



4<sup>as</sup> Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária  
Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

## NOVOS PROJECTOS DE MARINAS E PORTOS DE RECREIO EM PORTUGAL E EM ITÁLIA

Lucília Luís<sup>(1)</sup>, Leopoldo Franco<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Consulmar – Projectistas e Consultores, Lda,  
Av. Joaquim António de Aguiar, 27-9º, 1099-062 Lisboa  
lucília.luis@consulmar.pt

<sup>(2)</sup>MODIMAR –Via Monte Zébio, 40, 00195 Roma – Itália  
lfranco@modimar.pt

### Resumo

A comunicação foca as novas abordagens para a elaboração de projectos de marinas e portos de recreio efectuados em Itália e Portugal, realçando as principais diferenças resultantes da prática de engenharia e das condições hidrográficas locais (p.e. ondas de maior comprimento e marés do tipo mesotidal, ao longo da costa Portuguesa e ondas de menor comprimento e marés do tipo microtidal, características do Mediterrâneo).

Para exemplificar com maior clareza algumas das técnicas e soluções mais interessantes e inovadoras conseguidas, que envolvem tanto o planeamento como o dimensionamento de estruturas marítimas (quebra-mares e cais), apresentam-se alguns exemplos de projectos mais recentes de marinas, onde são abordadas as questões hidráulicas, ambientais e de construção.

### 1 - INTRODUÇÃO

A crescente melhoria das condições de vida e de tempos livres dos cidadãos europeus está a incrementar o desenvolvimento do iatismo e consequentemente a procura de novas e modernas infra-estruturas de acostagem e respectivos serviços.

Esta situação verifica-se em países como a Itália e Portugal, onde as boas condições climáticas favorecem a prática de actividades ao ar livre, ao longo de quase todo o ano, nomeadamente a navegação de recreio. Além disso, os portos de recreio existentes não são em número suficiente nem adequadamente equipados nestes países como nalguns países do norte da Europa, tendo surgido, por isso, a proposta de vários projectos novos, embora as restrições administrativas e ambientais existentes atrasem, de um modo geral, a sua concretização. Por outro lado, as localizações mais favoráveis para a realização destas obras foram já utilizadas, donde, estes projectos apresentam novos desafios, com problemas que exigem soluções mais ousadas, principalmente nos aspectos hidráulicos, ambientais e económicos.

Com efeito, a construção de uma marina privada necessita de ser um projecto financeiramente viável, o que pode não ser compatível com as localizações em costa desabrigada, uma vez que, estas podem, eventualmente, exigir a construção de obras de abrigo de custos muito elevados. Para além disso, as infra-estruturas de uma marina dedicada ao recreio náutico exige padrões de construção elevados, boa qualidade da água do mar em bacias bem protegidas, estruturas de protecção baixas com reduzido impacto visual e projectos de arquitectura apelativos que garantam a beleza e conforto tanto a utilizadores como a visitantes.

Os critérios gerais e experiência de projectos de marinas, particularmente as sujeitas às condições do Mediterrâneo encontram-se descritos por Franco and Marconi (1993, 2003),

Franco and Altan (1999), Franco (2004), enquanto que para o projecto de marinas em Portugal utiliza-se a bibliografia internacional da especialidade, com destaque para Tobiasson and Kollmeyer (2000).

Esta comunicação visa apresentar, duma forma abreviada mas abrangente, abordagens actuais de projectos efectuados em dois países latinos, com tradições antigas na navegação, mas com características diferentes tanto ambientais como hidráulicas (especialmente no que se refere à amplitude de maré), e ainda relativamente à experiência de construção, as quais de alguma maneira determinaram diferentes soluções de projecto, em especial nas áreas de engenharia marítima. Para além disso, faz-se uma breve descrição de alguns projectos recentemente desenvolvidos, em ambos os países, por duas empresas semelhantes de engenharia, especializadas nesta área, por forma a esclarecer as novas tendências e comparar os diversos problemas e soluções.

## 2 – PROJECTOS RECENTES DE MARINAS EM PORTUGAL

### 2.1 - Marina de Tróia

A Marina de Tróia, cujo promotor é a IMOAREIA – Sociedade Imobiliária, S.A., foi projectada pela CONSULMAR em 2004, lançada a concurso em 2005, encontrando-se actualmente (Julho de 2005) em fase de apreciação das propostas. Está prevista a sua localização na ponta da restinga de Tróia (Fig.1b)), num troço da orla costeira já virado claramente para o interior do estuário do Rio Sado, ocupando a faixa compreendida entre o antigo cais dos "overcrafts" e o actual cais dos "ferry-boats".



Fig. 1a) - Localização do Estuário do Sado;



Fig. 1b) - Fotografia aérea do estuário do rio Sado.

A área molhada da bacia portuária a criar, destinada ao acesso, manobras e estacionamento da frota de recreio náutico, tem cerca de 2,7 ha (Fig. 2a)), variando as cotas de serviço entre (-2,0/-2,5 m)ZH, na zona mais interior, destinada às embarcações mais pequenas e (-4,0 m)ZH na zona mais próxima do estuário, destinada às embarcações de maior porte.

O abrigo no interior da bacia portuária contra a agitação marítima que penetra no estuário será assegurado através de uma obra de protecção e retenção marginal em taludes de enrocamento, que delimita a bacia portuária a poente, prolongando-se cerca de 25 m para além da linha de margem actual (Fig. 2b)).

Para protecção da bacia portuária contra a agitação gerada pelos ventos locais e pelas manobras dos navios que operam no terminal "ferry", foi prevista a instalação de um quebra-mar flutuante em betão, com 3,80 m de largura e 1,20 m de calado (Fig. 2d)). Com a utilização deste tipo de obra de abrigo, conta-se com a redução na bacia portuária de mais de 60% da agitação que ocorre no exterior, caracterizada por períodos ligeiramente superiores a 2 s.

Prevê-se uma capacidade, em termos de postos de amarração em flutuação, de estacionamento em simultâneo de 184 embarcações com comprimentos que poderão atingir os 20 m. Em situações de congestionamento da doca de recreio ou de emergência, poderá ainda admitir-se o estacionamento de embarcações na face interior do quebra-mar flutuante.

Os passadiços serão guiados por estacas verticais metálicas fixas ao fundo por cravação. Este sistema de guiamento é constituído por estacas de aço com diâmetro de cerca de 500 mm, no guiamento dos passadiços e diâmetro de 300 mm no guiamento dos “fingers” com comprimento superior a 12,0 m. Para a fixação do quebra-mar flutuante está prevista a instalação de poitas e correntes.

A marina não dispõe de infra-estruturas de apoio ao recreio náutico uma vez que estas existem em Setúbal e poderão ser partilhadas.

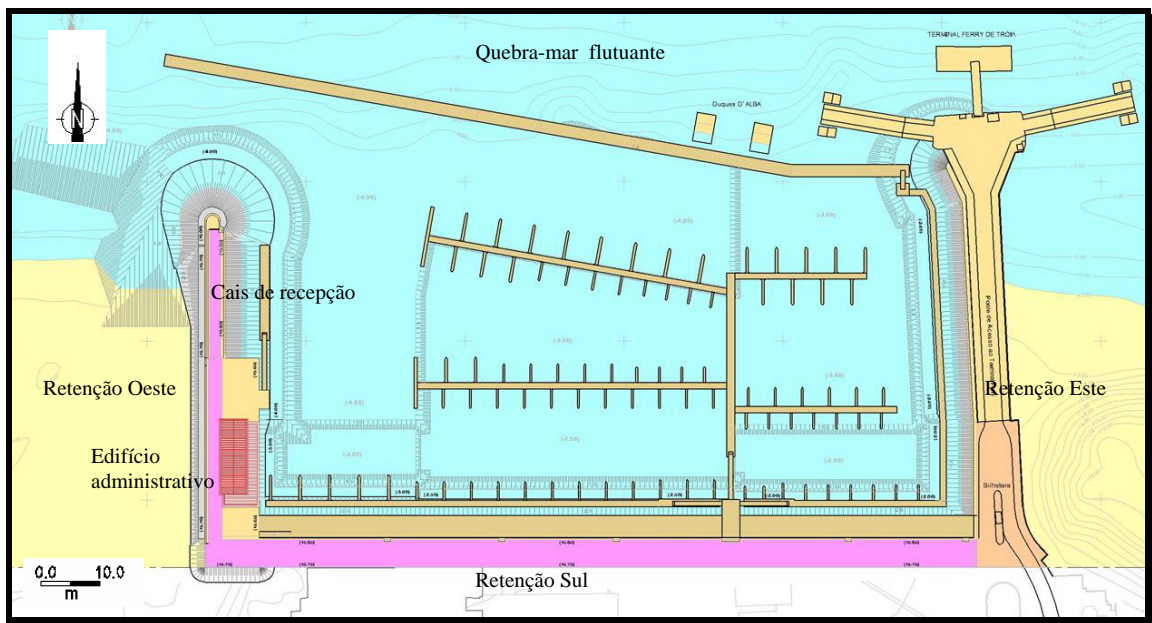


Fig. 2a) - Lay-out da marina de Tróia, Portugal

O tronco das estruturas oeste e este é composto por um núcleo em ToT protegido por um manto de duas camadas de enrocamento de 2 a 5 kN, com taludes a 2:3 (V):(H). Na cabeça, o manto de protecção é constituído por duas camadas de enrocamento de 5 a 10 kN.

Adjacente à retenção marginal oeste situar-se-á a estrutura da Plataforma do Cais, com uma extensão de cerca de 56,0 m, constituída por uma sequência de pórticos transversais afastados entre si de 5,00 m ao eixo, tendo como montantes estacas verticais circulares e destinar-se-á à instalação do edifício administrativo da Marina.

