



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

9º Congresso da Água

ACOPLAGEM DE MODELOS NUMÉRICOS NO PACOTE SOPRO

Conceição Juana Fortes
Liliana Pinheiro
João Alfredo Santos



Tópicos

1. Introdução

2. Estrutura do SOPRO

3. Módulos do SOPRO

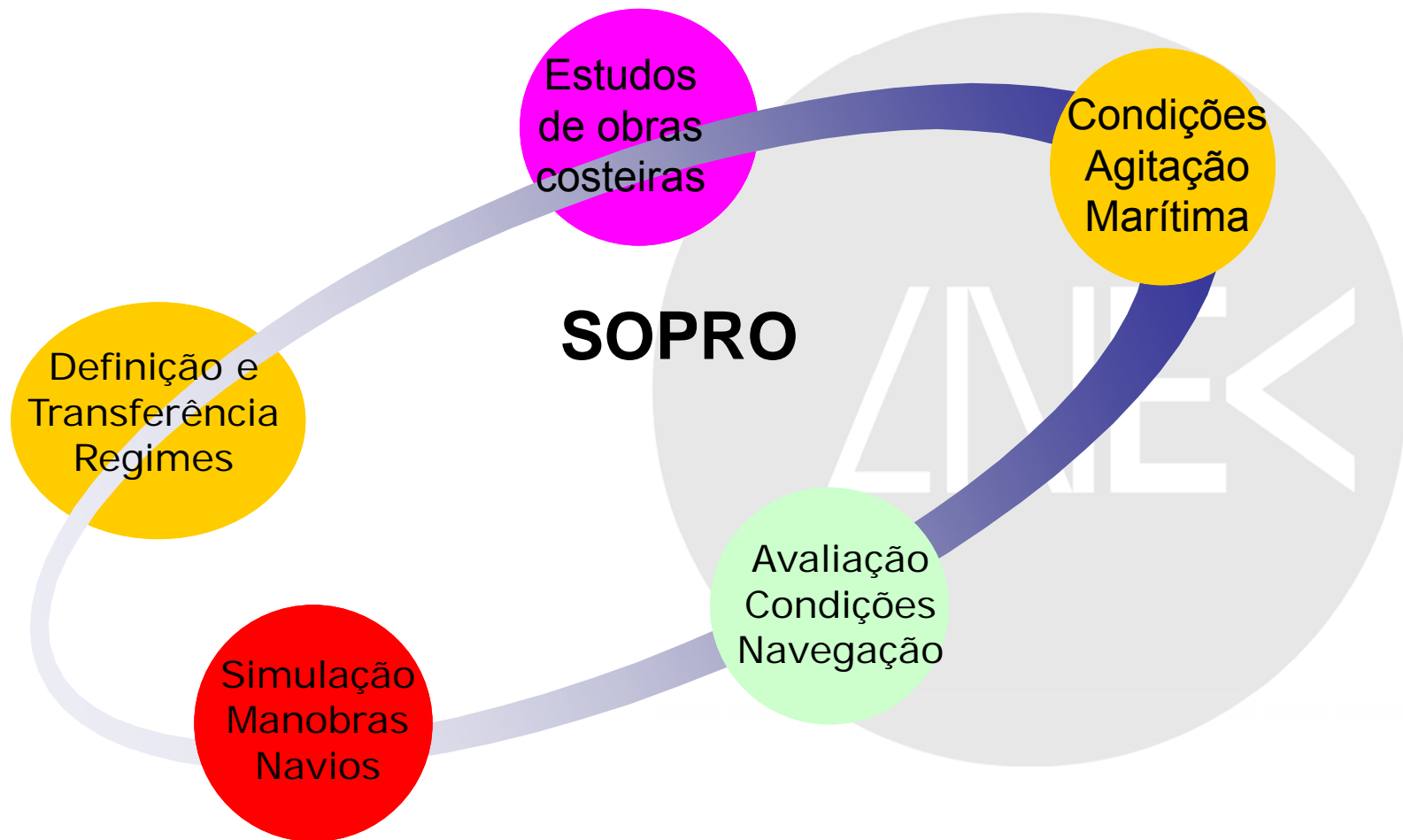
4. Acoplagem de modelos

5. Caso de estudo – Terminal XXI

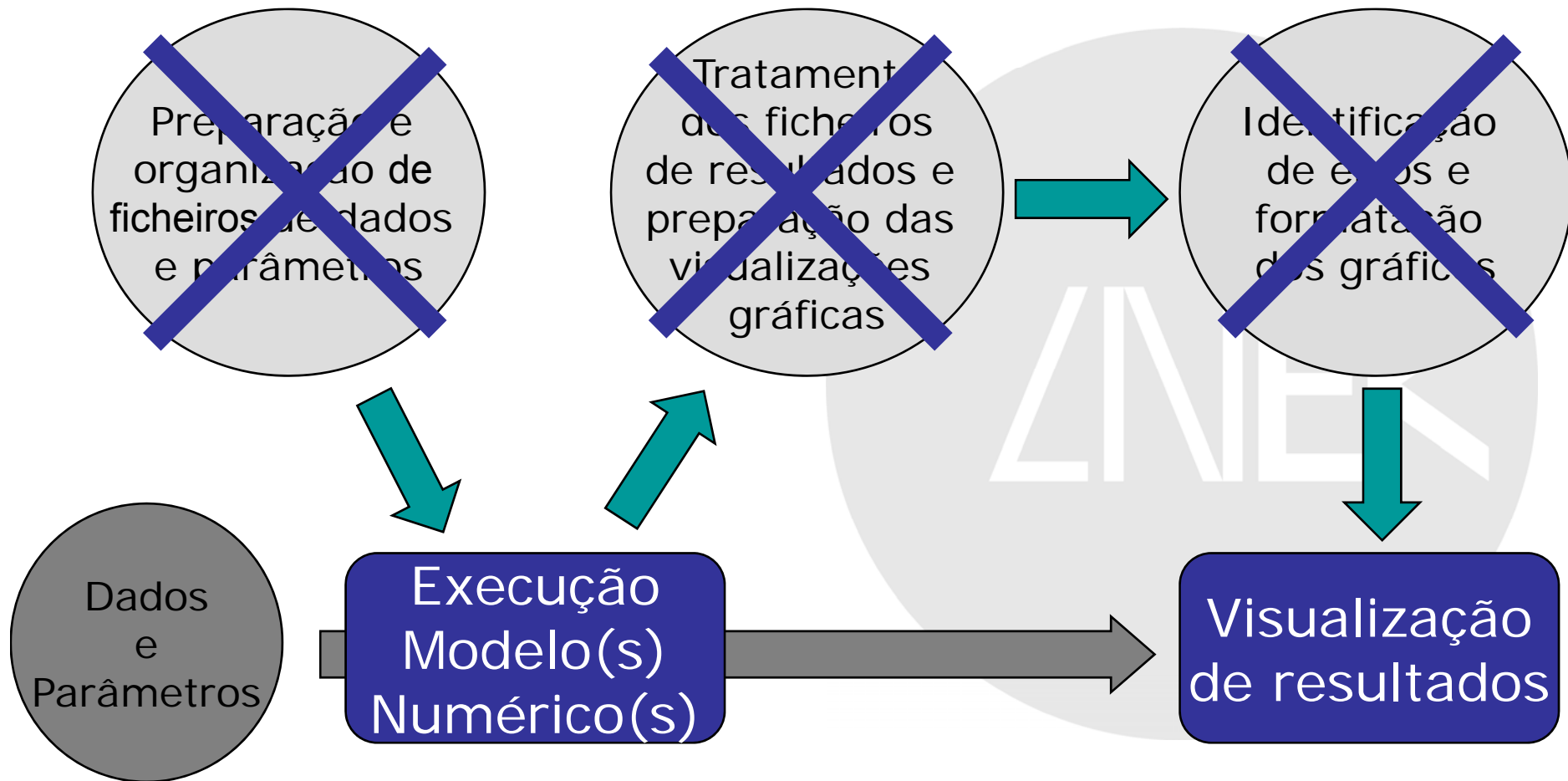
SOPRO - Uma ferramenta integrada para estudos de agitação marítima



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



SOPRO – Uma ferramenta integrada para estudos de agitação marítima



> SOPRO surgiu da necessidade de uniformizar e automatizar os procedimentos necessários à execução dos modelos numéricos

