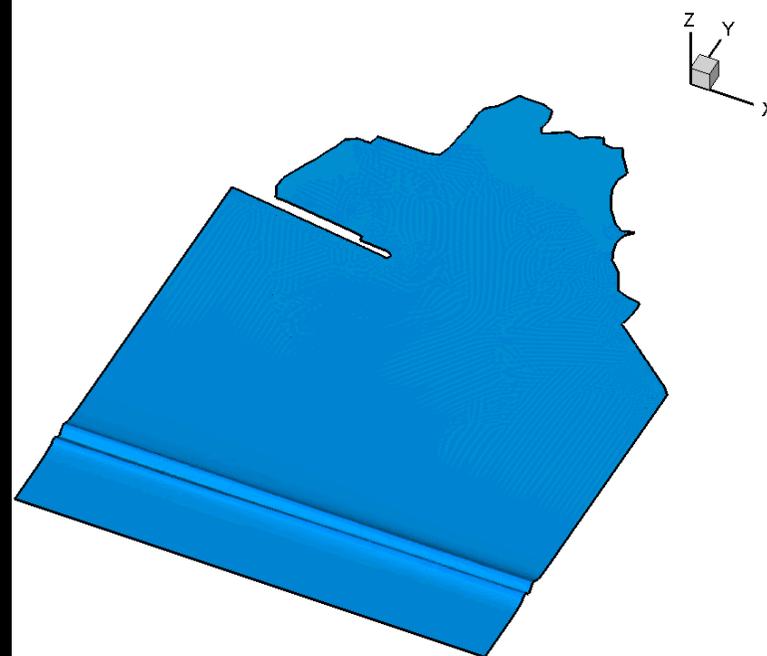
HS = 0.1m

TP = 10s

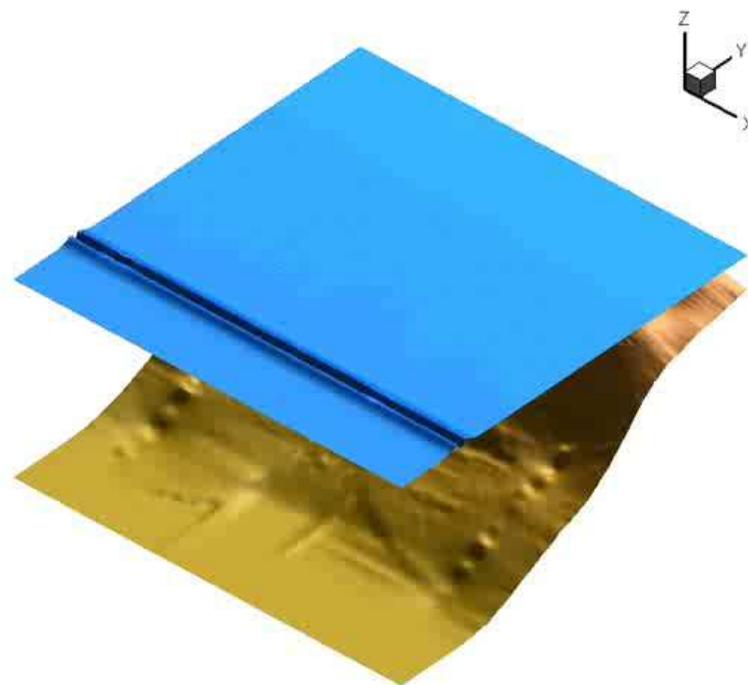
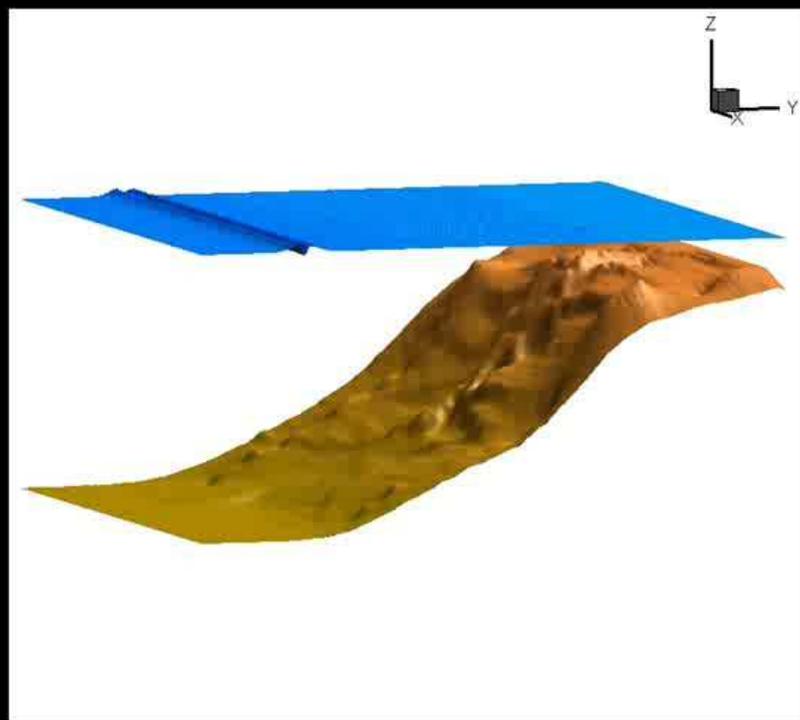
Malha:
72 689 pontos
143 972 elementos

