



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

SISTEMA DE PREVISÃO E ALERTA DE INUNDAÇÕES EM ZONAS COSTEIRAS E PORTUÁRIAS

PTDC/AAC-AMB/120702/2010

**PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DE REGISTOS DA ELEVAÇÃO DA SUPERFÍCIE LIVRE EM ENSAIOS
EXPERIMENTAIS**

ANÁLISE ESPECTRAL

Lisboa, novembro de 2013

Relatório HIDRALERTA 07/2013

ÍNDICE DO TEXTO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	2
3. PROCEDIMENTO - SAM	3
4. PROCEDIMENTO - ANOIAGI	9
5. PROCEDIMENTO – WAVELET no MATLAB	16
6. ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE RESULTADOS.....	20
REFERÊNCIAS.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Ambiente SAM (Análise espectral).....	3
Figura 2 – Interface para escolha do ficheiro a analisar	3
Figura 3 – Indicação do ficheiro a analisar.....	3
Figura 4 – Escolha do delimitador usado no ficheiro de dados	4
Figura 5 – Representação de dados quando o delimitador é mal escolhido.....	4
Figura 6 – Definição da frequência de aquisição e da escala do modelo	4
Figura 7 – Definição dos valores a descartar no início e final do espectro	5
Figura 8 – Escolha da sonda que estamos a analisar	5
Figura 9 – Quadro para gravar ficheiros	6
Figura 10 – Escolha do destino do ficheiro gravado	6
Figura 11 – Excel – “Data – From text”	6
Figura 12 – Forma de abrir ficheiro do SAM	7
Figura 13 – Definição da forma como os resultados vão ser dispostos no ficheiro Excel – Passo 1	7
Figura 14 – Definição da forma como os resultados vão ser dispostos no ficheiro Excel – Passo 2	7
Figura 15 – Forma como os dados são apresentados no Excel	8
Figura 16 – Ficheiro para correr o ANOIAGI	9
Figura 17 – Interface ANOIAGI – Abre_Proj.....	9
Figura 18 – Interface ANOIAGI - escolha de novo projeto.....	10
Figura 19 – Interface ANOIAGI - abertura do projeto criado.....	10
Figura 20 – Interface ANOIAGI - Identificação do projeto	10
Figura 21 – Interface ANOIAGI - Identificação do projeto	11
Figura 22 – Interface ANOIAGI - Escolha dos ficheiros a analisar	11
Figura 23 – Interface ANOIAGI - Execução do programa	12
Figura 24 – Erro que pode ocorrer no ANOIAGI	12
Figura 25 – Interface Anoiagi: análise espectral – escolha dos ficheiros a analisar	13
Figura 26 – Definição do intervalo a ser analisado	13
Figura 27 – Escolha do ficheiro e botão para criar uma análise espectral	13
Figura 28 – Ficheiro de Excel que é criado.....	14
Figura 29 – Seleção da sonda e geração do espectro	14
Figura 30 – Folha “Spectrum” que é criada	15
Figura 31 – Representação do espectro criado	15
Figura 32 – Identificação do ficheiro “wavelet_dados_infinity31Out”	16
Figura 33 – Interface principal do programa MATLAB.....	16
Figura 34 – Ficheiro “wavelet_dados_infinity31Out” e respetivo código	17
Figura 35 – Linhas de código onde se define os ficheiros a analisar	17
Figura 36 – Linhas de código onde se define o intervalo a analisar	17
Figura 37 – Botão “Run” a clicar para que o código seja executado	18
Figura 38 – Quadro para escolha do ficheiro a analisar	18
Figura 39 – Janela “Command window” indicando o ficheiro que foi executado.....	19
Figura 40 – Figura gerada após o ficheiro ser executado.	19
Figura 41 – Indicação da figura gerada e do local onde foi guardada	19

Figura 42 – Vista lateral do canal (à esquerda), gerador de ondas (ao centro) e vista de cima do canal (à direita)..... 20

Figura 43 – Canal de ondas: perfil longitudinal (em cima) e planta (em baixo). 20

Figura 44 – Da esquerda para a direita: Sonda junto ao batedor; conjunto de 8 sondas de nível; sonda ADV e volume de medição; e sonda de nível junto da sonda ADV. 21

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Valores obtidos para T15H14.....	22
Quadro 2 – Variação entre valor obtido e valor pretendido ($T_p = 1.5s$)	22
Quadro 3 – Variação entre metodologias de cálculo.....	23
Quadro 4 – Valores obtidos para T20H14.....	23
Quadro 5 – Variação entre valor obtido e valor pretendido ($T_p = 2.0s$)	23
Quadro 6 – Valores obtidos para T20H14.....	23

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório tem como objetivo a descrição dos procedimentos de análise de resultados provenientes de modelos numéricos, modelos físicos ou campanhas de campo, com base em análise espectral, recorrendo a três programas, o pacote de software SAM (Capitão e Carvalho, 2001, Capitão, 2002), o módulo ANOIAGI (Carvalho, 1973; Gil, 2006; Fortes et al. 2010), presente no pacote SOPRO (Pinheiro et al. 2006) e ainda o programa Wavelet, construído em Matlab (Neves, 2012).

Este trabalho insere-se no âmbito do Projeto HIDRALERTA - Sistema de previsão e alerta de inundações em zonas costeiras e portuárias financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (contrato PTDC/AAC-AMB/120702/2010), no qual aquelas ferramentas são muito utilizadas.

O projeto está a ser desenvolvido no LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil em conjunto com a Universidade Nova de Lisboa (Faculdade de Ciências e Tecnologia e Faculdade de Ciências Sociais e Humanas) e a Universidade dos Açores, e tem como principal objetivo desenvolver o Sistema de Previsão e Alerta de Inundações em Zonas Costeiras e Portuárias HIDRALERTA. Em especial, inclui as seguintes tarefas:

1. Criação de uma ferramenta, amigável com o utilizador, que permita:

- Avaliar o risco de inundação por intermédio de mapas de risco que constituam uma ferramenta de apoio à decisão pelas entidades competentes. Estes mapas são construídos com longas séries temporais de previsões da agitação marítima ou com cenários pré-definidos associados às mudanças climáticas e/ou eventos extremos
- Avaliar em tempo real situações de emergência e a emissão de alertas às entidades competentes sempre que se preveja estar em causa a segurança de pessoas, bens ou atividades desenvolvidas nessas zonas;

2. Desenvolvimento de um protótipo para o porto da Praia da Vitória e da zona de Lisboa-Vale do Tejo.

Em qualquer destas tarefas, o recurso aos programas SAM e ANOIAGI é muito frequente, pelo que o presente relatório pretende constituir-se como um manual de utilização dos referidos programas para a análise espectral baseada na análise de Fourier. Neste relatório é descrito ainda o procedimento de análise espectral, WAVELET, que recorre à função “wavelet”, em Matlab, que não é de tão frequente uso presentemente, mas que, para certos casos de estudo, é uma ferramenta com mais potencial do que a simples análise espectral, com análise de Fourier, empregue nos programas SAM e ANOIAGI.

Nos próximos capítulos descrevem-se o objetivo e a metodologia utilizados neste relatório, os programas utilizados e um exemplo da aplicação dessa metodologia.

2. OBJETIVO

Este relatório tem como objetivo principal definir e esquematizar o modo de procedimento de análise de um registo de elevação da superfície livre, com base na análise espectral da série temporal respetiva, recorrendo aos programas SAM, ANOIAGI e WAVELET.

Para cada um desses programas, descreve-se, passo-a-passo, o procedimento a seguir para realizar a respetiva análise dos registos de agitação (séries temporais das elevações da superfície livre), de modo a poder produzir resultados pretendidos no estudo.

No final do documento, no capítulo 6, apresenta-se uma breve comparação dos resultados obtidos em nos três programas, indicando, passo-a-passo, a forma de escolha de ficheiros e a forma de obter os resultados para cada um dos métodos.

3. PROCEDIMENTO - SAM

Passo 1 - Abrir o módulo 7 do pacote de software SAM, de análise espectral. Ter em atenção o nº de sondas para saber qual a versão do módulo a aplicar (8 ou 16 sondas), Figura 1;

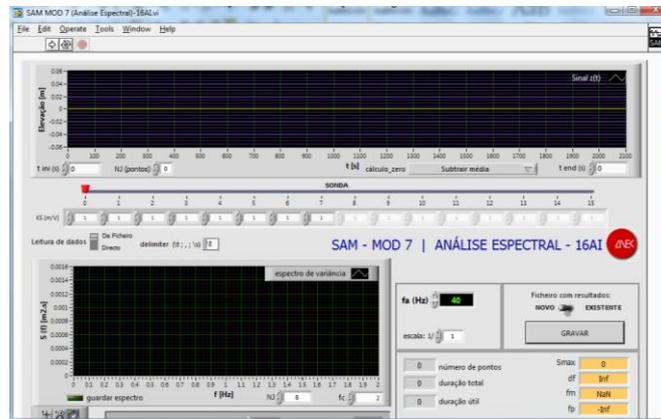
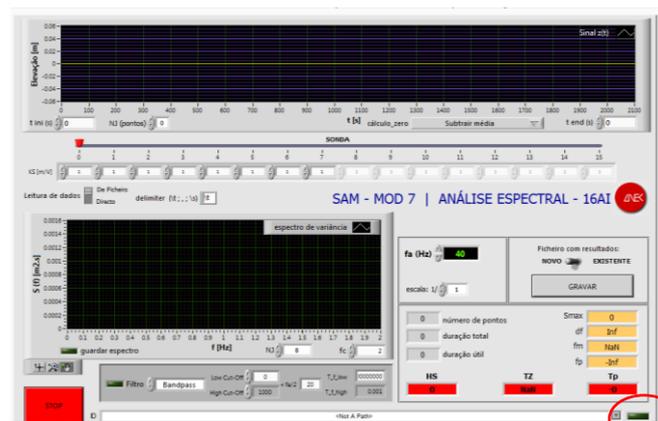


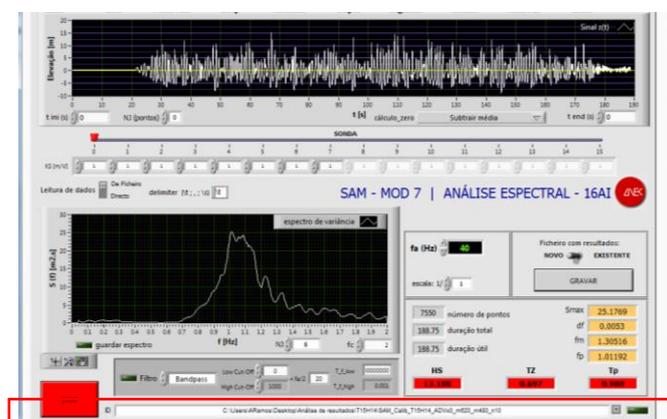
Figura 1 – Ambiente SAM (Análise espectral)

Passo 2 - Escolher o ficheiro a estudar no SAM, de acordo com o indicado na Figura 2 e Figura 3;



