

GALGAMENTO DO QUEBRA-MAR POENTE DE ALBUFEIRA: COMPARAÇÃO ENTRE O MODELO NUMÉRICO SPH E MEDIÇÕES DE CAMPO

Eric Didier ⁽¹⁾

Óscar Ferreira ⁽²⁾

João Dias ⁽¹⁾

Diogo R.C.B. Neves ⁽¹⁾

Ana R. Carrasco ⁽²⁾

Maria T. Reis ⁽¹⁾

Maria da Graça Neves ⁽¹⁾

1- LNEC 2- CIMA/UALG

Enquadramento

- SPACE
 - Desenvolver um modelo numérico capaz de modelar os fenómenos não lineares presentes na interacção de ondas com estruturas costeiras
 - Estimar as forças sobre estruturas
 - Avaliar o galgamento
- Este modelo numérico já foi alvo de inúmeros desenvolvimentos e análises de sensibilidade ao nível do modelo (escala reduzida) e validação com dados experimentais obtidos em modelo físico

Índice

- Objectivos
 - Avaliar o comportamento do modelo SPHyCE no cálculo do galgamento num quebra-mar à escala real
 - Analisar a aplicabilidade da ferramenta numérica integrada
- Caso de estudo
 - Quebra-mar Poente do Porto de Pesca de Albufeira
- Ferramenta numérica
 - SWAN – Propagação das condições de agitação do largo até à costa
 - Bouss2D – zona batimétrica
 - SPHyCE – Interacção onda-estrutura
- Campanhas de campo
- Resultados do galgamento
 - Ferramenta numérica integrada
 - Medições de campo
 - Ferramenta neuronal NN_OVERTOPPING2
- Conclusões

Caso de estudo

- Quebra-mar Poente do Porto de pesca de Albufeira, Algarve
- Secção monitorizada
 - Inclinação do talude, 32°
 - Profundidade ao pé do talude, -1.5m (ZH)
 - Berma de 5.5m a cota de +6.5m (ZH)
 - Porosidade do manto exterior ~42%
- As medições de campo foram realizadas a 19 Janeiro de 2013 (8H00-8H30) ao longo de um ciclo de maré, durante períodos de marés mortas (amplitude de maré de 1.5 m)



