

ELIABIA

REVISTA

Número 12 • Série V • Março • 1995 • 700\$00



Sistema de Geração de Ondas e Aquisição de Dados do Laboratório de Hidráulica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

F. Taveira Pinto*

F. Veloso Gomes **

Palavras Chave: Ondas Marítimas, Geração, Batedor, Sondas Hidrodinâmicas, Anemómetro Laser Doppler.

Pretende-se com este texto descrever, nos seus aspectos gerais, o novo sistema de geração de escoamentos oscilatórios com superfície livre e o correspondente sistema de aquisição de dados, instalado no Laboratório de Hidráulica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente), adquirido através do Programa Ciência à Hydraulics Research, de Wallingford, Inglaterra e destinado a projectos de investigação no domínio da hidrodinâmica marítima e costeira.

O equipamento, a que corresponde um investimento de cerca de cinquenta mil contos (1993), é constituído por: um sistema de geração de ondas, compreendendo o controlo da agitação (regular e irregular), a transmissão de sinal e o batedor de ondas do tipo pistão, um sistema de aquisição de dados que inclui um conjunto de sondas de níveis hidrodinâmicos, uma unidade de aquisição de sinal e um conjunto de *software* de aquisição e tratamento de dados. O batedor de ondas encontra-se instalado no tanque de ondas do Laboratório de Hidráulica, o qual possui uma área de $24.5 \times 4.8 \text{ m}^2$ e profundidades iguais a 0.8 m, junto ao batedor e 0.6 m, na zona de medição de níveis.

Uma outra componente, adquirida à firma alemã Invent, corresponde a uma unidade de Anemometria Laser, para medição de velocidades no escoamento oscilatório gerado pelo Batedor de Ondas.

A sala de controlo está localizada sobre o tanque, em zona de fácil observação da agitação, como se pode verificar pela figura 1, que mostra em planta e corte, a localização dos elementos indicados, os quais estão evidenciados nas figuras 2 e 3. A figura 4 mostra o organograma de funcionamento dos sistemas instalados.

2. Sistema de geração de ondas

2.1. Batedor de ondas

O gerador de ondas do tipo pistão permite obter as máximas alturas de ondas em águas pouco profundas, como é o caso, até ao limite de rebentação da onda, permitindo também um maior deslocamento do batedor, quando comparado com o sistema de batedor fixo no fundo do tanque de ondas (figura 5).

