



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE
Núcleo de Estuários e Zonas Costeiras

Proc. 0604/014/16707

IMPACTE DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA EMBOCADURA DA LAGOA DE ÓBIDOS

**Relatório de Actividades do Doutor Nicolas Bruneau
no Projecto G-CAST**

Projecto FCT GCAST – G-cast: Application of GRID-computing
in a coastal morphodynamics nowcast-forecast system
(ref: GRID/GRI/81733/2006)

Lisboa • Maio de 2010

I&D HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO 194/2010 – NEC

**IMPACTE DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA EMBOCADURA DA
LAGOA DE ÓBIDOS: RELATÓRIO DE ACTIVIDADES DO DOUTOR
NICOLAS BRUNEAU NO PROJECTO G-CAST**

**IMPACT OF CLIMATE CHANGES ON THE ÓBIDOS INLET/LAGOON:
ACTIVITY REPORT OF THE DOCTOR NICOLAS BRUNEAU IN THE
FRAMEWORK OF THE G-CAST PROJECT**

**IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR L'EMBOUCHURE
DE LA LAGUNE D'ÓBIDOS: RAPPORT D'ACTIVITÉS DU DOCTEUR
NICOLAS BRUNEAU DANS LE CADRE DU PROJECT G-CAST**

IMPACTE DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA EMBOCADURA DA LAGOA DE ÓBIDOS: RELATÓRIO DE ACTIVIDADES DO DOUTOR NICOLAS BRUNEAU NO PROJECTO G-CAST

ÍNDICE GERAL

1. PREÂMBULO	3
2. ACTIVIDADES DE INVESTIGAÇÃO	3
2.1. OPTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE MODELAÇÃO MORSYS2D	4
2.2. PARALELIZAÇÃO PARCIAL DO SISTEMA.....	5
2.2.1. <i>Implementação do modelo WW3 paralelo</i>	5
2.2.2. <i>Implementação do modelo SWAN paralelo</i>	6
2.2.3. <i>Impacto sobre o sistema global MORSYS2D</i>	7
2.2.4. <i>Implementação dos modelos hidrodinâmicos em paralelo</i>	8
2.3. APLICAÇÃO DO SISTEMA NA LAGOA DE ÓBIDOS	9
2.3.1. <i>Batimetrias iniciais</i>	9
2.3.2. <i>Condições de simulação</i>	10
2.3.3. <i>Conclusões</i>	12
2.4. CLIMA DAS ONDAS	14
2.4.1. <i>Introdução - Objectivos</i>	14
1.1.1 <i>Geração de um clima de agitação anual representativo</i>	14
2.4.2. <i>Clima característico das ondas em frente de Óbidos em 2010</i>	15
2.4.3. <i>Clima característico futuro das ondas (para 2100)</i>	16
2.4.4. <i>Resultados preliminares da morfodinâmica</i>	17
3. PUBLICAÇÕES	18
4. CONCLUSÃO	19
5. REFERENCIAS.....	20

IMPACTE DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA EMBOCADURA DA LAGOA DE ÓBIDOS: RELATÓRIO DE ACTIVIDADES DO DOUTOR NICOLAS BRUNEAU NO PROJECTO G-CAST

Índice de Figuras

Figura 1: O sistema de modelação morfodinâmica MORSYS2D	5
Figura 2: Desempenhos do WW3 em paralelo.	6
Figura 3: Desempenhos do SWAN em paralelo.	7
Figura 4: Distribuição dos tempos de computação do MORSYS2D com o modelo SWAN a funcionar em paralelo.	8
Figura 5: Comparações dos desempenhos entre os diferentes módulos hidrodinâmicos.	9
Figura 6: Batimetrias iniciais para as simulações: Julho 2001 (painel da esquerda) e Abril 2002 (painel da direita).	9
Figura 7: Coeficiente de Manning (painel da esquerda) e d50 (painel da direita).	10
Figura 8: Evoluções morfodinâmicas de 140 dias (com início em Abril 2002) com um coeficiente de Manning (painel da esquerda) e com a formulação de Soulsby para as rugas (painel da direita).	10
Figura 9: Evoluções morfodinâmicas de 140 dias (painéis de cima) e de 1 ano (painéis de baixo) com uma malha fina (painéis da esquerda) e uma malha grosseira (painéis da direita). Início em Abril 2002.	11
Figura 10: Evoluções morfodinâmicas de 1 ano com a formulação de Soulsby – Van Rijn (painel da esquerda) e com a formulação de Ackers - White (painel da direita). Início em Abril 2002.	12
Figura 11: Evoluções morfodinâmicas de 5 meses (painéis de cima) e de 7 meses (painéis de baixo). Início em Abril 2002. a) Fotografia da embocadura, c) batimetria medida em Outubro 2002, b e d) resultados das simulações.	13
Figura 12: Distribuição das alturas significativas das ondas em função do período de pico (esquerda: dados, direita: modelo).	15
Figura 13: Rotações em função do período.	16
Figura 14: 1 ano de evolução morfodinâmica com a) um clima das ondas para 2010 e b) um clima (com os mesmos valores aleatórios) para 2100.	17

IMPACTE DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA EMBOCADURA DA LAGOA DE ÓBIDOS: RELATÓRIO DE ACTIVIDADES DO DOUTOR NICOLAS BRUNEAU NO PROJECTO G-CAST

1. Preâmbulo

Com o objectivo de investigar o impacto das alterações climáticas na morfodinâmica das embocaduras, o trabalho desenvolvido no âmbito da bolsa de pos-doutoramento do Doutor Nicolas Bruneau pretende melhorar o desempenho do sistema de modelação MORSYS2D (que tem vindo a ser desenvolvido no LNEC ao longo dos últimos 10 anos) através 1) da utilização do cluster MEDUSA e 2) do desenvolvimento de uma metodologia para definir um clima de agitação realísta tendo em conta a sua evolução devido ao impacto das alterações climáticas. Finalmente, foi também objectivo deste trabalho a aplicação destes conhecimentos novos à dinâmica da Lagoa de Óbidos.

Este trabalho foi supervisionado pelos IPH André Fortunato e IA Anabela Oliveira. Neste relatório descreve-se a actividade efectuada no âmbito das tarefas 1 (Grid-enabling of the modeling system), 3 (Parallelization of the sand transport model and morphodynamic modeling system) e 5 (Effect of climate changes on the morphological evolution of the Óbidos lagoon) do projecto FCT GRID/GRI/81733/2006 designado por “G-cast: Application of GRID-computing in a coastal morphodynamics nowcast-forecast system”.

