



ASSOCIAÇÃO NAVAL DO GUADIANA

EMPREITADA DE AMPLIAÇÃO E REQUALIFICAÇÃO DO PORTO DE RECREIO DO GUADIANA (PRG) EM VILA REAL DE SANTO ANTÓNIO

VOLUME 1 - PROJETO DE EXECUÇÃO TOMO I - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

MARÇO, 2025

EMPRESA CERTIFICADA

eic

ISO 9001

Qualidade

certificação
acreditada

IPAC



CONSULMAR

Projectistas e Consultores, Lda.

ASSOCIAÇÃO NAVAL DO GUADIANA**EMPREITADA DE AMPLIAÇÃO E REQUALIFICAÇÃO DO PORTO DE RECREIO DO
GUADIANA (PRG) EM VILA REAL DE SANTO ANTÓNIO****(0.1284.01)****VOLUME 1 - PROJETO DE EXECUÇÃO
TOMO I - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA****CONTROLO****VERSÃO INICIAL**

Data do documento	Autor (sigla)	Responsável pela revisão (sigla)	Responsável pela verificação e aprovação (sigla)
Março, 2025	JMB	LAL	LAL

ALTERAÇÕES

Versão n.º	Data	Responsável pela alteração (sigla)	Responsável pela revisão (sigla)	Responsável pela verificação e aprovação (sigla)	Observações

ASSOCIAÇÃO NAVAL DO GUADIANA

**EMPREITADA DE AMPLIAÇÃO E REQUALIFICAÇÃO DO PORTO DE RECREIO DO
GUADIANA (PRG) EM VILA REAL DE SANTO ANTÓNIO**

PEÇAS DO PROCEDIMENTO

ÍNDICE GERAL

VOLUME 1 – PROJETO DE EXECUÇÃO

TOMO I – PEÇAS ESCRITAS

TOMO II – PEÇAS DESENHADAS

TOMO III – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

VOLUME 2 – MAPA DE MEDIÇÕES E DE QUANTIDADES DE TRABALHO

**VOLUME 3 – PLANO DE PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO
E DE DEMOLIÇÃO**

VOLUME 4 – PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE

TOMO I – PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE EM PROJETO

TOMO II – COMPILAÇÃO TÉCNICA

ÍNDICE DO TEXTO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - ENQUADRAMENTO E ÂMBITO DO PROJETO DE EXECUÇÃO	3
3 - SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA	5
3.1 - Localização da zona em estudo.....	5
3.2 - Porto de Recreio Existente.....	6
4 - RESUMO DA CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES/CONDICIONANTES LOCAIS.....	8
4.1 - Considerações iniciais	8
4.2 - Geologia e natureza dos fundos.....	8
4.3 - Hidrografia	8
4.3.1 - Situação Atual	8
4.3.2 - Evolução dos fundos	9
4.4 - Regime de Ventos	10
4.5 - Escoamento a jusante de Pulo do Lobo	10
4.6 - Marés e níveis do rio	11
4.6.1 - Maré Astronómica	11
4.6.2 - Estimativa do nível da superfície do mar em condições de temporal	11
4.7 - Medições de corrente no estuário entre 2008 e 2014	12
4.8 - Agitação Marítima no Local	14
4.8.1 - Penetração da agitação marítima no estuário do Guadiana	14
4.8.2 - Agitação gerada pela ação de ventos locais	15
4.8.3 - Ondas de esteira geradas pela circulação de embarcações	15
5 - DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO DE EXPANSÃO DO PORTO DE RECREIO DO GUADIANA.....	16
5.1 - Fase prévia à conceção	16
5.2 - Descrição da solução selecionada.....	19
5.2.1 - Considerações Gerais.....	19
5.2.2 - Descrição da solução selecionada e trabalhos associados	20
6 - BASES DE CÁLCULO DO EQUIPAMENTO FLUTUANTE	29
6.1 - Considerações gerais.....	29
6.2 - Vida útil da obra.....	29
6.3 - Informação de base topo-hidrográfica e da natureza dos fundos.....	29
6.4 - Elementos sobre níveis de água.....	30
6.5 - Quebra-mares Flutuantes, Passadiços Flutuantes e “Fingers”	30

6.5.1 - Características técnicas dos materiais dos elementos de fixação	30
6.5.2 - Ações	31
6.5.3 - Verificação da flutuabilidade e estabilidade dos passadiços	33
6.5.4 - Verificação da segurança das estruturas	33
6.6 - Esquema indicativo de calculo das estruturas de fixação.....	34
6.7 - Ensaio de carga	39
6.8 - Nota final.....	40

ANEXO I – CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES NATURAIS

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 – Localização do Porto de Recreio do Guadiana (PRG), em Vila Real de Santo António (Google Earth – Abril 2024).....	5
Fig. 2 – Área da concessão para expansão do PRG (DOCAPESCA, 2021)	6
Fig. 3 – Composição dos levantamentos na área de concessão para a expansão do PRG ...	9
Fig. 4 – Localização do ADP imediatamente a jusante da área em estudo	12
Fig. 5 – Perfis de corrente no ADP para 9 registos distintos (em 2009 e 2013).....	13
Fig. 6 – Arranjo geral do projeto realizado em 2009.....	16
Fig. 7 – Desenho esquemático da atuação das forças (perpendiculares ao plano da imagem) sobre as estacas de guiamento – perfil transversal	37
Fig. 8 – Desenho esquemático da atuação das forças sobre as estacas de guiamento – planta	38

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Caracterização da Frota Existente no PRG.....	7
Quadro 2 – Caracterização da frota adicionada ao existente na Fase 1A.....	24
Quadro 3 – Caracterização da frota adicionada ao existente na Fase 1B.....	27
Quadro 4 – Valores de espessura de sacrifício de previsão da corrosão do aço.....	30

ÍNDICE DE DESENHOS

Des. 1 Localização e Situação de Referência – Planta e Pormenores	(O.1284.01_PE_HM_01_0)
Des. 2 Demolições, Remoções e Dragagens – Planta e Pormenores	(O.1284.01_PE_HM_02_0)
Des. 3 Fase 1A – Planta e Corte Tipo	(O.1284.01_PE_HM_03_0)
Des. 4 Fase 1B – Construção após Fase 1A – Planta e Corte Tipo	(O.1284.01_PE_HM_04_0)
Des. 5 Construção Total (até 350 m Jusante) – Planta e Corte Tipo	(O.1284.01_PE_HM_05_0)
Des. 6 Acessos – Planta, Cortes e Pormenores (1/2)	(O.1284.01_PE_HM_06_0)
Des. 7 Acessos – Planta, Cortes e Pormenores (2/2)	(O.1284.01_PE_HM_07_0)

1 - INTRODUÇÃO

O presente documento constitui a Memória Descritiva e Justificativa, **Tomo I do Volume 1 - Projeto de Execução da “Empreitada de Ampliação e Requalificação do Porto de Recreio do Guadiana”** (PRG), localizado em Vila Real de Santo António, na margem direita do trecho final do estuário do rio Guadiana.

A realização deste Projeto de Execução reflete a ponderação de várias alternativas para o novo layout, sendo assim antecedida por um processo da estabilização do arranjo geral dos postos de estacionamento flutuantes e das estruturas de abrigo do respetivo plano de água. Foram também considerados diferentes sistemas de guiamento e amarração, bem como se estimaram as principais ações a que as várias estruturas estarão sujeitas consoante a sua implantação.

As principais condicionantes ao desenvolvimento deste projeto são:

- Parte dos equipamentos flutuantes com implantação consideravelmente exposta às correntes e sistema de amarração fundados sobre profundidades elevadas;
- Projeto a ser desenvolvido em duas fases, o que condiciona os sistemas de amarração a adotar para facilitar os processos construtivos posteriores;
- Condições geotécnicas de fundação pouco favoráveis (aluviões argilo-siltosos e arenosos);
- Condições de fronteira terrestre e área de implantação limitada.

Ao contrário do atual porto de recreio que se implanta reentrante à margem, parcialmente resguardado das correntes e exposto apenas a ventos moderados, a zona de expansão, embora seja a mais óbvia e a única possível, apresenta-se muito mais exposta à ação das correntes bi-diárias de enchente e vazante.

Além disso, em parte da zona de expansão, as profundidades são também maiores, encontrando-se estacas implantadas a cotas que atingem o (-4.0 m), o (-5.0 m) e o (-6.0 m) ZH, ficando os sistemas de amarração não só sujeitos a maiores ações como sujeitos a maiores braços, e consequentemente a maiores momentos fletores, tensões e deslocamentos.

É também nesta zona que o talvegue do rio se desloca para junto da margem, coincidindo a mesma com a zona de maiores correntes, razões que obrigam a estruturas de amarração mais resistentes, consequentemente mais caras e que necessitarão de mais manutenção, principalmente a zona de implantação da Fase 1B.

Para efeito do abrigo do plano de água das ondas geradas pelo vento local e pela passagem de embarcações, estão previstos dois quebra-mares flutuantes amarrados por poitas e correntes, enquanto os postos de estacionamento flutuantes serão guiados por estacas.

Para maximizar o número de postos de acostagem, em todos estes equipamentos prevê-se acostagem de embarcações, quer nos passadiços flutuantes quer nos quebra-mares, que têm ligação entre si, mas uns não tem liberdade de movimentos horizontais (passadiços flutuantes) e os outros sim (quebra-mares), razão pela qual as estruturas de ligação entre estes elementos terão de permitir deslocamentos diferenciais no plano horizontal, sem introduzir esforços uns nos outros.

Conforme indicado, prevê-se o faseamento da expansão do porto de recreio em duas fases distintas – Fase 1A e Fase 1B – embora não esteja excluída a possibilidade de realizar a construção total até ao limite jusante da área concessionada (sensivelmente a 350 m a jusante do atual limite do PRG) numa empreitada única.

Optou-se por amarração do quebra-mar transversal da Fase 1A também com correntes e poitas, por ser um sistema mais fácil de desmontar e deslocar, aquando da execução da Fase 1B, do que estacas, embora neste as estacas fossem mais adequadas para evitar deslocamentos diferenciais significativos entre o passadiço e ponte de acesso (fixos) e o quebra-mar flutuante transversal (móvel).

Dadas as elevadas ações e solicitações a que os sistemas de amarração estarão sujeitos, muito variáveis consoante a sua implantação mais próxima ou mais afastada da margem e devido igualmente às condições desfavoráveis de fundação (aluviões argilo-siltosos e arenosos), para efeitos da demonstração pelo instalador da capacidades resistente integral dos seus equipamentos, estabelece-se igualmente neste Projeto de Execução, não só a definição das bases de cálculo e critérios de dimensionamento, mas também o princípio dos ensaios de carga a realizar, a definir em função da disposição final definida pelo instalador selecionado.

Destaca-se igualmente que, devido a exiguidade de espaço, resultante das condições de fronteira terrestre e área de implantação limitada, a comunicação a terra só se pode fazer em condições de conforto e segurança, por uma única ponte de acesso (excluindo a de serviço) que apoia em terra e no quebra-mar flutuante transversal amarrado por correntes e poitas, sendo que esta também deverá permitir vários graus de liberdade para poder acomodar os deslocamentos do quebra-mar flutuante sem introduzir esforços na mesma.

2 - ENQUADRAMENTO E ÂMBITO DO PROJETO DE EXECUÇÃO

O presente projeto de execução é realizado para a Associação Naval do Guadiana (ANG), que detém a concessão de exploração do referido porto de recreio, fazendo parte de um conjunto de trabalhos adjudicados à Consulmar, Projetistas e Consultores, Lda. que inclui igualmente a realização do **Estudo de Impacte Ambiental** associado a este projeto de execução.

Na sequência da ampliação da concessão do direito de exploração de uma área adicional de 24 000 m² no plano de água e 400 m² na zona terrestre à ANG pela Docapesca, SA (entidade com a jurisdição sobre esta zona), o Porto de Recreio do Guadiana (PRG) passou a poder ser expandido para uma faixa máxima com pouco menos de 70 m de largura relativamente à margem e extensão máxima de cerca de 350 m para jusante do limite sul da sua atual configuração.

A entidade concessionária (ANG), promotora deste projeto, tem o objetivo de utilizar esta nova área para expandir a capacidade da frota do PRG sobretudo para receber mais embarcações de recreio com comprimentos entre os 11 e os 15 m (Classe IV e Classe V), relativamente às quais tem uma longa lista de pedidos de nautas a aguardar disponibilidade para aqui estacionarem as suas embarcações em permanência.

Este projeto tem por objetivo a conceção e desenvolvimento da expansão da capacidade de estacionamento no plano de água do PRG através da instalação de infraestruturas flutuantes que definam canais de circulação e lugares de estacionamento de dimensão adequada à manobra e estacionamento de embarcações com comprimentos L_{ff} até 15 m, a qual será planeada para execução em duas fases distintas:

- Fase 1A, caracterizada pela ocupação no imediato de apenas uma parte da área concessionada, com cerca de 240 m;
- Fase 1B, a realizar num prazo temporal mais alargado, na qual se pretende ocupar a totalidade da área concessionada, ocupando assim a totalidade dos 350 m de faixa ribeirinha com infraestruturas flutuantes para estacionamento de embarcações.

Não obstante se ter concebido o presente projeto de expansão do PRG com base no faseamento do investimento realizado, tal não inviabiliza que se execute numa só empreitada a totalidade da expansão nos 350 m da faixa concessionada, pelo que se inclui nas Peças Desenhadas um desenho dedicado à construção total da nova área.

O presente projeto de execução, nas suas várias peças de procedimento – não apenas a presente Memória e seu Anexo (Tomo I), mas igualmente nas Peças Desenhadas (Tomo II) e Especificações Técnicas (Tomo III) deste Volume 1, bem como nos restantes volumes, como o Mapa de Medições e Quantidades de Trabalho (Volume 2), o Plano de Prevenção e Gestão

de Resíduos de Construção e de Demolição (Volume 3) e os tomos do Plano de Segurança e Saúde e da Compilação Técnica (Volume 4).

3 - SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA

3.1 - Localização da zona em estudo

O Porto de Recreio do Guadiana (PRG), em Vila Real de Santo António, localiza-se na margem direita do trecho final do estuário do Guadiana, sensivelmente a 2 km para montante da foz deste no Oceano Atlântico. Encontra-se implantada numa extensão parcialmente escavada na margem, a qual dista cerca de 600 m para jusante da boca de entrada na bacia do porto de pesca de Vila Real de Santo António (igualmente implantado em bacia escavada na margem).

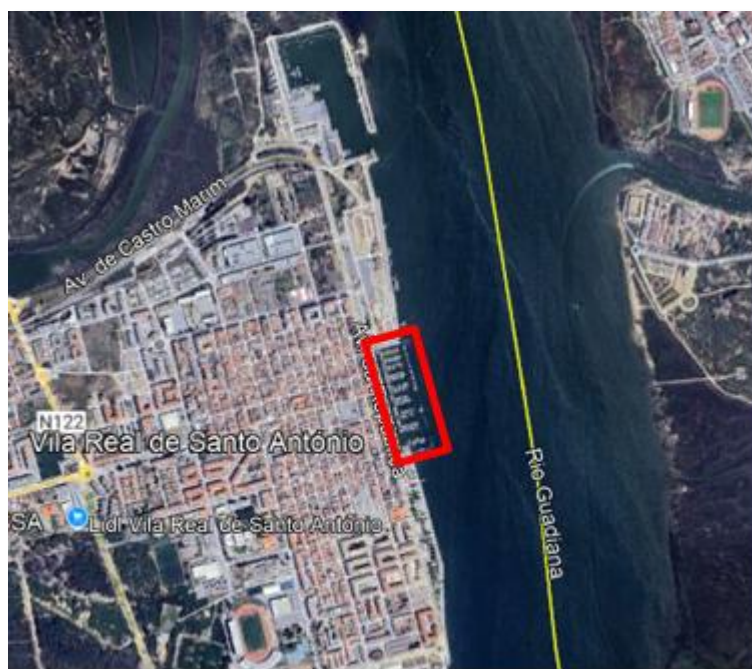


Fig. 1 – Localização do Porto de Recreio do Guadiana (PRG), em Vila Real de Santo António (Google Earth – Abril 2024)

O presente projeto de execução da nova extensão do PRG, conforme a área concessionada pela Docapesca à Associação Naval do Guadiana (ANG) para este efeito, prevê a expansão para jusante da atual localização até 300 m do atual Quebra-Mar Flutuante Sul, numa área total de 24.000 m² no plano de água.

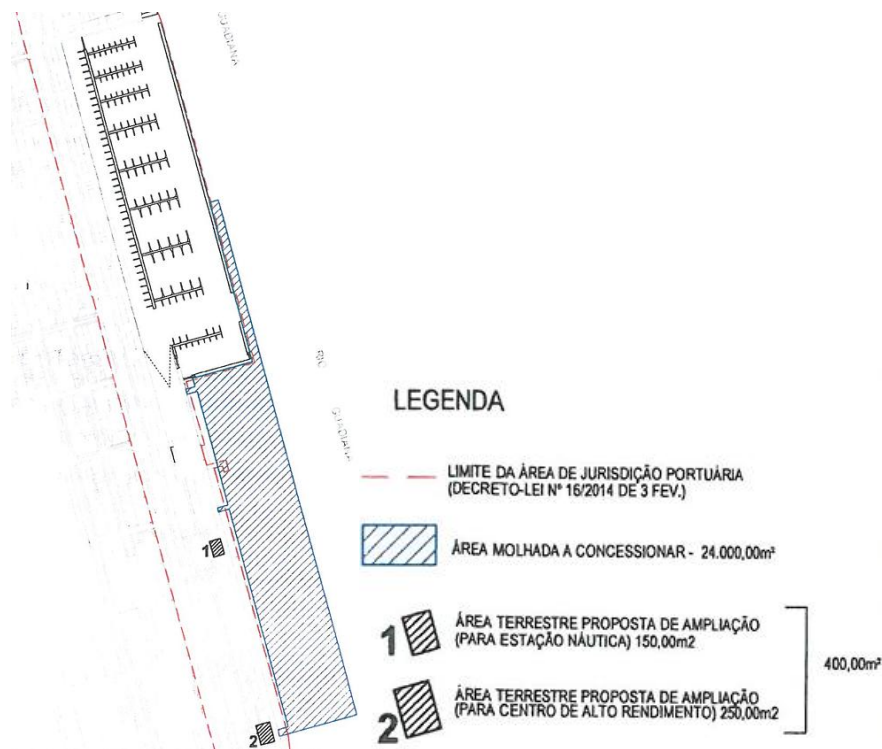


Fig. 2 – Área da concessão para expansão do PRG (DOCAPESCA, 2021)

3.2 - Porto de Recreio Existente

As instalações de Recreio Náutico, adjacentes à Avenida Marginal de Vila Real de Santo António e situadas a jusante da Doca de Pesca (também denominadas Porto de Recreio do Guadiana) foram construídas e equipadas inicialmente pelo IPTM e concessionadas à Associação Naval do Guadiana.

O Porto de Recreio de VRSA dista aproximadamente 3,6 km da cabeça do Molhe Oeste, ocupando área retangular com cerca de 2,8 ha, em redente criado entre os terraplenos do Cais de Passageiros e do Jardim anexo ao Edifício do Recreio Náutico.

A área molhada é servida por rampa-varadouro situada no canto interior de jusante, sendo abrigada por dois quebra-mares flutuantes, guiados por correntes amarradas a poitas de fundo, o maior tendo 260 m de comprimento e desenvolvimento paralelo à avenida marginal, o menor com 60 m e enraizando a jusante, na perpendicular à marginal.

O Porto dispõe de cerca de 360 postos de amarração comprimentos compreendidos entre os 4 e os 15 m e cerca de 4 m de calado, destinando-se a maior parte dos postos de estacionamento a embarcações até 8 m de comprimento. A distribuição do número de postos de acostagem por classes de embarcações é a indicada no quadro seguinte.

Quadro 1 – Caracterização da Frota Existente no PRG

Classes	Comprimentos	Passadiços (N.º embarc.)	Quebra-mar (N.º embarc.)
I	< 6	97	-
II	6 a 8	139	-
III	8 a 10	49	11
IV	10 a 12	41	10
V	12 a 15	4	5
Total		330	26

O PRG regista um índice de ocupação elevado, apresentando-se no período de Verão praticamente saturado.

A experiência acumulada ao longo dos anos pela exploração das instalações atuais permite tirar as seguintes conclusões:

- As atuais áreas de manobra são acanhadas, face às condições naturais existentes (correntes e ventos) no interior do porto de recreio;
- Os espaços de acostagem nos estacionamentos das embarcações são acanhados para as Classes nominais indicadas;
- O quebra-mar é pouco eficaz, tanto no referente à ação das correntes como das ondas, nomeadamente, por falta de abas submersas;
- O número de postos de estacionamento é insuficiente e o arranjo geral portuário desajustado à tendência atual da procura privilegiada das Classes IV e V.

Não obstante a carência de postos de amarração em flutuação que evidencia, o Porto de Recreio dispõe de um conjunto de serviços e infraestruturas de apoio em terra que têm garantido o funcionamento regular da atividade da náutica de recreio, dando resposta adequada às solicitações e necessidades comuns da atividade.

Existe no lado espanhol o Porto de Recreio de Ayamonte, com 173 postos de amarração em flutuação.