SOPRO - Uma ferramenta integrada para estudos de agitação marítima



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

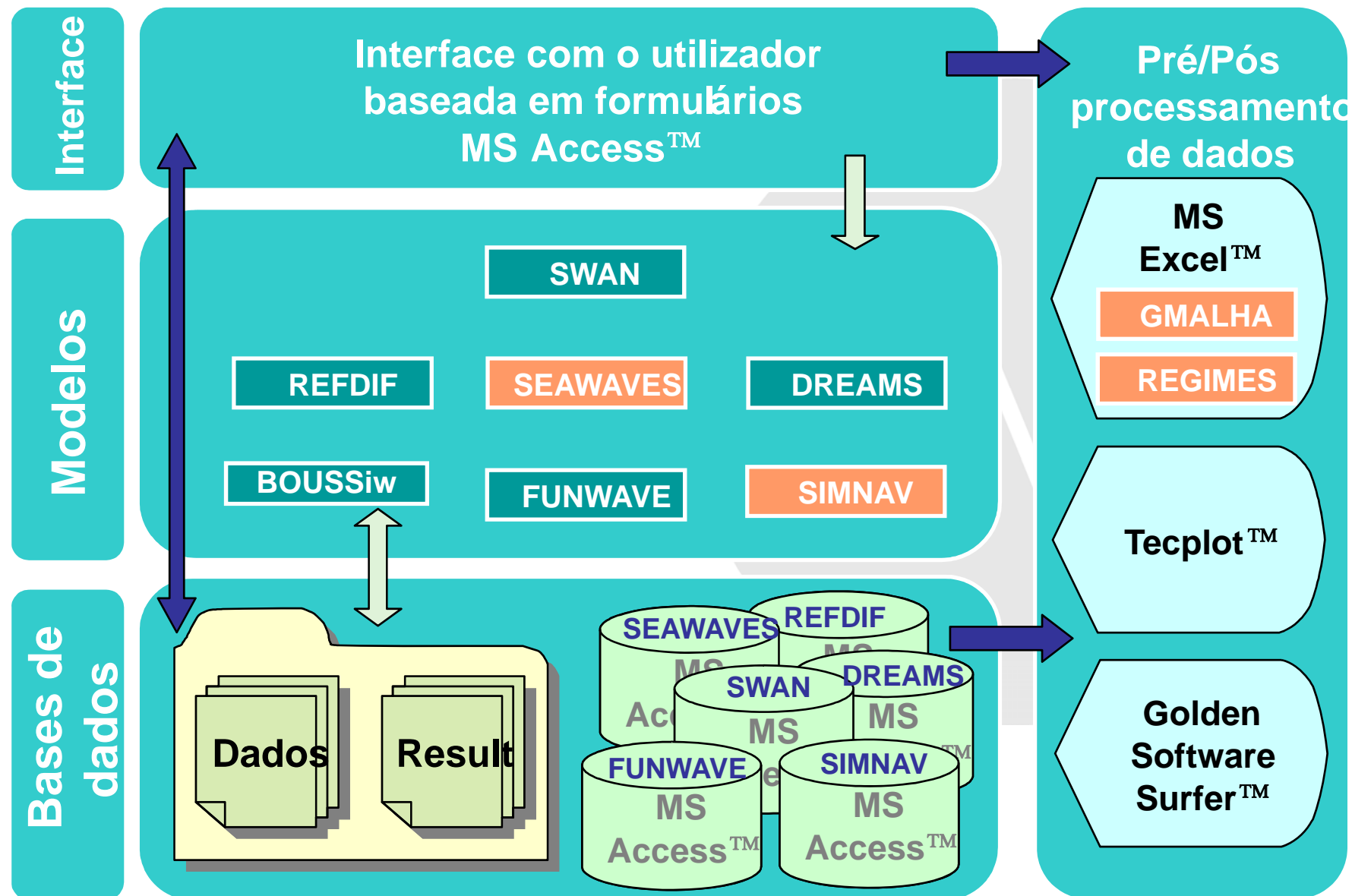
> Aplicação informática destinada a:

- A **análise de dados** de agitação marítima;
- A realização de estudos de **propagação de agitação marítima** desde o largo até ao interior de zonas abrigadas;
- **Prever os efeitos da agitação marítima** em estruturas de protecção costeira e no interior de portos
- Estabelecer e transferir **regimes** de agitação marítima
- **Simular manobras de navios** em zonas portuárias

Estrutura geral do SOPRO



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



SOPRO

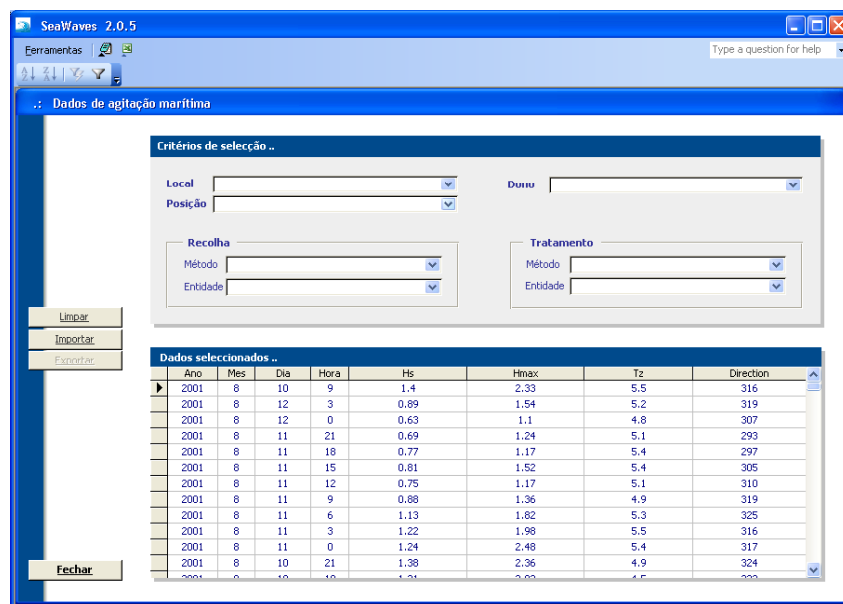


LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL





Módulo SEAWAVES



- > Compilação dos dados de agitação marítima na costa continental portuguesa

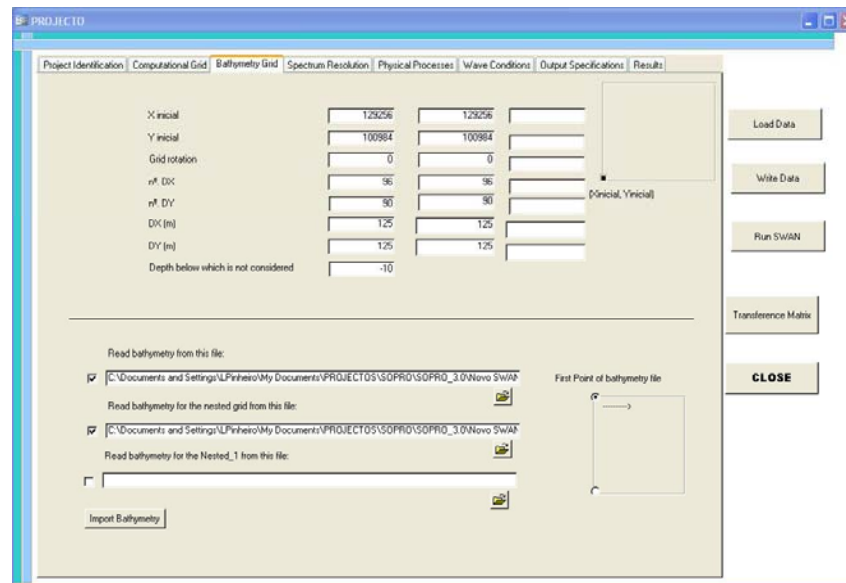
Módulo REGIMES

- > Transferência entre dois pontos do regime geral
- > Estabelecimento de regimes de agitação médios, de temporais e de extremos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Ano	Mês	Dia	Hora	HS (m)	TZ (s)	Dir (°)		
1									
2	88	5	26	18:00	0.08772	4.8	209.982		
3	88	5	26	21:00	0.07998	5.5	217.878		
4	88	5	27	00:00	0.21488	7.9	205.636		Reiniciar
5	88	5	27	03:00	0.2592	7.6	208.777		
6	88	5	27	06:00	0.2294	7.5	207.89		
7	88	5	27	09:00	0.1751	7.1	213.7		Extremos
8	88	5	27	12:00	0.17865	7.3	207.386		
9	88	5	27	15:00	0.0952	6.5	208.005		
10	88	5	27	18:00	0.08384	5.3	215.246		
11	88	5	27	21:00	0.0906	5.3	221.802		Médios
12	88	5	28	00:00	0.08179	5.6	214.418		
13	88	5	28	03:00	0.06028	6.5	204.876		
14	88	5	28	06:00	0.05876	5.7	216.966		
15	88	5	28	09:00	0.06906	6.1	210.276		Temporais
16	88	5	28	12:00	0.05117	6	211.241		
17	88	5	28	15:00	0.05379	5.9	211.932		
18	88	5	28	18:00	0.04819	5.5	219.194		
19	88	5	28	21:00	0.0468	5.4	221.156		
20	88	5	29	00:00	0.05589	5.1	208.666		
21	88	5	29	03:00	0.0492	4.5	221.802		
22	88	5	29	06:00	0.0488	4.8	219.194		
23	88	5	29	09:00	0.0456	4.8	223.094		
24	88	5	29	12:00	0.057	5.1	220.833		
25	88	5	29	15:00	0.06344	5.3	219.194		