2. Actividades de investigação

O sistema de modelação morfodinâmica MORSYS2D, que permite simular a circulação costeira (induzida pela maré e pelas ondas), a dinâmica sedimentar e as evoluções morfológicas em

zonas costeiras e estuários, está em desenvolvimento no LNEC há uma década (Fortunato e Oliveira (2004), Bertin et al. (2009a,b)). Os objectivos da bolsa de pos-doutoramento que decorreu entre Março de 2009 e Março de 2010 foram:

- melhorar o desempenho do sistema de modelação MORSYS2D,
- implementar e testar uma versão parcialmente paralela do sistema no cluster MEDUSA,
- aplicar o MORSYS2D à Lagoa de Óbidos,
- desenvolver uma metodologia para criar um clima de agitação e estudar o impacto das alterações climáticas na agitação sobre a morfodinâmica,
- centralizar os desenvolvimentos deste sistema de modelação, sendo responsável pela criação e difusão das novas versões e apoiar o grupo de utilizadores no LNEC e externos.

2.1. Optimização do sistema de modelação MORSYS2D

O sistema de modelação morfodinâmica MORSYS2D baseia-se no acoplamento entre diferentes módulos, a fim de ter em conta os fenómenos associados com as ondas (SWAN), as correntes (ELCIRC ou ADCIRC), o transporte de sedimentos e as evoluções do fundo (SAND2D). Cada módulo usa diferentes métodos numéricos com diferentes tipos e dimensões de malhas de cálculo (regular, curvilínea ou não estruturada), o que requer um grande número de interpolações, as quais são computacionalmente exigentes. Para além disso, as transferências (interpolações, escrita e leitura) dos dados entre os módulos representam uma grande parte do tempo de computação. A Figura 1 ilustra a estrutura do MORSYS2D e das transferências de informação entre os vários módulos.

Para reduzir estes tempos de computação, três formas de optimização foram investigadas:

- a melhoria das subrotinas de interpolação (entre o SWAN e o ELCIRC) com o armazenamento das matrizes de conectividade entre os elementos das diferentes malhas. Isto permitiu reduzir em 50-90% o tempo das interpolações (dependendo das malhas),
- a melhoria das subrotinas de interpolação final da batimetria no SAND2D, o que permitiu reduzir em 50% o tempo global do SAND2D,
- a re-escrita dos scripts C-SHELL em linguagem PERL, para guardar o máximo de informações em memória e diminuir o acesso ao disco. Esta alteração só permite diminuir os tempos computacionais em 5%. Apesar desta redução não ser muito relevante, ela permite reduzir de maneira significativa a saturação do disco rígido no cluster MEDUSA. Em situações

em que há vários utilizadores a acederem ao disco rígido em simultâneo, os ganhos de performance computacionais podem tornar-se muito significativos.

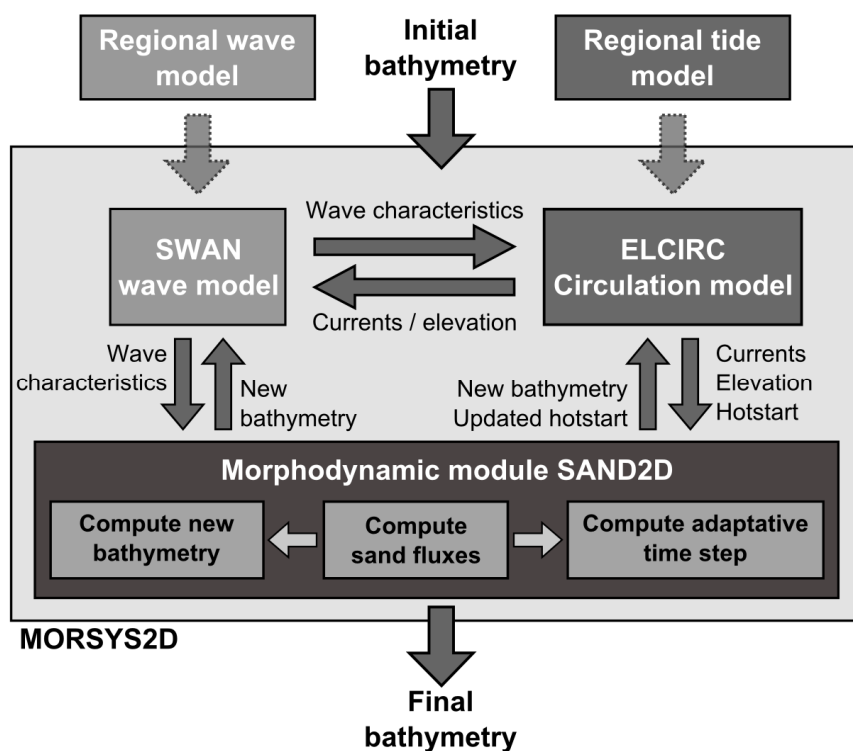


Figura 1: O sistema de modelação morfodinâmica MORSYS2D

O signatário participou ainda na análise de optimização do I/O do MORSYS2D, elaborada pelo Eng^o Mário Costa do CTI (Costa et al., 2010).

2.2. Paralelização parcial do sistema

Para estudar os impactos das alterações climáticas, o sistema de modelação deve ser capaz de simular longos períodos da evolução morfodinâmica. Ter em conta os processos físicos complexos presentes na zona de rebentação perto de uma embocadura constitui um grande desafio que exige uma elevada resolução espacial. Por exemplo, em modo série, para correr um ano de evolução morfodinâmica com uma malha de 30000 nós, o MORSYS2D necessitava de mais de 1 mês de tempo de cálculo nas estações de trabalho disponíveis no NEC, ou num processador da Medusa. A disponibilidade do cluster Medusa no LNEC permite correr simulações em paralelo e melhorar o desempenho do sistema.

2.2.1. Implementação do modelo WW3 paralelo

De modo a definir as condições de fronteira para forçar o modelo de agitação marítima, é necessário correr o modelo regional de agitação marítima (WAVEWATCH 3, Tolman (2009)).

Começou-se assim primeiro pela análise da performance do modelo WW3 nesta aplicação (em colaboração com o bolsheiro de investigação Guillaume Dodet).

Os resultados do desempenho com o modelo regional das ondas WW3 são ilustrados na figura 2. Estes resultados foram obtidos com uma malha de 22700 nós e uma corrida não estacionária de uma semana.

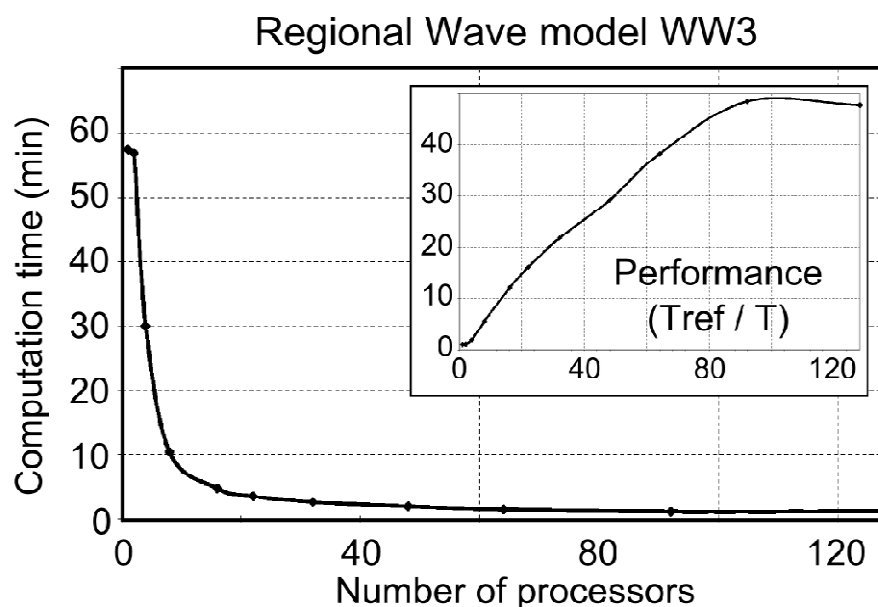


Figura 2: Desempenhos do WW3 em paralelo.