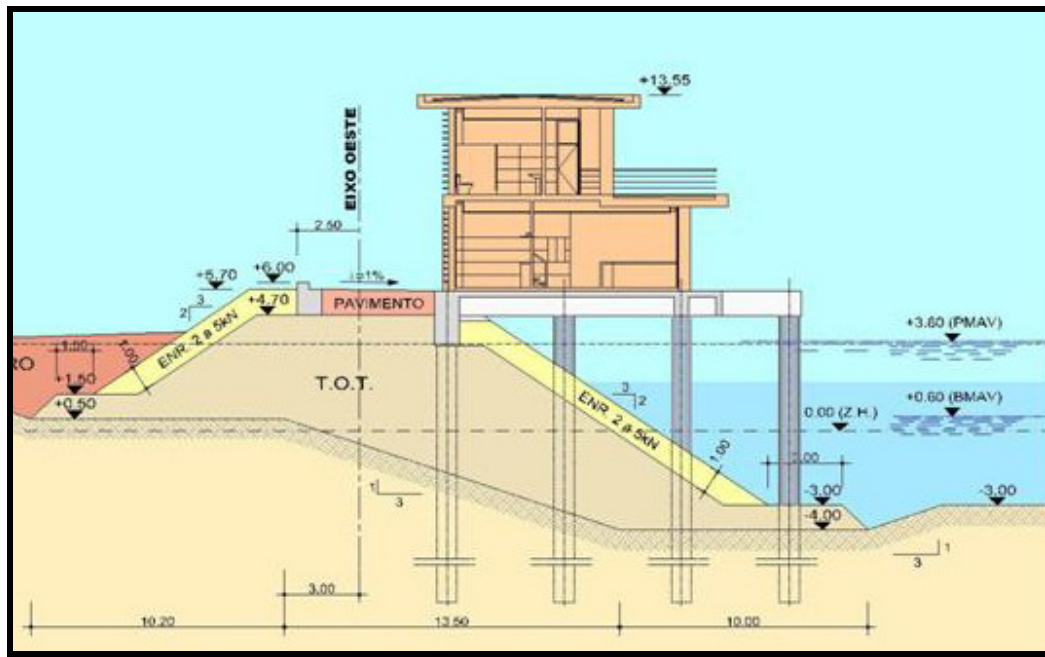


Fig. 2b) - Retenção Marginal Oeste – perfil transversal

A retenção sul tem um comprimento total de cerca de 225 m e é constituída por uma obra mista, com um talude de enrocamento e um “deck” de madeira suportado por uma estrutura metálica, que avança sobre este (Fig. 2c)).

À semelhança das restantes obras que delimitam a bacia, é igualmente formada por um prisma de ToT revestido por um manto de protecção em enrocamento de 2 a 5 kN. A escolha deste tipo de estrutura teve por objectivo reduzir as reflexões das ondas incidentes.

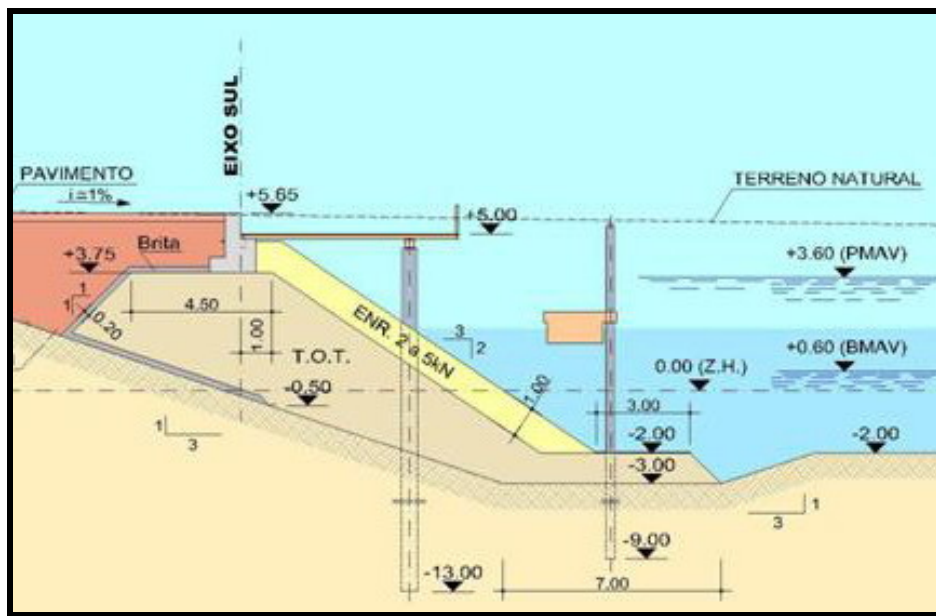


Fig. 2 c) - Retenção Marginal Sul – perfil transversal

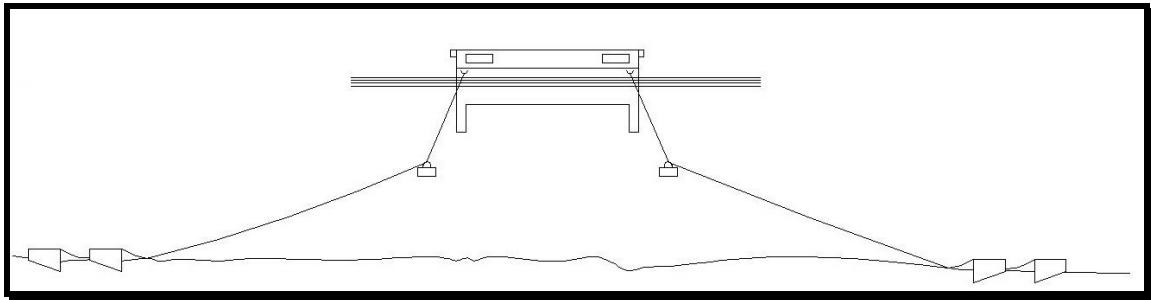


Fig. 2d) - Perfil transversal do quebra-mar flutuante

Os principais agentes presentes no local são o vento, as correntes de maré e fluvial em situações de pluviosidade elevada, a agitação marítima e gerada pelo vento local, para além da resultante da movimentação das embarcações.

Segundo os valores médios anuais do vento medido na estação meteorológica de Setúbal, os rumos mais frequentes, são os provenientes de NW. Estando a entrada da Marina delimitada pelo molhe oeste e pelo quebra-mar flutuante, e ficando esta orientada para W10N e os postos de estacionamento para N-S, verifica-se que as condições de exposição ao vento não são as mais favoráveis. No entanto as acções induzidas pelo vento não são preocupantes uma vez que em termos de intensidade, a velocidade média anual dos ventos apresenta valores baixos, estando os valores correspondentes a todos os rumos englobados no escalão de 0 a 10 km/h (0-6 nós).

As marés na costa portuguesa são do tipo semi-diurno regular, apresentando amplitudes médias da ordem de 2,0 m e máximas próximas de 4 m. Na zona de implantação da marina, apesar de ser no interior do estuário, os valores característicos não diferem muito das marés em costa aberta.

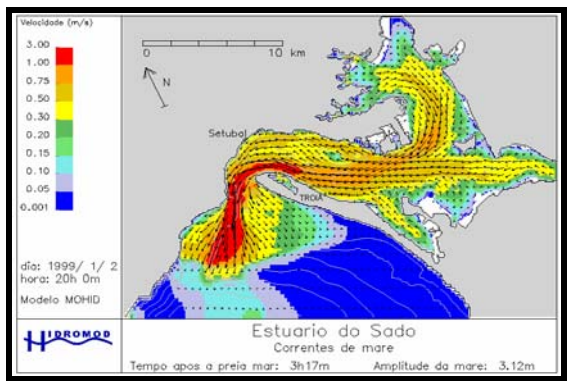


Fig.3a) - Velocidades no modelo geral em vazante de maré viva

No que respeita à acção das correntes, os estudos efectuados com recurso a modelos hidrodinâmicos (Fig. 3) permitiram concluir que as velocidades da corrente que se fazem sentir na fronteira do lado do estuário da nova bacia portuária são as seguintes:

Em marés vivas:

- ♦ Vazante - 0,20/0,30 m/s
- ♦ Enchente - 0,15/0,20 m/s

Em marés mortas:

- ♦ Vazante - 0,10/0,15 m/s
- ♦ Enchente - 0,10/0,15 m/s

No interior da bacia portuária as velocidades são muito reduzidas, não ultrapassando valores de 0,05 m/s na zona de estacionamento das embarcações, quer em enchente quer em vazante e em marés vivas ou mortas, concluindo-se portanto que a sua acção é insignificante.

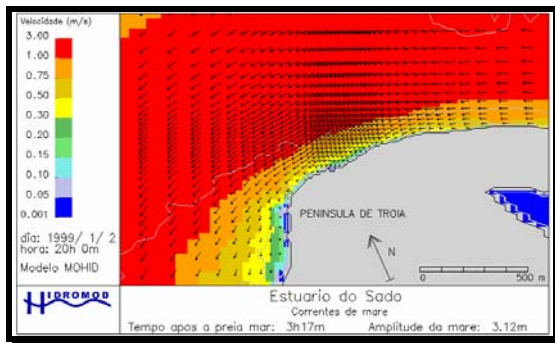


Fig. 3b)- Velocidades no modelo local, na situação actual, em vazante de maré viva;

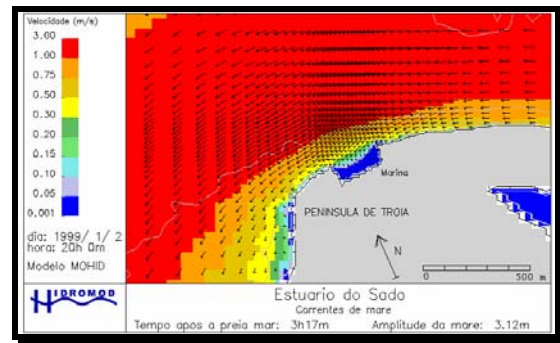


Fig. 3c)- Velocidades no modelo local, com a marina, em vazante de maré viva

Relativamente à agitação marítima proveniente do largo, segundo os resultados das simulações em modelo matemático, esta, no exterior da bacia portuária não ultrapassa um valor máximo de  $H_s=0,50$  m, para os rumos mais desfavoráveis que penetram no estuário. Relativamente à agitação que pode ser gerada localmente pelos ventos, constatou-se que para os rumos mais frequentes de actuação dos ventos (NW e N) e valores de vento com probabilidade de ocorrência significativa (30 km/h=18 nós), a agitação não deverá ultrapassar valores de altura de onda da ordem de  $H_s=0,40$  m, com períodos pouco superiores a  $T_s= 2$  s.

Uma das particularidades desta marina reside no facto de a mesma se implantar na extremidade de uma península que, do ponto de vista sedimentar, é geralmente um troço de costa instável, não sendo por isso considerado um local apropriado para a implantação de obras marítimas. No entanto, a Marina de Tróia encontra-se implantada no troço já virado para o interior do estuário e numa zona cujos estudos de dinâmica costeira levados a cabo no âmbito do EIA e em paralelo com o Projecto Base demonstraram que a zona em causa tem um transporte de sedimentos pouco activo.

