



4^as Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária
Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

ESTUDO DA GERAÇÃO E PROPAGAÇÃO DE CONDIÇÕES EXTREMAS DE AGITAÇÃO MARÍTIMA NO ESTUÁRIO DO TEJO

Filipe Vieira, Mariana Bernardino

Instituto Hidrográfico, Rua das Trinas 49, 1249-093 Lisboa
filipe.vieira@hidrografico.pt, mariana.bernardino@hidrografico.pt

RESUMO

O presente trabalho pretende simular a geração e propagação de agitação marítima no estuário do Tejo, com o objectivo de identificar as condições sinópticas que possam originar situações extremas na Base Naval do Alfeite.

Para o efeito, utilizou-se o modelo SWAN em dois domínios acoplados. Um maior que compreende todo o estuário, que fornece as condições de fronteira para o menor, que compreende apenas a área da Base Naval.

Uma vez que não existem medições de agitação no interior do estuário, uma primeira abordagem do problema consistiu em utilizar como forçamento campos de vento idealizados, de modo a identificar as situações que causariam problemas na Base Naval. De seguida procedeu-se à simulação de uma situação observada no período de 27 a 28 de Fevereiro de 2005. Neste caso foram utilizados dados de vento gerados pelo modelo ALADIN (Instituto de Meteorologia) e observações da altura de maré (marégrafo do Terreiro do Trigo).

Resultados preliminares mostram que ventos de direcções Norte, Este e principalmente Nordeste, podem gerar ondas que incidem na Base Naval. Na simulação da situação ocorrida em Fevereiro de 2005 verificou-se que as ondas geradas no estuário se propagavam em direcção à Base Naval, atingindo valores máximos de altura significativa e período de pico, na entrada da Base, no dia 28 às 6 h.



4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

1. INTRODUÇÃO

As ondas geradas no estuário do rio Tejo podem propagar-se para o interior de estruturas portuárias (como por exemplo a Base Naval do Alfeite), onde situações extremas têm afectado navios aí atracados. Neste estudo pretendeu-se identificar e caracterizar estas condições, com vista a uma possível antecipação e prevenção de situações danosas.

Os resultados deste estudo podem também ser importantes para a navegação no estuário, tanto para embarcações de recreio, como para embarcações de transporte de passageiros entre as margens Norte e Sul.

As ondas de gravidade são geradas através da acção do vento sobre a superfície da água. Quando o vento começa a soprar, ondas de alta frequência e pequenos valores de altura começam a formar-se. Através de interacções entre estas ondas, formam-se ondas maiores e de períodos mais longos. Este processo desenrola-se enquanto a taxa de transferência de energia da atmosfera para a água é superior à taxa de dissipação interna de energia. Todo este processo está condicionado pela intensidade e duração do vento e tamanho da sua área de acção (*fetch*).

Em zonas de profundidade limitada, como no caso de estuários e lagoas, pouco trabalho foi ainda desenvolvido. Na geração de ondas nestas regiões, é importante considerar diversos factores, tais como a variação da batimetria e da altura de maré, correntes de maré e variação local do forçamento do vento (intensidade e direcção) provocada pela complexa topografia adjacente, normalmente associada a estes locais.

O desenvolvimento de agitação num estuário é, por sua vez, também limitado pelo *fetch*, variação do vento (intensidade e direcção), altura de maré e profundidade (que causa dissipação de energia provocada pelo atrito de fundo). Em zonas restritas de águas profundas, as ondas geradas têm períodos curtos, tipicamente da ordem de 2 a 3 s (Komar, 1976). As alturas de onda possíveis, nestas circunstâncias, estão deste modo limitadas (Freire, 2003).

Neste trabalho foi utilizado o modelo SWAN (Simulating WAVes Nearshore - Booji *et al.*, 1999), um modelo de 3^a geração especificamente desenvolvido para a simulação de agitação marítima em zonas costeiras, lagos e estuários, desenvolvido pela Universidade de Delft (Holanda) e que é disponibilizado na Internet.

Das diferentes situações onde foi aplicado o modelo SWAN, destaca-se o trabalho de Rogers *et al.* (2001), onde se utilizou o modelo em casos em que não existia entrada de agitação pelas fronteiras (sendo esta gerada unicamente pelo campo de vento fornecido), e os resultados obtidos, comparados com medições, mostraram-se bastante concordantes. Também em Booji *et al.*, 1999, o modelo foi aplicado ao lago George (localizado em Canberra, Austrália) e obtiveram-se resultados onde o erro médio quadrático em relação a observações foi menor do que 7%.

Para as simulações da geração e propagação da agitação marítima utilizaram-se dois domínios de cálculo para o modelo SWAN: um que compreendia todo o estuário do Tejo (domínio A) e um domínio menor, que compreende apenas uma área junto à Base Naval (domínio B).

No domínio A, o modelo é forçado pelo campo do vento a 10 m e pela altura de maré. Os valores obtidos desta simulação servem de condições de fronteira para o domínio B, cujos resultados, em termos de altura significativa (H_s) e período de pico (T_p) são utilizados para a caracterização da agitação na entrada da Base Naval.

O trabalho desenvolvido compreendeu duas fases: primeiro realizaram-se alguns testes de sensibilidade, utilizando como forçamento campos de vento e de altura de maré idealizados, de modo a identificar as situações susceptíveis de causar geração e propagação de agitação que afectasse a Base Naval. De seguida procedeu-se à simulação do período de 27 a 28 de Fevereiro de 2005 recorrendo a dados de vento do modelo ALADIN (Instituto de Meteorologia) e observações da altura de maré (marégrafo do Terreiro do Trigo).

