

CÂMARA MUNICIPAL DE FARO

CONCEPÇÃO E PROJECTO DE EXECUÇÃO DE
UM PORTO DE ABRIGO PARA A PEQUENA
PESCA, NA ILHA DA CULATRA

PROJECTO DE EXECUÇÃO

VOLUME I

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
DESENHOS

DEZEMBRO 2005

CÂMARA MUNICIPAL DE FARO

CONCEPÇÃO E PROJECTO DE EXECUÇÃO
DE UM PORTO DE ABRIGO PARA A
PEQUENA PESCA, NA ILHA DA CULATRA

PROJECTO DE EXECUÇÃO

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

DEZEMBRO 2005

CONCEPÇÃO E PROJECTO DE EXECUÇÃO DE UM PORTO DE ABRIGO PARA A PEQUENA PESCA, NA ILHA DA CULATRA

PROJECTO DE EXECUÇÃO

Índice Geral

VOLUME I

- MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
- DESENHOS

VOLUME II

- CADERNO DE ENCARGOS
 - CLÁUSULAS GERAIS
 - CLÁUSULAS ESPECIAIS
 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
- MEDIÇÕES
- LISTA DE PREÇOS

VOLUME III

- ORÇAMENTO (não patenteadado a concurso)

CONCEPÇÃO E PROJECTO DE EXECUÇÃO DE UM PORTO DE ABRIGO PARA A PEQUENA PESCA, NA ILHA DA CULATRA

PROJECTO DE EXECUÇÃO

Equipa de Trabalho

NOME	FORMAÇÃO	TAREFA
Mário Teles	Eng.º Hidrógrafo	Direcção do Projecto; Oceanografia; Modulação Matemática
Machado dos Santos	Eng.º Hidrógrafo	Náutica, Hidrografia e Dragagens; Concepção e Organização do Plano de Água; Estruturas Marítimas Flutuantes
Patrício Júlio	Eng.º Civil	Concepção e Estruturas Marítimas Fixas; Especificações Técnicas
Sofia Costa Freire	Eng.ª Civil	Concepção e Estruturas Marítimas Fixas; Caderno de Encargos e Especificações Técnicas
Geadas Cabaço	Téc. Hidroinformática	Modelos Matemáticos; DTM
Bruno Machado	Desenhador	Desenho e Grafismo
Patrícia Bação	Secretária	Secretariado

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

CÂMARA MUNICIPAL DE FARO

**CONCEPÇÃO E PROJECTO DE EXECUÇÃO
DE UM PORTO DE ABRIGO PARA A
PEQUENA PESCA, NA ILHA DA CULATRA**

PROJECTO DE EXECUÇÃO

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

Nº DO CONTRATO: TL2651

Nº DO DOCUMENTO: 01.ME-S.002(0)

FICHEIRO: 265101MES0020.doc

DATA: 2005-12-30

REGISTO DAS ALTERAÇÕES		
Nº Ordem	Data	Designação

O COORDENADOR TÉCNICO:

Índice do documento

1	INTRODUÇÃO	5
1.1	Considerações gerais	5
1.2	Objectivos	6
2	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL E DAS ENVOLVENTES	8
2.1	Hidrografia	8
2.2	Marés e correntes de maré.....	8
2.3	Condições de acesso ao mar	10
2.4	Condições de abrigo.....	10
2.5	Natureza do fundo	11
2.6	Análise da dinâmica litoral	12
2.6.1	Modelação matemática da hidrodinâmica	12
2.6.2	Estimativa das tendências do transporte sedimentar	13
2.6.3	Conclusões.....	14
3	ARRANJO GERAL DO SECTOR MARÍTIMO.....	16
3.1	Descrição da área molhada.....	16
3.2	Descrição das obras marítimas	17
3.2.1	Obras de abrigo.....	17
3.2.2	Retenções periféricas.....	17
3.2.3	Rampa	18
3.3	Dimensionamento.....	18
3.3.1	Introdução.....	18
3.3.2	Regulamentos adoptados.....	18
3.3.3	Materiais utilizados	19
3.3.4	Acções.....	20
3.3.5	Breve descrição dos métodos de cálculo utilizados	24
3.3.6	Passadiço no topo da cortina	24
3.3.7	Cortina de estacas pranchas.....	27
3.4	Dragagens	29
3.4.1	Introdução.....	29
3.4.2	Dimensionamento.....	29
3.4.3	Destino dos materiais dragados	30
3.5	Descrição do material flutuante	31
3.5.1	Elementos de abrigo.....	31
3.5.2	Elementos de atracação.....	31
3.5.3	Elementos de acesso	32
4	INTERVENÇÃO NO SECTOR TERRESTRE	33

5	MONITORIZAÇÃO	34
6	PRAZO DE EXECUÇÃO	35

ANEXO I – RELATÓRIO DOS LEVANTAMENTOS

ANEXO II – RESULTADOS RELATIVOS À DINÂMICA LITORAL

- Modelação Matemática
- Transporte Litoral
- Acumulação Sedimentar

ANEXO III – CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

- Passadiço
- Cortina de estacas prancha

DESENHOS

1 Introdução

1.1 Considerações gerais

A elaboração do presente Projecto de Execução do Porto de Abrigo para a pequena pesca na Ilha da Culatra procurou satisfazer todos os pontos mencionados na Declaração de Impacte Ambiental (DIA), emitida pelo Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional a 14 de Novembro de 2005.

Nesse documento é dado parecer favorável à implementação da Solução B - Variante B1, condicionado à compatibilização do projecto com o Plano de Ordenamento da Orla Costeira (POOC) Vilamoura – Vila Real de Santo António, «*nomeadamente no que concerne à regulamentação das classes de espaço deste Plano na área de intervenção*».

Com efeito, o local previsto para a construção do porto de abrigo abrange áreas classificadas de *espaço lagunar de uso restrito* e de *espaço lagunar de uso condicionado*.

De acordo com o artigo 27º do Regulamento do POOC (aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 103/2005, de 27 de Junho), nas zonas marinhas classificadas de espaço lagunar de uso restrito são somente autorizadas actividades de pesca e apanha de espécies marinhas animais, de acordo com a legislação vigente para as referidas actividades, sendo interdita a instalação de qualquer tipo de construção, infra-estrutura ou equipamento.

O artigo 28.º do mesmo documento legal refere que nas zonas molhadas classificadas de espaço lagunar de uso condicionado é permitida a instalação de explorações ligadas à utilização dos recursos marinhos, desde que se revistam de carácter extensivo, não alterem substancialmente as condições naturais do meio e cumpram as condicionantes estabelecidas para os respectivos sectores de actividade.

O artigo 52.º do Regulamento prevê a existência de um núcleo de pesca e varadouro para a Ilha da Culatra - núcleo da Culatra, cuja localização na Planta Síntese do Plano coincide com o local previsto no Estudo Prévio para a solução B – variante B1. Segundo o Plano, um núcleo de pesca é composto por um conjunto de pequenas infra-estruturas marítimas e, ou terrestres, podendo estar ou não inserido num plano de água abrigado, integrando dispositivos de apoio à actividade pesqueira e

instalações de pesca que servem a frota de embarcações de pesca local ou costeira. Um varadouro é formado por uma frente de águas do mar e faixa de mar adjacente, natural ou construída, cuja geometria permite colocar embarcações em seco e se destina ao seu estacionamento.

Assim, apesar do POOC prever a construção de um núcleo de pesca para aquele local, procedeu-se no presente projecto à deslocação da infra-estrutura para Poente, ainda que ligeira, com o objectivo de minimizar a ocupação da área classificada de espaço lagunar de uso restrito, procedendo, deste modo, à compatibilização do projecto com o POOC, tendo havido simultaneamente o cuidado de não entrar na área da solução A, preterida no processo de Avaliação de Impacte Ambiental por ter associado impactes mais gravosos para o Ambiente.

