



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

## **OBRAS PARA MELHORAR A OPERACIONALIDADE DO PORTO DA CALHETA, NA ILHA DE S. JORGE**

Miguel Palma

Consulmar  
Av. Infante D. Henrique, 43-1º Dtº 9700 Angra do Heroísmo  
mpalma2004@sapo.pt

### **RESUMO**

Caracterizam-se os objectivos da intervenção e as condições locais (topo-hidrografia, marés, correntes e agitação marítima) e assinalam-se as bases de cálculo de projecto para as suas várias componentes.

A descrição das principais partes da obra é efectuada em conjugação com os condicionantes que conduziram a algumas opções do projecto especialmente assinaláveis, nomeadamente a opção por uma estrutura vertical na configuração da cabeça do molhe e a opção como resultado dos ensaios em modelo reduzido de implantação na zona curva do molhe.

Faz-se uma descrição dos processos construtivos adoptados pelo Construtor e dos procedimentos de controlo adoptados pela Fiscalização e assinalam-se as principais dificuldades encontradas no decorrer dos trabalhos, com enfoque para as dificuldades das operações de dragagem de rocha em baixas profundidades e seus reflexos no planeamento e prazo da empreitada.

### **1 – INTRODUÇÃO**

O principal objectivo deste projecto foi a criação de estruturas de abrigo necessárias para melhorar as condições de operacionalidade do Porto da Calheta, na Ilha de S. Jorge, Açores, e permitir o acesso das embarcações de tráfego de passageiros e carga inter-ilhas.

Nesse pressuposto, foram estudadas algumas alternativas, que resultaram na versão base do projecto.

O projecto base, foi posteriormente sujeito a ensaios tridimensionais em modelo reduzido realizados no Laboratório Nacional de Engenharia Civil, os quais vieram recomendar algumas alterações na solução inicialmente adoptada.

Essas recomendações, foram materializadas no projecto de execução patenteado no concurso da empreitada de construção correspondente, a qual foi adjudicada ao consórcio constituído pelas empresas SOMAGUE-ENGENHARIA/TECNOVIA/TECNOVIA AÇORES, tendo os respectivos trabalhos decorrido entre Outubro de 2001 e Agosto de 2003.

### **2 – CONDIÇÕES NATURAIS**

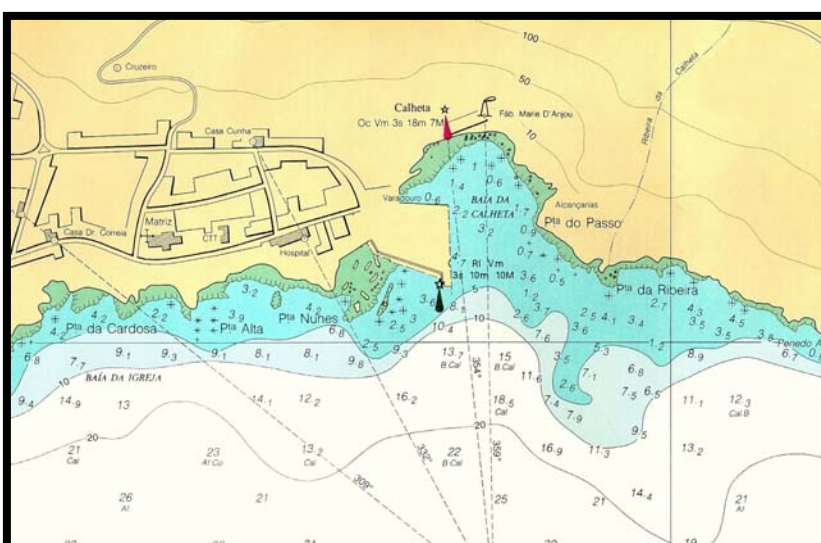
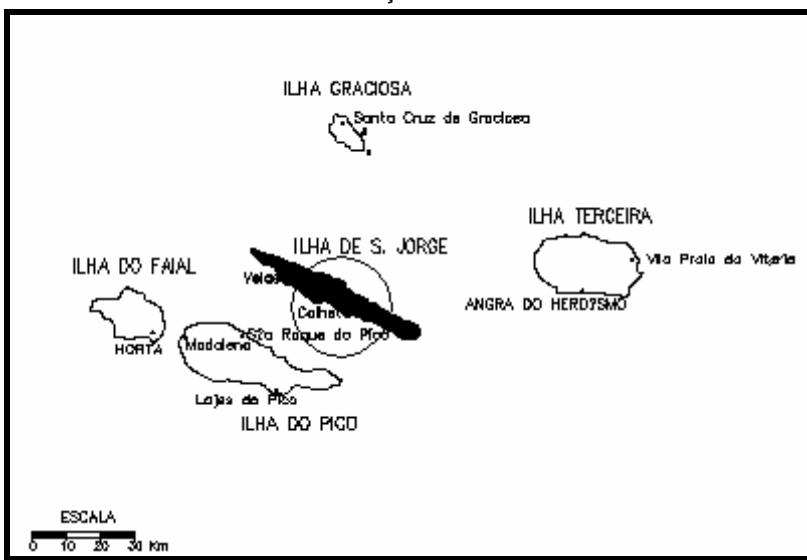
#### **2.1 – Topo-hidrografia**

O Porto da Calheta está situado na costa sul da Ilha de S. Jorge, na margem poente de uma baía em forma de “V”, com 280 m de abertura, entre as pontas Nunes e da Ribeira, e 170 m de reentrância máxima.

A costa é escarpada em toda a envolvente da baía excepto no lado poente, onde se implantou o porto.



Situação inicial



Localização da Calheta de S. Jorge



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

O traçado das batimétricas correspondentes às profundidades superiores a (-5,0 m)ZH acompanha, de um modo geral, a configuração da linha de costa mas só muito ligeiramente denunciam a baía. Deste modo, a profundidade em toda a baía é inferior a (-5,0 m)ZH. No entanto, a sul da Ponta da Ribeira desenvolve-se um longo baixio, com cotas de coroamento próximas de (-2,5 m)ZH, cuja presença é assinalada até à batimétrica (-20,0 m)ZH e que condiciona e limita as soluções de arranjo portuário.