Nas secções 2, 3 e 4 descreve-se o modelo SWAN, o local de estudo e os dados utilizados, respectivamente. As condições de cálculo do modelo SWAN para os dois domínios utilizados



4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

são dadas na secção 5. Nas secções 6 e 7 apresentam-se, respectivamente, os resultados e conclusões.

2. O MODELO SWAN

O modelo SWAN (Booji *et al.*, 1999) é um modelo de 3^a geração, baseado na equação de balanço de acção de onda (que se reduz à equação de balanço de energia no caso de não serem incluídas correntes), adequado à simulação de agitação em regiões costeiras, lagos e estuários. O modelo calcula o desenvolvimento e propagação do espectro bidimensional (frequência e direcção) sem limitar *a priori* a sua forma, dadas condições de vento, correntes e batimetria. Inclui os processos físicos de propagação de agitação gerada por vento, tais como: empolamento, refração, dissipação de energia por rebentação, atrito de fundo e *whitecapping*, interacções onda-corrente e interacções não-lineares entre ondas. O modelo tem como grandes limitações o facto de apenas simular a difracção em áreas onde a variação da altura de onda é grande quando comparada com a escala horizontal de poucos comprimentos de onda, não calcular correntes provocadas por ondas e não ser aconselhado, pelos autores, o uso de um espaçamento da malha de cálculo inferior a 50 m. Neste modelo é possível definir os parâmetros relacionados com a física do problema e suas formulações. Existe também a possibilidade de fornecer valores de vento a 10 m, altura de maré, corrente e atrito de fundo, em todo o domínio, assim como condições nas diversas fronteiras. Neste trabalho foi utilizada a versão 40.41 do modelo.

3. DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O estuário do Tejo situa-se na costa ocidental portuguesa, entre as latitudes 38.62° N e 38.79° N, e longitudes 9.20° W e 8.96° W. Tem uma área total (até Vila Franca de Xira) de 320 km², dos quais cerca de um terço são espriados de maré e sapais. O estuário é constituído por um canal estreito (2 km de largura) e profundo (44 m de profundidade máxima) e por uma região interior menos profunda mas larga (15 km máximo). A maré no estuário é do tipo semidiurna regular com um período de 12 h e 25 min. Devido à orientação e dimensões reduzidas no canal, a agitação marítima proveniente do largo não se propaga para o interior do estuário. Este último possui no entanto condições (forma e morfologia) favoráveis à geração local de agitação.



Figura 1 – Vista aérea do estuário do Tejo (World Wind - NOAA, 2005).

A Base Naval do Alfeite está localizada na região sudoeste do interior do estuário (Ver Figura 4). A profundidade máxima no interior da Base é de aproximadamente 6 m relativamente ao Zero Hidrográfico.

4. DESCRIÇÃO DOS DADOS UTILIZADOS

4.1. VENTO

Os dados de vento utilizados para a simulação da situação observada em Fevereiro de 2005, constam de intensidade e direcção do vento a 10 m, de 6 em 6 h, para um ponto do estuário (Latitude 38.75° N; Longitude 9.095° W), gerados pelo modelo ALADIN, do Instituto de Meteorologia. A partir dos valores do ponto adoptado, assumiu-se que o campo de vento era uniforme em cada instante. Na Figura 2 apresentam-se as séries temporais de intensidade e direcção do vento a 10 m, nos dias 27 e 28 de Fevereiro de 2005.

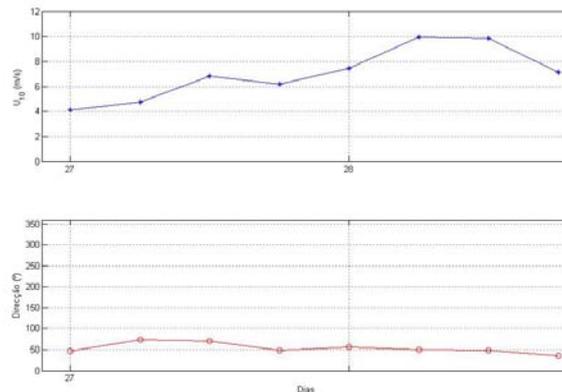


Figura 2 – Intensidade (* figura superior) e direcção do vento (° figura inferior) a 10 m gerados pelo modelo ALADIN para o estuário do Tejo, no período de 26 a 28 de Fevereiro de 2005.

Observa-se na Figura 2 que o vento neste período foi predominantemente de Nordeste e aumentou gradualmente de intensidade, atingindo o valor máximo de 10 m/s, durante o dia 28.

4.2. MARÉ

Os dados de maré utilizados são provenientes do marégrafo do Terreiro do Trigo, localizado na margem Norte do estuário do rio Tejo (Latitude 38.71° N; Longitude 9.13° W), uma vez que é o mais próximo da zona de estudo. Na Figura 3 apresenta-se a série temporal de altura de maré nos dias 27 e 28 de Fevereiro de 2005.