Foram, ainda, integrados no Caderno de Encargos as medidas de minimização e planos de monitorização referidos na DIA.

Salienta-se que a emissão da autorização pela entidade competente para a concretização da obra está dependente da apreciação da conformidade do presente Projecto de Execução com a DIA. Essa apreciação será efectuada pela Autoridade de AIA com base no Relatório de Conformidade Ambiental do Projecto de Execução (RECAPE) a apresentar pela Câmara Municipal de Faro.

1.2 Objectivos

O Projecto foi elaborado de acordo com as seguintes especificações gerais estabelecidas pela CMF, quer através dos Termos de Referência do concurso, quer durante as reuniões com a CTA:

- a. Localização: na faixa ribeirinha norte do aglomerado populacional da Culatra, a nascente da ponte-cais existente; aproveitamento da topografia configurativa actual da zona utilizada pelos pescadores e salvaguarda do areal contíguo à ponte-cais a nascente, assim como da visibilidade da capela.
- b. Capacidade: abrigo para 193 embarcações, distribuídas pelas seguintes dimensões:
 - até 6 metros 87 (45%)
 - de 6 a 8 metros 90 (47%)
 - de 8 a 10 metros 5 (2,5%)

- de 10 a 12 metros 6 (3%)
- de cerca de 14 metros..... 5 (2,5%).

c. Infraestruturas marítimas:

- Estruturas de abrigo, confinando o plano de água
- Passadiços flutuantes, para atracação e estacionamento a nado
- Pontes de acesso
- Rampa ou Plano Inclinado, para varagem das embarcações
- Dragagem da doca e canal de acesso a uma cota de 1,5 metros abaixo do Zero Hidrográfico (ZH).

d. Infraestruturas terrestres

- Parque de hibernagem ou estacionamento a seco
- Área coberta para trabalhos com artes e aprestos

e. Arranjo geral da zona de intervenção e das envolventes compatível com a requalificação da frente marítima do aglomerado urbano e compreendendo a valorização e o arranjo de espaços públicos na mesma zona.

f. Valorização paisagística, patrimonial e ambiental local.

2 Caracterização do local e das envolventes

2.1 Hidrografia

O porto de abrigo ficará situado no sector norte da povoação, ocupando uma frente marginal sobre a ria de cerca de 250 metros de extensão (Desenho N.º 1), prolongando-se sobre esta em 150 metros na sua máxima profundidade. O limite poente da doca poderá ser materializado por um molhe de protecção e abrigo permitindo a conservação do actual areal situado a nascente da actual ponte-cais e contribuindo, mesmo, para o seu futuro enchimento.

O local oferece razoáveis condições de abrigo perante as situações mais adversas de vento e de agitação (quadrantes de sul), porquanto se situa no intradorso da ilha barreira da Culatra, naturalmente protegido do mar aberto de levante e de sudoeste.

A fim de obter os elementos actualizados da hidrografia dos locais e da topografia da faixa marginal próxima, encomendou-se à firma LHT, Levantamentos Hidrográficos e Topográficos, Lda., o conjunto de trabalhos de campo necessários à concepção e à implantação do projecto. Estes trabalhos foram levados a efeito no dia 10 de Novembro de 2003, constando o seu Relatório no Anexo I à presente Memória e constituindo a respectiva Prancheta de Levantamento o Desenho N.º 2. Entre as isobatimétricas aí representadas destacam-se, além da linha do Zero Hidrográfico (ZH), as da média das baixa-mares de águas vivas e da mais elevada preia-mar constituindo esta, por definição, a linha de costa.

Daí se infere que as sondas reduzidas se situam praticamente todas acima do Zero Hidrográfico (ZH), à excepção do limite norte do plano de água, onde as cotas se situam abaixo daquele, entre zero e um metro, o que obriga a dragagens significativas para o estabelecimento do porto e do seu canal de acesso.

2.2 Marés e correntes de maré

As marés na Ria Formosa, semi-diurnas como em toda a costa, têm amplitudes médias de cerca de 2 metros e níveis máximos próximos dos 3,7 metros. Os elementos de marés, extraídos da Tabela de Marés do Instituto Hidrográfico para 2003 interpolados entre as barras Nova e da Armona são os seguintes, expressos em metros:

PM Max.... 3,72
PM AV..... 3,35
PM AM 2,62
NM 2,00
BM AM 1,41
BM AV..... 0,59
BM min..... 0,30

Numa escala temporal alargada, os valores máximos ou mínimos de cada um dos elementos de maré indicados não ultrapassam 0,1 metros.

Podem ocorrer, no entanto, sobreelevações dos níveis da água, que poderão ser significativos no local da construção do porto, no caso de se conjugarem as condições meteorológicas nesse sentido negativas, traduzindo-se por uma preia-mar de águas vivas em situação de baixas pressões, chuva intensa e com vento oeste muito forte. Poderá, então, registar-se uma sobreelevação do nível do mar superior a 0,5 metros, o que significa ficar a água rasante da ponte cais e o conseqüente alagamento dos terrenos circundantes da igreja.

Relativamente às correntes, os canais e esteiros da ria canalizam as águas de enchente até ocorrer o alagamento das zonas de espraiado em fases próximas da PM; pelo contrário, as correntes de vazante correm inicialmente sobre as zonas de espraiado e destas para os canais ao longo das suas margens, apenas sendo confinadas em fases próximas da BM. Daí resulta que, nos canais, se observem em geral intensidades de enchente superiores às intensidades de vazante. Sendo esta uma norma observável para a ria nas suas zonas lagunares, não é, porém, tão visível para o local em estudo, apesar da reentrância espraiada que lhe está adjacente do lado nascente, conhecida por “regofa”. Ali, mercê de uma localização praticamente equidistante das duas principais fontes de alimentação da ria em água do mar, as barras Nova e da Armona, as correntes de maré são, em princípio, de intensidade máxima equivalente nos dois sentidos, raramente ultrapassando os 0,20 m/s (0,4 nós) ao nível da ponte-cais, ou seja, a uma distância de 150 metros para norte da frente ribeirinha do futuro porto.

2.3 Condições de acesso ao mar

Como foi referido anteriormente, o local de implantação do porto de abrigo situa-se sensivelmente a meia distância entre a Barra de Faro-Olhão, conhecida por Barra Nova e a Barra da Armona, esta quase exclusivamente praticada por embarcações de pesca de curto calado, como é o caso da maioria das residentes na Culatra.

As distâncias ao mar aberto na boca das barras são, respectivamente, de 2,6 milhas para a Nova e 2,8 milhas para a da Armona.

2.4 Condições de abrigo

O regime de ventos, estabelecido a partir das observações efectuadas na Estação Meteorológica de Faro, encontra-se resumido no quadro que a seguir se apresenta. Os valores correspondem às normais climatológicas – média de trinta anos consecutivos de registos – constantes da publicação “O Clima de Portugal” do Instituto de Meteorologia.

Relativamente à variação ao longo do ano, verifica-se uma uniformização das frequências nos meses de Inverno e um aumento das velocidades médias nesses meses.

Resumo anual do regime de ventos na Estação Meteorológica de Faro

Direcção	Intensidade Média (Km/h)	Frequência de Ocorrência (%)
N	10-15	7,1
NE	0-10	4,6
E	10-15	13,1
SE	0-10	8,3
S	15-20	7,3
SW	15-20	15,9
W	15-20	16,4
NW	10-15	12,7
Calmas		14,5

A altura da vaga de vento que pode ser gerada no local está associada à extensão da zona de geração na direcção de onde sopra o vento (“fetch”), à intensidade e à duração deste. A primeira representa-se no quadro seguinte para o local onde vai implantar-se o porto, enquanto as outras constam do quadro anterior.