Módulo SWAN



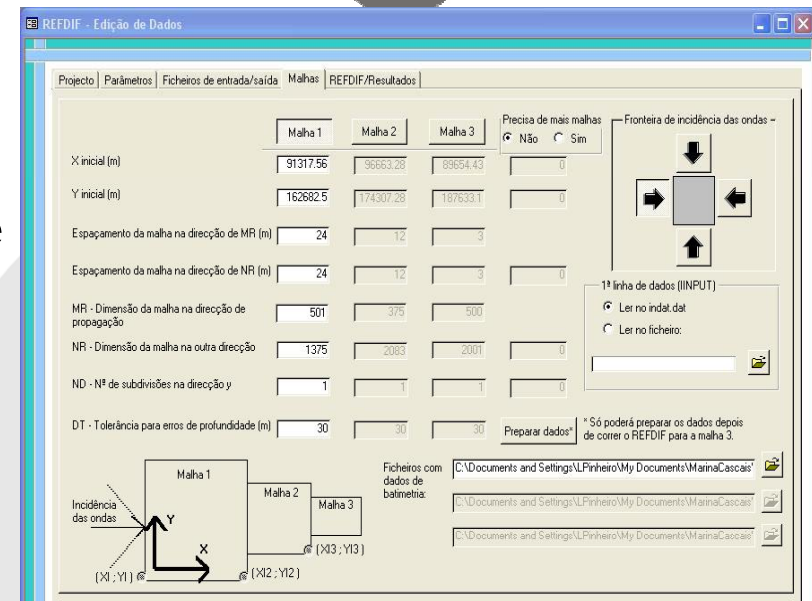
> Modelo espectral não-linear para geração e propagação da agitação marítima em áreas da ordem da dezena de quilómetros

Módulo REFDIF

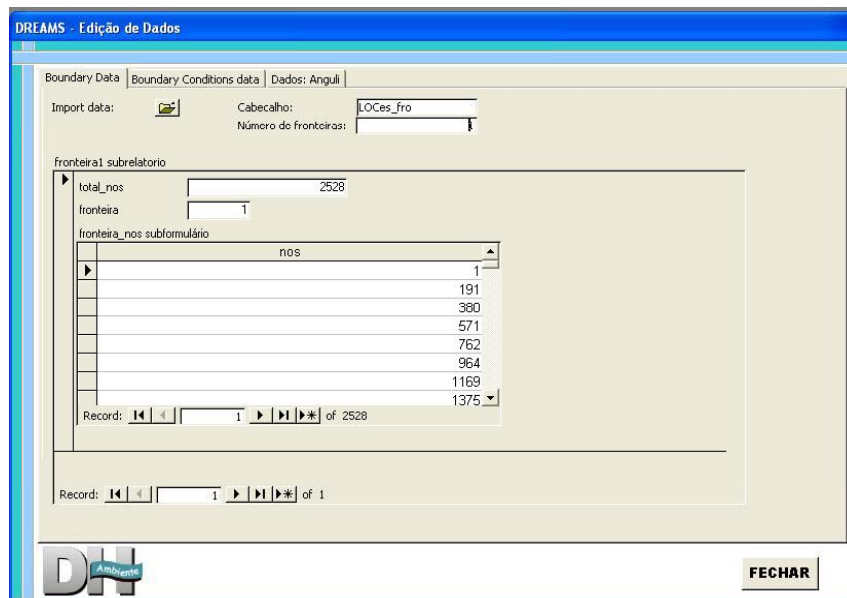


LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

- > Propagação e deformação de ondas regulares em zonas de declive suave da ordem da dezena de quilómetros



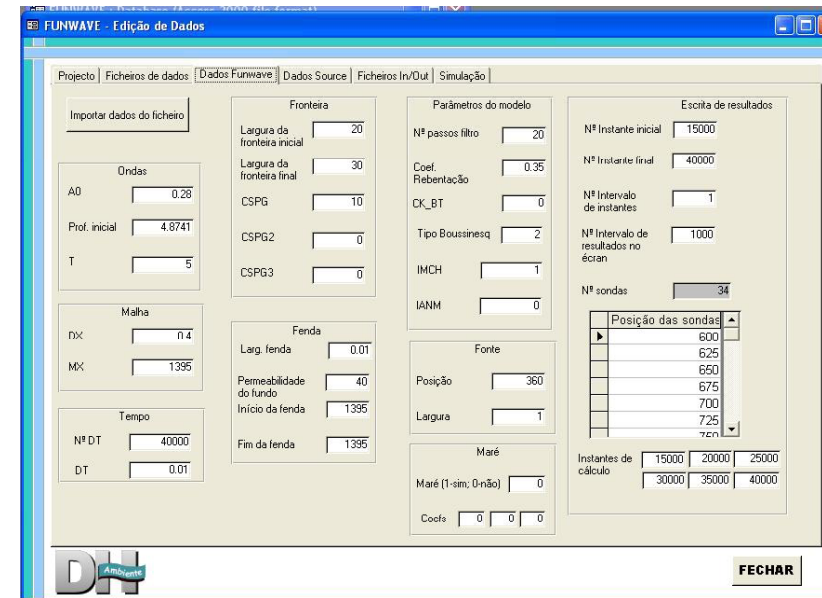
Módulo DREAMS



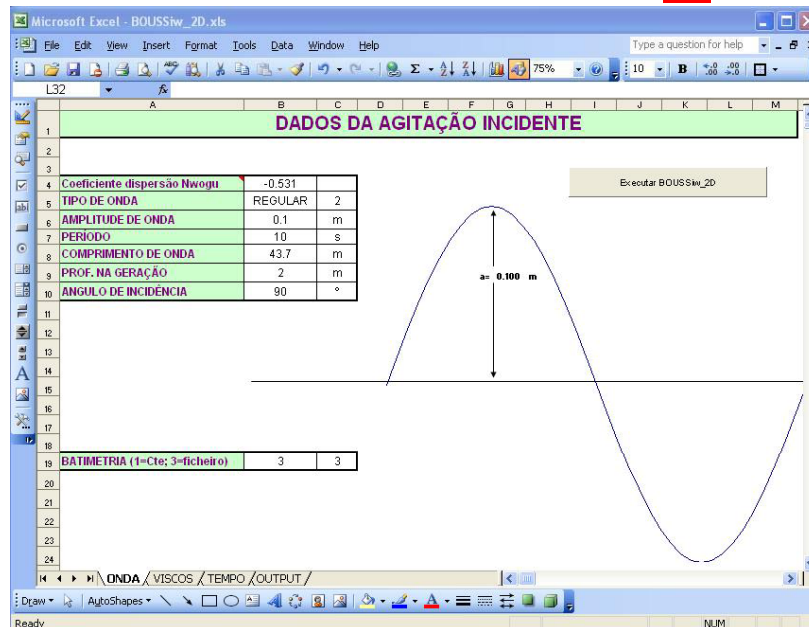
- > Propagação e deformação de ondas regulares no interior de portos ou zonas abrigadas

Módulo FUNWAVE

- > Propagação e deformação de ondas não-lineares em regiões costeiras de pequena dimensão