Uma análise mais detalhada da batimetria revela que a linha (-5,0 m)ZH penetra no interior da baía, atingindo o actual cais a cerca de 30 m do seu extremo sul e garantindo uma estreita faixa a esta profundidade paralela ao cais; a batimétrica (-4,0 m)ZH vai até cerca de 40 m do topo do cais e mantém-se, em frente dele, a uma distância entre 40 e 60 m.

É também notória uma grande irregularidade das batimétricas, denunciando a natureza rochosa do fundo natural.

No saco da baía, nomeadamente junto à rampa-varadouro, existe muito calhau rolado de dimensões muito diversas. A maior regularidade da batimetria nesta zona está relacionada com a ocorrência de uma camada de material granular colmatando as irregularidades do fundo rochoso.

Em frente à baía, e de acordo com o levantamento do Instituto Hidrográfico existe também burgau entre as batimétricas (-10,0 m)ZH e (-50,0 m)ZH.

### 2.2 – Marés

No Arquipélago dos Açores as marés são do tipo semi-diurno regular.

As alturas e horas da preia-mar e baixa-mar no Porto da Calheta obtêm-se dos valores previstos para o Porto da Horta corrigindo-os de mais 6 minutos no que respeita às horas e multiplicando por 1,07 a amplitude.

Assim, tomando os valores característicos da maré para o Porto da Horta, obtêm-se os valores correspondentes para o Porto da Calheta:

- Preia-mar máxima ..... (1,93 m)ZH
- Preia-mar de águas vivas ..... (1,76 m)ZH
- Preia-mar de águas mortas ..... (1,27 m)ZH
- Nível médio ..... (1,00 m)ZH
- Baixa-mar de águas mortas ..... (0,72 m)ZH
- Baixa-mar de águas vivas ..... (0,37 m)ZH
- Baixa-mar mínima ..... (0,18 m)ZH

### 2.3 – Correntes

Não são conhecidas quaisquer medições no local. No entanto, tendo em conta as indicações de carácter genérico do Roteiro do Arquipélago dos Açores, quer as correntes oceânicas associadas à circulação geral do Atlântico Norte, quer as correntes de maré são de fraca intensidade. As primeiras ocorrem quase sempre para SE ou S, raramente atingindo 1 nó; as provocadas pelas marés vêm de W e SW na enchente e de E e NE durante a vazante, sendo geralmente muito fracas ou mesmo nulas em alguns locais.

Tendo em conta a localização da baía da Calheta na costa sul de S. Jorge, longe de qualquer saliência pronunciada, admitiu-se que as correntes aqui são pouco significativas, não condicionando as soluções estudadas para a protecção do porto.



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

### 2.4 – Agitação marítima

Para a definição das características da agitação marítima no Porto da Calheta e dado não terem sido feitos registo no local, começou-se por caracterizar o regime de agitação ao largo, para o qual se dispunha de informação, determinaram-se de seguida, as condições de propagação das ondas do largo até à costa, e, finalmente, definiu-se o regime de agitação no local.

#### **a) - Regime de agitação ao largo**

Para caracterizar o regime de agitação ao largo utilizaram-se os resultados do “hindcast” realizado pelo Meteorological Office de Inglaterra, de 12 em 12 horas, para os anos de 1978 a 1987, com base em cartas sinópticas e utilizando um modelo matemático.

Os resultados deste modelo dão a velocidade e rumo do vento, a altura, período e rumo, quer da vaga, quer da ondulação, e a “altura resultante” (obtida pela raiz quadrada da soma dos quadrados das alturas das vagas e das ondas), para inúmeros pontos de uma malha que cobre todo o Atlântico Norte.

A aferição deste modelo foi feita pelo Meteorological Office comparando os resultados obtidos com valores registados à mesma hora e na mesma data para diversos pontos da malha, nomeadamente, em torno das Ilhas Britânicas, no Mar do Norte e junto à costa leste dos Estados Unidos. Por falta de dados, porém, a aferição não abrangeu os resultados dos pontos circundando o Arquipélago dos Açores.

No entanto, a CONSULMAR fez a comparação dos resultados de um ponto situado a sul da Ilha de S. Miguel com os registos feitos por uma bóia ondógrafo fundeada a SW de Ponta Delgada tendo obtido uma razoável concordância dos valores da altura das ondas.

Para caracterizar o regime de agitação ao largo, foi seleccionado um ponto da malha do modelo matemático com coordenadas 37, 78° N e 28, 99° W, que se considera representativo das condições de agitação junto ao grupo central.

Assim, verificou-se que o rumo mais frequente é o SW, com cerca de 20% das ocorrências, a que se segue o W, com 17%, o NW, com 15%, e o N com 13%. Os sectores NE, com menos de 10%, e E e SE, com cerca de 7%, são os que ocorrem com menor frequência.

A distribuição das alturas, revelou que as alturas mais frequentes se situam entre 1,0 e 2,5 m, às quais correspondem 45% das ocorrências; alturas superiores a 3,5 m têm uma frequência de cerca de 20% e alturas superiores a 7,0 m ocorrem com uma frequência de 1,4%.

Constatou-se também que os períodos mais frequentes estão compreendidos entre 7 e 9 s, com 44% das ocorrências, seguidos dos períodos entre 5 e 7 s, com 28%, e dos períodos 9 a 11 s, com 2%;

#### **b) - Propagação das ondas do largo para a costa**

Para estudar a propagação das ondas desde o largo até ao local recorreu-se a um programa de cálculo automático de refacção espectral elaborado pela CONSULMAR.

O programa calcula os coeficientes de refacção de ondas irregulares através da decomposição e posterior integração dos espectros direccionais de energia ao largo e no local em estudo. A função que relaciona os dois espectros é obtida através do cálculo de um conjunto de leques de refacção inversos com origem no ponto em estudo.

Escolheu-se um ponto, em frente da Baía da Calheta, à profundidade (-10,00 m)ZH, sobre o  $Z_v = 359^\circ$  à chaminé da fábrica de conservas.

Verificou-se que a agitação que consegue atingir o local com alguma intensidade (coeficientes de refacção  $> 0,4$ ) tem rumos ao largo compreendidos entre S-15°-W e



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

S-60°-E, correspondendo aos rumos próximos de S-20°-E os valores mais elevados da relação entre as alturas no local e ao largo.

### c) - Regime de agitação à entrada da Baía da Calheta

Com base nos resultados da refração espectral fez-se a transferência de todas as ondas que caracterizam a agitação ao largo para o ponto de cálculo.

