

APLICAÇÃO DE UMA FERRAMENTA SIG EM ESTUDOS DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS MARÍTIMAS

Nuno CHARNECA

Eng. ° Biofísico, LNEC, Av. do Brasil, 1700-066, Lisboa, +351.21.8443885, ncharneca@lnec.pt

Ana Catarina ZÓZIMO

Eng. ° Ambiente, LNEC, Av. do Brasil, 1700-066, Lisboa, +351.21.8443756, aczozimo@lnec.pt

Conceição FORTES

Eng. ° Civil, LNEC, Av. do Brasil, 1700-066, Lisboa, +351.21.8443446, jfortes@lnec.pt

Resumo

Nesta comunicação, apresenta-se o sistema de informação PROPAGA-SIG, que está em desenvolvimento no LNEC com o objectivo de automatizar rotinas de comunicação entre o ambiente de Sistema de Informação Geográfica e os modelos numéricos de propagação de ondas marítimas. Tal permite uniformizar os procedimentos, tanto de armazenamento e preparação dos dados de levantamentos hidrográficos, necessários para a utilização dos modelos numéricos, como de pós-processamento e armazenamento dos seus resultados.

Descrevem-se os progressos atingidos e as dificuldades encontradas até à actualidade no desenvolvimento das funções do sistema PROPAGA-SIG, quando aplicado ao caso da zona marítima adjacente ao porto de Sines. O modelo REFDIR foi o escolhido para efectuar a propagação de ondas marítimas desde o largo até junto à costa. É evidenciado sobretudo o papel dos Sistemas de Informação Geográfica numa nova abordagem de tratamento deste tipo de informação. Desta simbiose, resultam um considerável ganho de tempo ao nível do pré-processamento e novas capacidades de visualização e análise no pós-processamento dos resultados.

Palavras-chave – Sistemas de Informação Geográfica, Armazenamento e Processamento de Dados e Resultados, Levantamentos Hidrográficos, Zona Costeira, Modelos Numéricos.

1 INTRODUÇÃO

Aos estudos de propagação de ondas marítimas em zonas costeiras, está associado frequentemente um elevado grau de complexidade e de morosidade, tanto na preparação dos dados batimétricos, base fundamental do estudo, como na análise dos resultados dos modelos numéricos utilizados. As tarefas referidas tornam-se ainda mais morosas, quanto mais complexo for o caso de estudo e/ou o modelo numérico a utilizar.

No LNEC existem em formato digital, há já vários anos, um conjunto de levantamentos hidrográficos que caracterizam a costa portuguesa, COVAS (1990), e que servem de base aos diferentes modelos de propagação de ondas marítimas utilizados no LNEC. No entanto, a informação batimétrica existente está fragmentada pelo levantamento hidrográfico correspondente, não existindo uma base de dados geral para a costa portuguesa. Tal implica que, para cada novo caso de estudo, seja necessária uma nova preparação dos dados de batimetria. Acresce-se ainda o facto do procedimento utilizado até à data no LNEC ser pouco automatizado e explícito, tornando, tanto a tarefa de preparação de dados de batimetria, como a visualização dos resultados dos modelos numéricos, pouco acessível a utilizadores não familiarizados com esse procedimento.

Surgiu, assim, a necessidade de uniformizar os procedimentos, ao nível de *input* de dados e *output* de resultados, que são necessários à execução dos modelos numéricos de propagação de ondas. Para tal, está a ser desenvolvido no LNEC um serviço *web* que implementa a necessária metodologia de tratamento de dados através da automatização de rotinas de comunicação entre o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e esses modelos numéricos. A referida aplicação permite, entre outras, as seguintes funcionalidades:

- gerir, de uma forma simplificada, o pré-armazenamento e o pós-processamento de levantamentos hidrográficos ao longo da costa portuguesa, para utilização em modelos numéricos de propagação e deformação de ondas marítimas em zonas costeiras;
- construir os ficheiros de dados de *input* necessários para os modelos de propagação, nomeadamente as características das malhas que discretizam o domínio de cálculo a modelar;
- visualizar e analisar de uma forma mais expedita a informação resultante dos modelos numéricos;
- armazenar os resultados que se consideram relevantes para cada caso de estudo, permitindo uma maior centralização de informação relativa a uma dada zona costeira e o posterior cruzamento dessa informação.

Esta aplicação, implementada ao nível do SIG, permite que a informação respeitante aos dados de batimetria possam ser acedidos directamente pelo modelo de propagação de ondas. O armazenamento dos dados e resultados é garantido por uma base de dados Oracle, a partir da qual se garante a segurança dos mesmos e a gestão de várias versões de pré e pós-processamento.

O primeiro caso de teste da ferramenta de informação geográfica em desenvolvimento foi o de propagação de ondas marítimas desde o largo até à costa de Sines. É de realçar que, embora o sistema de informação não esteja ainda finalizado, este caso de estudo serviu como base à definição dos procedimentos necessários e ao aperfeiçoamento da metodologia, tendo presente a resolução de

vários problemas encontrados ao nível da construção de malhas que discretizem o domínio de cálculo do modelo, da importação e exportação de dados e da visualização de resultados. O caso de estudo referido foi também fundamental para aquisição de sensibilidade, tanto ao nível das capacidades e limitações do *software* de informação geográfica utilizado, como ao nível das exigências dos modelos numéricos. A experiência assim adquirida contribui para o cumprimento do objectivo de estabelecer uma comunicação o mais automática possível entre o PC (onde é executado o SIG) e a estação de trabalho UNIX (onde os modelos numéricos são actualmente executados).

Esta comunicação inicia-se com a descrição do sistema de informação PROPAGA-SIG, e da sua aplicação no estudo da propagação de ondas marítimas na zona costeira de Sines. Finalmente, são discutidos os pontos positivos e negativos encontrados na aplicação que está em desenvolvimento, e são delineadas as tarefas futuras.

2 O SISTEMA DE INFORMAÇÃO PROPAGA-SIG

2.1 Arquitectura e tecnologias do Sistema

A arquitectura do PROPAGA-SIG basear-se-á num modelo de 3 camadas, a saber:

- Camada de apresentação (*presentation-tier*): responsável por implementar a lógica da apresentação através de um navegador *WWW* (*browser*);
- Camada lógica (*middleware*): camada do sistema que contém as regras de funcionamento. A lógica da aplicação corresponde a uma camada da arquitectura do sistema onde se encontra também o código para acesso à base de dados;
- Camada de base de dados (*database-tier*): repositório dos dados do sistema.

Como ilustra a Figura 1, existem pelo menos 3 possibilidades de arquitectura a adoptar para o sistema. No entanto, deve referir-se que o actual desenvolvimento apenas contempla a camada de apresentação e a de base de dados (arquitECTURA 1). No estado final de desenvolvimento do sistema a arquitectura a adoptar contemplará todas as camadas referidas anteriormente (arquitECTURA 3). Esta arquitectura permite que o utilizador do sistema possa usufruir de uma aplicação distribuída como um serviço *web* acessível de qualquer computador, sem necessidade de instalação de *software* residente. A arquitectura 2 contempla a possibilidade de programação por objectos de aplicações com funcionalidades específicas, que se caracterizam por não serem distribuídas como um serviço *web* e por estarem instaladas numa máquina cliente.