Extensão dos “fetch” máximos para a Culatra

Direcção	Extensão em KM
N	3,0
NE	4,5
E	1,5
SE	0
S	0
SW	0
W	12,0
NW	4,0

Da leitura dos quadros anteriores ressalta que a elevada extensão do “fetch” a W, associada à maior frequência e intensidade dos ventos desse rumo, pode gerar agitação significativa provocadora de galgamentos ao nível da ponte-cais e da frente poente do porto de abrigo. Assim, se ocasionalmente se conjugarem uma preia-mar de águas vivas (“fetch” máximo durante duas horas centradas na da PM), com vento oeste de 40 km/h (11 m/s \approx 22 nós) soprando em permanência, poderá a zona ser fustigada por ondas de 1,0 metro de altura crítica e período de 3 segundos.

Daí o reforço da necessidade de proteger convenientemente o plano de água do porto, predominantemente do lado poente.

2.5 Natureza do fundo

Dado tratar-se de uma ilha barreira de natureza sedimentar marítima, os fundos são exclusivamente constituídos por areias médias, embora em alguns locais, visto tratar-se do intradorso, prevalecer um revestimento superficial de vasas. Não é, porém, o caso da área destinada à localização do porto de abrigo, pelo facto de ela constituir uma península e não uma reentrância acentuada. Com base na análise aos sedimentos efectuada em fase de Estudo de Impacte Ambiental (EIA), pode garantir-se que os fundos são compostos essencialmente por areias brancas.

Em fase de construção deve-se proceder a ensaios de prospecção geológica e geotécnica, de forma a definir com rigor as características dos fundos.

2.6 Análise da dinâmica litoral

A necessidade de caracterizar as correntes de maré e o transporte sedimentar na escala local da enseada da Culatra decorre das exigências inerentes à elaboração quer do Projecto quer do Estudo de Impacte Ambiental (EIA). Neste relatório avaliam-se os factores da dinâmica litoral susceptíveis de influenciar o Projecto, na medida em que este envolve necessariamente dragagens e obras marítimas.

2.6.1 Modelação matemática da hidrodinâmica

Para efectuar a análise do campo da velocidade da corrente de maré na escala da enseada da Culatra tornou-se necessário recorrer a um modelo em cuja malha de cálculo fosse possível representar os principais pormenores da linha de costa da zona e as próprias obras marítimas a projectar. Os elementos cartográficos e hidrográficos da zona bem como dos “lay-outs” definidos na fase anterior do Trabalho apontaram para a necessidade de adoptar dimensões da malha não superiores a 50 metros. Por esta razão optou-se por construir para o canal da Culatra um sub – modelo matemático encaixado no modelo matemático de escala regional da Ria Formosa da HIDROPROJECTO, com malha de dimensões 20x20 metros. Analisam-se na secção seguinte os resultados relevantes do modelo da Ria Formosa para o problema em análise e, na secção subsequente, os resultados obtidos com o modelo de escala local. Esses resultados, bem como a representação do domínio de cálculo e das condições de fronteira constam do Anexo II.

Resultados do modelo matemático da Ria Formosa

Este modelo está formulado numa malha de dimensões 100x100 metros. O seu domínio representa a totalidade do espaço lagunar e uma faixa oceânica até aproximadamente à batimétrica de 30 metros, ver Figura [1]. Na Figura [2] está representada a curva de maré que foi especificada como condição de fronteira oceânica. Nas Figuras [3] a [8] estão representados campos da velocidade na região de Faro – Olhão relativos a um período de maré, intervalados de 2 horas. Nas Figuras [9] e [10] estão representados os campos da velocidade e do transporte residuais, obtidos pela aplicação de um filtro numérico de marés semi – diurnas.

Destes resultados interessa sublinhar os seguintes aspectos: (1) as barras de Faro e da Armona estão interligadas por uma corrente residual com sentido anti-horário, que resulta de um avanço da fase de maré na barra da Armona relativamente à barra de Faro-Olhão. Deste fenómeno resulta que as correntes residuais no canal da Culatra

têm o sentido nascente – poente e as correntes residuais ao longo do sector oceânico da ilha da Culatra têm o sentido poente – nascente. (2) As correntes ao longo da ilha da Culatra são de reduzida intensidade, excepto nas vizinhanças das barras de Faro – Olhão e da Armona

Resultados do modelo Matemático do Canal da Culatra

O encaixe do sub – modelo do canal da Culatra no modelo da Ria Formosa está representado igualmente na Figura [1]. No entanto, para efeito de representação dos campos da velocidade, utilizou-se apenas a parte do domínio de cálculo indicada na Figura [11]. O sub – modelo de escala local está formulado numa malha de dimensões 20x20 metros, que permite representar a enseada e as obras marítimas previstas, bem como os recessos da costa interior da ilha. Os campos da velocidade instantânea, intervalados de 1 hora durante um período de maré estão representados nas Figuras [12] a [23], seguindo-se a representação dos campos da velocidade e do transporte residuais nas Figuras [24] e [25]. Estes resultados evidenciam, de novo, que: (1) ao longo de grande parte da ilha da Culatra a enchente corre ao poente e a vazante ao nascente, todavia a intensidade da corrente nas vizinhanças de terra é muito reduzida. (2) Embora a enseada da Culatra esteja situada entre duas extensas zonas de espraiados de maré, a poente e a nascente, o campo das correntes na enseada não sofre a influência dos processos de alagamento e de secagem dessas zonas.

2.6.2 Estimativa das tendências do transporte sedimentar

Estimativa do transporte litoral anual

Perante os reduzidos valores instantâneos da intensidade da corrente obtidos na proximidade de terra, forçoso é deduzir que, por si só, a corrente de maré não constitui factor de transporte de sedimentos não coesivos (areias) ao longo da ilha da Culatra, excepto nos sectores das barras de Faro – Olhão e da Armona. Cumulativamente, a reduzida intensidade das correntes residuais e, sobretudo, dos transportes residuais, implica que o transporte litoral de areias fique na estrita dependência das ondas incidentes, não havendo a reter, na prática, o transporte que resultaria de uma interacção entre as ondas na presença de correntes cujos valores residuais fossem significativos. No caso vertente, as ondas assumem a natureza de vaga de vento gerada no interior da Ria. A sua caracterização, feita numa secção anterior do relatório, mostra que as direcções provenientes dos quadrantes oeste são as predominantes e as dominantes. Por esta razão, o transporte litoral ao longo da

margem interior da ilha da Culatra tenderá a estabelecer-se, com pouca intermitência, de poente para nascente.

Esta asserção é corroborada pela análise das formas sedimentares na enseada e nas suas vizinhanças. As formas sedimentares típicas do litoral interior da ilha da Culatra são visíveis nas fotografias do Anexo II, cedidas pelo PNRF e que se seguem aos resultados dos modelos matemáticos. Das quatro formas características do transporte litoral, representadas na Figura [54] do mesmo anexo, a forma com sede na enseada da Culatra aproxima-se ou de uma *flecha* ou de uma *flecha com terminações em báculo*, indiciando um transporte sedimentar não desprezável, visto que a acumulação de areias é susceptível de produzir a refração das vagas.