Os resultados obtidos são excelentes, com um ganho de um factor de 50, o que permite simular 57 anos de agitação (1953-2009), os quais são necessários para investigar o impacto das alterações climáticas.

2.2.2. Implementação do modelo SWAN paralelo

Os primeiros testes mostraram que o SWAN representava cerca de 60% do tempo global numa simulação típica do MORSYS2D na lagoa de Óbidos. Foi por isso o primeiro modelo a ser implementado em modo paralelo no MORSYS2D. A figura 3 apresenta os resultados dos desempenhos do SWAN em paralelo para uma corrida estável clássica no sistema MORSYS2D (para uma malha de 22000 nós).

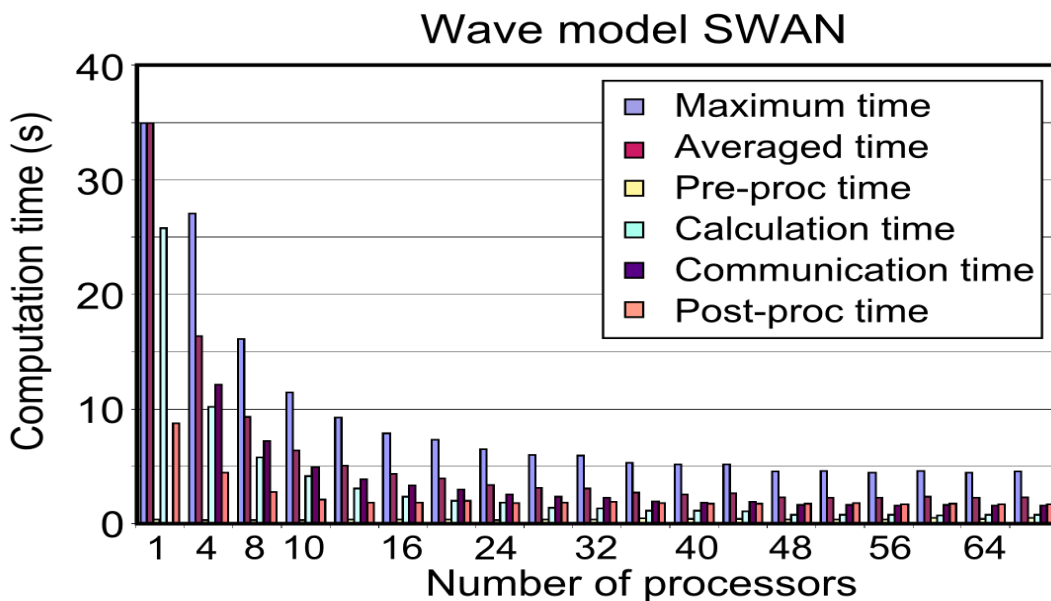


Figura 3: Desempenhos do SWAN em paralelo.

Este gráfico mostra que é possível reduzir significativamente os tempos de computação (>85%) com a versão do SWAN em paralelo. A diminuição do tempo de computação segue uma curva exponencial de decaimento. De 1 para 16 processadores, o tempo de cálculo é dividido por 5; acima de 16 processadores, o ganho torna-se relativamente modesto. O desempenho seria maior com uma corrida mais longa e o limite de 16 processadores depende do número de nós da malha de cálculo.

2.2.3. Impacto sobre o sistema global MORSYS2D

Finalmente, a figura 4 apresenta a repartição global dos tempos de computação de cada módulos do sistema MORSYS2D com o modelo de ondas SWAN em paralelo (16 processadores). Este gráfico mostra claramente que, com o modelo SWAN a correr em paralelo, uma maior parte do tempo de computação (cerca de 2/3) passa a ser devida ao modelo hidrodinâmico. Para melhorar o desempenho do sistema, é por isso também necessário implementar os modelos hidrodinâmicos em paralelo.

Estas alterações (SWAN paralelo + otimização das interpolações) permitiram reduzir o tempo de cálculo de cerca de um mês para cerca de uma semana para uma simulação de um ano com uma malha de 30000 nós.

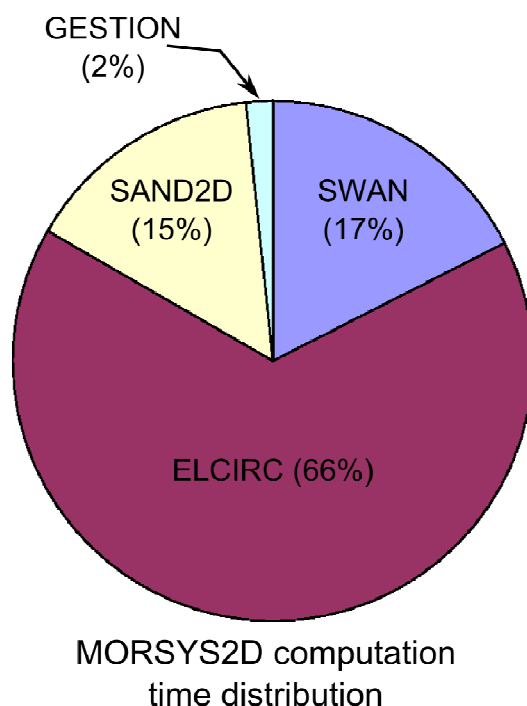


Figura 4: Distribuição dos tempos de computação do MORSYS2D com o modelo SWAN a funcionar em paralelo.

2.2.4. Implementação dos modelos hidrodinâmicos em paralelo

Os resultados obtidos com a versão paralela do ELCIRC mostram uma deterioração importante dos tempos de computação, provavelmente devido a uma má implementação do MPI. Em alternativa à utilização do modelo ELCIRC, dois outros modelos bem paralelizados foram testados: SELFE (que apenas existia em versão 3D) e ADCIRC (existente a 2D e a 3D). Os modelos ELCIRC e SELFE usam métodos numéricos que permitem utilizar um passo de cálculo elevado (da ordem de 1 min para as malhas testadas). O ADCIRC, para a mesma malha computacional, precisa de um passo de tempo da ordem de 1 s por questões de estabilidade numérica (limitações de número de Courant). Apesar desta limitação, os resultados mostram que a versão paralela do ADCIRC é a mais eficiente (Figura 5) com uma redução dos tempos computacionais de 45% relativamente ao ELCIRC em modo série. Os mesmos resultados (redução dos tempos) são obtidos com o SELFE em paralelo e a 3D (35%). Finalmente, o SELFE tem unicamente um versão 3D que não é adaptada ao sistema MORSYS2D. Assim, só o ADCIRC (e também o ELCIRC) estão implementado no MORSYS2D. Devido a problemas numéricos, os resultados obtidos com o ADCIRC no caso de estudo utilizado (Lagoa de Óbidos) não foram satisfatórios.

