

ESTUDOS DE AGITAÇÃO E RESSONÂNCIA NO PORTO DE LEIXÕES

Conceição Juana Fortes, Maria da Graça Neves, Liliana Pinheiro, Rui Capitão – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Hugo Lopes – Administração dos Portos de Douro e Leixões

Estrutura da Apresentação

- Enquadramento
- Objetivos
- Estudos
 - Regimes de agitação
 - Estudos de agitação
 - Estudos de ressonância
 - Avaliação de impacto na praia de Matosinhos
- Conclusões




Enquadramento

- O crescimento económico que se perspetiva leva a antecipar que o número de navios e a sua dimensão continuarão a aumentar
- O porto de Leixões para responder a essa tendência evolutiva pretende criar as condições de segurança para a receção em Leixões de:
 - Navios com 300 m de comprimento, 40 m de boca e 13.5 m de calado, ou seja, navios com cerca de 5000 TEU
- Essas condições de segurança são criadas através:
 - Aumento das dimensões (largura e cota do rasto) do canal de acesso e bacia de rotação
 - Melhoria das condições de tranquilidade da entrada, através do prolongamento do molhe principal



Enquadramento

- Diversos estudos (IHRH, 2013) foram efetuados com vista:
 - Pré-dimensionamento do quebra-mar
 - Análise das condições de navegabilidade da entrada do porto
 - Remodelação dos terraplenos e cais com vista à implantação de um novo Terminal de Contentores
- 
- Esses estudos apontaram para a necessidade de prolongamento do quebra-mar (entre 200 e 300 m), com um ângulo de abertura de até 20°

Enquadramento

- Otimização da geometria do prolongamento do quebra-mar exterior do Porto de Leixões
- Avaliação dos impactes desse prolongamento
 - nas condições de agitação da praia de Matosinhos
 - na dinâmica sedimentar na vizinhança do porto



Elaboração do Projeto de Execução e do Estudo de Impacte Ambiental

Objetivos

- Estudos em modelo numérico
- Estudos de caracterização da agitação na zona de estudo
- Estudos comparativos das diferentes alternativas do prolongamento do quebra-mar exterior do Porto de Leixões em termos das condições de
 - agitação (curto e longo período) no interior do porto
 - agitação (curto período) na praia de Matosinhos

Metodologia

- Regimes de agitação marítima no exterior do porto
- Estabelecimento das configurações portuárias (6)
- Para cada configuração portuária:
 - Estudos de agitação (ondas curtas) no interior do porto
 - Estudos de ressonância (ondas longas) no interior do porto
 - Avaliação do impacto na agitação marítima na praia de Matosinhos
- Análise comparativa das diferentes configurações

Regimes de agitação marítima

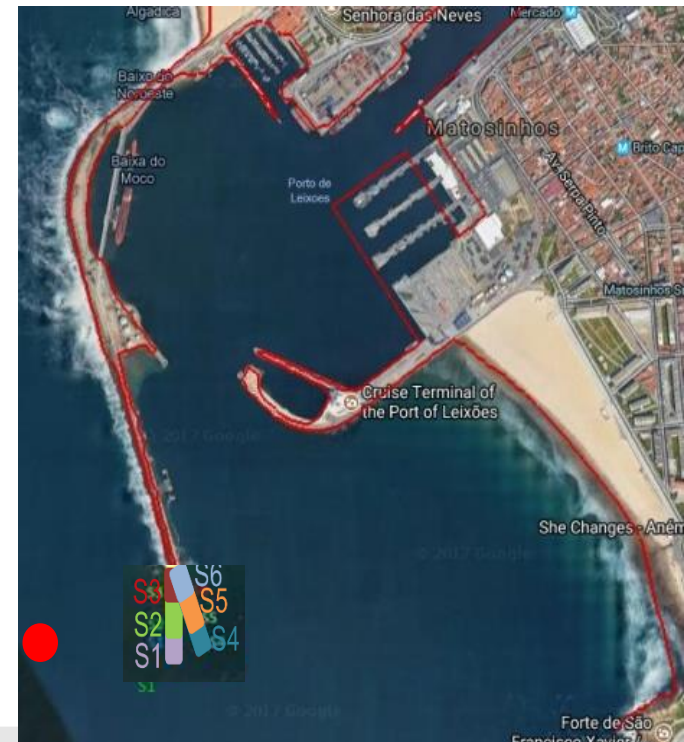
• Objetivo

- Caraterizar os regimes gerais de agitação marítima, quer ao largo (ponto W), quer junto em frente ao futuro prolongamento do molhe de Leixões (ponto P)