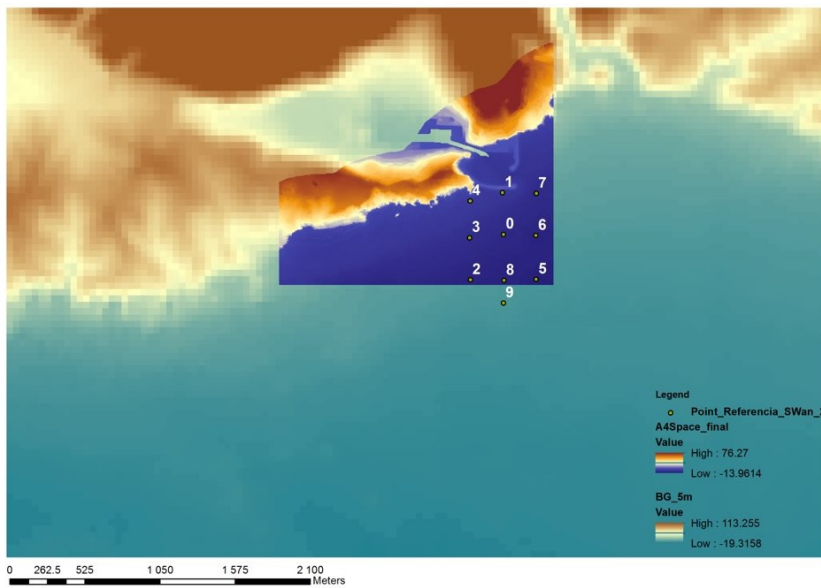
Ferramenta Integrada

- Aplicar uma metodologia de acoplamento entre vários modelos numéricos
- Permitir modelar todos os processos do largo até à estrutura e sua interacção, utilizando o modelo numérico mais apropriado
- Ferramenta integrada composta de três modelos numéricos:
 - Modelo SWAN - *Simulating WAVes Nearshore*:
 - Modelo numérico espectral
 - Propagação da agitação marítima da bóia-ondógrafo até próximo da costa (30 km)
 - Modelo Bouss2D:
 - Resolve as equações de Boussinesq integradas na vertical, válidas para águas pouco profundas a profundidades intermédias (refracção, difracção, atrito de fundo)
 - Propagação e transformação da onda nas proximidades da estrutura (800 m)
 - Modelo SPHyCE - *Smoothed Particle Hydrodynamics*:
 - Baseado na formulação Lagrangeana das equações da dinâmica dos fluidos e num método de discretização de tipo SPH que permite não recorrer a uma malha computacional
 - Interacção entre ondas e estruturas costeiras (rebentação e galgamento) (102 m)

Ferramenta Integrada

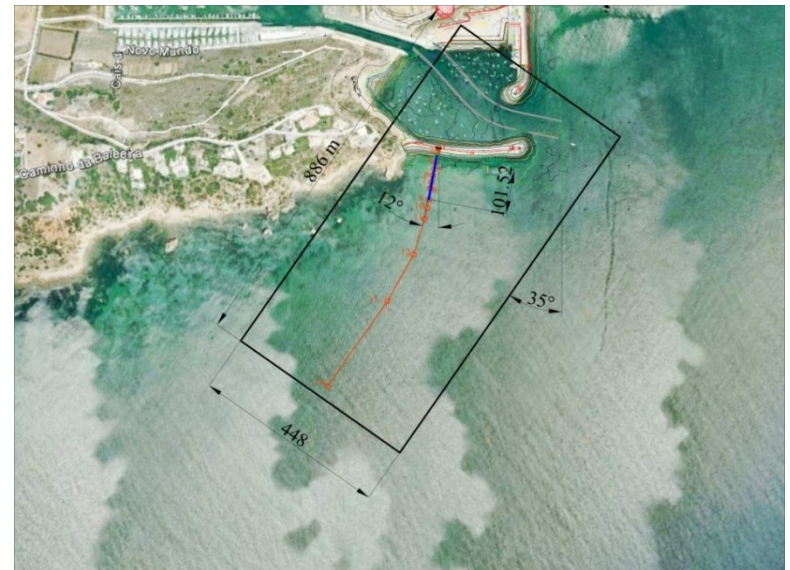
SWAN

- Duas malhas computacionais, uma com 45 m de lado e outra encaixada de 5m
- Analise das características de agitação no ponto 2 ($H_s=2.74\text{m}$; $T_p=9.64\text{s}$)



Bouss2D

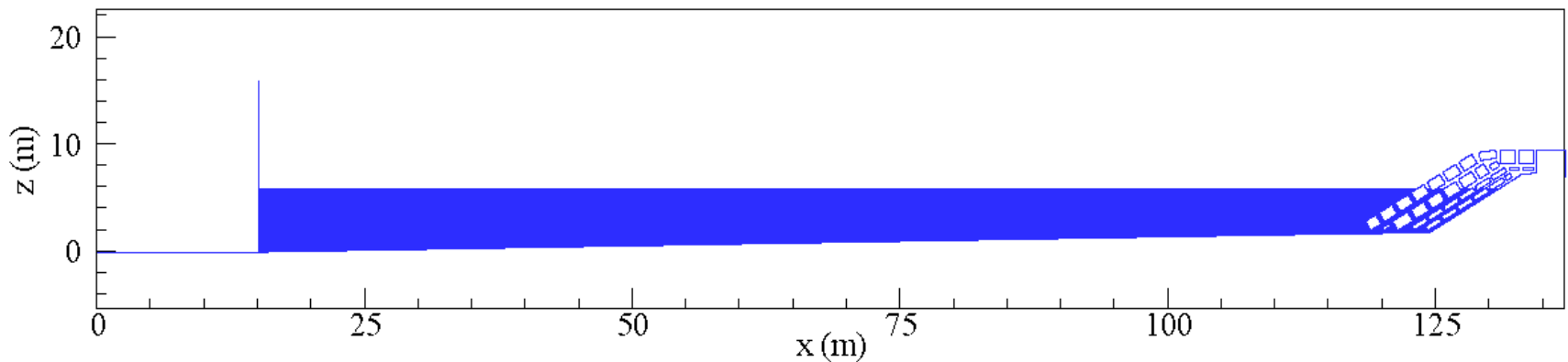
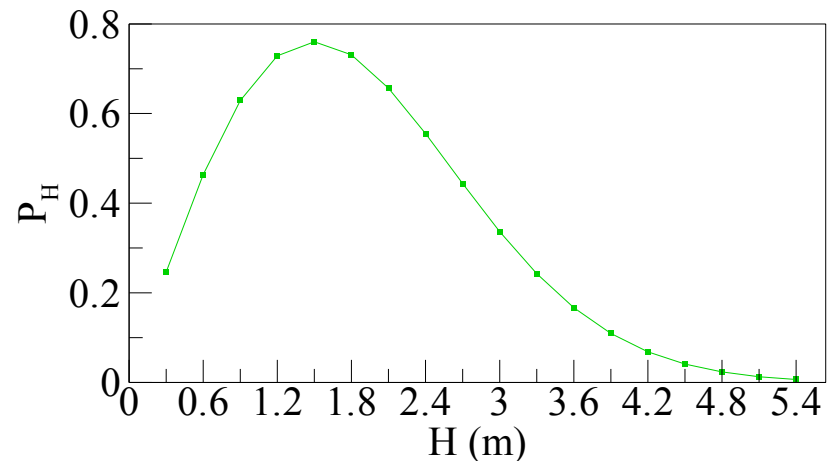
- Malha cartesiana regular com elementos quadráticos de 2m
- Espectro de Jonswap com características do ponto 2
- Incidência praticamente normal à estrutura, $<10^\circ$