Para concretizar o modelo de arquitectura proposto são necessários componentes específicos de *hardware* e *software*. Durante a fase de desenvolvimento do sistema, o *software* e os dados foram instalados num servidor com 1 processador Intel (*Intel Architecture 32 bits*), a 550 Mhz, 1 GB de RAM, 1 disco rígido de 20 Gb e sistema operativo Windows™ 2000. Quanto aos componentes de *software*, estes podem dividir-se em 4 grupos principais:

- Servidor SGBD, que gere o acesso aos dados e é responsável por atender pedidos enviados pelas aplicações clientes;
- Serviço e servidor *web*, que disponibiliza os serviços *web*;

- Serviço de dados espaciais, que agrupa os componentes de *software* do serviço de bases de dados (ArcSDE™), e do serviço de mapas para a *web* (ArcIMS™);
- Ferramentas de desenvolvimento da aplicação e outros componentes de *software*, que são utilizados no desenvolvimento da interface para acesso e gestão de dados.

Cada servidor identificado foi associado a um nível específico da arquitectura e, para o devido funcionamento do Propaga-SIG, terá que operar em conjunto com os restantes servidores.

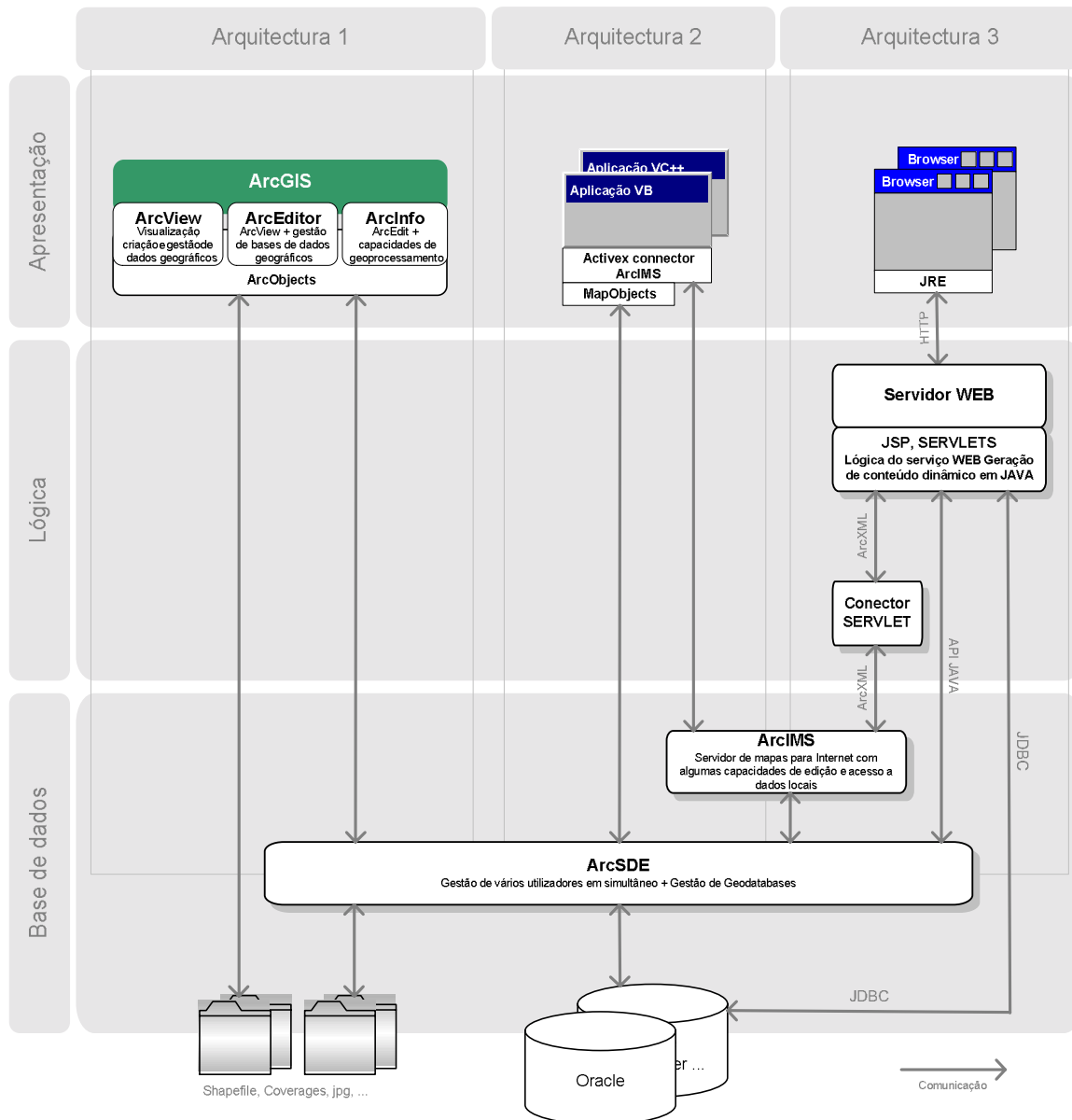


Figura 1. Arquitectura do Sistema de Informação Propaga-SIG

O modelo conceptual do sistema de informação está representado na Figura 2. Neste modelo podem notar-se, como componentes centrais, a geobase de dados e os diferentes tipos de modelos numéricos que podem fazer parte do sistema. É entre estes dois componentes do sistema que ocorrerá o maior fluxo de dados. Note-se que, para o caso de estudo que se descreve neste artigo foi aplicado apenas o modelo REFDIF (DALRYMPLE e KIRBY, 1991), mas prevê-se que futuramente seja possível

escolher, de entre um conjunto de modelos de propagação de ondas marítimas (FORTES *et al.*, 2004), qual o pretendido para um determinado caso de estudo.

Interpretando a Figura 2 da direita para a esquerda, pode notar-se a importação de dados geográficos para a geobase de dados. Depois desta importação, os dados ficam disponíveis para serem trabalhados, quer pelas aplicações SIG residentes (p.e. ArcGIS® *desktop*), quer pela aplicação *web* (representada no canto inferior esquerdo da figura), que se comportará como cliente com capacidade de executar as rotinas pré-configuradas. Estas rotinas podem fazer executar de uma forma mais ou menos automática a metodologia de tratamento de dados (ilustrada na Figura 4, ver 4.2).