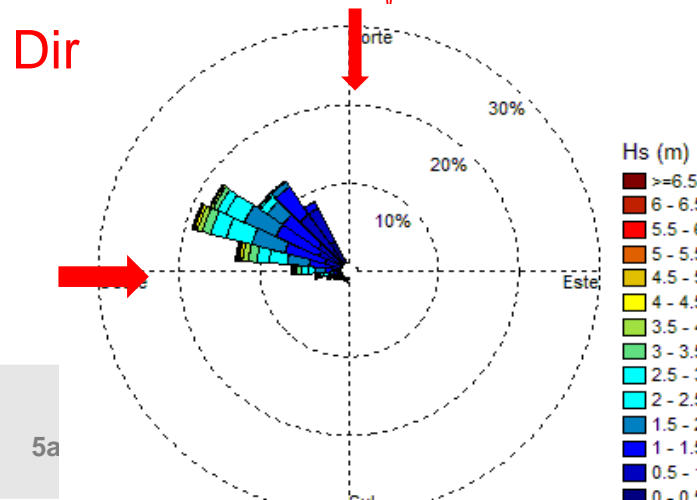
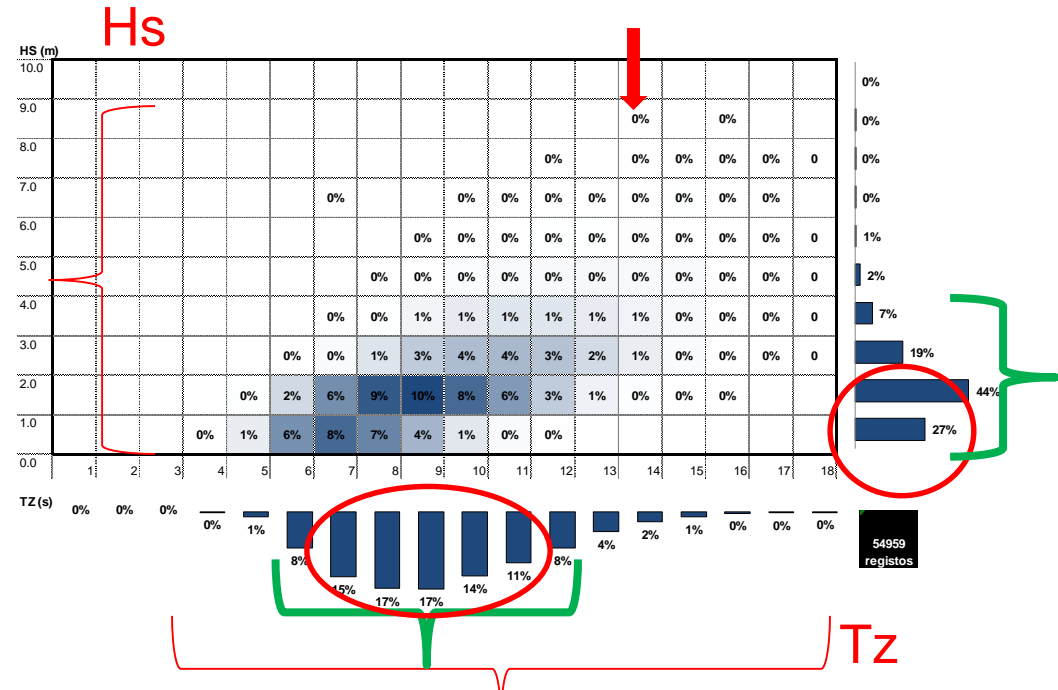
• Metodologia

- Caraterização dos regimes de agitação marítima ao largo:
 - Estimativas do modelo de hindcast WAM do Centro Europeu de Previsão Meteorológica a Médio Prazo (ECMWF), para cerca de 38 anos (1979-2016)
- Transferência das caraterísticas das ondas ao largo para a zona próxima do porto de Leixões, com o modelo numérico SWAN
- Caraterização dos regimes de agitação marítima locais
 - à cota batimétrica de aproximadamente -20 m (ZHL)



Regimes de agitação marítima (P)

- **Hs:**
 - Gama: 0.0 m e 8.98 m
 - Média: 1.63 m
 - A maioria dos valores encontra-se entre as gamas de 0.0 a 4.0 m (97%)
 - A gama mais frequente é entre 1.0 e 2.0 m (44%)
- **TZ:**
 - Gama: 3.9 s e 17.3 s
 - Média igual a 8.7 s
 - A maioria dos valores encontra-se nas gamas entre 5 s e 12 s (90%)
 - As gamas com maior frequência entre 6 s e 11 s (74%);
- **DIRm:**
 - Gama 182° a 342°
 - Média: 295°.
 - A maioria dos valores de direções verifica-se nas gamas entre 270° e 337.5° (89%)



Soluções

- Situação Atual - S0
- S1 a S6
 - canal de acesso à cota - 16.85 m (ZHL)
 - bacia de rotação à cota - 15.5 m (ZHL)



Soluções



- Situação Atual - S0
- S1 a S6
 - canal de acesso à cota - 16.85 m (ZHL)
 - bacia de rotação à cota - 15.5 m (ZHL)
 - Ângulo de abertura de 20°:
 - S1 – prolongamento de 300 m
 - S2 – prolongamento de 250 m
 - S3 – prolongamento de 200 m
 - Ângulo de abertura de 0°:
 - S4 – prolongamento de 300 m
 - S5 – prolongamento de 250 m
 - S6 – prolongamento de 200 m

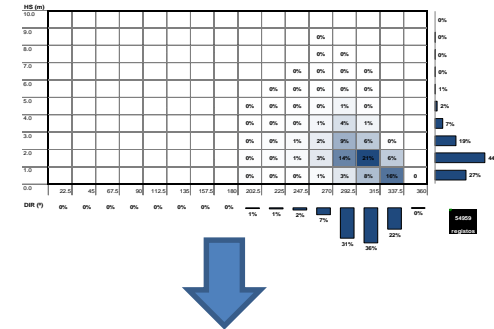
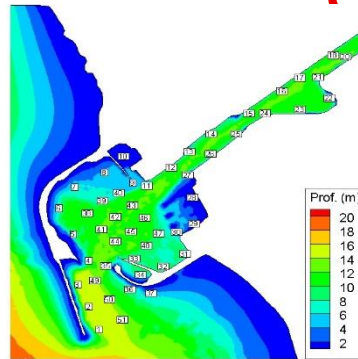
Estudos de agitação