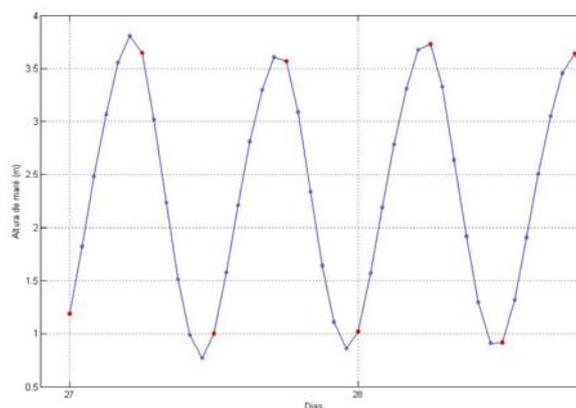
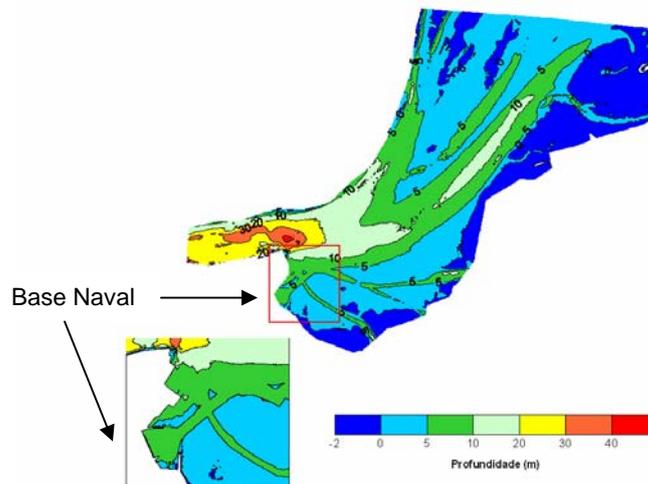


Figura 3 – Altura de maré (m) registada no marégrafo do Terreiro do Trigo no período de 27 a 28 de Fevereiro de 2005. (° valores horários, • valores utilizados)

5. CONDIÇÕES DE CÁLCULO DO MODELO

Conforme mencionado anteriormente, foram utilizados dois domínios de cálculo distintos: A e B. Na Figura 4 está representada a batimetria para os dois domínios utilizados e a localização da Base Naval do Alfeite.



**Figura 4 – Localização da Base Naval do Alfeite e batimetria da zona de estudo:
Profundidade (m).**

Para o domínio A, utilizou-se uma malha com dimensão de 21600 m na direcção E-W e 19650 m na direcção N-S, os quais, divididos em 145 colunas e 132 linhas, correspondem a um espaçamento de 150 m em ambas as direcções. Nas simulações assumiu-se que o vento a 10 m (U_{10}) e a altura de maré são uniformes mas com a possibilidade de serem variáveis no tempo.

Para os parâmetros relacionados com a física do modelo adoptaram-se os valores predefinidos pelo modelo SWAN. Dos testes de sensibilidade efectuados, a definição dos parâmetros: interacção entre três ondas, difracção, refracção e rebentação, não levaram a diferenças significativas nos resultados.

No domínio A, considerou-se para todos os casos, que inicialmente o estuário se encontrava em repouso, que não existiam correntes e que agitação proveniente das fronteiras era desprezável.

O domínio B, com uma dimensão de 3300 m na direcção E-W e 3050 m na direcção N-S, foi discretizada em espaçamentos de 50 m em ambas as direcções, correspondendo a 62 colunas e 67 linhas. Neste domínio considerou-se apenas a altura de maré, desprezando o campo de vento. Para este caso activou-se a difracção e interacção entre três ondas, e nos outros parâmetros relacionados com a física, mantiveram-se os predefinidos pelo modelo. No teste de sensibilidade efectuado com o parâmetro referente à rebentação, verificou-se que este termo, embora seja importante considerar em zonas costeiras, não influenciou significativamente os resultados.

Para as condições de fronteira deste domínio de cálculo (B) utilizaram-se os resultados das simulações do domínio A.

6. RESULTADOS

6.1. Caso Idealizado

Nesta secção apresentam-se os resultados do modelo SWAN obtidos a partir de situações idealizadas em termos de vento (intensidade e direcção) e altura de maré. Estes testes tiveram como objectivo inferir quais seriam as situações sinópticas passíveis de gerar ondas que afectassem a Base Naval.

Em primeiro lugar realizaram-se análises de sensibilidade à intensidade do vento e altura de maré, de modo a verificar a sua influência nos resultados do modelo, em termos de altura significativa e período de pico. Deste modo, considerou-se que o vento era uniforme e constante no tempo durante 48h, assim como a altura de maré. Para dois valores de intensidade de vento (10 e 20 m/s), foram efectuadas simulações para um valor de altura de maré constante. Escolheu-se o valor de 20 m/s para a intensidade do vento pois verificou-se que foi este que gerou ondas de maior altura significativa e período de pico. De seguida, assumindo uma intensidade de vento constante, efectuaram-se simulações para dois valores de altura de maré (1 e 4 m). Estes testes levaram à escolha do valor de 4 m para a altura de maré, situação correspondente a uma cota de preia-mar, uma vez que é esta a situação em que o *fetch* é maior, donde as alturas de onda geradas são as mais elevadas.

Considerou-se que o vento e a altura de maré eram uniformes e constantes no tempo durante 48 h. Para o valor de intensidade de vento 20 m/s e altura de maré 4 m, foram efectuadas simulações para oito direcções de vento: 0° (Norte), 45° (Nordeste), 90° (Leste), 135° (Sudeste), 180° (Sul), 225° (Sudoeste), 270° (Oeste) e 315° (Noroeste).

Nas Figuras 5 a 8 apresentam-se os resultados de altura significativa (em m), direcção média de onda e período de pico (em s), para o domínio A.