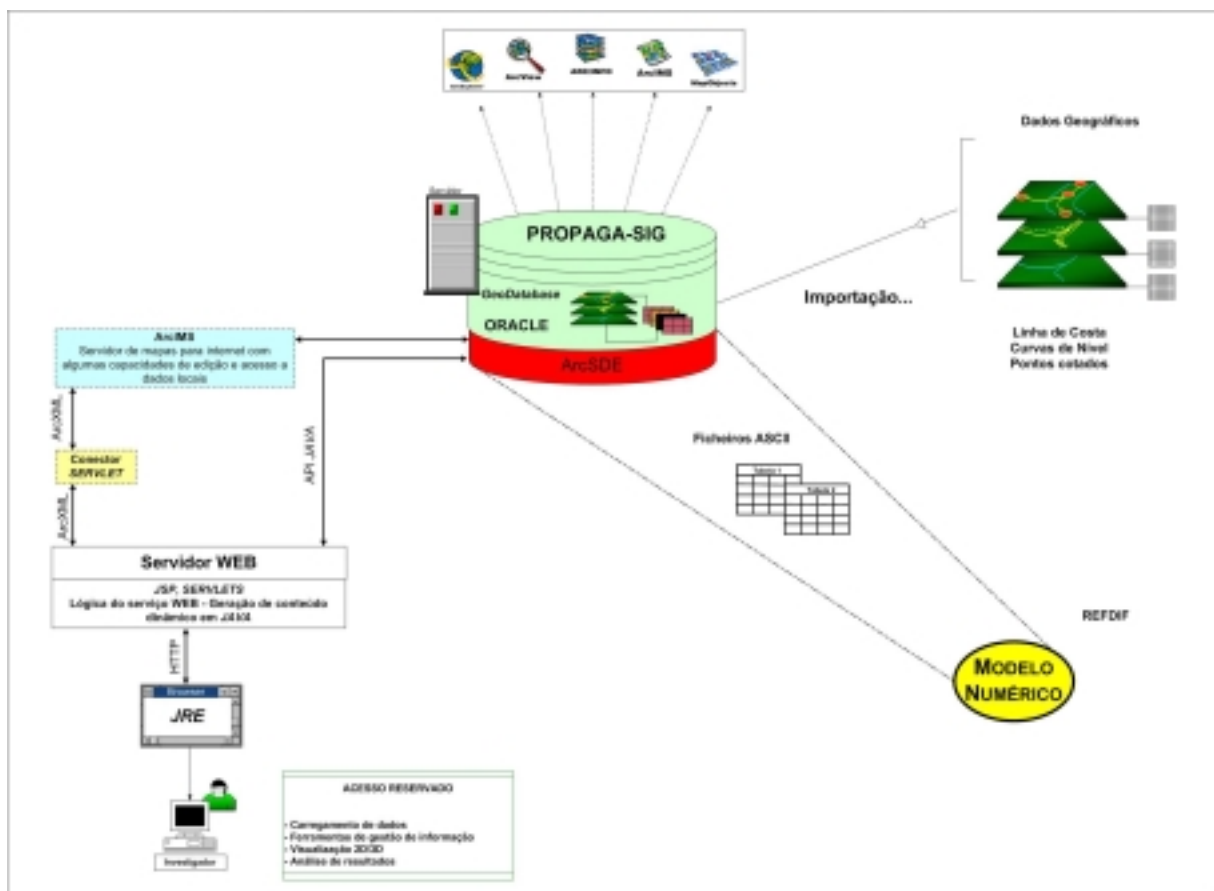


Figura 2. Ilustração de fluxos de dados no sistema de informação Propaga-SIG

Algumas das vantagens do armazenamento de dados numa geobase de dados em Oracle® prendem-se com: a segurança ao nível de *backups*, a concorrência de edições por vários utilizadores em simultâneo e a ausência de limite de armazenamento.

3 MODELO DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS REGULARES, REFDF

Para este trabalho, foi escolhido como modelo numérico de propagação de ondas, o modelo REFDF (DALRYMPLE e KIRBY, 1991). O modelo REFDF é um modelo de propagação e deformação da agitação marítima (ondas regulares) em zonas de profundidade variável, baseado na aproximação

parabólica da equação de declive suave. Tem em conta os efeitos da refacção, difracção (desde que seja na direcção transversal à propagação), dissipação de energia por atrito de fundo e rebentação, contempla a presença de correntes e a dispersão por amplitude. Pode ser aplicado a grandes áreas costeiras, desde que as áreas envolvidas no estudo não excedam a dezena de quilómetros. É um modelo que utiliza as diferenças finitas para a sua resolução.

Este modelo é baseado na aproximação parabólica de ângulo largo da equação de declive suave, estendida por KIRBY (1986), o que permite o estudo da propagação de ondas cujo ângulo de incidência não exceda $\pm 60^\circ$, assim como a modelação da presença de correntes no domínio de cálculo e a dissipação de energia por rebentação e atrito de fundo.

As equações do modelo são resolvidas pelo método das diferenças finitas, utilizando um esquema iterativo implícito linha-a-linha no sentido de propagação. Quanto às condições de fronteira lateral, o modelo permite a utilização de uma condição de reflexão total ou de uma condição de fronteira aberta.

Este modelo apresenta como limitações o facto de não ter em conta o fenómeno da reflexão da onda, pois a componente de onda reflectida é desprezada, e da difracção ser apenas considerada ao longo da direcção transversal à direcção de propagação da onda, não possibilitando uma correcta simulação da difracção da onda em torno de obstáculos. A sua aplicação está limitada a fundos de declive suave.

Para a aplicação deste modelo deve-se garantir que:

- a) o fundo é de inclinação suave (até 1:3);
- b) o ângulo entre a direcção de propagação da onda e a direcção de propagação principal, não ultrapasse os $\pm 60^\circ$, devido à utilização da aproximação parabólica de ângulo largo;
- c) o espaçamento da malha terá que ser escolhido de forma a garantir no mínimo 8 pontos de cálculo por comprimento de onda.

Para a aplicação do modelo REFDIF, são necessários dados de batimetria da zona a modelar, das características das malhas, das opções de cálculo e das condições iniciais de agitação. O modelo REFDIF fornece as alturas e as direcções de propagação da onda em qualquer zona, incluindo a de rebentação.

4 APLICAÇÃO DO PROPAGA-SIG À ZONA COSTEIRA DE SINES

É apresentada de seguida a aplicação do PROPAGA-SIG no estudo da propagação de ondas na zona costeira de Sines.

Como referido, esta aplicação é um teste preliminar, com o objectivo de avaliar e ultrapassar as principais dificuldades que surgem da utilização deste tipo de ferramentas conjuntamente com modelos numéricos de propagação de ondas marítimas. Portanto, a sua finalidade não é a de verificar a qualidade dos resultados obtidos com o modelo numérico na propagação da agitação marítima na zona costeira de Sines, mas sim a de verificar a exequibilidade dos procedimentos pretendidos para esta ferramenta.

Neste primeiro teste apenas são efectuados cálculos de propagação para uma onda regular incidente, mas a partir do momento em que a aplicação esteja em pleno funcionamento, será possível efectuar, não só a caracterização do regime de agitação marítima na zona costeira de Sines (através da propagação de ondas representativas de vários estados de mar), como da agitação marítima em qualquer ponto da costa portuguesa e com diferentes modelos numéricos.

4.1 Local do estudo e condições de agitação iniciais

O porto de Sines, ver Figura 3, está situado na costa oeste de Portugal Continental, a cerca de 120 km a Sul de Lisboa. O levantamento hidrográfico utilizado para a elaboração do modelo digital de fundos foi o n.º 26408, do Instituto Hidrográfico, à escala de 1 :30 000.

O porto de Sines é um porto aberto ao mar, com fundos em rocha natural não sujeitos a assoreamento, bastante amplo e que, por ser de águas profundas, permite a acostagem de navios de grande porte.

A bacia do porto é protegida por um quebra-mar, cuja orientação N-S dá cobertura às ondulações mais frequentes, provenientes do quadrante NW. O porto de pesca e o porto de recreio encontram-se integrados numa mesma bacia e são protegidos por dois quebra-mares.