Os quebra-mares flutuantes são compostos por módulos com B=3m de largura e 1.2 m de calado. Assinala-se ter-se verificado existir referência da ANG à necessidade de proceder frequentemente à reabilitação dos quebra-mares flutuantes através da sua reflutuação (com introdução de novos elementos flutuantes com 20 m em posição intermédia no desenvolvimento) e substituição dos acessórios de ligação das amarras em correntes e poitas aos quebra-mares flutuantes, particularmente no caso do Quebra-Mar Flutuante Sul, de colocação transversal à corrente.

4 - RESUMO DA CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES/CONDICIONANTES LOCAIS

4.1 - Considerações iniciais

O presente capítulo tem por objetivo apresentar o local em estudo, bem como resumir e destacar as informações essenciais a reter do Anexo I da presente memória, onde se caracterizam com grande pormenor as componentes topo-hidrográfica, geológico-geotécnica e regime hidrodinâmico (marés, correntes e escoamento) no trecho final do estuário do Guadiana, assim como o regime de ventos e agitação marítima local, entre outros.

4.2 - Geologia e natureza dos fundos

O estudo geológico-geotécnico que serviu de caracterização de base para o projeto das obras de reabilitação da retenção marginal a norte do PRG, realizado pela GEOALGAR e datado de Agosto de 2019, apoiado na execução e análise de três sondagens mecânicas à rotação, acompanhadas pela realização de ensaios SPT, conclui relativamente ao zonamento geológico-geotécnico:

- *“A zona geotécnica ZG4 engloba os aterros arenosos, bem como o topo das aluviões constituídas por areias médias, com níveis lodosos. Os ensaios SPT realizados apresentam em geral valores entre as 2 e as 12 pancadas, podendo classificar-se como soltas. Na sondagem S3 aos 4,5m de profundidade foi ainda obtido um valor de 20 pancadas, encontrando-se as areias neste local medianamente compactas. Este último resultado não é representativo do estado de compactidade global deste estrato.”;*
- *“A zona geotécnica ZG3 é subjacente à anterior e abrange as aluviões arenosas, de grão médio, com tonalidades amareladas e acinzentadas. Os valores de NSPT variam entre as 22 a 40 pancadas, encontrando-se estas areias medianamente compactas a compactas”;*
- *“A zona geotécnica ZG2 também corresponde às aluviões arenosas, mas o ensaio SPT atinge frequentemente a nega, sendo estas areias classificadas como muito compactas. Foi obtido na sondagem S1 aos 13,5m, um valor de 35 pancadas, mas que ainda é considerado elevado, provavelmente devido a um maior teor de argila e silte”;*
- *“...a zona geotécnica ZG1, que está associada à aluvião argilo-siltosa, plástica, acinzentada, identificada na sondagem S1 aos 14,5m de profundidade, com 8 pancadas no ensaio SPT sendo assim de consistência média”.*

4.3 - Hidrografia

4.3.1 - Situação Atual

O levantamento hidrográfico realizado em 2022 (na figura indicado a azul) revela que a jusante do Quebra-Mar Flutuante Sul existente (QMF Sul), o talvegue do canal vai-se aproximando ainda mais da margem direita, reduzindo-se a distância da batimétrica dos -5,0 m (ZH) ao

topo da retenção marginal nesta zona de sensivelmente 67 m junto ao QMF Sul até cerca de 23 m no limite jusante da área de concessão.



Fig. 3 – Composição dos levantamentos na área de concessão para a expansão do PRG

Assinala-se igualmente a localização de um fundo com cotas inferiores a (-8.0 m) ZH a sensivelmente 270 m a jusante do QMF Sul existente e afastado em cerca de 50 m da margem, o qual marca uma mudança de alinhamento do talvegue para se afastar ligeiramente na direção da margem oposta, assinalando-se que se mantêm cotas inferiores a (-6.0 m) ZH na maioria da área de concessão a jusante.

Destaca-se ainda a acumulação de sedimentos acima da batimétrica dos (-3.0 m) ZH na proximidade do QMF Sul, afastando-se esta batimétrica do topo da retenção em sensivelmente 53 m. Esta acumulação reduz-se à medida que se progride para jusante, reduzindo-se a distância desta batimétrica ao topo da retenção para valores sensivelmente entre 18 e 20 m nos últimos 100 m da faixa concessionada.

4.3.2 - Evolução dos fundos

Apesar da extensão limitada do levantamento hidrográfico de 2022, assinala-se ter sido possível analisar a evolução dos fundos na maioria da área em estudo entre este e o levantamento anterior para esta área (composição de levantamentos realizados entre 2006 e 2009). A análise da distribuição em planta permite observar uma aparente tendência geral para acumulação de sedimentos na maioria da área de expansão da PRG, com particular relevância na proximidade da retenção marginal.

Apesar disto, considera-se igualmente relevante destacar a aparente presença de várias zonas onde ocorre erosão de forma intensa, as quais se localizam sensivelmente do talvegue do rio. Destacam-se em particular 3 zonas que aparentam a ocorrência de erosão com maior intensidade, as quais correlacionam com as zonas dos fundos visíveis no levantamento de 2022.

Admite-se que estas zonas de erosão resultem de uma ação combinada de múltiplos fatores, como a ação das correntes de maré em águas-vivas, do escoamento do rio Guadiana, entre outras. Similarmente, julga-se que será a menor intensidade de ação destes fatores junto à margem que justifica a acumulação presente na proximidade da retenção marginal.

4.4 - Regime de Ventos

Para caracterizar o regime de ventos no local utilizaram-se os registos publicados pelo Instituto de Meteorologia (IM) para a estação meteorológica de Vila Real de Sto. António, abrangendo um período de 30 anos (1951 – 1980) e referidos à altitude de 7 m

Considerando relações entre as velocidades máxima e média do vento da ordem de 2 a 5, estimam-se para este local velocidades médias com máximos (medidos em 10 min.) até 60 km/h.

4.5 - Escoamento a jusante de Pulo do Lobo

Da análise do registo horário dos níveis hidrométricos instantâneos a jusante de Pulo do Lobo entre 1/1/2007 e 28/1/2025, e com o apoio das curvas de vazão indicadas para este trecho do rio Guadiana, foi possível estimar o caudal instantâneo aqui descarregado numa base horária, tendo-se concluído que:

- Os caudais descarregados ultrapassam o limite dos 1000 m³/s (estimados para ocorrências de nível hidrométrico instantâneo igual ou superior a aproximadamente 7 m) num total de 41 registos, concentrados em 5 dias distintos - 13/1/2010, 15/1/2010, 18/2/2010, 12/3/2010 e 16/2/2014. O caudal máximo estimado para este período ocorreu por 2 vezes em 2010, com caudais próximos de 1600 m³/s, aquando dos registos de nível hidrométrico de 8.8 m nos dias 13 e 15 de Janeiro;
- Os caudais descarregados ultrapassam o limite dos 500 m³/s (estimados para ocorrências de nível hidrométrico instantâneo igual ou superior a aproximadamente 5.4 m) num total de 569 registos. Estes ocorrem com maior frequência que os anteriores, num total de 37 dias no período de 18 anos, embora se tenha verificado que desde 4 de Abril de 2014 apenas se voltaram a verificar a 6 de Fevereiro de 2021, concentrando-se assim 36 dias com estes caudais entre 23 de Dezembro de 2009 e 4 de Abril de 2014 (sobretudo em Março de 2013 e em Fevereiro de 2014).

Embora não aparente ser prática corrente desde 2014, assinala-se que se tem mantido a necessidade de descargas ocasionais consideráveis a partir dos órgãos das barragens, as quais estão associadas a períodos bastante pluviosos, como os registados entre 2009 e 2014. Tal introduz um escoamento assinalável no trecho a jusante da estação hidrométrica de Pulo do Lobo, mantendo-se assim como um fator relevante para o escoamento na zona final do rio onde se insere o PRG.

4.6 - Marés e níveis do rio

4.6.1 - Maré Astronômica

A partir das Tabelas de Maré elaboradas pelo Instituto Hidrográfico (1982 a 2025), apuraram-se os seguintes valores característicos de maré, referentes ao porto de Vila Real de Santo António, aplicáveis em situações de caudais fluviais normais.

- Preia-mar máxima +3,96 m (ZH)
- Preia-mar de águas-vivas..... +3,41 m (ZH)
- Preia-mar de águas-mortas +2,63 m (ZH)
- Nível médio +2,00 m (ZH)
- Baixa-mar de águas-mortas +1,37 m (ZH)
- Baixa-mar de águas-vivas +0,68 m (ZH)
- Baixa-mar mínima +0,26 m (ZH)

A estes valores, referidos a um nível médio cuja adoção remonta a várias décadas no passado, o IH indica que se deverá somar cerca de 0,1 m, para se ter em conta a subida do nível médio do mar.

4.6.2 - Estimativa do nível da superfície do mar em condições de temporal

Estimaram-se níveis médios do mar associados a eventos extremos, admitindo a possibilidade de conjugação destes com a ocorrência de Águas-Vivas (PMAV médio), já que se considera ter uma probabilidade de ocorrência simultânea mais relevante que considerando a PMmax.

Tomando os mesmos horizontes do IPCC para a evolução do nível da superfície do mar, considerando a possibilidade de sobrelevações meteorológicas e a possibilidade de ocorrência simultânea de uma descarga de caudal em Pulo do Lobo na ordem dos 1600 m³/s, estima-se que poderão ser atingidos os seguintes intervalos para os níveis da superfície do mar nestas condições:

- (+4,0 m) ZH e (+4.25 m) ZH – para 2030;
- (+4,2 m) ZH e (+4.5 m) ZH – para 2050;
- (+4,4 m) ZH e (+4,8 m) ZH – para 2090.

Projetando a um período temporal não inferior a 30 anos, ou seja, a partir de 2055, estimam-se cotas máximas entre (+4,3 m) ZH e (+4,6 m) ZH.

No entanto, para efeitos do dimensionamento das cotas de dragagem, admitiu-se como valor mínimo (+0.26 m)ZH, sem qualquer tipo de sobrelevação.

4.7 - Medições de corrente no estuário entre 2008 e 2014

Foi possível obter os dados das medições do sistema de monitorização SIMPATICO, instalado e mantido operacional pelo CIMA (Centro de Investigação Marítima e Ambiental) da Universidade do Algarve no estuário do rio Guadiana entre Março de 2008 e Abril de 2014.

Consiste fundamentalmente na associação de uma sonda, colocada numa boia fixa ao fundo do estuário (sensivelmente à cota -7 m ZH) com correntes e poitas, com um ADP (Acoustic Doppler Profiler) fixo numa das poitas, localizando-se sensivelmente no talvegue do estuário, que nesta zona se aproxima da margem direita.



Fig. 4 – Localização do ADP imediatamente a jusante da área em estudo

Do conjunto de observações em que existem registos considerados válidos das maiores velocidades a ocorrer nas células V9 ou V10 (mais próximas da superfície), estabeleceram-se os perfis de corrente entre V1 (-5.8 m ZH) e V10 (+2.0 m ZH), que se apresentam nas figuras seguintes.

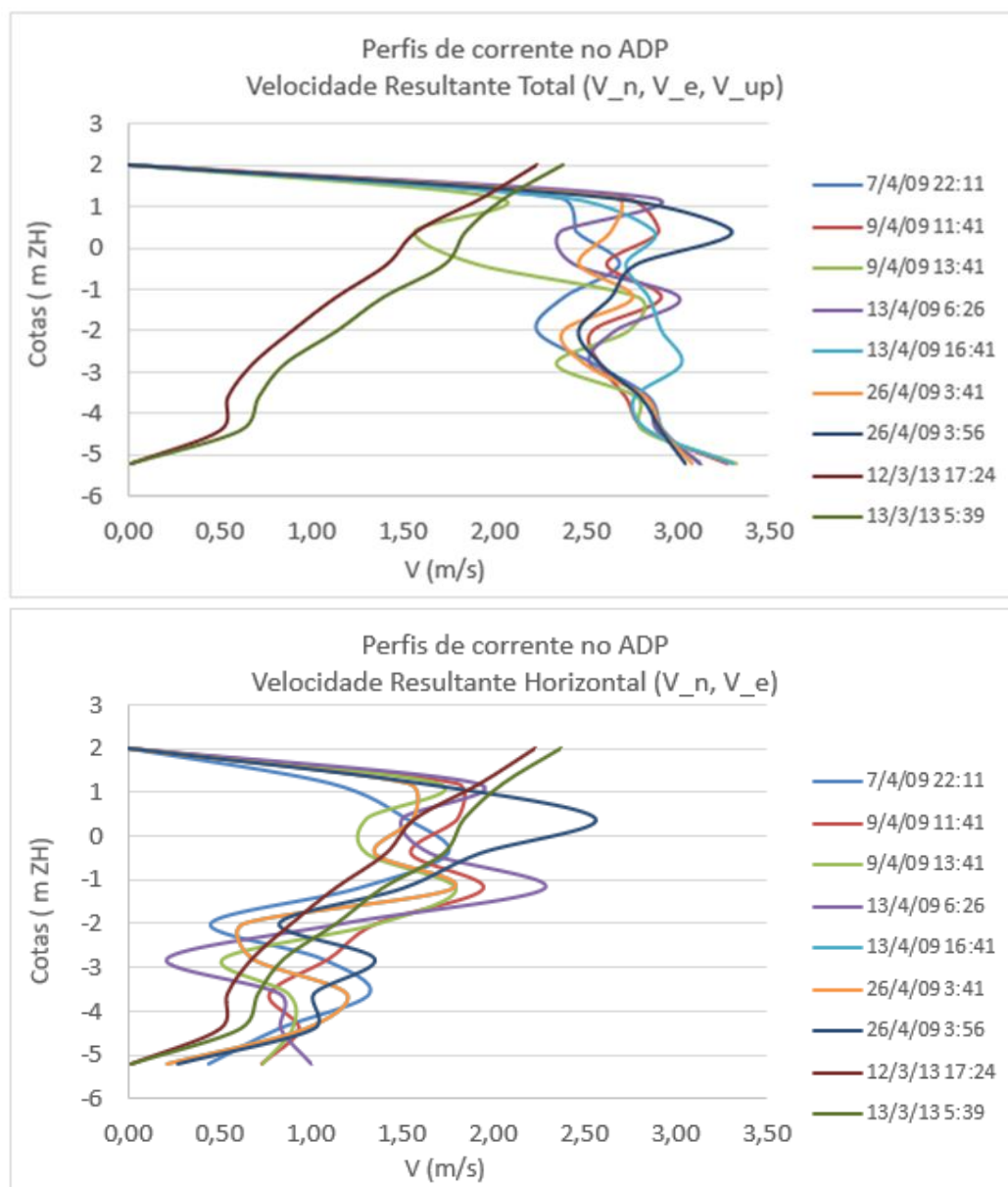


Fig. 5 – Perfis de corrente no ADP para 9 registos distintos (em 2009 e 2013)

Destaca-se que foram consideradas válidas várias observações com velocidades resultantes totais superiores a 2.5 m/s, com 19 observações no total com módulo da velocidade média integrado na coluna de água com valor superior a 2.5 m/s.

Focando a atenção nos resultados das observações de 2013, julga-se mais provável que os valores registados nesta altura traduzam melhor a realidade existente, dado que se verificou que decorriam em simultâneo dois fatores que incrementam a velocidade do escoamento:

- Ocorrência de uma preia-mar de águas-vivas com alguma expressão, com previsão de maré astronómica em PMAV de (+3.6 m) ZH e em BMAV de (+0.6 m) ZH
- Descarga continua de caudais fluviais para jusante de Pulo do Lobo na ordem de 1000 m³/s entre as 12:00h de dia 12/3/2013 e as 7:00h de dia 13/3/2013.

Em função da coincidência temporal da ocorrência de um escoamento continuo com valores de caudal (bastante assinaláveis para este trecho final do rio Guadiana após a construção do sistema do Alqueva) com ambos os momentos em que o prisma de maré, com 3 m de altura acumulada relativamente à BMAV, começa a vaziar, julga-se ser possível a ocorrência de velocidades pelo menos na ordem dos 2.3 a 2.5 m/s no alinhamento do talvegue do estuário aquando da repetição desta coincidência dos dois fatores.

Realça-se ainda que, dada a estimativa realizada da possibilidade de ter PMAV a atingir valores de pelo menos (+4.3 m) ZH a um horizonte de 30 anos, admite-se que a contribuição da corrente de vazante para a velocidade da corrente poderá ser ainda maior que no caso registado pelo ADP em Março de 2013, julgando-se previdente considerar um valor não inferior a 2.5 m/s para a velocidade máxima da corrente na zona em estudo.

Embora existam um conjunto de aspetos que poderão afetar a precisão das medições, considera-se ainda assim que os dados em questão são fiáveis e válidos para a zona em estudo. No entanto, no caso do Dono de Obra duvidar da sua validade para a área de expansão do PRG, alerta-se que apenas poderá confirmar a sua veracidade tomando a iniciativa de promover a instalação de um ou mais sistemas de medição similares a este para obter novas medições.

4.8 - Agitação Marítima no Local

4.8.1 - Penetração da agitação marítima no estuário do Guadiana

Para avaliação das maiores alturas de onda compatíveis com os fundos existentes no passe da barra, utilizou-se o método proposto em Seelig W. N. "Estimating Nearshore Significant Wave Height for Irregular Waves" (CERC, 1979) e "Coastal Engineering Manual" (2002).

Para o efeito, foram considerados períodos de 8 a 12 s e uma incidência de acordo com os planos de ondulação traçados, aproximadamente segundo a orientação do talvegue do rio entre molhes, tendo-se obtido alturas significativas máxima (Hs) de 1,5 a 1,8 m e 3,8 a 4,0 m, para profundidades de 2 e 6 m, respetivamente.

No entanto, devido ao efeito concentrador provocado pelo banco exterior na refração nas ondas e sobretudo dada a extensão de fundos baixos presentes, as ondas reais máximas possíveis de se propagar para montante deverão ter alturas bastante inferiores às calculadas.

Na sua propagação para montante, as ondas sofrem ainda de múltiplas perdas de energia decorrentes do alargamento dos baixios para Leste, assim como por atrito no fundo arenoso e perímetro terrestre, sendo tanto mais atenuadas em altura quanto mais para Oeste estiver a sua origem, sendo o rumo com maior penetração o SE.

4.8.2 - Agitação gerada pela ação de ventos locais

O rumo de onde provêm as maiores vagas geradas por vento local é também o SE. Estima-se que o “*fetch*” máximo para ventos de Levante (entre E e SE) se encontra entre 1000 e 1150 m para a zona em estudo.

Para este rumo, considerando-se ventos com velocidades médias máximas na ordem dos 60 km/h a atuar durante período não inferior a 6h, estimam-se alturas de onda geradas localmente na ordem dos 0.39 m, com $T=1.8s$.

Para as restantes direções a vaga de vento local é muito reduzida e até desprezável, dadas as condições de “*fetch*” extremamente limitadas do estuário.

4.8.3 - Ondas de esteira geradas pela circulação de embarcações

As embarcações e navios em trânsito ou em manobras de aproximação na vizinhança da área em estudo mais relevantes são:

- Embarcações de transporte de passageiros e marítimo-turísticas de diferentes dimensões, com destaque para a embarcação que liga diariamente Vila Real de Santo António a Ayamonte;
- A frota de embarcações de recreio e desporto que navegam neste troço do estuário.

Valores calculados por via teórica, em casos semelhantes, apontam para estas ondas, períodos de 2 a 7 s e alturas de 0,2 a 0,6 m, com os maiores valores a ocorrerem sempre a distâncias mais próximas do eixo da trajetória das embarcações (usualmente até sensivelmente 5 a 10 m de distância).

Esta estimativa pressupõe o respeito pelas velocidades estabelecidas pela Capitania. No entanto, o relato da parte da ANG indica que os limites tendem a não ser respeitados, pelo que os valores reais poderão exceder os 0.6 m.

5 - DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO DE EXPANSÃO DO PORTO DE RECREIO DO GUADIANA

5.1 - Fase prévia à conceção

Condicionantes

O presente projeto de execução foi antecedido pela apresentação da parte da equipa projetista à Associação Naval do Guadiana (ANG) de um conjunto de cenários possíveis para o desenvolvimento da expansão do Porto de Recreio de Guadiana (PRG).

O cenário escolhido corresponde parcialmente à reformulação de um projeto de execução anterior, datado de 2009, o qual foi desenvolvido com base em pressupostos que presentemente já não são válidos na sua totalidade.



Fig. 6 – Arranjo geral do projeto realizado em 2009

A definição dos potenciais cenários para a expansão do PRG é limitada pelos seguintes fatores:

- A área concessionada à ANG pela Docapesca no plano de água para expansão do corresponde a uma faixa de sensivelmente 70 m de largura, medida ao limite exterior do bloco de coroamento da retenção marginal, e com extensão total de 350 m para jusante do Quebra-mar Flutuante Sul (QMF Sul) existente, já apresentada anteriormente na Figura 3;
- Além dos limites virtuais impostos pela área de concessão, assinalam-se as seguintes limitações físicas existentes:
 - Presença de uma ponte-cais em estacaria na margem direita, na proximidade do Clube Naval, cuja demolição total foi requerida pela ANG e que pretende que seja incluída na presente empreitada;
 - Estruturas flutuantes do PRG a montante da área, as quais podem ser relocizadas para os limites da nova área de expansão (ou, não existindo

condições para tal, removidas) para permitir a continuidade do plano de água entre a área existente e a nova;

- Limite da margem direita do estuário do Guadiana com uma retenção marginal em taludes de enrocamento, cujo reconhecimento/reconstituição que foi possível realizar sugere que terá inclinação estimada em 3:2 (H:V) e pé de talude pelo menos a (-2.0 m ZH);

Assinala-se que, relativamente ao projetado inicialmente de 2009, a ANG requereu uma nova concessão para a expansão que se projeta atualmente que se distingue por uma preocupação em minorar os impactos desta, promovendo assim a redução da área concessionada sobretudo pelo maior afastamento do limite Nascente desta do talvegue do rio.