Verificou-se pela distribuição de alturas no local, que a altura significativa das ondas não ultrapassou 4,5 m no período para o qual foi feito o "hindcast" sendo o escalão de alturas mais frequente, com mais de 50% das ocorrências, o correspondente a  $H \leq 0,5$  m. Se a esta percentagem se adicionar a relativa às calmas, as ondas com altura inferior a 0,5 m deverão representar o estado do mar em cerca de 75% do tempo.

### d) - Valores extremos da agitação à entrada da Baía da Calheta

A determinação das condições extremas da agitação à entrada da baía é essencial para o dimensionamento das obras de abrigo e para a avaliação das situações mais desfavoráveis da agitação no interior do porto.

Para avaliar as alturas significativas correspondentes a diversos períodos de retorno, fez-se a selecção das alturas significativas máximas anuais no ponto de cálculo e procedeu-se, posteriormente, à sua extrapolação adoptando a distribuição de máximos de Gumbel. Essa extrapolação deu os seguintes resultados:

PERÍODO DE RETORNO (anos)	Hs (m)
5	4,0
10	4,5
20	5,0
50	5,6
100	6,1

## 3 – DESCRIÇÃO DAS OBRAS

### 3.1 – Objectivos

Com as obras de abrigo pretendia criar-se condições de tranquilidade no interior do Porto da Calheta que permitissem aumentar significativamente o tempo de operacionalidade e melhorar as condições de operação do cais.

As embarcações a servir eram:

- **Tráfego de passageiros**

Navios com as seguintes características:

- Comprimento ..... 32,6 m
- Calado ..... 2,2 m
- Boca ..... 7,74 m

- **Carga**

Navios com as seguintes características:

Tipo 1

- Comprimento ..... 40,6 m
- Calado ..... 4,4 m
- Boca ..... 8,2 m





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

### Tipo 2

- Comprimento ..... 49,0 m
- Calado ..... 4,1 m
- Boca ..... 10,1 m

- **Frota local de pesca:**

Embarcações de boca aberta, que varam na rampa existente, com comprimento máximo de 6 m e calado de 0,7 m. Com a criação de melhores condições poderão vir a fixar-se algumas traineiras, cujas características se prevê sejam comprimentos da ordem de 15 m e calado 1,5.

### 3.2 – Bases de cálculo

#### 3.2.1 – Ondas de projecto

*Mantos de protecção:* Onda de projecto igual à onda significativa,  $H_s$ , com um período de retorno de 50 anos; estragos iguais ou inferiores a 5% na zona activa.

*Muro-cortina:* Onda de projecto igual à onda máxima,  $H_{m\acute{a}x.}$ , com o mesmo período de retorno, sem estragos.

*Cabeça vertical:* Onda de projecto igual à onda,  $H_D = H_{1/250}$  com um período de retorno de 50 anos.

#### 3.2.2 – Dimensionamento das obras

*Tronco do molhe:* O pré-dimensionamento do peso dos blocos do manto exterior de protecção foi efectuado com recurso às formula de Hudson e Van Der Meer.

*Cabeça do molhe:* O pré-dimensionamento da estrutura da cabeça do molhe foi efectuado com base no método de Goda, conforme recomenda o British Standard Code of Practice for Maritime Structures, BS 6349:Part 1: 1984 e Part 7:1991.

*Muro-cortina:* A verificação da estabilidade do muro-cortina, ao derrube e ao deslize, quando sujeito à acção das ondas, foi efectuada com recurso ao método de cálculo proposto pelo Shore Protection Manual.

*Muro-cais:* A verificação da estabilidade do muro-cais, ao derrube, deslize e tensões na fundação, foi efectuado recorrendo à teoria de Rankini para as combinações de acções sem intervenção da acção sísmica e à teoria de Mononabe e Okabe para as combinações de acções em que intervêm a acção sísmica.

### 3.3 – Descrição das obras

#### 3.3.1 – Generalidades

A obra de abrigo e acostagem consta essencialmente de um molhe cais implantado por forma a proteger o porto existente da agitação proveniente de SW e S.

Esta enraíza a noroeste no muro de contenção existente, junto à escada de acesso aos afloramentos rochosos, prolonga-se para sudeste cerca de 75 m, onde inflecte ligeiramente até atingir um comprimento de cerca de 110 m.

A batimetria da zona de implantação e envolvente é muito variável, sendo as cotas na zona do enraizamento da ordem dos (+1,00 m)ZH e na zona da cabeça da ordem dos (-15,00 m)ZH.

Perante este condicionamento, além do diminuto espaço disponível face à dimensão da baía, foi necessário projectar uma estrutura que desempenhe a suas funções de abrigo sem que para o efeito obstrua o canal de acesso ao porto.

Para ultrapassar esta dificuldade, projectou-se um molhe-cais em que a cabeça e o tronco apresentam estruturas distintas, sendo a cabeça materializada através de uma estrutura vertical e o tronco por uma estrutura convencional de taludes que remata na estrutura vertical.

Como consequência dos constrangimentos acima referidos, o cais teria apenas uma largura de 12 m, que lhe acarretaria algumas dificuldades de construção, ainda assim ultrapassáveis.

### 3.3.2 – Cabeça do molhe – Estrutura vertical

A estrutura da cabeça é composta por três caixotões de betão armado de 18 m de comprimento por 16 de largura. A altura varia de caixotão para caixotão, sendo de 12.6; 12.1 e 11.6 para o caso do C1, C2 e C3, respectivamente.

As paredes exteriores que ficam sujeitas à acção das ondas têm uma espessura de 0,40 m, as paredes que não ficam sujeitas à acção das ondas têm 0,30 m de espessura, as paredes interiores têm 0,20 m de espessura e a laje tem 0,50 m.