Objetivos

- Analisar a influência do prolongamento do quebra-mar exterior nas características da agitação marítima (abrigo) na zona do Porto de Leixões
 - 7 configurações portuárias

Metodologia

- Definição dos valores (T, Dir) com base no regime de agitação marítima em P
- Cálculos com DREAMS, para as 7 configurações portuárias
 - T entre 4 e 20 s
 - Dir entre 180 e 360 s
- Construção das matrizes de transferência
- Estabelecimento dos regimes gerais observado em pontos no interior do porto (canal de acesso e zona interior, P2 a P20)



Definição de T e dir

Cálculos com DREAMS

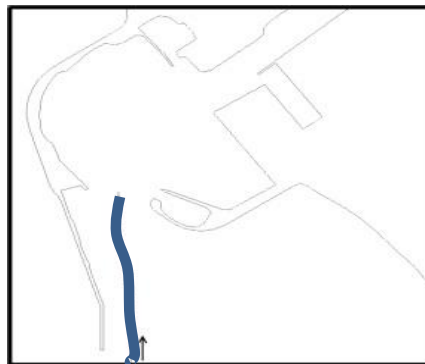
Construção de matrizes de transferência

Estabelecimento do regime de agitação marítima no porto (canal de navegação e interior)

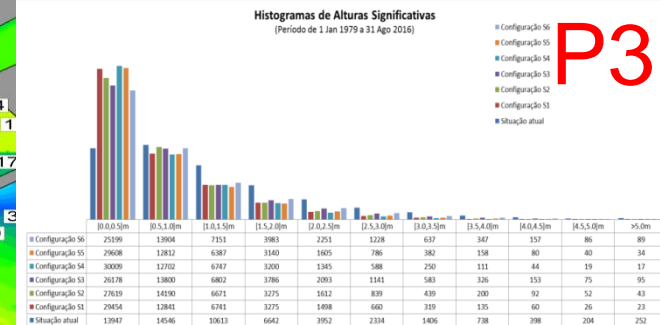
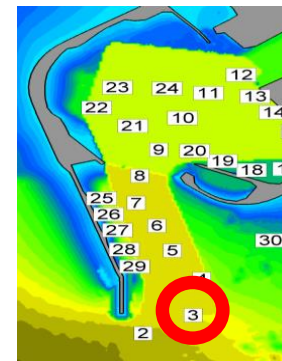
Estudos de agitação

Resultados (7 configurações)

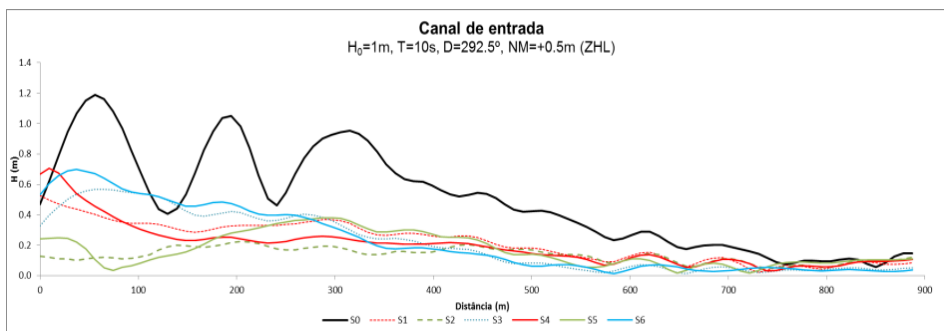
- Indices de agitação ao longo do canal de navegação



- Regimes de agitação em pontos no canal de navegação

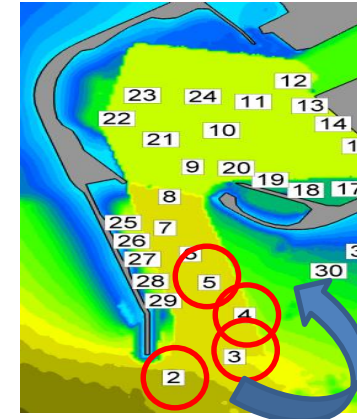


P3



Estudo de agitação

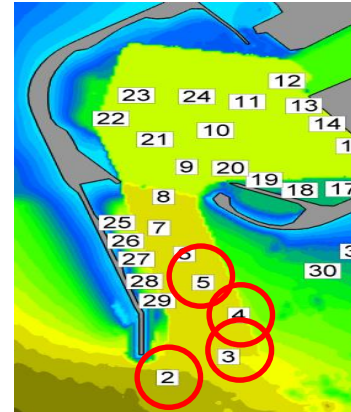
N. de dias/
Classes Hs



- A agitação diminui de P2 para P5
- S0 conduz a um maior numero de dias com $H_s > 1$ m do que S1 a S6