O troço litoral sobre o qual incidiu o estudo de dinâmica costeira corresponde ao fragmento Norte de um extenso trecho que se desenvolve entre a ponta de Tróia e o cabo de Sines. Para a quantificação da evolução da linha de costa e volumetria de fontes sedimentares, foi efectuada a análise cartográfica comparativa e fotointerpretação. A caracterização textural dos sedimentos superficiais foi realizada com recurso a análises laboratoriais dos materiais recolhidos em campanhas de amostragem sazonais. Para a caracterização do sistema praia/duna embrionária foi realizado um levantamento topográfico por estereofotorestituição seguido da elaboração de um modelo digital do terreno e sequente análise morfológica da superfície. Foram ainda monitorizadas 15 secções do sistema, com levantamentos topográficos para obter os valores da variação volumétrica de cada local. A monitorização dos volumes de sedimento transportado pelo vento na zona norte de Tróia foi realizada através do controlo das variáveis potenciadoras e inibidoras do transporte sólido eólico, ao longo de um intervalo superior a um ano.

Além de se ter verificado que se trata de um troço de costa com um transporte de sedimentos pouco activo, os sedimentos do estuário do Sado são predominantemente arenosos, sendo no local de implantação da marina constituídos por areia mais grosseira (média granulométrica  $\phi=1$  a 2). O transporte aluvionar deste tipo de sedimento efectua-se por arrastamento quando a velocidade das correntes ou agitação têm capacidade de transporte real para o processar. Não é o que se verifica neste local, uma vez que as correntes estimadas junto à margem não excedem 0,20 a 0,30 m/s, enquanto a agitação não ultrapassa  $H_s=0,50$  m.

A bacia é conseguida à custa de dragagens (190 000 m<sup>3</sup>) na zona mais recuada, beneficiando dos fundos naturais na zona mais avançada. A necessidade de criar a bacia portuária à custa do recuo da linha de margem cria uma situação localizada de instabilidade hidromorfológica. Para obviar esta situação tornou-se necessário fixar as margens com obras de retenção marginal que se estima terem capacidade para reter cerca de 10 000 m<sup>3</sup> cada.

O projecto prevê também um sistema de transposição artificial de areias para assegurar a continuidade do transporte litoral sem assoreamento da bacia portuária, por recurso à

execução de dragagens periódicas a efectuar nas bacias de retenção criadas pelos troços avançados das obras de fixação e retenção marginal. A periodicidade destas dragagens e a fixação exacta dos volumes a dragar e dos locais de deposição dos materiais dragados, será definida com base nos resultados a extrair da implementação de um Programa de Monitorização a estabelecer, que permita conhecer com rigor a evolução do troço de costa influenciado pelas obras da marina, após a sua construção.

Esta obra foi avaliada em cerca de 5 M€, correspondendo cerca de 0,65 M€ aos trabalhos de dragagem de construção e primeiro estabelecimento, 1,1 M€ ao equipamento flutuante e o restante para as obras de delimitação da bacia e edifício de recepção e controlo.

## 2.2 - Marina da Barra de Aveiro

O empreendimento da Marina da Barra, cujo promotor é a Sociedade de Desenvolvimento e Exploração da Marina da Barra, foi projectado pela CONSULMAR em 2001 e, na presente data, (Julho 2005) ainda não dispõem de aprovação ambiental. Situa-se no braço da Ria de Aveiro, designado Canal de Mira, no concelho de Ílhavo, em zona adjacente à povoação da Barra e ao longo da margem esquerda do canal de Mira, na margem oposta ao Sector de Pesca Costeira (Fig. 4a) e b)). A área de implantação prevista é de aproximadamente 58 ha, destinando-se 37% desta área, a área molhada.



Fig. 4a) - Localização da Ria se Aveiro;



Fig. 4b) - Fotografia aérea do local de implantação da marina

A configuração geral do projecto, originada no conceito do “Nautilus – Uma forma geradora” propõe uma concepção que se adapta à área afectada à concessão, irradiando para planos de terra – ilhotas – e planos de água – canais entre ilhotas e bacias portuárias - concentrando a área terrestre a sul e uma área consagrada às actividades náuticas, incluindo os respectivos equipamentos, serviços, comércio e hotelaria, a norte.

A zona habitacional (Fig. 5) é recortada por vários canais formando ilhotas que se ligam entre si através de pontes. No ceio desta zona destaca-se um espaço de lazer designado de Praça de Água, o qual é acedido através de vários canais radiais. Na Zona NE do empreendimento localizam-se as bacias de estacionamento destinadas a servir uma frota de 858 embarcações.



Fig. 5 - Vista geral da marina

Duas interiores destinadas à frota local, com menores exigências de tirante de água, acessíveis através do canal interior que separa a ilha do núcleo urbano da Barra e uma exterior destinada às embarcações de maior calado, nomeadamente as de passagem, com acesso directo ao canal de Mira. É nesta zona também que se situam as instalações terrestres e infra-estruturas marítimas de apoio ao recreio náutico.

As bacias de estacionamento são protegidas da agitação resultante dos ventos locais e da passagem das embarcações por duas obras de protecção distintas. Uma fixa e outra móvel materializadas por um esporão e por um quebra-mar flutuante, respectivamente. A primeira com orientação NW-SE limita a bacia interior nascente e poente. Estas bacias são separadas por um travessão que serve de apoio aos acessos dos passadiços. A segunda com orientação WS-NE e abertura a NE protege a bacia exterior. Estas bacias ocupam uma área molhada total de aproximadamente 108 ha distribuindo-se conforme se indica: Bacia interior poente - 27 ha; Bacia interior nascente - 24 ha; Bacia exterior - 57 ha.

Os aterros que constituem as ilhotas são contidos por obras de retenção marginal de taludes ou verticais (Fig. 6) que contornam a área molhada. Cada ilhota pode ser acedida por via terrestre ou por via marítima, através de pontes que fazem a ligação entre si e através de estruturas de atracação flutuantes.

As infra-estruturas destinadas ao recreio náutico incluem, além das bacias de estacionamento, uma zona de serviço composta por um cais, uma doca de pórtico e uma rampa varadouro, obras de abrigo onde se inclui um esporão e um quebra-mar flutuante, e estruturas flutuantes de acesso, nomeadamente o cais de recepção, o cais turístico e o cais de abastecimento e recolha de esgotos.

A zona de serviços além das infra-estruturas marítimas tem previsto também infra-estruturas terrestres, entre elas oficinas, armazéns de palamenta, serviços de limpeza, instalações comerciais de embarcações e aprestos, silos de embarcações, edifícios de apoio, segurança e bombeiros, serviços de exploração e autoridades, associações e parque de embarcações.



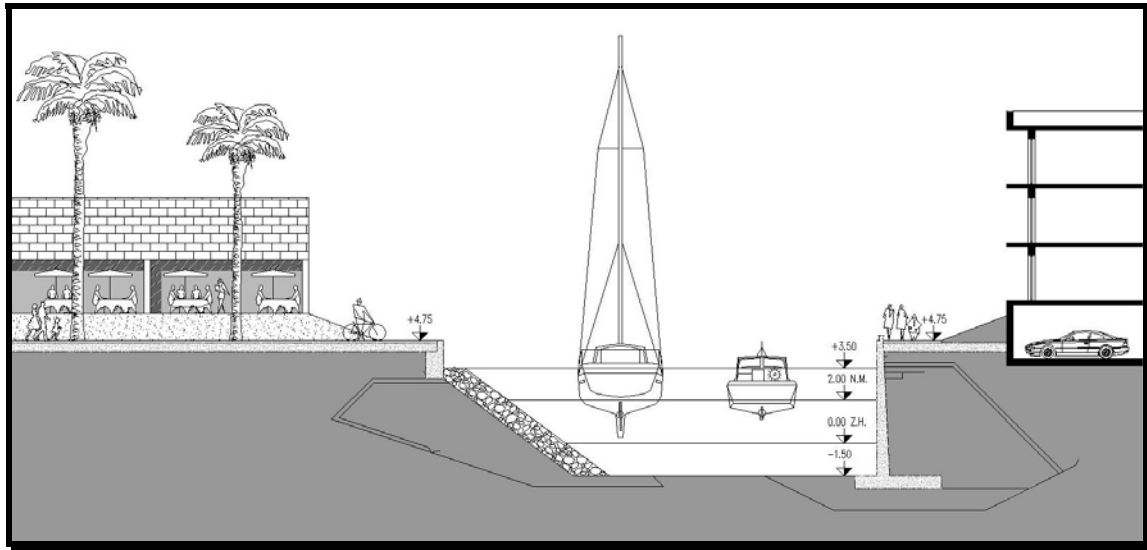


Fig. 6 – Perfil tipo das obras de retenção marginal

A contornar o perímetro da ilha será dragado um canal de acesso às bacias de estacionamento, canais interiores e praça de água, com fundos de serviço compatíveis com a classe de embarcações a servir. Os fundos de serviço dos canais foram estabelecidos em função da importância em termos de acesso de cada um e foram concebidos para serem navegáveis em função dos níveis de maré.

São diversas as estruturas flutuantes a instalar em toda a área do empreendimento. Distinguem-se três tipos diferentes consoante a função que desempenham: Quebra-mar flutuante cuja função é proporcionar abrigo à bacia de estacionamento exterior. Postos de estacionamento flutuantes cujo função é permitir o estacionamento e permanência das embarcações. E os cais cuja função é permitir a acostagem de embarcações. Entre eles distinguem-se o cais de recepção, turístico, de abastecimento e recolha de esgotos, de acesso ao hotel de Água e os de acesso às habitações das ilhotas.

O quebra-mar flutuante encontra-se implantado do lado SE do empreendimento, com uma orientação SW-NE e apresenta um comprimento total de aproximadamente 255,0 m.