Botão a clicar para escolher o ficheiro a analisar

Figura 2 – Interface para escolha do ficheiro a analisar



Verificar se o ficheiro aqui indicado é o que está a ser analisado

Figura 3 – Indicação do ficheiro a analisar

Passo 3 - Na escolha do ficheiro, ter atenção o delimitador entre valores que foi adotado no ficheiro de dados, escolhendo uma das opções indicadas no quadro “delimiter”, conforme a Figura 4;

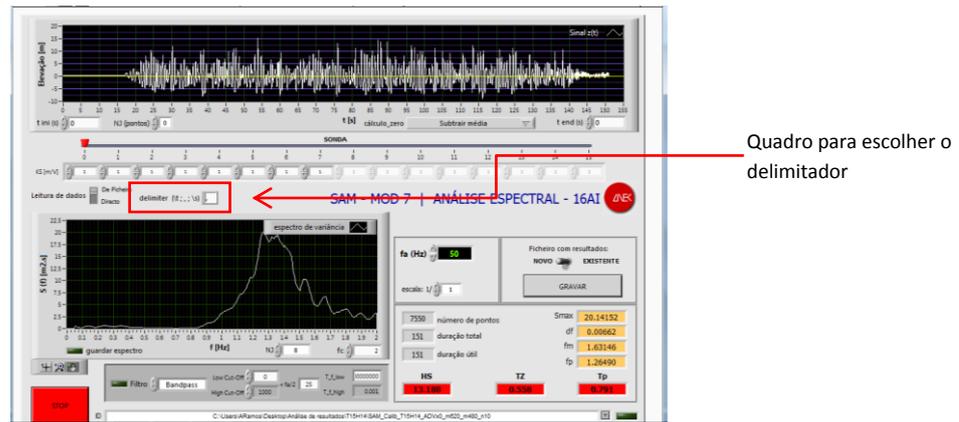


Figura 4 – Escolha do delimitador usado no ficheiro de dados

NOTA 1 - Neste passo, se não aparecer nenhum gráfico de sinal ou espectro, tal poderá significar que o delimitador escolhido não foi o adequado, conforme mostra a Figura 5.

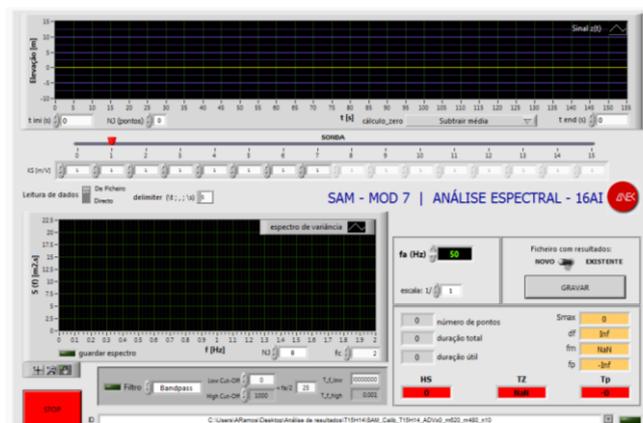


Figura 5 – Representação de dados quando o delimitador é mal escolhido

Passo 4 – Definir a frequência de aquisição usada no registo, assim como a escala do modelo, Figura 6;

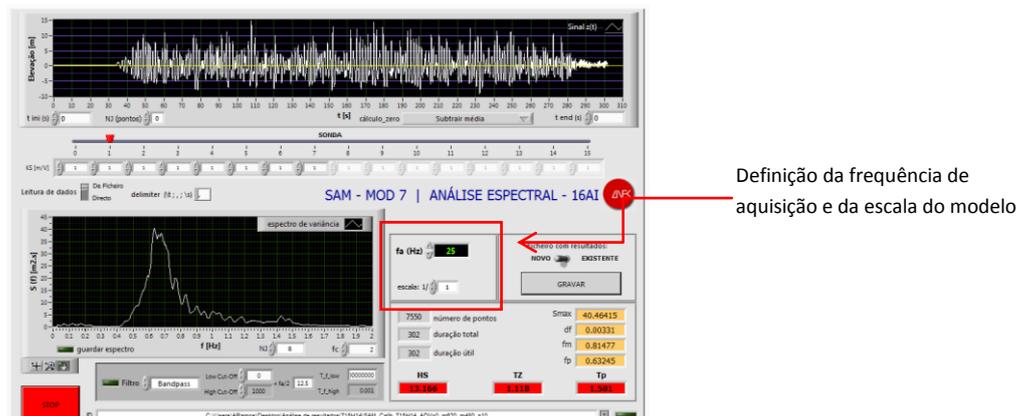


Figura 6 – Definição da frequência de aquisição e da escala do modelo

NOTA 2 – Neste caso, a frequência de aquisição é de 25 Hz e a escala do modelo é de 1:1

Passo 5 - Conforme se pode verificar na série temporal da Figura 6, existe um período de tempo no início e um período de tempo no final do registo temporal que podem ser ignoradas. É assim conveniente “cortar” esses períodos à série original para que os valores correspondentes, não representativos do sinal, não sejam considerados no cálculo dos parâmetros do registo, Figura 7;

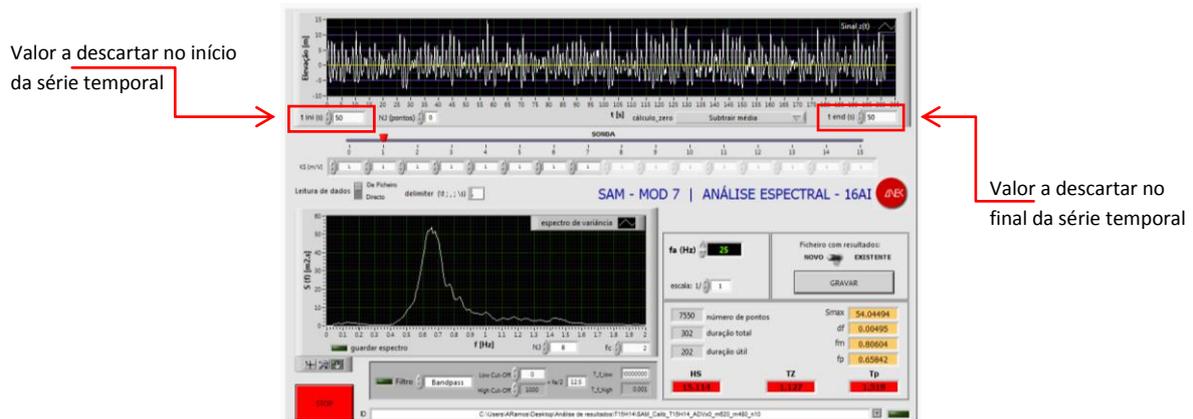


Figura 7 – Definição dos valores a descartar no início e final do espectro

NOTA 3 – Neste caso, Figura 7, foram descartados 50 s, quer no início quer no final do ensaio, ficando o registo original, de 300 s de duração, reduzido a uma série com 200 s de duração.

Passo 6 - Escolha da sonda cujos resultados vão ser analisados, e definição da respetiva constante da sonda, Figura 8;

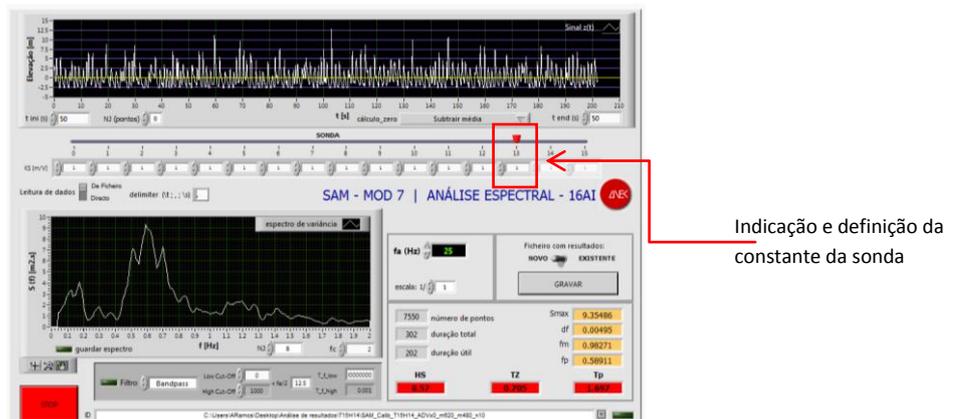


Figura 8 – Escolha da sonda que estamos a analisar

NOTA 4 – Neste caso, Figura 8, foi analisada a 14ª sonda, que corresponde, no SAM ao índice 13 (os índices têm numeração a começar em 0), e a constante da sonda tem o valor 1.0. O número da sonda está relacionado com as colunas do ficheiro de aquisição.

NOTA 5 – Por vezes, o registo a analisar tem como primeira coluna a variável tempo. Nesse caso, a primeira sonda corresponde à segunda coluna, a segunda sonda corresponde à terceira coluna, etc., pelo que a análise não se deverá restringir às sondas 1, 2, 3, etc, uma vez que a sonda 0 (a primeira) corresponde a valores de t (tempo).

Passo 7 - Gravação do ficheiro de dados com os resultados do registo de ondas, proveniente de uma determinada sonda (neste caso, a sonda 14), e gravação do próprio espectro de variância referente ao registo analisado, Figura 9 e Figura 10;

Botão a clicar para gravar o espectro num ficheiro

Botão a clicar para gravar resultados num ficheiro

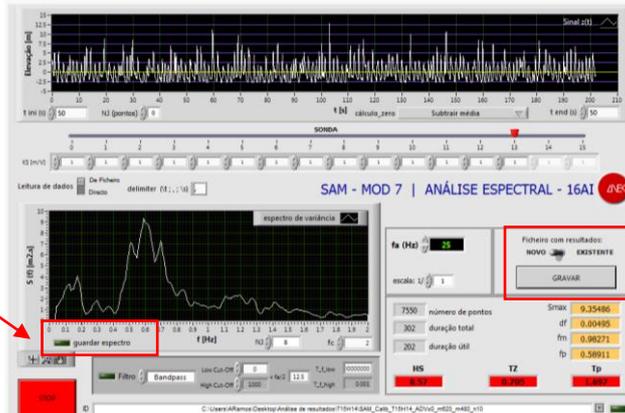


Figura 9 – Quadro para gravar ficheiros

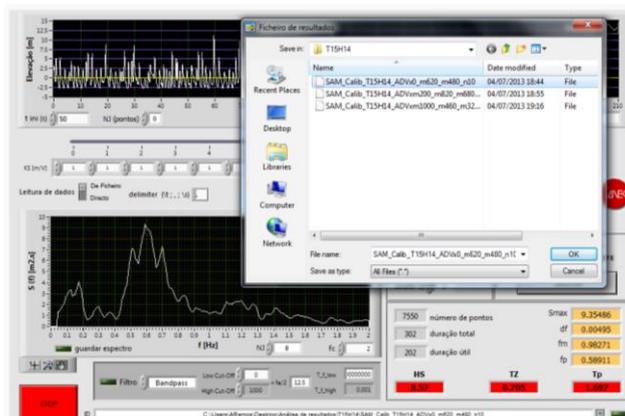


Figura 10 – Escolha do destino do ficheiro gravado

Passo 8 – O painel de execução do SAM permite efetuar consulta e análise imediatas dos resultados. Porém, uma análise mais detalhada dos resultados provenientes do SAM, pode ser efetuada mediante edição em Microsoft[®] Excel. No ficheiro Excel é necessário abrir o ficheiro de dados proveniente do SAM, recorrendo à ferramenta de importação “Data – From Text”, Figura 11;



Figura 11 – Excel – “Data – From text”

Passo 9 - Para escolher o ficheiro a analisar é necessário definir “All files (*.*)”, selecionar o ficheiro, e, de seguida, fazer “Import”, Figura 12. Após este passo surge um quadro onde se define a forma como os resultados vão ser dispostos na folha de cálculo, Figura 13, Figura 14 e Figura 15.