Estudo de agitação

N. de dias/
Classes Hs



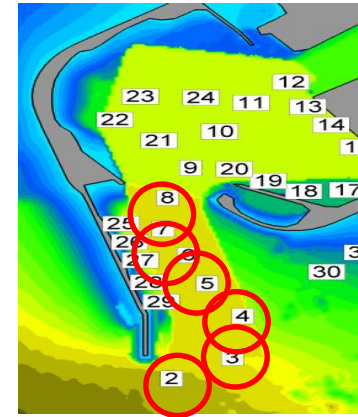
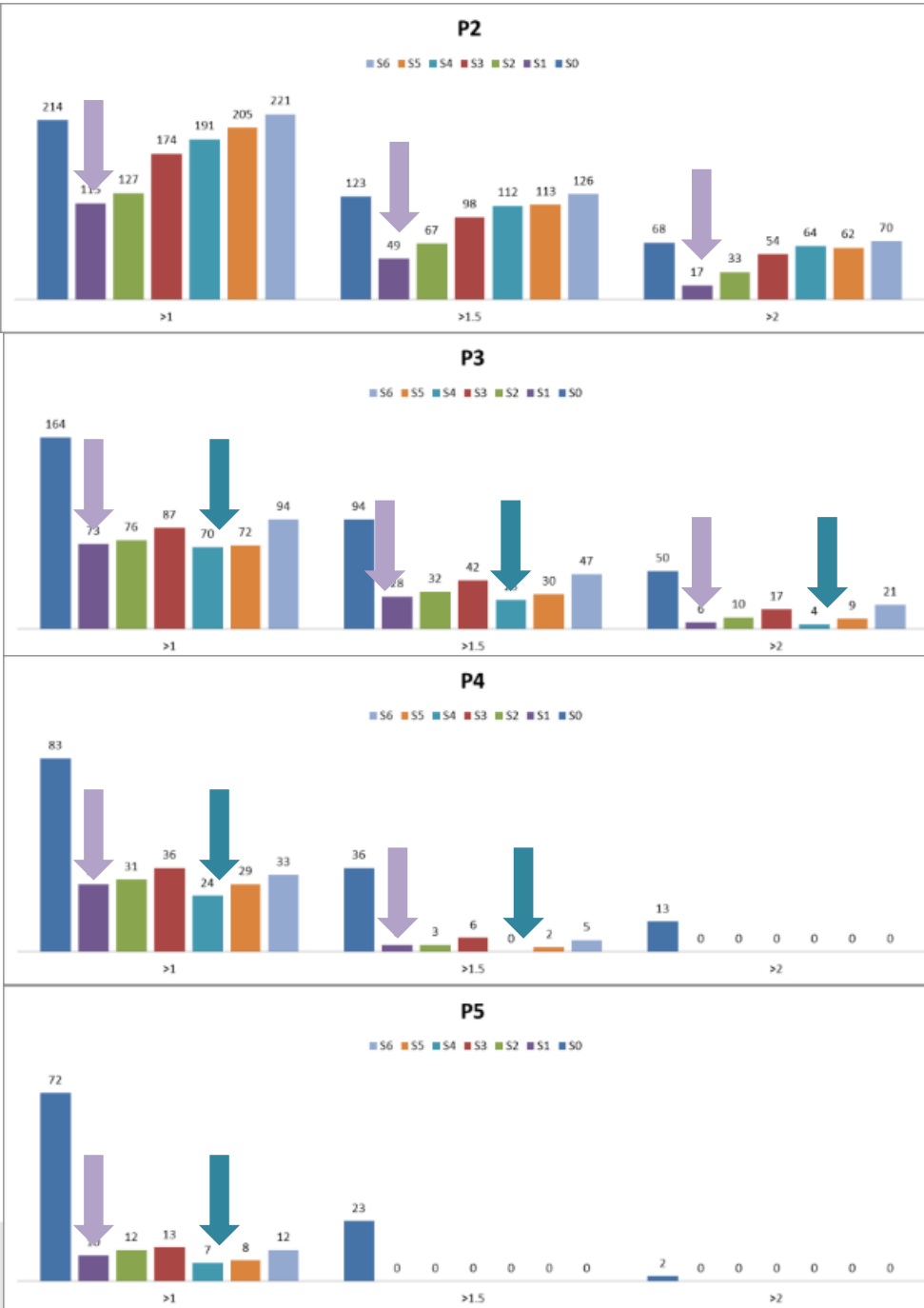
- Para qualquer das classes de Hs, o n. dias aumenta com a diminuição do comprimento do molhe

- de S1 para S3
- de S4 para S6
- reduz-se relativamente à situação atual



Estudo de agitação

N. de dias/
Classes Hs



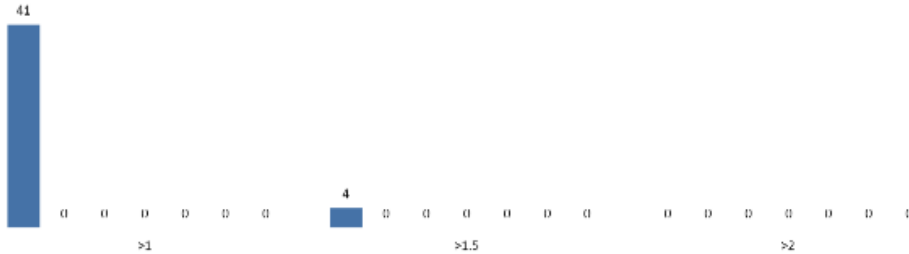
- S1 e S4 conduzem ao maior abrigo em P3 a P8
 - com diferenças pouco significativas entre elas
- S4 a S6 conduzem a um maior abrigo do que S1 a S3 em P3 e P8, mas as diferenças são pouco significativas
- Em P2, é a configuração S1 que corresponde ao maior abrigo