Módulo BOUSS_iw

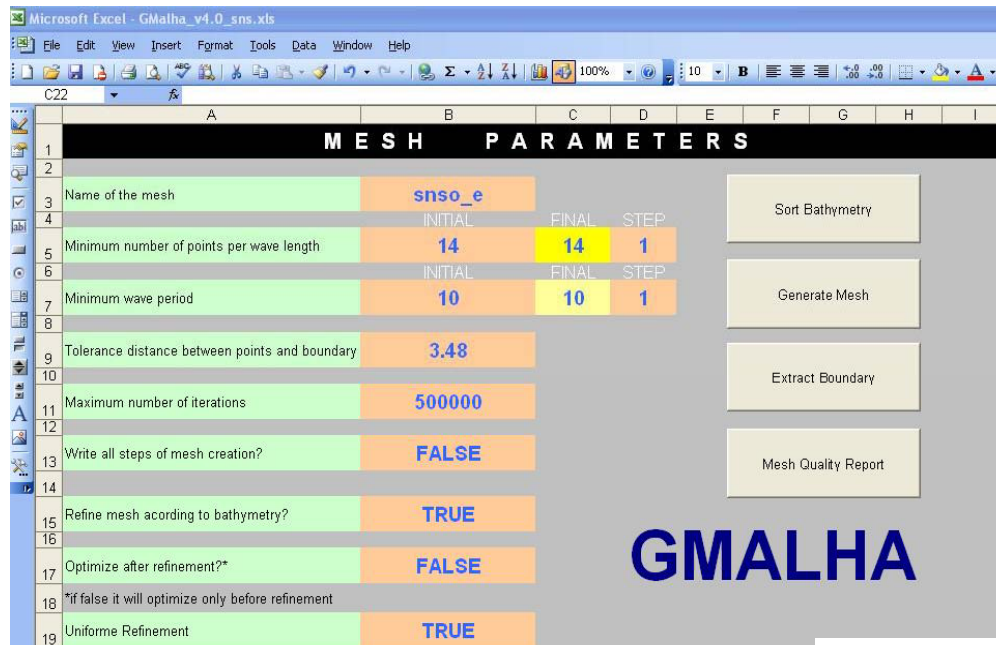


- > Propagação e deformação de ondas regulares ou irregulares no interior de portos ou zonas abrigadas

Módulo GMALHA



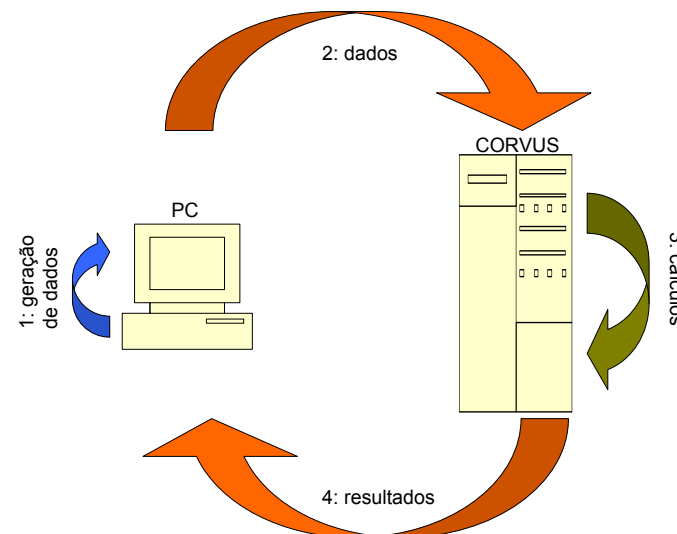
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



> Geração automática de malhas de elementos finitos com densidade local proporcional ao comprimento de onda

Execução remota dos modelos

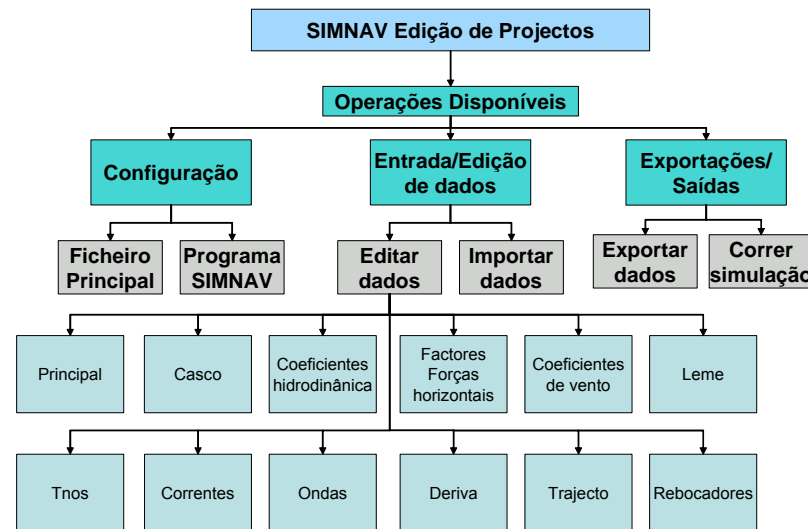
> Liberta o computador pessoal para realizar outras tarefas



Módulo SIMNAV



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



> Simulação das manobras de navegação de um navio

simnav_edit : Formulário

Edição dos dados do SIMNAV

Principal Costa Trajecto Coeficientes de Vento Deriva

Principal Casco Coeficientes Hidrodinâmicos Factores de Forças Horizontais Leme Tnós Correntes Ondas Rebocador

Ficheiro: C:\simnav\principal.txt Exportar Ficheiro

plc1: linha 1 n1aj_158.txt
 plc2: linha 2 viagem de saída
 plc3: linha 3 não há ficheiro
 plc4: linha 4 sem correntes o
 plc5: linha 5 navio a arrumar

xb0: 337700
 yg0: 3622800
 rumo0: 196.26
 ub0: 0.00005
 vb0: 0
 rb0: 0

imin: 1 imax: 14 istep: 2
 jmin: 1 jmax: 16 jstep: 2
 kmin: 1 kmax: 16 kstep: 2
 lmin: 1 lmax: 16 lstep: 2

distorta: 100
 seg0: 14
 seg1: 43

fichCasco: C:\simnav\casco.txt
 fichLeme: C:\simnav\leme.txt
 bcorr: 1

bonda: 1
 fichDeriva: C:\simnav\deriva.txt
 fichOndas: C:\simnav\ondas.txt
 vvento: 7.86
 rvento: 225
 angxwe: 0

fichRebocador: C:\simnav\reboc.txt
 fichTrajecto: C:\simnav\traj.txt

Sair

**TIPO DE
PROGRAMA**

Fluxograma de dados

LABORATÓ
DE ENGENH
AMBIENTE

 Pós Processamento
de Resultados
Programas
Comerciais

SURFER
TECPLOT

 MS
Windows™

 Pré e Pós
Processamento
de Dados

REGIMES
GMALHA

 MS
Excel™
+
VBA

 Modelos
Numéricos de
Propagação
da agitação

REFDIF
SWAN
SEAWAVES
DREAMS
BOUSSiw

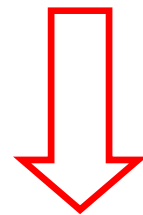
 MS
Access™
+
VBA

FUNWAVE
SIMNAV

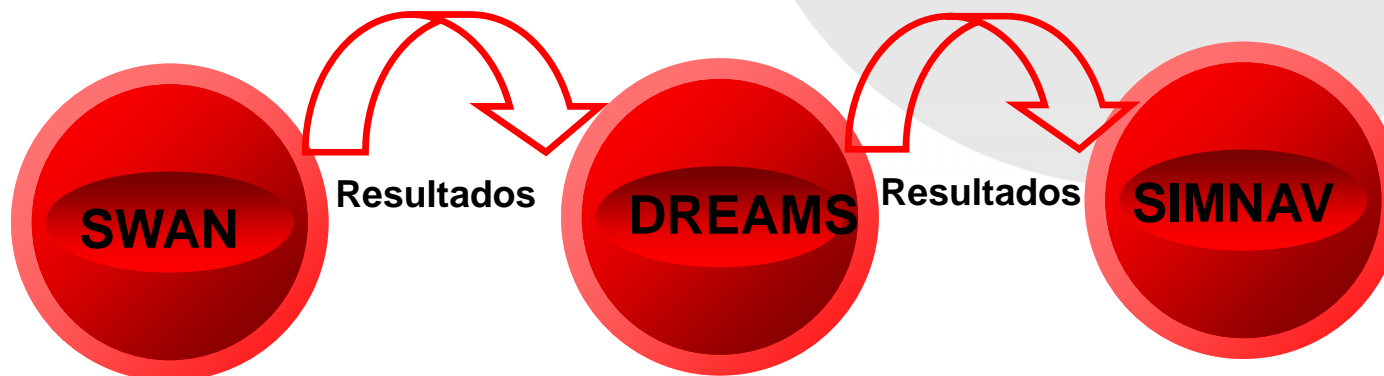
 Modelo
Simulação
Trajectória
de Navios

Acoplagem de modelos

- > Em vários locais da costa portuguesa é necessário acoplar dois ou mais modelos para efectuar a caracterização da agitação marítima nesses locais, dadas as limitações inerentes a cada modelo numérico