Estudo de Layouts

Resumem-se nos pontos seguintes os principais aspetos que nortearam quer o estudo dos layouts como das soluções de ligação a terra, os quais resultaram da discussão das hipóteses com a ANG:

- Intervenção na área existente de forma a manter os limites longitudinais definidos pelo atual quebra-mar flutuante longitudinal, mas com ligeira inflexão de 4 a 5 metros dos 80 m finais, ajustando-se ao novo afastamento máximo à margem previsto para a nova área de expansão concessionada;
- Procura da maximização do aproveitamento da área de expansão até ao limite da área de concessão, tendo em conta a variabilidade da posição horizontal do QMF Longitudinal;
- Indicação da ANG pela preferência pela definição de lugares de estacionamento para embarcações com comprimentos entre 11 a 15m (Classes IV e V);
- Indicação da ANG pela preferência por soluções com menor necessidade de investimento inicial, mesmo que envolvam necessidade de manutenção mais frequente;
- Canal de entrada na nova área de estacionamento no seu limite a montante, junto à zona atualmente ocupada pelo QMF Sul, sendo o desenvolvimento do canal de circulação alinhado com a margem e o sentido do escoamento;
- Proteção da totalidade da área de implantação com dois quebra-mares flutuantes: um longitudinal, alinhado com o limite Nascente da área de expansão, e um com disposição transversal, a definir o limite jusante do novo núcleo do PRG. Este limite avança da Fase 1A.

Resultou do processo de estudo de soluções a estipulação que ambos são fixados com sistemas de correntes e poitas;

- Dragagem dos fundos à cota (-3.0 m) ZH;

- Organização funcional da nova área assente na disposição de passadiços flutuantes, guiados com estacas metálicas tubulares, caracterizada por:
 - Ligação a terra através de um passadiço de distribuição disposto de forma aderente à retenção marginal, a partir do qual se associam vários passadiços perpendiculares a ambas;
 - Do processo de discussão resultou a definição deste passadiço de distribuição com:
 - 1) implantação sobre o talude de concordância das dragagens, com alinhamento do bordo interior deste afastada sensivelmente 11 m do limite exterior do bloco de coroamento da retenção marginal; 2) margem de resguardo mínima na ordem de 3.85 m ao talude da retenção em BMmin;
 - Os passadiços de cais (perpendiculares ao de distribuição) são complementados por um passadiço de topo e “*fingers*” dispostos paralelamente ao passadiço de distribuição, para permitir o estacionamento alinhado com a corrente. Os quebra-mares flutuantes conectam ao passadiço de distribuição a partir do limite jusante.
 - Do processo de discussão resultou a definição das seguintes larguras para estes passadiços: 1) Passadiços de cais – B=2m; 2) Passadiços de topo – B=1m;
- Estabelecimento de lugares de estacionamento no bordo interior de ambos os novos QMF, caracterizada por:
 - Flexibilidade de amarração de embarcações no QMF Longitudinal, quer de Classe IV como de Classe V, a realizar de forma longitudinal;
 - Relativamente ao novo QMF Transversal, estipula-se a amarração apenas de embarcações de Classe IV, dispostos de forma perpendicular ao seu desenvolvimento através da instalação de “*fingers*”;
 - Para acomodar esta função, e em virtude da experiência operacional da ANG no QMF Longitudinal existente, resultou da discussão a definição de uma largura B=3m para ambos os novos QMF, ficando estabelecido que o dimensionamento para efeito de abrigo à agitação local (e parcialmente também à componente superficial da corrente) dependeria do calado a adotar;
- Inclusão de defletores nas extremidades das zonas abertas à agitação e corrente, quer no prolongamento do quebra-mar flutuante longitudinal existente como no novo QMF Longitudinal, capazes de minorar a entrada da corrente na área abrigada;
- Reaproveitamento total dos equipamentos existentes que terão de ser removidos para execução inicial da Fase 1A, bem como o reaproveitamento de todos os equipamentos existentes à data que se preveja ser necessário remover previamente à realização da Fase 1B, particularmente o QMF Transversal existente;

Estudo das soluções de ligação das infraestruturas flutuantes a terra

- Indicação pela ANG da necessidade de manutenção de um acesso de serviço aos passadiços flutuantes na proximidade do edifício sede do Clube Naval, a concretizar com a realocação do acesso ao atual QMF Sul;

- Estipulação pela ANG, após proposta distinta, que o modo de inserção de todos os acessos de terra ao plano de água deverá ser realizado de forma perpendicular ao bloco de coroamento;
- Conclusão após discussão com a ANG que o acesso principal dos nautas ao plano de água seria realizado sempre a partir do limite jusante, com a ligação de ponte de acesso metálica com $L=16\text{m}$ a um módulo adicional de quebra-mar flutuante com $B=3\text{m}$, o qual seria associado pelo lado externo ao QMF Transversal.

5.2 - Descrição da solução selecionada

5.2.1 - Considerações Gerais

Esclarece-se à partida que, não obstante o projeto global envolver a construção de dois edifícios no espaço terrestre, a presente empreitada de Ampliação e Requalificação do Porto de Recreio do Guadiana versa apenas a componente de intervenção no plano de água do estuário do rio Guadiana.

Como tal, destaca-se que:

- Relativamente à parte terrestre, apenas se incluem neste projeto de execução relativamente as ligeiras adaptações do topo da retenção marginal em três locais distintos para inserção do apoio em terra das pontes de acesso, assim como a demolição do cais em ruínas existente na zona de transição entre o plano de água e a extensão terrestre;
- Assim, realça-se que esta intervenção consiste essencialmente em:
 - Relocalização ou adaptação de equipamento flutuante existente, incluindo fornecimento e instalação de novos elementos de ligação entre módulos flutuantes;
 - Fornecimento e instalação de equipamento flutuante completamente novo, assim como de todos os acessórios de cais, elementos de ligação e elementos de fixação da posição horizontal no plano de água;
 - Realização de dragagens de manutenção na bacia existente e de dragagens de estabelecimento de fundos na zona de expansão do porto de recreio, assim como de intervenções de demolição/remoção localizadas para remover obstáculos à implantação das estruturas.

Todos os aspetos relacionados com a definição da localização e número total de elementos de guiamento e fixação, bem como a extensão total, espessura de aço, dimensões ou peso total de cada um destes (válido quer para sistemas de estacas de guiamento como de fixação por correntes e poitas), têm uma natureza indicativa, tendo o intuito de orientar o posterior prosseguimento do projeto de execução pela parte de cada um dos potenciais fornecedores do equipamento.

Por fim, recorda-se que, conforme indicado previamente, a intervenção inclui algumas alterações ao equipamento existente na zona de fronteira da configuração atual com a nova zona de expansão, bem como a realização de dragagens de manutenção nesta zona.

5.2.2 - Descrição da solução selecionada e trabalhos associados

Na sequência do processo de seleção do layout final, descrito no capítulo anterior, onde se foi indicando os princípios que nortearam a definição dos vários layouts apresentados, descreve-se e justifica-se nos pontos seguintes as características da configuração definida para o equipamento flutuante.

Fase 1A

A Fase 1A de ampliação do Porto de Recreio do Guadiana (PRG), conforme apresentada na peça desenhada dedicada a esta, é caracterizada pelos seguintes aspetos:

- **Trabalhos nas estruturas existentes**

A empreitada envolve os seguintes trabalhos no existente:

- Dragagem de manutenção de fundos na bacia do PRG, para reposição de cotas de (-2.0 m) ZH, a realizar preferencialmente através de método de injeção de água;
- Demolição de ponte-cais de estacada, localizada imediatamente a jusante do clube naval;
- Remoção total do QMF Sul existente, incluindo amarrações com correntes e poitas e ponte de acesso, com vista ao reaproveitamento dos elementos em condições para tal. Assinala-se que deverá existir o máximo cuidado possível na sua desinstalação e remoção, para evitar introduzir danos que impeçam o reaproveitamento destes.

Prevê-se a realocação dos módulos considerados em bom estado para composição do novo QMF Longitudinal na Fase 1A;
- Demolições e remoções localizadas no bloco de coroamento e topo da retenção marginal para execução “*in-situ*” da inserção dos apoios quer da ponte de acesso de serviço da ANG ao plano de água (recolocação da ponte de acesso ao QMF Sul atual) e para a ponte de acesso principal, implantada sensivelmente 240 m a jusante do QMF Sul;
- Execução “*in-situ*” de bloco em betão simples para fixação da ponte de Acesso Principal, incluindo fornecimento e instalação de ponte de acesso com L=16 m e B=1.5 m, assim como de fornecimento e instalação de estrutura de controlo de acesso de entradas e saídas;
- Alteração da geometria da extensão final do QMF Longitudinal existente, incluindo desconexão dos 80 m finais de módulos flutuantes, a reinstalar com novos

acessórios de transição para afastar a extremidade do QMF Longitudinal em 5 m no sentido do talvegue relativamente ao seu alinhamento atual. Prevê-se igualmente a introdução de acessório defletor da corrente na extremidade do QMF.

Na eventualidade de tal reaproveitamento não ser possível, prevê-se a substituição dos módulos flutuantes por elementos novos que sejam compatíveis com os existentes. O mesmo princípio se aplica aos elementos de fixação.

- Prevê-se a realocação das estruturas de assinalamento marítimo do QMF Sul para as extremidades do novo QMF Longitudinal, nomeadamente quer a extremidade montante – para definição do canal de entrada – como da extremidade jusante, mantendo assim o assinalamento das estruturas flutuantes existentes com as mesmas características de sinalização.

Admite-se, no caso de não ser viável o reaproveitamento do material existente, que possa ser necessária a substituição por equipamentos novos, os quais terão de ser instalados e configurados de forma a manter as características fundamentais da sinalização existente.

• Instalação de equipamento flutuante na zona de expansão

Prevê-se a instalação de infraestruturas flutuantes na totalidade da largura da faixa concessionada, a qual tem um afastamento de sensivelmente 70 m ao bloco de coroamento da retenção marginal, estendendo-se sensivelmente em 240 m para jusante relativamente à localização do atual QMF Sul (a remover do decorrer da empreitada, conforme já indicado).

A instalação destas estruturas é antecedida pela dragagem dos fundos junto à retenção marginal para estabelecimento de cotas a (-3.0 m) ZH, com rasto a distar pelo menos 18.3 m ao bloco de coroamento e taludes de concordância a 1:5 (H:V), cujo método de execução preferencial será o de injeção de água, similarmente ao previsto para a dragagem de manutenção.

Em função da disparidade das extensões quer transversal como longitudinal dos volumes a dragar entre as Fases 1A e 1B, relativamente à qual a primeira é substancialmente maior, julga-se que o mais adequado será procurar minimizar o custo futuro de uma segunda deslocação do equipamento apropriado à realização do trabalho, particularmente para um volume adicional que é relativamente reduzido. Como tal, prevê-se a realização nesta Fase 1A da **totalidade** da dragagem de estabelecimento de cotas (extensão área implantação Fase 1A + área implantação Fase 1B).

Conforme descrito previamente, a organização funcional baseia-se no acesso a partir de terra a um passadiço de distribuição aderente à margem com 223 m de comprimento total, ao qual conectam 4 novos passadiços de cais (K, L, M e N) para estacionamento das embarcações. Este é composto por módulos com largura B=2.5m, sendo posicionado com um resguardo mínimo à margem na ordem de 3.85 m em BMAV_{min} – (+0.26 m) ZH.

A área de expansão é abrigada por dois quebra-mares flutuantes (QMF):

- QMF Longitudinal, instalado de forma aproximadamente paralela à margem junto ao limite da área concessionada, com comprimento total de 268 m. Este novo QMF será colocado a jusante do QMF Longitudinal existente, alinhando com o novo eixo da extremidade deste e estabelecendo uma boca de entrada de 35 m no plano de água do PRG.

Prevê-se a instalação de módulos flutuantes em betão, com largura $B=3\text{m}$ e altura $h=1.8\text{m}$, a fim de não apenas contribuir para um maior abrigo da ação da agitação local como igualmente um potencial ligeiro incremento da proteção à ação da corrente.

Admite-se a possibilidade de ser adotada uma solução com menor calado, caso o fornecedor/instalador entenda propor ao Dono de Obra de forma devidamente justificada a substituição e este aceite;

- QMF Transversal, instalado de forma perpendicular à margem, a ligar a extremidade jusante do QMF Longitudinal com a extremidade jusante do passadiço de distribuição, num total de 48.5 m de comprimento, tendo para tal ligações flexíveis ao longo deste.

Esta configuração assegura a ligação da totalidade dos QMF quer à totalidade dos restantes passadiços flutuantes como a terra, permitindo a plena utilização do bordo interior de ambos para estacionamento das embarcações.

Prevê-se igualmente a instalação de módulos flutuantes em betão, com largura $B=3\text{m}$. No entanto, em virtude da disposição do QMF Transversal, com a parte imersa com maior área exposta perpendicularmente à intensa corrente na seção do estuário onde existe maior concentração do fluxo, considera-se ser necessário minimizar o calado deste QMF ao mínimo possível, a fim tornar viável a sua permanência e correto funcionamento aquando da ação destas correntes.

Admite-se a possibilidade de ser necessário uma maior largura B para compensar esta diferença. Indica-se igualmente que irá acrescer a estes um módulo adicional, com $B=3\text{m}$, a colocar pelo lado exterior do QMF Transversal, a fim de permitir a ligação da ponte de acesso principal ao plano de água.

Prevê-se que ambos os QMF sejam amarrados com sistema de fixação de correntes e poitas. Do pré-dimensionamento realizado resulta a proposta indicativa que se apresenta nas peças desenhadas:

- Fixação através de pares de correntes de elos em aço galvanizado, cuja espessura individual deverá ser não inferior a $e=40\text{mm}$, fixas a poitas de betão simples com peso seco não inferior a 6 ton, recomendando-se a utilização de poitas de 8 ton;
- Relativamente ao QMF Longitudinal, prevê-se a necessidade de utilização de pares de correntes com comprimento individual entre $L=20\text{m}$ e $L=24\text{m}$, colocadas com um mínimo de 6 amarrações em cada módulo de topo e de 6 amarrações por cada dois módulos contíguos;
- Relativamente ao QMF Transversal, prevê-se a necessidade de utilizar pares de correntes com comprimento individual entre $L=20\text{m}$ e $L=35\text{m}$ para cada corrente,

colocadas com um mínimo de 6 amarrações no módulo de topo mais afastado da margem, de 4 amarrações no módulo intermédio e de 2 amarrações no módulo mais próximo da margem;

A proposta do fornecedor deverá ter em conta a possibilidade de reaproveitamento do material existente que será removido (correntes e poitas), resultante da desmontagem do QMF Sul existente, admitindo-se a sua utilização no QMF Longitudinal ou outra que o fornecedor proponha.

A fim de compatibilizar o reaproveitamento das fixações com correntes e poitas recuperadas em bom estado com as ações e solicitações existentes na nova localização, será responsabilidade do fornecedor avaliar a capacidade destas e, caso seja necessário, reforçar estas amarrações para assegurar a compatibilidade de comportamento com as novas que vai instalar na fixação do QMF Longitudinal.

Alerta-se que, não obstante a preocupação em reaproveitar ao máximo os elementos existentes, os módulos flutuantes que compõem os QMF existentes têm apenas 1.2 m de calado, o que é inferior ao preconizado para os novos módulos. Assim, assume-se à partida que existirá uma diferença de comportamento entre os módulos novos e os recuperados, pelo que a recolocação destes últimos deverá ser realizada na extremidade montante do QMF Longitudinal, onde as condições locais mais se assemelham aquelas a que estes estão sujeitos correntemente.

O canal principal de circulação dentro da nova área de estacionamento desenvolve-se entre o QMF Longitudinal e os passadiços de topo, ou seja, alinhado com o sentido da corrente, com uma largura total de 26.5 m entre as estruturas.

Prevê-se a possibilidade de estacionamento de embarcações de Classe V em ambas as laterais deste canal (quer pelo bordo interior do QMF como no bordo exterior dos passadiços de topo), admitindo-se uma largura normal de canal de 17.5 m (poderá ser inferior caso o QMF desloque no sentido da margem).

Os passadiços de cais encontram-se afastados entre si de forma a garantir corredores de circulação com pelo menos 22.5 m de largura, para facilitar a manobra de entrada e saída de embarcações de Classe V.

Apresenta-se a caracterização da frota no quadro-resumo seguinte:

Quadro 2 – Caracterização da frota adicionada ao existente na Fase 1A

Embarcações	Número de lugares de estacionamento criados							
	Passadiços de Cais					Quebra-mares Flutuantes		TOTAL
	K	L	M	N	Total	QMF Longitudinal	QMF Transversal	
Classe IV ($L_f < 12m$)	4	6	6	6	22	0 / 21	9	31 / 52
Classe V ($L_f < 15m$)	8	6	6	6	26	0 / 17	-	26 / 43
TOTAL	12	12	12	12	48	17 / 21	9	74 / 78

Admite-se assim a expansão do número total de lugares de estacionamento na Fase 1A entre 74 a 78 lugares, entre passadiços de cais e bordo interior dos QMF. A definição destes lugares de estacionamento é realizada através da colocação de “*fingers*” com comprimentos $L = 8m$ e $L = 10m$, consoante a classe de embarcações, definindo espaços duplos para estacionamento com, respetivamente, $B = 9m$ e $B = 10.7m$.

Posiciona-se a implantação do bordo interior do QMF Transversal a uma distância de 57 m ao bordo exterior do passadiço de cais N (mais exterior), prevendo-se a colocação de “*fingers*” com $L = 8m$ neste bordo para estacionamento de embarcações de Classe IV de forma perpendicular ao QMF Transversal.

O guiamento da posição horizontal dos passadiços flutuantes é assegurado pela cravação de estacas metálicas tubulares X60 com $\varnothing 508mm$. O fornecedor tem liberdade de ajustar quer o número total de estacas a cravar, quer o comprimento e a espessura individual de cada estaca, consoante a capacidade resistente do seu equipamento flutuante.

Em virtude do pré-dimensionamento indicativo realizado, propõem-se as seguintes soluções de fixação dos vários passadiços:

- Estacas com $\varnothing 508 \times 16mm$ espaçadas de 35 m entre si na fixação do passadiço de distribuição aderente à retenção marginal;

- Duas estacas de Ø508x20mm na fixação das extremidades de cada um dos passadiços de topo;
- Estacas de Ø508mm espaçadas 12 m entre si na fixação de cada um dos passadiços de cais (K, L, M e N), as quais terão e=16mm ou e=20mm em função da sua localização;
- Estacas de Ø508x16mm na extremidade dos cada “*fingers*” instalados nos passadiços de cais a maior distância da margem.

Destaca-se igualmente ser da sua responsabilidade demonstrar que os “*fingers*” que propõe instalar sem guiamento com estacas metálicas suportam as ações às quais se prevê que são sujeitas.

Relativamente à instalação de acessórios de cais, prevê-se que sejam fornecidos e instalados os seguintes elementos:

Passadiços flutuantes:

- Defensas e 2 cunhos de amarração de pelo menos 3 ton disponíveis para todos os lugares de estacionamento, a colocar nos passadiços de cais e passadiço de distribuição;
- 2 escadas quebra-costas e 2 módulos de segurança e iluminação em cada um dos passadiços de cais;
- Módulos multiusos para iluminação, abastecimento de água potável e energia elétrica, pelo menos 3 unidades com 2 torneiras de água potável e 4 tomadas elétricas em cada passadiço de cais.

Quebra-mares flutuantes:

- Defesa continua e cunhos de amarração de pelo menos 3 ton afastados 10 m entre si no QMF Longitudinal;
- Defensas e 2 cunhos de amarração de pelo menos 3 ton em cada lugar de estacionamento no QMF Transversal;
- Conjuntos de escadas quebra-costas e módulos de segurança e iluminação espaçados 40 m entre si no QMF Longitudinal, bem como 1 conjunto igual instalado a meio do QMF Transversal;
- Módulos multiusos para iluminação, abastecimento de água potável e energia elétrica espaçados 30 m entre si no QMF Longitudinal, bem como 4 módulos no QMF Transversal, todos com 2 torneiras de água potável e 2 tomadas elétricas;

Fase 1B

A Fase 1B de ampliação do Porto de Recreio do Guadiana (PRG), conforme apresentada na peça desenhada dedicada a esta, é caracterizada pelos seguintes aspetos:

- **Trabalhos nas estruturas existentes**

A empreitada envolve os seguintes trabalhos no existente:

- Remoção total e realocação do QMF Transversal instalado na Fase 1A (ou eventualmente qualquer um que o tenha substituído), incluindo amarrações com correntes e poitas, ligações móveis, “*fingers*”, ponte de acesso e estruturas de controlo de acesso, com vista ao reaproveitamento da totalidade dos elementos caso se encontrem em condições para tal.