Figura 12 – Forma de abrir ficheiro do SAM

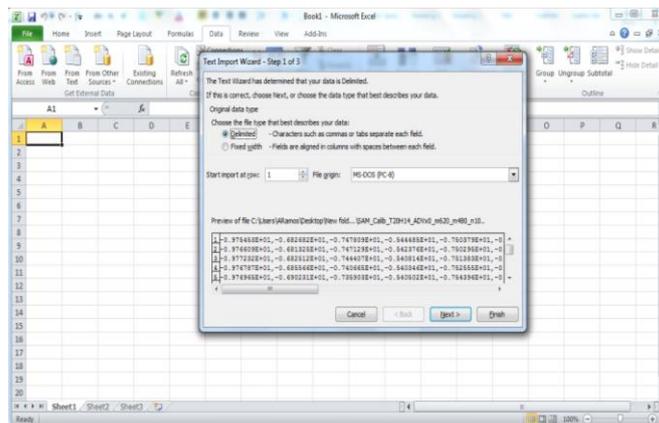


Figura 13 – Definição da forma como os resultados vão ser dispostos no ficheiro Excel – Passo 1

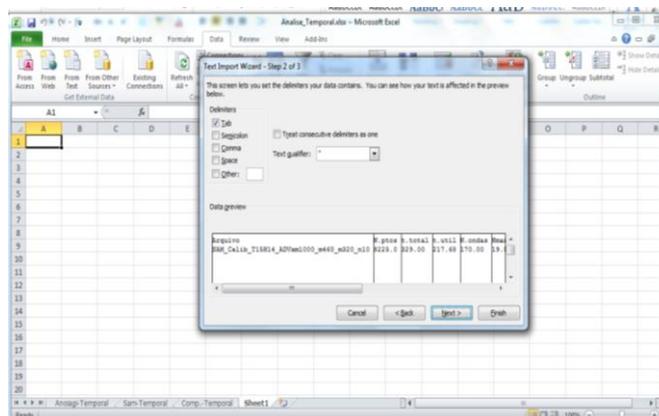
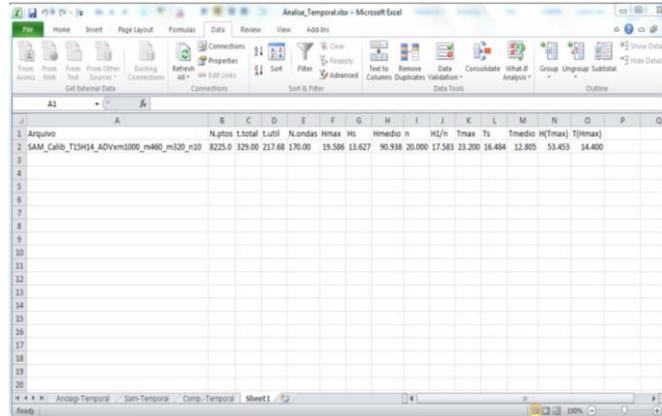


Figura 14 – Definição da forma como os resultados vão ser dispostos no ficheiro Excel – Passo 2



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Arquivo	Núclon 1:total	L:00	N:ondas	H:max	H:0	H:med	H:0	H:0	T:max	T:0	T:med	H(T:max)	H(T:med)			
2	SAM_Calib_T1SH14_ADVem2000_m800_m320_n10	8225.0	329.00	217.68	170.00	19.586	13.627	90.938	20.000	17.589	23.200	16.484	12.805	53.453	34.400		
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	

Figura 15 – Forma como os dados são apresentados no Excel

NOTA 6 – Para o caso dos valores guardados para gerar o espectro obtido, o procedimento é o mesmo, no entanto, os dados são apresentados apenas em duas colunas. Escolhendo os dados das duas colunas, é então possível obter o gráfico correspondente ao espectro.

4. PROCEDIMENTO - ANOIAGI

Passo 1 – Para abrir o ANOIAGI, é necessário abrir o ficheiro “anoiagi_20janeiro2014”, que está dentro da pasta do programa, Figura 16.

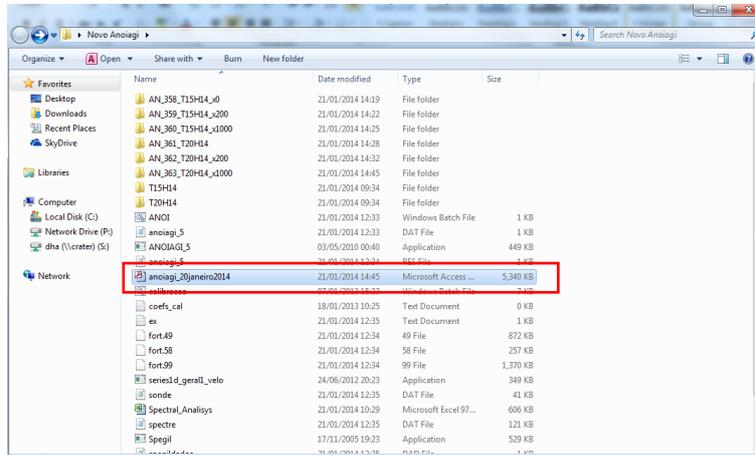


Figura 16 – Ficheiro para correr o ANOIAGI

Passo 2 – O ficheiro depois de aberto, dá acesso a um programa cuja interface é a representada na Figura 17. Para fazer uma análise com este programa, é necessário escolher a opção “Abre_Proj”.

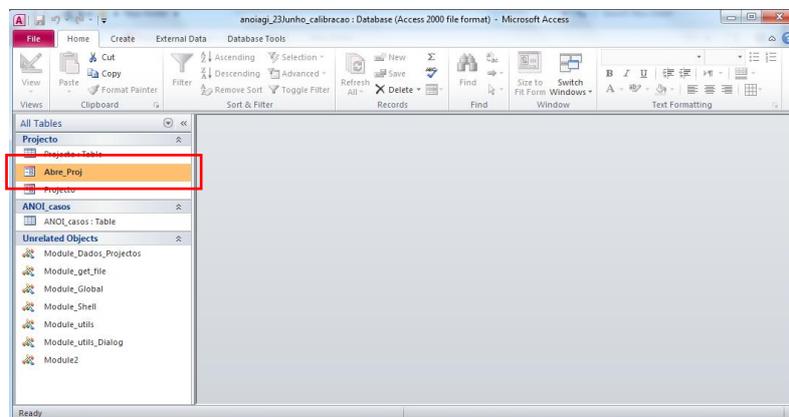


Figura 17 – Interface ANOIAGI – Abre_Proj

Passo 3 – Após o passo anterior, escolhendo a opção “Abre_Proj”, surge um quadro onde se escolhe “New project”, Figura 18.

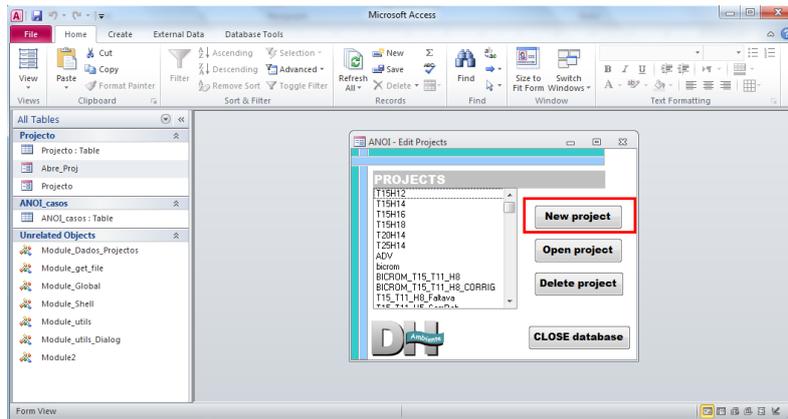


Figura 18 – Interface ANOIAGI - escolha de novo projeto

Passo 4 – Após fazer “New project”, seleciona-se o ficheiro criado, cujo nome é “Novo projecto” (o qual é dado por defeito pelo programa), e clica-se em “Open project”, Figura 19.

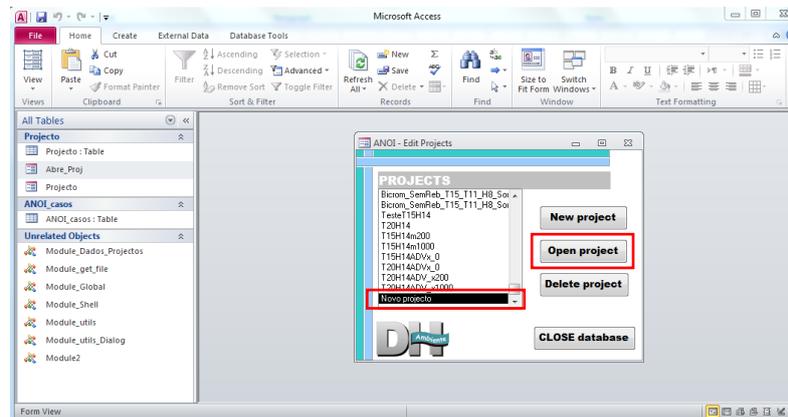


Figura 19 – Interface ANOIAGI - abertura do projeto criado

Passo 5 – Após fazer “Open project”, surge um quadro de acordo com o representado na Figura 20, onde se identifica o projeto e onde se define o nome a dar ao projeto.

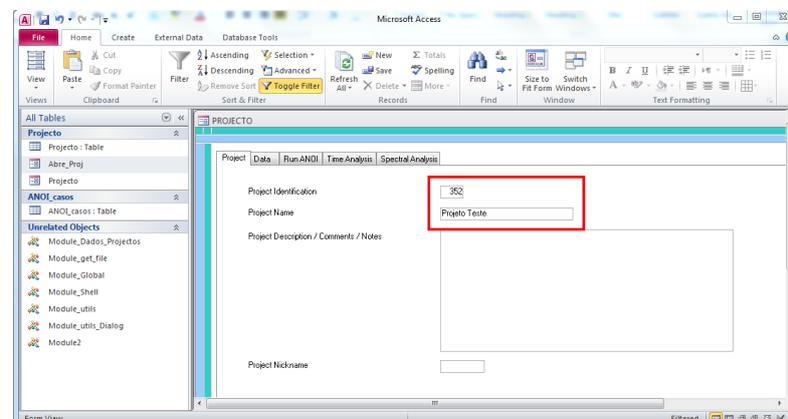


Figura 20 – Interface ANOIAGI - Identificação do projeto

NOTA 7 – O campo “Project Identification” normalmente deixa-se o valor que o programa coloca por omissão (default). Neste caso deu-se o nome de “Projeto Teste”.