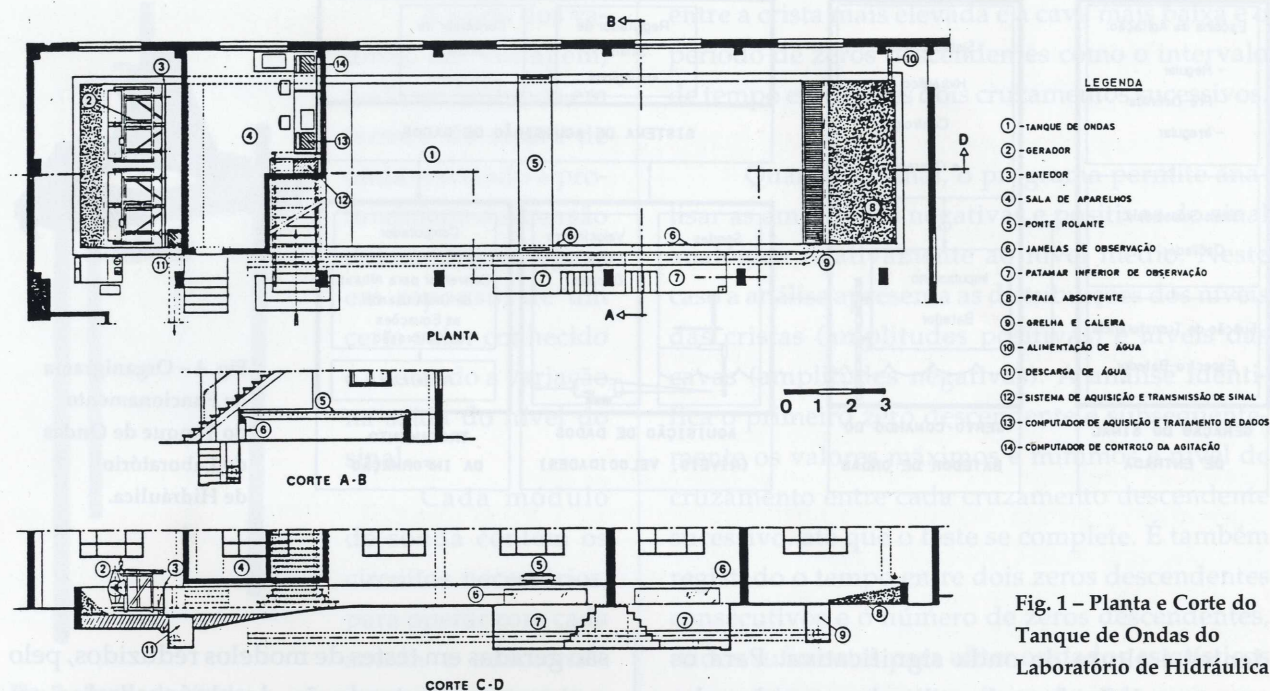


Fig. 1 - Planta e Corte do Tanque de Ondas do Laboratório de Hidráulica

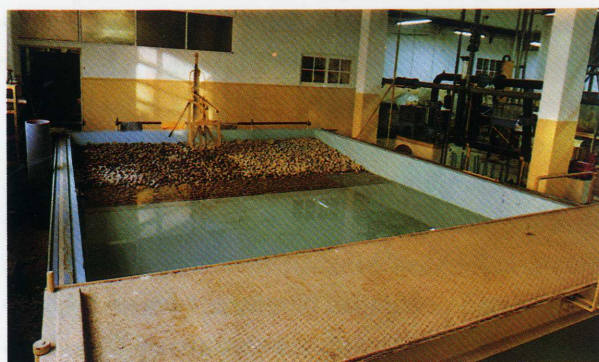


Fig. 2 - Vista Geral do Tanque de Ondas. Praia Reflectora.

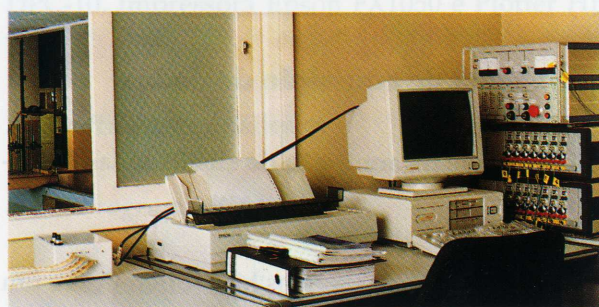


Fig. 3 - Sala de Comando do Sistema.

O batedor é constituído por dois módulos idênticos, amovíveis e de funcionamento síncrono e assíncrono, para que no futuro possa ser utilizado com outros módulos, num tanque de maiores dimensões, projectado para as novas instalações da FEUP, na Asprela.

Resumem-se de seguida as principais características do sistema gerador de ondas:

- Tipo: Pistão
 - Dimensões Gerais: 2.4 m de comprimento, 1.5 m de largura e 1.5 m de altura.
 - Dimensões do Batedor: 2.4 m de comprimento e 1 m de altura.
 - Máxima Altura de Onda: 0.3 m, em profundidades de água de 0.6 m.
 - Materiais: Aço macio com revestimento de protecção
 - Sistema de Operação: Eléctrico e servo-hidráulico

2.2. Controlo da agitação

O *software* de controlo da agitação e o *interface*, produzem os sinais necessários para gerar ondas regulares de uma amplitude e frequência especificadas, sequências e grupos de ondas, definidas pelo utilizador e ondas irregulares.