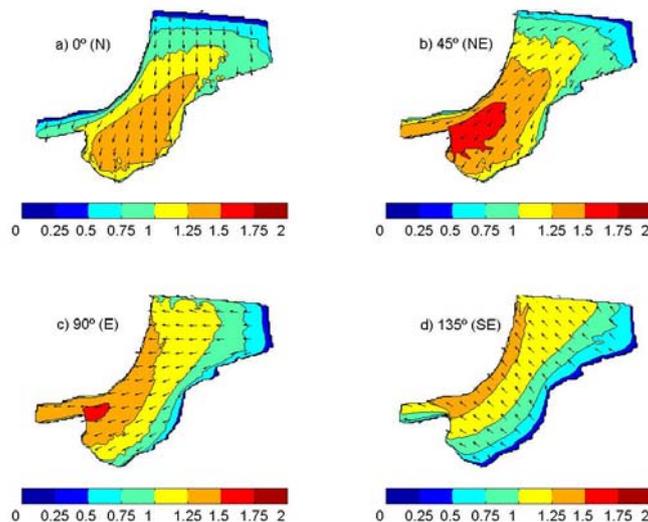


Figura 5 – Domínio A: Altura significativa (m) e direcção média de onda para o caso: intensidade de vento 20 m/s, direcção do vento a) 0° (N), b) 45° (NE), c) 90° (E) e d) 135° (SE) e altura de maré 4 m, no instante t=48 h.

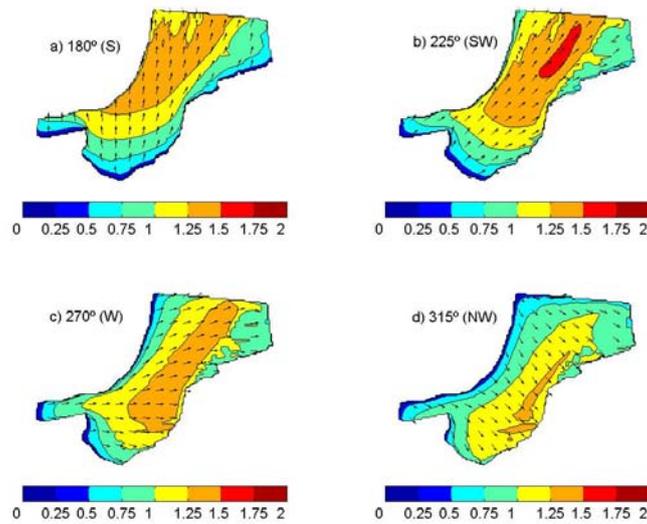


Figura 6 – Domínio A: Altura significativa (m) e direcção média de onda para o caso: intensidade de vento 20 m/s, direcção do vento a) 180° (S), b) 225° (SW), c) 270° (W) e d) 315° (NW) e altura de maré 4 m, no instante $t=48$ h.

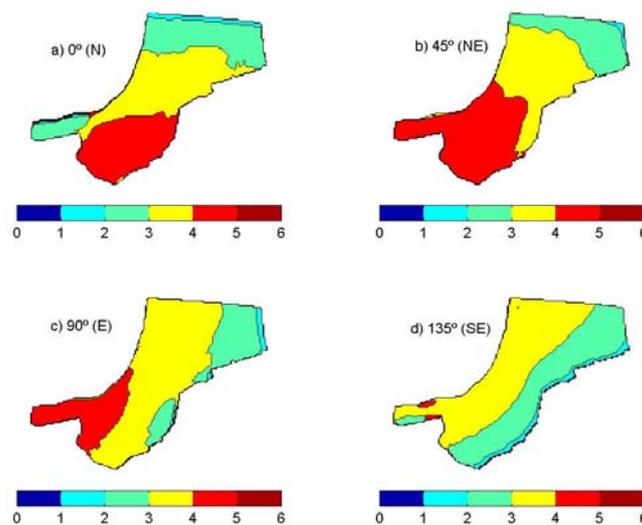


Figura 7 – Domínio A: Período de pico (s) para o caso: intensidade de vento 20 m/s, direcção do vento a) 0° (N), b) 45° (NE), c) 90° (E) e d) 135° (SE) e altura de maré 4 m, no instante $t=48$ h.

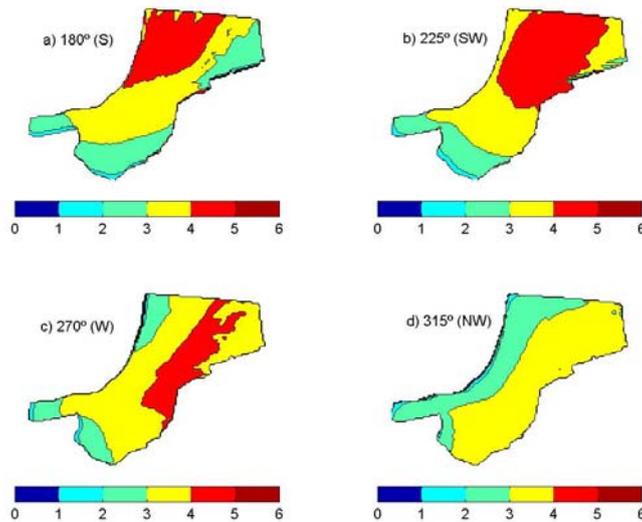


Figura 8 – Domínio A: Período de pico (s) para o caso: intensidade de vento 20 m/s, direcção do vento a) 0° (N), b) 45° (NE), c) 90° (E) e d) 135° (SE) e altura de maré 4 m, no instante t=48 h.