Passo 6 – Após identificação do projeto, passamos para o quadro “Data”, no qual vamos definir quais os dados que vamos analisar, surgindo um quadro de acordo com a Figura 21.

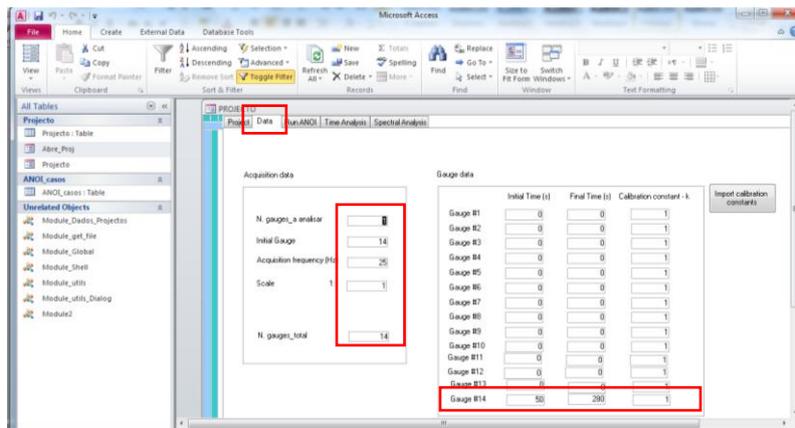


Figura 21 – Interface ANOIAGI - Identificação do projeto

Neste caso, no quadro “Acquisition data” define-se quais as sondas a analisar, assim como a frequência de aquisição de dados, ainda a escala do modelo e o número total de sondas do registo temporal. Para o presente caso, analisa-se apenas uma sonda, logo “N. gauges_a analisar : 1”, e, como se trata da sonda 14, define-se “Initial Gauge: 14”. A frequência de aquisição (Acquisition frequency) é 25 Hz e a escala (Scale) é 1:1. O “N.gauges_total” corresponde ao nº total de sondas, i.e., o número total de colunas do ficheiro de registo, que neste caso são 14.

No quadro “Gauge data”, definem-se os dados da sonda, nomeadamente o coeficiente de calibração, e o período que de análise dos dados. Este período tem que coincidir com o definido no SAM, para que os métodos possam ser comparados entre si. Neste caso, o espectro tem um tempo total de 300 s e, tal como no SAM, efetuou-se um corte dos primeiros 50 s e dos últimos 20 s e define-se como “Initial time (s): 50” e “Final time (s): 280” para que o período de tempo seja o mesmo. O coeficiente de calibração da sonda é 1, pelo que “Calibration coefficient – k: 1”. A informação tem que ser colocada na sonda que queremos analisar. Neste caso, como é analisada a sonda 14, a informação tem que ser colocada em Gauge #14.

Para a análise temporal de um registo, a título informativo, os passos a seguir são de 7 a 8.

Passo 7 – Após definição dos dados, no quadro “Run ANO”, escolhe-se os ficheiros que vão ser analisados, surgindo um quadro de acordo com a Figura 22. Nesse quadro, escolhe-se a pasta onde se irá buscar os ficheiros a analisar, e de seguida, os respetivos ficheiros. Escolhendo a pasta, surge uma lista onde devem ser seleccionados os ficheiros que vão ser analisados.

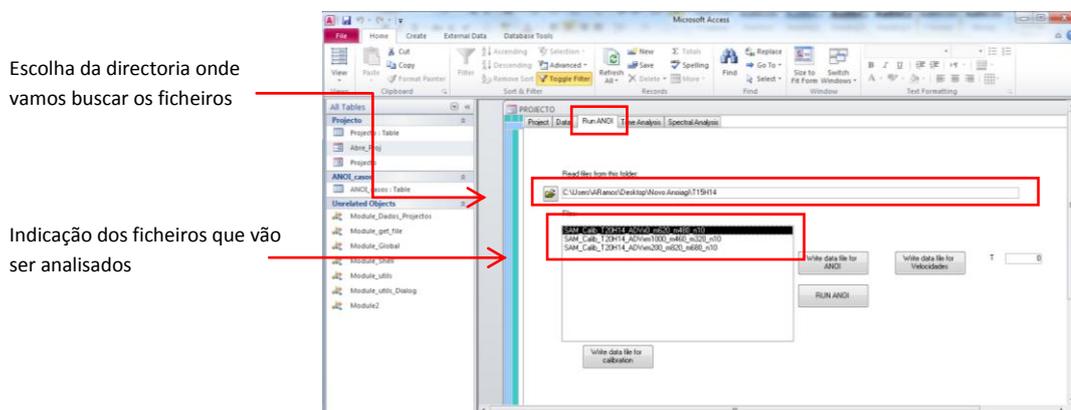


Figura 22 – Interface ANOIAGI - Escolha dos ficheiros a analisar

Passo 8 – Após escolha dos ficheiros, é necessário clicar no botão “Write data file for ANOI” e, de seguida (após aguardar uns momentos) clica-se no botão “RUN ANOI”, Figura 23.

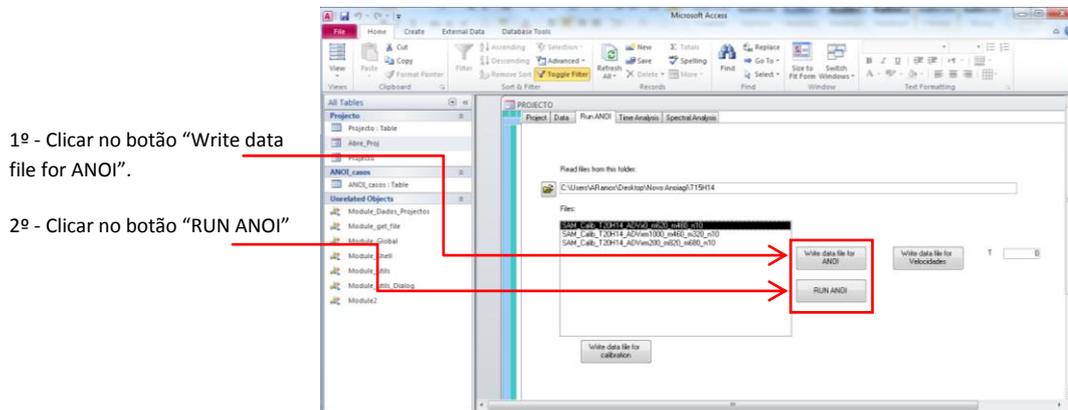


Figura 23 – Interface ANOIAGI - Execução do programa

Após correr o programa ANOIAGI, surge uma janela em ambiente DOS aonde é possível as várias instruções de execução do programa. É necessário ter em conta que podem ocorrer erros nesta fase. O erro que pode ocorrer encontra-se representado a Figura 24. Neste caso, o erro foi do tipo “The syntax of the command is incorrect” e está associado a uma incorreta definição do ficheiro analisado.

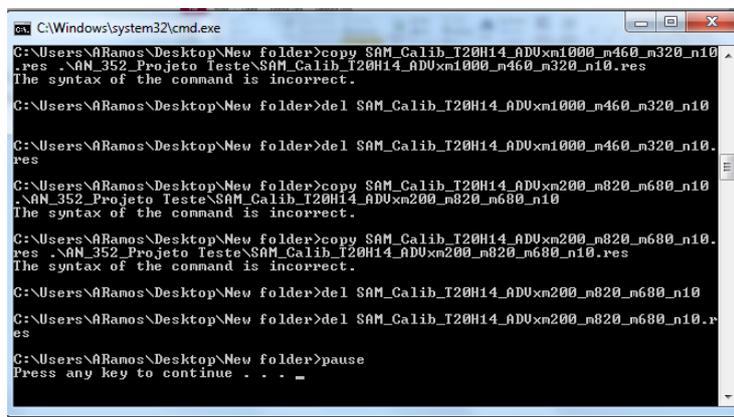


Figura 24 – Erro que pode ocorrer no ANOIAGI

Quando não ocorre erro, na pasta onde está o programa, é criada uma pasta, com a identificação do projeto e o nome, onde vão ser guardados os resultados para os ficheiros analisados.

A pasta criada é identificada como “AN_352_Projeto Teste”, em que em 1º lugar vem a identificação do projeto com o número definido anteriormente em “Project Identification” e em 2º lugar vem o nome dado para o projeto, neste caso “Projeto Teste”.

Passo 9 – Para realizar uma análise espectral, no quadro “Spectral Analysis”, são escolhidos os ficheiros a analisar, surgindo um quadro de acordo com a Figura 25. Nesse quadro escolhe-se a diretoria onde serão seleccionados os ficheiros a analisar. Escolhendo a diretoria, surge uma lista onde devem ser seleccionados os ficheiros que vão ser analisados. Este passo é idêntico ao passo 7.

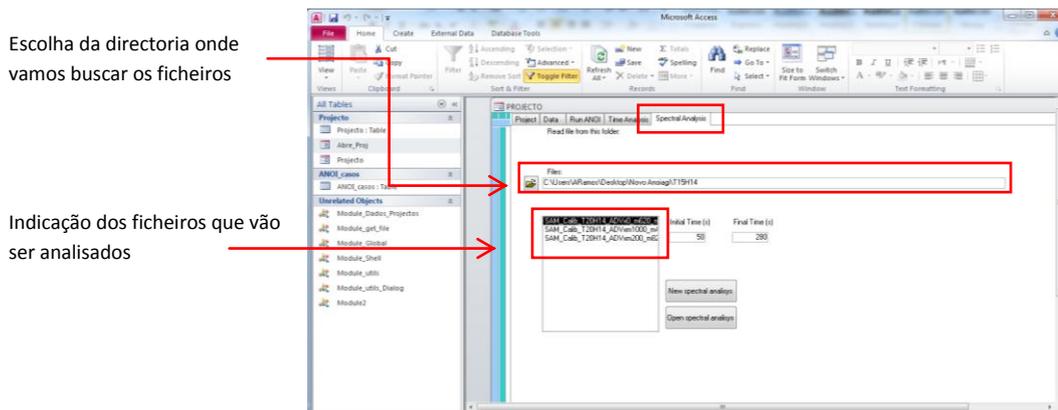


Figura 25 – Interface Anoiagi: análise espectral – escolha dos ficheiros a analisar

Passo 10 – Após escolha dos ficheiros, é necessário definir qual o intervalo a ser analisado, definindo os segundos no registo temporal que vão ser cortados no início e no final do espectro, tal como se fez para a análise temporal no SAM. Esse intervalo, é definido de acordo com o indicado na Figura 26. Neste caso, o espectro tem um tempo total de 300 s e, tal como no SAM, fez-se um corte dos primeiros 50 s e dos últimos 20 s, define-se como “Initial time (s): 50” e “Final time (s): 280” para que o intervalo de resultados seja o mesmo.