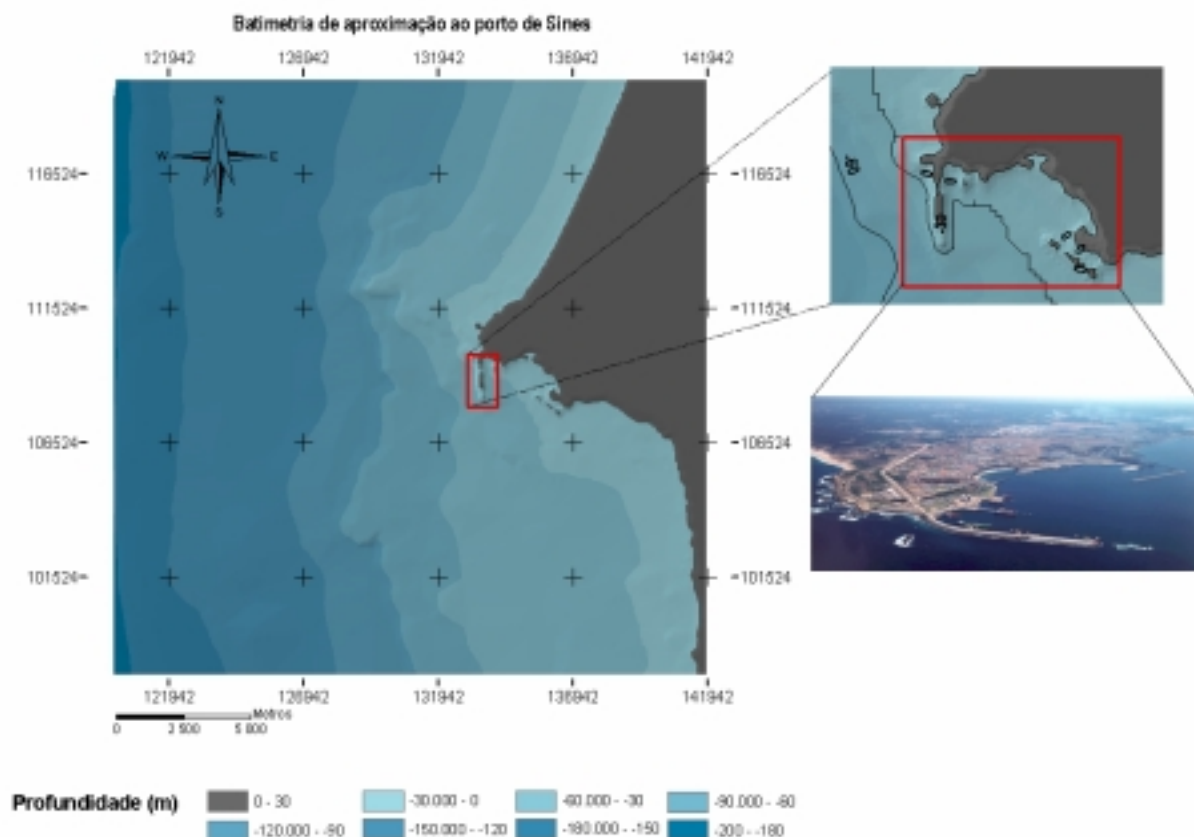


Figura 3. Porto de Sines. Batimetria de aproximação ao porto (2-D) e vista aérea

O regime de agitação marítima definido na zona da bóia-ondógrafo, à profundidade de 97 m Z.H. (COLI *et al.*, 2004), é caracterizado por ondas de direcções entre S e NNW, alturas de onda significativas entre 0.25 e 7.50 m e períodos de pico entre 4 e 20 s.

Neste primeiro teste de propagação de ondas com o auxílio de ferramentas SIG, pretende-se simular a propagação de uma onda regular com direcção de W, altura significativa de 1.0 m e período de 10 s, desde o largo até junto ao molhe oeste de Sines. O nível de maré considerado é o nível médio anual, correspondente à cota +2.0 m Z.H..

Com este objectivo, e para a aplicação do modelo REFDIF, é necessário construir um ficheiro ASCII de dados, que deve conter os valores das profundidades em pontos de uma malha de diferenças finitas com que é discretizada a zona a estudar, a partir do levantamento hidrográfico disponível. O espaçamento regular desta malha é definido de modo a garantir um número mínimo de oito pontos de malha por comprimento de onda. Para as condições de agitação incidente deste estudo (período de 10 s e uma profundidade de 30 m junto ao molhe oeste de Sines), o comprimento de onda (pela teoria linear das ondas de pequena amplitude) é, aproximadamente, de 160 m. Consequentemente, a malha deverá ter um espaçamento máximo de 20 metros. Os resultados do modelo serão também apresentados nos correspondentes pontos da malha de diferenças finitas de espaçamento 20 m, com excepção dos vectores de intensidade e direcção, que são apresentados numa malha com o espaçamento de 100 m, para uma melhor visualização.

Na secção seguinte, descreve-se a metodologia utilizada para obtenção do ficheiro de dados de batimetria na ferramenta SIG assim como do processo para visualização dos resultados de REFDIF.

4.2 Metodologia de tratamento de dados

Como referido, o processo de preparação dos dados de batimetria actualmente existente no LNEC é pouco eficiente, moroso, e exige um bom delineamento prévio da área de estudo que se pretende modelar. Com efeito, para cada área em estudo, é necessário: a) identificar os levantamentos hidrográficos existentes e os ficheiros digitalizados correspondentes; b) construção do ficheiro de batimetria pretendido; c) ajuste espacial das linhas batimétricas em zonas comuns a dois levantamentos; d) aplicação do programa XMGREDIT (BAPTISTA e TURNER, 1992), utilizando o ficheiro de batimetria compilado nos passos anteriores para construção das malhas dos modelos numéricos. É de salientar que, se no decorrer da aplicação do modelo numérico, se verificar que a zona escolhida não é suficiente para a correcta modelação da propagação de ondas, há que voltar ao passo a) e construir um novo ficheiro de batimetria. Como se pode verificar, este processo não é eficiente e exige um conhecimento prévio dos levantamentos e do modo como foram digitalizados, sendo portanto pouco acessível a utilizadores não familiarizados com o procedimento.

Na Figura 4 são ilustrados a metodologia de tratamento de dados e o fluxo de informação, no sistema de informação em desenvolvimento no LNEC para ultrapassar os problemas referidos anteriormente.