Nas Figuras 5 a 8 observa-se que as ondas de maior altura significativa e período de pico são geradas com ventos de direcção 45° (NE) e 225° (SW), atingindo valores de altura significativa entre 1.5 e 1.75 m e período de pico entre 4 e 5 s. Estes resultados podem ser explicados pelo facto de o *fetch* nestas duas direcções ser maior. Pode-se concluir também que, os ventos com direcções 0° (N), 45° (NE) e 90° (E) são os que mais provavelmente irão gerar ondas que afectem a Base Naval. Por este motivo, procedeu-se à simulação mais detalhada com o domínio B (zona da Base Naval), destas três situações. Utilizou-se como condição de fronteira os resultados da corrida do SWAN do domínio A.

Nas Figuras 9 e 10 apresentam-se os resultados de altura significativa, período de pico e direcção de onda média no instante t=48 h, obtidos para o domínio B, nos casos onde a geração da agitação foi provocada por ventos com intensidade 20 m/s e direcções 0° (N), 45° (NE) e 90° (E).

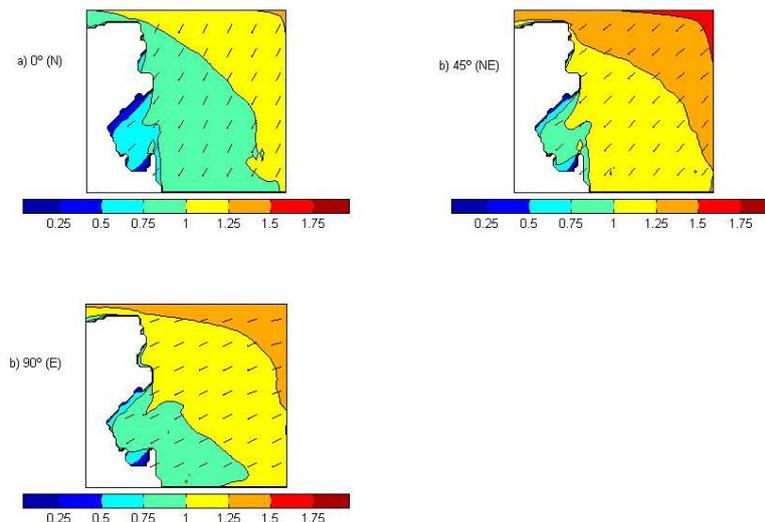


Figura 9 – Domínio B: Altura significativa (m) e direcção média de onda para o caso: intensidade de vento 20 m/s, direcção do vento a) 0° (N), b) 45° (NE) e c) 90° (E) e altura de maré 4 m, no instante t=48 h.

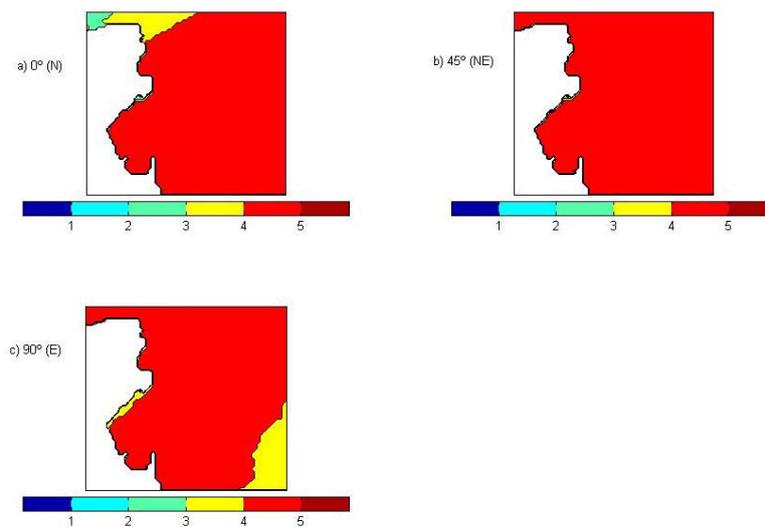


Figura 10 – Domínio B: Período de pico (s) para o caso: intensidade de vento 20 m/s, direcção do vento a) 0° (N), b) 45° (NE) e c) 90° (E) e altura de maré 4 m, no instante t=48 h.

Nas Figuras 9 e 10 observa-se que as ondas geradas pelo vento de direcção 45° (NE), são as que têm altura significativa maior na entrada da Base Naval (entre 1 e 1.25 m). O período de pico apresenta valores semelhante para os três casos, na ordem dos 4 a 5 s.

6.2. Situação extrema: 27 a 28 de Fevereiro de 2005

Apresentam-se de seguida os resultados do modelo SWAN para um período (27 a 28 de Fevereiro de 2005) em que foram detectados problemas na Base Naval, causados pela agitação. Durante este período o vento soprou principalmente de Nordeste e com uma intensidade que atingiu um máximo de 10 m/s.

O modelo SWAN foi forçado com dados de vento a 10 m (do modelo ALADIN) e de observações da altura de maré (do marégrafo do Terreiro do Trigo). Tanto o campo de vento, como o de maré, foram assumidos como sendo uniformes.

Nas Figuras 11 a 14 apresentam-se os resultados de altura significativa, direcção média de onda e período de pico, para o domínio A, desde o dia 27 às 0 h até ao dia 28 às 18 h. O início da simulação foi no dia 26 de modo a que o modelo não fosse inicializado em repouso no dia 27. Estes resultados não são apresentados, uma vez que neste período a agitação gerada não é relevante para o caso de estudo.