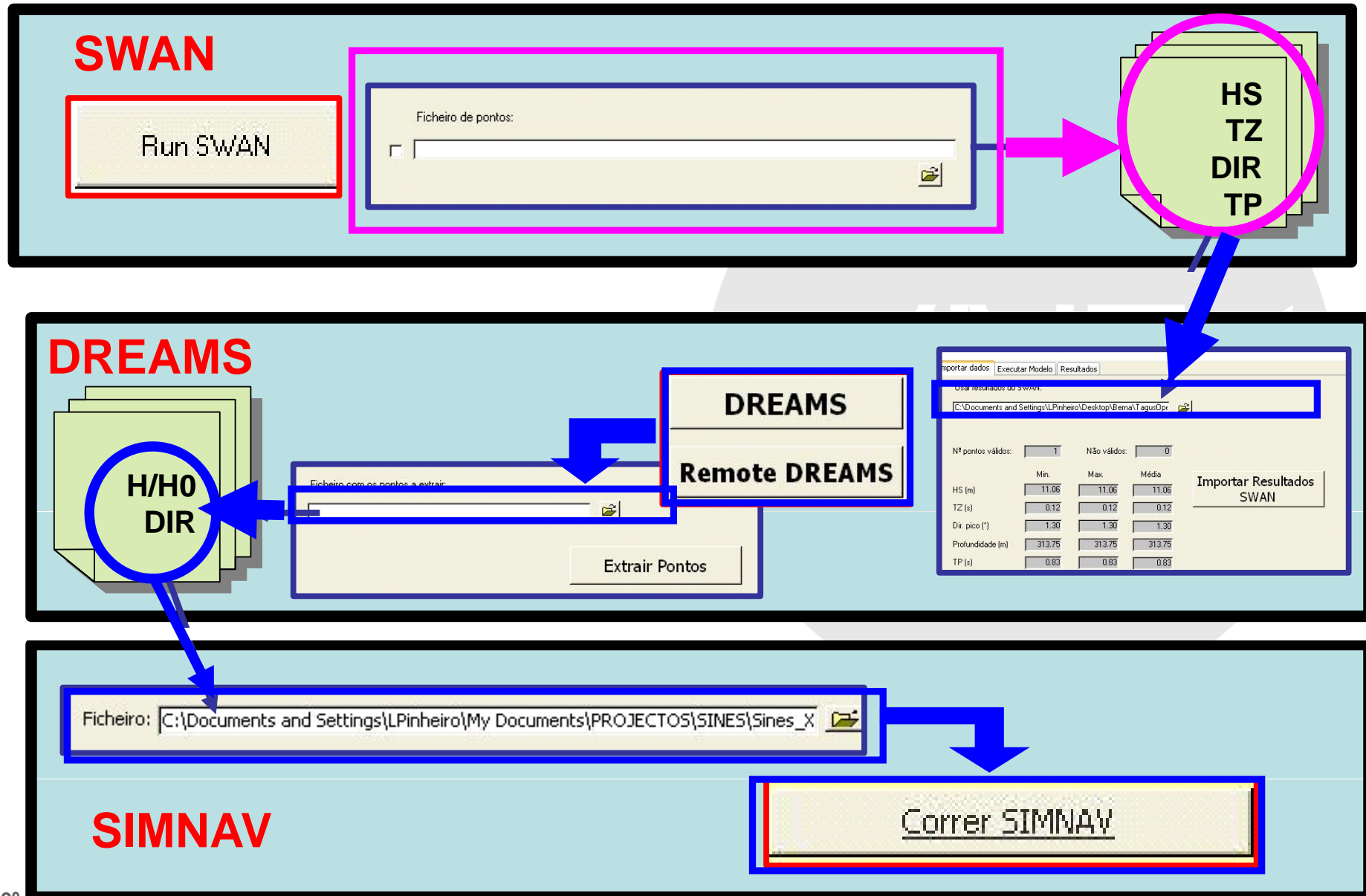


Acoplagem entre modelos numéricos





Acoplagem de modelos



TERMINAL XXI - PORTO DE SINES



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



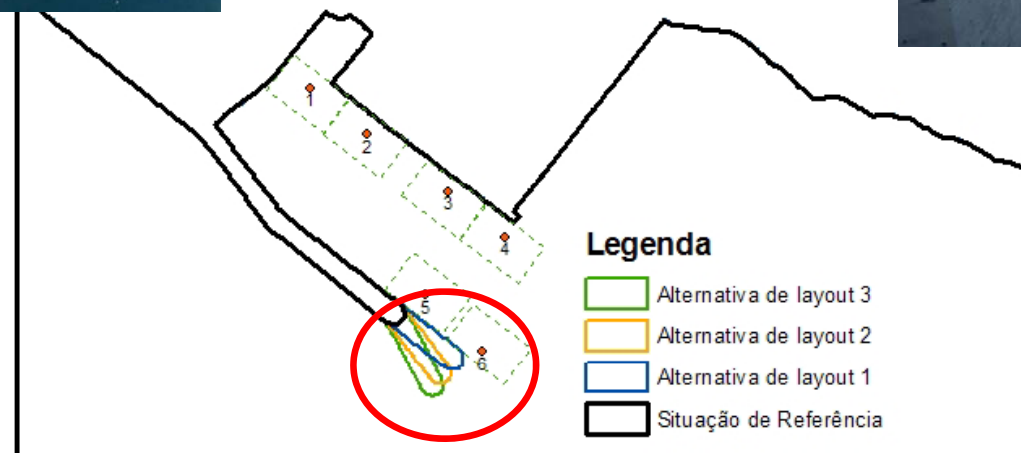
TERMINAL XXI - PORTO DE SINES



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> OBJECTIVO:

Seleccção do traçado da extensão do molhe Leste do terminal XXI de contentores daquele porto