Propagação de ondas Aplicações Numéricas:

Porto de Vila do Porto

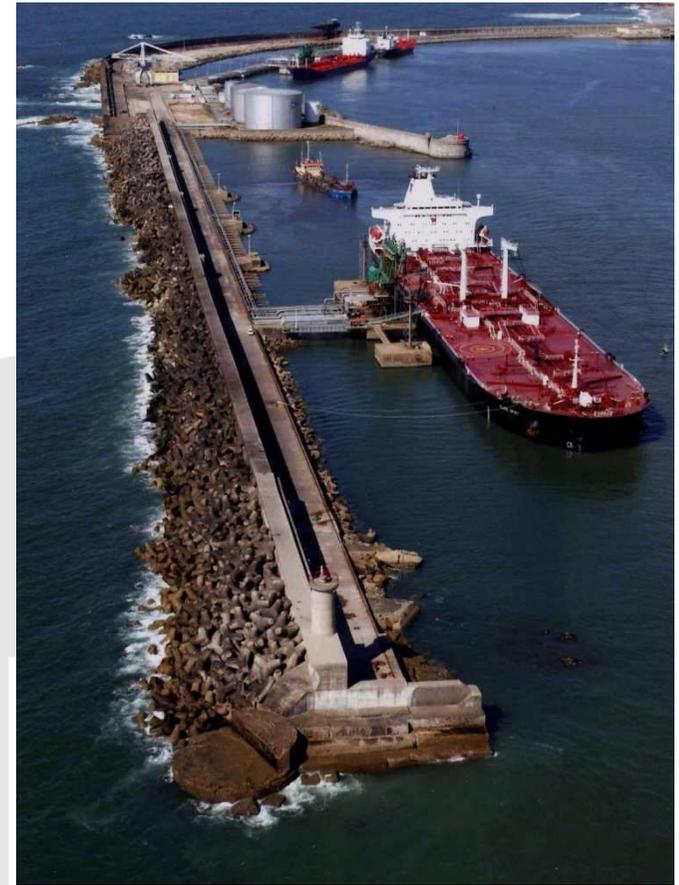
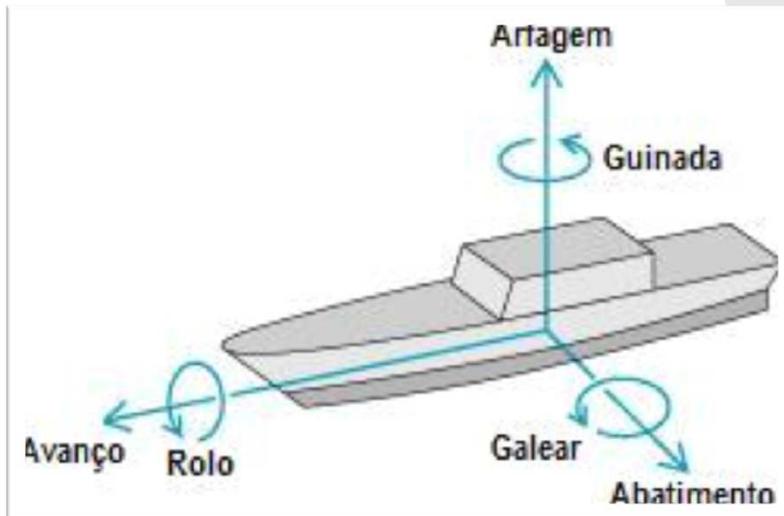
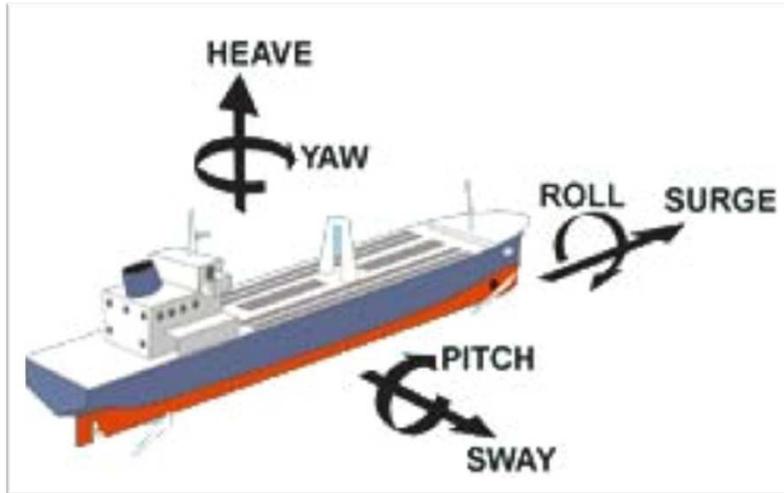