Ferramenta Integrada

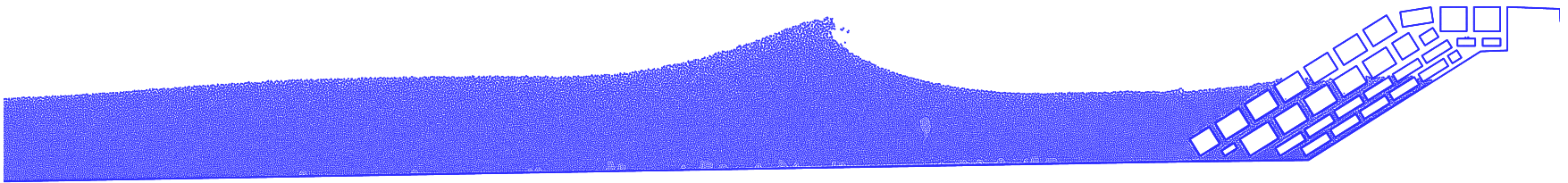
SPHyCE

- Método PCM (Probability Calculation Method)
 - Distribuição de Rayleigh (Goda, 2010)
 - $H_s=3$ m;
 - $H_{max}=1.8H_s$
 - $T_p=9.84$ s



Ferramenta Integrada

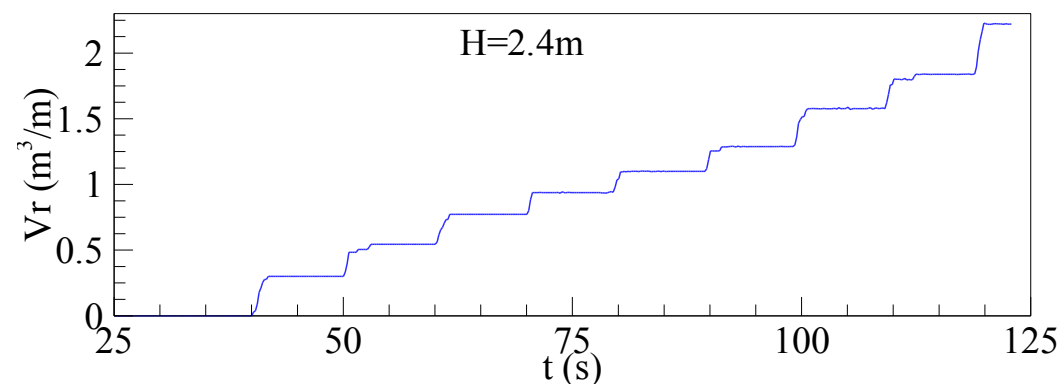
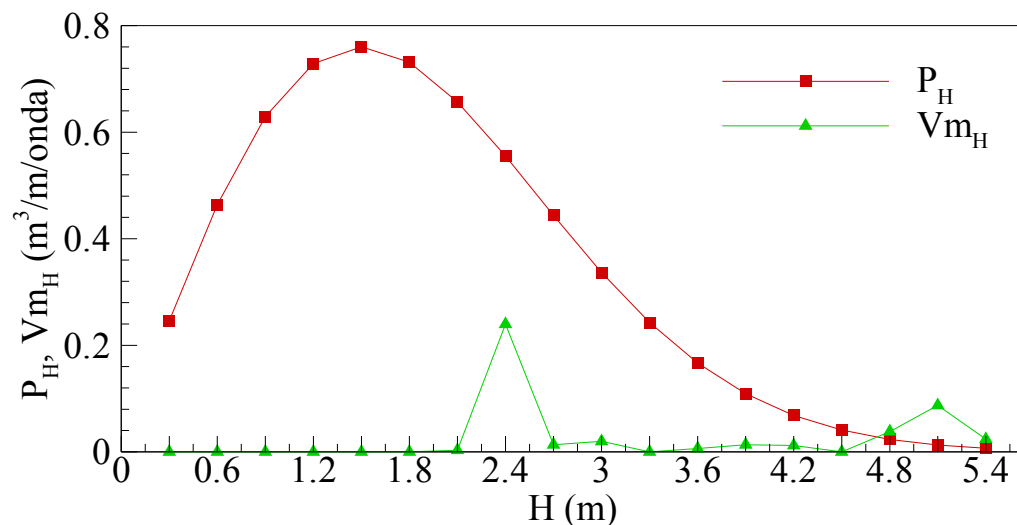
- A estrutura é constituída por 2 mantos de 2 camadas cada, com porosidade de 42%.
 - Resolução, i.e., a dimensão das partículas é de $d_0=7.45 \times 10^{-2}$ m, com um número total de partículas fluidas e sólidas de 115 688.
 - O tempo de simulação de 123 s e um passo de tempo da ordem de 10^{-4} s.



Resultados

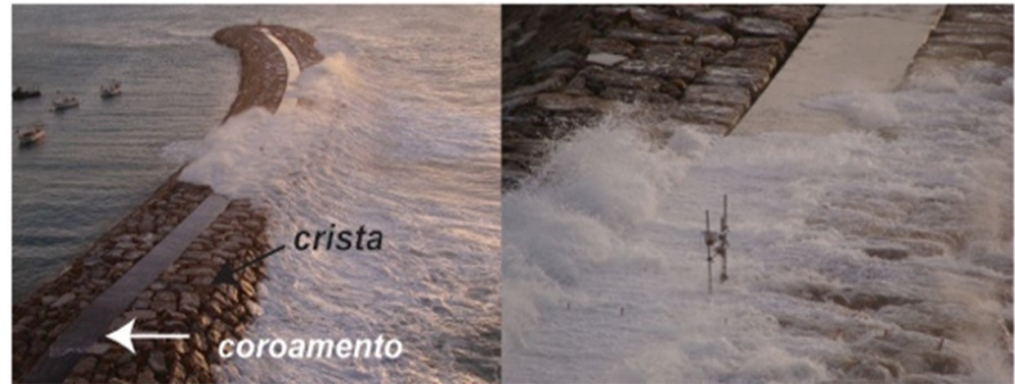
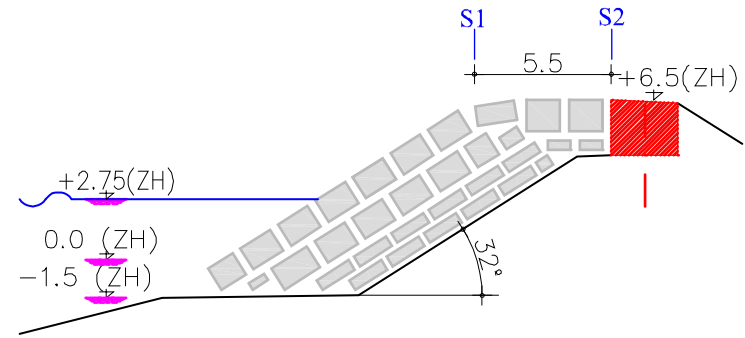
Cálculo do galgamento a partir ferramenta integrada