Estima-se que esse fluxo sedimentar, referido à faixa de transporte com a largura de 100 metros, tenha intensidade compreendida entre 1000 e 5000 metros cúbicos por ano, com o valor médio de 2000 metros cúbicos por ano. Estas estimativas assentam na aplicação quer do método de Van Rijn ao cálculo do transporte de areias por ondas e ou correntes quer do método do CERC, ver quadros finais do Anexo II.

Estimativa da acumulação sedimentar junto ao esporão de intercepção

A estimativa do avanço da areia ao longo de um esporão perpendicular à linha de costa no local, visando a intercepção das areias do trânsito litoral – molhe poente do Porto de Abrigo – está indicada no Quadro seguinte. Nesta estimativa recorreu-se à aplicação do modelo BNSPN, modelo de “uma linha” de evolução da linha de costa de Pelnard-Considére. Foram ensaiadas quatro condições para efeito de análise de sensibilidade, das quais se extraíram os valores máximos e mínimos a seguir indicados.

Estimativa do enchimento do molhe poente

N.º de Anos	Avanço (m)	
	Mínimo	Máximo
1	3	15
5	8	40
10	10	50

2.6.3 Conclusões

Da análise da dinâmica litoral efectuada são de reter os seguintes factores com influência na elaboração do Projecto:

- As correntes de maré na enseada da Culatra e nas suas vizinhanças são de reduzida intensidade, não colocando, por essa razão, condicionamentos ao Projecto, designadamente no que se refere à manobra das embarcações na entrada e na saída do porto.
- Pelo contrário, a existência de um transporte litoral de areias, com resultante dirigida para nascente e intensidade média estimada em 2000 metros cúbicos por ano, tem implicações no Projecto, na medida em que se torna necessário prever obras de intercepção e a transposição das areias, bem como estimar o eventual esforço das dragagens de manutenção necessário para manter as profundidades na bacia portuária.
- As taxas estimadas de acumulação das areias junto ao molhe poente do Porto de Abrigo não produzem a sua saturação num prazo inferior a uma década. A linha de costa a poente do molhe tenderá a rodar no sentido directo e por essa razão, reduzir-se-á progressivamente o transporte litoral nesse sub-trecho de costa.

3 Arranjo geral do sector marítimo

3.1 Descrição da área molhada

O plano de água, com uma área total de 15 600 m² (1,56 ha), foi estabelecido de modo a abrigar cerca de 150 embarcações, 134 das quais atracadas a estruturas flutuantes, dispendo das condições suficientes para mobilidade nas manobras, ficando as restantes varadas na praia ou na rampa.

A área do plano de água será limitada a poente por uma estrutura fixa constituída por estacas-prancha justapostas cravadas no solo, estabelecendo uma cortina opaca do lado de onde provém a agitação significativa mais ocorrente e, ao mesmo tempo, perpendicular ao sentido da resultante do movimento sedimentar acumulado. O limite norte será constituído por uma linha de quebra-mares flutuantes (QMF) a qual, ao mesmo tempo que atenua a agitação provocada pelos ventos do quadrante noroeste permite, em condições normais, a atracação de embarcações no seu bordo interior. O limite sul será a linha de costa rectificadada em praia com talude de inclinação 1:4, que se estende para sotavento até à rampa varadouro a construir no canto sueste do porto de abrigo. O limite nascente será constituído por uma cortina de estacas prancha cuja raiz rematará na soleira superior da rampa e, em parte, constituirá a parede nascente daquela. Esta cortina oferecerá, naturalmente, protecção aos ventos e agitação de levante.

A rampa varadouro será constituída por um plano inclinado a 10% em chão de lajetas de betão, com 10 metros de largura e 50 metros de extensão, situando-se a soleira inferior 0,5 metros abaixo do ZH e a superior, 4,5 metros acima daquele.

A rampa, além da sua função de interface mais cómodo entre o plano de água e o estacionamento em seco, cumpre igualmente a função de receber a barça de transporte dos lixos que, periodicamente, vem à ilha efectuar a recolha.

Concebeu-se o estacionamento a nado das embarcações atracadas a passadiços flutuantes, de modo a poderem dispor-se ao longo deles, pelo menos aos pares (de braço dado), aproveitando no máximo possível a sua extensão em ambos os bordos.

A distribuição, em planta, dos QMF, passadiços e respectivas pontes de acesso consta no Desenho N^o 3, crendo-se traduzir o melhor aproveitamento possível, com segurança, imposto pela geometria do plano de água.

3.2 Descrição das obras marítimas

3.2.1 Obras de abrigo

Tendo em conta que a agitação marítima que incide na zona do porto de abrigo é gerada por ventos locais com “*fetches*” limitados, caracterizada por pequena altura e período curto, concebeu-se a implantação de uma cortina de abrigo do lado poente, que é o bordo de ataque não apenas dos ventos mais fortes, como aquele que pode apresentar maior extensão de incidência (“*fetch*”). Além desta função protectora da agitação, constituirá uma barreira ao transporte das areias resultante da dinâmica sedimentar (poente-nascente), assegurando a manutenção dos fundos estabelecidos na bacia e engrossando a praia a poente.

O lado nascente será delimitado por uma parede semelhante que confinará a área dragada e proporcionará abrigo aos ventos e agitação de levante.

No topo da cortina poente e em toda a sua extensão será instalado um passadiço com 2 m de largura, tabuleiro em madeira imputrescível, e uma guarda metálica no seu bordo interior, para proporcionar a segurança necessária ao acesso à linha do QMF (Desenhos N^os 3 e 4).

3.2.2 Retenções periféricas

No canto sudoeste do plano de água, torna-se necessário assegurar a contenção das terras relativamente compactadas à cota de + 4,5 metros, de modo a proporcionar uma área regularizada que permita não só a instalação da ponte de acesso ao passadiço flutuante de distribuição, como a definição do bordo superior e da parede sul da rampa varadouro.

Para esse efeito, a cortina de estacas prancha prolonga-se com o traçado indicado no Desenho N^o 3, vindo a ser rematada à distância de 5 metros para além do bordo útil com uma penetração de 5 metros, perpendicularmente à sua orientação.

Nestes troços, a cortina de estacas prancha será coroada por uma estrutura de blocos de betão armado com a adaptação adequada ao perfil das estacas, conforme consta no pormenor do Desenho N^o 4.

3.2.3 Rampa

No canto sueste da bacia será construída a rampa varadouro, consistindo num plano inclinado a 10%, de superfície rectangular (50x10 metros), com cotas de -0,5 m (ZH) na base e de + 4,5 m (ZH) no bordo superior, correndo paralelamente à cortina nascente de estacas prancha que constituirá a sua parede limite nesse bordo.

A estrutura da rampa será constituída por lajetas pré-fabricadas de betão, com 0,2 metros de espessura, abaixo da cota + 1 metro (ZH) e por lajes, com a mesma espessura, betonadas “in situ”, acima dessa cota.

As lajetas e lajes assentarão em base de pedra e tout-venant devidamente aparelhada, retida pelos taludes de enrocamento adequados no bordo inferior (nascente) e exterior (norte).

3.3 Dimensionamento

3.3.1 Introdução

A estrutura, a construir para o porto de abrigo da Ilha da Culatra, consiste basicamente numa cortina de estacas pranchas, encastrada no terreno e suportando no seu topo um passadiço metálico de 2 m de largura.

A cortina, destinada a suportar diferentes níveis de solo em cada uma das suas faces, é constituído por estacas pranchas metálicas de secção em Z interligadas entre si. Dependendo dos níveis do solo a suportar utilizar-se-ão diferentes secções para a cortina. Esta será, na maior parte do seu desenvolvimento, um muro em consola.