Praia de Faro



Resposta de navios às ondas

> Movimento dum navio



6 graus de liberdade:

- F1 – Surge ou Avanço
- F2 – Sway ou Abatimento
- F3 – Heave ou Arfagem
- M1 – Roll ou Rolo
- M2 – Pitch ou Galear
- M3 – Yaw ou Guinada

Resposta de navios às ondas - Aplicação Numérica

> Estado de mar incidente no exterior da baía

- Ondas regulares Sudoeste

> Baía portuária

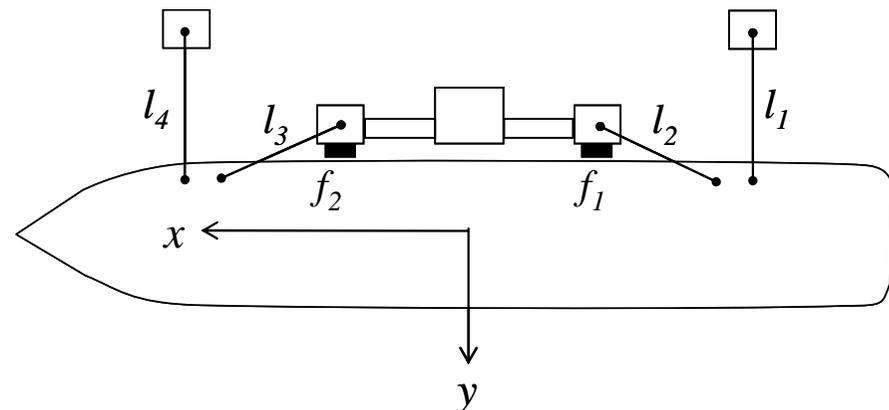
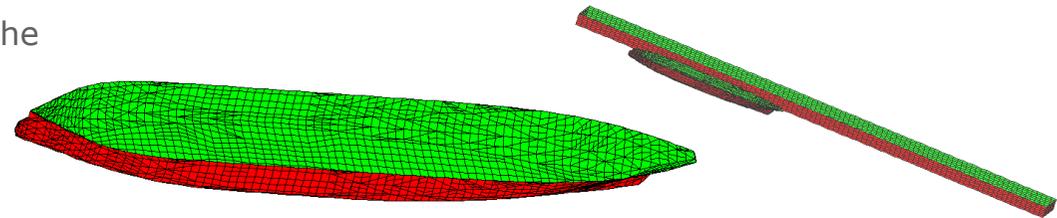
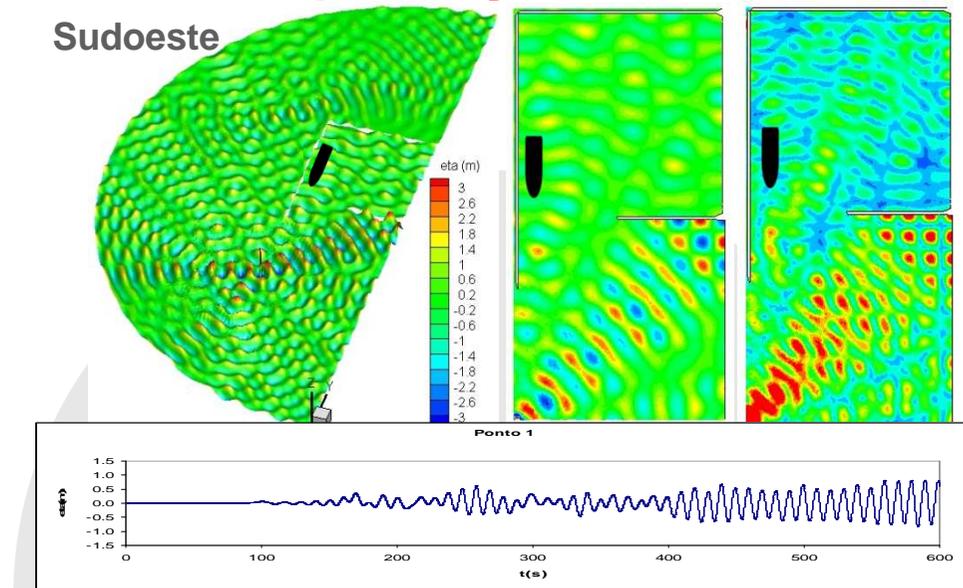
- esquemática 750x1000m