Os postos de estacionamento flutuantes encontram-se distribuídos por quatro bacias de estacionamento; bacia interior poente, bacia interior nascente, bacia exterior e Praça de Água. A capacidade de estacionamento simultâneo destas bacias, em termos de postos de amarração em flutuação, apresenta a seguinte distribuição por classes de comprimento:

TAB.1 - ESTRUTURA DA FROTA A SERVIR

Classe	Compr.	Doca int. Nasc.	Doca int. poente	Total parcial	Doca exterior	Distribuição	Total	Distribuição
I	< 6	0	112	112	0	0,0	112	13,3
II	6 a 8	0	92	92	146	37,5	238	27,7
III	8 a 10	79	42	121	90	23,1	211	24,6
IV	10 a 12	34	32	66	90	23,1	156	18,2
V	12 a 15	49	29	78	0	0,0	78	9,1
VI	15 a 18	0	0	0	46	11,8	46	5,4
VII	18 a 25	0	0	0	13	3,3	13	1,5
VIII	> 25	0	0	0	4	1,0	4	0,5
TOTAL		162	307	469	389	100,0	858	100,0

Os cais de acostagem distribuem-se por todo o empreendimento, onde está prevista a instalação de pequenos cais ao longo dos vários canais que envolvem as ilhotas. A função destes cais é permitir a acostagem de embarcações e acesso às moradias por via marítimo-fluvial. Entre estes cais encontra-se também o cais de acesso ao hotel de Água. Os cais de serviço distribuem-se por três zonas distintas. O cais de recepção localiza-se à entrada



## 4<sup>as</sup> Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

da marina, imediatamente antes da entrada da bacia exterior. Ainda à entrada da marina, mas mais para norte localiza-se o cais de abastecimento e recolha de esgotos. A oeste, no topo do travessão que separa a bacia poente da bacia nascente, localiza-se o cais turístico.

Também neste caso os passadiços serão guiados por estacas verticais metálicas fixas ao fundo por cravação. O sistema de fixação do quebra-mar consistirá em poitas e correntes ligadas às extremidades de cada um dos módulos.

Todo empreendimento irá resultar da criação de uma ilha a construir num espaço a conquistar ao Canal de Mira. A construção desta ilha irá ser feita numa área cujas cotas de fundo variam entre (-2,0 m)ZH e (+4,0 m)ZH, tratando-se de uma área, na sua quase totalidade, alagável. Desta forma terá que ser executado um aterro que irá preencher este espaço com material proveniente das dragagens, até à cota de projecto (+4,75 m)ZH. Estes aterros serão executados à custa do material resultante das dragagens, cujo volume foi estimado em 700 000 m<sup>3</sup>. As operações de dragagem e aterro decorrerão em simultâneo, já que são resultado uma da outra. As dragagens serão efectuadas por dragas de sucção que fazem a repulsão directa dos materiais para formação das ilhotas.

Implantada no interior de uma ria, a marina encontra-se protegida da agitação marítima, estando sujeita apenas aos seguintes agentes: vento, marés, correntes e agitação gerada localmente pelos ventos.

No que se refere ao vento, as direcções que apresentam maior frequência são a de N e a de NW. Nos meses de Verão verifica-se a predominância dos ventos de N. Também os ventos de NW apresentam frequência elevada neste período do ano enquanto os ventos dos quadrantes S e E, apresentam maior frequência nos meses de Inverno. Quanto às velocidades dos ventos, registam-se os maiores valores nos quadrantes S (22,5km/h) e SW (21,7km/h), seguindo-se os quadrantes NW e N, com 18,6 km/h e 18,2 km/h, respectivamente.

Conforme já referido as marés na costa portuguesa são do tipo semi-diurno regular, apresentando amplitudes médias da ordem de 2,0 m e máximas próximas de 4 m. À entrada do Porto de Aveiro os valores da amplitude da maré apresentados são menores dos que os verificados em costa aberta e resultam do efeito da configuração e profundidade dos baixios da barra. A melhoria das condições de acesso ao porto, nomeadamente construção do prolongamento do molhe, abertura e manutenção de um canal dragado e regularização do troço terminal da Ria, beneficiou a penetração da maré com reflexo no aumento das amplitudes.

Foi avaliada a hidrodinâmica (correntes e níveis de maré) no Canal de Mira antes e após a construção da Marina da Barra, utilizando o modelo hidrodinâmico da Ria de Aveiro. Estudou-se também a circulação de água no interior dos canais da Marina e avaliou-se a renovação de água no seu interior. Para o efeito foi utilizado o sistema de modelos MOHID, com o qual foi possível simular a hidrodinâmica de toda a Ria de Aveiro e também construir um modelo local para simular apenas a zona próxima e no interior da Marina (Fig. 7). Estes estudos demonstraram que as correntes junto ao local de implantação da marina são fracas atingindo velocidades que não excedem os 0,75 m/s na vazante e 0,5 m/s na enchente e que a construção da marina vai conduzir a uma ligeira diminuição das velocidades resultante do aumento da secção de vazão originada pelas dragagens. Verificou-se também que, apesar de nalguns pontos do interior dos canais da marina as correntes serem muito fracas (Fig.7) a renovação da água é sempre garantida.

A agitação que se pode verificar na zona de implantação da Marina tem origem no vento local actuando sobre a superfície da água, dado que a agitação marítima exterior, que penetra através da entrada do porto, não consegue atingir o local com altura sensível. Tendo em conta a configuração e orientação do canal de Mira, só os ventos do sector S poderão provocar agitação. Dada a pequena largura do canal e a sua reduzida profundidade a altura significativa das ondas geradas não deverá ultrapassar  $H_s=0,6$  m. Para garantir a tranquilidade dentro da bacia de estacionamento conta-se com a dissipação de energia provocada pelas estruturas fixas e flutuantes previstas, assegurando-se desta forma que no interior da bacia a agitação não ultrapasse valores da ordem de 0,30 a 0,40 m de altura significativa, mesmo em situações extremas de temporal com elevado período de retorno.

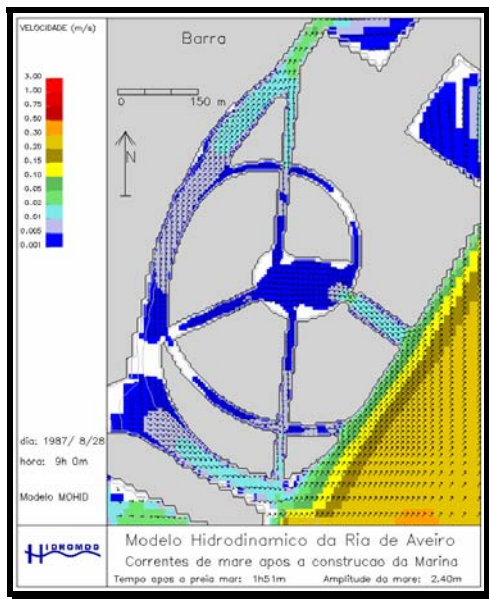


Fig. 7a) - Detalhe das correntes de maré na Marina - Modelo local – Início da vazante

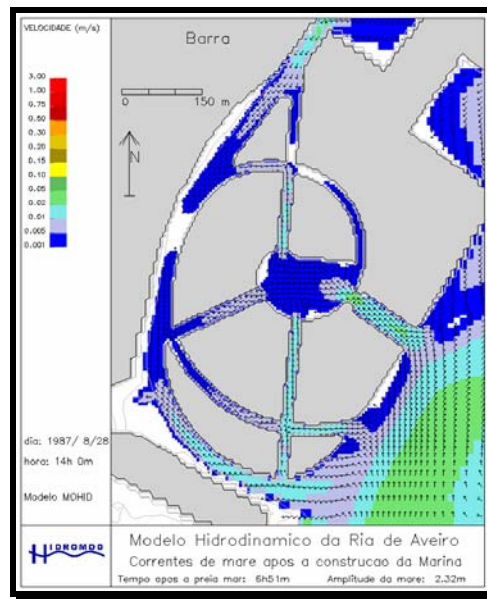


Fig. 7b) - Detalhe das correntes de maré na Marina - Modelo local – Início da Enchente

Este empreendimento foi estimado em cerca de 42 M€ (só infra-estruturas), correspondendo cerca de 6,9 M€ a movimento de terras para formação das ilhas e 5,6 M€ para instalação de equipamento flutuante.

### 2.3 - Ampliação do Porto de Recreio de Ponta Delgada

O projecto do Terminal Marítimo e Reestruturação da Avenida Marginal, cuja entidade preponente é a APISM – Administração dos Portos das Ilhas de S. Miguel e S. Maria, S.A., foi desenvolvido pela CONSULMAR em 2004 e encontra-se ainda (Julho de 2005) em fase de apreciação pelo Dono de Obra. Tem a sua localização prevista na bacia portuária do porto de Ponta Delgada. Este porto fica situado na costa sul da Ilha de S. Miguel (Açores), numa baía junto à cidade, ao qual o molhe existente, com aproximadamente 1 550 m de comprimento, confere abrigo para os temporais oriundos de rumos locais de SW e S. O porto dispõem de várias estruturas, nomeadamente 1200 m de cais multiusos, sector da pesca e porto de recreio.



Fig. 8a) - Localização de Ponta Delgada – Ilha de S. Miguel (Açores)

O conjunto das infra-estruturas portuárias do novo terminal, destinado principalmente a servir o tráfego resultante dos cruzeiros turísticos e das ligações inter-ilhas será constituído por um Terminal de Cruzeiros, um Terminal Inter-Ilhas e um novo Núcleo de Recreio Náutico.

O plano de água destinado ao novo núcleo náutico situa-se a oeste do actual e é separado deste pelo Terminal de Cruzeiros, o qual lhe confere abrigo da agitação residual que penetra no interior da bacia portuária (Fig. 8). Pretende-se com a criação do núcleo náutico fazer face às necessidades de estacionamento resultante do aumento da frota de embarcações de recreio, que o actual núcleo não tem capacidade para acomodar.

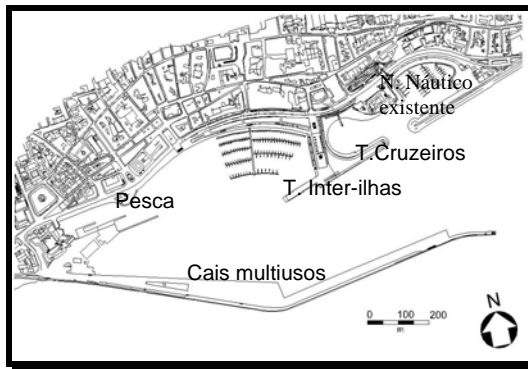


Fig. 8b) - Porto de Ponta Delgada;

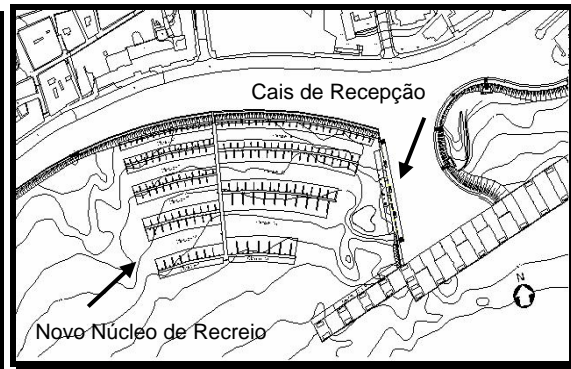


Fig. 8c) - Novo núcleo de recreio náutico.