Inclui-se neste conjunto de trabalhos a realocação das estruturas de assinalamento marítimo da extremidade jusante do QMF Longitudinal instalado na Fase 1A para a localização final após prolongamento desta estrutura na Fase 1B;

- Demolições e remoções localizadas no bloco de coroamento e topo da retenção marginal para execução “*in-situ*” da inserção dos apoios para a ponte de acesso Jusante, implantada sensivelmente 350 m a jusante do atual QMF Sul;
- Execução “*in-situ*” de bloco em betão simples para fixação da ponte de Acesso Jusante, incluindo reinstalação quer da ponte de acesso instalada na Fase 1A no Acesso Principal e como da estrutura de controlo de acesso de entradas e saídas.

- **Instalação de equipamento flutuante na zona de expansão**

Tendo-se definido a realização da totalidade da dragagem de estabelecimento de fundos a (-3.0 m) ZH na Fase 1A, conforme anteriormente descrito, como não existe um prazo estabelecido para a execução da Fase 1B, admite-se a possibilidade de poder vir a ser necessário realizar dragagens de manutenção futuras desta zona para reposição destas cotas. Estas deverão manter o rasto a distar pelo menos 18.3 m ao bloco de coroamento e taludes de concordância a 1:5 (H:V), tal como se prevê realizar nesta zona na empreitada da Fase 1A.

A expansão da área para jusante é conseguida com o prolongamento do QMF Longitudinal e do passadiço de distribuição em cerca de 106 m, sendo antecedida pela realocação prévia do QMF Transversal para a sua posição final (já descrita). A expansão da capacidade de estacionamento na área concessionada é conseguida através do fornecimento e instalação de mais dois conjuntos de passadiços de cais em “T” similares aos 4 descritos na Fase 1A.

Apresenta-se no quadro-resumo seguinte a caracterização da frota acrescentada ao PRG após a Fase 1B, bem como a frota total acrescentada ao PRG com a realização das duas fases.

Quadro 3 – Caracterização da frota adicionada ao existente na Fase 1B

Embarcações	Número de lugares de estacionamento criados					
	Passadiços de Cais			QMF Longitudinal	TOTAL	
	O	P	Total		Fase 1B	PRG Expandido (Fase 1A + Fase 1B)
Classe IV ($L_{ff} < 12m$)	6	6	12	0 / 8	12 / 20	(31 / 52) --> 43 / 72
Classe V ($L_{ff} < 15m$)	6	6	12	0 / 7	12 / 19	(26 / 43) --> 38 / 62
TOTAL	12	12	24	7 / 8	31 / 32	(74 / 78) --> 105 / 110

Relativamente ao sistema de fixação dos QMF, estima-se a necessidade de reforçar a amarração dos módulos intermédios do QMF Longitudinal, incrementando para um mínimo de 8 amarrações por cada dois módulos contíguos. No caso do QMF Transversal, admite-se a possibilidade de manter as amarrações colocadas na Fase 1A.

Relativamente aos elementos de guiamento dos passadiços, em virtude da maior profundidade dos fundos nesta zona, prevê-se a utilização exclusiva de metálicas tubulares X60 Ø508x20mm no guiamento da posição vertical quer de passadiços de topo, como dos de cais e nas extremidades dos “fingers”. Prevê-se a cravação de 3 estacas quer no guiamento dos passadiços de topo como no guiamento dos passadiços de cais, a colocar preferencialmente a meio ou num canto dos espaços de estacionamento.

Relativamente aos acessórios de cais, aplicam-se a todos estes novos elementos as mesmas características e distribuições previstas na Fase 1A.

Por fim, considera-se relevante realçar que, conforme destacado no capítulo de resumo das condições naturais e no Anexo 1 da presente memória, as condições naturais que se estimam ocorrer nesta extensão são mais desfavoráveis do que as atuais, embora se julgue não serem suficientes para inviabilizar a implantação de soluções técnicas adequadas nesta localização.

Construção Total

Na eventualidade da ANG pretender a implantação imediata de estruturas flutuante na totalidade da área concessionada, destaca-se que a principal diferença para a execução faseada se centra na implantação do QMF Transversal e respetivo Acesso Jusante

diretamente na sua localização final (conforme planta da Fase 1B e planta de Construção Total).

Evita-se assim a necessidade de todos os trabalhos associados à implantação do Acesso Principal (demolição do coroamento da retenção marginal e execução de bloco de apoio), bem como de redução a apenas uma instalação total do equipamento associado ao QMF Jusante ao invés da necessidade de colocação inicial e de posterior realocação de todos os elementos que lhes estão associados, nomeadamente:

- Fixações com correntes e poitas;
- Acessórios de ligação entre módulos;
- Pontes móveis de ligação aos elementos flutuantes de disposição longitudinal (QMF Longitudinal e Passadiço de Distribuição);
- “Fingers”;
- Acessórios de cais.

6 - BASES DE CÁLCULO DO EQUIPAMENTO FLUTUANTE

6.1 - Considerações gerais

Admitindo-se à partida que a intervenção depende maioritariamente das características do material flutuante proposto, fornecido e colocado no plano de água pelo instalador, incluindo as estruturas de ligação e controlo de acesso ao plano de água, esclarece-se que as presentes bases de cálculo, conforme se apresentam nos pontos seguintes, têm dois objetivos:

- Descrever os aspetos que se tomaram como referência para o pré-dimensionamento realizado e apresentado pelo projetista na presente Memória, o qual não foi pensado para uma solução construtiva específica;
- Estabelecer a referência para o instalador poder realizar atempadamente o efetivo dimensionamento dos equipamentos flutuantes que propõe instalar no plano de água, assim como das características dos elementos de ligação entre passadiços e das estruturas de ligação e controlo do acesso a terra.

6.2 - Vida útil da obra

Para efeitos do pré-dimensionamento estrutural realizado, considerou-se um período de 30 anos de vida útil dos equipamentos flutuantes e estruturas de fixação da posição horizontal no plano de água e de 50 anos para as estruturas de apoio à fixação das pontes de acesso no plano de terra.

Estipula-se que o dimensionamento efetivo que o fornecedor terá de apresentar das estruturas que propõe instalar não poderá ser para um período de vida útil inferior a estes.

6.3 - Informação de base topo-hidrográfica e da natureza dos fundos

Prevê-se a cravação de estacas metálicas (e a colocação de poitas de betão simples) sobre fundos maioritariamente de aluviões argilo-siltosos e arenosos, com cotas de topo entre sensivelmente os (-2.5 m) ZH, localizados na extensão do talude de concordância após dragagem na proximidade da retenção marginal, e os (-7.0 m) ZH a (-8.0 m) ZH, na extensão com fundos localizada na área de expansão da Fase 1B (destaque para o Passadiço P e extremidades jusante do QMF).

Admite-se que as sondagens geotécnicas incluídas na caracterização das condições naturais (Anexo I), localizadas ligeiramente a montante da área de expansão do PRG, traduzem a realidade existente também nesta zona.

No entanto, e dado que não existe informação geotécnica exatamente da zona de expansão, recomenda-se que seja feito ensaio de carga às estacas fixadas nas zonas com maior profundidade, sujeitando-se as estacas mais solicitadas pela corrente a ensaios de carga horizontal. A este respeito, inclui-se um enquadramento de como estes ensaios poderão ser realizados no caso presente em capítulo próprio.

6.4 - Elementos sobre níveis de água

Prevê-se a 30 anos (após 2055) cotas máximas entre os (+4,3 m) ZH e (+4.6 m) ZH, sendo a cota máxima de aplicação da força, a considerar para o dimensionamento pelo fornecedor dos elementos de fixação apresentada esquematicamente no final destas bases de cálculo.

6.5 - Quebra-mares Flutuantes, Passadiços Flutuantes e “Fingers”

6.5.1 - Características técnicas dos materiais dos elementos de fixação

a) Aço em estacas tubulares

- Aço estrutural - X60;

b) Aço em correntes de elos

- Aço galvanizado.

c) Corrosão dos aços

É conhecida a agressividade do ambiente marítimo para com as estruturas metálicas não protegidas. Tal facto impõe que os elementos metálicos expostos sejam dimensionados tendo em conta o efeito expectável da corrosão a longo prazo, para o tempo de vida útil da obra. Assim, e de acordo com o especificado no Eurocódigo 3 – Parte 5, para climas temperados, considerou-se para efeitos de cálculo uma redução da espessura de acordo com as tabelas 4.1 e 4.2, consideraram-se, então, os seguintes valores de espessura de sacrifício:

**Quadro 4 – Valores de espessura de sacrifício de previsão da corrosão do aço
(adaptado de Eurocódigo 3 – Parte 5)**

Vida útil da estrutura (anos)	Espessura de sacrifício (mm)		
	5	25	50
Água doce comum (rio, canais, ...) na zona de alto ataque (linha de água)	0.15	0.55	0.90
Água doce muito poluída (esgoto, efluente industrial, ...) na zona de alto ataque (linha de água)	0.30	1.30	2.30
Água do mar em clima temperado na zona de alto ataque (baixa água e zonas de salpicos)	0.55	1.90	3.75
Água do mar em clima temperado na zona de imersão permanente ou entre-marés	0.25	0.90	1.75

Com base nos valores desta tabela, para uma vida útil de 30 anos (valores interpolados), aplicável às estacas e correntes, as espessuras de sacrifício recomendadas são:

- 2.3 mm, na zona de alto ataque;
- 1.1 mm, na zona de imersão permanente.

6.5.2 - Ações

Os principais documentos de referência regulamentar ou técnica tidos em conta são:

- Australian Standard AS 3962:2020 « Guidelines for Design of Marinas »;
- PIANC (2017), “Guidelines for Marina Design”, Report N° 149/part IV;
- BS 6349-4, “Maritime Works: Code of practice for design of fendering and mooring systems”.

- **Ações permanentes**

- ♦ Peso próprio da estrutura e de todos os seus elementos;
- ♦ Peso dos equipamentos e acessórios.

- **Ações variáveis**

- a) Sobrecargas**

- **Passadiços e “Fingers”**

- Sobrecarga uniformemente distribuída de 1,5 kN/m² no passadiço.
- Sobrecarga concentrada em qualquer ponto do passadiço de 3,0 kN.

- **Quebra-mar Flutuante**

- Sobrecarga uniformemente distribuída de 5 kN/m² no passadiço.
- Sobrecarga concentrada em qualquer ponto do passadiço de 3,0 kN.

- b) Correntes**

Ação combinada de correntes de maré na vazante com o escoamento no rio Guadiana, com velocidades máximas não inferiores a:

- 2.5 m/s no alinhamento do talvegue do rio, estando todo o limite da área de expansão mais afastado da margem exposta a esta (localização Quebra-Mar Flutuante Longitudinal);
- 2.0 m/s, no alinhamento do topo dos passadiços de estacionamento, bem como nos postos de estacionamento no Quebra-mar Flutuante Transversal acima deste alinhamento;

- Entre 1.5 e 1 m/s na extensão intermédia dos passadiços de estacionamento, onde se fixam os “fingers”;
- 0.5 m/s no alinhamento do passadiço de distribuição aderente à retenção marginal.

Estes valores são suportados pelo estudo dos resultados do ADCP (conforme expresso no Anexo I) e da aplicação de diagramas teóricos da redução da velocidade da corrente na aproximação à margem. Caso se julgue que estes dados de base não traduzem as condições que efetivamente ocorrem na área de expansão do PRG, sugere-se que sejam instalados 1 ou mais sistemas ADCP similares ao descrito nesta zona.

c) Ventos

Ação de ventos com direção entre E e SSE (com maior foco em SE), com $V_{\text{média}}$ entre 50 e 60 km/h a soprar durante uma duração não inferior a 6 horas.

A ação do vento nas embarcações deverá ser considerada com o seu valor total nas embarcações expostas diretamente, com 50% nas embarcações imediatamente atrás e com 30% nas restantes.

A área exposta das embarcações deve ser calculada considerando o pior cenário entre uma altura média de 20% do respetivo comprimento ou 1/3 da altura total da embarcação tipo para a respetiva classe de comprimentos (Classe IV – $L_{ff \text{ max}} = 12 \text{ m}$ ou Classe V – $L_{ff \text{ max}} = 15 \text{ m}$).

d) Agitação

Ação de agitação gerada localmente pela ação dos ventos no estuário (acima descritos), com um “fetch” máximo de 1000 a 1150 m entre S40E e SE, ou pela esteira da passagem de embarcações.

Admite-se a geração de agitação com alturas de onda entre 0.2 e 0.6 m e períodos entre 2 e 7 s.

A ação da agitação deve ser considerada atuando sobre os flutuadores e proteções dos quebra-mares flutuantes.

e) Acostagem

A zona de expansão do PRG encontra-se numa extensão de estuário em que se verifica:

- Ações relevantes quase permanentes variáveis em intensidade e sentido das correntes de maré;
- Ação ocasional do escoamento do rio Guadiana;
- Ação ocasional de ventos de levante intensos, que interagem quer diretamente na parte emersa das embarcações como também geram agitação local;
- Ação da agitação local provocada pela passagem de embarcações.

Como tal, todas as estruturas acostáveis terão de estar dimensionadas para poder resistir a embates descontrolados devido à influência destes fatores sobre a manobra da embarcação que pode perder capacidade de manobra.

Destaca-se a manobra de acostagem da maior embarcação prevista (Classe V – $L_{ff\ max} = 15\ m$), particularmente no caso dos lugares de estacionamento interiores aos topos dos passadiços de cais, onde esta estará sujeita à ação de correntes de través que a podem arremessar contra os passadiços e “fingers”.

Assim, terá de ser demonstrada a resistência das estruturas flutuantes à acostagem de uma embarcação com 15 m de comprimento, estando a embarcação animada de uma velocidade não inferior a 0,3 m/s ou aquela que o Dono de Obra indicar, com base na sua experiência.

6.5.3 - Verificação da flutuabilidade e estabilidade dos passadiços

- **Combinação de ações**

Para verificação das condições de flutuabilidade e estabilidade do passadiço as ações serão tomadas com os seus valores característicos atrás definidos e não majorados.

Serão analisadas as seguintes situações e comparadas com os parâmetros de segurança estipulados para o bordo livre.

- a) Ações permanentes;
- b) Ações permanentes + sobrecarga uniformemente distribuída;
- c) Ações permanentes + sobrecarga uniformemente distribuída em metade da largura do passadiço;
- d) Ações permanentes + sobrecarga concentrada em qualquer ponto do passadiço.

- **Bordo livre**

- ♦ Sob as ações permanentes (alínea a)) o bordo livre não deverá ser inferior a 0,5 m.
- ♦ Sob as ações indicadas na alínea b) o bordo livre não deverá ser inferior a 0,2 m.
- ♦ Sob as ações da alínea c) ou d) o ângulo de rotação não poderá ultrapassar 15°.

6.5.4 - Verificação da segurança das estruturas

- **Combinação de ações**

Para verificação da segurança da estrutura dos passadiços e do quebra-mar flutuante e respetivos elementos de guiamento ou fixação, seguindo as recomendações da PIANC e das normas australianas, serão consideradas as seguintes combinações de ações:

Para Estado Limite de Serviço (ELS), consideram-se:

- $ELS_AMB - 1.0 \times \text{Ações Permanentes} + 1.0 \times \text{Ações ambientais (Corrente + Vento)}$;
- $ELS_AC - 1.0 \times \text{Ações Permanentes} + 1.0 \times \text{Acostagem}$;

Para Estado Limite Último (ELU), consideram-se:

- $ELS_AMB - 1.0 \times \text{Ações Permanentes} + 1.5 \times \text{Ação Corrente} + 1.0 \times \text{Ação Vento}$;
- $ELS_AC - 1.0 \times \text{Ações Permanentes} + 1.25 \times \text{Acostagem}$.

- **Limites aceitáveis**

Consideram-se as soluções estruturais admissíveis quando respeitam os seguintes limites:

- Admite-se a possibilidade de verificação de deslocamentos na ordem de ou pouco superiores a 0.15 m para Estado Limite de Serviço (ELS), os quais resultam da ocorrência simultânea das ações consideradas praticamente permanentes, com destaque para a corrente, com ações não permanentes, embora relativamente frequentes (vento) e ações acidentais (por exemplo embates na manobra das embarcações).

Para Estado Limite Último (ELU), o deslocamento máximo não poderá ultrapassar 0.3 m;

- Momento resistente da secção transversal da estaca superior ao momento atuante máximo para Estado Limite Último (ELU).

- **Tensões**

As tensões calculadas com base nestas combinações de ações não poderão ultrapassar os valores de cálculo das tensões de cedência dos respetivos materiais.

6.6 - Esquema indicativo de calculo das estruturas de fixação

Conforme referido previamente, dado que o sistema de amarração está estreitamente ligado ao tipo de equipamentos flutuantes que efetivamente será utilizado, quer para os sistemas de quebra-mares flutuantes como para os passadiços de cais, as características dos módulos flutuantes propostos no presente projeto têm uma natureza indicativa, para orientação do tipo de soluções possíveis para o desenvolvimento futuro do projeto de instalação do fornecedor do equipamento.

Como tal, assume-se no presente projeto que a amarração dos quebra-mares flutuantes será realizada com sistema de fixação com correntes e poitas. Realça-se que efetivo

dimensionamento destas estruturas depende do tipo de pontão a utilizar, nomeadamente quanto ao afastamento e posicionamento das fixações das amarras.

Relativamente ao caso do sistema de amarração e guiamento vertical previsto para os passadiços flutuantes de cais, o seu dimensionamento tem uma ligação igualmente estreita com o tipo de pontão flutuante a utilizar, em função nomeadamente do:

- Comprimento dos módulos e sistemas de acoplamento e às ligações dos “*fingers*” aos passadiços;
- Posicionamento na estrutura do pontão das abraçadeiras.

Conforme já indicado previamente, caberá ao fornecedor e instalador destas estruturas o dimensionamento efetivo das soluções para ambos os casos, incluindo a apresentação dos cálculos justificativos das características dimensionais e afastamentos entre elementos a adotar quer para os conjuntos de correntes e das poitas como para as estacas de guiamentos, os quais deverão considerar as solicitações definidas nos capítulos anteriores das presentes Bases de Cálculo.

Relativamente as amarrações com sistemas de correntes e poitas aplicadas na fixação dos quebra-mares flutuantes, serão compostas por correntes de elos em aço galvanizado conectadas a poitas preferencialmente de betão simples. Admite-se a possibilidade de utilização de poitas de betão armado, desde que seja demonstrada ao Dono de Obra a sua resistência ao ambiente estuarino e utilizados recobrimentos não inferiores a 7 cm.

Assinala-se que o peso das poitas (admite-se peso seco não inferior a 8 ton), o comprimento das correntes, a espessura dos elos (aditem-se espessuras não inferiores a $e_{min}=40mm$) irão depender dos seguintes fatores:

- Exposição das embarcações sobretudo à intensa corrente e, em menor escala, também aos ventos de levante;
- Exposição dos quebra-mares à ação da agitação local;
- Classes das embarcações estacionadas;
- Número de embarcações acostadas no passadiço (acostagem nas duas faces ou apenas numa);

Já no caso das estacas de guiamento, o seu diâmetro (usualmente $\varnothing 508$ mm ou superior), a sua espessura (usualmente $e=16mm$ ou superior) e o afastamento entre elas, conforme propostos de forma indicativa, dependem dos seguintes principais fatores:

- Exposição das embarcações sobretudo à intensa corrente e, em menor escala, também aos ventos de levante;
- Classes das embarcações estacionadas;

- Grau de abrigo que lhes é proporcionado ou não;
- Número de embarcações acostadas no passadiço;
- Probabilidade de conjugação das múltiplas ações individuais;
- Profundidade de cravação e distância (braço) ao ponto de aplicação da força;
- Características geotécnicas dos solos de fundação.

Dada a variabilidade destas condições, para efeito do cálculo, traduz-se no desenho esquemático seguinte as condições de aplicação das forças a ter em conta pelo instalador para o dimensionamento efetivo das estacas de fixação e dos passadiços flutuantes que terá de apresentar.

Alerta-se relativamente aos desenhos esquemático gerais apresentados (o perfil transversal tipo dos passadiços de cais e a planta tipo da instalação), ambos com natureza indicativa, que foram elaborados assumindo um conjunto de aspetos que se destacam de seguida:

- A disposição de estacas que presume, de forma indicativa, a necessidade de fixar com a cravação de estacas metálicas a posição quer dos passadiços de topo, como do passadiço de cais (pelo menos duas estacas no seu desenvolvimento transversal, entre cada par de lugares de estacionamento) e da ponta da totalidade dos “*fingers*”, exceto nos mais próximos do passadiço de distribuição e no QMF Transversal.

Realça-se novamente que a disposição assumida é indicativa, existindo liberdade para o instalador propor a alternativa que melhor se adequa ao que propõe fornecer;

- Independentemente da configuração em flutuação ser semelhante a todos os passadiços, consoante a sua localização – desde o passadiço K mais a montante, até o passadiço P mais a jusante – os fundos vão aprofundando à medida que se avança para jusante, razão para se indicarem fundos variáveis para a posição de cravação de cada estaca.