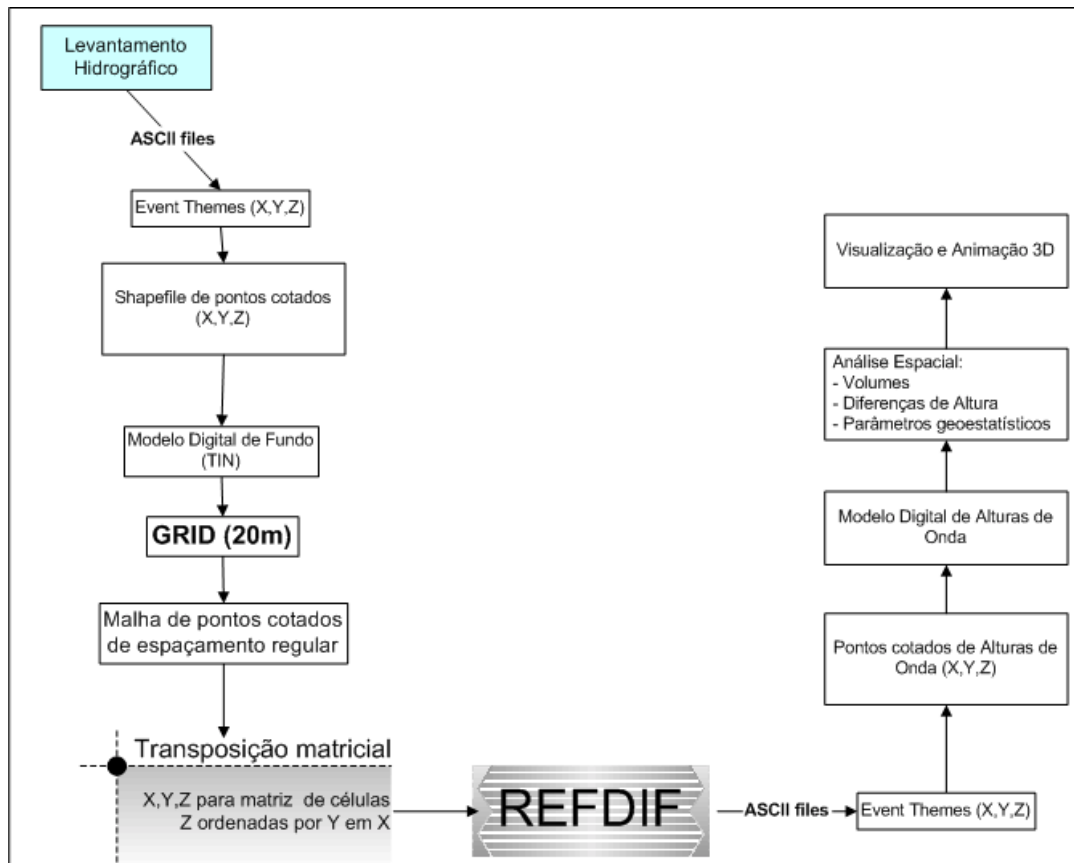


Figura 4. Metodologia de tratamento de dados

A partir do levantamento hidrográfico utilizado para a definição da batimetria, obtiveram-se ficheiros X , Y , Z , que caracterizam a zona costeira adjacente ao porto de Sines. A partir destes dados, é possível criar um modelo digital do fundo, evidenciando, a partir das tecnologias de visualização 3D incorporadas nos SIG, muitas das características físicas do fundo que podem afectar os resultados obtidos pelos modelos de propagação de ondas marítimas, ver Figura 5.

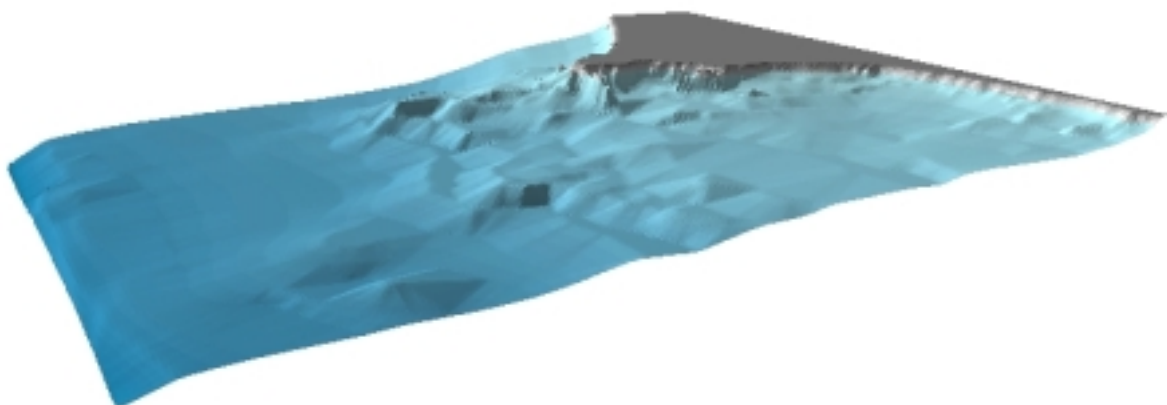


Figura 5. Batimetria de aproximação ao porto de Sines (3-D)

Em seguida, e com base no modelo de fundo, foi obtida uma matriz de células de 20 metros e gerada uma malha de pontos cotados de espaçamento regular. Esta malha de coordenadas X , Y , Z , gerada pelo SIG tem 568 675 pontos. É de realçar que esta é uma malha com um número de nós bastante elevado, o que implicou alguns problemas ao nível da gestão de dados e resultados no SIG. No entanto, convém salientar que noutros programas de visualização de malhas, tais como o SURFER e o XMGREDIT, esses problemas também existem, e na maioria dos casos a sua resolução é ainda mais morosa. Além disso, estes programas não oferecem as mesmas potencialidades em termos de visualização 3D (e mesmo 2D), e de análise espacial, que a ferramenta SIG. Sendo assim, o sistema PROPAGA-SIG apresenta claras vantagens face aos programas existentes, principalmente quando a propagação das ondas envolve grandes áreas costeiras.

Como referido, o ficheiro de dados de batimetria do modelo REFDIF é um ficheiro ASCII e deve conter apenas os valores da profundidade de cada ponto da malha, coordenada Z , pelo que é necessário transformar o ficheiro da malha gerado pelo SIG. Nesse sentido é efectuada, em ambiente SIG, uma transposição de matriz, para que a tabela a exportar passe a ter nas células apenas os valores de Z ordenados por Y em X , como ilustra a Figura 6.

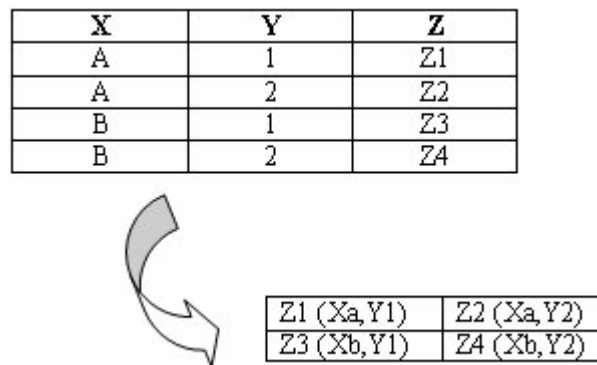


Figura 6. Esquema de transposição de matriz

Posteriormente à transposição de matriz, o ficheiro resultante de dados de batimetria é convertido para formato ASCII e utilizado na execução do modelo REFDIF, para as condições de agitação admitidas.

A execução do modelo é efectuada numa estação de trabalho UNIX, cujas características são: DIGITAL Alpha 21264 a 600 MHZ, memória L2=4 MB (SPECfp20000=411). Note-se que este é um dos impedimentos actuais ao completo automatismo da aplicação PROPAGA-SIG, pois acrescenta a necessidade de comunicação entre a estação UNIX e o ambiente WINDOWS.

Os ficheiros ASCII de resultados de REFDIF contêm, para cada ponto da malha, três colunas correspondentes às coordenadas X e Y do ponto e ao correspondente valor da elevação da superfície livre ou da altura de onda (H). Para efeitos de visualização de vectores de intensidade e direcção da onda, o ficheiro de resultados deverá ter quatro colunas, X , Y , H e direcção da onda (Dir). Estes resultados são transformados em ficheiros DBF e visualizados utilizando a ferramenta SIG, de modo a tirar partido das funcionalidades de visualização, 2D e 3D, e de análise espacial.