Estudo de agitação

N. de dias/ Classes Hs

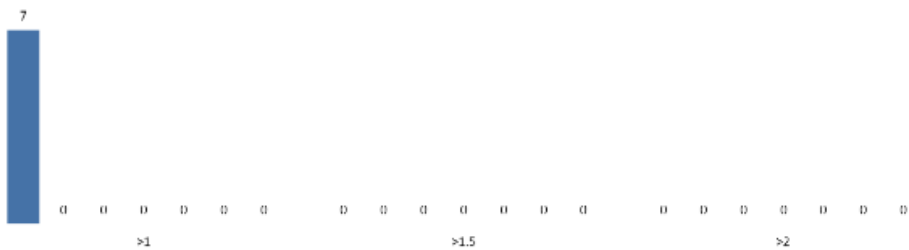
P6

■ S6 ■ S5 ■ S4 ■ S3 ■ S2 ■ S1 ■ S0



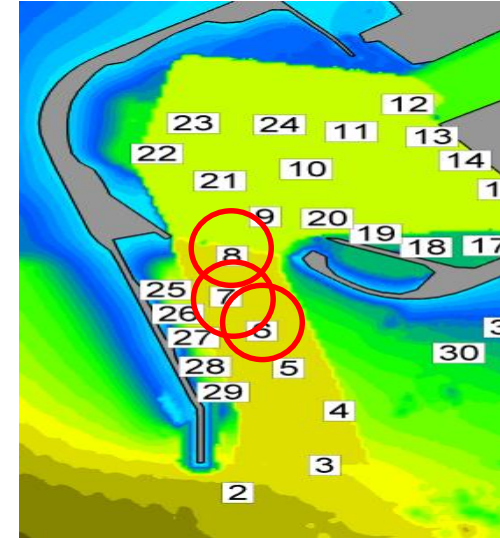
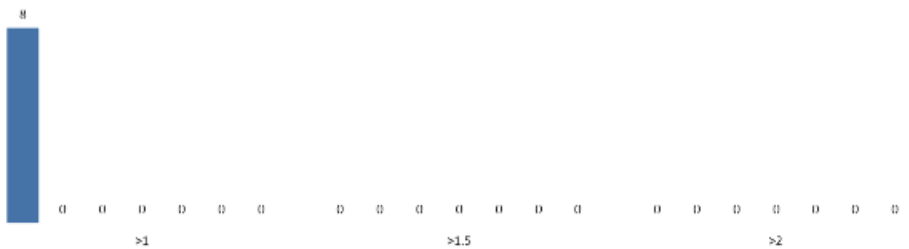
P7

■ S6 ■ S5 ■ S4 ■ S3 ■ S2 ■ S1 ■ S0



P8

■ S6 ■ S5 ■ S4 ■ S3 ■ S2 ■ S1 ■ S0



- De P6 a P8, o abrigo concedido pelas configurações S1 a S6, é claramente superior ao de S0

Estudos de ressonância

- Objetivos
 - Analisar a resposta do porto de Leixões à incidência de ondas longas, para cada uma das configurações testadas
- Metodologia
 - Cálculos com DREAMS, para as 7 configurações portuárias
 - T entre 20 e 700 s
 - Dir entre 180 e 360 s
 - Curvas de resposta
 - Coeficientes de amplificação versus Periodos da onda

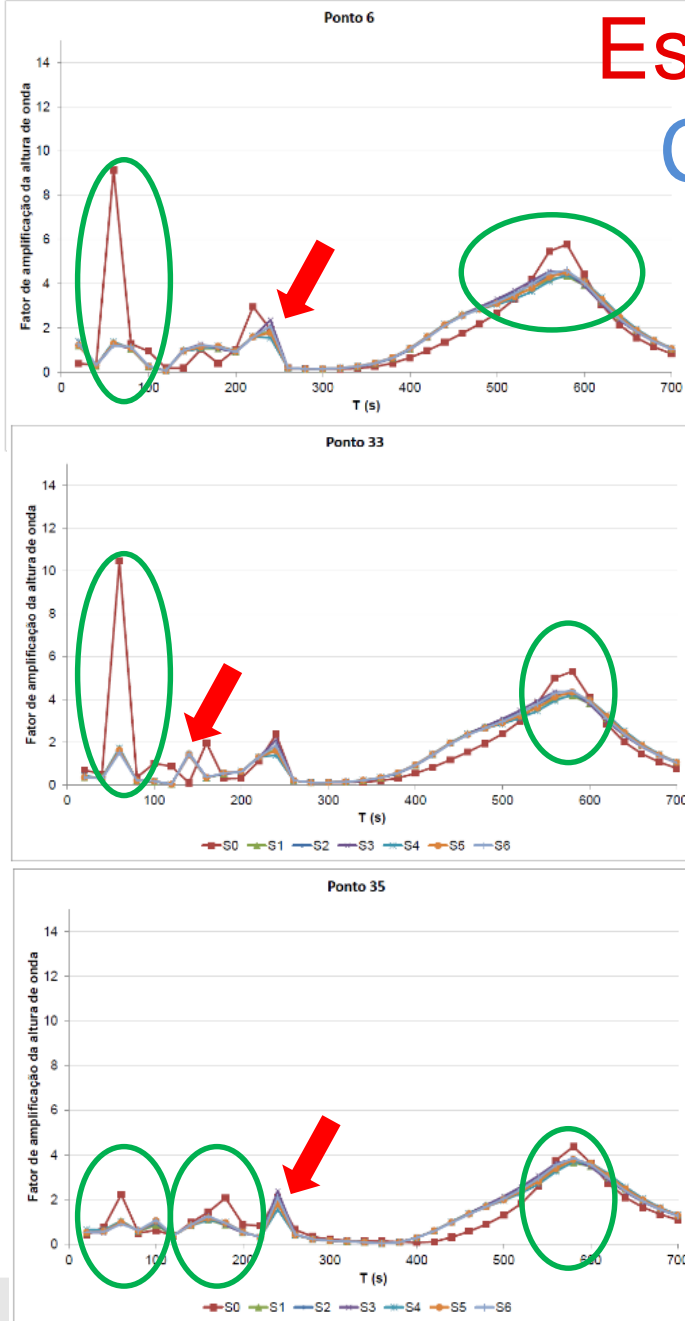
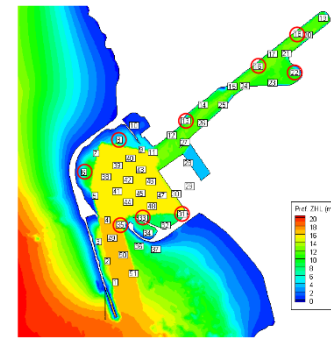
Cálculos com DREAMS