Os espectros disponíveis para a agitação irregular são: Darbyshire, I.T.T.C., Jonswap, Pierson-Moskowitz, Neumann, definido pelo utilizador e de Bretschneider. Para estes espectros o utilizador introduz os parâmetros necessários para definir a forma do espectro, nomeadamente a velocidade do vento, período entre zeros ascen-

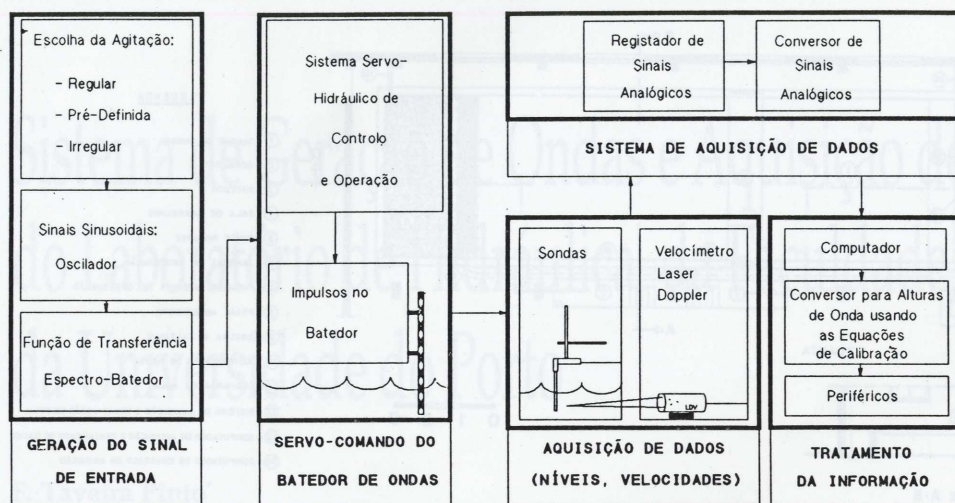


Fig. 4 – Organograma de Funcionamento do Tanque de Ondas do Laboratório de Hidráulica.

dentes e altura de onda significativa. Para os espectros definidos pelo utilizador, as ordenadas do espectro correspondentes à energia espectral são introduzidas directamente pelo utilizador para cada frequência (figura 6).

O *software* de controlo assume que as ondas

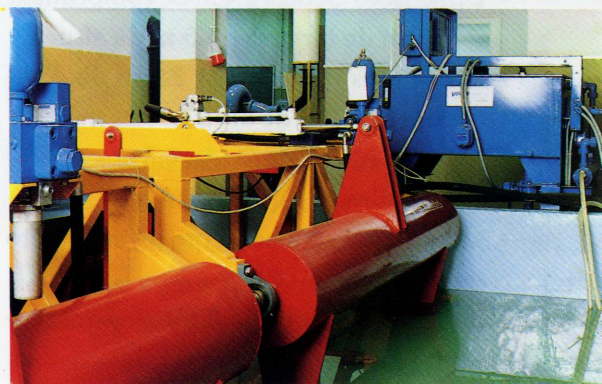


Fig. 5 – Batedor do Tipo Pistão.

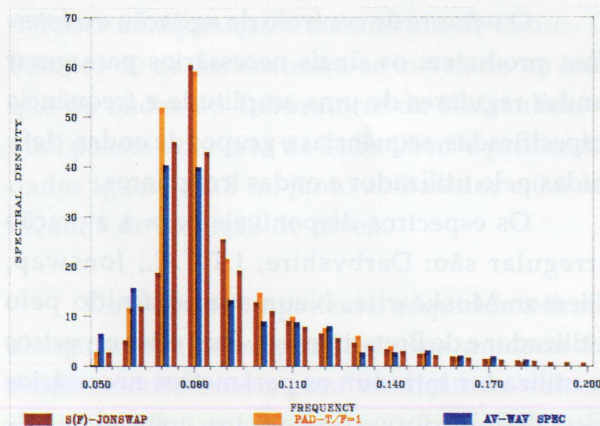


Fig. 6 – Exemplo de um Espectro de Ondas (Espectro Jonswap).

são geradas em testes de modelos reduzidos, pelo que requer a introdução de alguns dados em termos de protótipo, como a escala do modelo, que é depois usada para calcular o factor requerido para gerar as ondas no modelo.

Para o sistema de geração de sinal dispõe-se de:

- Computador COMPAQ 386s, a 40 MHz, com monitor gráfico VGA, incluindo 2 Mb de memória RAM, 40 Mb de memória de disco rígido, drive de 3.5 polegadas para unidades de 1.44 Mb e co-processador matemático, Card AOP-2 DAC, Card pulse counter/timer DPC-10, Impressora Epson FX1050 e Unidade de filtro HR.