São, assim, criados os modelos digitais dos resultados obtidos com o modelo REFDIF, aos quais poderão ser aplicados diversos pós-processamentos, que contemplam, por exemplo, cálculo de volumes, cálculos de diferenças de resultados e análise de parâmetros geoestatísticos diversos.

É importante referir que se pretende que estes procedimentos sejam automatizados, comportando esta automatização uma rede de comunicações interna no LNEC, que liga o servidor de bases de dados, os servidores *web*, o servidor onde corre o modelo numérico e a máquina cliente que comanda as acções da aplicação. A implementação das rotinas que permitirão todos os procedimentos retratados na Figura 4 será feita a partir de rotinas inseridas nas páginas JSP que suportarão a aplicação PROPAGA-SIG como um serviço *web*.

4.3 Apresentação dos resultados obtidos com o modelo de propagação de ondas

Na Figura 7 e na Figura 8 apresentam-se os resultados preliminares do teste efectuado, pós-processados com o auxílio de *software* de informação geográfica. Estes resultados correspondem aos valores de altura, de elevação da superfície livre e de vectores de intensidade e direcção da onda, em cada ponto da malha do domínio de cálculo. É de salientar que os resultados obtidos são válidos em todo o domínio, excepto na zona interior do porto, onde se observam ângulos superiores a $\pm 60^\circ$ e onde os efeitos de reflexão são importantes, estando portanto fora do domínio de aplicabilidade do modelo REFDF.

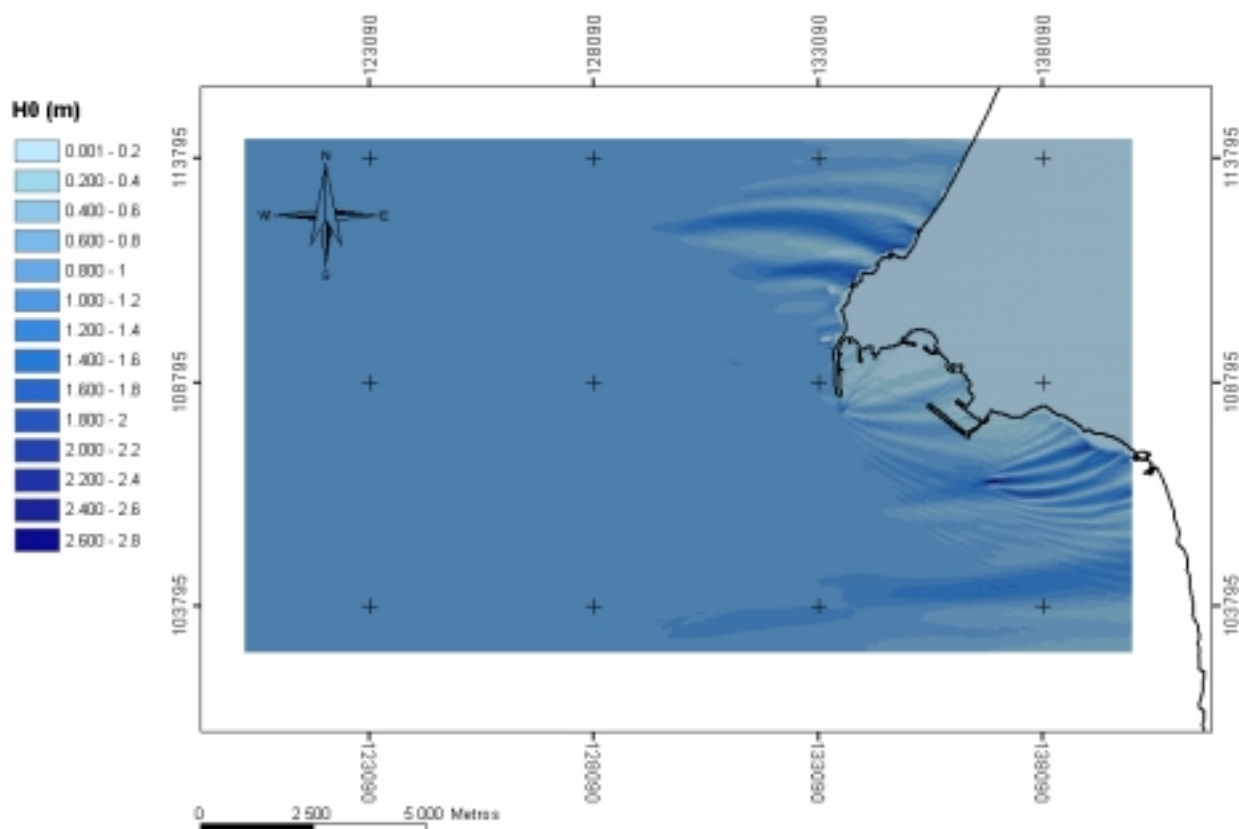


Figura 7. Resultados do modelo REFDF. Diagrama de isolinhas das alturas de onda

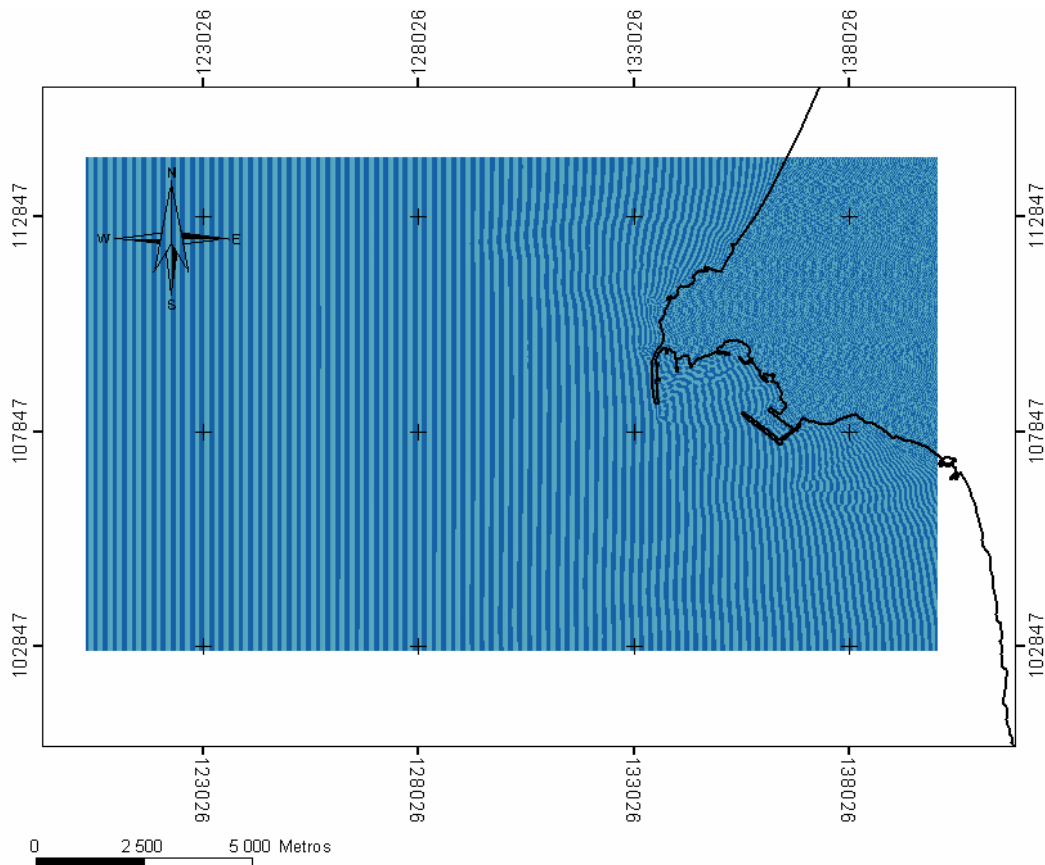


Figura 8. Resultados do modelo REFDIF. Isolinas da superfície livre (cavas da onda em cor clara e cristas em cor escura)