Quanto ao passadiço no topo da cortina, será constituído por uma série de vigas em perfis laminados de aço, dispostas perpendicularmente à cortina e apoiados nesta. Sobre estas vigas apoiarão vigas longitudinais (paralelas à cortina) as quais servirão de suporte às tábuas de madeira constituindo o pavimento do passadiço.

3.3.2 Regulamentos adoptados

NO DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS FOI ADOPTADA A REGULAMENTAÇÃO EM VIGOR EM PORTUGAL À DATA DA REALIZAÇÃO DO PROJECTO, OU SEJA:

A) ACÇÕES INCIDINDO SOBRE A ESTRUTURA E CRITÉRIOS DE VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA:

“REGULAMENTO DE SEGURANÇA E ACÇÕES PARA ESTRUTURAS DE EDIFÍCIOS E PONTES” (R.S.A.), DECº- LEI Nº 235/83 DE 31/05.

B) BETÃO ARMADO

“REGULAMENTO DE ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO E PRÉ-ESFORÇADO” (R.E.B.A.P.E.), DECº- LEI Nº 349-C/83 DE 30/07.

C) ESTRUTURAS METÁLICAS

“REGULAMENTO DE ESTRUTURAS DE AÇO PARA EDIFÍCIOS” (REAE), DECRETO-LEI Nº 211/86 DE 31/07.

3.3.3 Materiais utilizados

Salvo indicação em contrário, os materiais a utilizar na construção dos elementos estruturais são os seguintes:

- Aço laminado a quente em perfis, barras e chapas: S275 JR (NP EN 10.025 + A1) com resistência melhorada à corrosão (tipo cor-ten)
- Aço em parafusos: 4.6 (EN ISO 898)
- Aço em porcas: 4 (EN ISO 898)
- Aço em anilhas: DIN 7989 (para parafusos 4.6)
- Aço em parafusos de alta resistência: 10.9 (EN ISO 898)
- Aço em porcas: 10 (EN ISO 898)
- Aço em anilhas para HR: C45 (DIN 17200) (para parafusos de alta resistência)

- Betão: C35/45, classe de exposição 4, segundo a NP ENV 206 e ECL 3, segundo a especificação do LNEC E378.
- Aço em armaduras (varões): A400NR (*REBAP*)
- Aço em armaduras (malha electrosoldada): A500EL (*REBAP*)

O recobrimento das armaduras será, em geral de 30 mm, salvo indicação em contrário nas peças desenhadas.

3.3.4 Acções

3.3.4.1 Acções permanentes

Peso específico do betão armado.....	25,0 kN/m ³
Peso específico do betão simples.....	24,0 kN/m ³
Peso específico do aço.....	77,0 kN/m ³
Peso específico da madeira.....	6,0 kN/m ³

3.3.4.2 Pressão hidrostática da água

Pressão hidrostática 10,0 kN/m² (por metro)

3.3.4.3 Acções do terreno

Peso específico do terreno submerso.....	$\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$
Peso específico do terreno seco.....	$\gamma = 11,0 \text{ kN/m}^3$
Ângulo de atrito interno.....	$\phi = 33^\circ$
Coefficiente de impulso activo.....	$k_a = 0,295$

3.3.4.4 Sobrecargas de utilização

Será considerada a acção específica dos passadiços prevista no RSA:

Sobrecarga de utilização 4,0 kN/m²

($\Psi_0 = 0,4$; $\Psi_1 = 0,3$; $\Psi_2 = 0,2$) (Com $\Psi_2 = 0$ no caso da acção de base ser o sismo)

3.3.4.5 Vento

Foi considerada a acção do vento, tendo sido considerados os seguintes parâmetros:

- Localização: Zona eólica B
- Rugosidade: tipo II

($\Psi_0 = 0,4$; $\Psi_1 = 0,2$; $\Psi_2 = 0$)

Teremos então:

$$w_k = 1,08 \text{ kN/m}^2$$

A acção do vento foi considerada, de acordo com o RSA, actuando quer frontalmente à estrutura actuando sobre a secção longitudinal do passadiço, quer perpendicularmente ao seu pavimento, sendo neste caso tratada como se de uma “cobertura isolada” se tratasse.

Os coeficientes de forma utilizados foram os seguintes:

Vento frontal

No passadiço:

De acordo com o Anexo I - 3.3-b) do RSA, temos:

$$F_2 = 1,3.A.w \rightarrow w_{sd,2} = 1,3.0,14.1,08 = 0,197 \text{ kN /m}$$

(A = secção frontal exposta ao vento)

Ao valor desta pressão haverá ainda que, nos termos do Anexo I - 3.3-a) do RSA, adicionar uma força de atrito do vento sobre a superfície iguala a:

$$F_1 = 0,05.a.b.w \rightarrow w_{sd,1} = 0,05.2.1,08 = 0,108 \text{ kN/m}$$

Será então:

$$w_{sd} = 0,197 + 0,108 = 0,305 \text{ kN/m}$$

Vento vertical

De acordo com o quadro I-VII do RSA, temos, para $h/b < 1$, teremos:

$$\delta_{p,esq} = \pm 1,5 \rightarrow w_{esq} = \pm 1,5.1,08 = \pm 1,62 \text{ kN/m}^2$$
$$\delta_{p,dir} = \pm 0,5 \rightarrow w_{dir} = \pm 0,5.1,08 = \pm 0,54 \text{ kN/m}^2$$

3.3.4.6 Sismo

A acção dos sismos foi tida em consideração no dimensionamento, tendo sido considerados os seguintes parâmetros:

- Localização: Zona sísmica A ► $\alpha = 1$
- Tipo de terreno de fundação: tipo II ► $\beta_0 = 0,2\sqrt{f}$ ($0,5 \leq f < 4,0$) ou $\beta_0 = 0,4$ ($f \geq 4,0$)
- Coeficiente de comportamento η : 1,5
- Coeficiente de amortecimento ζ : 5%

A estrutura em questão terá uma frequência própria muito baixa, podendo esta ser avaliada pela expressão $f = 6b/h$, em que h é a altura da estrutura acima do solo e b a dimensão em planta segundo a direcção considerada.

Desta forma teremos:

$$f \approx 6 \times 0,5 / 6 = 0,5 \quad \beta_0 = 0,2\sqrt{f} = 0,2\sqrt{0,5} = 0,17$$

$$\beta = \beta_0 \alpha / \eta = 0,17 \cdot 1 / 1,5 = 0,11$$

Por cada m temos:

Peso próprio do pavimento de madeira: $0,03 \times 6 \times 2 =$	0,36 kN/m
Peso próprio da estrutura metálica:	0,37 kN/m
Peso próprio das guardas: $2 \times 0,26 \times 6 =$	<u>0,20 kN/m</u>
	0,93 kN/m

Acção sísmica global:

$$F_k = \beta h_i G_i \sum (G_i / \sum h_i G_i) = 0,11 \times 0,93 = 0,10 \text{ kN/m}$$

Esta acção horizontal é inferior à da acção horizontal do vento ($w_k = 0,305 \text{ kN/m}$), pelo que apenas esta será considerada nos cálculos subsequentes.

3.3.4.7 Combinação de acções

As acções foram combinadas de acordo com o estipulado no RSA, sendo indicados para cada uma das estruturas as combinações utilizadas.