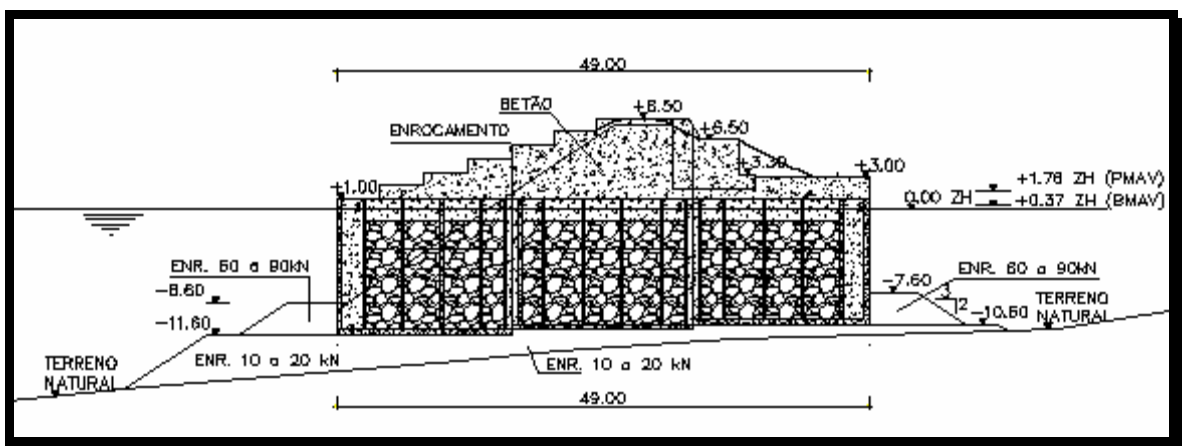
As células exteriores dos caixotões que fiquem sujeitas à acção das ondas são totalmente preenchidas com betão simples, as restantes são parcialmente preenchidas com enrocamento, até à cota (-1,00 m)ZH e parcialmente preenchidas com betão até atingir a cota de coroamento da superestrutura. As juntas entre caixotões são igualmente preenchidas com betão.

A estrutura assenta sob um prisma de fundação constituído por enrocamento de 10 a 20 kN que é protegido superiormente por uma camada de enrocamento de 60 a 90 kN, por forma a impedir erosão e infra-escavação característica em estruturas deste tipo.

Na zona exposta, a superestrutura é formada por patamares que se desenvolvem da cota (+1,00 m)ZH até à cota (+8,50 m)ZH onde confina com o muro-cortina. Estes patamares têm a função de diminuir os impactos na estrutura e os galgamentos, através da dissipação de energia que provocam.

Na zona abrigada, a superestrutura encontra-se à cota do cais (+3,00 m)ZH, do qual é parte integrante. A transição entre a cota do cais e o muro-cortina faz-se através de uma escada moldada na superestrutura. No topo da superestrutura, à cota (+8,50 m)ZH, foi reservado um espaço destinado à instalação do farol.

A execução da cabeça do molhe revestia-se de alguns cuidados especiais dado tratar-se de uma estrutura vertical, que independentemente do método construtivo, deveria manter a sua configuração geométrica, peso e centro de gravidade.



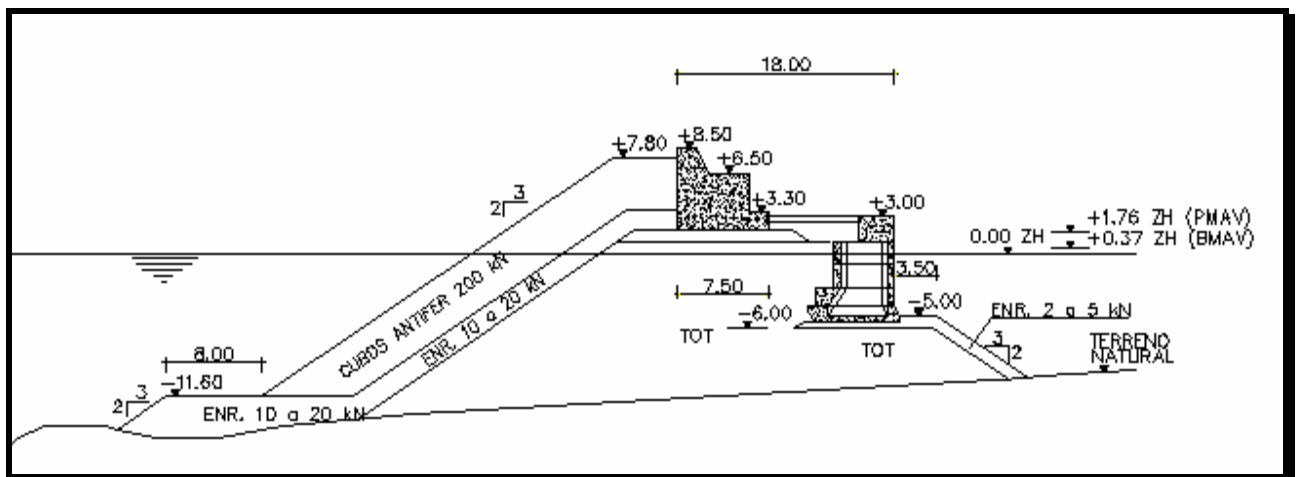
Cabeça do molhe

### 3.3.3 – Tronco do molhe – Estrutura em talude

O tronco do molhe é constituído por uma estrutura em taludes formada por várias camadas de blocos, sobre a qual assenta a superestrutura em betão simples, materializada por um muro-cortina.

Na estrutura do tronco do molhe distinguem-se duas zonas, o enraizamento e o troço recto que culmina na cabeça vertical. A estrutura do molhe é constituída por:

- Núcleo de forma trapezoidal, com o coroamento à cota (+0,90 m)ZH formado por enrocamento de todo o tamanho (T.OT.), sobre o qual assenta o prisma de fundação do muro-cortina, à cota (+1,90 m)ZH formado por T.OT. seleccionado;
- Sub-manto revestindo o talude exterior do núcleo, constituído por enrocamento de 10 a 20 kN, com 1,70 m de espessura, em toda a extensão do tronco do molhe;
- Manto de protecção do talude exterior composto por duas camadas de enrocamento de 60 a 90 kN, com 2,80 m de espessura, inclinação de 3/2 (H/V), no enraizamento do molhe;
- Manto de protecção do talude exterior composto por duas camadas de cubos Antifer de 200 kN, colocados de forma a garantir uma superfície rugosa, com 4,2 m de espessura, inclinação de 3/2 (H/V), no troço recto do molhe;
- Muro-cortina em betão simples com 7,50 m de largura na base, 6,00 m de largura no tronco e 1,50 m de largura no coroamento, fundado à cota (+1,90 m)ZH, plataforma de acesso à cota (+6,50 m)ZH e cota de coroamento à (+8,50 m)ZH.