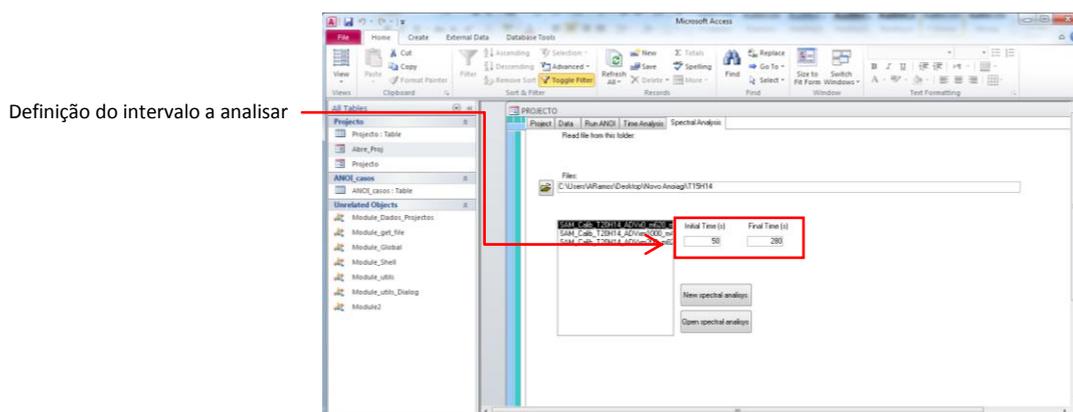


Figura 26 – Definição do intervalo a ser analisado

Passo 11 – Após definição do intervalo, procede-se à análise espectral, clicando no botão “New spectral analysis”, conforme indicado na Figura 27. Para realizar a análise espectral, é necessário escolher o ficheiro que queremos analisar, sendo necessário que, no quadro “Files”, o ficheiro esteja selecionado.

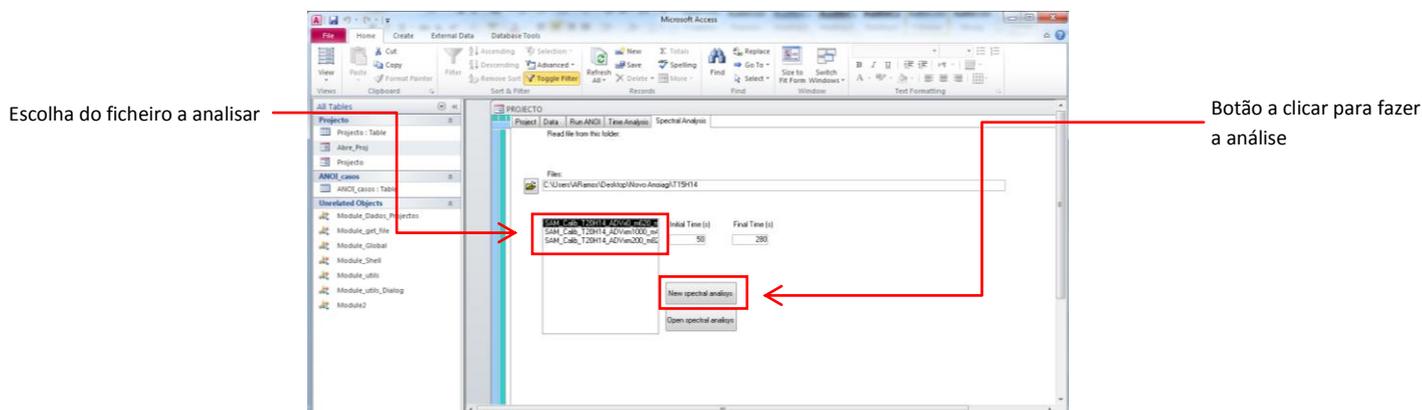
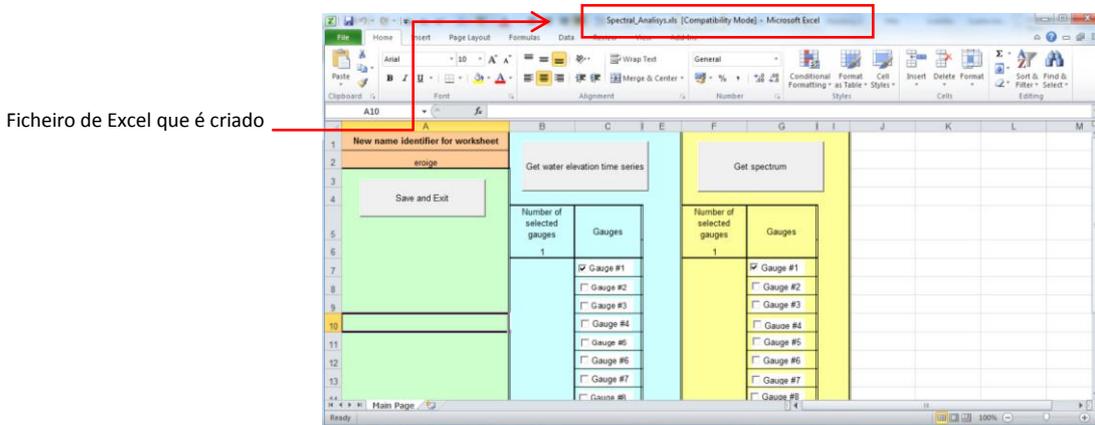


Figura 27 – Escolha do ficheiro e botão para criar uma análise espectral

Após clicar no botão “New spectral analysis”, o programa é executado e é aberto um ficheiro Excel, o qual é identificado como “Spectral Analysis.xls”. Este processo pode demorar algum tempo. Após decorrido esse tempo, surge um ficheiro de Excel, de acordo com o indicado na Figura 28.

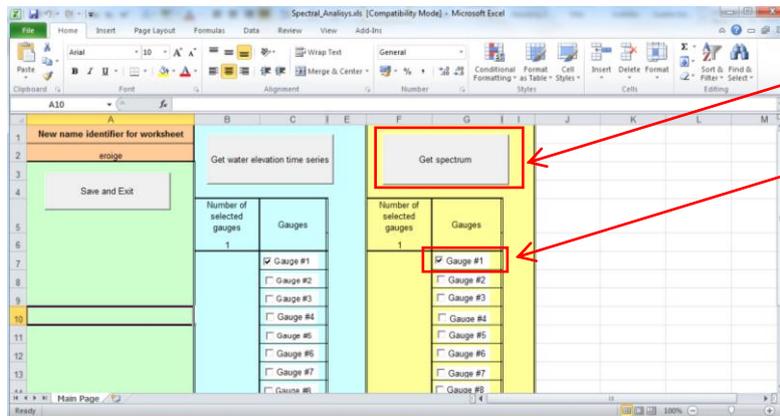


Ficheiro de Excel que é criado

Figura 28 – Ficheiro de Excel que é criado

Este ficheiro de Excel é aquele que vai permitir realizar efetivamente a análise espectral, gerando o espectro. Importa salientar que o ficheiro do Access não serve para gerar o espectro, mas sim para tratar e gerar os dados, que vão servir para serem analisados no ficheiro de Excel.

Passo 12 – Após o ficheiro de Excel ser criado, é necessário escolher qual a sonda a ser analisada, clicando na “Gauge #” a analisar, e de seguida, é necessário clicar no botão “Get spectrum”, Figura 29.



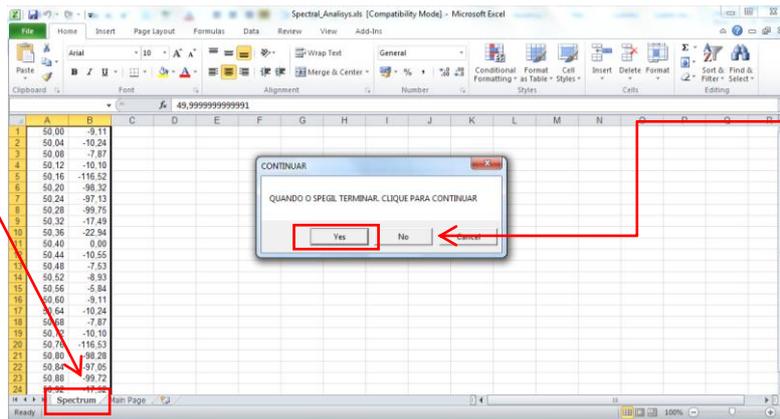
Botão a clicar para gerar o espectro

Seleção da sonda/sondas, para as quais os espectros vão ser gerados

Figura 29 – Seleção da sonda e geração do espectro

Clicando no botão “Get spectrum”, é criada uma nova folha de Excel, com o nome “Spectrum” e, quando surgir o quadro, conforme indicado na Figura 30, clicka-se no botão “Yes”.

Folha de excel criada, com o nome "Spectrum"



Botão "Yes" para clicar

Figura 30 – Folha "Spectrum" que é criada

Após clicar em "Yes", o programa vai gerar o espectro, surgindo o mesmo na folha de Excel, conforme indicado na Figura 31.

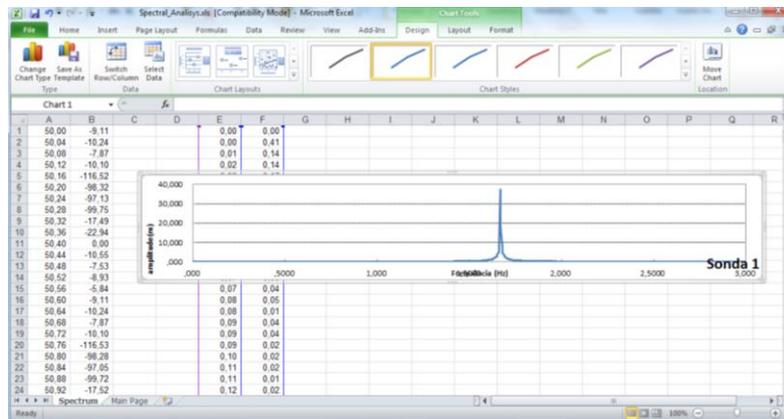


Figura 31 – Representação do espectro criado

5. PROCEDIMENTO – WAVELET no MATLAB

Passo 1 – Para análise de dados recorrendo ao programa WAVELET no MATLAB, é necessário abrir o ficheiro, por exemplo o ficheiro “wavelet_dados_infinity31Out.m”, Figura 32.