Assinala-se igualmente que, por esta razão, quer a largura do rasto a dragar a (-3.0 m)ZH como a extensão de talude de concordância com a margem também vão variando à medida que se avança de montante para jusante;

- Destaca-se igualmente que esta variabilidade de fundos se verifica igualmente ao longo do alinhamento dos quebra-mares flutuantes, sendo particularmente mais assinalável relativamente ao QMF Transversal implantado de forma perpendicular à margem (e ao sentido da corrente);
- Cota máxima de aplicação da força ao nível do anel de guiamento da estaca definida a (+4.7 m) ZH, admitindo que se encontra 0.35 m acima do nível máximo estimado para a superfície da água a 30 anos de (+4.35 m) ZH, sendo que a cota efetiva irá depender das características do equipamento proposto;



Fig. 7 – Desenho esquemático da atuação das forças (perpendiculares ao plano da imagem) sobre as estacas de guiamento – perfil transversal

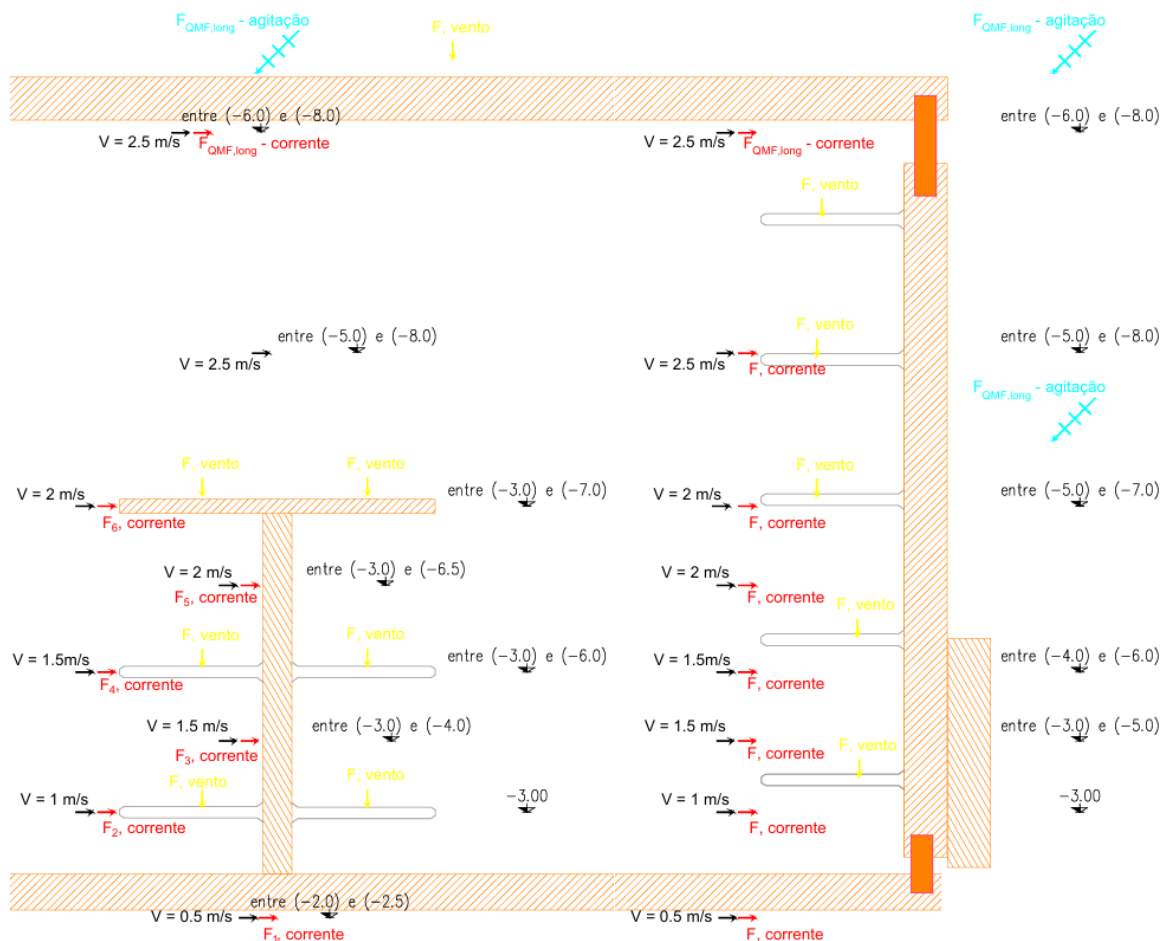


Fig. 8 – Desenho esquemático da atuação das forças sobre as estacas de guiamento – planta

Como se pode verificar nestes esquemas, não apenas as ações incrementam à medida que as estacas são cravadas a distâncias cada vez mais afastadas da margem, mas igualmente o comprimento livre das estacas, dado o aumento da profundidade dos fundos na aproximação do talvegue.

Tal gera maiores braços (distâncias b_x no esquema transversal) e, conseqüentemente, maiores momentos gerados a atuar na extensão cravada no solo. Como tal, destaca-se ainda que, não apenas quanto maiores forem os braços b_x , naturalmente maiores as fichas de cravação f_x necessárias, sendo que os comprimentos das fichas f_x dependem também da variabilidade das características geotécnicas dos fundos onde estão inseridas.

Do exposto, destaca-se a verificação de variabilidade a diversos níveis, julgando-se ser relevante destacar sobretudo a variabilidade dos fundos e da intensidade da corrente, as quais terão como consequência mais relevante que as ações e solicitações resultantes nas estacas irão incrementar de forma não linear:

- Analisando em perfil transversal, as estruturas que fixam os passadiços de topo serão sempre mais solicitadas que as que fixam o passadiço de distribuição;
- Analisando relativamente ao perfil longitudinal na área de expansão, quanto mais para jusante se situarem os locais de cravação das estacas, com fundos cada vez a cotas mais profundas, maiores as solicitações a que estão sujeitos relativamente aos dos passadiços de cais que lhes ficam a montante.

Por fim, realça-se novamente a natureza indicativa da distribuição dos pontos de fixação e guiamento apresentada, sendo responsabilidade do instalador justificar devidamente as opções que tomou na solução que propuser para o fornecimento e instalação do material flutuante e elementos de guiamento e amarração.

6.7 - Ensaios de carga

Conforme aludido anteriormente, considera-se existir um razoável grau de incerteza associado à resistência efetiva das estacas.

Não obstante a informação de base do ponto de vista geológico-geotécnico ser detalhada, dado ser baseada em sondagens realizadas junto ao limite de montante do PRG conforme existente (o que, à escala geológica, se julga serem bastantes próximas), ainda assim se alerta para a possibilidade de ocorrer variação ao nível das condições geotécnicas ao longo da zona de expansão do PRG.

Esta variabilidade poderá ocorrer quer longitudinalmente (variabilidade de montante para jusante) como na largura da faixa concessionada, sendo potencialmente acrescida em função da variabilidade das solicitações, patente na variabilidade das cotas dos fundos já anteriormente descritas.

Como tal, para permitir aferir se os pressupostos de cálculo geotécnicos relativamente aos elementos de fixação são válidos, julga-se ser aconselhável a realização de ensaios de carga nas estacas cravadas, considerando-se idealmente que deverão ser executadas primeiro as implantadas nas zonas mais desfavoráveis (extremidades mais a jusante do Passadiço N, na Fase 1A, e do Passadiço P, na Fase 1B).

Estes ensaios consistem basicamente em sujeitar as estacas à aplicação de uma força na cota máxima estabelecida (+4.35 m ZH + altura do plano de água ao centro do anel de guiamento, a qual depende do equipamento fornecido), idealmente de forma perfeitamente horizontal.

Propõem-se diferentes hipóteses para a execução destes ensaios, consoante a possibilidade de trabalhar no plano de água ou a partir de terra:

- Caso se pretenda realizar o ensaio a partir de terra a uma estaca individual, terá de ser implantado um elemento de fixação na zona terrestre que permita ligar um cabo de aço à estaca, através do qual se impõe a tração da força equivalente, correspondente até ao dobro da soma das seguintes ações:
 - Valor máximo atingível pelas ações consideradas permanentes (destaque para velocidade máxima da corrente) combinado com as semi-permanentes (vento) para a estaca em questão;
 - Ações acidentais (com destaque para embate acidental de embarcações).

sendo a F_{res} efetiva da estaca aquela da qual resulta o deslocamento individual máximo admitido igual a 0.15 m.

- Existindo meios para instalar equipamento de tração entre duas estacas, seja por meio de cabos ou outra solução, realizar a aplicação da força equivalente a partir de plataforma flutuante até ao dobro da soma das ações já descritas, sendo a F_{res} efetiva aquela capaz de gerar um deslocamento total nulo entre estacas, dado que ambas fletam em direções opostas.

Assinala-se que este tipo de ensaio só é aplicável a casos em que se preveja que ambas as estacas estão nas mesmas condições, ou seja, em que têm a mesma cota de fundo e para as quais se preveja estarem sujeitas a forças semelhantes.

Em ambos os casos, a aplicação da força deve-se reger por incrementos de 20% do valor total máximo previsto, com cada aumento da força a ser aplicado apenas quando a taxa de deslocamento se manter inferior a 0.1 mm/ 0.5 h (30 minutos), num período mínimo de 30 minutos de aplicação constante desta força.

As provas de carga devem ser realizadas no início da instalação das primeiras estacas, idealmente as mais solicitadas, de modo a permitir providências necessárias em tempo útil, sendo responsabilidade da Entidade Executante quaisquer encargos resultantes do não cumprimento deste procedimento.

6.8 - Nota final

O evoluir das diferentes fases do layout, as condicionantes de espaço, as condições de processo/faseamento construtivo e as limitações financeiras, conduziram a uma solução em que os passadiços de estacionamento, os quebra-mares flutuantes perpendiculares entre si, e que também permitem estacionamento, bem como a ponte de acesso principal, estão todos ligados entre si, embora uns tenham ligações fixas e com baixo grau de liberdade no plano horizontal e outros com grau de liberdade significativo neste plano, obriga a ponderar/estudar muito bem as ligações entre estes vários elementos devido aos deslocamentos diferenciais.

Devido a estes deslocamentos diferenciais e ao facto de a ponte de acesso apenas poder apoiar sobre o quebra-mar transversal, idealmente as amarrações e guiamento destes elementos deveriam ser preferencialmente em estacas.

O recurso a poitas e correntes para amarração do quebra-mar transversal, por na Fase 1A ser uma estrutura provisória que se pretende deslocar para a posição da Fase 1B, quer por razões económicas, conduz a que estas estruturas sofram grandes deslocamentos, como já acontece na situação atual, deslocamentos estes que serão ainda maiores por na posição da Fase 1A, aumentando ainda mais na posição final correspondente à Fase 1B, pois as correntes são ainda mais fortes.

ANEXO I – CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES NATURAIS



ASSOCIAÇÃO NAVAL DO GUADIANA

EMPREITADA DE AMPLIAÇÃO E REQUALIFICAÇÃO DO PORTO DE RECREIO DO GUADIANA (PRG) EM VILA REAL DE SANTO ANTÓNIO

VOLUME 1 - PROJETO DE EXECUÇÃO TOMO I - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA ANEXO I – CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES NATURAIS

MARÇO, 2025



CONSULMAR

Projectistas e Consultores, Lda.

ASSOCIAÇÃO NAVAL DO GUADIANA**EMPREITADA DE AMPLIAÇÃO E REQUALIFICAÇÃO DO
PORTO DE RECREIO DO GUADIANA (PRG – VILA REAL DE SANTO ANTÓNIO)
(0.1284.01)****VOLUME 1 - PROJETO DE EXECUÇÃO
TOMO I - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
ANEXO I – CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES LOCAIS****CONTROLO****VERSÃO INICIAL**

Data do documento	Autor (sigla)	Responsável pela revisão (sigla)	Responsável pela verificação e aprovação (sigla)
Março, 2025	JMB	LAL	LAL

ALTERAÇÕES

Versão n.º	Data	Responsável pela alteração (sigla)	Responsável pela revisão (sigla)	Responsável pela verificação e aprovação (sigla)	Observações

ÍNDICE DO TEXTO

1 - CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES LOCAIS	1
1.1 - Localização da zona em estudo	1
1.2 - Geologia e natureza dos fundos	2
1.3 - Topo-Hidrografia.....	7
1.3.1 - Situação Atual	7
1.3.2 - Evolução recente dos fundos.....	11
1.4 - Regime de Ventos	14
1.5 - Escoamento	16
1.6 - Marés e níveis do rio	18
1.6.1 - Maré Astronómica.....	18
1.6.2 - Sobrelevações meteo-oceanográfica	19
1.6.3 - Evolução do nível da superfície do mar.....	20
1.6.4 - Associação com ocorrência de cheias	25
1.6.5 - Estimativa do nível da superfície do mar em condições de temporal	26
1.7 - Hidrodinâmica e regime de correntes no estuário	27
1.7.1 - Estudos e estimativas de correntes anteriores a 2008	27
1.7.2 - Sedimentologia e Dinâmica aluvionar.....	29
1.7.3 - Medições de corrente no estuário entre 2008 e 2014.....	31
1.8 - Agitação Marítima.....	40
1.8.1 - Regime ao Largo.....	40
1.8.2 - Agitação no Local	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 – Localização da Marina de Vila Real de Santo António (Google Earth – Abril 2024)	1
Fig. 2 – Extrato da Carta Geológica da Região do Algarve, Folha Oriental (sem escala – Adaptado de GEOALGAR, 2019).....	4
Fig. 3 – Localização das sondagens geotécnicas (sem escala – retirado de GEOALGAR, 2019)	5
Fig. 4 – Perfil interpretativo do zonamento geológico-geotécnico (sem escala – retirado de GEOALGAR, 2019)	6
Fig. 5 – Levantamento Hidrográfico (IH, 2022).....	8
Fig. 6 – Composição dos levantamentos na área de concessão para a expansão da marina	9
Fig. 7 – Evolução da sedimentação/erosão dos fundos na zona em análise (2006/09 – 2022)	13
Fig. 8 – Variação regional do nível médio do mar (m) em relação às previsões globais eustáticas para o Séc. XXI (extraído de IPCC, 2007).....	21
Fig. 9 – Variação regional do nível médio do mar (m) em relação às projeções de acordo com o cenário RCP 8.5 (2081-2100) (extraído de SROCC – CCB9, 2019)	22
Fig. 10 – Cenários de variação do nível médio do mar (m) para o Séc. XXI (extraído de IPCC_AR6_WGI_TS, 2021).....	23
Fig. 11 – Esquema de instalação do ADP à cota (-7.0 m) ZH	32
Fig. 12 – Localização do ADP imediatamente a jusante da área em estudo	32
Fig. 13 – Perfis de corrente no ADP para 9 registos distintos (em 2009 e 2013)	36
Fig. 14 – Previsão de níveis de maré para 11 a 13 de Março de 2013 (IH, 2013).....	38
Fig. 15 – Localização das boias ondógrafo Costeira e Oceânica de Faro	41
Fig. 16 – Agitação marítima na Boia Costeira – Distribuição de rumos/alturas e de rumos/períodos de pico	42
Fig. 17 – Agitação marítima na Boia Costeira – Distribuição de alturas e períodos na boia	43
Fig. 18 – Agitação marítima na Boia Oceânica – Distribuição de rumos/alturas e de rumos/períodos de pico	45
Fig. 19 – Agitação marítima na Boia Oceânica – Distribuição de alturas e de períodos de pico	45
Fig. 20 – Determinação de “fetch” máximo para ventos de Levante (entre E e SE - Google Earth).....	48

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo dos resultados das sondagens mecânicas e dos ensaios SPT (retirado de GEOALGAR, 2019).....	5
Quadro 2 – Regime de Ventos em Vila Real de Santo António (1951-1980)	14
Quadro 3 – Resumo do número de dias com ventos superiores a 36 km/h e 55 km/h em Vila Real de Santo António (1931-1980) e Faro (1931-1985).....	15
Quadro 4 – Caudais máximos instantâneos na estação hidrométrica de Pulo do Lobo.....	17
Quadro 5 – Distribuição da frequência de sobrelevações calculada no marégrafo de Lagos.....	19
Quadro 6 – Sobrelevações do nível da água em Cascais (1986 a 2000) (F. D. Santos; P. Miranda, 2006)	19
Quadro 7 – Sobrelevações do nível da água em Cascais (1960 a 2010) (R. Vieira, C. Antunes e R. Taborda, Jun2012)	20
Quadro 8 – Resumo das projeções de evolução do nível médio do mar (1995-2014).....	23
Quadro 9 – Resumo das projeções de evolução do nível médio do mar para os anos entre 2030 a 2150 (com base no período de referência de 1995-2014)	24
Quadro 10 – Níveis máximos da superfície do estuário com ocorrência simultânea de escoamento durante preia-mar	25
Quadro 11 – Quadro resumo das distribuições das velocidades registadas no ADP do sistema SIMPATICO para V, V_1 e V_2 (dados em bruto obtidos de Garel e Ferreira, 2015)	33
Quadro 12 – Quadro resumo das distribuições das velocidades registadas no ADP do sistema SIMPATICO para V_3, V_4 e V_5 (dados em bruto obtidos de Garel e Ferreira, 2015)	34
Quadro 13 – Quadro resumo das distribuições das velocidades registadas no ADP do sistema SIMPATICO para V_6, V_7 e V_8 (dados em bruto obtidos de Garel e Ferreira, 2015)	34
Quadro 14 – Quadro resumo das distribuições das velocidades registadas no ADP do sistema SIMPATICO para V_9 e V_10 (dados em bruto obtidos de Garel e Ferreira, 2015)	35
Quadro 15 – Descargas de caudal para jusante da estação hidrométrica de Pulo do Lobo a 12/3/2013	39
Quadro 16 - Dados utilizados para a caracterização da agitação marítima.....	40
Quadro 17 – Coeficientes de refração na zona de fundos a (-2.0 m) ZH	46

1 - CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES LOCAIS

1.1 - Localização da zona em estudo

A marina de Vila Real de Santo António localiza-se na margem direita do trecho final do estuário do Guadiana, sensivelmente a 2 km para montante da foz deste no Oceano Atlântico. Encontra-se implantada numa extensão parcialmente escavada na margem, a qual dista cerca de 600 m para jusante da boca de entrada na bacia do porto de pesca de Vila Real de Santo António (igualmente implantado em bacia escavada na margem).

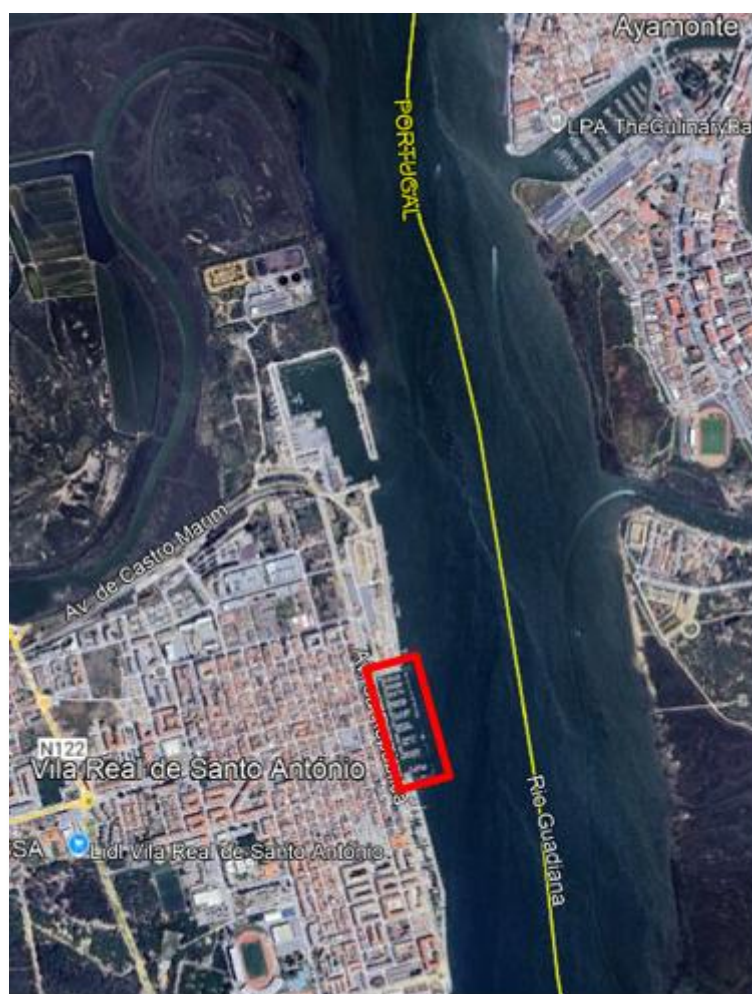


Fig. 1 – Localização da Marina de Vila Real de Santo António (Google Earth – Abril 2024)

1.2 - Geologia e natureza dos fundos

O estuário do Guadiana, zona do rio sujeita à penetração da maré, estende-se até Mértola, nele se distinguindo claramente dois troços de características morfológicas diferenciadas. O trecho terminal, da foz até Castro Marim, típica planície aluvionar, de sapal, e o trecho para montante, onde o rio corre encaixado num vale progressivamente mais apertado e sinuoso.

A cerca de 5 km da foz, o rio abandona o maciço antigo, aproximadamente a partir de Castro Marim e Ayamonte, e passa a correr na planície aluvial. Esta planície começa a desenhar-se a jusante de Monte Francisco. À exceção das elevações de Ayamonte, as margens são baixas e, nomeadamente a margem direita estendem-se por extensos sapais, ocupados por salinas, até Vila Real de Santo António (esteiros do rio Seco, esteiro da Carrasqueira).

Neste trecho final o vale invadido pelo mar é muito largo e as vertentes esbatidas, mas o rio encontra-se profundamente encaixado. Entre Vila Real de Santo António e o Monte Francisco, o vale é assimétrico, com a margem esquerda rochosa e a margem direita constituindo a extensa planície aluvial cortada por esteiros e canais de maré, onde emergem alguns cabeços rochosos.