Curvas de resposta

Estudo de ressonância

Curvas de resposta

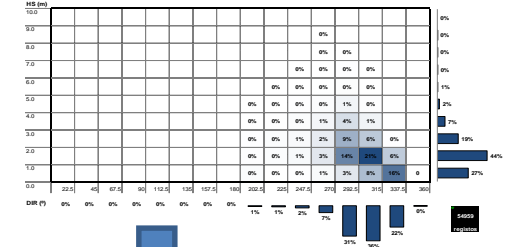
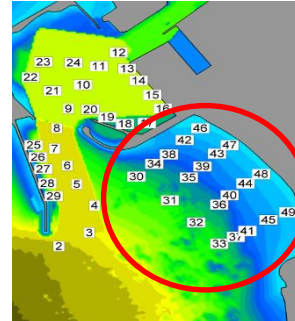


- As configurações propostas para o prolongamento do molhe tendem a atenuar as possíveis situações de ressonância no interior do porto
 - Algumas zonas em que tal não acontece
- Não se verificaram diferenças significativas entre configurações

Avaliação do impacto na agitação marítima na Praia de Matosinhos

- Objetivos

- Avaliar as características da agitação marítima que se obtêm na proximidade da praia de Matosinhos, considerando cada uma das configurações portuárias testadas



- Metodologia

- Definição dos valores (T, Dir) com base no regime de agitação marítima em P
- Cálculos com DREAMS, para as 7 configurações portuárias
 - T entre 4 e 20 s
 - Dir entre 180 e 360 s
- Construção das matrizes de transferência
- Estabelecimento
 - Índices de agitação ao longo da batimétrica - 2.0 m (ZHL)
 - Linhas de rebentação
 - Regimes gerais observado em pontos na praia de Matosinhos, P30 a P49

Definição de T e dir

Cálculos com DREAMS

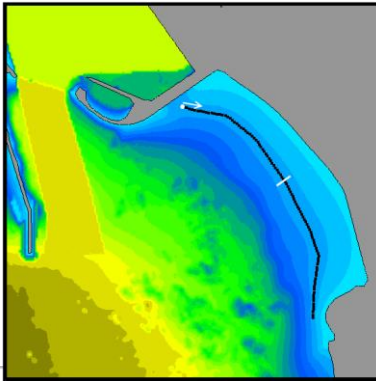
Construção de matrizes de transferência

Parâmetros na Praia de Matosinhos, P30 a P49

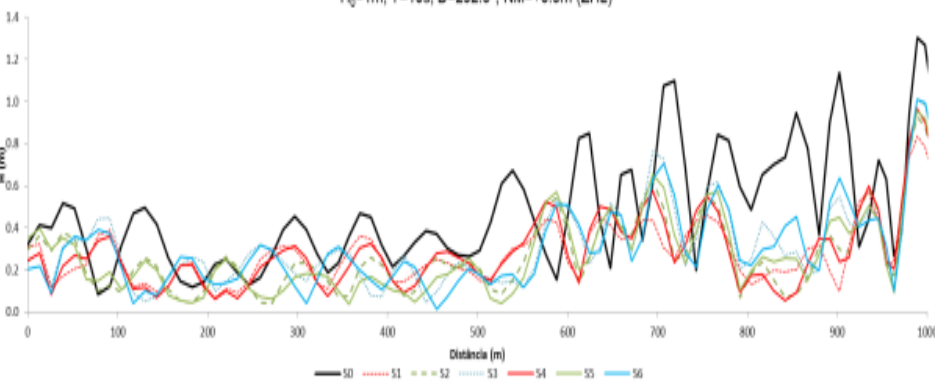
Avaliação do impacto na agitação marítima na Praia de Matosinhos

- Resultados (7 configurações)