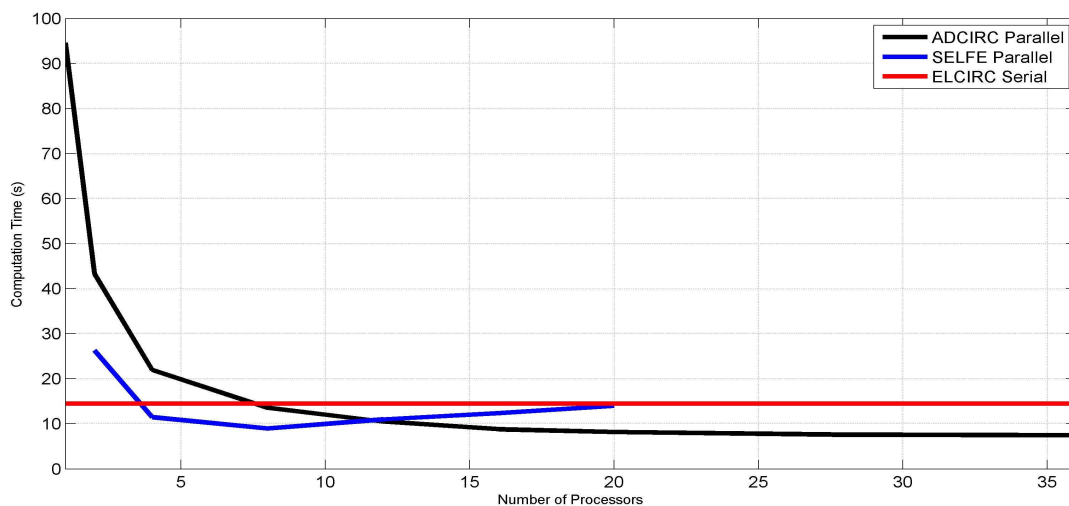


Figura 5: Comparações dos desempenhos entre os diferentes módulos hidrodinâmicos.

2.3. Aplicação do sistema na Lagoa de Óbidos

2.3.1. Batimetrias iniciais

Duas batimetrias (Julho 2001 e Abril 2002, Figura 6) foram usadas para estudar o impacto das condições iniciais sobre as evoluções morfodinâmicas da lagoa de Óbidos. A batimetria de 2001 foi medida pouco depois da dragagem do canal, enquanto a de 2002 representa uma morfologia mais natural da lagoa.

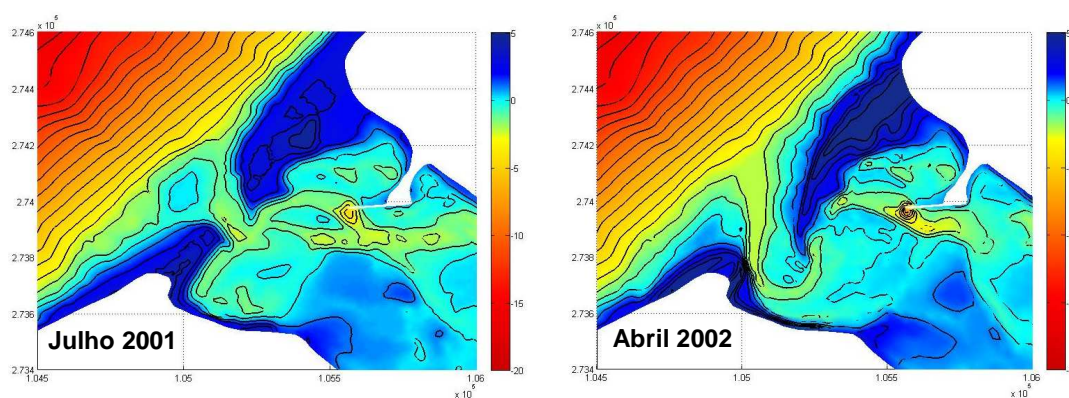


Figura 6: Batimetrias iniciais para as simulações: Julho 2001 (painel da esquerda) e Abril 2002 (painel da direita).

2.3.2. Condições de simulação

As primeiras corridas mostraram que dois parâmetros condicionam os resultados: 1) a distribuição do diâmetro mediano d_{50} e 2) a formulação da fricção. Estes dois parâmetros têm um grande impacto sobre as evoluções morfodinâmicas.

As últimas medições do d_{50} mostraram uma variabilidade espacial elevada, com areia muito grosseira nos canais e fina sobre os bancos. Para ter em conta uma migração possível da aberta, as distribuições do coeficiente do Manning e do d_{50} foram seleccionados como variáveis na direcção perpendicular à costa (Fig. 7).

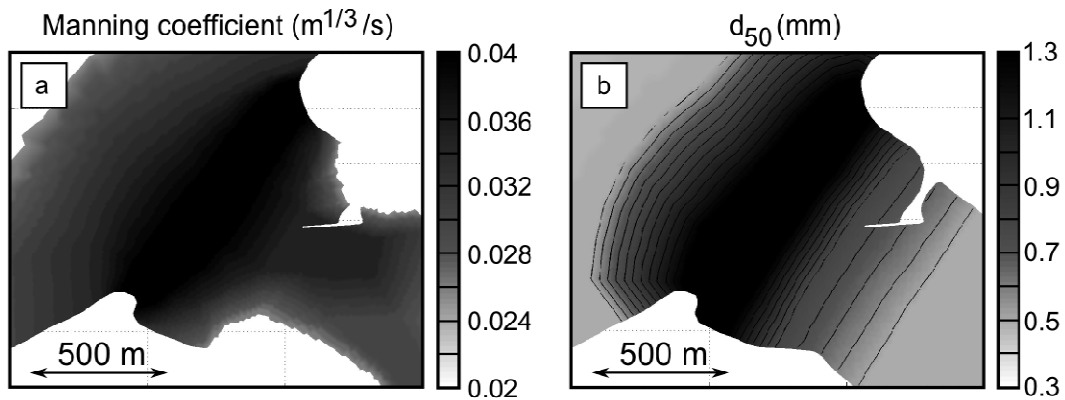


Figura 7: Coeficiente de Manning (painel da esquerda) e d_{50} (painel da direita).

A Figura 8 mostra as evoluções morfodinâmicas com duas formulações de fricção: à esquerda com um coeficiente de Manning e à direita com a formulação de Soulsby (com predictor de rugas). Pela evolução conhecida da Lagoa de Óbidos, os melhores resultados foram obtidos com a formulação de fricção de Manning (Fig. 8, esquerda).