Tronco do molhe

### 3.3.4 – Muro-cais

No intradorso do molhe, na extensão compreendida entre a cabeça vertical e a retenção marginal, com aproximadamente 75,0 m, é construído um cais acostável, com cotas de serviço de (-5,00 m)ZH, que permitirão a acostagem das embarcações de tráfego inter-ilhas.

A solução estrutural adoptada para a infra-estrutura do cais foi o tradicional muro em colunas de blocos de betão simples em forma de "I", com os poços entre pilares, preenchidos de enrocamento e encimados por uma superestrutura de betão simples, betonada "in situ".

A fundação do muro-cais é constituída por enrocamento de todo o tamanho T.OT., devidamente regularizado com brita. A protecção exterior do talude do prisma de fundação será em enrocamento seleccionado de 2 a 5 kN.

No tardo da coluna de blocos será colocado um prisma de alívio constituído por enrocamento de todo o tamanho T.OT. Dado o pequeno volume de material de aterro que será preciso interpor entre este prisma e o núcleo do molhe optou-se por executá-lo também em T.OT.



### 3.4 – Ensaios tridimensionais em modelo reduzido

Os ensaios em modelo reduzido foram realizados no LNEC e conduzidos sob orientação do Eng.º Gabriel Silva.

Numa primeira fase, foi reproduzido o modelo das condições do porto sem obra, com o propósito de realizar ensaios de agitação e registar a altura da onda em diversos pontos na imediação do cais existente.

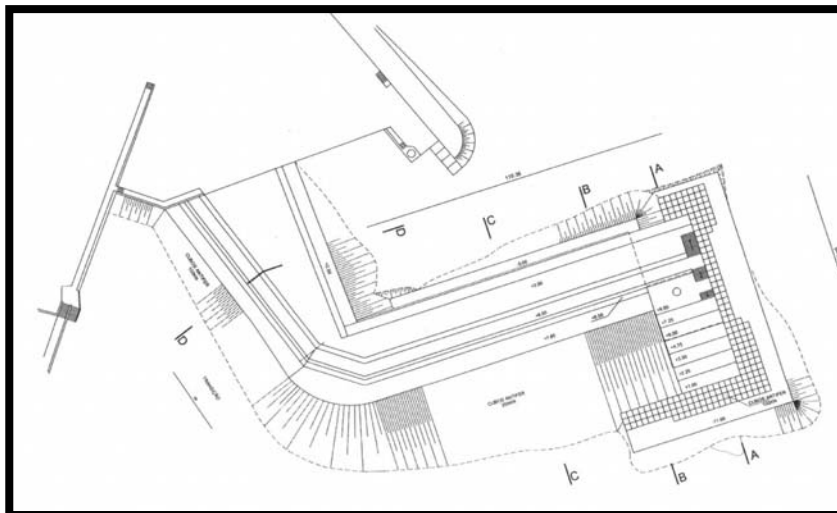
Numa segunda fase, reproduziu-se o modelo da solução base e realizaram-se ensaios de agitação relativos à situação “com obra”, bem como ensaios de estabilidade e galgamentos.

Nos ensaios de agitação, foi simulado o nível médio de maré (+1,0 m)ZH, associado às seguintes características da agitação marítima:

- Rumos locais de agitação marítima [sobre a batimétrica (-20,0 m)ZH W-40-S e S];
- Ondas regulares;
- Períodos: 8, 12 e 16 segundos;
- Um único valor de altura da onda (o máximo, desde que não envolvesse rebentação nos pontos seleccionados para a medição das alturas de onda).

Nos ensaios de estabilidade e galgamentos, a agitação marítima foi reproduzida de acordo com as especificações de ensaio e com informações posteriores, tendo sido simuladas as seguintes condições:

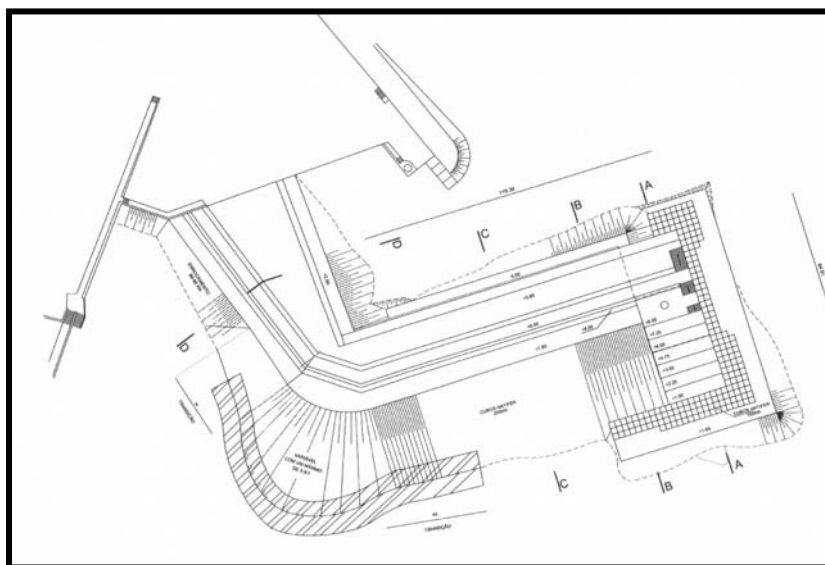
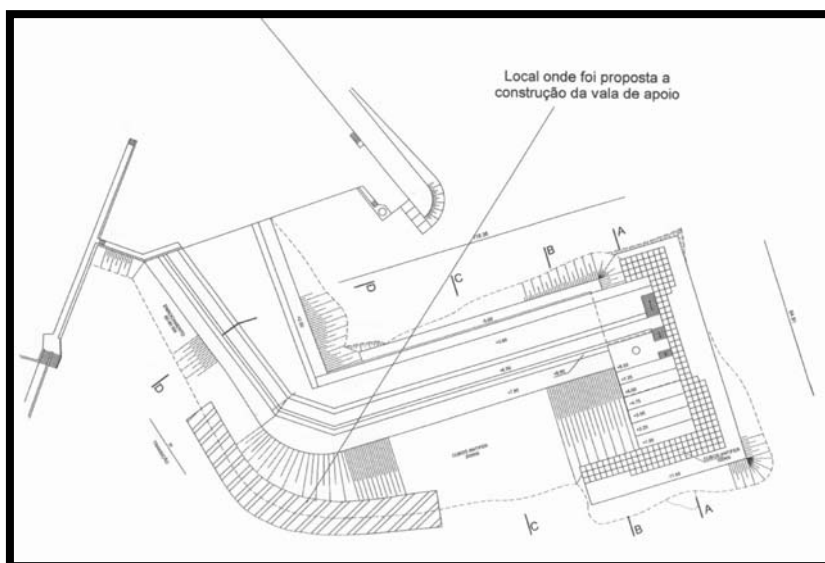
- Rumos locais de agitação marítima [sobre a batimétrica (-20,0 m)ZH W-40-S e S];
- Níveis de maré:
  - ◆ Baixa-mar: 0,0m (ZH)
  - ◆ Preia-mar: +2,0m (ZH)
- Períodos de pico do espectro empírico de JONSWAP: 12 e 16 segundos;
- Valores de altura da onda significativa ( $H_s$ ) crescentes, em escalões de 1,0 m, desde  $H_s = 3,0$  m até  $H_s = 5,0$  m e desde  $H_s = 6,0$  m a  $H_s = 7,0$  m, e em escalões de 0,5 m entre  $H_s = 5,0$  m e  $H_s = 6,0$  m. As alturas de onda nominais de ensaio foram as registadas sobre a batimétrica (-12,0 m)ZH, junto da cabeça do molhe.