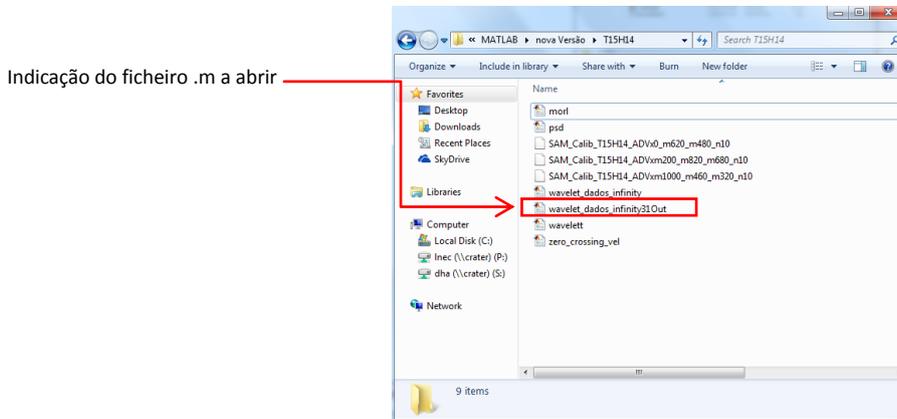


Figura 32 – Identificação do ficheiro “wavelet_dados_infinity31Out”

Passo 2 – Clicando sobre o nome do ficheiro, surgem duas janelas, uma com o programa MATLAB, na sua interface principal, conforme indicado na Figura 33, e uma outra janela, onde surge o código do ficheiro wavelet, “wavelet_dados_infinity31Out”, conforme indicado na Figura 34.

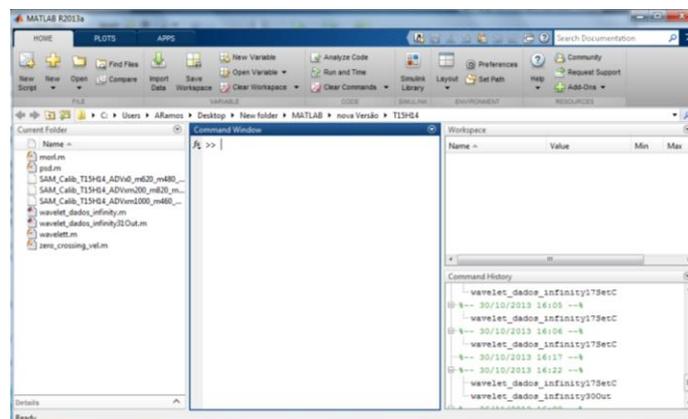


Figura 33 – Interface principal do programa MATLAB

Indicação do ficheiro que está aberto

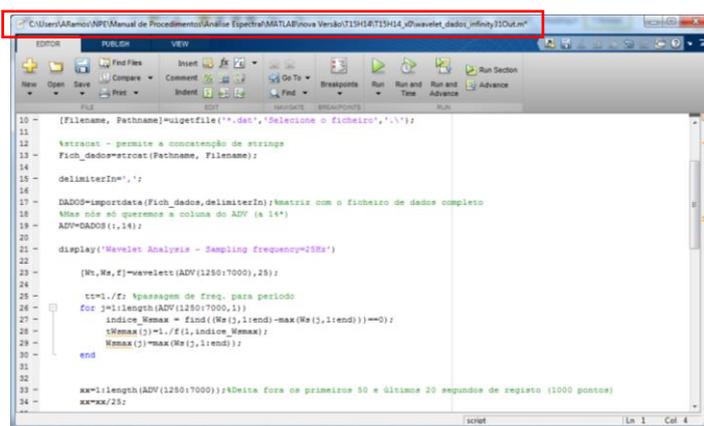


Figura 34 – Ficheiro “wavelet_dados_infinity31Out” e respetivo código

Passo 3 – Após se abrir o ficheiro “wavelet_dados_infinity31Out”, é necessário ter em conta que o mesmo deve ser adaptado consoante os dados que estamos a analisar. As linhas 8 a 19 correspondem ao código para escolher o ficheiro a analisar.

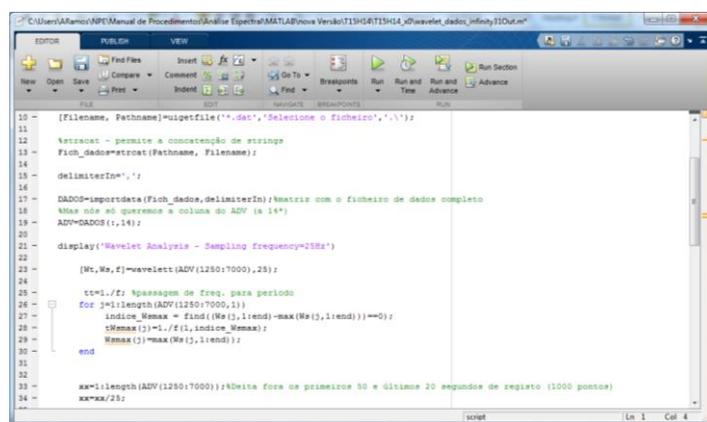


Figura 35 – Linhas de código onde se define os ficheiros a analisar

Conforme se pode verificar na Figura 35, neste caso, para analisar uma coluna específica, por exemplo a coluna 14 correspondente aos dados do ADV, define-se na linha 19 o código “ADV=DADOS(:,14);”, uma vez que se pretende analisar a coluna com os dados do ADV, que é a 14ª. Se fosse outra coluna, em vez de se colocar 14, colocava-se o respetivo número.

Passo 4 – Após definir o ficheiro de dados a analisar, é necessário definir qual o intervalo de tempo que vai ser considerado. Para tal, é necessário indicar nas linhas de código 23, 26 e 33 qual o intervalo de tempo a considerar.

Linhas 23, 26 e 33 onde é definido o intervalo a analisar

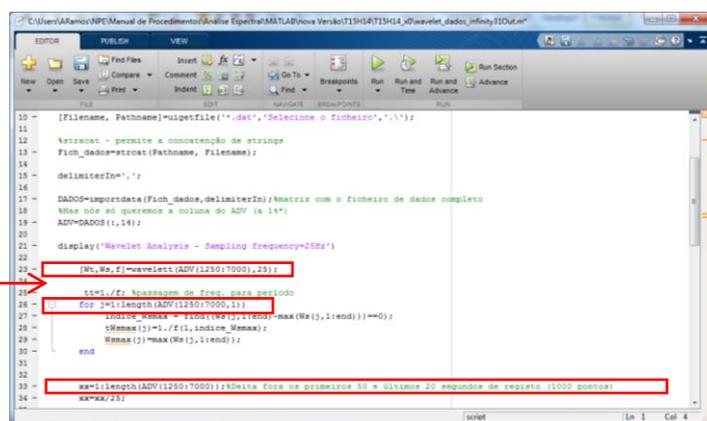


Figura 36 – Linhas de código onde se define o intervalo a analisar

Neste caso, conforme se pode verificar pelo comentário indicado na linha 33, o intervalo considerado para análise é de 1250:7000, uma vez que o espectro é constituído por 8000 pontos, e que se quer descartar 50 s no início e 20 s no final do espectro. Os 50 s, equivalem a 1250 pontos no espectro, e os 20 s finais equivalem a 1000 pontos, daí considerar-se um intervalo entre 1250:7000.

Passo 5 – Após definir quais os ficheiros e o intervalo a analisar, é necessário correr o programa. Para tal, é necessário clicar no botão “Run”, no ficheiro “wavelet_dados_infinity31Out”, Figura 37.

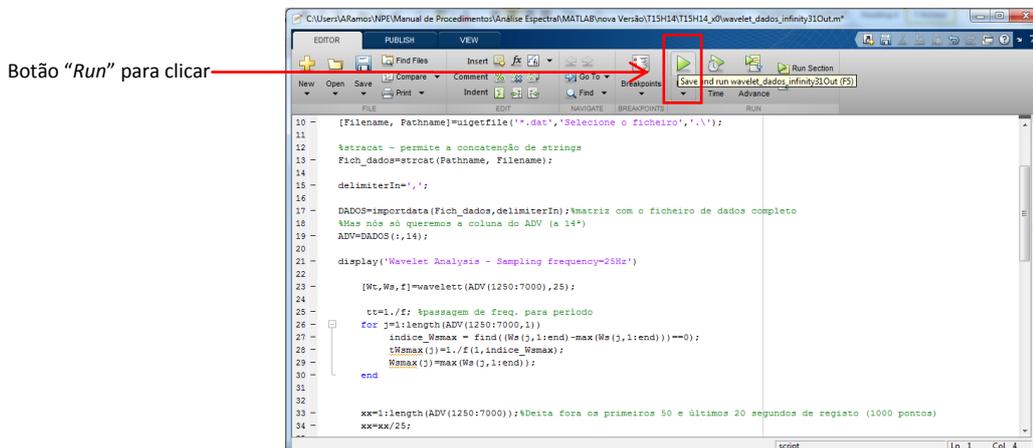


Figura 37 – Botão “Run” a clicar para que o código seja executado

Após clicar no botão “Run”, surge um quadro onde se escolhe o ficheiro a analisar, escolhendo primeiramente o tipo de ficheiro “All files”, Figura 38. Depois seleciona-se o ficheiro a analisar e, de seguida, clica-se em “Open”.

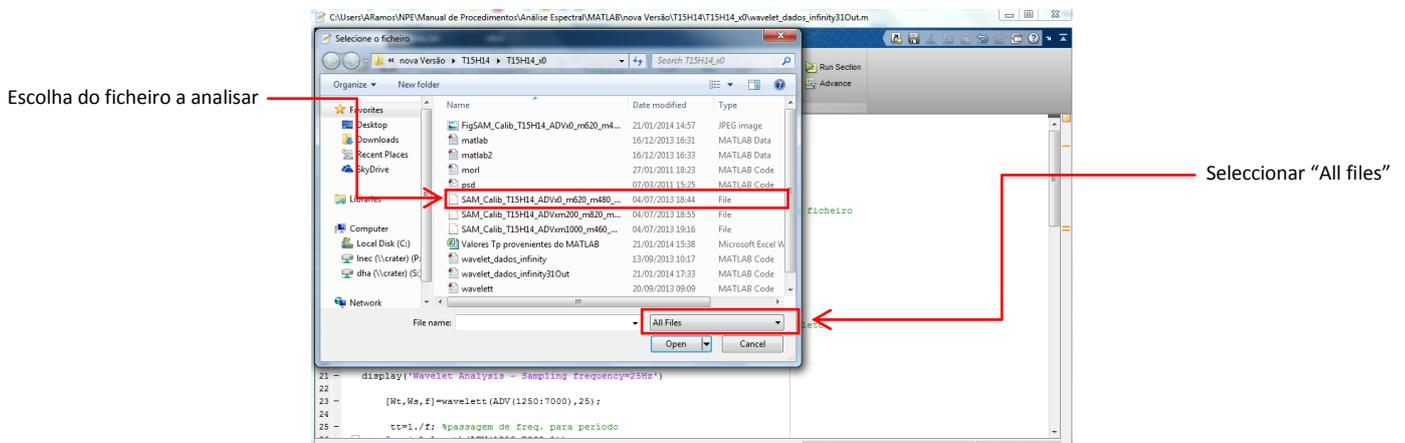


Figura 38 – Quadro para escolha do ficheiro a analisar

Após clicar no botão “Run”, na folha onde está a interface principal do programa MATLAB, surge na “Command window” a indicação de que o ficheiro de dados “wavelet_dados_infinity31Out” foi executado, Figura 39.