3. Sistema de aquisição de dados

3.1. Unidade de aquisição de sinal/sondas hidrodinâmicas

O módulo das sondas hidrodinâmicas é um aparelho simples para a medição dos níveis de água rapidamente variáveis. Opera segundo o princípio da medição da corrente eléctrica entre um par de condutores em arame de aço muito fino, paralelos, parcialmente submersos. A corrente entre esses condutores é proporcional à profundidade submersa, corrente essa que é convertida para uma voltagem proporcional a essa profundidade instantânea (figura 7).

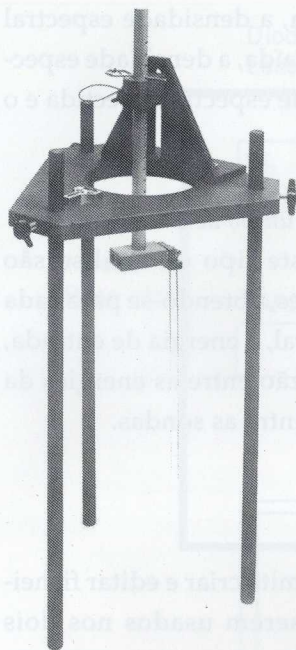


Fig. 7 – Sonda de Níveis Hidrodinâmicos.

A saída dos valores, em voltagem, pode ser calibrada em termos de altura de onda, variando a profundidade de imersão das sondas em águas em repouso, de um certo valor conhecido e anotando a variação na saída do nível do sinal.

Cada módulo de sonda contém os circuitos necessários, para operar com cada sonda e adicionalmente, os circuitos para compensar a resistência do cabo de

ligação das sondas, o que introduziria, de outra forma, alguns erros. Para a aquisição de sinal dispõe-se de:

Computador COMPAQ 386s, a 40 MHz, com monitor gráfico VGA, incluindo 2 Mb de memória RAM, 323 Mb de memória de disco rígido com controlador ESDI a 15 MHz, drive de 3.5 polegadas para unidades de 1.44 Mb e co-processador matemático, Drive de tapes 150/250 Mb, Card AIP-24 ADC, Card pulse counter/timer DPC-10, Impressora Epson FX1050 e Plotter HP 7475.

3.2. Software de análise

3.2.1. Programa WARP

O programa WARP permite analisar sinais analógicos, usando uma técnica de contagem de ondas e apresenta informação estatística selecionada sobre os dados. O programa pode ser usado em casos de testes longos e à análise de dados em tempo real, produzindo resultados em intervalos regulares. É usada a técnica dos zeros descendentes, definindo uma onda entre dois cruzamentos sucessivos descendentes do nível médio do sinal analógico, através da distância vertical

entre a crista mais elevada e a cava mais baixa e o período de zeros descendentes como o intervalo de tempo entre esses dois cruzamentos sucessivos.

Quanto ao sinal, o programa permite analisar as amplitudes negativas e positivas do sinal analógico relativamente ao nível médio. Neste caso a análise apresenta as distribuições dos níveis das cristas (amplitudes positivas) e níveis das cavas (amplitudes negativas). A análise identifica o primeiro zero descendente e subsequentemente os valores máximos e mínimos e nível de cruzamento entre cada cruzamento descendente sucessivo, até que o teste se complete. É também registado o tempo entre dois zeros descendentes consecutivos e o número de zeros descendentes, dados suficientes para obter os dados estatísticos necessários, quer para a altura de onda quer para a amplitude de onda.

Relativamente à saída de resultados, para cada intervalo de tempo (grupo), de duração da parcela do teste (*batch*), é possível obter entre outras, as seguintes informações:

- a) H_MAX – A maior altura de onda obtida.
- b) H_10 – A média do décimo superior das alturas de onda.
- c) H_3 – A média do terço superior das alturas de onda.
- d) H_BAR – A média das alturas de onda.
- e) MIN_VAL – A menor altura de onda ocorrida.
- f) MIN_DISP – A maior cava abaixo do nível de cruzamento.
- g) MAX_VAL – A maior altura de onda ocorrida.
- h) MAX_DISP – A maior crista acima do nível de cruzamento.
- i) MEAN – O valor do nível médio ao fim desse intervalo de tempo, valor usado para o cálculo das alíneas f) e h) (*Running Mean*).
- j) BAT_MEAN – Nível médio desse inter-

valo de tempo, que será igual ou semelhante ao da alínea i).

k) ST_DEV – Valor do desvio padrão da série relativamente ao valor médio (*Running Mean*).

l) T_BAR – Período de onda médio durante o intervalo de tempo.