Para além da ampliação do número de postos de acostagem, está prevista também a instalação de um cais de recepção e a construção de estruturas de apoio, nomeadamente instalações sanitárias e balneários. As restantes infra-estruturas de apoio ao recreio náutico (cais, rampa varadouro, pórtico de alagem, etc.) existem no actual núcleo e serão partilhadas pelos utentes do novo núcleo náutico.

O acesso às embarcações faz-se pela Avenida Marginal, através de uma ponte que processa a ligação entre esta e as estruturas flutuantes. Os passadiços de amarração dispõem-se em arcos concêntricos com desenvolvimento paralelo à Avenida, cujo comprimento decresce à medida que se avança de terra para o plano de água, e são interligados por um passadiço de distribuição implantado a eixo destes.

Os postos de estacionamento localizados a poente do passadiço de distribuição destinam-se às embarcações dos residentes, enquanto os postos de estacionamento localizados a nascente destinam-se às embarcações dos visitantes. Esta distribuição resulta da necessidade de proporcionar melhores condições de tranquilidade aos utentes que permanecem nas embarcações, condições estas que se verificam no plano de água mais interior da bacia de estacionamento.

Os postos destinados às embarcações de maior porte ficarão localizados próximo da entrada e na zona mais avançada da bacia, para maior facilidade e segurança nas manobras de amarração e largada dos postos, ficando mais próximo de terra os postos destinados às embarcações mais pequenas. As profundidades em presença nesta área da bacia são suficientes para efeitos de navegação, não sendo por isso necessário efectuar dragagens, à excepção de uma pequena área no extremo norte junto ao cais de recepção.

A este dos postos de estacionamento em flutuação, aderente ao cais poente, implanta-se o cais recepção, também este flutuante, que para além da função principal, se destina à atracação de embarcações de maior porte (superior a 18 m) e emblemáticas (navios-escola, oceanográficos, etc.). Embarcações desta natureza poderão também acostar no intradorso do Terminal Inter-Ilhas, quando as condições de agitação o permitam.

A capacidade de estacionamento em termos de postos de amarração em flutuação é de cerca de 390 embarcações com comprimentos que podem atingir os 30 m.

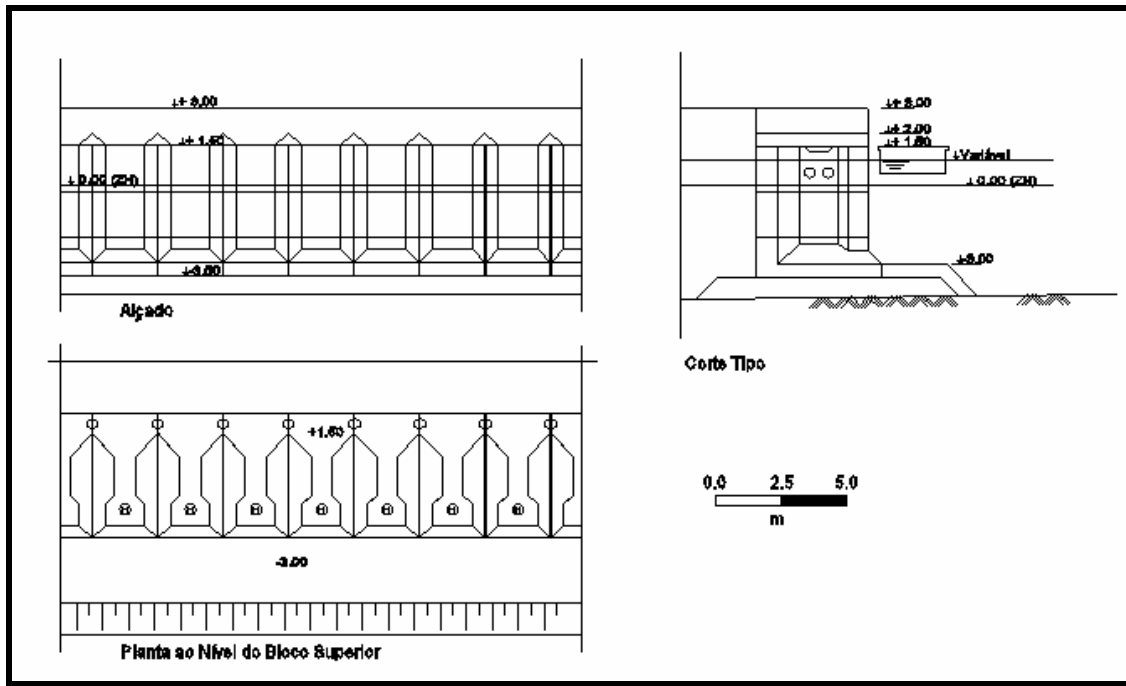


Fig. 9 – Cais de Recepção – Passadiço flutuante aderente a um cais em blocos NOREF

A bacia é delimitada a norte por uma retenção de taludes de enrocamento, a nascente por um cais de gravidade perfurado tipo NOREF (Fig. 9) e a sul pela estrutura do terminal inter-ilhas formado por uma estrutura descontínua em pilares de caixotões perfurados. Tratam-se de estruturas todas elas pouco reflectoras para garantir os níveis de tranquilidade necessários dentro da bacia de estacionamento.

Os principais agentes presentes no local são o vento e agitação oceânica residual que incide sobre o porto e penetra no interior da bacia portuária. Segundo o Roteiro da Costa de Portugal – Arquipélago dos Açores, o porto de Ponta Delgada proporciona sempre bom abrigo quando o vento sopra de terra. Os ventos predominantes são os de SW, que em regra sopram de Janeiro a Março e os de NE, que sopram nos restantes meses. Com ventos do quadrante de S, a permanência no porto exige o reforço das amarrações dos navios atracados e a adopção das medidas convenientes para a segurança dos navios fundeados.

As marés no Arquipélago dos Açores são do tipo semi-diurno regular, apresentando amplitudes médias da ordem de 1,0 m e as máximas próximas de 1,9 m.

No que se refere às correntes, segundo o Instituto Hidrográfico, no exterior do porto, as mesmas, que regra geral não excedem 0,5 m/s, na vazante correm para W e na enchente para E, paralelamente à costa. No interior do porto não se fazem sentir.

Para a caracterização das condições exibidas pela agitação marítima no interior do Porto recorreu-se a modelação matemática (sistema MOHID), tendo-se verificado que na área de implantação da marina índices de agitação muito reduzidos e não são de esperar alturas de onda significativa superior a 0,30m (Fig. 10). Este estudo foi complementado com ensaios em modelo físico reduzido tendo-se verificado a concordância dos valores médios obtidos.

O cálculo simplificado e conservativo das alturas de vaga geradas pelos valores máximos destes ventos, na bacia de flutuação da nova Marina, considerando um *fetch* de 700 m, sobre uma profundidade constante e igual a 7 m, forneceu alturas com valores inferiores a  $H_s = 0,3$  m.

A criação desta bacia de estacionamento foi estimada em 5,5 M€, repartindo-se 2 M€ pela instalação do equipamento flutuante, 0,9 M€ pela construção do cais de recepção formado por uma estrutura de gravidade em blocos NOREF e 2,6 M€ pela retenção poente constituída por um talude de enrocamento.

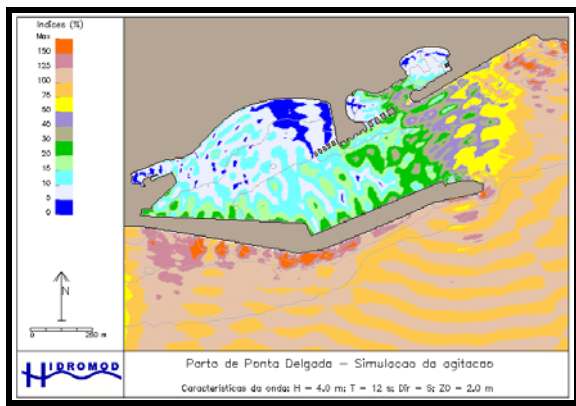


Fig. 10a) - Índices de agitação para uma onda de 4 m e 12 s proveniente de S.



Fig. 10b) - Índices de agitação para uma onda de 4 m e 12 s proveniente de SE.

### 3 - NOVAS MARINAS EM ITÁLIA

#### 3.1 - Porto de Roma-Ostia

O novo porto de iates de Roma (com 800 postos), foi projectado pela MODIMAR em 1998 e construído em 1999-2000 ao longo da costa arenosa e erodida de Ostia. Situa-se a cerca de 25 km de Roma, a sudoeste da entrada principal do rio Tibre, em frente ao mar Tirreno, na parte central de Itália (ver localização no mapa da Fig. 11).

Uma descrição completa dos vários aspectos de projecto e construção é apresentada em MODIMAR-GLF(2002). Esta obra custou aproximadamente de 32 M€, correspondendo cerca de metade às obras marítimas e a outra metade às estruturas terrestres (torre de controle, restaurantes e lojas, etc.)

O porto, embora implantado em costa aberta, localiza-se a este do delta do rio e tem uma forma alongada para que a interferência na dinâmica litoral local seja reduzida. É protegido por dois quebra-mares de taludes (o quebra-mar oeste com cerca de 600 m de comprimento, e o este com cerca de 700 m), que convergem directamente para uma entrada central dando origem a um anteporto em forma de elipse (2 ha de área) com fundos variáveis até (-5,0 m)NM (Fig. 11).