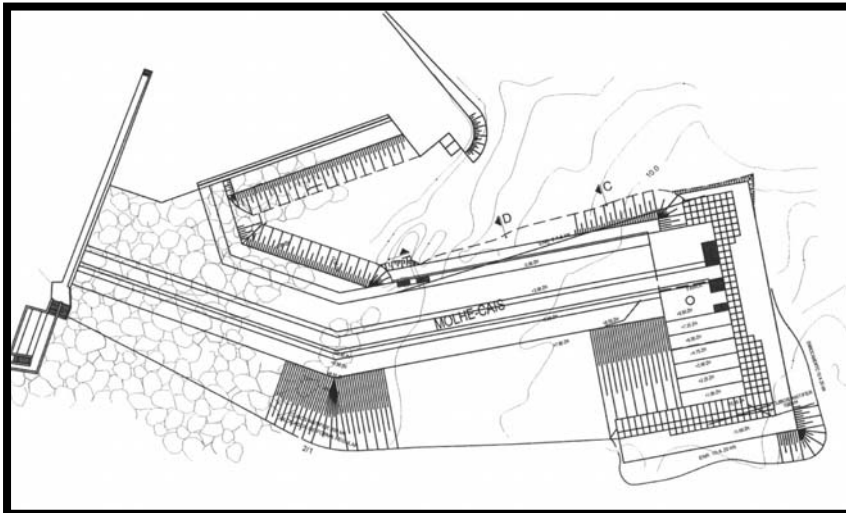
Solução base

Dos ensaios realizados, resultaram as seguintes conclusões:

- i) A tranquilidade no interior da baía da calheta é substancialmente aumentada com a construção do novo molhe, nomeadamente para os rumos rodados a Oeste, sendo que, em termos médios, a agitação marítima no interior da nova bacia portuária seria de apenas 35% da que anteriormente se registava. Este valor aumenta para cerca de 50% para direcções de agitação marítima locais próximas do Sul;
- ii) A segunda conclusão, prendeu-se com a significativa instabilidade do manto resistente da zona da curva, em especial para direcções locais do quadrante Sul;
- iii) A reformulação do projecto que, após o ensaio das duas variantes que se apresentaram, ambas com resultados abaixo do aceitável, consistiu em suavizar a curva existente, mediante o aumento do seu raio e em executar uma vala de fundação para o manto de protecção na zona da curva;
- iv) Em relação á estrutura que constitui a cabeça do molhe e respectiva base de protecção e apoio, o conjunto mostrou-se estável para todas as condições de ensaio.



Variantes ensaiadas



Solução final

## 4 – CONSTRUÇÃO

### 4.1 – Processo Construtivo adoptado

Dadas as condicionantes inerentes à própria natureza da obra, designadamente a necessidade de prefabricar três caixotões de betão armado, situação não possível nas imediações da obra ou mesmo na Ilha de S. Jorge, por não existirem infra-estruturas terrestres capazes para dar apoio a este trabalho, a reduzida dimensão da largura do cais e a necessidade de equipamento de elevação suficiente para movimentar os elementos previstos no projecto (blocos de cais e blocos Antifer), foi adoptado pelo Empreiteiro o seguinte processo construtivo:

- a) - Prefabricação dos caixotões na Ilha Terceira, no Porto da Praia da Vitória e seu transporte em flutuação até ao local da obra com recurso a rebocador;
- b) - Construção do tronco do molhe em duas fases distintas. Numa primeira fase, iniciada do enraizamento para a cabeça, foi executado o núcleo do molhe, o manto secundário e o manto de protecção (incluindo a vala no troço definido em projecto) até à cota (+3,60 m)ZH. Esta opção permitiu ao Empreiteiro executar estes trabalhos exclusivamente por terra criando uma plataforma de trabalho ao longo do molhe onde operaram os equipamentos;
- c) - Após a colocação dos caixotões na sua posição final, seu enchimento e o “fecho” do molhe, numa segunda fase, foi iniciada a construção do cais, o que obrigou a uma dragagem suplementar da plataforma;
- d) - Posteriormente e de forma sistemática e sequencial, após a colocação e estabilização das colunas dos cais, era efectuado o aterro no seu tardo, a betonagem da superestrutura, a execução dos troços do muro-cortina e os pavimentos.

A prefabricação dos caixotões foi efectuada com recurso a uma doca flutuante, onde o deslizamento era realizado até o caixotão ter dimensões suficientes para entrar em flutuação, prosseguindo depois a betonagem até à sua conclusão.