No leito do rio o substrato rochoso é constituído pelos xistos e grauvaques interestratificados e muito dobrados, cobertos por um enchimento aluvionar que preenche o antigo vale do Guadiana formado durante a regressão Wurmiana, atingindo espessuras da ordem de 70 m. Esta espessura deverá aumentar para jusante até à foz.

Os depósitos aluvionares do trecho terminal do Guadiana apresentam uma estratificação muito irregular e ocorrem geralmente em níveis lenticulares, com variações verticais e horizontais. da sua composição litológica.

Analisando o seu modo de ocorrência em grande escala verifica-se uma certa constância litológica que permite, em linhas gerais, a individualização, em profundidade, dos seguintes complexos litológicos:

- Complexo superior - constituído por alternâncias de lodos silto-arenosos e de areias lodosas, geralmente finas a médias. Os lodos exibem baixa consistência e as areias baixa compacidade;
- Complexo intermédio - é constituído por lodos silto-arenosos em intercalações de areias finas e geralmente com muitas conchas. Caracteriza-se pela consistência baixa a média dos depósitos lodosos.
- Complexo inferior - assenta no substrato rochoso de xistos e grauvaques e apresenta grande heterogeneidade, predominando as camadas de areias lodosas com níveis de seixos e intercalações de lodos. Os níveis lodosos e arenosos exibem consistência e compacidade mais elevada, podendo já classificar-se os lodos como de consistência média a duros e as areias como compactas.

Para jusante de Vila Real de Santo António, mais precisamente a partir da ribeira da Carrasqueira, a margem direita da atual embocadura do Guadiana é constituída por depósitos de antigas praias quaternárias, em grande parte cobertas por areias de duna e por cordões de dunas litorais.

Estes depósitos de antigas praias quaternárias desenvolvem-se de poente para nascente, desde Lagoa e Aldeia Nova, e isolam a zona interior de sapais para onde convergem o rio Seco e o esteiro da Carrasqueira. A atual embocadura do Guadiana resultou do encaixe do rio durante a última regressão Wurmiana em que o mar regrediu baixando o nível de base da ordem de 100 m. Este abaixamento do nível de base provocou uma fase de rejuvenescimento e, portanto, de forte ação erosiva remontante, que levou o rio a encaixar-se escavando o seu próprio leito.

Do antigo leito restam como vestígios, em grande parte destruídos, as rechãs que se desenvolvem nas margens para montante de Mértola. Para jusante de Mértola as margens não apresentam terraços exibindo o vale um perfil em V aberto de vertentes mais inclinadas na parte inferior. Devida à ação das cheias as encostas junto ao rio não apresentam depósitos de vertente ou solos residuais da alteração dos maciços. O maciço rochoso é aflorante embora exiba as normais perturbações de superfície (alterações, descompressão e desagregação mecânica superficial).

Em resumo, as condições geológicas atrás esquematizadas permitem as seguintes considerações geotécnicas genéricas relativamente ao trecho do rio que envolve a área de intervenção, desde Castro Marim até à foz:

- Entre Castro Marim e Vila Real de Santo António situa-se extensa zona baixa de sapais recortada por esteiros de maré, onde convergem o esteiro da Lezíria e o esteiro da Carrasqueira. É constituída por lodos e depósitos areno-lodosos de baixa consistência e compacidade;
- Entre Vila Real e a Foz a margem direita onde se desenvolve a vila é constituída por depósitos de antigas praias quaternárias (areias, argilas e cascalheiras, de compacidade e consistência elevada) cobertas por areias de duna;
- No leito do rio, pelo menos a partir de Guerreiros do Rio, ocorrem depósitos aluvionares constituídos por areias e cascalheiras que, passam progressivamente, para jusante, a depósitos lodosos e areno-lodosos, cuja espessura ultrapassa na foz os 70 m.

Apresenta-se abaixo o extrato da Folha Oriental da Carta Geológica da Região do Algarve, onde se localiza a zona em estudo.

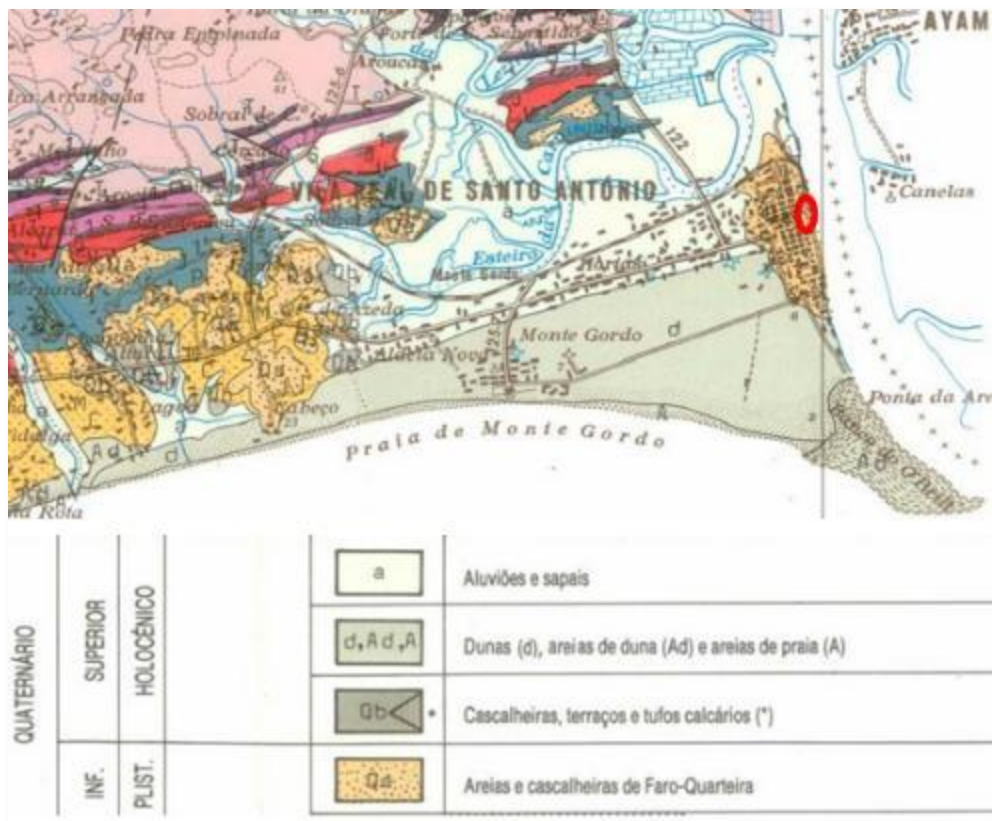


Fig. 2 – Extrato da Carta Geológica da Região do Algarve, Folha Oriental (sem escala – Adaptado de GEOALGAR, 2019)

Assinala-se igualmente ter sido possível obter o estudo geológico-geotécnico que serviu de caracterização de base para o projeto das obras de reabilitação da retenção marginal a norte da marina. Este estudo foi realizado pela GEOALGAR, encontrando-se datado de Agosto de 2019, consistindo na execução e análise de três sondagens mecânicas à rotação, acompanhadas pela realização de ensaios SPT.

A localização dos pontos de realização das sondagens e resumo dos resultados obtidos são apresentados nas figuras e quadro seguintes.

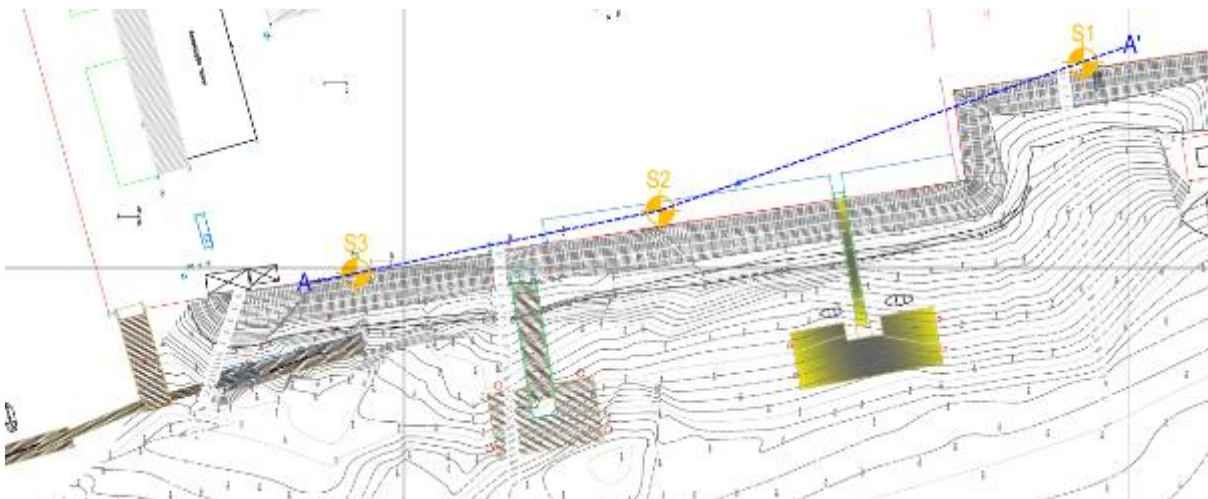


Fig. 3 – Localização das sondagens geotécnicas (sem escala – retirado de GEOALGAR, 2019)

Quadro 1 – Resumo dos resultados das sondagens mecânicas e dos ensaios SPT (retirado de GEOALGAR, 2019)

Sond.	Prof. (m)	Nível de água (m)	Profundidade de ocorrência (m)						
			Holocénico			10 ≤ N _{SPT}	10 ≤ N _{SPT} < 30	30 ≤ N _{SPT} < 50	N _{SPT} ≥ 50
			Aterro arenoso	Aluvião arenosa	Aluvião argilo-siltosa				
S1	15,45	3,50	0,00-4,00	4,00-14,50	14,50-15,45	1,5-6,0 15,0	-	7,5 13,5	9,0-12,0
S2	13,85	3,00	0,00-3,00	3,00-13,85	-	1,5-3,0	4,5 7,5-9,0	6,0	10,5-13,5
S3	13,73	3,00	0,00-3,00	3,00-13,73	-	1,5-3,0	4,5-9,0	-	10,5-13,5

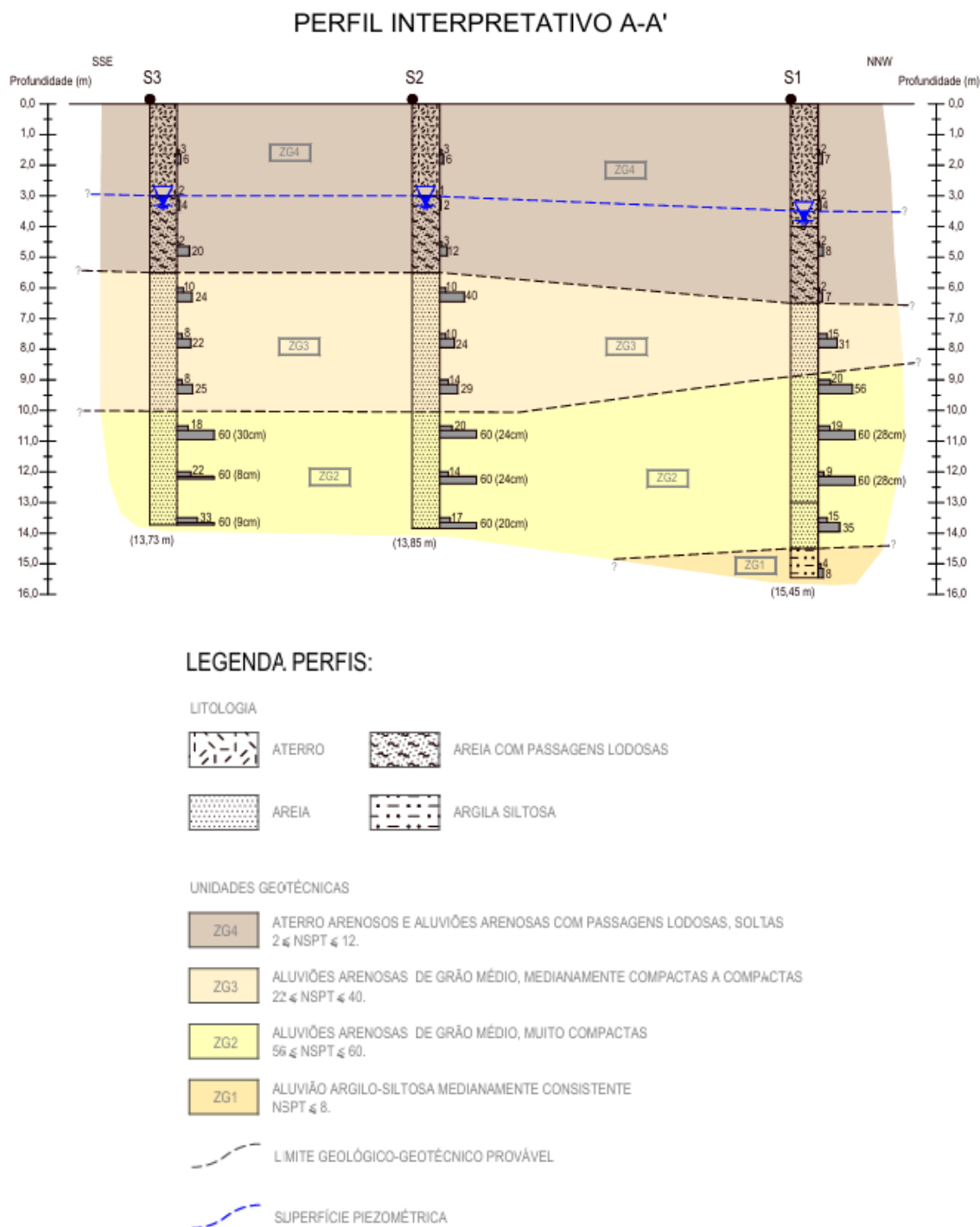


Fig. 4 – Perfil interpretativo do zonamento geológico-geotécnico (sem escala – retirado de GEOALGAR, 2019)

Transcrevem-se abaixo as conclusões apresentadas neste estudo relativamente ao zonamento geológico-geotécnico:

- “A zona geotécnica ZG4 engloba os aterros arenosos, bem como o topo das aluviões constituídas por areias médias, com níveis lodosos. Os ensaios SPT realizados apresentam em geral valores entre as 2 e as 12 pancadas, podendo classificar-se como soltas. Na sondagem S3 aos 4,5m de profundidade foi ainda obtido um valor de 20 pancadas, encontrando-se as areias neste local medianamente compactas. Este último resultado não é representativo do estado de compactidade global deste estrato.”;
- “A zona geotécnica ZG3 é subjacente à anterior e abrange as aluviões arenosas, de grão médio, com tonalidades amareladas e acinzentadas. Os valores de NSPT variam entre as 22 a 40 pancadas, encontrando-se estas areias medianamente compactas a compactas”;
- “A zona geotécnica ZG2 também corresponde às aluviões arenosas, mas o ensaio SPT atinge frequentemente a nega, sendo estas areias classificadas como muito compactas. Foi obtido na sondagem S1 aos 13,5m, um valor de 35 pancadas, mas que ainda é considerado elevado, provavelmente devido a um maior teor de argila e silte”;
- “...a zona geotécnica ZG1, que está associada à aluvião argilo-siltosa, plástica, acinzentada, identificada na sondagem S1 aos 14,5m de profundidade, com 8 pancadas no ensaio SPT, sendo assim de consistência média”.

Dada a proximidade à zona em estudo, e não se reconhecendo a presença de elementos que alteram de forma crítica a geologia existente a jusante, admite-se que estes perfis continuem sensivelmente semelhantes na zona em estudo.

1.3 - Topo-Hidrografia

1.3.1 - Situação Atual

Para a caracterização topo-hidrográfica da área de intervenção, foi possível obter os dados em bruto correspondentes a um levantamento hidrográfico da margem direita do rio Guadiana a jusante da marina de Vila Real de Santo António, o qual foi realizado pelo Instituto Hidrográfico (IH) e se julga ser datado de 2022, relativamente ao qual foi indicado ser o levantamento mais recente existente da zona em estudo.

Assinala-se que a extensão total deste levantamento hidrográfico, apesar de ser bastante útil para efeito da caracterização da zona em estudo, é limitada, não permitindo por exemplo a caracterização da zona em terra ou da zona da marina existente.

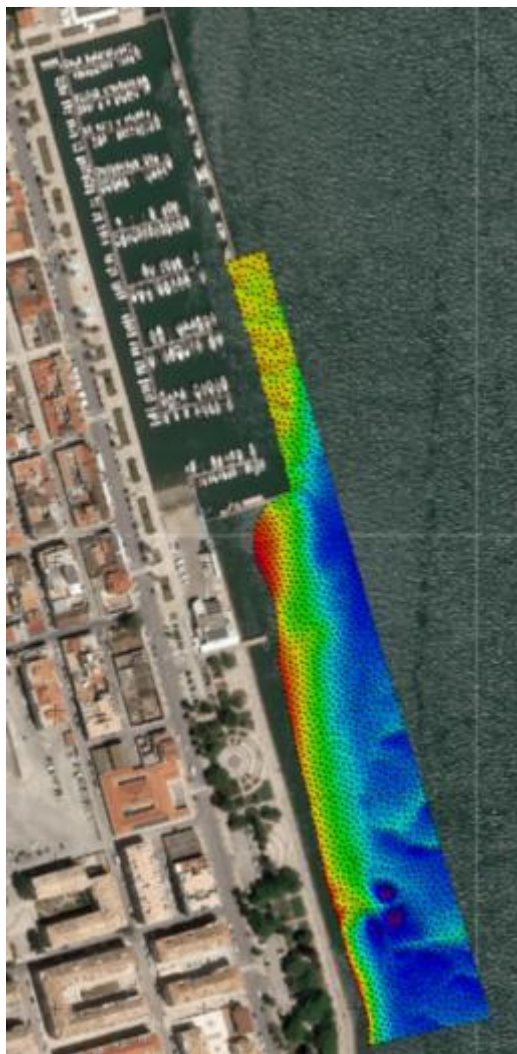


Fig. 5 – Levantamento Hidrográfico (IH, 2022)

Assim, utilizou-se este levantamento como elemento central de uma composição que inclui igualmente o levantamento hidrográfico de 2005, reproduzido na Carta Hidrográfica n.º 26312 (IH, 2006) referente à Barra e Porto de Vila Real de Santo António, assim como um conjunto de levantamentos da área envolvente do Porto de Recreio, realizados entre 1996 e 2009. Apresenta-se a composição dos levantamentos realizada na figura seguinte, conforme consta na peça desenhada da situação atual.



Fig. 6 – Composição dos levantamentos na área de concessão para a expansão da marina

O trecho do Guadiana entre o Pomarão e a foz apresenta um desenvolvimento de cerca de 50 km e encontra-se inteiramente sujeito a influência da maré. A sua forma é regular, quase unifilar, com uma largura superficial das secções transversais a variar quase uniformemente entre cerca de 200 m a montante e de 600 m a jusante. O Porto de Recreio situa-se nesta última zona, a apenas cerca de 3,6 km da cabeça do Molhe Oeste.

Neste trecho final, o rio apresenta largura aproximadamente constante e desenvolvimento reto, delimitado a montante e a jusante por curvas de meandrização respetivamente direccionadas para leste e poente, a primeira contida pela elevação rochosa de Ayamonte, a segunda fixa pelo molhe de guiamento Oeste.

O talvegue do rio acompanha mais pronunciadamente a meandrização, aproximando-se da margem espanhola a montante e da portuguesa a jusante. Neste trecho reto, as profundidades máximas tomam valores entre -5,0 m (ZH) e -7,0 m (ZH), aproximadamente. Para jusante, a zona de maiores profundidades do talvegue encosta-se ao molhe oeste, acompanhando-o na íntegra.

Ambas as margens apresentam extensas zonas inundáveis de sapal, incluindo a que se situa no lado espanhol, frente à área de intervenção.

Na área de intervenção podem-se distinguir duas zonas com configuração e cotas de fundo distintas:

- A montante, o Porto de Recreio ocupa a área do redente situado entre os terraplenos do terminal de passageiros de VRSA e do Jardim anexo ao Clube Naval, no qual se verificam fundos com cotas em geral acima de -3,0 m (ZH) e acompanhando o talude direito do leito do rio. Este apresenta profundidades máximas ligeiramente superiores a -7,0 m (ZH), distando a batimétrica -5,0 m (ZH) cerca de 70 e 60 m das retenções marginais, frente ao cais de passageiros e à rampa-varadouro, respetivamente. Nesta zona, a faixa de fundos de -6,0 m (ZH) a -4,0 m (ZH) apresenta talude com inclinação de 6 a 12%, crescente para jusante;

- A jusante do Quebra-Mar Flutuante Sul existente (QMF Sul), de acordo com o levantamento mais recente, o talvegue do canal vai-se aproximando ainda mais da margem direita, reduzindo-se a distância da batimétrica dos -5,0 m (ZH) ao topo da retenção marginal nesta zona de sensivelmente 67 m junto ao QMF Sul até cerca de 23 m no limite jusante da área de concessão.
- Assinala-se igualmente a localização de um fundão com cotas inferiores a (-8.0 m) ZH a sensivelmente 270 m a jusante do QMF Sul e afastado em cerca de 50 m da margem, o qual marca uma mudança de alinhamento do talvegue para se afastar ligeiramente na direção da margem oposta, assinalando-se que se mantêm cotas inferiores a (-6.0 m) ZH na maioria da área de concessão a jusante.
- Destaca-se ainda a acumulação de sedimentos acima da batimétrica dos (-3.0 m) ZH na proximidade do QMF Sul, afastando-se esta batimétrica do topo da retenção em sensivelmente 53 m. Esta acumulação reduz-se à medida que se progride para jusante, reduzindo-se a distância desta batimétrica ao topo da retenção para valores sensivelmente entre 18 e 20 m nos últimos 100 m da faixa concessionada.
- A diferença presente na maior acumulação de sedimento na zona mais a montante na área concessionada e maiores profundidades cada vez mais próximas da margem à medida que se progride para jusante sugere que grande parte da área concessionada é caminho preferencial para o fluxo do escoamento do rio e do prisma de maré do estuário.