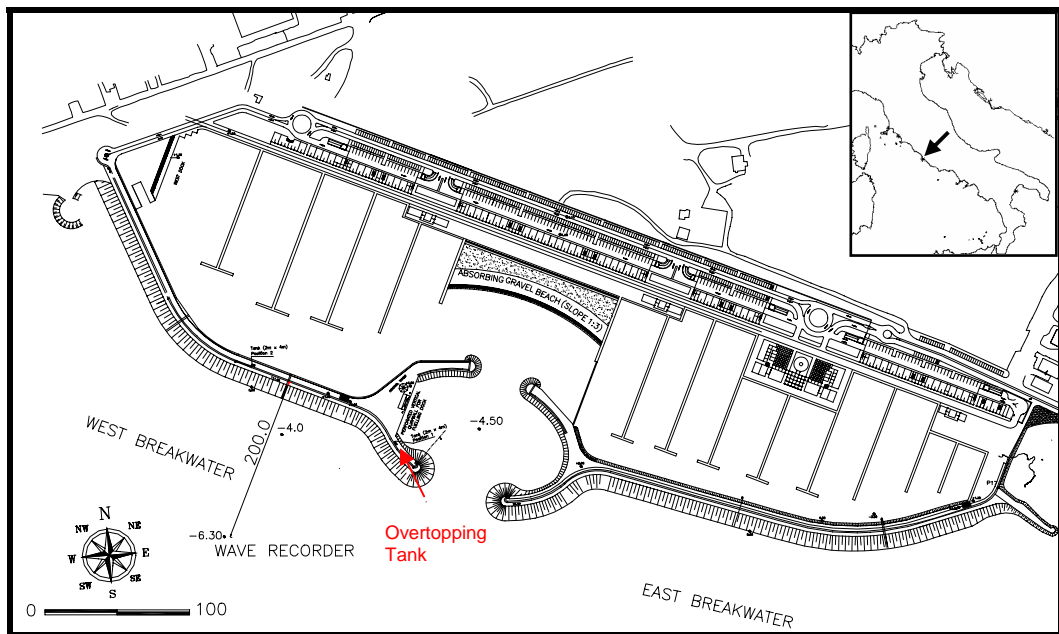


Fig. 11 - Planta do Porto de Recreio de Ostia (Roma, Itália)

Com o objectivo de absorver a energia das ondas que penetram na bacia portuária, foi criada, dentro do porto, mesmo em frente à entrada, uma praia com 180 m de extensão, de burgau (diâmetro médio 10 mm), inclinação de 1:3, contida por uma estrutura submersa. Tem duas bacias laterais de estacionamento, com uma área de 7 ha cada, e profundidades de 4,5 m (bacia oeste) para barcos de maior porte até 60 m e profundidades de 3,5 m (bacia este) para barcos de porte médio-pequeno.

Este original lay-out, aproximadamente simétrico, com uma entrada central exposta, foi escolhido entre múltiplas soluções alternativas por forma a permitir: fácil manobra/navegação das embarcações na entrada e ao longo dos pouco extensos acessos internos; reduzir a penetração das ondas; reduzir problemas de assoreamento. O depósito de areia que inevitavelmente ocorre em volta das cabeças (principalmente da cabeça oeste), fora do canal central de acesso bem como as operações de dragagem de manutenção no porto exterior, (cerca de 15 000 m<sup>3</sup>/ano) não interferem com a navegação.

A amplitude de maré no local é bastante pequena (0,4 m); os fundos naturais na entrada e na zona de implantação dos quebra-mares é de cerca de (-4,0 m)NM; as ondas no pé da estrutura têm uma altura limitada pelos fundos e são originadas predominantemente no sector 240-250ºN com alturas significativas extremas ao largo de cerca de 7 m com períodos de pico de 11 s.

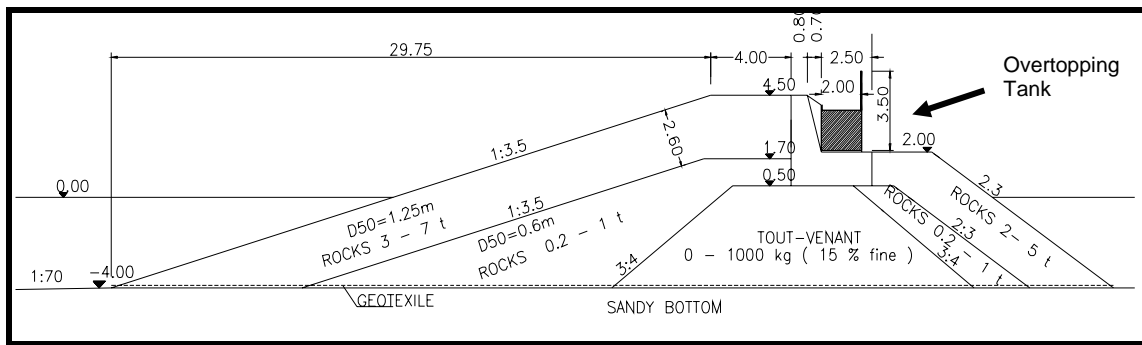


Fig. 12a) – Perfil do quebra-mar oeste (extensão correspondente ao anteporto) do porto de recreio de Roma-Ostia

O perfil dos quebra-mares de taludes foi escolhido de modo a minimizar os impactes económico e ambientais. Em particular, o nível superior da estrutura do muro cortina foi fixado a uma altura não muito elevada de (+4,5 m)NM, por forma a reduzir o impacto visual. O declive médio do enrocamento de protecção do lado do mar é 1:3,5 (V:H), para melhorar a estabilidade e reduzir o galgamento (Fig. 12 a) e Fig. 14).

Foi estabelecido com sucesso um programa de monitorização (2003-4) de galgamentos, no âmbito do projecto de investigação europeu CLASH, recorrendo à instalação de um tanque em aço localizado próximo da extremidade do quebra-mar oeste. Efectuaram-se 500 medições de eventos/volumes de galgamentos moderados, cobrindo sete tempestades e a sua subsequente reprodução em modelos hidráulicos de 2D e 3D, com o fim de estudar efeitos de escala desconhecidos (Briganti et al. 2005).

No intradorso do quebra-mar oeste (o único acostável e apenas na extensão compreendida entre o enraizamento e as estruturas que formam o anteporto) implanta-se um muro-cais constituído por aduelas de betão armado de (3 x 5 m) que, em comparação com os muro-cais tradicionais de blocos maciços, apresenta a vantagem de maior rapidez e precisão na construção, com maior facilidade de colocação. Ao longo do bordo oeste do anteporto foram colocados caixões perfurados para permitir a absorção da energia das ondas incidentes e um cais vertical para abastecimento de combustível.

Os postos para amarração são fixos, constituídos por plataformas em betão armado, (de dimensão 10-12 m de comprimento por 2,5-3 m de largura), suportadas por estacas de betão armado (500 mm de diâmetro e 12-13,5 m de comprimento), cravadas. A face inferior da

plataforma encontra-se a cotas pouco elevadas (+0,2 m)NM por forma a reduzir a propagação das ondas e evitar que as embarcações de menores dimensões fiquem presas sob a estrutura.

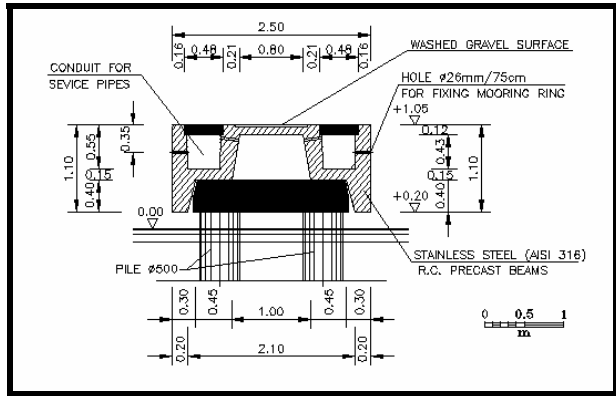


Fig. 12b) – Secção tipo de uma ponte-cais

Um aspecto técnico inovador é o uso de armaduras em aço inoxidável para reforçar as vulneráveis plataformas, em betão, relativamente finas. As armaduras em aço com baixo teor de carbono (AISI316L) têm um custo três vezes superior ao das armaduras tradicionais, mas são plenamente eficazes contra a corrosão, resultando numa economia relevante dos custos de manutenção da estrutura (Fig. 12b)).

O projecto foi suportado por diversos estudos hidráulicos com modelos numéricos (propagação e penetração das ondas, circulação da água, impacto morfológico). A renovação da água nas bacias semi-fechadas é melhorada pelo bombeamento da água do mar exterior através de quatro tubos que atravessam os dois quebra-mares. Na Fig. 13 apresenta-se um exemplo de simulação numérica com modelo hidrodinâmico.

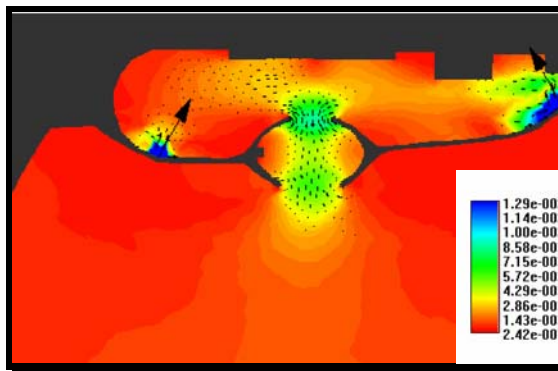


Fig. 13 – Modelo hidrodinâmico de circulação forçada



Fig. 14 – Vista aérea da marina de Roma – Ostia logo após a conclusão em 2001

### 3.2 - Marina de Salivoli

Um pequeno grupo de praticantes de náutica de recreio financiou o projecto elaborado pela MODIMAR (1993-1998) e a construção (2000) do novo porto de recreio para 450 barcos de 6 a 15 m de porte, em Salivoli, uma pequena localidade perto de Piombino (Toscânia), com uma situação estratégica em frente à ilha de Elba. O custo total desta nova infra-estrutura foi 10 M€.

A beleza natural da costa caracteriza-se por arribas verdejantes, saliências rochosas e uma pequena praia de areão (a única da zona) com as consequentes exigências ambientais específicas para um projecto nesta área. O local, com regime de marés microtidal (0,5 m) está exposto a sobrelevações meteorológicas (0,2 m) e a ondas provenientes de um estreito quadrante (sul e oeste). Estas são, junto à obra, limitadas pelos fundos, tendo sido considerado para efeito de dimensionamento das obras  $H_s=4,5$  m,  $T_p=11$  s.

O lay-out do porto (Fig. 15 e 16) tem uma configuração tradicional com um quebra-mar principal de forma curvilínea e um braço secundário que separa a bacia duma pequena embocadura adjacente à praia. O pequeno esporão implantado no centro da estrutura de guiamento da ribeira visa conduzir os sedimentos para a praia evitando que entrem na bacia portuária. O molhe secundário aumenta de largura na direcção da extremidade para alojar uma



torre de controlo e um cais de abastecimento de combustível. A entrada do porto pode ser “fechada” por uma barreira flutuante amovível para prevenir a dispersão de eventuais derrames de óleo que possam ocorrer no exterior da bacia e se propaguem em direcção à costa.