Para além destes valores médios, máximos e mínimos de cada uma das séries, aparecem no final as médias de todos estes valores, correspondentes às várias séries. O programa permite também obter histogramas de variação de alturas de onda, amplitudes positivas a partir da média (alturas das cristas) e amplitudes negativas a partir da média (profundidades das cavas).

3.2.2. Programa SPEC

É um programa que permite efectuar aquisição e tratamento de dados, nomeadamente a análise espectral de canais individuais e análise de reflexão ou da função de transferência de pares de canais. Para este efeito é necessário existir um ficheiro de calibração das sondas, tal como está descrito na secção 3.2.3.

O elemento base de análise deste programa é o algoritmo da transformada de Fourier, que transforma a série temporal digitalizada num conjunto de estimadores espectrais, que são por sua vez tratados, para produzir a densidade espectral para cada banda de frequências. As densidades espectrais são então usadas para calcular várias funções de frequência para cada canal ou pares de canais.

3.2.2.1. Análise Espectral

Os resultados produzidos por este programa são apresentados em unidades do protótipo, nomeadamente, a densidade espectral, a altura de onda significativa, o período de onda e a largura espectral, para cada canal e para cada banda.

3.2.2.2. Análise da Reflexão

Esta análise produz para o número de bandas seleccionadas, de acordo com as densidades espectrais transversais de um par de canais, a fre-

quência central da banda, a densidade espectral do canal de entrada e de saída, a densidade espectral incidente, a densidade espectral reflectida e o coeficiente de reflexão.

3.2.2.3. Análise da Função de Transferência

Os resultados deste tipo de análise são semelhantes aos anteriores, obtendo-se para cada banda, a frequência central, a energia de entrada, a energia de saída e a razão entre as energias da função de transferência entre as sondas.

3.2.3. Programa CAL

Este programa permite criar e editar ficheiros de calibração para serem usados nos dois programas anteriores. Os programas apresentados anteriormente medem variações digitais usando conversores analógicos para digitais, sendo necessário converter estes sinais para dados com algum significado, substituindo essas leituras digitais através de uma equação de calibração. É esta equação que o programa CAL determina. Os programas WARP e SPEC consideram essa equação como sendo linear, para todas as sondas de acordo com a seguinte expressão:

$$\text{Valor Real} = \text{Factor de Escala} * (\text{Leitura Digital} - \text{Nível Zero})$$

O nível zero é a leitura digital que será obtida a partir dos conversores analógico-digitais (A/D) se o instrumento a ele associado estiver colocado no seu zero absoluto, de acordo com um certo intervalo de voltagem (± 10.0 V, ± 1.0 V ou ± 0.1 V).

Esta calibração pode ser efectuada automaticamente pelo programa, para um dado conjunto de sondas, colocando-as em níveis distintos (pelo menos três pontos) e introduzindo esses valores em unidades do protótipo. O programa executará a aproximação linear a esses pontos para obter a equação de calibração pretendida.