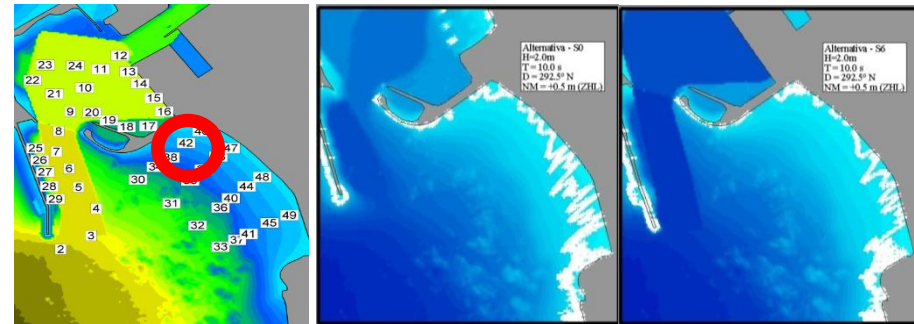
- Índices de agitação da linha batimétrica de -2.0 m (ZHL)



Frente à praia de Matosinhos sobre a batimétrica -2.0m (ZHL)
 $H_0=1m$, $T=10s$, $D=292.5^\circ$, $NM=+0.5m$ (ZHL)

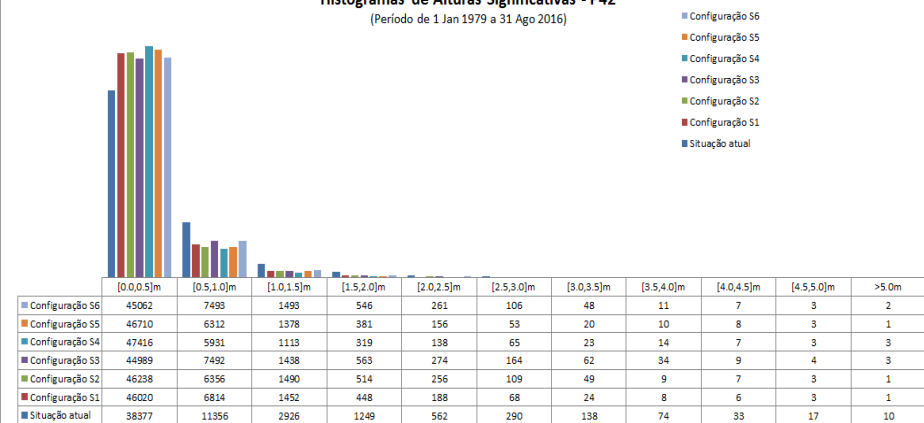


- Linhas de rebentação



- Histogramas

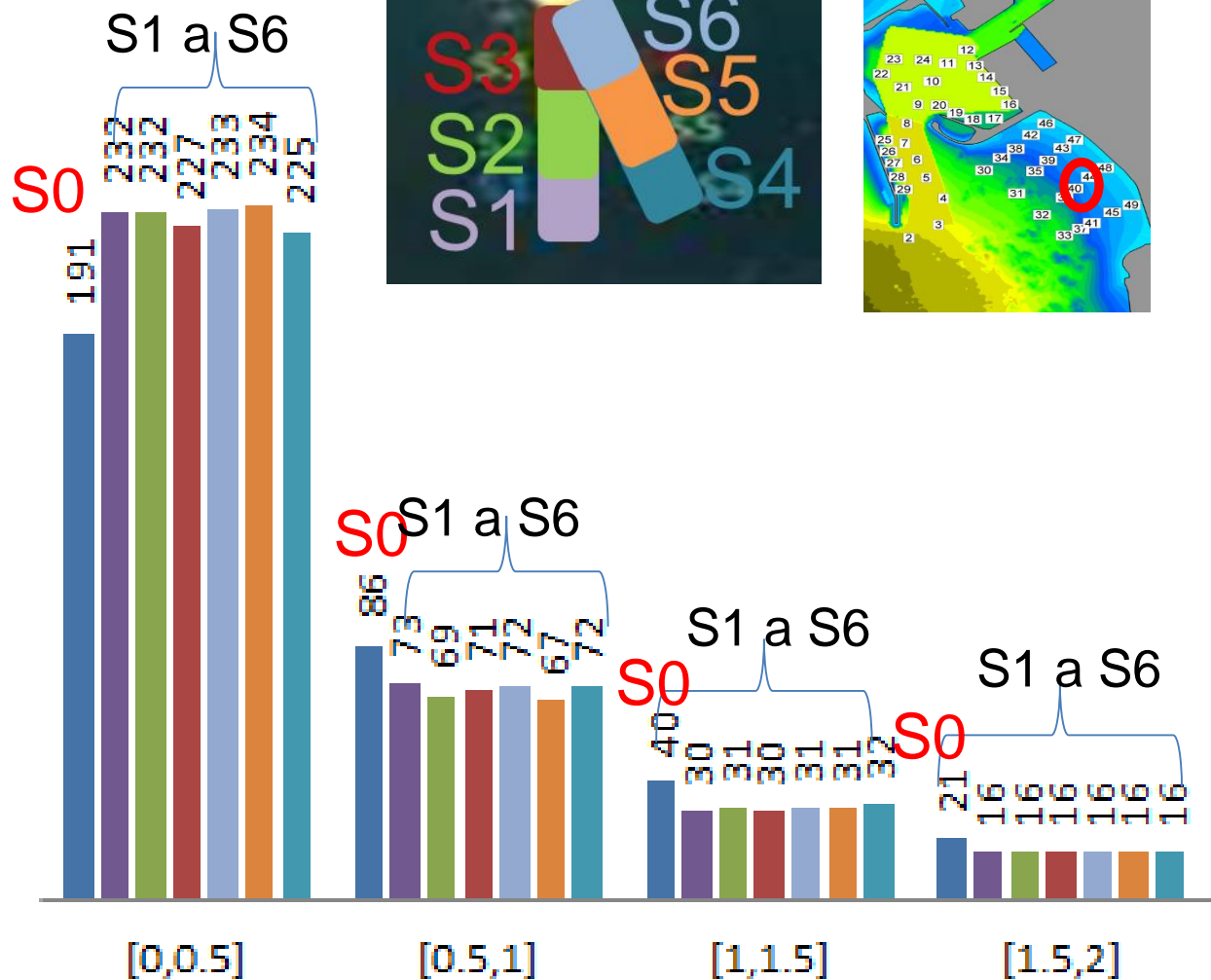
Histogramas de Alturas Significativas - P42
(Período de 1 Jan 1979 a 31 Ago 2016)