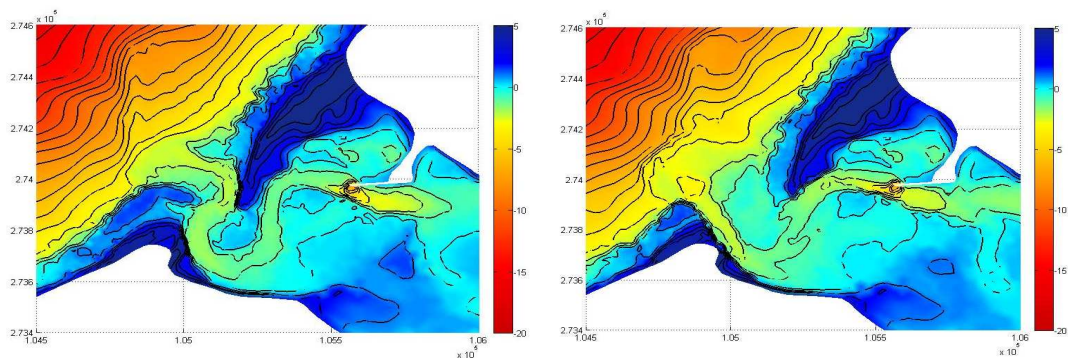


Figura 8: Evoluções morfodinâmicas de 140 dias (com início em Abril 2002) com um coeficiente de Manning (painel da esquerda) e com a formulação de Soulsby para as rugas (painel da direita).

Para ter em conta as alterações anuais da agitação marítima, serão efectuadas corridas de 1 ano. Actualmente, podem ser usadas duas malhas: 1) uma malha fina com 30000 nós e uma resolução entre 7 m e 2 km; e 2) uma malha mais grosseira com menos de 10000 nós e uma resolução entre 13 m e 2.5 km. Para um ano da evolução morfodinâmica, as corridas (Fig. 9) mostram que os resultados com a malha grosseira são semelhantes aos obtidos com a malha fina. No entanto, as canais tornam-se mais largos com a malha grosseira. Relativamente ao tempo de cálculo, uma simulação de 1 dia com a malha fina demora cerca de 50 min, contra apenas 10 min com a malha grosseira. Por esta razão, as corridas serão conduzidas com a malha grosseira.

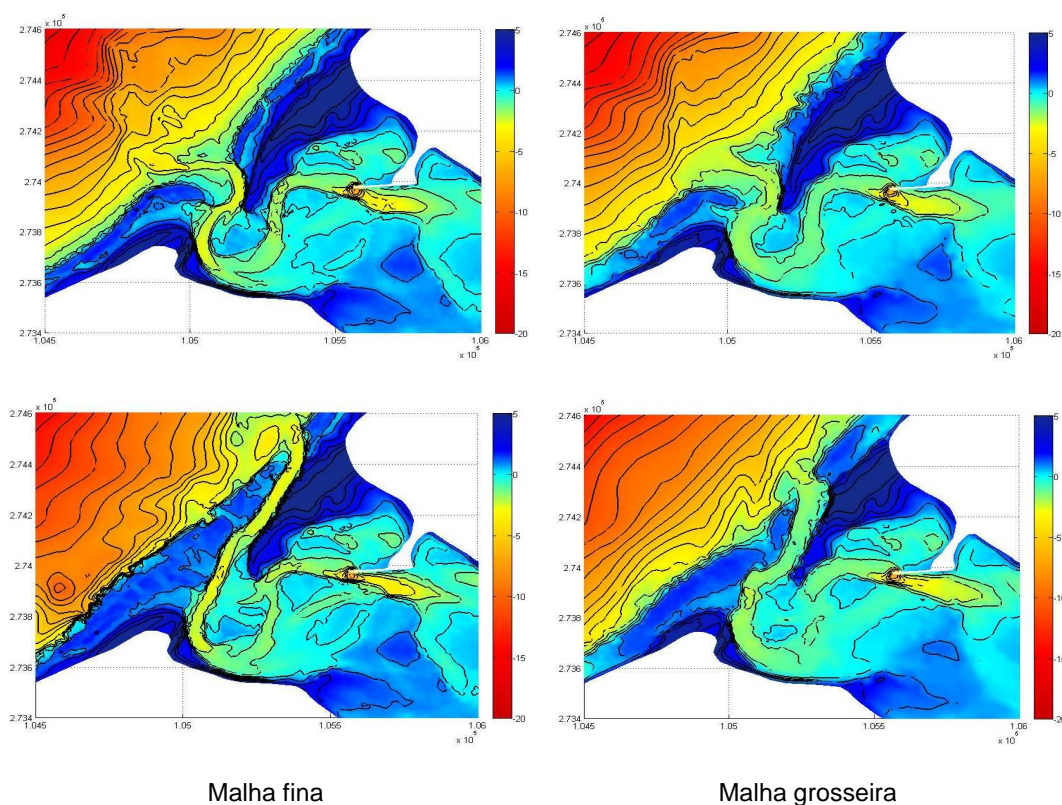
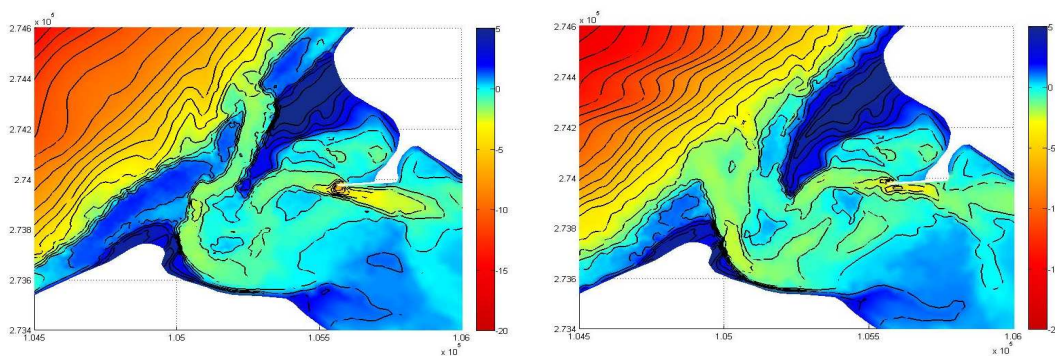


Figura 9: Evoluções morfodinâmicas de 140 dias (painéis de cima) e de 1 ano (painéis de baixo) com uma malha fina (painéis da esquerda) e uma malha grosseira (painéis da direita). Início em Abril 2002.

Existem muitas formulações de transporte de sedimentos na literatura e cada formulação conduz a resultados muito diferentes (e.g. Fig. 10). Depois de 1 ano de simulação, a posição dos canais está diferente e o desenvolvimento das barras está menos marcado com a formulação de Ackers-White. Em geral, as evoluções com a formulação de Soulsby - Van Rijn são mais dinâmicas do que com Ackers-White.



Soulsby - Van Rijn

Ackers White

Figura 10: Evoluções morfodinâmicas de 1 ano com a formulação de Soulsby – Van Rijn (painel da esquerda) e com a formulação de Ackers - White (painel da direita). Início em Abril 2002.