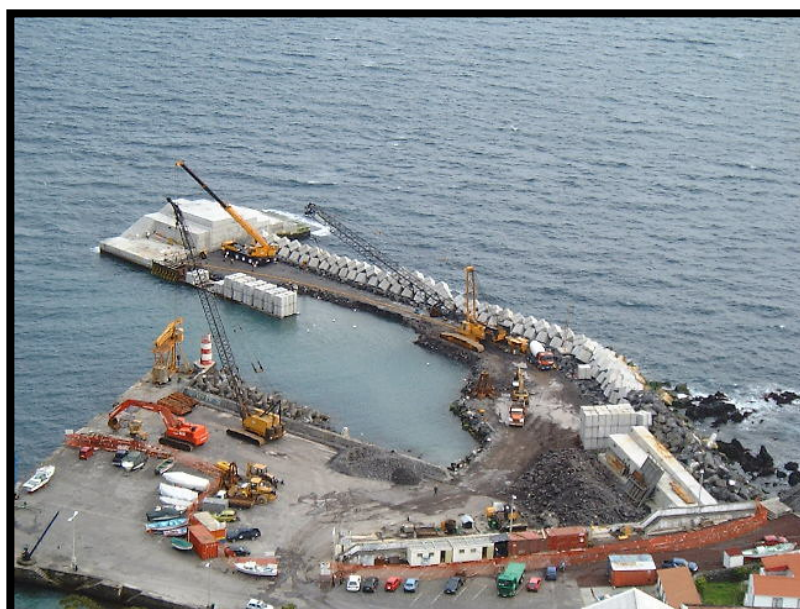
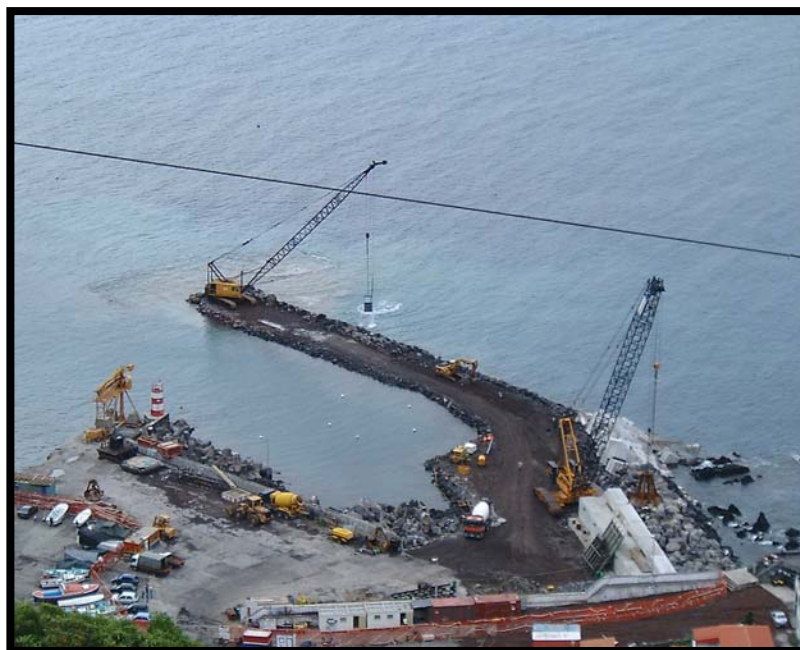




4<sup>as</sup> Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária  
Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005



Equipamento para prefabricação dos caixotões





Processo construtivo do molhe cais

#### 4.2 – Dificuldades do processo construtivo face ao planeamento da obra

No processo descrito, existiam dois eventos no planeamento dos trabalhos que se apresentavam como fundamentais para o sucesso da obra.

Considerando que o prazo contratual de execução da obra era de 14 meses e a data da sua consignação, Outubro de 2001, o período da sua construção atravessaria apenas um Verão.

Assim, tornava-se essencial que o transporte e colocação dos caixotões decorresse, por questões de segurança, no período da Primavera/Verão de 2002.

Por outro lado, a evolução do tronco do molhe deveria ser tal que imediatamente após a colocação dos caixotões na sua posição definitiva e do seu enchimento, “fechasse” a obra, de modo a evitar possíveis danos na sua estrutura de taludes por acção da agitação marítima.





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

Porém, se o planeamento relativo aos caixotões decorreu sem qualquer problema, com respeito à evolução do tronco do molhe essa situação não se verificou.

Na causa deste facto esteve a demora evidenciada na actividade de dragagem da vala de fundação do manto (dragagem totalmente em rocha), a qual se encontrava no caminho crítico, impossibilitando a progressão do tronco do molhe conforme previsto inicialmente pelo Empreiteiro.

Por esse motivo, o Empreiteiro que adoptara, por questões de segurança, por executar o tronco do molhe em troços de cerca de 20 m, iniciando um novo troço com a construção do núcleo, apenas após a conclusão do manto de protecção do troço imediatamente antecedente, optou “fechar” o molhe após a colocação dos caixotões, fazendo evoluir o tronco num troço de cerca de 80 m, sem a protecção do manto resistente em blocos Antifer.

Esta opção foi enquadrada numa avaliação dos riscos face às circunstâncias então presentes, já que o facto de não fechar o molhe naquela fase, resultaria certamente, caso se verificasse algum temporal (o que sucedeu) num maior volume de danos na parte interior do molhe, dada a ausência de uma cabeça efectiva e a existência de um canal entre o tronco e os caixotões desta.

A demora na execução da vala decorreu de uma deficiente avaliação das dificuldades do trabalho ao nível do planeamento, nomeadamente da actividade de dragagem daquela natureza e realizada naquelas condições.

Esta caracterizava-se sobretudo por ocorrer em fundos não muito profundos, situação em que a agitação condicionava muitas vezes a acção dos mergulhadores que executavam a furação para colocação dos explosivos, gerando consideráveis paralisações nesta actividade.

## **5 – CONTROLO DA CONSTRUÇÃO**

### **5.1 – Generalidades**

Para além de Projectista, a CONSULMAR foi também responsável pela fiscalização da obra.

No âmbito das suas atribuições, procedeu aos diferentes tipos de controlo associados à execução da empreitada (administrativo, financeiro, técnico, etc.).

Na presente comunicação, salienta-se apenas e de forma resumida a sua acção no domínio do controlo técnico dos trabalhos.

### **5.2 – Enrocamentos**

Caracterizado o material pétreo a utilizar na obra pelo empreiteiro e verificado o cumprimento das características especificadas no caderno de encargos, o controlo da selecção de enrocamentos na pedra, era realizado pela Fiscalização, que acompanhava de perto as diversas operações envolvidas nestes trabalhos.

Para esse efeito, foram pesadas e devidamente assinaladas, para servirem de referência visual, pedras representativas das diversas gamas a utilizar na obra.

### **5.3 – Betões**

Numa fase inicial, foram analisados os estudos das composições de betão apresentados pelo Empreiteiro.