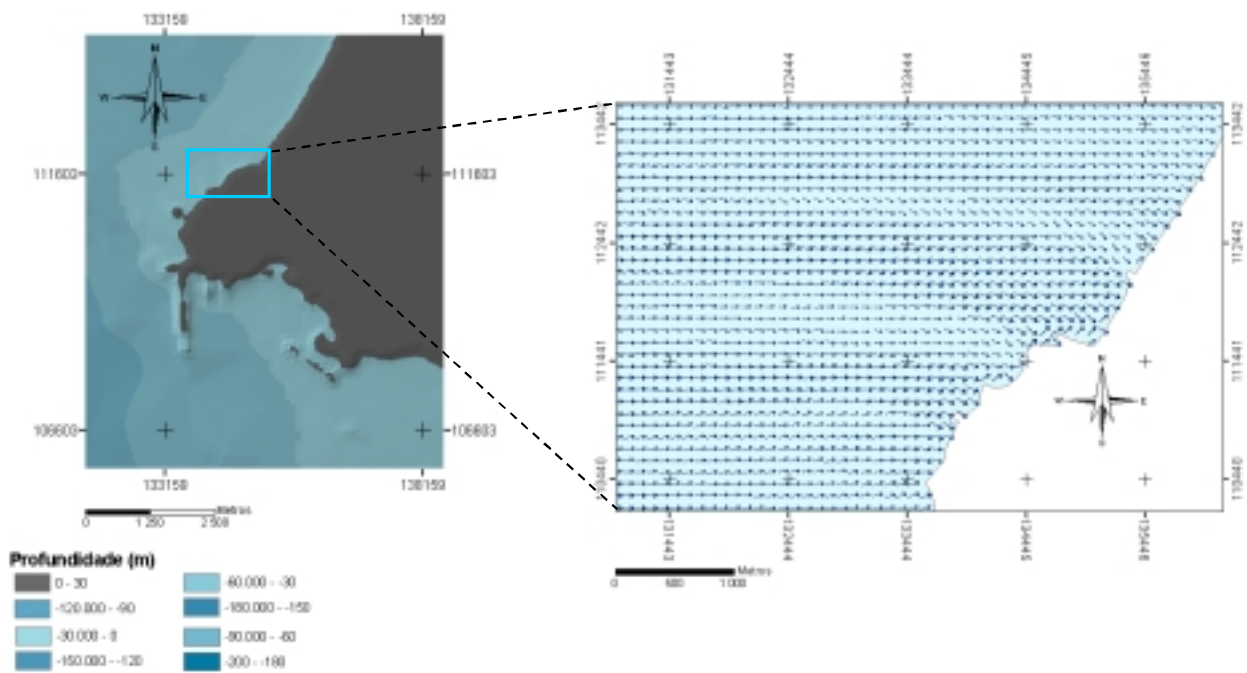


Figura 9. Resultados do modelo REFDIF. Vectores de intensidade e direcção de onda. Pormenor numa zona da costa a Norte do porto de Sines

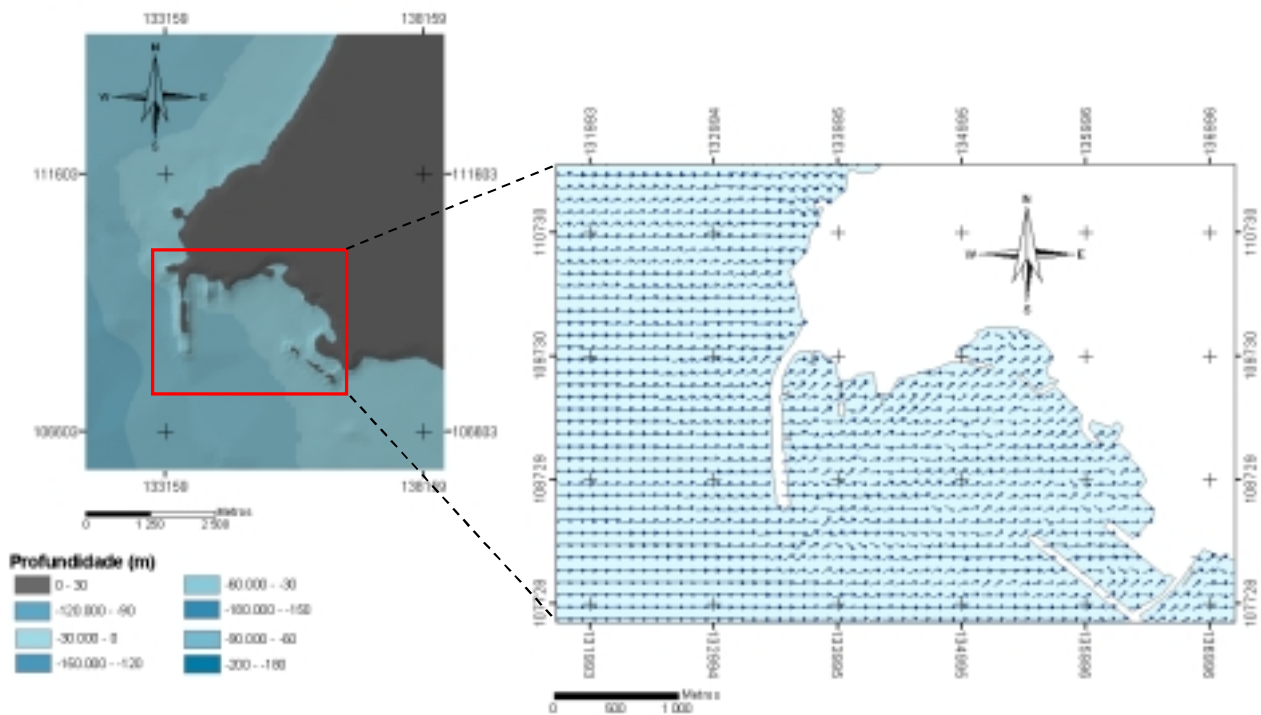


Figura 10. Resultados do modelo REFDF. Vectors de intensidade e direcção de onda. Pormenor do porto de Sines