2.3.3. Conclusões

Em resumo, para as corridas desenvolvidas no âmbito do G-CAST, as escolhas são as seguintes:

- uma malha grosseira (5 vezes mais rápida),
- um coeficiente de Manning não homogéneo (Fig. 7a),
- uma distribuição de d_{50} não homogénea (Fig. 7b),
- a formulação de Soulsby – Van Rijn para o transporte dos sedimentos,
- simulações de 1 ano para fazer as comparações entre cenários.

A Figura 11 mostra uma validação do sistema MORSYS2D contra dados de campo para um período de 7-8 meses (Abril 2002 -> Outubro 2002), incluindo a formação de um meandro, a formação de um novo canal pequeno e o desenvolvimento das barras.

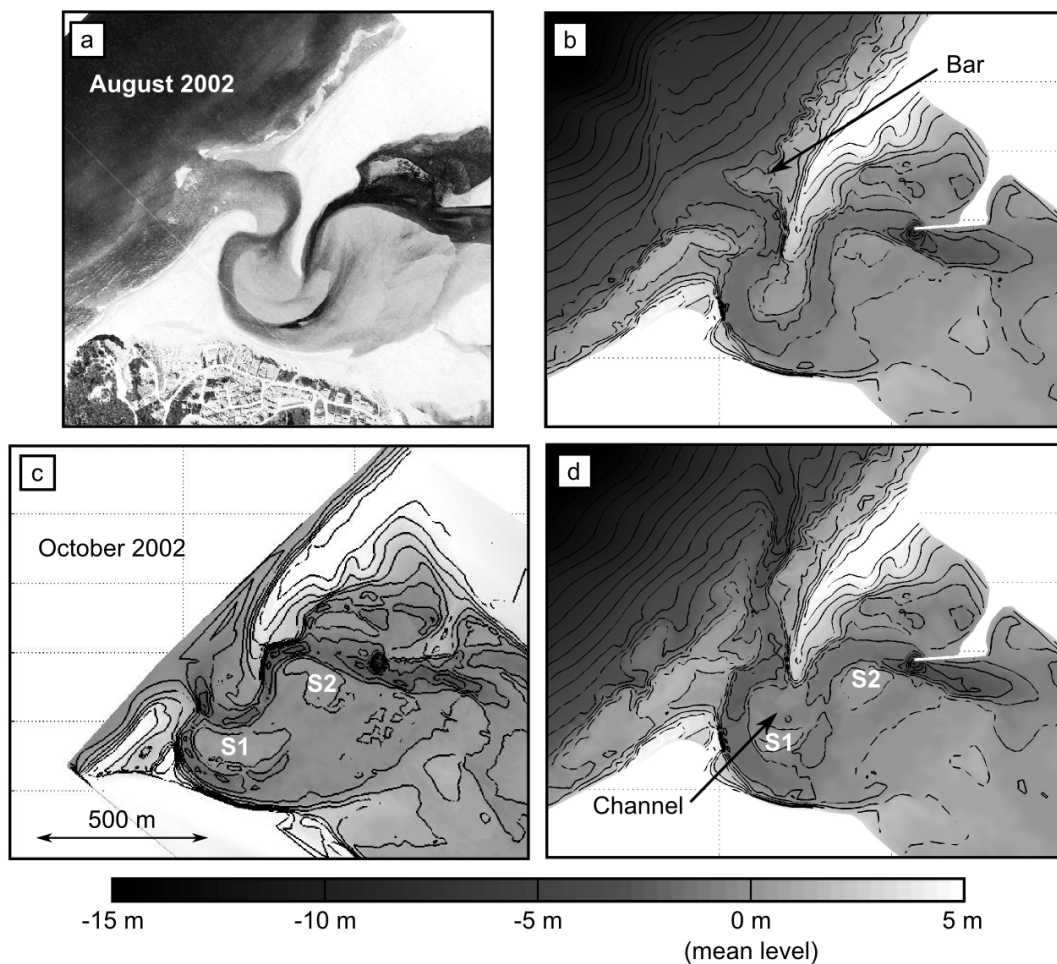


Figura 11: Evoluções morfodinâmicas de 5 meses (painéis de cima) e de 7 meses (painéis de baixo). Início em Abril 2002. a) Fotografia da embocadura, c) batimetria medida em Outubro 2002, b e d) resultados das simulações.

É de referir que este trabalho teve já uma aplicação prática num estudo para o INAG, em que ajudou a definir uma intervenção de gestão costeira (Por um desenho do relatório para o INAG – Relatório 73/2010-NEC).

2.4. Clima das ondas

De modo a definir os cenários de agitação marítima para 2100 foi necessário desenvolver uma metodologia para criar um clima de ondas sintético. Esta secção é um resumo de um artigo em preparação para uma revista indexada na *SCI* (Science Citation Index).

2.4.1. Introdução - Objectivos

Devido à combinação de uma maré mesotidal, canais com umas profundidades pequenas e um clima de agitação marítima muito forte, as embocaduras Portuguesas são extremamente complexas e dinâmicas. Prever o clima e o impacto das alterações climáticas nas morfologias das lagoas continua a ser um desafio. O objectivo deste estudo centra-se 1) no desenvolvimento de uma metodologia baseada no espectro das ondas para prever um clima de agitação futuro representativo do esperado no litoral Português e 2) na aplicação a um sistema costeiro muito dinâmico e complexo, a Lagoa de Óbidos (descrição detalhada em Oliveira et al. (2006), Fortunato e Oliveira (2007) e Bertin et al. (2009)).

Algumas estudos recentes sobre os climas de ondas (Santos e Miranda (2006), Dodet et al. (2010)) previram, em frente da costa Portuguesa e para 2100: 1) um aumento marginal das alturas das ondas (cerca de 1% para H_{s95}), 2) um aumento fraco do período de pico (0.003s/ano em frente a Óbidos) e 3) uma mudança das direcções das ondas (5/15° para Norte). Assim, a presente abordagem centra-se unicamente sobre as alterações da direcção das ondas.

1.1.1 Geração de um clima de agitação anual representativo

Séries temporais de espectros de onda de 57 anos (1953-2009, um espectro a cada 6 horas) são geradas pelo modelo de ondas espectral WAVE-WATCH III (denotada como WW3, Tolman, 2009) sendo a calibração e a validação detalhada apresentadas em Dodet et al. (2010).

Para cada frequência do espectro, as tendências direccionais são calculadas e filtradas para todos os 57 anos de espectro para dissociar a tendência de rotação da variabilidade anual. Finalmente, a média e o desvio padrão da energia das ondas são calculados para um ano típico (1 de Janeiro até 31 de Dezembro).

Um ano característico de espectros de energia é construído com a média, o desvio padrão e um valor aleatório. Estes números aleatórios são gerados com a distribuição de probabilidade de Weibull (1951).