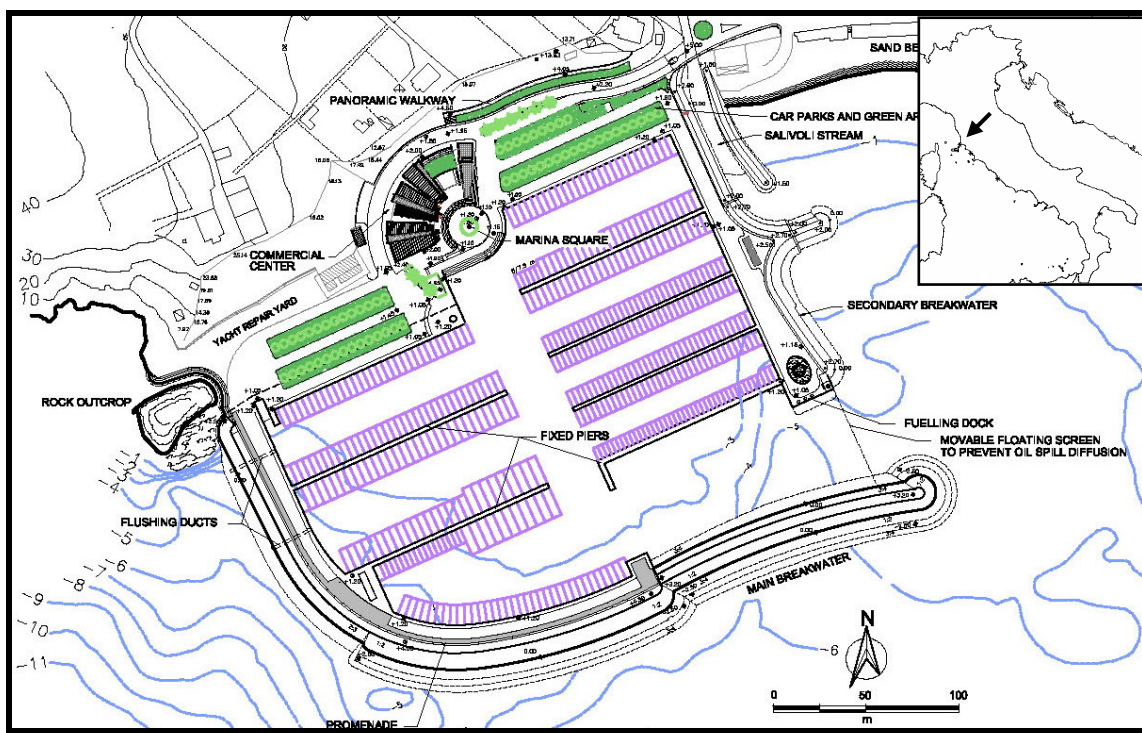


Fig. 15 – Lay-out da marina de Salivoli

O anteporto bem como o canal de acesso são protegidos por molhe de pequena altura, enquanto que o troço inicial do quebra-mar é dotado de um muro-cais por forma a disponibilizar mais postos de acostagem (Fig. 17).



Fig. 16 – Vista aérea da marina de Salivoli

Esta solução exigiu estudos pormenorizados em modelo hidráulico de 2D para otimizar a eficácia da estrutura relativamente ao galgamento, reduzindo ao máximo a sua altura por forma a minimizar o impacto visual. Após ensaios exaustivos levados a efeito durante a construção, o peso do enrocamento de protecção foi aumentado. O coroamento foi complementado com um pequeno canal duplo para promover a drenagem dos galgamentos, funcionando também como via para passeio lúdico e para as instalações de Armazéns de Aprestos (Aminti and Franco 2001).

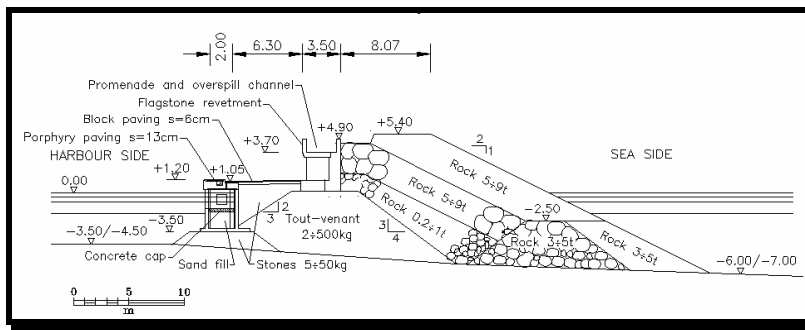


Fig. 17 – Secção do quebra-mar principal da marina Salivoli

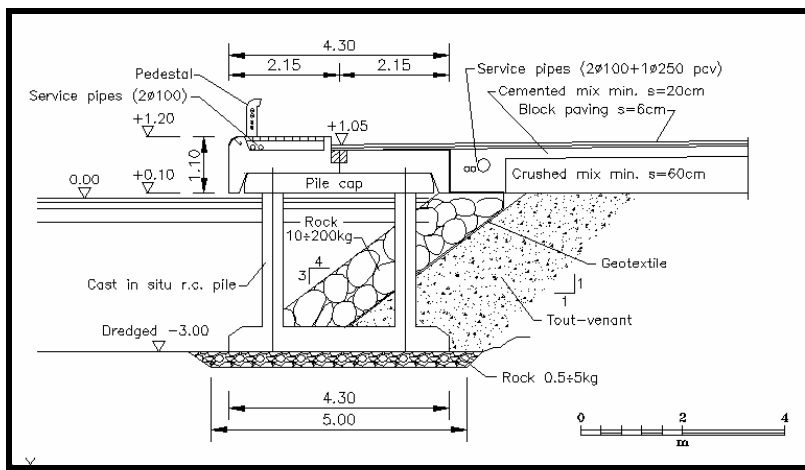


Fig. 18 – Cais de gravidade pouco reflector

O muro-cais ao longo da parte interior dos dois quebra-mares, é constituído por pequenos caixões em betão armado, perfurados e anti-reflectores, enquanto os que estão colocados na retenção norte são constituídos por estruturas porticadas invertidas, formando uma estrutura dissipadora de energia, (Fig. 18). Os postos de amarração são do tipo fixo em plataformas de betão armado formadas por estruturas que funcionam por gravidade. A opção por este tipo de estrutura deve-se ao facto de o solo de fundação ser do tipo rochoso.

Especial atenção foi dispensada aos aspectos arquitectónicos e panorâmicos, reduzindo as edificações, concentrando-as numa praça circular baricêntrica com declive radial convergente: os diferentes sectores são separados por estreitas faixas pedonais que permitem uma vista diversificada e contínua da bacia para a arriba e vice-versa. O projecto foi um êxito e está agora a ser solicitada a sua ampliação.

### 3.3 - Marina de Grosseto

A nova Marina de S. Rocco, em Grosseto, no sul da Toscana, foi projectada em 2000, construída em 2003, e tem uma capacidade para alojar 650 barcos com dimensões entre 8 e 15 m, e custou cerca de 15 M€. Está localizada no troço final dum canal de drenagem junto a uma fortaleza antiga e a uma praia de areia muito popular entre os turistas. A Modimar esteve envolvida no projecto da ponte móvel e na optimização dos trabalhos marítimos, nomeadamente o anteporto e os molhes da entrada, com objectivo de, simultaneamente, conseguir facilitar a navegação e as operações de dragagem de manutenção, reduzir o assoreamento e a penetração das ondas. Em vez de se optar por uma entrada tradicional formada por quebra-mares paralelos, perpendicularmente à costa, o lay-out proposto (Fig. 19) apresenta dois quebra-mares de taludes de enrocamento curvilíneos com uma entrada de 40 m de largura e fundos de -3,5 m NM, criando um amplo anteporto para dissipação da energia das ondas (Fig. 20).

A penetração das ondas no canal de estacionamento é ainda dissipada por uma estrutura transversal, em estacada, protegida por um talude de enrocamento permeável que permite a passagem dos caudais fluviais. Existe ainda uma protecção adicional aos postos de estacionamento localizados na primeira bacia, proporcionada por meio de um pequeno esporão em caixões perfurados, localizado no extremo da ponte-cais central.

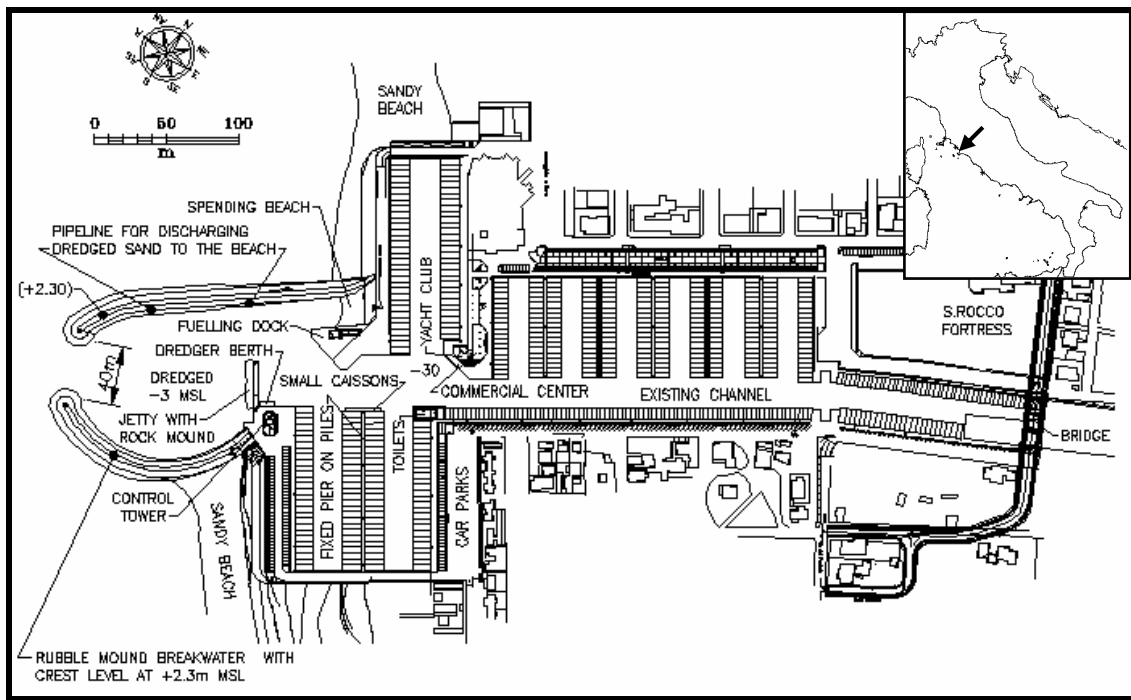


Fig. 19 – Lay-out da marina de Grosseto

Os quebra-mares têm um coroamento baixo (+2,5 m)NM para reduzir o impacto visual, permitindo, por isso, alguns galgamentos durante as tempestade. Neles aloja-se um sistema de tubagens destinado ao “bypass” de areias durante as operações de dragagem no anteporto. O sistema tem funcionado satisfatoriamente e consegue alimentar a zona a norte da praia onde ocorre erosão.