“Command window” com
indicação do ficheiro
executado

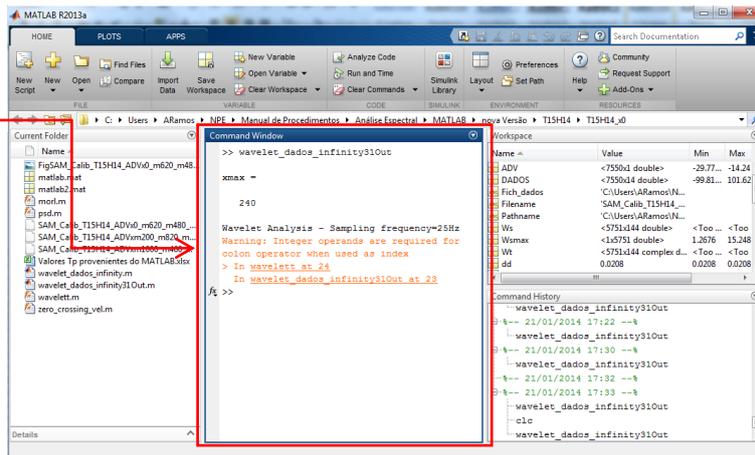


Figura 39 – Janela “Command window” indicando o ficheiro que foi executado

NOTA 8 - Caso ocorra algum erro, é nesta janela que vai surgir essa indicação, indicando qual o erro e a linha de código onde o mesmo ocorre.

Após o ficheiro ser executado, esperando alguns segundos, vão surgir as figuras onde vão ser representados os gráficos que foram definidos no ficheiro, conforme indicado na Figura 40.

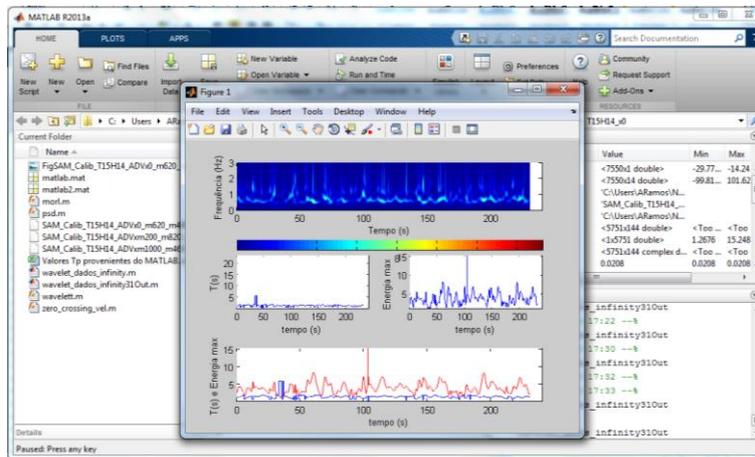


Figura 40 – Figura gerada após o ficheiro ser executado.

NOTA 9 – Nesta figura surgem todos os gráficos que foram definidos no código.

As figuras são guardadas automaticamente pelo programa na pasta onde dos ficheiros que são analisados. As imagens são guardadas, com o mesmo nome do ficheiro a que corresponde, com a indicação “Fig” no início do nome, Figura 41.

Figura que foi gerada e
guardada na pasta, onde
o ficheiro analisado está
guardado

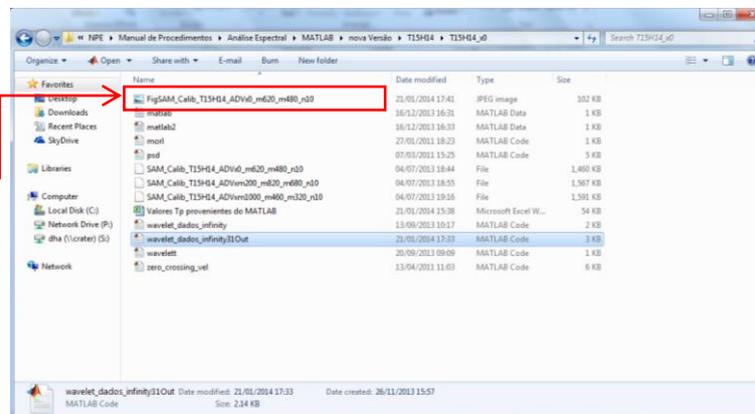


Figura 41 – Indicação da figura gerada e do local onde foi guardada

6. ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

Testes experimentais

Para testar as metodologias indicadas nos capítulos 3 e 4, utilizaram-se os resultados dos testes experimentais realizados no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) no designado canal COI3, com 32.57 m de comprimento, e equipado com um gerador de ondas (Figura 42).



Figura 42 – Vista lateral do canal (à esquerda), gerador de ondas (ao centro) e vista de cima do canal (à direita).

O perfil longitudinal do fundo do canal, Figura 43, consiste em duas rampas de inclinação constante (de 1:11 e 1:22) separadas por uma zona plana, até à posição $x = 0$, posteriormente uma zona plana (onde a profundidade de água foi considerada a um valor constante de 0.3 m), seguida de uma rampa de inclinação constante (1:20) e, por fim, uma zona de enrocamento inclinado (1:2).

O canal em planta, Figura 43, tem uma zona inicial com largura constante de 1 m, seguida de um troço convergente, e finalmente uma zona também com largura constante de 0.6 m.

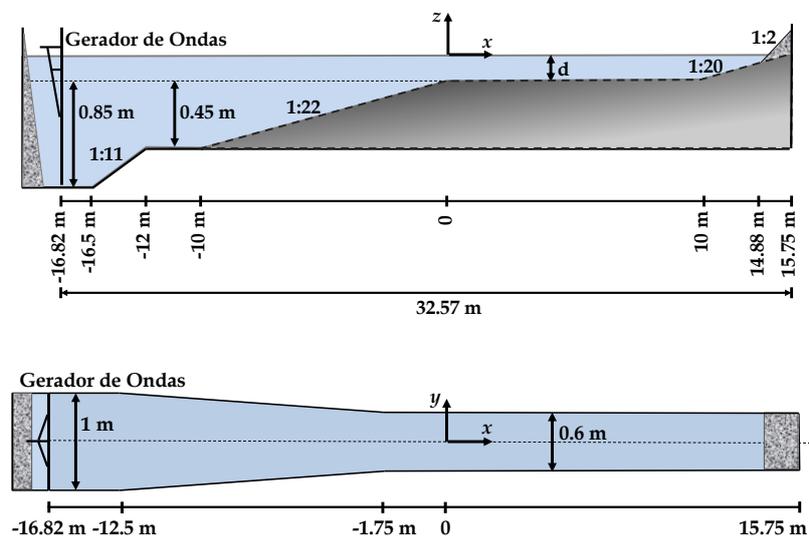


Figura 43 – Canal de ondas: perfil longitudinal (em cima) e planta (em baixo).

Os ensaios experimentais foram realizados em três etapas principais, correspondendo a diferentes condições de agitação incidente:

- Ondas regulares, resultantes da combinação de quatro períodos de onda ($T=1,1$ s; 1,5 s; 2,0 s; e 2,5 s) e seis alturas de onda ($H=0.08$ m; 0.10 m; 0.12 m; 0.14 m; 0.16 m e 0.18 m);

- Ondas bicromáticas resultantes da combinação de duas das ondas regulares anteriores considerando uma determinada altura de onda, i.e., $T=1.1$ s e 1.5 s e $H=0.05$ m ou 0.08 m;
- Ondas irregulares (espectro JONSWAP) com $T_s=1.5$ s e três diferentes alturas de onda ($H_s=0.12$ m; 0.14 m e 0.16 m), $T_s=2.0$ s e $H_s=0.12$ m, e $T_s=2.5$ s e $H_s=0.12$ m.

Foram considerados dois níveis de água a sotamar da rampa de declive 1:22 (na origem do referencial Oxyz, Figura 2), $d=0.1$ m e 0.3 m, de modo a obter condições com e sem rebentação, respetivamente.

Cada ensaio experimental (onda gerada) teve a duração de 600 s, o processo de geração inicia e termina com crescimento e diminuição da amplitude (rampas de velocidade), pelo que, deste modo, o intervalo de amplitude constante é reduzido para 490 s. Destes, apenas se considerou como duração útil 240 s, de modo a minimizar os efeitos das reflexões nas extremidades do canal.

Realizaram-se, para cada condição de agitação incidente, ensaios experimentais divididos em três fases:

- Fase I - Medição da elevação da superfície livre ao longo do canal;
- Fase II - Medição das componentes da velocidade das partículas no centro da coluna de água;
- Fase III - Medição de perfis verticais das componentes de velocidade das partículas em posições selecionadas ao longo do canal.

Na Fase I, os valores de elevação da superfície livre ao longo da direção longitudinal do canal, eixo dos xx, foram medidos com o recurso a oito sondas resistivas alinhadas e espaçadas por 20 cm entre si, que foram agregadas a uma estrutura móvel (Figura 44 - esquerda). Esta estrutura foi colocada em diferentes localizações ao longo do canal de forma a obter medições entre as posições $x=-10$ m e $x=10$ m com um espaçamento de 0,1 m. Para todos os ensaios experimentais colocou-se uma sonda de nível a 6 m do batedor, após a rampa de declive 1:11, na posição $x=-10,8$ m (Figura 44 - centro). Esta sonda foi mantida nesta posição para controlar a geração de ondas.

Nas Fases II e III, as medições da velocidade foram efetuadas usando um Acoustic Doppler Velocimeter (ADV), que fornece as três componentes ortogonais da velocidade instantânea das partículas em suspensão na coluna de água, numa posição de análise (volume de medição). Junto ao ADV foi colocada uma sonda resistiva (Figura 44 - direita), para que, conjuntamente com a velocidade das partículas, seja também medida a elevação da superfície livre, na mesma secção transversal do canal.

Na Fase II, a velocidade, ao longo do canal, foi medida com o ADV posicionado no centro da coluna de água, entre as posições $x=-10$ m e $x=7$ m, com um espaçamento de 1 m.

Na Fase III, os perfis de velocidade foram medidos maioritariamente com intervalos de 5 cm na direção do eixo vertical, z, nas secções selecionadas $x=-10, -5, -2, -1, 0, 1, 2$ e 5 m. Note-se que para as posições de x positivo, i.e. depois da rampa, e para o menor nível de água ($d=0,1$ m) os perfis de velocidade são compostos por medições em apenas duas posições, $z=-5$ e $-7,5$ cm, uma vez que não havia suficiente altura de coluna de água para a medição em mais posições.

A taxa de aquisição para todas as medições, sondas e ADV, foi de 25 Hz.