No decurso da prefabricação dos diversos elementos estruturais (blocos Antifer, blocos de Cais e Caixotões), eram quotidianamente realizados ensaios com provetes para serem rebentados aos 3, 7 e 28 dias (em série de 3), bem como ensaios de consistência e trabalhabilidade do betão e verificações diárias, através dos registos das amassaduras nas centrais de produção.

Igual procedimento, foi adoptado para os betões “in situ”.



#### 5.4 – Construção do molhe

Na construção do molhe, eram efectuados regularmente, levantamentos topo-hidrográficos e elaborados perfis, de 5 em 5 m, para controlo do reperfilamento dos taludes (do núcleo e do sub-manto de protecção) e da dragagem da vala de fundação.

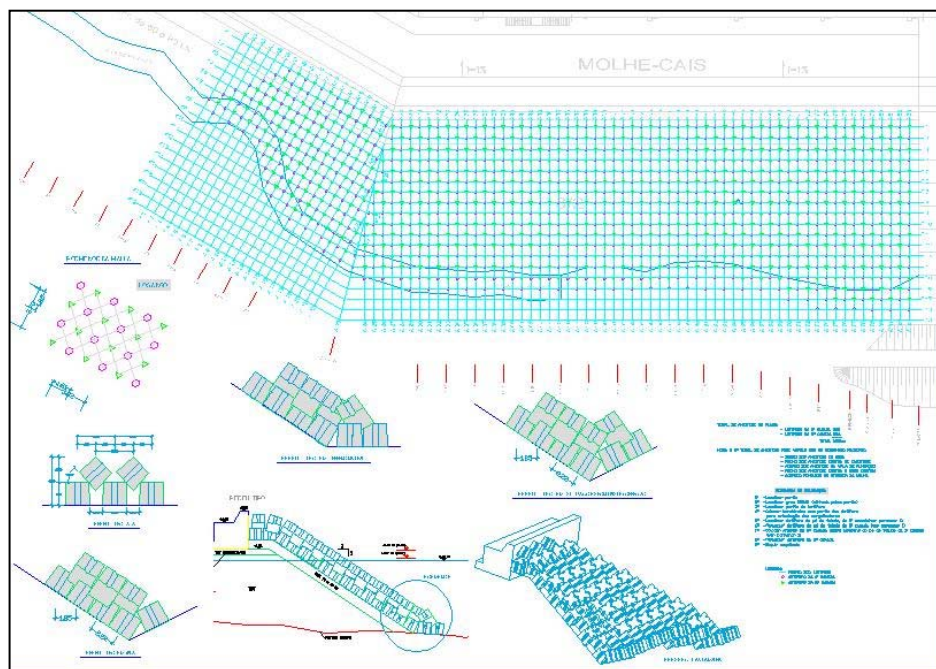
A implantação das diversas partes da obra era confirmada pelo Topógrafo da Fiscalização que se deslocava periodicamente ao local da obra.

A execução dos trabalhos submersos, era acompanhada pela equipa de mergulho da Fiscalização que, tal como sucedia com a Topografia, se deslocava periodicamente à obra, efectuando inspecções reflectidas em fotografias e filmes de vídeo.

As operações de afundamento dos caixotões, particularmente a sua implantação e o cumprimento das tolerâncias do projecto, foi assistida e verificada pela equipa de Topografia da Fiscalização, que permaneceu em obra durante o seu desenvolvimento.

Quanto à execução do manto de blocos Antifer de 200 kN, o projecto previa uma densidade de colocação de 29 unidades/100 m<sup>2</sup> e que este ficasse com uma disposição irregular, de molde tornar a sua superfície rugosa e assim melhorar o comportamento face aos galgamentos.

Para o efeito, foi elaborado inicialmente o respectivo plano de colocação.



Plano de colocação de blocos Antifer

Posteriormente, para controlar de forma precisa a colocação de blocos no molhe e o cumprimento do plano, era elaborado um registo de colocação diário que continha a ordem de colocação, o número de fabrico e as coordenadas de referência de colocação no molhe (fiada e alinhamento) de cada bloco.



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



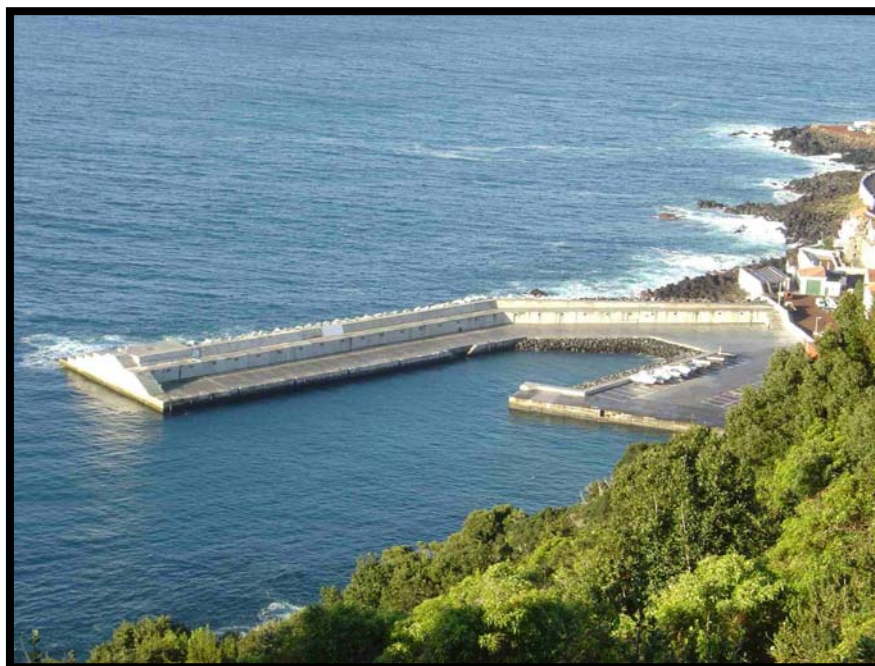
Manto de protecção em blocos Antifer de 200 kN

Refira-se ainda que, no caso dos caixotões da cabeça do molhe e dos blocos que constituem a infra-estrutura do cais, após a sua colocação foi feita a monitorização dos assentamentos, tendo as respectivas superestruturas sido iniciadas apenas após a estabilização desses elementos.

No caso das colunas do cais, foram utilizadas sobrecargas, de modo a acelerar o processo.



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



Obra concluída