As combinações fundamentais consideradas são as seguintes:

Em geral:

$$S_d = \sum \gamma_{gi} S_{Gik} + \gamma_{q1} [S_{Q1k} + \sum \psi_{0j} S_{Qjk}]$$

Para o caso de a acção variável de base ser o sismo:

$$S_d = \sum_i S_{Gik} + \gamma_q S_{EK} + \sum_j \psi_{2j} S_{Qjk}$$

Com:

S_{Q1k} = esforço resultante da acção variável considerada como base de combinação

S_{Q1k} = idem, para o caso da acção sísmica

S_{Qjk} = esforço resultante de uma acção variável distinta da acção de base da combinação

γ_{gi} = coeficiente de segurança relativo às acções permanentes

γ_q = coeficiente de segurança relativo às acções variáveis

Considerando ainda:

G = Acção permanente

S = Sobrecarga de utilização

W = Acção do vento

E = Acção do sismo

teremos:

Coeficientes ψ

	G	S	W	E
ψ_0		0,4	0,4	0
ψ_1		0,3	0,2	0
ψ_2		0,2 (0) ^(*)	0	0

(*) - 0 no caso de a acção de base da combinação ser o sismo

	Base	Combinações	G	S	W	E
1	-	1,5G	1,5	0	0	0
2	Sobrecarga	1,5(G+S)+0,6W	1,5	1,5	0,6 (=1,5x0,4)	0
3	Vento	1,5(G+W)	1,5	0,6 (=1,5x0,4)	1,5	0
4	Sismo	G+1,5E	1	0	0	1,5

3.3.5 Breve descrição dos métodos de cálculo utilizados

A estrutura de suporte do passadiço no topo da cortina foi calculada manualmente, elemento a elemento, utilizando os métodos de cálculo de Resistência de Materiais, ou recorrendo ao programa de análise estrutural FastFrame.

Para todos os estados de carga foi realizado um cálculo estático, supondo um comportamento elástico e linear dos materiais, com vista à obtenção de deslocamentos e esforços.

No cálculo da cortina de estacas pranchas utilizou-se um programa especialmente concebido para o efeito, o SPW 2005. Este programa assimila a cortina de estacas-prancha a uma viga com apoios elástico-plásticos do solo de ambos os lados, sendo o seu comportamento descrito pelas equações diferenciais:

$$\begin{aligned}d^2M/dz^2 &= -f \\d^2w/dz^2 &= -M/EI\end{aligned}$$

onde M é o momento, z a coordenada vertical ao longo da cortina (medida de cima para baixo), f é a carga lateral, w o deslocamento e EI a rigidez de flexão.

A carga lateral consiste nas pressões transmitidas pelo solo, de ambos os lados, e nas cargas concentradas provenientes de ancoragens ou qualquer outra acção externa.

As equações diferenciais são resolvidas numericamente, usando o método das diferenças finitas, com a subdivisão da cortina num número de elementos de igual comprimento.

3.3.6 Passadiço no topo da cortina

3.3.6.1 Pavimento

Como já anteriormente referido utilizar-se-á um pavimento de madeira, constituído por tábuas de solho de 30 mm de espessura. Estas tábuas estarão apoiadas em vigas longitudinais afastadas entre si de 1,00 m, funcionando assim como viga contínua de 2 vãos.

Teremos então:

$$\text{Peso próprio: } g = 6 \times 0,03 = 0,18 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sobrecarga: } s = 4,00 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Vento: } w = \pm 1,5 \cdot 1,08 = 1,62 \text{ kN/m}^2$$

$$I = be^3/12 = 1000 \times 30^3 / 12 = 2.250.000 \text{ mm}^4/\text{m} \text{ (2.250 mm}^4/\text{mm)}$$

Para combinações tomando como acção de base a sobrecarga, teremos:

$$q_{sd} = 1,5 \cdot (g + s + 0,4w) = 1,5 \cdot (g + s) + 0,6w$$

Resistência:

$$q_{sd} = 1,5 \cdot (0,18 + 4,00) + 0,6 \cdot 1,62 = 7,24 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{sd} = 7,24 \times 1,00^2 / 10 = 0,724 \text{ kN.m/m}$$

$$\sigma_{sd} = 6 \times 0,724 \times 10^6 / (1000 \times 30^2) = 4,8 \text{ MPa} < 10,5 \text{ MPa (pinho de 1}^{\text{a}} \text{ categoria, estruturas ao ar livre).}$$

Deformação:

Muito embora seja usual verificar a segurança das deformações para estados limites de curta duração (combinações frequentes), o que neste caso corresponderia à deformação provocada por $p_{def} = g + \psi_1 \cdot s + \psi_2 \cdot w = 0,18 + 0,3 \times 4 + 0 \times 1,62 = 1,38 \text{ kN/m}^2$ seguiremos neste caso o critério mais desfavorável de a fazer relativamente a $g + s = 4,18 \text{ kN/m}^2$:

$$\delta_{m\acute{a}x} = 0,0094 \cdot qL^4 / EI = 0,0094 \times 0,00418 \times 1000^4 / (10000 \times 2250) = 1,74 \text{ mm} = L/573 \text{ (OK)}$$

3.3.6.2 Vigas secundárias de apoio do pavimento

Estas vigas longitudinais apoiar-se-ão sobre vigas transversais afastadas de 2,52 m (=4x0,63 m) e serão contínuas de dois vãos. Utilizando perfis IPE 120, teremos:

Resistência (viga central):

$$g = 0,18 \times 1,00 + 0,104 = 0,284 \text{ kN/m} \rightarrow R_{q,m\acute{a}x} = 0,284 \times 2,52 \times 0,625 = 0,4473 \text{ kN};$$

$$M_{g,sd} = 0,125 \cdot g \cdot L^2 = 0,2254 \text{ kN.m/m}$$

$$s = 4 \times 1,00 = 4,0 \text{ kN/m} \rightarrow R_{s,m\acute{a}x} = 4 \times 2,52 \times 0,625 = 6,3 \text{ kN}; M_{s,sd} = 0,125 \cdot s \cdot L^2 = 3,1752 \text{ kN.m/m}$$

$$w = 1,62 \times 1,00 = 1,62 \text{ kN/m} \rightarrow R_{w,m\acute{a}x} = 1,62 \times 2,52 \times 0,625 = 2,5515 \text{ kN}; M_{w,sd} = 0,125 \cdot w \cdot L^2 = 1,286 \text{ kN.m/m}$$

$$q_{sd} = 1,5 \cdot (4 + 0,284) + 0,6 \times 1,62 = 7,398 \text{ kN/m} \rightarrow R_{qsd,m\acute{a}x} = 11,65 \text{ kN}; M_{sd} = 5,8725 \text{ kN.m}$$

$$\sigma_{sd} = 5,8724 \times 10^6 / 53.000 = 110,8 \text{ MPa} < 235 \text{ MPa (Utilizando IPE 120)}$$

Deformação (viga central):

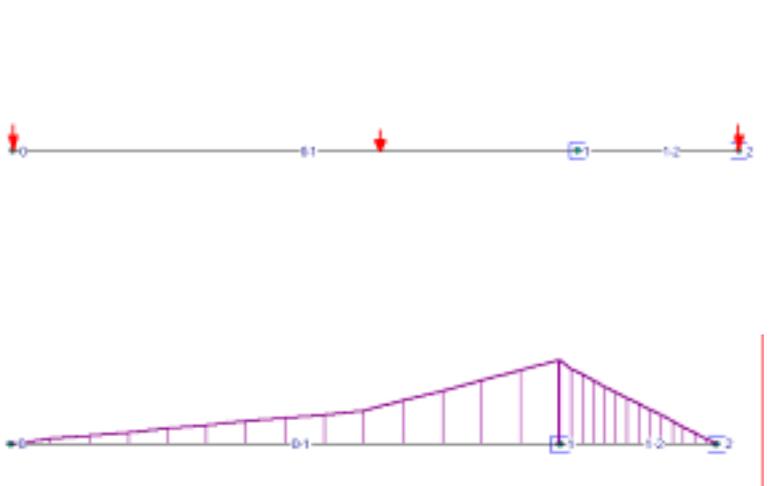
Para $q = g+s = 0,284 + 4 = 4,284 \text{ kN/m}$

$$\delta_{m\acute{a}x} = 0,006 \cdot qL^4/EI = 0,006 \times 4,284 \times 2520^4 / (206000 \times 3,18 \times 10^6) = 1,58 \text{ mm} = L/1592 \text{ (OK)}.$$

Para vigas laterais, apesar de estas terem de suportar apenas sensivelmente metade da carga da na viga central, utilizar-se-á o mesmo perfil (IPE 120).