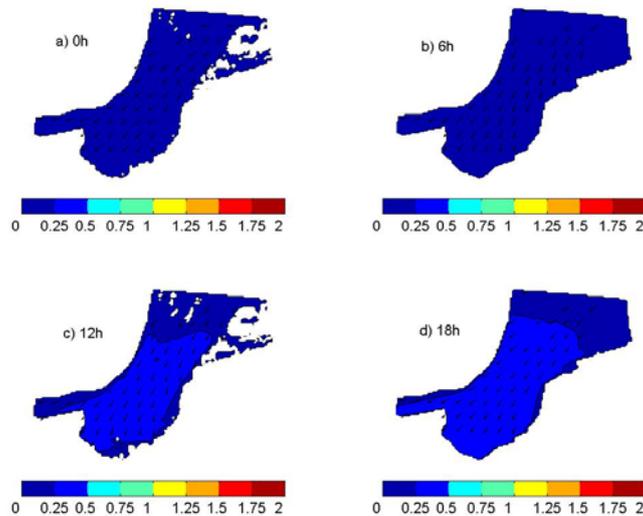


Figura 11 – Domínio A: Altura significativa (m) e direcção média de onda para o dia 27 de Fevereiro de 2005: a) 0 h, b) 6 h, c) 12 h e d) 18 h.

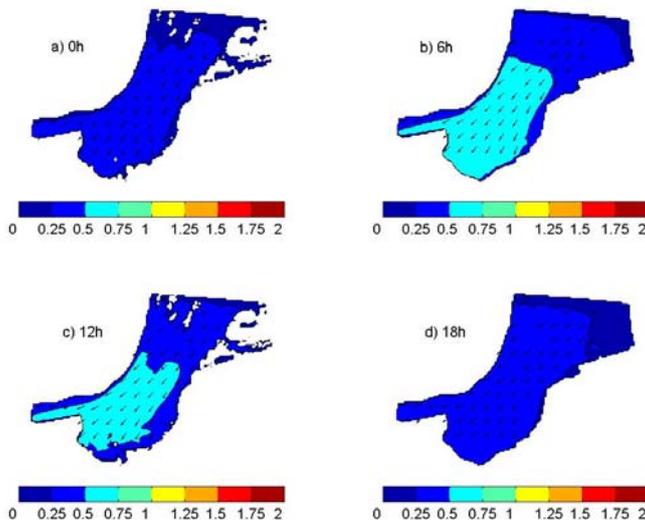


Figura 12 – Domínio A: Altura significativa (m) e direcção média de onda para o dia 28 de Fevereiro de 2005: a) 0 h, b) 6 h, c) 12 h e d) 18 h.

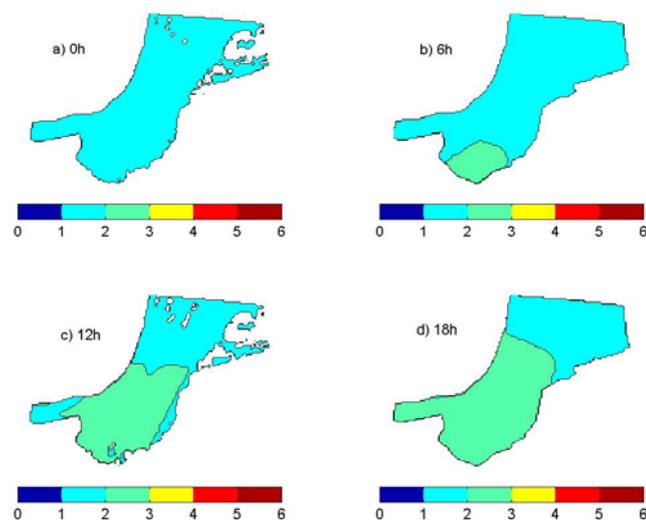


Figura 13 – Domínio A: Período de pico (s) para o dia 27 de Fevereiro de 2005: a) 0 h, b) 6 h, c) 12 h e d) 18 h.

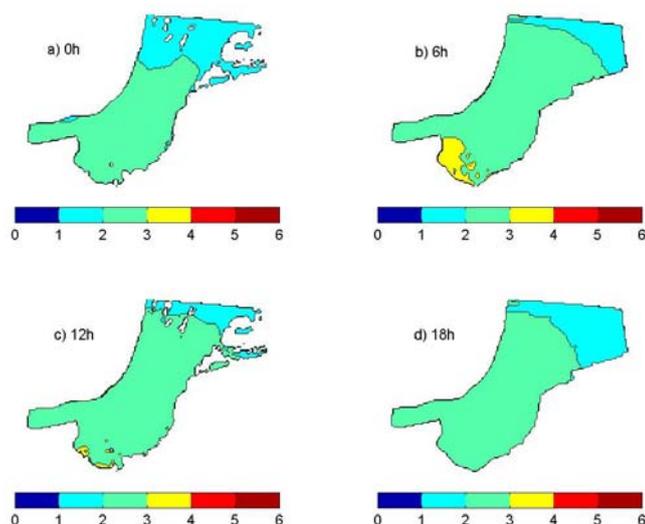


Figura 14 – Domínio A: Período de pico (s) para o dia 28 de Fevereiro de 2005: a) 0 h, b) 6 h, c) 12 h e d) 18 h.

Pode observar-se, nas Figuras 11 a 14, que começaram a ser geradas ondas com valores de altura significativa entre 0.25 e 0.5 m a partir de dia 27 às 12 h, atingindo-se o valor máximo no dia 28 às 6 h ($H_s=0.75$ m e $T_p=4$ s), altura em que a intensidade do vento também é máxima (cerca de 10 m/s).

Nas Figuras 15 a 18 apresentam-se os resultados de altura significativa, período de pico e direcção de onda média obtidos para o domínio B, desde o dia 27 às 0 h até ao dia 28 às 18 h.