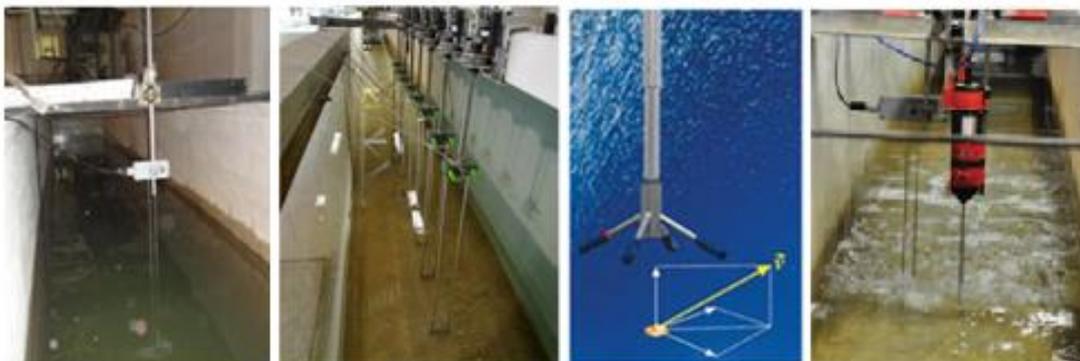


Figura 44 – Da esquerda para a direita: Sonda junto ao batedor; conjunto de 8 sondas de nível; sonda ADV e volume de medição; e sonda de nível junto da sonda ADV.

A título meramente ilustrativo, foram analisados os dados obtidos na sonda colocada junto ao ADV durante os ensaios realizados no canal do LNEC, COI3.

A análise foi feita para dois registos correspondentes a dois períodos diferentes, designados por T15 e T20, para a mesma altura, designada por H14. Para cada um dos períodos, analisaram-se os registos obtidos nas posições de sonda $x = 0$, $x = -2$ e $x = -10$. Os nomes dos ficheiros analisados foram os seguintes:

Para T15H14:

- SAM_Calib_T15H14_ADVx0_m620_m480_n10
- SAM_Calib_T15H14_ADVxm200_m820_m680_n10
- SAM_Calib_T15H14_ADVxm1000_m460_m320_n10

Para T20H14:

- SAM_Calib_T20H14_ADVx0_m620_m480_n10
- SAM_Calib_T20H14_ADVxm200_m820_m680_n10
- SAM_Calib_T20H14_ADVxm1000_m460_m320_n10

Apresentam-se os períodos, T_p , obtidos para cada um dos registos considerados, com base nos três procedimentos indicados, SAM, ANOIAGI e WAVELET. Apenas é apresentado o valor de T_p , porque nos procedimentos efetuados pelo ANOIAGI e pelo WAVELET, na análise espectral, apenas se determina o valor de T_p . Nos quadros 1 e 4, apresentam-se os valores obtidos para T15H14 e T20H14 respectivamente, nos quadros 2 e 5 as variações entre o valor obtido para cada ficheiro e o valor esperado, e nos quadros 3 e 6, a variação entre os valores obtidos para cada um dos métodos.

- **T15H14**

Quadro 1 – Valores obtidos para T15H14

Análise Espectral - Período, T_p			
Análise	T15H14_ADVx0_m620_m480_n10	T15H14_ADVxm200_m820_m680_n10	T15H14_ADVxm1000_m460_m320_n10
	Posição $x = 0$	Posição $x = -2$	Posição $x = -10$
	T_p (s)	T_p (s)	T_p (s)
SAM	1.693	1.581	1.558
ANOIAGI	1.691	1.691	1.474
WAVELET	1.528	1.454	1.355

Quadro 2 – Variação entre valor obtido e valor pretendido ($T_p = 1.5s$)

Análise Espectral - Período, T_p			
Análise	T15H14_ADVx0_m620_m480_n10	T15H14_ADVxm200_m820_m680_n10	T15H14_ADVxm1000_m460_m320_n10
	Posição $x = 0$	Posição $x = -2$	Posição $x = -10$
	T_p (s)	T_p (s)	T_p (s)
SAM	+11.42%	+5.13%	+3.71%
ANOIAGI	+11.30%	+11.30%	-1.74%
WAVELET	+1.81%	-3.14%	-10.70%

Quadro 3 – Variação entre metodologias de cálculo

Análise Espectral - Período, T_p			
Análise	T15H14_ADVx0_m620_m480_n10	T15H14_ADVxm200_m820_m680_n10	T15H14_ADVxm1000_m460_m320_n10
	Posição x = 0	Posição x = -2	Posição x = -10
	T_p (s)	T_p (s)	T_p (s)
SAM-ANOIAGI	+0.13%	-6.51%	+5.66%
SAM- WAVELET	+10.85%	+8.72%	+14.96%
ANOIAGI- WAVELET	+10.70%	+16.29%	+8.81%

- **T20H14**

Quadro 4 – Valores obtidos para T20H14

Análise Espectral - Período, T_p			
Análise	T20H14_ADVx0_m620_m480_n10	T20H14_ADVxm200_m820_m680_n10	T20H14_ADVxm1000_m460_m320_n10
	Posição x = 0	Posição x = -2	Posição x = -10
	T_p (s)	T_p (s)	T_p (s)
SAM	1.992	2.044	2.018
ANOIAGI	2.323	1.870	1.870
WAVELET	2.048	2.059	1.881

Quadro 5 – Variação entre valor obtido e valor pretendido ($T_p = 2.0s$)

Análise Espectral - Período, T_p			
Análise	T20H14_ADVx0_m620_m480_n10	T20H14_ADVxm200_m820_m680_n10	T20H14_ADVxm1000_m460_m320_n10
	Posição x = 0	Posição x = -2	Posição x = -10
	T_p (s)	T_p (s)	T_p (s)
SAM	-0.43%	+2.15%	+0.87%
ANOIAGI	+13.91%	-6.96%	-6.96%
WAVELET	+2.34%	+2.86%	-6.30%

Quadro 6 – Valores obtidos para T20H14

Análise Espectral - Período, T_p			
Análise	T20H14_ADVx0_m620_m480_n10	T20H14_ADVxm200_m820_m680_n10	T20H14_ADVxm1000_m460_m320_n10
	Posição x = 0	Posição x = -2	Posição x = -10
	T_p (s)	T_p (s)	T_p (s)
SAM-ANOIAGI	-14.28%	+9.30%	+7.89%
SAM- WAVELET	-2.75%	-0.73%	+7.23%
ANOIAGI- WAVELET	+13.45%	-9.18%	-0.61%

Analisando os parâmetros obtidos, verifica-se que, existem algumas diferenças entre os diferentes métodos, o que era de esperar pois as metodologias utilizadas por cada programa são diferentes. Dos resultados obtidos, constata-se que:

- T15H14_x0 – O valor obtido pelo MATLAB é o mais próximo de $T_p = 1.5s$, com um valor de $T_p = 1.53s$ (+1.81%), enquanto os valores obtidos pelo SAM e ANOIAGI, que são praticamente idênticos, são superiores a $T_p = 1.50s$ (+11.4%, aproximadamente).
- T15H14_xm200 – O valor obtido pelo WAVELET é inferior a $T_p = 1.5s$, nomeadamente $T_p = 1.45s$ (-3.14%), enquanto os valores obtidos pelo SAM ($T_p = 1.58s$ (+5.13%)) e pelo ANOIAGI ($T_p = 1.69s$ (+11.30%)) são superiores. A maior variação que se verifica entre metodologias é entre o ANOIAGI e o WAVELET com um valor de 16.3%;
- T15H14_xm1000 – O valor obtido pelo WAVELET é claramente inferior a $T_p = 1.5s$, nomeadamente $T_p = 1.36s$ (-10.70%), o valor obtido pelo ANOIAGI é ligeiramente inferior, $T_p = 1.47s$ (-1.74%), enquanto o valor obtido pelo SAM $T_p = 1.56s$ (+3.71%) é superior. A maior variação que se verifica entre metodologias é entre o SAM e o WAVELET com um valor de 15%;
- T20H14_x0 – O valor obtido pelo ANOIAGI é claramente superior $T_p = 2.32s$ (+13.91%), ao valor de $T_p = 2.0 s$, enquanto os valores obtidos pelo SAM ($T_p = 1.99s$ (-0.43%)) e WAVELET ($T_p = 2.04s$ (+2.34%)), são semelhantes e praticamente iguais ao valor de $T_p = 2.0s$. Constata-se uma variação entre o ANOIAGI e o SAM ou WAVELET de aproximadamente 14%;
- T20H14_xm200 – Constata-se que o valor obtido pelo ANOIAGI, $T_p = 1.87s$ (-6.96%), é inferior, enquanto os valores obtidos pelo SAM ($T_p = 2.04s$ (+2.15%)) e WAVELET ($T_p = 2.06s$ (+2.86%)), são semelhantes e praticamente iguais ao valor de $T_p = 2.0 s$. Constata-se uma variação entre o ANOIAGI e o SAM ou WAVELET de aproximadamente 9%;
- T20H14_xm1000 – Constata-se que os valores obtidos pelo ANOIAGI, $T_p = 1.87 s$ (-6.96%), e pelo WAVELET $T_p = 1.88s$ (-6.30%) são inferiores, enquanto o valor obtido pelo SAM, $T_p = 2.01s$ (+0.87%), é praticamente igual a $T_p = 2.0 s$. Constata-se uma variação entre o SAM e o ANOIAGI ou WAVELET de aproximadamente 7%;

As diferenças que se registam estão relacionadas com as metodologias adoptadas em cada programa: no caso do SAM, a análise de Fourier é efetuada com a transformada rápida de Fourier enquanto no caso do ANOIAGI, essa análise é efetuada com a transformada discreta de Fourier. Finalmente, no caso do WAVELET, utiliza-se a função wavelet programada em MatLAB.

REFERÊNCIAS

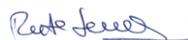
- Capitão, R. (2002). Modelação estocástica numérica e física da agitação marítima, Tese de doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Capitão, R., Carvalho, M. (2001). Pacote de software geral para tratamento e geração de agitação marítima de curto prazo. In Seminário sobre a Hidroinformática em Portugal (pp. 1–20).
- Carvalho, M. M. (1973). Simulação da Agitação Irregular - Técnicas Matemáticas. Tese para Especialista, LNEC, Lisboa.
- Fortes, C.J.E.M.; Pinheiro, L.; Santos, J.A. (2010). Análise temporal, espectral e de erros no pacote SOPRO. Aplicações. Proc. 10º Congresso da Água, Alvor.
- Gil, J. (2006) Programa de análise espectral utilizando a transformada discreta de Fourier: Spegil.f, FORTAN.
- Neves, M.G. (2012). Programa de análise espectral utilizando a função wavelet do MATLAB.
- Pinheiro, L.V.; Fortes, C.J.E.M.; Santos, J.A.; Neves, M.G. (2006). Caracterização de regimes de agitação marítima utilizando a ferramenta SOPRO, Proc. 8º Congresso da Água, Figueira da Foz, 13 a 17 de Março de 2006.

Autores:



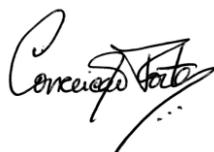
André Ramos

Bolseiro de Experimentação



Rute Lemos

Técnico Superior



Conceição Juana Fortes

Investigadora Principal



Rui Capitão

Investigador Auxiliar



Joana Simão

Bolseira de Experimentação



Ana Passarinho

Bolseira de Experimentação



Liliana Pinheiro

Doutoranda FCT/LNEC