3.3. Unidade de aquisição Laser

O DFLDA (figura 8), é um Anemómetro Laser Doppler compacto, com uma potência de

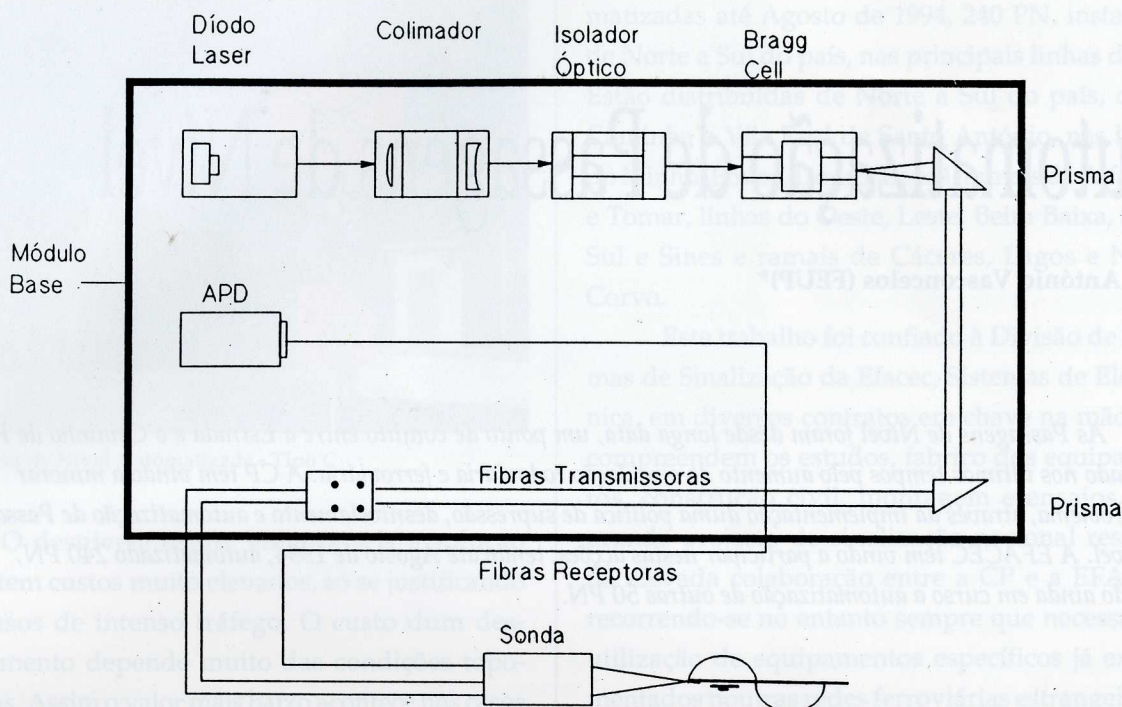


Fig. 8 – Organograma de Funcionamento da Unidade Laser

100 mW, para medições pontuais de velocidades de escoamento. A unidade óptica total mede apenas 500 mm de comprimento e 175 mm de largura e está montada numa caixa fechada. O sistema é altamente optimizado e miniaturizado, o que permite uma fácil e flexível utilização, permitindo obter o respectivo sinal na direcção do feixe laser (*forwardscatter*) ou em sentido contrário (*backscatter*). A sua aplicação, conjuntamente com as sondas de níveis permitirá obter as velocidades instantâneas do escoamento e correlacioná-las com as alturas de onda que a sonda registar nesse mesmo instante.

4. Investigação

Pretende-se, com este equipamento, proceder a estudos dos campos de velocidades nas proximidades de taludes de modelos de quebra-mares submersos, recifes artificiais e praias de diferentes configurações e inclinações. Os campos de velocidades resultarão de interações entre escoamentos oscilatórios de características regulares ou irregulares (espectros-tipo, seqüências e grupos de ondas) com taludes de

estruturas ou praias, sendo correlacionados com os níveis de agitação incidente e local.

Em relação aos escoamentos oscilatórios regulares, serão efectuadas medições dos campos de velocidades para situações susceptíveis de serem calculadas pelas diferentes teorias de onda. Em relação aos escoamentos oscilatórios irregulares será desenvolvida uma metodologia que possibilite obter um modelo de previsão de características relevantes desses campos de velocidades. O equipamento de aquisição de dados a utilizar, sondas de níveis hidrodinâmicos e técnicas de anemometria Laser, permitirão caracterizar, em termos de análise estatística de oscilações, os campos de velocidades.

Os trabalhos de investigação a realizar encontram aplicabilidade em diversos domínios da Protecção Costeira. □

* Engenheiro Civil, Assistente da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Investigador do Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos, Membro da Direcção da Associação EUROCOAST-Portugal.

** Engenheiro Civil, Professor Associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Presidente da Direcção do Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos, Vice-Presidente da Associação EUROCOAST-Portugal.