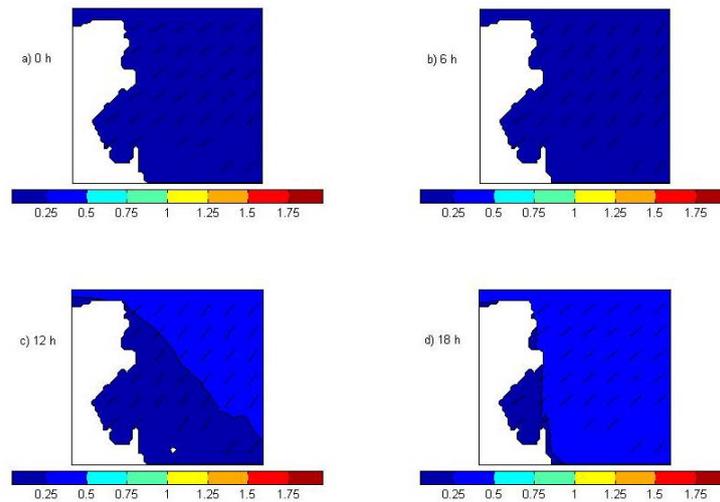


Figura 15 – Domínio B: Altura significativa (m) e direcção média de onda para o dia 27 de Fevereiro de 2005: a) 0 h, b) 6 h, c) 12 h e d) 18 h.

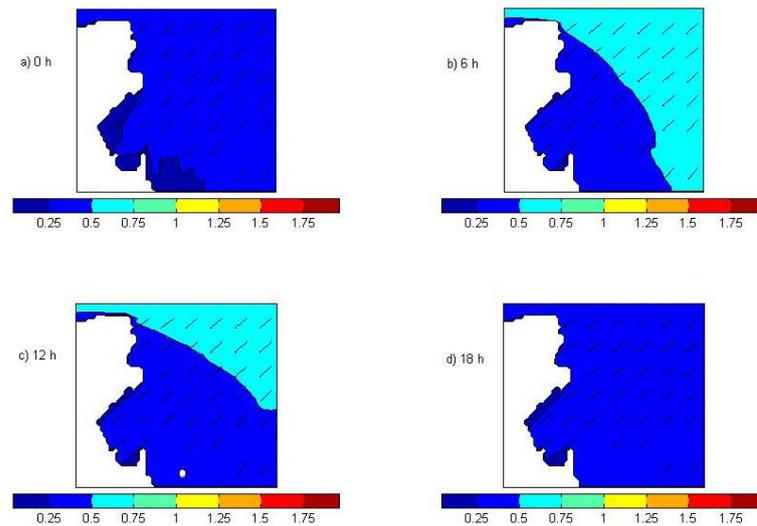


Figura 16 – Domínio B: Altura significativa (m) e direcção média de onda para o dia 28 de Fevereiro de 2005: a) 0 h, b) 6 h, c) 12 h e d) 18 h.

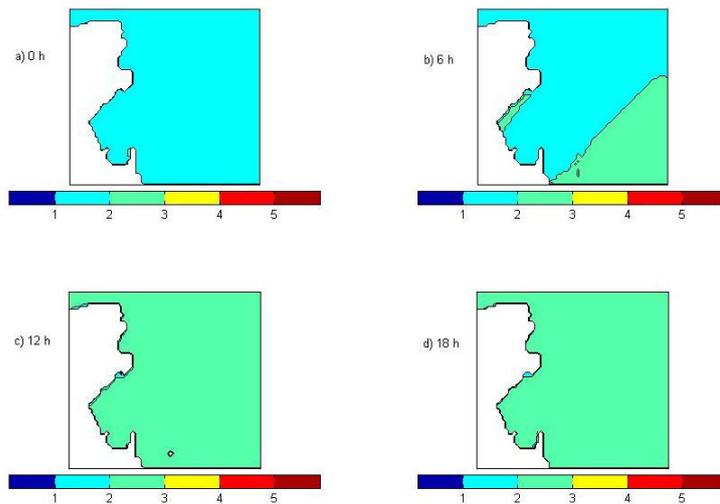


Figura 17 – Domínio B: Período de pico (s) para o dia 27 de Fevereiro de 2005: a) 0 h, b) 6 h, c) 12 h e d) 18 h.

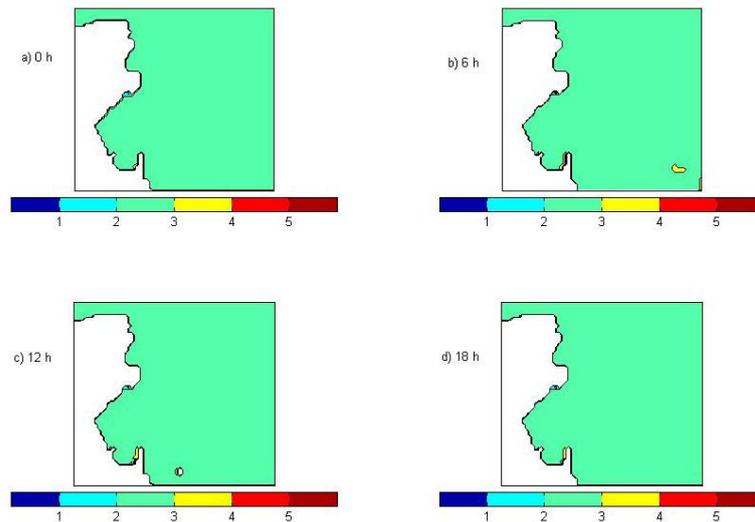


Figura 18 – Domínio B: Período de pico (s) para o dia 28 de Fevereiro de 2005: a) 0 h, b) 6 h, c) 12 h e d) 18 h.