TERMINAL XXI - PORTO DE SINES



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> Selecção do traçado

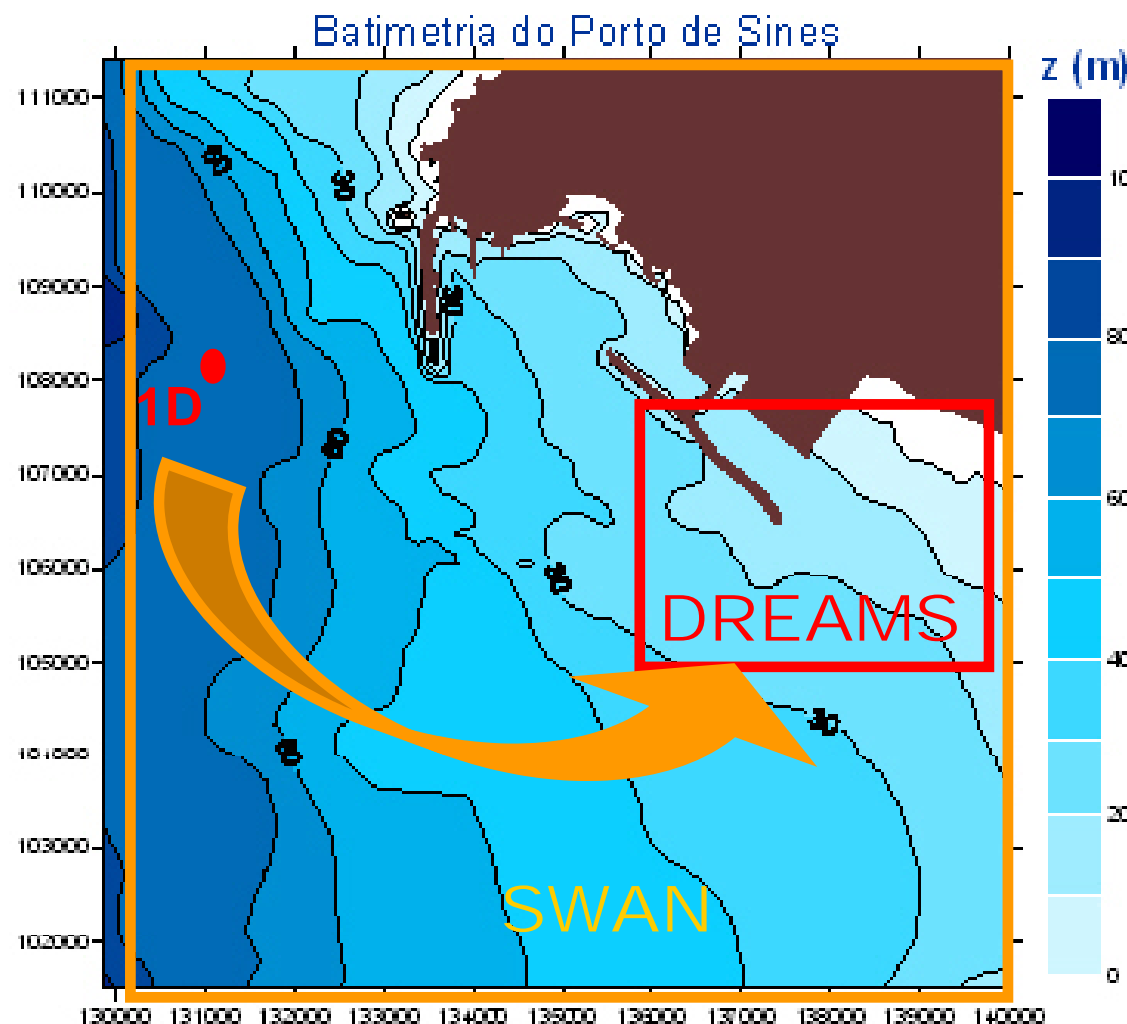
- Análise das condições de agitação ao longo do cais do terminal
 - *SWAN*
 - *DREAMS*
- Dificuldade da manobra de um porta-contentor com a capacidade de 6000 TEU na aproximação ao terminal XXI
 - *SIMNAV*

Aplicação de SWAN-DREAMS

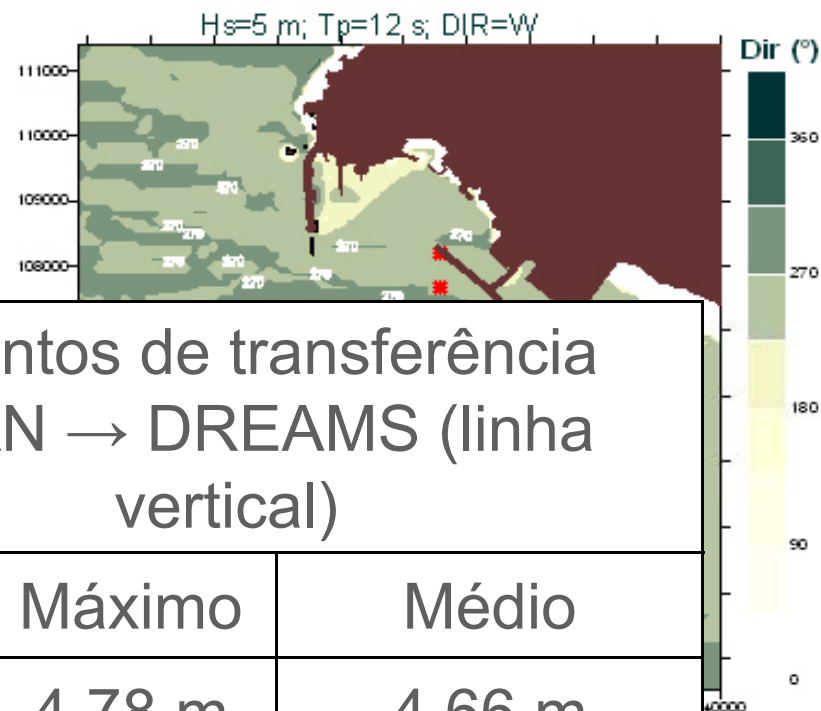
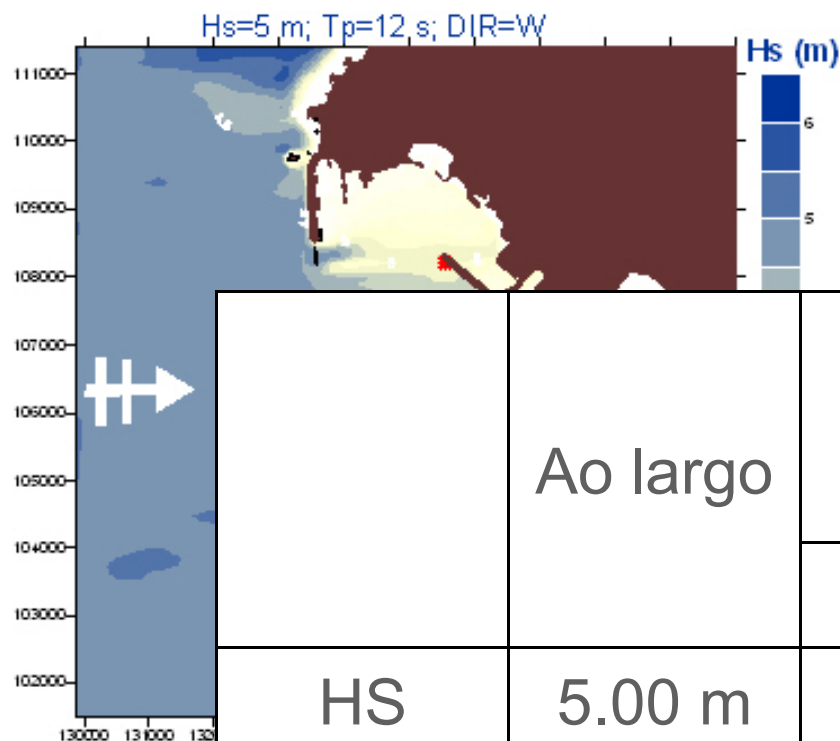


LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

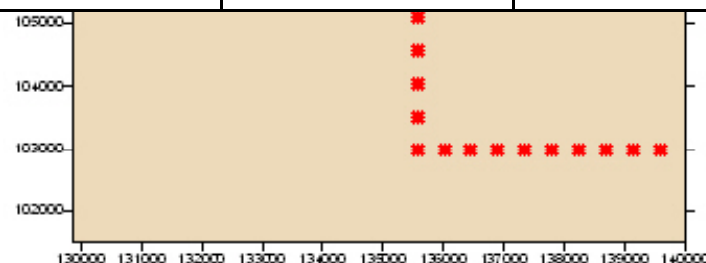
> Caracterização da agitação marítima



ACOPLAGEM DE MODELOS NUMÉRICOS NO PACOTE SOPRO



Ao largo		Nos pontos de transferência SWAN → DREAMS (linha vertical)		
		Mínimo	Máximo	Médio
HS	5.00 m	4.43 m	4.78 m	4.66 m
TZ	9.40 s	9.11 s	9.23 s	9.19 s
TP	12.00 s	11.73 s	11.73 s	11.73 s
Dir	270°	264°	270°	266°