Estudo de agitação

N. dias/classes de Hs

P44

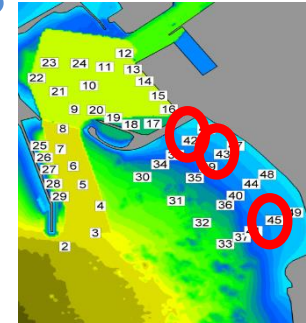
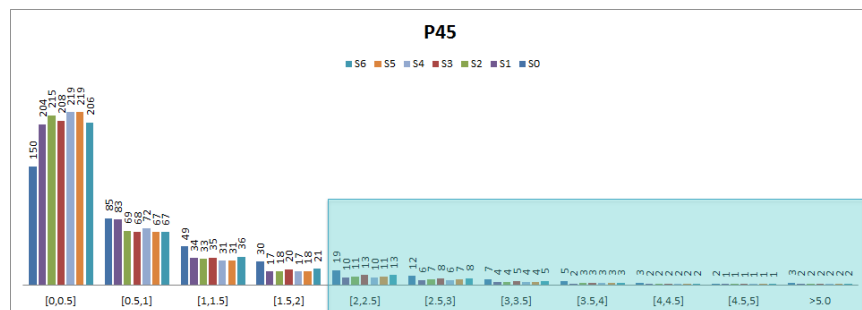
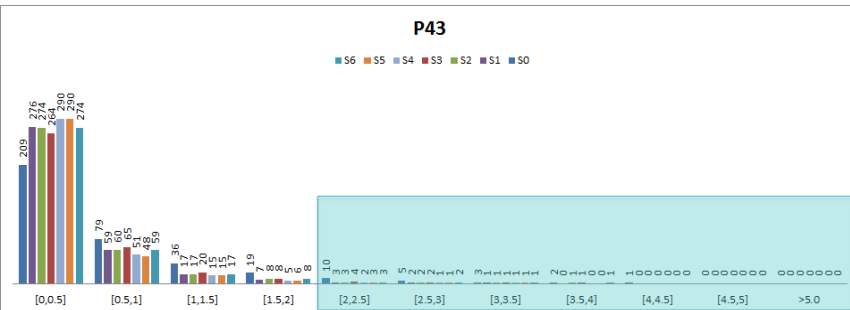
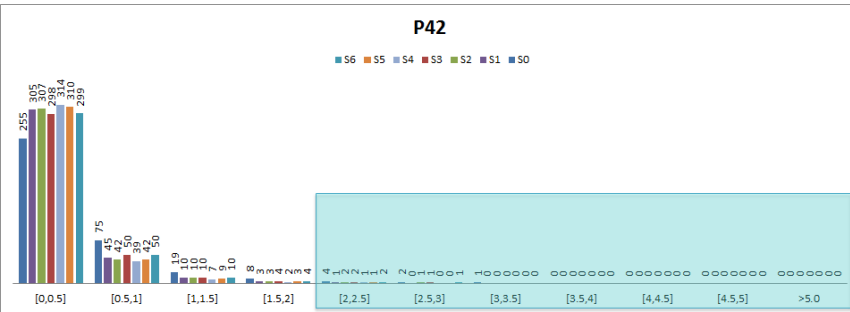


S1 a S6 conduzem a

- Menor número de dias com $H_s > 0.5$ m, face a S0
- Maior número de dias na gama de $H_s < 0.5$ m, face a S0

Estudo de agitação

N. dias/classes de Hs



- Comportamento semelhante, P42, P43 e P45
- Não há uma variação muito significativa para a situação de 0° (S1 a S3) e para 20° (S4 a S6),
 - para $H_s > 0.5$ m
 - Para $H_s > 2.0$ m

Conclusões

- Qualquer das soluções conduz a:
 - Maior abrigo da agitação marítima no canal de navegação
 - Atenuação, em termos dos coeficientes de amplificação das possíveis ocorrências de ressonância no interior do porto
 - Redução das alturas de onda na praia de Matosinhos
- As soluções com maior comprimento do prolongamento (S1 e S4) conduzem
 - Maior abrigo do canal de entrada do porto
 - Menor número de dias com alturas de onda elevadas (superiores a 1.5 m) face à configuração atual na praia de Matosinhos
- As soluções com ângulo de abertura de 0° conduzem a um maior abrigo do que um de 20° , embora a diferença seja muito pequena

Agradecimentos

- Os autores agradecem à APDL a disponibilização dos dados necessários aos estudos