Nas Figuras 15 a 18, observa-se que, tal como no domínio A, as ondas de maior altura significativa (0.5 m) e período de pico (3 s) ocorrem durante o dia 28.

Pode concluir-se assim, que durante o período de simulação existiram condições propícias à geração e propagação de agitação para o interior da Base Naval do Alfeite, conforme relatado.

Os resultados obtidos estão no entanto limitados por diversos factores: o facto de não se terem considerado correntes, não serem conhecidos os valores de rajada do vento e a assunção de um campo de vento uniforme (este na realidade pode variar dependendo da topografia em redor do estuário), podem levar a diferenças nos resultados. Por exemplo, numa situação em que a corrente fosse oposta à direcção de propagação das ondas, a velocidade do vento relativamente às ondas seria superior e as ondas propagar-se-iam mais lentamente, aumentando o *fetch* e consequentemente a energia (Smith *et al*, 2001).



7. CONCLUSÃO

Pretendia-se no presente trabalho identificar as condições sinópticas propícias à ocorrência situações extremas de agitação marítima na Base Naval do Alfeite, através da modelação da geração e propagação das condições de agitação no estuário do Tejo.

Foram utilizados dois domínios de cálculo acoplados. O domínio maior (A) compreende todo o estuário do Tejo e o domínio menor (B) abrange apenas a área da Base Naval. Para o domínio A, o modelo SWAN (Booji *et al.*, 1999) foi forçado pelo campo do vento a 10 m e pela altura de maré. A partir destas simulações, obtiveram-se condições de fronteira para o domínio B, cujos resultados são utilizados para a caracterização da agitação na entrada da Base Naval.

Numa primeira abordagem do problema foram realizados alguns testes de sensibilidade, utilizando como forçamento campos de vento e de maré idealizados, para identificar as condições que levariam a situações extremas de agitação na Base Naval.

Os resultados mostraram que as ondas de maior altura significativa e período de pico foram geradas com ventos de direcção 45° (NE) e 225° (SW). Pode-se observar também que, os ventos com direcções 0° (N), 45° (NE) e 90° (E), são os que maior probabilidade têm de gerar ondas que afectem a Base Naval. Pela análise dos resultados do domínio menor, verifica-se que as ondas geradas com vento de direcção 45° (NE), são as que têm altura significativa mais elevada na entrada da Base Naval. Em relação ao período de pico os resultados são semelhantes para ventos originários dos três quadrantes.

Após o processo de identificação de situações passíveis de causar problemas na Base Naval, procedeu-se à simulação de geração e propagação de agitação, para um período de dois dias (de 27 a 28 de Fevereiro de 2005), em que a Base Naval relatou problemas. Durante este período o vento foi predominantemente de Nordeste e aumentou gradualmente de intensidade, atingindo o valor máximo aproximado de 10 m/s, durante o dia 28.

Na reprodução desta situação, verificou-se que as ondas geradas no estuário se propagavam em direcção à Base Naval, atingindo valores máximos na entrada da Base ($H_s=0.5$ m e $T_p=3$ s) no dia 28 às 6 h, hora em que a intensidade do vento é máxima (cerca de 10 m/s).

Os resultados obtidos estão no entanto limitados por diversos factores: o facto de não se terem considerado correntes, não serem conhecidos os valores de rajada do vento e a assunção de um campo de vento uniforme.

Devido à inexistência de medições de agitação na área de estudo, não houve possibilidade de avaliar os resultados de um modo quantitativo. Está no entanto prevista a colocação de um aparelho de medição no estuário, que permitirá obter os dados necessários à avaliação do desempenho do modelo e eventual modificação da parametrização de alguns processos físicos.

Como trabalho futuro, pretende-se aplicar um modelo mais apropriado ao interior da Base Naval, de modo a ser considerado o fenómeno da reflexão das ondas, o qual poderá causar alturas significativas superiores.



4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

REFERÊNCIAS

- Booji, N., Holthuijsen, L. H., Kieftenburg, A. T. M. M., Ris, R. C., van der Westhuysen, A. J. and Zijlema, M, 2004, *SWAN Cycle III version 40.41- user manual* - acedido em 15/03/05.
- Booji, N., Ris, R. C., and Holthijsen, L. H., 1999, *A third-generation wave model for coastal regions – 1. Model description and validation*, Journal of Geophysical Research, Vol. 104, No. C4, Pag. 7649-7666.
- Freire, P. M. S., 2003, *Evolução morfo-sedimentar de margens estuarinas – Estuário do Tejo, Portugal*, Teses e Programas de Investigação LNEC, 28.
- Komar, P. D., 1976, *Beach processes and sedimentation*, second edition, Prentice Hall, Inc, New Jersey.
- Rogers, W. E., Hwang, P. A. and Wang, D. W., 2002, *Investigation of Wave Growth and Decay in the SWAN Model: Three Regional-Scale Applications*, Journal of Physical Oceanography, Vol. 33, Pag.366-389.
- Smith, M. J., Stevens, C. L., Gorman, R. M., McGregor, J. A. and Neilson, C. J., 2001, *Wind-wave development across a large intertidal estuary: a case study of Manukau Harbour, New Zealand*, New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, Vol. 35, Pag.985-1000.
- NOAA, 2005, *World Wind*, retirado de <http://worldwind.arc.nasa.gov> – acedido em 15/06/05.