O projecto baseou-se em inúmeras simulações numéricas para obter a previsão do nível de assoreamento no anteporto, a sua influência na linha de costa adjacente e ainda a penetração das ondas no interior da bacia (Fig. 20).

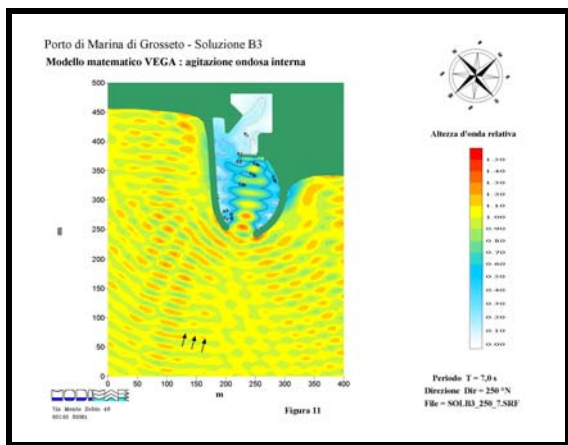


Fig. 20 – Simulação da penetração da onda na marina de Grosseto



Fig. 21 – Vista aérea da marina de Grosseto, 2003

#### 4 - CONCLUSÃO

A descrição que se apresenta, de alguns novos projectos de marinas em Portugal e Itália, embora de uma forma resumida, mostra as principais características específicas de engenharia. Aparentemente, a principal diferença refere-se à variação do nível da água devido aos ciclos de marés, que é significativo nas zonas da costa portuguesa banhadas pelo Oceano



## 4<sup>as</sup> Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

Atlântico (2-4 m) e muito pequeno (0,2-0,4 m) na costa Italiana banhada pelo Mar Mediterrâneo.

A primeira característica geográfica/hidráulica (combinada com a acção da agitação das ondas mais forte ao largo) leva os projectistas de marinas portuguesas a escolherem localizações mais abrigadas em estuários ou em portos comerciais com condições de abrigo criadas artificialmente. Pelo contrário, em Itália, as novas marinas têm de ser criadas ao longo das costas expostas, quer protegidas com longos quebra-mares, quer conquistando espaço escavando bacias em terra, embora criando sempre quebra-mares artificiais para possibilitar uma entrada segura aos barcos em águas relativamente pouco profundas. Estes quebra-mares são geralmente em taludes de enrocamento.

Com o objectivo de melhorar a aparência estética destas estruturas, há uma tendência crescente na utilização de rocha natural, mesmo de grandes dimensões e com coroamento baixo e declives suaves. No entanto, as restrições ambientais/visuais impostas também conduzem à utilização de quebra-mares flutuantes em localizações abrigadas e ainda a quebra-mares de caixões em betão (revestidos com pedra local) devido ao facto de serem estruturas mais facilmente removidas.

Os ambientes de maré microtidal, com consequentes problemas de renovação de água em portos semi-fechados, requerem ainda a instalação de sistemas artificiais de renovação de água (grandes condutas submersas que atravessam os quebra-mares) a fim de permitir a manutenção da qualidade desta. Na maioria dos casos as novas estruturas marítimas interferem na dinâmica litoral e na morfologia da paisagem, exigindo estudos pormenorizados de impacto ambiental com demorados processos públicos de discussão e revisão.

A maioria dos novos projectos de marinas apresentam lay-outs originais com uma tendência para formas planas na parte central e quebra-mares curvilíneos, com inúmeras vantagens nos aspectos náuticos, hidráulicos, morfodinâmicos e estéticos, tais como: redução da reflexão das ondas e problemas de ressonância; melhoria das condições de segurança na acostagem, melhoria da circulação da água em zonas microtidais e, numa forma geral, uma imagem arquitectónica mais agradável.

A diferença na variação do nível das águas influencia também, a escolha do tipo de estrutura dos postos de acostagem, quase sempre do tipo flutuante nos projectos portugueses enquanto do tipo fixo, na maior parte dos casos (plataformas em betão armado assentes sobre estacas) nos projectos italianos. Embora se verifique uma tendência crescente, também em Itália, para a utilização de passadiços flutuantes, pela sua facilidade de instalação, remoção e flexibilidade de adaptação a novos lay-outs (resultado do aparecimento de novos tipos de embarcações e alteração das frotas), e o seu custo seja semelhante, os praticantes desta modalidade preferem as plataformas fixas, mais estáveis e com maior altura de bordo livre.

Outra diferença aparente relaciona-se com o sistema de amarração, o qual é tipicamente do tipo "finger" para as plataformas flutuantes nas marinas portuguesas, enquanto nas italianas se utiliza o sistema tradicional "corrente e âncora", principalmente por razões económicas. Julga-se que o primeiro sistema é preferível por melhorar a segurança e conforto nas manobras de atracação, embora seja difícil convencer o cliente destas vantagens numa opção ligeiramente mais dispendiosa.

Relacionado também com o regime de marés (microtidal em Itália e mesotidal em Portugal) está a dimensão das estruturas e solicitações a que estas estão sujeitas. No que se refere à dimensão, para obras implantadas à mesma profundidade, em Portugal a altura das estruturas é cerca de 4,0 m mais elevada do que em Itália. E, conseqüentemente, no caso das estruturas de taludes, as mais usuais, esse aumento da altura reflecte-se consideravelmente nas restantes dimensões, uma vez que se trata de estruturas de forma trapezoidal.

As solicitações dividem-se em dois tipos principais: as devidas aos desníveis hidrostáticos que actuam sobre as estruturas dos muros-cais de gravidade e as devidas às ondas que actuam sobre as obras de abrigo. As primeiras contribuem para o aumento dos impulsos, conduzindo à necessidade de adoptar estruturas mais pesadas para que seja garantida a segurança ao derrubamento, deslizamento e tensões nas fundações. As segundas correspondem às solicitações induzidas pelas ondas que actuam sobre as estruturas de abrigo, podendo estas



## 4<sup>as</sup> Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

ser amplificadas consideravelmente com o aumento do nível de maré, especialmente se a altura da onda for limitada pelos fundos. Isto porque, para a mesma cota de fundo, com níveis de maré próximos da preia-mar (cerca de mais 3,5 a 4 m de profundidade) as alturas de onda que conseguem atingir a estruturas são significativamente maiores. Sendo a onda de projecto maior a estrutura terá que ser também mais resistente e onerosa.

Pode-se portanto concluir que se, por um lado, os regimes microtidais permitem a construção de estruturas mais económicas, por outro, obrigam à instalação de sistemas que promovam a renovação da água para assim garantirem a qualidade ambiental das bacias portuárias, cujas exigências em marinas é bastante elevada. Em regimes mesotidais geralmente não se colocam problemas de renovação da água, uma vez que esta se processa naturalmente durante os ciclos de maré. Estas condições obrigam, no entanto, à construção de estruturas maiores e mais robustas, para fazer face às solicitações a que estão sujeitas, repercutindo-se estes dois aspectos nos custos das obras que são consideravelmente mais elevados. Razões que fazem com que o custo por posto de acostagem em Itália varie entre os 20 000 e os 40 000 € e em Portugal varie entre os 25 000 e os 45 000 €.

Uma nota final no que se refere à frota, que actualmente revela uma procura crescente de postos para maxi-iatas (comprimento superior a 25 m) em Itália e conseqüentemente maiores superfícies de água com maiores profundidades, aliada a uma mais elevada exigência de qualidade e quantidade de serviços disponíveis.

### **BIBLIOGRAFIA**

- CONSULMAR – Projectistas e Consultores, Lda., Projecto de Execução da Marina de Tróia, Lisboa, 2004.
- CONSULMAR – Projectistas e Consultores, Lda., Estudo Prévio das Obras Marítimo-Fluviais da Marina da Barra de Aveiro, Lisboa, 2001.
- CONSULMAR – Projectistas e Consultores, Projecto de Execução do Terminal Marítimo de Cruzeiros da cidade de Ponta Delgada, Lisboa, 2005.
- ECOSSISTEMA e IMPACTE e Impacte, Estudo de Impacte Ambiental da Marina da Barra, Lisboa, 2003.
- IMAR, Estudo de Impacte Ambiental da Marina e do Novo Cais dos “Ferries” do Tróiaresort, Lisboa, 2002.
- IMPACTE Ambiente e Desenvolvimento, Lda., Estudo de Impacte Ambiental do Terminal Marítimo e Reestruturação da Avenida Marginal de Ponta Delgada, Lisboa, 2002.
- LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Análise do Projecto de Execução da Marina de Tróia, Relatório \*\*\*/05 – NPE/NEC, Lisboa, 2005.
- LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Ensaio em modelo reduzido do Porto de Ponta Delgada (São Miguel – Açores), Relatório 111/04 – NPE, Lisboa, 2004.
- AMINTI P., FRANCO L., Hydraulic performance of overspill channel on top of rubble mound breakwaters, Proc. Int. Conf. Of Ocean Engineering, Chennai, India, dec.2001.
- BRIGANTI R., BELLOTTI G., FRANCO L., DE ROUCK J., GEERAERTS J. Field measurements of wave overtopping at the rubble mound breakwater of Rome-Ostia yacht harbour. Coastal Engineering (in press), 2005.
- FRANCO L., MARCONI R., Marina Design and Construction, chapter 6 in Marina Developments, pp.143-213, ed.W.Blain, Computational Mechanics Publications, Southampton, March 1993.
- FRANCO L., MARCONI R., Porti turistici: guida alla pianificazione, progettazione e costruzione dei marina, Maggioli Editore, III edizione maggio 2003.
- FRANCO L., ALTAN E., New designs of yacht harbours in Turkey, Proc. V COPEDEC, vol.2, pp.1470- 1481, Ed.G.Mocke, Cape Town, April 1999.
- FRANCO L., MARCONI R., Porti turistici: guida alla pianificazione, progettazione e costruzione dei marina, Maggioli Editore, III edizione maggio 2003.
- MODIMAR – GRANDI LAVORI FINCOSIT, Porto Turistico di Roma, Edigraf 2002.
- TOBIASSON O., KOLLMAYER C., Marinas and Small Craft Harbors, USA, 2000.