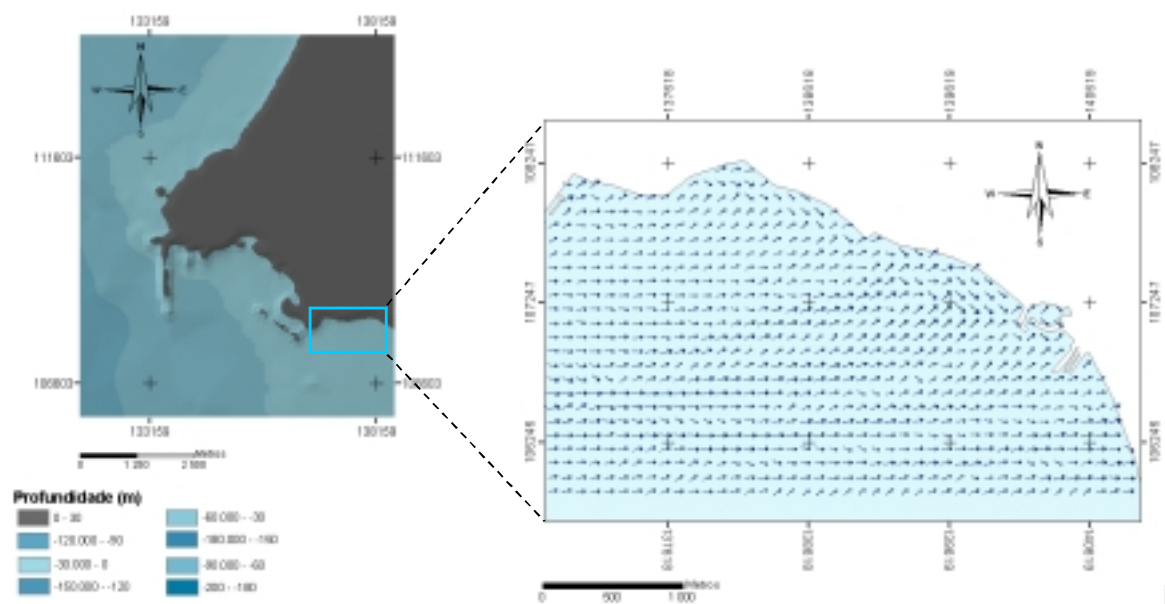


Figura 11. Resultados do modelo REFDF. Vectors de intensidade e direcção de onda. Pormenor numa zona da costa a Sul do porto de Sines

5 NOTAS FINAIS E TAREFAS FUTURAS

Nesta comunicação descreveu-se a aplicação PROPAGA_SIG, que se destina a criar um procedimento automático para a utilização de modelos numéricos de propagação e deformação da

agitação marítima na costa portuguesa. O Sistema de informação Propaga-SIG baseia-se em dois ambientes distintos que compreendem, de um lado, o ambiente SIG, e do outro, o ambiente do modelo numérico, e que interagem entre si. Ao ambiente SIG cabe a função de armazenar e processar, tanto os dados dos levantamentos hidrográficos existentes, como os resultados obtidos com a aplicação dos modelos numéricos.

A aplicação PROPAGA-SIG foi usada na zona marítima adjacente ao porto de Sines, para efectuar a propagação de ondas regulares desde o largo até junto ao porto. A construção e visualização da malha de diferenças finitas, e a visualização dos resultados do modelo numérico foram funcionalidades totalmente conseguidas. Embora actualmente a utilização desta aplicação não se traduza ainda em economia de tempo nos procedimentos necessários à utilização dos modelos numéricos de propagação de ondas marítimas, devido ao facto de se encontrar ainda numa fase inicial, ficaram já explícitas as suas grandes capacidades em termos de manipulação espacial de dados e resultados.

Os principais problemas encontrados na aplicação do PROPAGA-SIG ao caso de teste, estão relacionados com a comunicação necessária entre o ambiente WINDOWS e o ambiente UNIX, nomeadamente na importação e exportação de dados. Este caso de estudo envolveu algumas dificuldades acrescidas na preparação dos dados e na visualização e processamento dos resultados, devido ao facto de se tratar de uma malha de diferenças finitas de elevado número de nós (568 675 nós), e das limitações existentes actualmente em termos de memória RAM dos PC's onde a aplicação está a ser testada. No entanto, este problema será ultrapassado, numa primeira fase, com o previsível aumento das capacidades computacionais do PC onde estão a ser efectuados os testes e, numa segunda fase, com a utilização do formato final da aplicação PROPAGA-SIG, que dispensa a instalação do *software* de informação geográfica pelo utilizador.

A curto prazo, serão exploradas as capacidades de visualização (2-D e 3-D) e de pós-processamento dos resultados com a aplicação PROPAGA-SIG, nomeadamente na comparação de resultados obtidos para diversos casos de teste. Será também implementado o modelo REFDIF em ambiente WINDOWS, de modo a ultrapassar as dificuldades de comunicação entre o WINDOWS e o UNIX. De igual forma, serão implementados outros modelos de propagação da agitação marítima mais adequados à propagação em ondas abrigadas como portos, marinas e baías.

Como tarefas futuras, pretende-se finalizar e implementar a aplicação PROPAGA-SIG num *site* acessível a utilizadores autorizados, numa primeira fase de modo a que o utilizador possa ter acesso à batimetria da costa portuguesa e, numa segunda fase, de modo a que não tenha necessidade de ter instalado no seu computador, nem o *software* de informação geográfica, nem o modelo numérico de ondas.

Com esta aplicação, as vantagens serão evidentes, quer em termos de rapidez e facilidade de execução do pré-processamento de dados, quer das novas capacidades de visualização e análise no pós-processamento dos resultados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos técnicos experimentadores Franklin Carvalho e Branca Branco pelo apoio na revisão do texto. Este trabalho insere-se no âmbito dos programas de investigação programada do LNEC, PIP 2001-2004, nomeadamente *Modelação da agitação marítima e correntes* e *Tecnologias avançadas de tratamento de informação em hidráulica e ambiente*.

BIBLIOGRAFIA

BAPTISTA, A. M., TURNER, P. - *ACE/GREDIT. User's manual. Software for semi-automatic generation of two dimensional finite element grids*, Center for Coastal and Land-Margin Research, Oregon Graduate Institute of Science and Technology, 1992.

COLI, A.B., SANTOS, J.A.; CAPITÃO, R. – “Wave characteristics for the diagnosis of semi submerged structures”, in *proceedings ICS 2004*, Itajaí, Brasil, Março, 2004 (ainda não publicado).

COVAS, J.M.A. - *Observação sistemática das obras de abrigo dos portos de Portugal Continental. Estudos de refração em computador com ondas regulares e irregulares. Organização de ficheiros de computador com as matrizes de fundos para a zona marítima adjacente à costa portuguesa. Relatório Final*. Relatório n° 184/90-NPP, LNEC, Lisboa, 1990.

DALRYMPLE, R.A., KIRBY, J.T. - *REF/DIF 1 Version 2.3 Documentation Manual. Combined Refraction/Diffraction Model*. CACR Report n.º 91-2, University of Delaware, January, 1991.

FORTES, C.J.E.M.; NEVES, M.G.; ZÓZIMO, A.C.; COLI, A.B.; COVAS, J. “Aplicação De Modelos Numéricos No Estudo De Propagação De Ondas Marítimas Em Zonas Costeiras”, in *proceedings 7º Congresso da Água*, Lisboa, 8 a 12 de Março, 2004.

KIRBY, J. T. – “Rational approximations in the parabolic equation method for water waves”. *Coastal Eng.*, **10**, pp. 355-378, 1986.