A embocadura do Rio Guadiana apresenta características típicas de um delta, desenvolvendo-se em terrenos baixos de aluviões que constituem várias ilhas e zonas de sapal, entrecortadas por numerosos canais. Estas ilhas e sapais estendem-se para nascente do canal principal do estuário, à exceção da zona de sapal de Castro Marim e dos esteiros do mesmo nome e da Carrasqueira, que se desenvolvem na margem direita do rio.

A zona da barra apresenta a típica configuração em "meia-lua", constituindo uma protuberância no alinhamento geral das batimétricas do litoral adjacente, até profundidades entre (-10 m) ZH e (-12 m) ZH.

Observando mais pormenorizadamente a configuração da zona da barra podem detetar-se os efeitos das obras de fixação da embocadura nos fundos adjacentes. De facto, nesta zona distinguem-se duas formações em "meia-lua"; a maior é perceptível até profundidades entre (-10 m) ZH e (-12 m) ZH, tendo um diâmetro de cerca de 15 km a estas cotas e o eixo de simetria no meridiano que passa aproximadamente no centro da Ilha de Canela (cerca de 2500 m a nascente da cabeça do molhe W). A segunda formação, de menores dimensões e constituindo uma protuberância no desenvolvimento da primeira, é simétrica em torno do eixo do canal, que atualmente se situa no enfiamento da zona entre molhes; é perceptível até cerca da cota (-3.0 m) ZH, onde o seu diâmetro é de aproximadamente 2 km.

A formação de maiores dimensões corresponde à posição natural da embocadura do rio, antes da construção dos molhes, que se situava preferencialmente a nascente da atual, como ficará patente quando a sua evolução for analisada no ponto seguinte. A barra de menores

dimensões corresponde à nova posição da embocadura, que a construção dos molhes (1972 e 1976) veio fixar.

Em levantamento de Abril de 1988 realizado pela Brigada Hidrográfica N.º 4 da D.G.P., a cota do passe da barra estava próxima de (-2,7 m) ZH. Esta situação reflete, no entanto, os efeitos das dragagens iniciadas em 1987 para atingir a cota (-3,0 m) ZH, quando foi sentida a necessidade de aprofundar o passe, que até então havia assoreado a cotas entre (-1,5 m) ZH e (-2,0 m) ZH, após haver sido dragado em 1977/78 ao (-4,0 m) ZH. Atualmente, o passe da barra volta a exibir cotas da ordem de (-1,5 m) ZH a (-2,0 m) ZH.

1.3.2 - Evolução recente dos fundos

A evolução da embocadura do Guadiana no período anterior às obras que a vieram fixar era caracterizada por uma tendência de constante migração para nascente, provocada pelo crescimento neste sentido do banco que a limitava a poente (Banco do O'Bril ou de Poente), em consequência do transporte sólido litoral, que nesta zona da costa tem uma resultante no sentido W-E.

Esta migração para nascente provocava o alongamento do canal para SE, fazendo com que o escoamento dos caudais do rio não se processasse nas condições ideais. Assim, quando ocorriam situações de cheia ou temporais mais violentos, estando a embocadura muito desviada para nascente do alinhamento do troço final do rio, verificava-se o rompimento do banco de poente, formando-se um segundo canal na embocadura. Este novo canal tornava-se então no canal principal da embocadura, enquanto o de nascente era progressivamente assoreado. Retomava-se então o ciclo evolutivo atrás descrito, com a migração progressiva do novo canal para nascente.

A inconstância da barra e dos seus fundos trazia óbvios inconvenientes à navegação, pelo que, a partir de 1912, se iniciaram dragagens para manter um canal de 90 m de largura à cota (-4,0 m) ZH, seguindo o talvegue existente à data de cada dragagem.

Segundo dados do ex-Ministério das Comunicações (1955) e ex-Junta Autónoma dos Portos de Sotavento do Algarve (1962 a 1967), os volumes dragados na barra foram da ordem de 240 000 m³/ano até 1922, passando depois para cerca de 100 000 m³/ano até 1967 (com exceção do período entre 1942 e 1947, em que os trabalhos foram interrompidos devido à guerra). Em 1969 foram dragados 340 000 m³, para tentar manter os fundos no passe da barra a (-4,0 m) ZH.

Com o objetivo de propor medidas para o melhoramento das condições na barra foi constituída em 1964 a Comissão Técnica Luso-Espanhola para o Estudo da Barra do Guadiana. Esta comissão propôs a construção de dois molhes de fixação da embocadura, sendo o da margem espanhola submerso, e de um esporão de retenção das areias, implantado a cerca de 1 km

para poente do molhe W, junto à praia de Monte Gordo. Estas obras seriam complementadas com as dragagens que se revelassem necessárias para a manutenção do canal que, em consequência da sua construção, se viesse a formar.

Embora com algumas alterações no comprimento das diversas estruturas, propostos tanto na fase de projeto como após o início da construção, este conjunto de obras foi executado entre 1972 e 1976. O molhe E foi construído com um comprimento de cerca de 1350 m, o molhe W com 2050 m e o esporão com 280 m.

Em 1977/78 procedeu-se à dragagem de cerca de 350 000 m³, para estabelecimento de um canal com 100 m de largura de rasto, à cota (-4,0 m) ZH, numa extensão de 1830 m, completando-se assim o conjunto de intervenções inicialmente previsto pela comissão técnica.

Em consequência destas obras verificou-se a fixação do canal junto ao molhe W, tendo sido interrompida a sua constante migração para nascente, e um aprofundamento, embora não muito pronunciado, das cotas do passe da barra.

Através da análise dos levantamentos da Brigada Hidrográfica N.º 4 de 1969 a 1988, verifica-se que em 1969, antes das dragagens, a cota do passe do canal de poente se encontrava cerca do (-1,2 m) ZH, apesar de entre 1962 e 1967 terem sido executadas anualmente dragagens de manutenção (170 000 m³/ano de 1962 a 1964 e 60 000 m³/ano de 1965 a 1967).

Em 1969 foi dragado um volume de 340 000 m³, para fixar o canal à cota -4,0 m (ZH), mas os levantamentos de 1972 e 1973 ilustram a barra já novamente assoreada, encontrando-se o passe próximo da cota (-2,0 m) ZH.

Após a execução das obras da embocadura foram dragados, nos anos de 1977 e 1978, cerca de 350 000 m³ para fixar a profundidade do canal novamente à cota (-4,0 m) ZH. Em meados da década de oitenta foi mais uma vez necessário proceder a dragagens, pois o passe já se encontrava cerca da cota (-1,8 m) ZH. Estas dragagens envolveram um volume da ordem de 160 000 m³, para fixar o canal à cota (-3,0 m) ZH.

Apesar de não se dispor da informação completa quanto às cotas atingidas efetivamente pelas dragagens, e não ser assim possível determinar as taxas de assoreamento do canal antes e depois das obras, os valores acima apresentados parecem indicar uma diminuição no ritmo de dragagens necessário para manter o canal após a execução dos molhes. Esta diminuição justifica-se pela maior eficiência hidráulica do estuário conferida pelas obras, que vieram facilitar o escoamento dos caudais fluviais e de maré, cujas correntes "varrem" o fundo do canal dificultando a deposição de sedimentos a cotas mais elevadas.

Na orla costeira adjacente à embocadura também são visíveis os efeitos das obras. Como era esperado, verificou-se o enchimento da praia a barlamar do molhe W, o qual ocorreu na sua quase totalidade acima do zero hidrográfico, tendo-se traduzido num avanço de 400 m na cota do nível médio, junto ao molhe. A presença do esporão a poente do molhe terá também influenciado o enchimento deste.

Apesar da extensão limitada do levantamento hidrográfico de 2022, assinala-se ter sido possível analisar a evolução dos fundos na maioria da área em estudo entre este e o levantamento anterior para esta área (composição de levantamentos realizados entre 2006 e 2009), cuja planta de distribuição das zonas de acumulação e erosão se apresenta na figura seguinte.

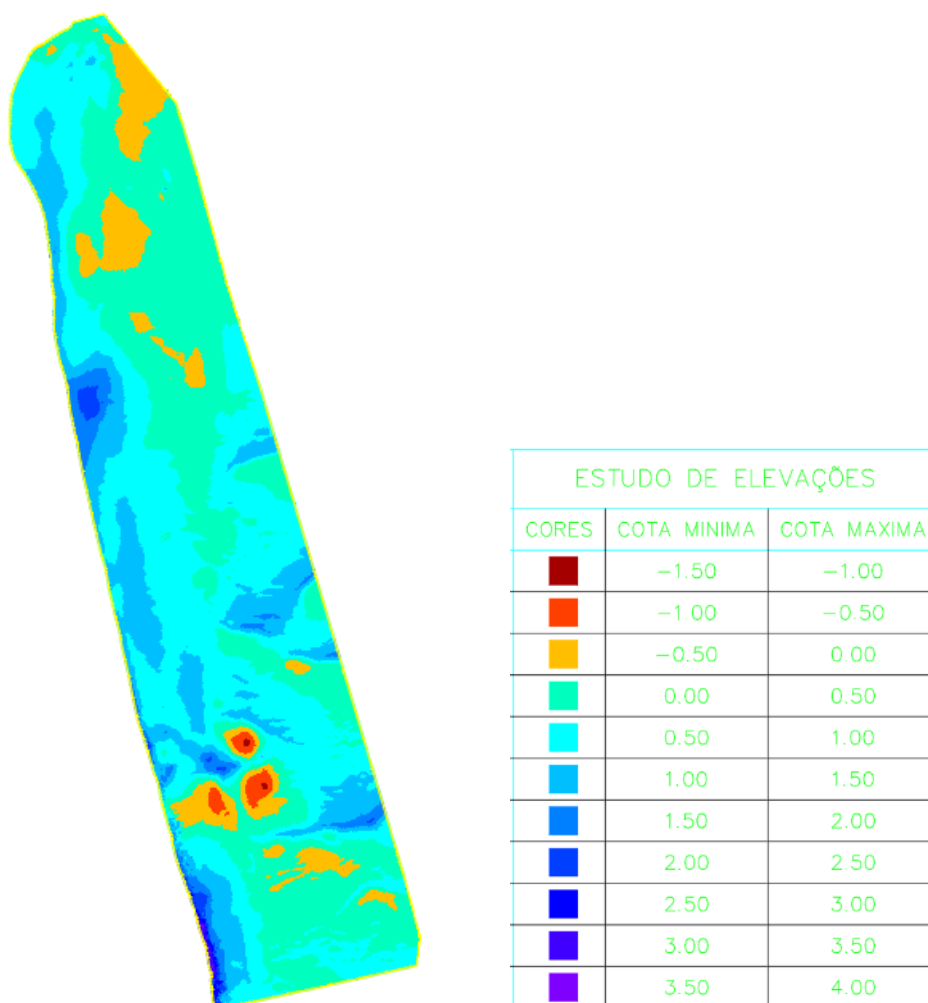


Fig. 7 – Evolução da sedimentação/erosão dos fundos na zona em análise (2006/09 – 2022)

A análise da distribuição em planta permite observar uma aparente tendência geral para acumulação de sedimentos na maioria da área de expansão da marina, patente na

predominância da escala de azuis na área analisada, com particular relevância na proximidade da retenção marginal.

Apesar disto, considera-se igualmente relevante destacar a aparente presença de várias zonas onde ocorre erosão de forma intensa, as quais se localizam sensivelmente do talvegue do rio. Destacam-se em particular 3 zonas que aparentam a ocorrência de erosão com maior intensidade, as quais correlacionam com as zonas dos fundões já anteriormente referidas na análise do levantamento hidrográfico de 2022.

Admite-se que estas zonas de erosão resultem de uma ação combinada de múltiplos fatores, como a ação das correntes de maré em águas-vivas, do escoamento do rio Guadiana, de correntes geradas pela passagem de embarcações, entre outras. Similarmente, julga-se que será a menor intensidade de ação destes fatores junto à margem que justifica a acumulação presente na proximidade da retenção marginal.

1.4 - Regime de Ventos

Para caracterizar o regime de ventos no local utilizaram-se os registos publicados pelo Instituto de Meteorologia (IM) para a estação meteorológica de Vila Real de Sto. António, abrangendo um período de 30 anos (1951 – 1980) e referidos à altitude de 7 m, apresentados no quadro seguinte.

Quadro 2 – Regime de Ventos em Vila Real de Santo António (1951-1980)

	Frequência (%) e velocidade média (km/h) , para cada rumo																Calma (%)	Velocidade média (km/h)
	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW			
Janeiro	27.4	6.6	9.3	5.2	6.1	5.7	7.8	5.5	2.5	14.2	19.7	8.8	7.0	7.0	13.6	6.9	6.5	6.5
Fevereiro	21.9	8.1	4.6	6.4	6.5	8.0	9.8	9.4	2.9	10.5	25.3	11.3	8.4	8.7	15.8	7.4	4.8	4.8
Março	22.6	11.1	4.4	7.8	5.9	8.1	11.2	8.0	1.7	11.5	22.2	8.0	4.4	8.0	23.3	8.4	4.2	4.2
Abril	25.3	11.8	4.7	7.9	4.5	7.4	10.2	8.1	2.2	9.4	31.5	9.3	4.7	6.6	15.8	8.0	1.0	1.0
Maio	24.0	12.5	3.0	6.0	1.8	5.3	7.9	5.5	1.2	11.0	41.3	9.3	3.5	6.6	15.7	9.1	1.6	1.6
Junho	19.5	10.1	2.6	5.7	1.6	6.8	11.0	5.3	2.0	6.5	45.0	9.1	2.1	6.4	14.5	7.5	1.7	1.7
Julho	29.7	11.3	1.1	7.9	1.8	4.7	10.9	5.1	1.9	5.1	42.6	8.6	1.3	5.5	8.3	7.4	2.5	2.5
Agosto	32.5	11.1	1.1	8.1	1.0	5.3	6.9	4.8	1.0	4.1	42.3	8.4	2.2	4.9	10.5	7.1	2.5	2.5
Setembro	24.1	9.4	2.8	7.0	1.1	5.1	12.3	5.7	2.3	5.4	37.0	7.9	1.7	7.8	15.6	6.4	3.0	3.0
Outubro	23.7	7.9	6.0	6.3	3.8	5.2	12.9	6.5	4.8	10.0	24.5	6.4	5.3	6.1	14.9	6.5	4.1	4.1
Novembro	29.6	7.1	10.8	5.6	6.3	5.8	11.2	6.7	3.9	7.6	13.9	7.1	3.0	7.1	17.1	5.6	4.2	4.2
Dezembro	35.4	7.3	9.7	5.0	5.4	5.2	9.8	7.2	2.5	6.7	14.6	9.2	4.3	6.0	13.5	5.8	4.7	4.7
Ano	26.4	9.4	5.0	6.1	3.8	6.3	10.2	6.5	2.4	8.8	30.0	8.7	4.0	7.0	14.9	7.2	3.4	3.4

Os ventos reinantes e mais intensos ao longo de todo o ano são os dos rumos N e SW; nos meses de Inverno é mais frequente o rumo N, soprando com maior velocidade, no entanto, os ventos de S e SW, enquanto nos meses de Verão o rumo predominante é o SW, sendo dominantes (ou atingindo maiores velocidades) os ventos de N.

Nos meses de Novembro a Janeiro o rumo mais frequente é o N, com 27% a 36% das observações, seguindo-se o SW, com 14% a 20%. Em Março o rumo NW é mais frequente, com 13% dos registos. De Abril a Outubro passa o rumo SW a ser mais frequente, com 25% a 45% dos registos, seguindo-se o N, com 20% a 33%. O rumo SW apresenta frequências sempre acima dos 40% entre os meses de Maio e Agosto e o rumo N tem frequências próximas ou superiores a 30% nos meses de Julho e Agosto.

Quanto às velocidades do vento nesta zona, verifica-se o oposto do atrás referido para as frequências. Nos meses de Outubro a Março são os ventos de S e SW que atingem as velocidades mais altas, com valores médios mensais que se situam entre 7 e 15 km/h, enquanto as velocidades do vento do rumo N oscilam entre 7 e 11km/h. Nos meses de Abril a Setembro os ventos do N atingem velocidades médias mensais de 9 a 13 km/h, situando-se os valores equivalentes para os rumos S e SW entre 4 e 11 km/h.

No quadro seguinte é apresentado o número de dias em que ocorreram ventos superiores a 36 e 55 km/h, por mês, em Vila Real de Santo António e Faro (estação para a qual, ao contrário de Vila Real de Santo António, se dispõe de registos das maiores velocidades atingidas).

Quadro 3 – Resumo do número de dias com ventos superiores a 36 km/h e 55 km/h em Vila Real de Santo António (1931-1980) e Faro (1931-1985)

	Nº de dias c/ velocidade média superior a 36 km/h				Nº de dias c/ velocidade média superior a 55 km/h				Máx. Velocid. (km/h)
	Vila Real de Sto António		Faro (Aeroporto)		Vila Real de Sto António		Faro (Aeroporto)		
	1931-60	1951-80	1931-60	1951-80	1931-60	1951-80	1931-60	1951-80	1971-85
Janeiro	1	0.4	3	1.5	0	0.1	1	0.0	63.0
Fevereiro	1	0.8	2	1.5	0	0.2	0	0.1	61.2
Março	1	0.1	3	1.5	0	0.1	1	0.0	54.0
Abril	1	0.3	3	0.7	0	0.1	0	0.0	50.0
Maio	1	0.3	3	0.8	0	0.0	0	0.0	45.0
Junho	1	0.0	2	0.4	0	0.0	0	0.0	42.8
Julho	1	0.0	2	0.1	0	0.0	0	0.0	42.8
Agosto	1	0.1	2	0	0	0.0	0	0.0	36.7
Setembro	0	0.1	1	0.2	0	0.0	0	0.0	51.8
Outubro	0	0.1	1	0.4	0	0.0	0	0.0	47.9
Novembro	1	0.1	1	0.3	0	0.1	0	0.0	71.3
Dezembro	2	0.3	3	1.3	1	0.1	1	0.0	56.2
Ano	11	2.6	26	8.7	1	0.7	3	0.1	71.3

NOTA : os valores disponíveis para o período de 1931-60 foram contabilizados de forma conservativa.

A análise do quadro anterior mostra que em Faro, em geral, ocorrem maiores velocidades de vento do que em Vila Real de Santo António. A observação dos dados originais publicados pelo IM, mostra ainda que a relação entre as velocidades máxima e média do vento varia entre 2 e 5, em Faro. Considerando relações similares para Vila Real de Santo António, estimam-se para este local velocidades médias com máximos (medidos em 10 min.) até 60 km/h.

1.5 - Escoamento

A reavaliação do regime de escoamento realizada no âmbito do Projeto EMERES veio demonstrar que no Guadiana os caudais médios anuais têm pouco significado prático, dado este rio exibir a maior variabilidade inter-anual de escoamentos, quando comparado com qualquer outro rio português cuja bacia hidrográfica seja também compartilhada com Espanha. As relações obtidas em Pulo do Lobo entre os escoamentos máximo e mínimo tomam valores na ordem de 50 a 80, consoante o período analisado, enquanto nas outras bacias portuguesas foram verificadas relações da ordem de 10 ou 20.

A observação das sequências hidrométricas medidas em Pulo do Lobo mostra haver também sequências de anos secos e de anos húmidos. Por outro lado, as barragens que têm sido construídas na bacia hidrográfica do Guadiana e que tinham uma capacidade de armazenamento da mesma ordem de grandeza do escoamento médio plurianual, excedem-no atualmente, desde a construção do sistema do Alqueva.

Considerando a série hidrométrica mais recente registada em Pulo do Lobo (1990 a 2008), verifica-se que os maiores valores escoamento médio mensal se distribuem por todo o período de Outono e Inverno, por vezes se estendendo até Abril. Os valores de pico, porém, ocorrem essencialmente entre Dezembro e Fevereiro. Nos anos de 1996/97 e 1997/98 verificaram-se dois picos de cheia naqueles meses, com escoamentos que ultrapassaram os 2 e 3 milhões de metros cúbicos. Em regra, o escoamento é mínimo nos meses de Junho e Agosto. No entanto, mesmo à escala mensal, a variabilidade inter-anual é muito elevada.

A caracterização do regime de caudais no Rio Guadiana foi estudada utilizando os caudais médios diários referentes à estação hidrométrica de Pulo do Lobo. Estudos anteriores, incidindo sobre o período de 1963/64 a 1980/81, chegavam a valores do módulo, módulo do ano húmido (1963/1964) e módulo do ano seco (1980/81) de respetivamente 170 m³/s, 436 m³/s e 8 m³/s. Medições realizadas no âmbito do Projeto EMERES, considerando um período mais alargado (1946 a 1998) revelam valores menores, sendo o caudal médio de 140 m³/s. Este valor é igual ao medido das séries hidrométricas mais recentes.