3.3.6.3 Vigas transversais

Para acções verticais, consideraremos as vigas transversais como uma viga simplesmente apoiada numa viga de bordo e no vértice da estaca prancha, com um prolongamento em consola de 1,535 m e submetida à acção de 3 cargas concentradas, provenientes das vigas longitudinais secundárias.



Os esforços máximos serão (ver Anexo III):

$$M_{m\acute{a}x} = -30,357 \text{ kNm}$$

$$R_{m\acute{a}x} = +103,95 \text{ kN (vértice da estaca-prancha) e } -57,34 \text{ kN (viga de bordo)}$$

Seleccionando um IPE 200 teremos:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 30,357 \times 10^6 / 194000 = 156,5 \text{ MPa} < 235 \text{ MPa}$$

$$\delta_{m\acute{a}x} = 1,0 \times (6,748 / 11,65) \times (1282 / 1940) = 0,38 \text{ cm} = L/404$$

3.3.6.4 Guardas

As guardas terão 1,0 m de altura acima do pavimento e são constituídas por montantes em tubo ϕ 88,9x4,05 afastados entre si de 2,0 m, e barras intermédias horizontais em tubo ϕ 60,3x3,65. O corrimão será de ϕ 76,1x3,65.

De acordo com o artº 48º do RSA deverá considerar-se aplicada ao nível superior da guarda uma força $H_k = 1,5$ kN/m. Teremos então:

Corrimão (ϕ 76,1x3,65)

$$q_{Hsd} = 1,5 \times 1,5 = 2,25 \text{ kN/m}$$

$$M_{Hsd} = -2,25 \times 2^2 / 10 = 0,9 \text{ kN.m}$$

$$R_{Hsd} = -2,25 \times 2 \times 1,143 = 5,14 \text{ kN} \quad (R_H = 3,43 \text{ kN})$$

Pelo que teremos:

$$\sigma_{sd} = 0,9 \times 10^6 / 14400 = 62,5 \text{ MPa} < 235 \text{ MPa}$$

$$\delta = 0,0069 \cdot qL^4 / EI = 0,0069 \cdot 1,5 \cdot 2000^4 / (206.000 \times 546.000) = 1,47 \text{ mm} = L/1358$$

Montante (ϕ 88,9x4,05):

$$M_{Hsd} = -5,14 \times 1 = -5,14 \text{ kN.m}$$

$$\sigma_{sd} = 5,14 \times 10^6 / (21.900) = 234,7 \text{ MPa} < \sigma_y$$

$$\delta = HL^3 / 3EI = 3430 \cdot 1000^3 / (3 \times 2,06 \times 10^5 \times 974.000) = 5,69 \text{ mm} = H/175$$

3.3.7 Cortina de estacas pranchas

3.3.7.1 Introdução

Estas cortinas foram calculadas para várias situações de carga, apresentadas no Anexo III.

No caso da cortina a poente haverá que considerar no seu topo as acções que lhe são transmitidas pelo passadiço no seu topo. Estas são:

Peso próprio da estrutura metálica: 57,4 kg/m
Peso próprio da guarda: 20,9 kg/m
Peso próprio do pavimento de madeira: 36,0 kg/m
Total: 114,3 kg/m \approx 1,12 kN/m

Momento máximo no topo da consola: -30,36 kNm/m [para 1,5(G+S)+0,6W] ou -17,58 kNm/m [para G+S]

Também será introduzida a acção do vento sobre os troços expostos da cortina. No caso de uma exposição de 2,5 m teremos: $M_w = -1,2 \times 1,08 \times 2,5^2 / 2 = -4,05$ kNm/m

Na inserção das pontes de acesso haverá a considerar as reacções destas e o peso do maciço de apoio, ou seja:

$N_{\text{ponte}} = 15,0$ kN (numa largura de 1,5 m) \approx 10 kN/m
 $N_{\text{maciço}} = 37,5$ kN/m
 $M = 13,75$ kNm/m

3.3.7.2 Verificação das secções adoptadas

Cortina poente (zona mais desfavorável): $\delta_{\text{máx}} = 0,057 - 0,021 = 0,036$ m = H/167

$M_{\text{máx}} = 218,75$ kNm/m $\sigma_{\text{máx}} = 218,75 \times 10^6 / 5.015.000 = 43,6$ MPa (utilizando cortina AZ 50).

Cortina poente (zona corrente): $\delta_{\text{máx}} = 0,051 - 0,017 = 0,034$ m = H/176

$M_{\text{máx}} = 94,58$ kNm/m $\sigma_{\text{máx}} = 94,58 \times 10^6 / 2.455.000 = 38,5$ MPa (utilizando cortina AZ 25).

Cortina nascente (secção corrente): $\delta_{\text{máx}} = 0,04 - 0,025 = 0,025$ m = H/240

$M_{\text{máx}} = 56,21$ kNm/m $\sigma_{\text{máx}} = 56,21 \times 10^6 / 2.455.000 = 22,9$ MPa (utilizando cortina AZ 25).

Cortina sul: $\delta_{\text{máx}} = 0,061 - 0,024 = 0,037$ m = H/162 (para uma acção horizontal no topo de 10 kN/m)

$M_{\text{máx}} = 257,08$ kNm/m $\sigma_{\text{máx}} = 257,08 \times 10^6 / 5.015.000 = 51,3$ MPa (utilizando cortina AZ 50).

Verificação do maciço no topo ao escorregamento:

$Vt \tan \phi' / H = 37,5 \cdot \tan(33^\circ \times 2/3) / 10 = 1,52$ (OK)

3.4 Dragagens

3.4.1 Introdução

Se bem que a dragagem deva ser considerada como obra marítima será, no caso presente, tratada separadamente, pelo facto de o processo construtivo a seguir com a opção das estacas-prancha, aconselhar a que estas sejam cravadas antes do estabelecimento da bacia interior que elas, em parte, delimitam.

3.4.2 Dimensionamento

A bacia portuária, a estabelecer conforme as especificações do caderno de encargos à cota de 1,5 metros abaixo do ZH será configurada, no enraizamento das estacas-prancha, obviamente sem talude e, no lado norte, transparente (quebra-mares flutuantes), com um talude de inclinação [1:4]; igualmente adoptada na configuração do troço de praia que constitui o limite sul.

De modo semelhante, o canal de acesso à entrada do porto, com planta em forma de funil alargando para o exterior, será estabelecido à mesma cota até ao limite da isobatimétrica natural de 1,5 metros, limitado por taludes com inclinação [1:4].

Os cálculos dos volumes de sedimentos a dragar foi efectuado através da construção do modelo digital do terreno (DTM), com base num levantamento hidrográfico executado expressamente para este efeito no dia 10 de Novembro de 2003, comparando-o com a configuração futura estabelecida para a bacia e canal. A prancheta resultante deste levantamento hidrográfico e completagem topográfica adjacente constitui o Desenho N.º 2 e o respectivo Relatório dos trabalhos de campo constitui o Anexo I à presente Memória.