2.4.2. Clima característico das ondas em frente de Óbidos em 2010

Os parâmetros médios das ondas, a altura significativa (H_s), o período de pico (T_p), o período médio (T_m), a direcção média (D_m) e o espalhamento direccional (S_{pr}), são usados para fazer a validação da estratégia detalhada em cima. A metodologia mostra principalmente para clima das ondas para 2010:

- uma altura significativa prevista que concorda muito bem com a distribuição dos dados,
- uma ligeira sobrestimação do período de pico (média de 10.47s (dados) e de 11.62s (modelo)),
- uma ligeira subestimação do período médio (média de 8.72s (dados) e de 7.23s (modelo)),
- uma boa previsão da direcção média das ondas, mas com uma variabilidade direccional mais fina (89% das ondas entre 290° e 320°, contra só 52% nos dados),
- um espalhamento direccional maior com o modelo (cerca de 7°).

Um exemplo da distribuição das alturas significativas das ondas em função do período de pico é ilustrado na Figura 12. Excepto pelo facto que a abordagem não reproduz com precisão as ondas com fracos períodos de pico, as tendências são bem previstas, com uma percentagem crescente das alturas das ondas com um período de pico crescente. A forma das curvas é muito semelhante. Este resultado demonstra especialmente a boa distribuição de um grupo das ondas em função do período de pico: por exemplo, os dados e o modelo mostram que as ondas com altura significativa acima de 5-6m sempre têm um período de pico superior a 13 s.

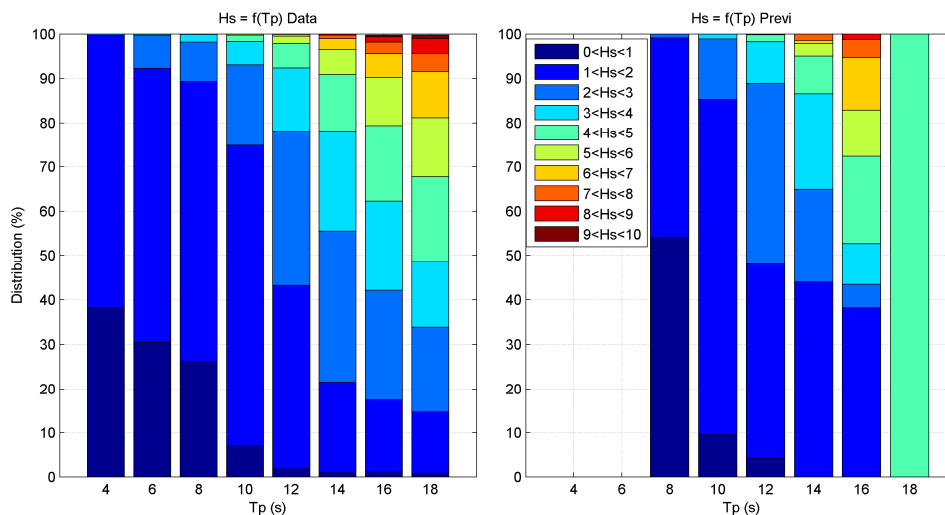


Figura 12: Distribuição das alturas significativas das ondas em função do período de pico (esquerda: dados, direita: modelo).

2.4.3. Clima característico futuro das ondas (para 2100)

Como explicado anteriormente, devido a estudos recentes sobre o litoral Português, o presente trabalho incide sobre a alteração da direcção da agitação marítima. A Figura 13 ilustra a tendência de rotação para cada período. Estes resultados mostram que a tendência de rotação depende do período, com 1) uma rotação forte para Sul para as altas frequências ($T < 7s$) e 2) uma rotação para Norte da energia para as baixas frequências.

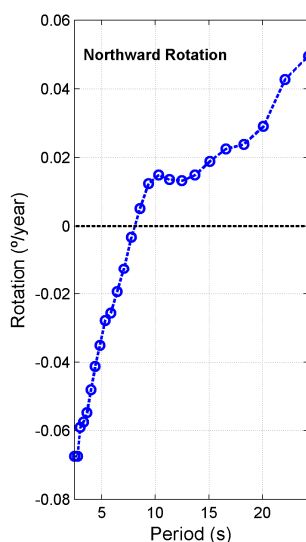


Figura 13: Rotações em função do período.

Os resultados obtidos neste estudo ilustram a rotação fraca para Norte das ondas durante o Inverno (quando ondas de período longo - tempestade - estão presentes) e a rotação para Sul durante o Verão. Contudo, as tendências previstas (cerca de 1° para Norte durante o Inverno) são bastante inferiores às estimadas em outros trabalhos ($5-15^\circ$). A análise das rotações do clima das ondas para diferentes períodos do ano (mensal ou sazonal) mostra uma variabilidade importante (tabela 1). Isto mostra a importância das variações interanuais do clima (10-15 anos) que não podem ser investigadas e reproduzidas unicamente com 57 anos de dados.

Tabela 1: Rotação sazonal das ondas para 100 anos baseadas nos 57 anos de parâmetros médios

Estações	Inverno (Dec- Mar)	Primavera (Mar- Jun)	Verão (Jun- Sep)	Outono (Sep- Dec)
Rotação	7.8° N	4° S	1.15° S	3.8° S

2.4.4. Resultados preliminares da morfodinâmica

Foram já feitos os primeiros testes com o MORSYS2D para investigar o impacto do clima característico das ondas sobre as evoluções morfodinâmicas (com a batimetria de Abril de 2002 e os climas de 2010 e 2100, para a mesma maré). A Figura 14 ilustra um tipo de evoluções morfológicas (de 1 ano) obtidas com os climas das ondas de 2010 (esquerda) e 2100 (direita). Particularmente, estes resultados realçam:

1) um teste interessante com uma migração do canal importante para Norte (150-350m) e a extensão da parte sul do cordão,

2) Para os dois climas de agitação (2010 e 2100), o desvio padrão (para diferentes distribuições = diferentes valores aleatórios) é fraco na lagoa. As principais diferenças são observadas em torno das bordas dos bancos de areia onde a inclinação do fundo é significativa. Além disso, um desvio padrão significativo também é observado na posição da embocadura.

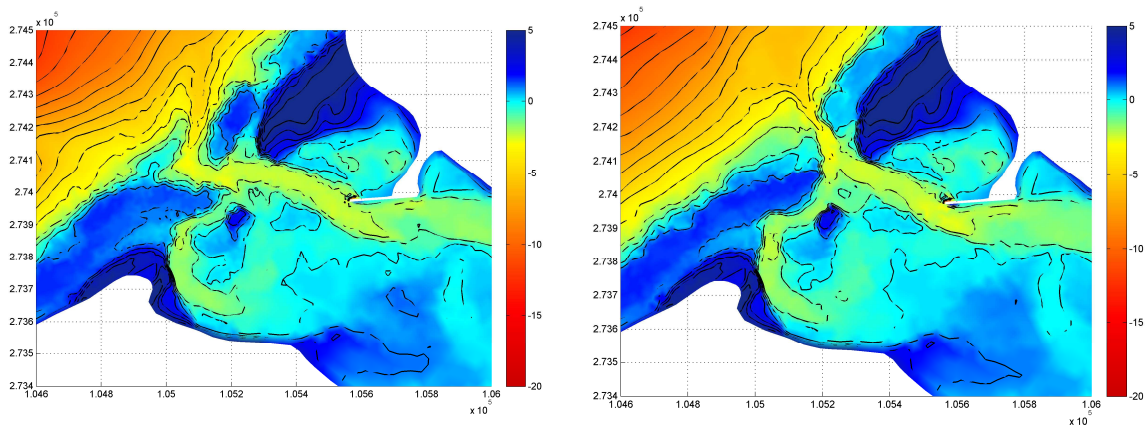


Figura 14: 1 ano de evolução morfodinâmica com a) um clima das ondas para 2010 e b) um clima (com os mesmos valores aleatórios) para 2100.