> Navio

- Comprimento na flutuação: 243 m
- Boca máxima: 42 m
- Calado: 14 m
- Volume deslocado: 108 416 m³
- Navio livre a 30m da parede do molhe (750mx50m)
- Profundidade: 17 m
- Superfície molhada do casco: 3732 painéis
- Parede: 1284 painéis
- 76 frequências entre 0.0125 rad/s e 0.95 rad/s.

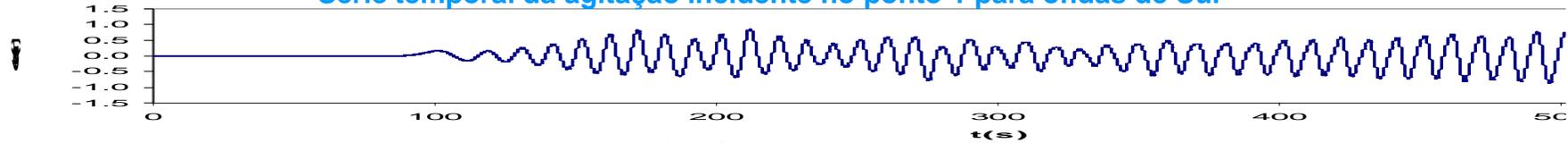
> Amarração:

- dois travêzes, duas regeiras
 - polietileno, tracção máxima de 1274 kN
- duas defensas
 - Pneumáticas, força de compressão máxima de 3034 kN