* Pontos extraídos

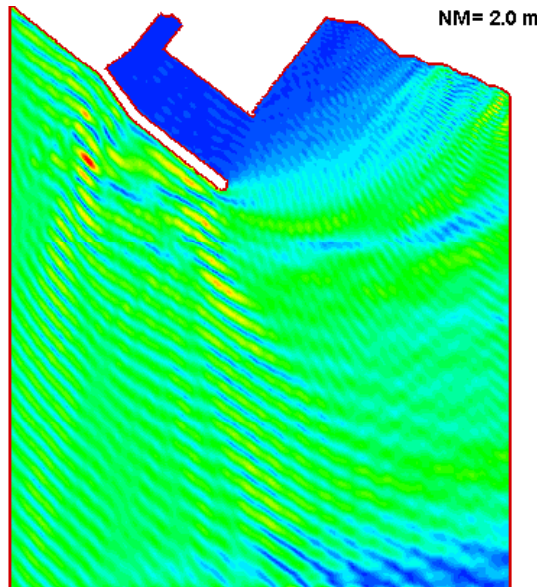
**Aplicação de
SWAN**

Aplicação do modelo DREAMS

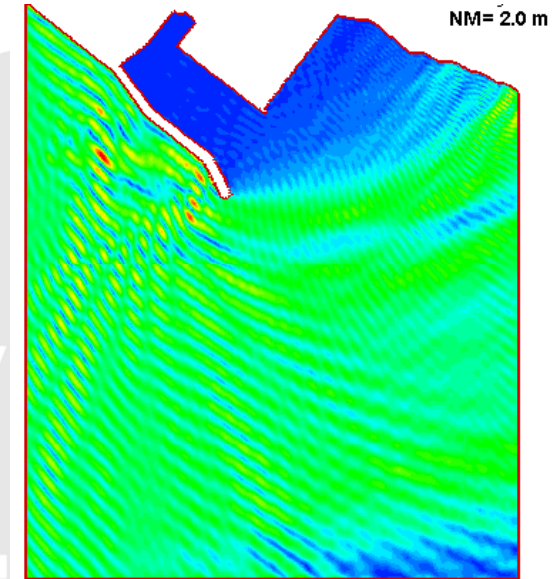


LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

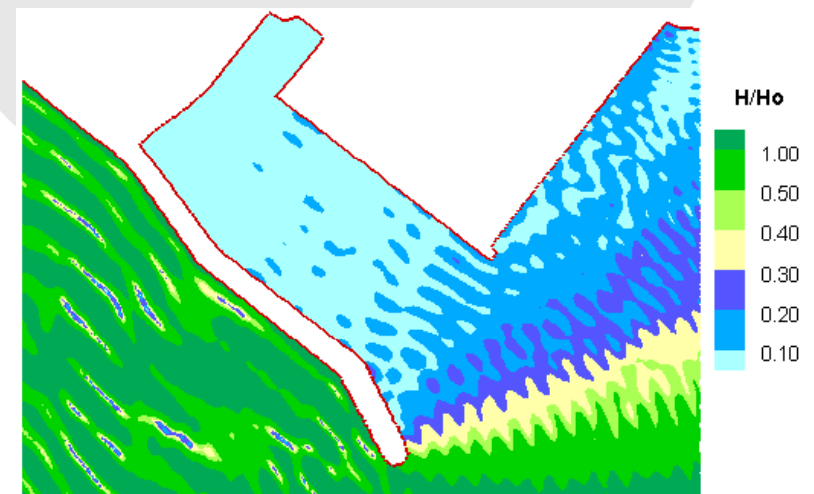
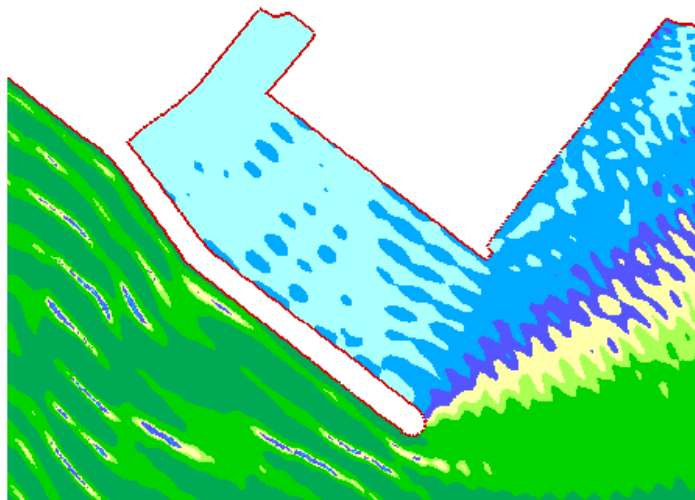
Layout 1 – +320 m



Layout 3 – +320 m com 25°



TP= 11.73 s
Direcção=266°



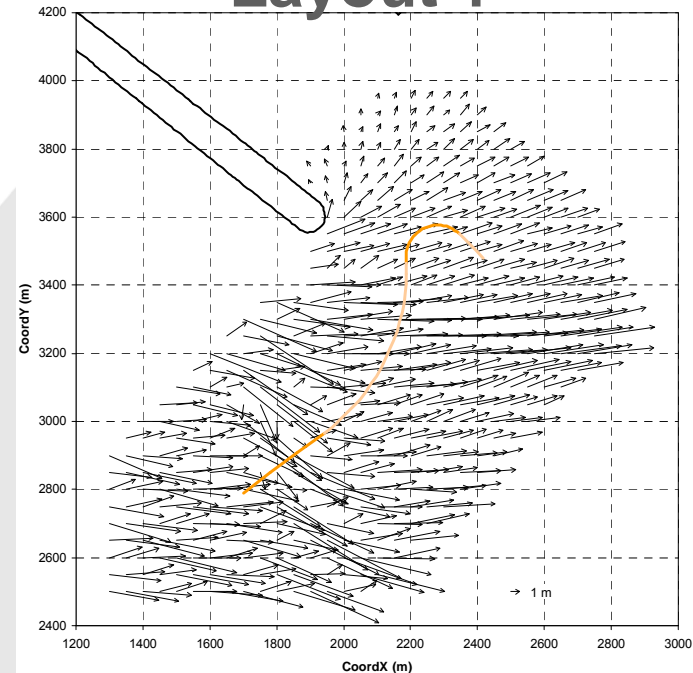
Aplicação do modelo DREAMS



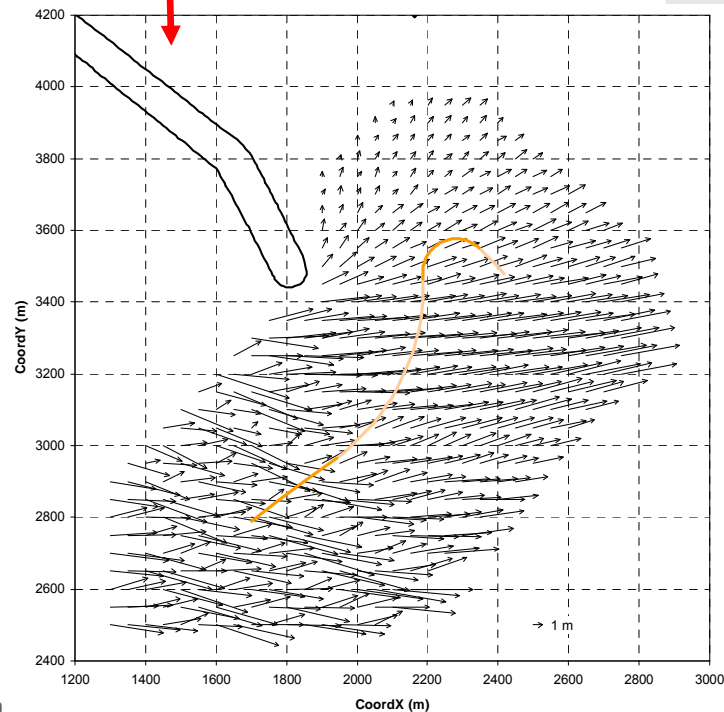
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Layout 1



Layout 3

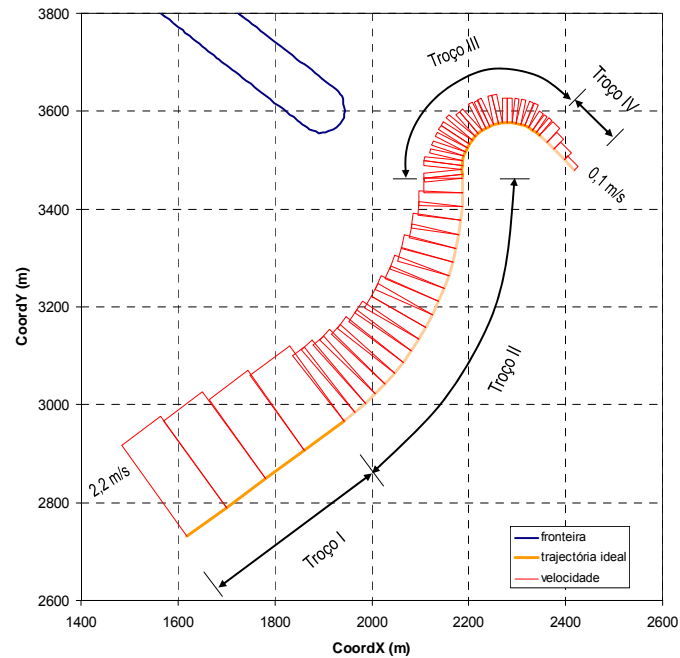


**Saída de resultados
do modelo DREAMS**

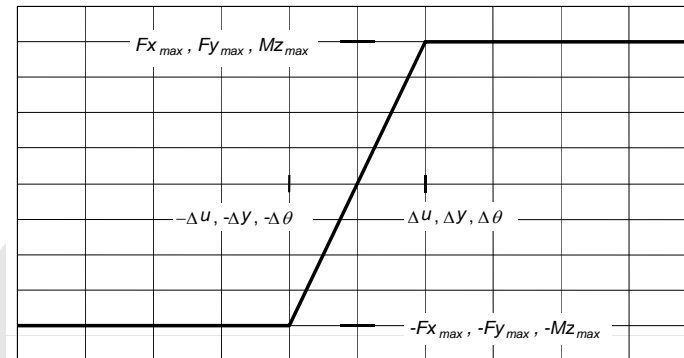
Aplicação do modelo SIMNAV



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Trajectória e velocidade de avanço ideais consideradas na simulação das manobras