Novas simulações estão agora a ser executadas com a última versão das previsões do clima das ondas. Estes novos climas deverão melhorar a qualidade dos resultados e das tendências.

3. Publicações

Bruneau, N. et al. artigo em preparação sobre o regime das ondas. Metodologia e evolução morfodinâmica da lagoa de Óbidos.

N. Bruneau, A. B. Fortunato, A. Oliveira, X. Bertin, M. Costa and G. Dodet, 2010 (June). Towards long-term simulations of tidal inlets: Performance analysis and application of a partially Parallelized morphodynamic modeling system, *Proceedings of the XVIII International Conference on Water Resources (CMWR 2010)*, Barcelona, Spain.

M. Costa, **N. Bruneau**, A. Oliveira, A. B. Fortunato, 2010 (May). Optimizing I/O in a morphodynamic model, Extended abstract of the IV IBERian GRID infrastructure conference (IBERGRID 2010), Braga, Portugal.

M. Guerreiro, A.B. Fortunato, A. Oliveira, X. Bertin, **N. Bruneau**, M. Rodrigues, 2010. Simulation of morphodynamic processes in small coastal systems. European Geosciences Union, Vienna, Áustria, 1 p.

A. B. Fortunato, **N. Bruneau**, M. Clímaco, 2010. [Viabilidade da criação de uma nova aberta na Lagoa de Óbidos por meios mecânicos](#). Relatório LNEC 73/2010-NEC.

B. Castelle, B.G. Ruessink, P. Bonneton, **N. Bruneau**, V. Marieu and T.D. Price, 2010 (January). Coupling mechanisms in double sandbar systems: coupling patterns and impact on alongshore variability of inner bar rip channels. *Workshop: Linear stability analysis in coastal morphodynamics: essential or useless?*, Barcelona, Spain.

A. Oliveira, A.B. Fortunato, M. Guerreiro, X. Bertin, **N. Bruneau**, M. Rodrigues, R. Taborda, C. Andrade, A.M. Silva, C. Antunes, P. Freire, L.S. Pedro, G. Dodet, C. Loureiro, A. Mendes, 2010. Effect of inlet morphology and wave action on pollutant pathways and sediment dynamics in a coastal stream. *Estuarine and Coastal Modelling XI*, ASCE, 20pp.

4. Conclusão

Em resumo, o trabalho desenvolvido no âmbito desta bolsa permitiu dar cumprimento ao estabelecido no plano de trabalhos. Destaca-se:

- a reorganização do sistema de modelos,
- a melhoria das interpolações e dos tempos de cálculos,
- o desenvolvimento de um sistema parcialmente paralelizado (com o modelo de ondas em paralelo),
- a implementação do sistema de modelação MORSYS2D no cluster MEDUSA,
- uma análise dos desempenhos (em paralelo e série) dos diferentes módulos das ondas e das correntes,
- a melhoria do desempenho global do sistema MORSYS2D,
- o desenvolvimento de uma metodologia para criar uns climas das ondas e estudar os impactos das alterações climáticas,
- a aplicação do MORSYS2D a um sistema real e sua validação com dados de campo.

Em resultado do trabalho desenvolvido, foram produzidas diversas publicações.

5. Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, projecto G-Cast (GRID/GRI/81733/2006). Os autores agradecem a ajuda e os comentários construtivos dos colegas Xavier Bertin, Mário Costa e Guillaume Dodet.

Referencias

- Ackers P. and White W.R., 1973. Sediment transport: new approach and analysis, *Journal of Hydraulics Division* 99 (1), 2041–2060.
- Bertin X., Fortunato A.B. and Oliveira A., 2009. Simulating morphodynamics with unstructured grids: description and validation of an operational model for coastal applications. *Ocean Modelling*, Volume 28, Issues 1-3, 75-87.
- Bertin X., Fortunato, A.B. and Oliveira A., 2009b. A modeling-based analysis of processes driving wave-dominated inlets. *Continental Shelf Research*, Volume 29, Issues 5-6, 819-834.
- Costa M., Bruneau N., Oliveira A., Fortunato A.B., 2010. Optimizing I/O in a morphodynamic model, Extended abstract of the IV IBERian GRID infrastructure conference (IBERGRID 2010), Braga, Portugal.
- Dodet G., Bertin X. and Taborda R., “Wave climate variability in the North-East Atlantic Ocean over the last six decades”, *Ocean Modelling*, 31 (3-4), 120-131 (2010).
- Fortunato, A. B. and Oliveira, A., 2004. A modeling system for tidally driven long-term morphodynamics. *Journ. of Hyd. Res.* 42, 426-434.
- Oliveira A., Fortunato A. B. and Rego J.R.L., “Effect of morphological changes on the hydrodynamics and flushing properties of the Óbidos lagoon (Portugal)”, *Continental Shelf Research*, 26 (8), 917-942 (2006).
- Santos F.D. and Miranda P. (editors), 2006. Alterações climáticas em Portugal. Cenários, impactes e medidas de adaptação. Gradiva, Lisboa.
- Soulsby R., 1997. Dynamics of marine sands, a manual for practical applications. Thomas Telford, ISBN 0-7277-2584X, HR. Wallingford, England.
- Tolman H. L., 2009. User manual and system documentation of WAVEWATCH III version 3.14. NOAA/NWS/NCEP/MMAB Technical Note 276, 194 p.
- Weibull W., 1951. A statistical distribution function of wide applicability. *Journal of Applied Mechanics*, 18, 293-297.

Lisboa, em Maio de 2010

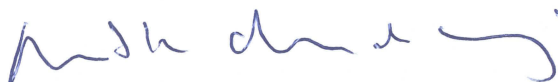
VISTOS



André Fortunato

Chefe do Núcleo de

Estuários e Zonas Costeiras



Anabela Oliveira

Chefe do Núcleo de Tecnologias da

Informação em Hidráulica e Ambiente



Rafaela de Saldanha Matos

Directora do Departamento de

Hidráulica e Ambiente

AUTORIA



Nicolas Bruneau

Bolseiro de Pos-Doutoramento



André Fortunato

Investigador Principal com Habilitação

(Co-orientador)



Anabela Oliveira

Investigadora Auxiliar

(Co-orientador)