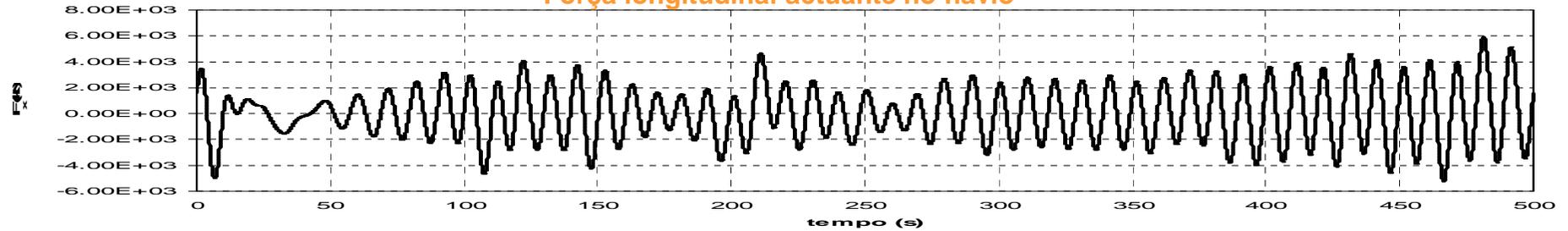


Resposta de navios às ondas - Aplicação Numérica

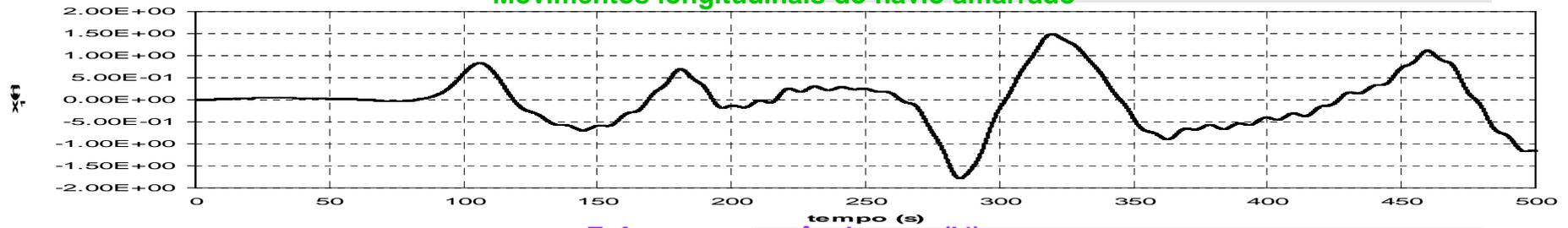
Série temporal da agitação incidente no ponto 1 para ondas de Sul



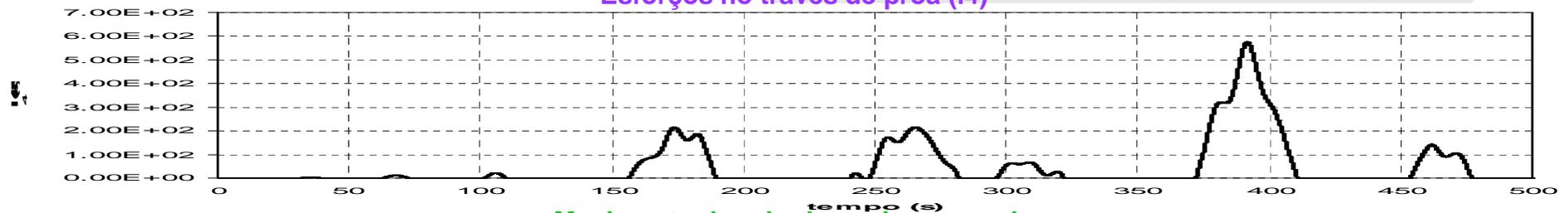
Força longitudinal actuante no navio



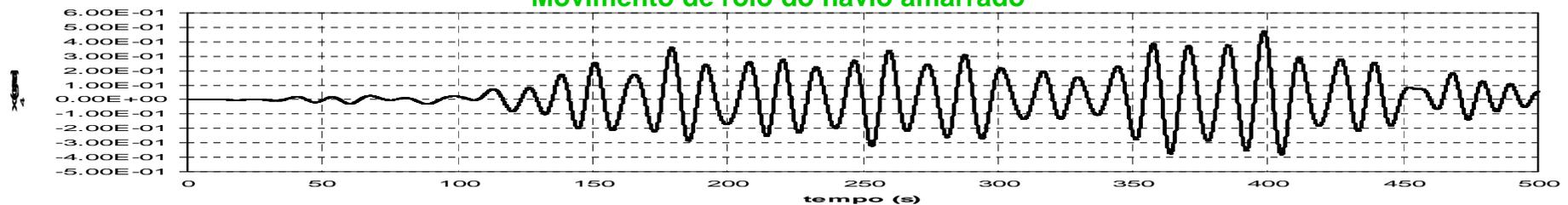
Movimentos longitudinais do navio amarrado



Esforços no travês de proa (I4)



Movimento de rolo do navio amarrado



COMENTÁRIOS FINAIS

- > Ferramenta numérica integrada:
 - Composta por: SWAN + BOUSS-WMH + WAMIT + BAS
 - Permite caracterizar a resposta dum navio amarrado no interior dum porto sujeito à acção da agitação marítima
 - Totalmente “*user-friendly*” com interfaces para cada modelo e transferência de informação entre eles

- > Numa fase de planeamento é possível:
 - Testar várias configurações para a construção de novos portos ou para ampliações de portos existentes
 - Localizar os postos de acostagem com maiores problemas dentro do porto

- > Numa fase de operação e havendo previsões de agitação marítima é possível:
 - Prever o comportamento do navio
 - Planear as actividades de carga e descarga
 - Atribuir postos de acostagem mais favoráveis aos navios
 - Decidir sobre o sistema de amarração

- > Trabalho futuro:
 - Acoplar a montante do sistema um modelo de escala regional de propagação de ondas associado a previsões de ventos

AGRADECIMENTOS

INEC

LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

- > Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT)
 - Projectos
 - *BRISA PTDC/ECM/67411/2006*
 - *MOIA PTDC/ECM/73145/2006*



OBRIGADA PELA VOSSA
ATENÇÃO