Altura e período da ondulação incidente	Δu_0 (m/s)	$F_{x_{max}}$ (N)	Δy_0 (m)	$F_{y_{max}}$ (N)	$\Delta \theta_0$ (°)	$M_{z_{max}}$ (Nm)
2 m ; 8 s	0,04	$1,0 \times 10^6$	2,5	$2,5 \times 10^6$	4,0	$4,0 \times 10^8$
3 m ; 10 s	0,04	$1,0 \times 10^6$	4,0	$4,0 \times 10^6$	4,0	$4,0 \times 10^8$
5 m ; 12 s	0,06	$1,5 \times 10^6$	12,0	$1,2 \times 10^7$	4,5	$4,5 \times 10^8$

Evolução das componentes da força horizontal e do momento de guinada a exercer no centro de gravidade do navio com os desvios de posição, velocidade de rumo do navio

- > Simulou-se apenas a primeira fase da manobra de entrada do navio que termina com o navio paralelo ao cais do Terminal de Contentores
 - fora da zona do terminal
 - a trajectória ideal a seguir pelo navio nesta manobra não varia com a configuração do prolongamento do molhe leste considerada

Aplicação do modelo SIMNAV



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

simnav_edit : Formulário

Edição dos dados do SIMNAV

Principal Casco Coeficientes Hidrodinâmicos Factores de Forças Horizontais Leme Tnós Correntes Ondas Rebocador

Ficheiro: C:\simnav\principal.txt Exportar Ficheiro

plc1: linha 1 na 158.txt n
plc2: linha 2 viagem de saída
plc3: linha 3 não há ficheiro
plc4: linha 4 sem correntes o
plc5: linha 5 navio a arrumar

fichCasco: C:\simnav\casco.tx
fichLeme: C:\simnav\leme.txt
bcorr: 1
bondas: 1
fichDeriva: C:\simnav\deriva.txt
fichOndas: C:\simnav\ondas.txt
vvento: 7.86
rvento: 225
angxwe: 0

xg0: 337700
yg0: 3622800
rumo0: 196.26
ub0: 0.00005
vb0: 0
rb0: 0
passo: 1
tolera: 1
ncontro: 1
fichRebocador: C:\simnav\reboc.txt
fichTrajecto: C:\simnav\traj.txt

imin: 1 imax: 14 istep: 2
jmin: 1 jmax: 16 jstep: 2
kmin: 1 kmax: 16 kstep: 2
lmin: 1 lmax: 16 lstep: 2

distorta: 100
seg0: 14
seg1: 43

Sair

Ondas: Ficheiros de
DREAMS

Ventos: NW e SW Uniforme

Características do navio

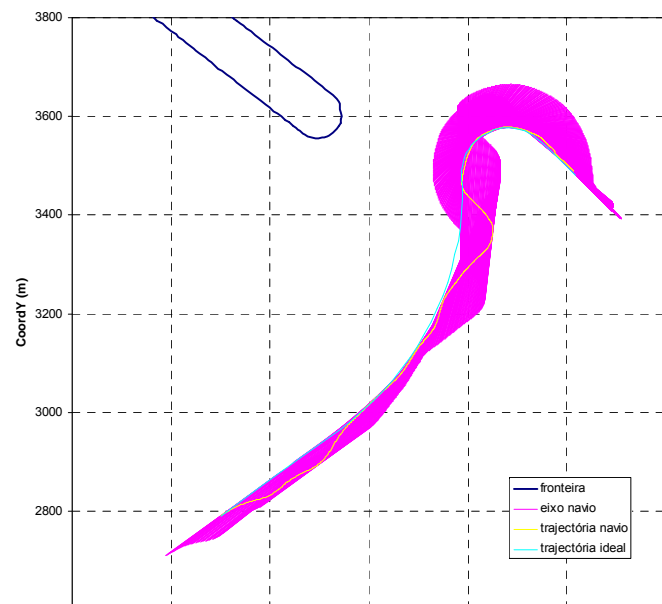
- Comprimento na flutuação 275,0 m;
- Calado 14,5 m;
- Boca 40,0 m.

Edição dos dados do SIMNAV

Principal Casco Coeficientes Hidrodinâmicos Factores de Forças Horizontais Leme Tnós Correntes Ondas Rebocador

Ficheiro: C:\Documents and Settings\LPinheiro\My Documents\PROJECTOS\SINES\Sines_X Exportar Ficheiro

ondc1: 1300.227
ondc2: 2500
ondc3: 0.9341



Aplicação de SIMNAV

Ondas		Rumo vento	Alternativa 1					Alternativa 3				
Período	Rumo		Troço I	Troço II	Troço III	Troço IV	Viagem	Troço I	Troço II	Troço III	Troço IV	Viagem
8 s	SW	NW	M. Fácil	M. Fácil	Médio	Médio	4	M. Fácil	M. Fácil	Médio	Médio	4
		SW	M. Fácil	M. Fácil	Médio	M. Fácil	2	M. Fácil	M. Fácil	Médio	M. Fácil	2
	W	NW	M. Fácil	Fácil	Médio	M. Fácil	3	M. Fácil	M. Fácil	Médio	M. Fácil	2
		SW	M. Fácil	Fácil	Médio	M. Fácil	3	M. Fácil	Fácil	Médio	M. Fácil	3
10 s	SW	NW	M. Fácil	M. Fácil	Médio	Médio	4	M. Fácil	M. Fácil	Médio	Médio	4
		SW	M. Fácil	Fácil	Médio	Médio	5	M. Fácil	Fácil	Médio	Médio	5
	W	NW	Médio	Fácil	Médio	M. Fácil	5	M. Fácil	Fácil	Médio	M. Fácil	3
		SW	Médio	Médio	Médio	M. Fácil	6	Fácil	Médio	Fácil	M. Fácil	4
12 s	SW	NW	M. Fácil	Fácil	Médio	Médio	5	M. Fácil	Fácil	Médio	Fácil	4
		SW	M. Fácil	Fácil	Médio	Médio	5	M. Fácil	Fácil	Médio	Fácil	4
	W	NW	Médio	Médio	Fácil	M. Fácil	5	Fácil	Fácil	Fácil	M. Fácil	3
		SW	Médio	Médio	Fácil	M. Fácil	5	Fácil	Médio	Fácil	M. Fácil	4

CONCLUSÕES



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Transferência automática de informação entre os modelos SWAN, DREAMS e SIMNAV

> Vantagens do SOPRO:

- o Armazenamento e sistematização de toda a informação*
- o Facilidade de utilização e de implementação de alterações ao estudo*
- o Diversas opções de cálculo*
- o Malhas de boa qualidade e a melhoria no desempenho dos modelos DREAMS e BOUSSiw*
- o Execução remota permite o aumento das dimensões máximas permitidas para as malhas de cálculo*
- o Diminuição do tempo dispendido nas simulações - simplifica gestos repetitivos de pré e pós-processamento*
- o Alerta para a existência de erros e possíveis incongruências*
- o Actualizações simples (MS Access™ e VBA)*

CONCLUSÕES



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> Trabalho futuro:

- Interligação dos restantes modelos com transferência automática de informação entre eles
- Uniformização das estruturas de dados e resultados dos vários modelos
- Evolução para um sistema operacional de previsão da ondulação em portos

AGRADECIMENTOS



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

- > Branca Branco
- > FCT através dos projectos
 - POCTI/CTA/48065/2002
 - PTDC/ECM/73145/2006

OBRIGADA PELA VOSSA
ATENÇÃO