- O volume galgado:
 - calculado através da contribuição de cada altura de onda do registo, ponderando o volume galgado pela sua probabilidade de ocorrência (Ortuno, 2010).
- Maior contribuição
 - $H=2.4\text{m}$ e $P_H=0.55\%$
 - $V_{m_H}=239\text{ l/m}$
 - Representa 87% do volume galgado total
 - Indicativo da ordem de grandeza dos maiores volumes galgados
- Qm galgado de 4.67 l/m/s



Campanha de campo

- Vários eventos de galgamento representativos de tempestade moderada, frequente durante o inverno marítimo
 - H_s médio ~ 3-4 m
 - T_p médio ~ 8-10 s
 - Direcção de onda dominante de SW
- Foram considerados unicamente os galgamentos que respeitam critérios compatíveis com a metodologia de cálculo do galgamento
 - bidimensionalidade,
 - lâmina de água relativamente regular
- Instrumentação
 - Sensores de Pressão
 - Câmara de video



Campanha de campo



Resultados

Medições de campo

- Velocidade da lâmina de água
 - Velocidade frontal de galgamento (velocidade da frente da lâmina de água)
 - Considerando os instantes em que a frente da lâmina de água atinge o sensor S1 (primeiro registo) e S2 no coroamento.
 - Velocidade entre picos de galgamento
 - Considerando os instantes em que ocorre as alturas máximas da lâmina de água nos sensores S1 e S2
- Galgamento
 - Com base nas velocidades frontais e de pico e das alturas médias e máximas da lâmina de água medidas nos sensores de pressão S1 e S2
 - Descargas medias frontais e de pico (Q_f e Q_p)
 - Volumes máximos de galgamento correspondente (V_f e V_p)

Resultados

Medições de campo

- Os galgamentos ocorreram de forma turbulenta o que dificulta a análise

Método	Volume (l/m)		Velocidade (m/s)	
	Máximo	Médio	Máximo	Médio
Frontal (5 eventos)	308	185	20	13
Pico (3 eventos)	508	308	14	11

- A metodologia de aquisição dos dados e de cálculo não permite considerar todas as ondas que galgam efectivamente o quebra-mar, o que impossibilita calcular o caudal médio galgado

Resultados

Ferramenta neuronal NN_Overtopping2

- Com base Ferramenta neuronal NN_Overtopping2 e considerando
 - Altura de onda incidente no pé do talude, $H_s=2.4\text{m}$
 - $T_p=9.84\text{s}$
 - Permeabilidade, $\gamma_f=0.5$ (Enrocamento)
- Caudal médio galgado obtido foi de 0.53 l/s/m , com um intervalo de confiança de 95%: $[0.14; 1.96] \text{ l/s/m}$
- Dado que a estrutura apresenta uma boa arrumação dos blocos, considerou-se o coeficiente de permeabilidade $\gamma_f=0.6$, tendo-se obtido um caudal médio galgado de 1.0 l/s/m , com um intervalo de confiança de 95%: $[0.21; 5.02] \text{ l/s/m}$.

Conclusões

- A primeira aplicação do modelo numérico integrado e do método PCM de GODA para calcular o caudal médio galgado de um quebra-mar poroso, à escala de protótipo, revelou-se relativamente positiva
 - Volume máximo (l/m)
 - Medições de campo (valor médio): 232 l/m
 - Ferramenta integrada: 239 l/m
 - Caudal médio galgado (l/s/m)
 - Ferramenta integrada: 4.67 l/s/m
 - NN-overtopping2: 1 l/s/m; [0.21;5.02] l/s/m
- Concordância razoável entre as ordens de grandeza do caudal médio galgado entre o modelo numérico integrado, os dados de campo e a ferramenta de rede neuronal NN_Overtopping2

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) o financiamento concedido através do projecto SPACE “A Smoothed particle Hydrodynamic model development and validation for coastal engineering applications”, PTDC/ECM/114109/2009 e do projecto DITOWEC PTDC/ECM-HID/1719/2012, e da bolsa SFRH/BPD/37901/2007.