O resultado da aplicação informática em DTM conduz a um volume total de dragagem de 49 500 metros cúbicos, que corresponderá a um período de 21 dias, necessitando a plataforma terrestre e algumas envolventes um volume de cerca de 14 000 metros cúbicos para o seu preenchimento, de forma a estabelecer uma cota uniforme de 4,5 metros acima do ZH.

A planta e os perfis de dragagem constituem o Desenho N.º 5.

3.4.3 Destino dos materiais dragados

A selecção dos locais para deposição dos materiais dragados depende, fundamentalmente, da qualidade físico-química dos sedimentos. Efectivamente, o Despacho Conjunto dos Ministérios do Ambiente e Recursos Naturais e do Mar, de 21.06.1995, estipula as possíveis formas de eliminação dos materiais dragados, em função do seu grau de contaminação por metais (Arsénio, Cádmio, Crómio, Cobre, Mercúrio, Chumbo, Níquel e Zinco) e por compostos orgânicos (PCB, PAH e HCB).

Os resultados das análises físico-químicas efectuadas aos sedimentos do local em estudo indicam que os materiais a dragar são compostos, maioritariamente (mais de 95%), por areias. A presença de siltes e de argilas não tem, praticamente, expressão.

A avaliação da qualidade química dos sedimentos, efectuada com base na classificação de materiais dragados de acordo com o grau de contaminação presente em metais e compostos orgânicos do Despacho Conjunto dos Ministérios do Ambiente e Recursos Naturais e do Mar, de 21 de Junho de 1995, revela que os sedimentos integram-se todos na classe 1, ou seja, não se apresentam contaminados por metais pesados nem por compostos orgânicos. Por se tratar de material isento de contaminação, pode ser *“depositado no meio aquático, reposto em locais sujeitos a erosão ou pode ser utilizado para alimentação de praias sem normas restritivas”*.

Assim, considerou-se pertinente utilizar os sedimentos para constituir o terrapleno que limita o portinho a sul, para regularização do talude de praia com a inclinação de [1:4], bem como reintroduzi-los no sistema de circulação sedimentar, nomeadamente na alimentação artificial de praias.

De acordo com os volumes calculados, cerca de um terço do total dos dragados será aplicado no aterro para regularização de pavimentos à cota de 4,5 metros e os restantes dois terços enviados para a zona contígua de nascente, visto o transporte litoral, embora pouco significativo, se processar no sentido W → E.

Se for aplicado um coeficiente de redução de volume, devido à compactação, da ordem dos 15%, necessitar-se-á em terra de $14\ 000 \times 1,15 = 16\ 100\ m^3$, ou seja cerca de 33% do volume total a dragar ($49\ 500\ m^3$).

3.5 Descrição do material flutuante

3.5.1 Elementos de abrigo

O lado norte da bacia portuária é materializado por uma linha de quebra-mares flutuantes (QMF) de porte adequado a tranquilizar eficientemente o plano de água quando ocorrem ventos do quadrante noroeste e do norte coincidentes com a situação de “fetch” máximo (preia-mar).

A linha de QMF é constituída pela justaposição de 6 módulos de 20 metros de comprimento e 3,8 metros de largura, de modo a perfazer uma cortina de 120 metros, suficiente para proporcionar o abrigo desejado para o plano de água. O canal de acesso conflui imediatamente a nascente do topo da cortina.

Os módulos de QMF deverão obedecer a dimensões e especificações equivalentes aos QMF3820 da Lindley.

3.5.2 Elementos de atracação

Como já foi anteriormente referido, o estacionamento das embarcações no porto processar-se-á por atracação de braço dado a passadiços flutuantes, dispostos da forma representada no Desenho N.º 3, que foi a que se julgou mais conveniente para o aproveitamento do espaço disponível, de geometria não rectangular, de modo a acolher 134 embarcações com suficiente espaço para as manobras.

Os acessos aos postos de atracação processar-se-á através de uma linha de passadiços de distribuição, ancorados à cortina de estacas-prancha por meio de um acoplamento constituído por elementos de chumaceiras em roletes, que deslizam sobre vigas em I soldadas verticalmente às estacas.

As linhas de passadiços de atracação que dispõem perpendicularmente à linha de distribuição serão ancoradas pelo sistema de poitas e marras.

Os conjuntos movimentam-se, portanto, livremente na vertical de acordo com o nível da água (maré).

Os passadiços de acesso aos postos de atracação devem ser constituídos por módulos iguais, num total de 7, tendo sido adoptado como referência o modelo SP2 do

Sistema Sagres + da Lindley, a cujas dimensões e especificações o material efectivamente aplicado deverá ser equivalente. Para os restantes 25 módulos de passadiços que servem de postos de atracação adopta-se como referência o modelo SP2 do Sistema Sagres da Lindley, a cujas dimensões e especificações o material efectivamente aplicado deverá ser equivalente.

3.5.3 Elementos de acesso

Como os quebra-mares flutuantes podem proporcionar, além da sua função primordial, de protecção, uma boa plataforma para atracação em ocasiões de aceitável tranquilidade, terão de ser acessíveis a partir de terra às tripulações das embarcações que aí venham a atracar. Essa ligação será estabelecida pelo passadiço que coroa a cortina poente de estacas-pranchas em forma de platibanda e, na sua extremidade mais ao mar, por uma ponte de acesso de cerca de 10 metros de comprimento por 1,5 metros de largura, que fará charneira num patim metálico rematando o coroamento e que assentará no primeiro módulo de QMF por roletes e pestana.

A ligação ao passadiço de distribuição/atracação será efectuada por idêntica ponte de acesso, disparando, directamente do topo superior da cortina de retenção onde se aplicará a sua charneira.

Conforme se poderá inferir da leitura do Desenho N.º 3, serão, assim, necessárias duas pontes de acesso de características semelhantes às das oferecidas pela MICAL-LINDLEY, desde que apresentem uma capacidade de sobrecarga mínima de 2,5 kN/m².

4 Intervenção no sector terrestre

Enchimento e nivelamento à cota de +4,5 m (ZH) de um terraplano limitando o portinho a sul, assim como à regularização de um talude de praia com a inclinação de [1:4]. Para o efeito serão utilizados, dentro das possibilidades, os materiais (areias) provenientes da dragagem.

5 Monitorização

Fazem parte da empreitada a monitorização da qualidade do ambiente sonoro bem como o acompanhamento ambiental da obra, tendo como principal objectivo verificar o cumprimento de medidas de minimização ambiental.

Para este efeito, exige-se em fase de construção, um plano de monitorização da qualidade do ambiente sonoro e a caracterização da qualidade da água superficial na área a intervencionar.

Após a conclusão da obra deve proceder-se à caracterização da qualidade dos sedimentos.

Cada plano de monitorização a desenvolver deve cumprir as condições indicadas nas cláusulas especiais do caderno de encargos.

6 Prazo de execução

Para a concretização da obra, prevê-se uma duração de 7 (sete) meses. Subdividindo-se num período de 6 meses e num período de um mês (inicial) para o fabrico das estacas prancha, escalonado segundo o Faseamento que consta no quadro da página seguinte.

Nº	DESCRIÇÃO	M1			M2			M3			M4			M5			M6			M7																	
		-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32			
1	Consignação	●																																			
2	Encomenda e fabrico das estacas																																				
3	Mobilização e instalação do estaleiro																																				
4	Cravação das estacas-prancha																																				
5	Solidarização da cortina e construção do passadiço																																				
6	Dragagem e aterros																																				
7	Adjudicação e construção do material flutuante																																				
8	Instalação e fixação dos QMF																																				
9	Instalação e solidarização dos passadiços flutuantes																																				
10	Regularização, compactação e construção de taludes em terra																																				
11	Conclusão																																				↓