Quanto às cheias do Guadiana, que, em certos anos" têm provocado verdadeiras catástrofes, como aconteceu em 1876, em que se registaram inundações das praças de Mértola, que se eleva a mais de 25 metros da cota do leito do Rio, e da de Alcoutim, têm vindo a sofrer modificações em resultado da construção de barragens, primeiro na zona espanhola da bacia hidrográfica e mais recentemente na portuguesa, destacando-se do conjunto os empreendimentos dos sistemas do Alqueva-Pedrogão e de Andévalo-Chanza. Historicamente, as referidas cheias têm características impetuosas, com picos acentuados e forte poder erosivo, o mesmo acontecendo com as que se verificam nas ribeiras afluentes, cujas descargas podem, em épocas de cheias, alterar de forma significativa a batimetria do Rio, em especial na zona das confluências.

Para efeito de caracterização da frequência de ocorrência de caudais máximos instantâneos afluídos, foram considerados os valores extremos anteriormente obtidos para a estação hidrométrica de Pulo do Lobo, para o período de 1963/64 a 1986/87 e uma sua recente atualização.

O primeiro período tem interesse, como termo de comparação para as mudanças, entretanto verificadas no regime de caudais e por conseguinte no de cheias, devidas à construção de mais barragens e muito particularmente a do sistema Alqueva-Pedrogão (2002) e que vieram regularizar os picos de cheia anteriormente ocorrentes.

Na tabela seguinte são apresentados os caudais máximos instantâneos obtidos para o primeiro período e sua atualização.

Quadro 4 – Caudais máximos instantâneos na estação hidrométrica de Pulo do Lobo

Período de Retorno (anos)	Caudal máximo instantâneo (m ³ /s)	
	1963/64-1986/87	Atualização
2.3	2400	2000
5	3700	3400
10	4700	4500
20	5750	5550

Deve, contudo, notar-se que a progressiva construção de barragens retira ao regime hidrológico do Guadiana parte da sua natureza aleatória. Por conseguinte, dever-se-á ter em atenção que os períodos de retorno adotados se basearam numa amostra de caudais máximos instantâneos observados nos períodos referidos.

Antecipando-se que a frequência estatística dos caudais máximos instantâneos tenha passado a ser influenciada pela exploração das barragens existente, procurou-se incrementar o detalhe da análise realizada através da análise do registo horário dos níveis hidrométricos instantâneos a jusante de Pulo do Lobo entre 1/1/2007 e 28/1/2025, ao qual foi possível ter acesso via SNIRH (<https://snirh.apambiente.pt/>).

Com o apoio das curvas de vazão indicadas para este trecho do rio Guadiana, foi possível estimar o caudal instantâneo aqui descarregado numa base horária, tendo-se concluído que:

- Os caudais descarregados ultrapassam o limite dos 1000 m³/s (estimados para ocorrências de nível hidrométrico instantâneo igual ou superior a aproximadamente 7 m) num total de 41 registos, concentrados em 5 dias distintos - 13/1/2010, 15/1/2010, 18/2/2010, 12/3/2010 e 16/2/2014. O caudal máximo estimado para este período ocorreu por 2 vezes em 2010, com caudais próximos de 1600 m³/s, aquando dos registos de nível hidrométrico de 8.8 m nos dias 13 e 15 de Janeiro;

- Os caudais descarregados ultrapassam o limite dos 500 m³/s (estimados para ocorrências de nível hidrométrico instantâneo igual ou superior a aproximadamente 5.4 m) num total de 569 registos. Estes ocorrem com maior frequência que os anteriores, num total de 37 dias no período de 18 anos, embora se tenha verificado que desde 4 de Abril de 2014 apenas se voltaram a verificar a 6 de Fevereiro de 2021, concentrando-se assim 36 dias com estes caudais entre 23 de Dezembro de 2009 e 4 de Abril de 2014 (sobretudo em Março de 2013 e em Fevereiro de 2014).

Embora não aparente ser prática corrente desde 2014, assinala-se que se tem mantido a necessidade de descargas ocasionais consideráveis a partir dos órgãos das barragens, as quais estão associadas a períodos bastante pluviosos, como os registados entre 2009 e 2014. Tal introduz um escoamento assinalável no trecho a jusante da estação hidrométrica de Pulo do Lobo, mantendo-se assim como um fator relevante para o escoamento na zona final do rio onde se insere a Marina de Vila Real de Santo António.

1.6 - Marés e níveis do rio

1.6.1 - Maré Astronómica

As marés junto à costa algarvia são do tipo semidiurno, com amplitudes médias da ordem de 2 m e máximas próximo de 4 m. A partir das Tabelas de Maré elaboradas pelo Instituto Hidrográfico (1982 a 2025), apuraram-se os seguintes valores característicos de maré, referentes ao porto de Vila Real de Santo António, aplicáveis em situações de caudais fluviais normais.

- Preia-mar máxima +3,96 m (ZH)
- Preia-mar de águas-vivas +3,41 m (ZH)
- Preia-mar de águas-mortas +2,63 m (ZH)
- Nível médio +2,00 m (ZH)
- Baixa-mar de águas-mortas +1,37 m (ZH)
- Baixa-mar de águas-vivas +0,68 m (ZH)
- Baixa-mar mínima +0,24 m (ZH)

A estes valores, referidos a um nível médio cuja adoção remonta a várias décadas no passado, o IH indica que se deverá somar cerca de 0,1 m, para se ter em conta a subida do nível médio do mar.

1.6.2 - Sobrelevações meteo-oceanográfica

Sob condições meteorológicas anómalas, ventos fortes e grandes perturbações da pressão atmosférica, a altura de água passa a ter uma importante componente meteorológica sobreposta à componente devida à maré, podendo verificar-se variações significativas das cotas indicadas.

O tratamento dos registos processados por sete marégrafos (Viana do Castelo, Aveiro, Cascais, Lisboa, Tróia, Sines e Lagos) durante um período de dois anos (Junho de 1986 a Maio de 1988), permitiu o cálculo indireto da variação do nível da água devido a efeitos meteorológicos e à agitação marítima, assim como a sua extrapolação estatística (LITTORAL, 1994). Para Tróia, Sines e Lagos, foram obtidos valores na ordem dos 0,3 m, associado a um percentil (probabilidade de não excedência) de 95%.

Quadro 5 – Distribuição da frequência de sobrelevações calculada no marégrafo de Lagos

Estação Marégrafo	Lagos
Valores ultrapassados em 5 % dos casos (cm)	33
Valores ultrapassados em 1 % dos casos (cm)	43
Valores ultrapassados em 0.1 % dos casos (cm)	60
Máximo valor observado (cm)	75

A análise destes valores tem vindo a abranger períodos de dados cada vez superiores, tal como expresso por exemplo no relatório do Projeto SIAM II “Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e medidas de adaptação” (F. D. Santos; P. Miranda, 2006), da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. São abaixo apresentadas as cotas máximas, relativas ao ZH, estimadas para o nível do mar em Cascais, para vários períodos de retorno de ocorrência simultânea da maré astronómica e sobrelevações (“storm surge”).

Quadro 6 – Sobrelevações do nível da água em Cascais (1986 a 2000)
(F. D. Santos; P. Miranda, 2006)

Estação Marégrafo de Cascais	Período dos registos	Período de Retorno (anos)				
		5	10	25	50	100
2 anos de dados (LITTORAL)	jun1986 - mai1988	+4,15	+4,19	+4,22	-	-
14 anos de dados (SIAM II)	1987 - 2000	+4,1/+4,3	+4,2/+4,3	+4,3/+4,4	+4,3/+4,4	+4,4/+4,4

Na comunicação "Caracterização da sobre-elevação meteorológica em Cascais nos últimos 50 anos" (R. Vieira (FCUL), C. Antunes (IDL) e R. Taborda (IDL), jun. 2012) às 2^{as} Jornadas de Engenharia Hidrográfica (IH, 2012) foram analisados todos os registos horários de sobrelevações superiores a 10 cm observados no marégrafo de Cascais entre 1960 e 2010. São abaixo apresentados os principais resultados obtidos. Salienta-se que os períodos de retorno seguidamente indicados se referem unicamente à ocorrência de sobrelevações, sem ter assim em conta a ocorrência da maré astronómica.

Quadro 7 – Sobrelevações do nível da água em Cascais (1960 a 2010)
(R. Vieira, C. Antunes e R. Taborda, Jun2012)

Estação Marégrafo (1960-2010)	Cascais
Valores ultrapassados em 50% dos casos (cm)	39
Valores ultrapassados em 10% dos casos (cm)	50
Valores ultrapassados em 5% dos casos (cm)	53
Máximo valor observado (cm)	64
Período de retorno de 25 anos	58
Período de retorno de 50 anos	62
Período de retorno de 100 anos	67

Não obstante estas atualizações versarem outros marégrafos que não o de Lisboa, elas são úteis na medida em que, baseadas em séries de registos mais longas, permitem extrapolar, por relatividade, as gamas de variação expectáveis em Lisboa. Os valores característicos da preia-mar e baixa-mar médias em Cascais, já incluindo a correção de 0,1 m para a evolução do NM até ao presente são os seguintes:

- PMAV - Preia-mar média +3,10 m (ZH)
- NM - Nível Médio +2,18 m (ZH)
- BMAV - Baixa-mar média +1,06 m (ZH)

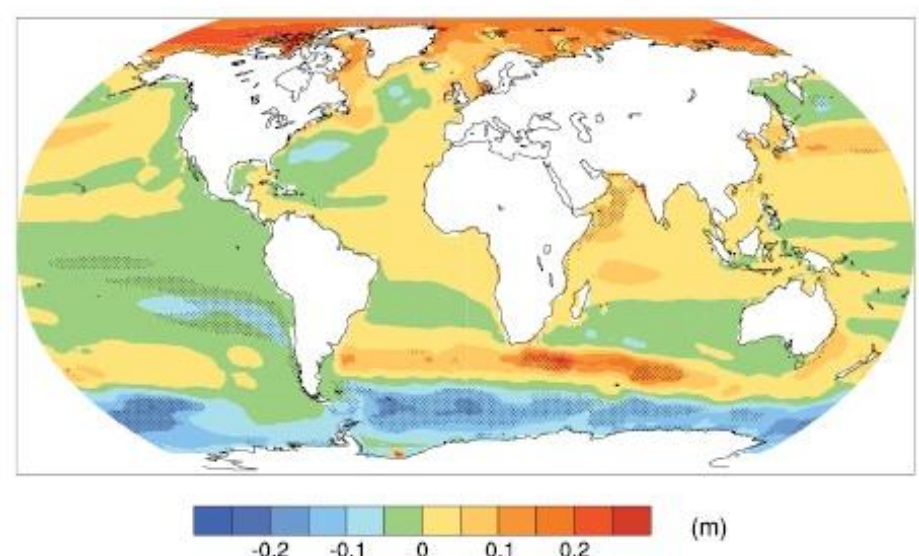
Assim, com base nas observações existentes para Lagos e nos estudos desenvolvidos para o marégrafo de Cascais, admite-se que a cota máxima do nível da água na região do Algarve possa ser sobrelevada pelo menos até 0,6 m acima da PMAV para T = 50 anos, o que constitui uma condicionante adicional além da maré atmosférica descrita.

1.6.3 - Evolução do nível da superfície do mar

O nível médio do mar tem vindo gradualmente a subir, conforme o comprovam registos maregráficos antigos dispersos pelo planeta, não sendo ainda assim consensual a sua quantificação e, sobretudo, projeção no futuro. Para ultrapassar esta dificuldade são periodicamente realizadas por entidades internacionalmente credenciadas projeções de

elevação do nível do mar para conjuntos de cenários pré-definidos (IPCC, RECE, SROCC, etc.), recorrendo a complexos modelos, calibrados pelas medições entretanto registadas.

No Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2007b) estimava-se que o nível médio global do mar crescesse a uma taxa média de cerca de $1,7 \pm 0,5$ mm/ano durante o século XX. Trata-se aqui de uma variação eustática (o nível do mar no globo como uma única bacia marítima), não traduzindo eventuais variações locais. O mesmo relatório mostra que a variação local expectável para a orla costeira de Portugal é ligeiramente positiva.



De acordo com o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2021), o nível médio do mar tem vindo a subir e de forma acelerada. Sendo atualmente a soma das contribuições do glaciário e do manto de gelo a fonte dominante do aumento do nível médio do mar.

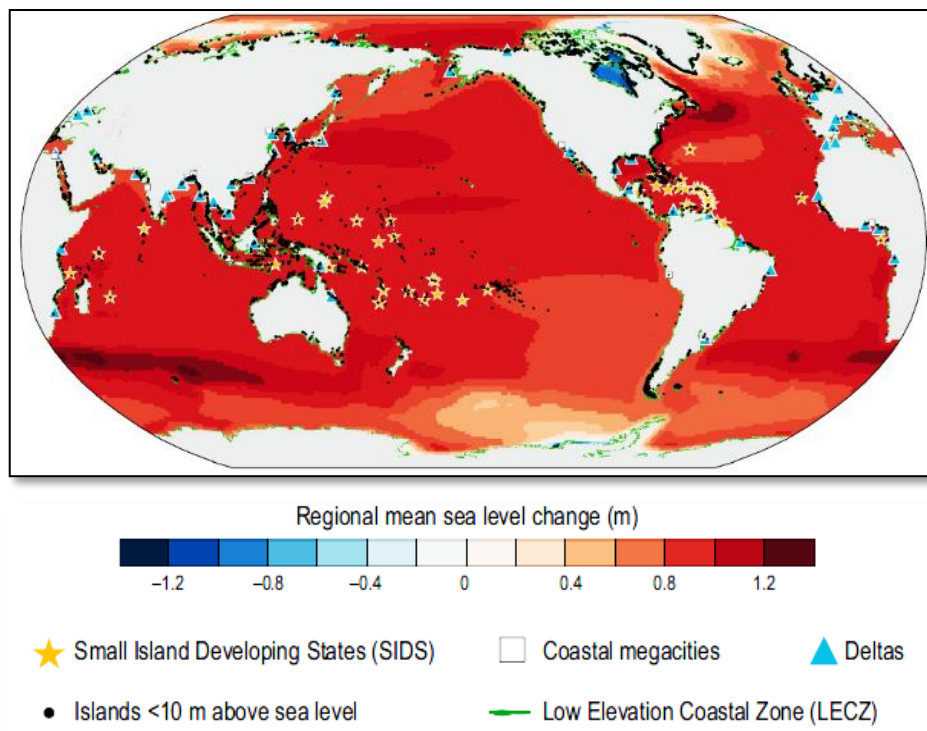


Fig. 9 – Variação regional do nível médio do mar (m) em relação às projeções de acordo com o cenário RCP 8.5 (2081-2100) (extraído de SROCC – CCB9, 2019)

As estimativas foram atualizadas, e o aumento do nível médio global do mar foi de 1,73 [1,28-2,17] mm/ano com um aumento total de 20 cm [15 a 25] cm entre 1901 e 2018. As médias da subida do nível médio global do mar variaram de 1,32 [0,58-2,06] mm/ano, no período de 1901-1971, para 1,87 [0,82-2,92] mm/ano, no período de 1971-2006, para 3,69 [3,21-4,17] mm/ano, no período de 2006-2018.

São apresentadas nas figuras seguintes as projeções avançadas (IPCC, 2021) para a evolução do nível médio do mar no planeta, relativamente ao período de referência de 1995-2014.

Projected global mean sea level rise under different SSP scenarios

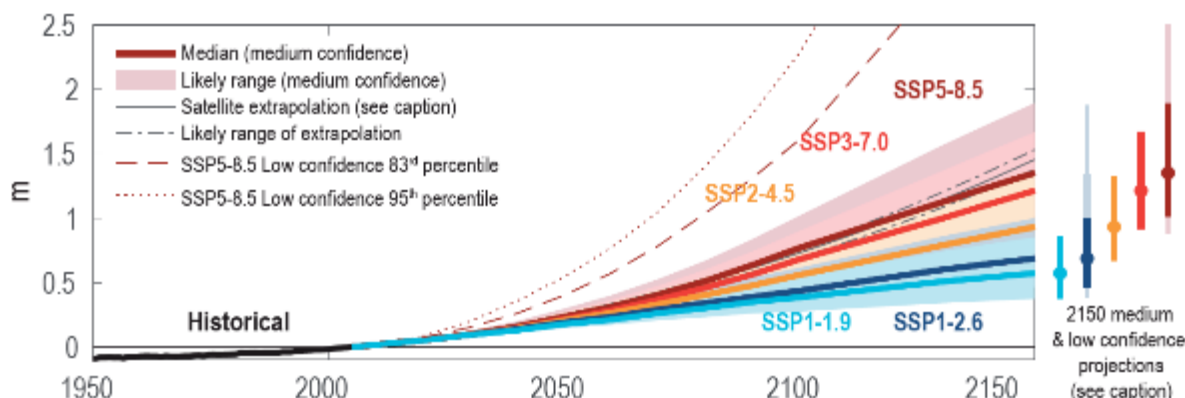


Fig. 10 – Cenários de variação do nível médio do mar (m) para o Séc. XXI
(extraído de IPCC_AR6_WGI_TS, 2021)

Quadro 8 – Resumo das projeções de evolução do nível médio do mar (1995-2014)

	SSP1-1.9	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
Thermal expansion	0.12 (0.09–0.15)	0.14 (0.11–0.18)	0.20 (0.16–0.24)	0.25 (0.21–0.30)	0.30 (0.24–0.36)
Greenland	0.05 (0.00–0.09)	0.06 (0.01–0.10)	0.08 (0.04–0.13)	0.11 (0.07–0.16)	0.13 (0.09–0.18)
Antarctica	0.10 (0.03–0.25)	0.11 (0.03–0.27)	0.11 (0.03–0.29)	0.11 (0.03–0.31)	0.12 (0.03–0.34)
Glaciers	0.08 (0.06–0.10)	0.09 (0.07–0.11)	0.12 (0.10–0.15)	0.16 (0.13–0.18)	0.18 (0.15–0.21)
Land-water Storage	0.03 (0.01–0.04)	0.03 (0.01–0.04)	0.03 (0.01–0.04)	0.03 (0.02–0.04)	0.03 (0.01–0.04)
Total (2030)	0.09 (0.08–0.12)	0.09 (0.08–0.12)	0.09 (0.08–0.12)	0.10 (0.08–0.12)	0.10 (0.09–0.12)
Total (2050)	0.18 (0.15–0.23)	0.19 (0.16–0.25)	0.20 (0.17–0.26)	0.22 (0.18–0.27)	0.23 (0.20–0.29)
Total (2090)	0.35 (0.26–0.49)	0.39 (0.30–0.54)	0.48 (0.38–0.65)	0.56 (0.46–0.74)	0.63 (0.52–0.83)
Total (2100)	0.38 (0.28–0.55)	0.44 (0.32–0.62)	0.56 (0.44–0.76)	0.68 (0.55–0.90)	0.77 (0.63–1.01)
Total (2150)	0.57 (0.37–0.86)	0.68 (0.46–0.99)	0.92 (0.66–1.33)	1.19 (0.89–1.65)	1.32 (0.98–1.88)
Rate (2040–2060)	4.1 (2.8–6.0)	4.8 (3.5–6.8)	5.8 (4.4–8.0)	6.4 (5.0–8.7)	7.2 (5.6–9.7)
Rate (2080–2100)	4.2 (2.4–6.6)	5.2 (3.2–8.0)	7.7 (5.2–11.6)	10.4 (7.4–14.8)	12.1 (8.6–17.6)

As projeções são apresentadas por origem, ou causa, da subida e para vários cenários de evolução socioeconómica partilhada (SSP, ou “*Shared Socio-economic Pathway*”, O’Neill et al., 2016). Estes cenários correspondem a:

- SSP1-1.9 – Admite que o aquecimento em 2100, se mantém em aproximadamente 1,5°C em relação à tendência registada entre 1850 e 1900, e implica emissões nulas de CO₂ a partir de meados do século (não existe cenário equivalente no AR5);
- SSP1-2.6 – Admite que o aquecimento em 2100, se mantém abaixo de 2,0°C em relação à tendência registada entre 1850 e 1900, e implica emissões nulas de CO₂ a partir de meados o século (equivalente ao cenário RCP2.6 do AR5);

- **SSP2-4.5** – Cenário aproximadamente em linha com a extremidade superior dos níveis de emissões de NDC em 2030. As emissões de CO₂, permanecem aproximadamente iguais aos níveis atuais até meados do século (equivalente ao cenário RCP4.5 do AR5 e, até 2050, também o cenário RCP6.0);
- **SSP3-7.0** – Corresponde a um cenário de referência, intermédio a elevado, resultante da não adoção de políticas climáticas adicionais, de acordo com o plano de desenvolvimento socioeconómico. Considera que as emissões de CO₂ duplicam aproximadamente em relação aos níveis atuais até 2100 (equivalente a um cenário entre RCP6.0 e RCP8.5 do AR5, apesar de em SSP3-7.0, as não emissões de CO₂ e aerossóis, serem superiores do que em qualquer dos cenários RCP);
- **SSP5-8.5** – Admite um cenário de aquecimento elevado, sem a adoção adicional de uma política climática. Considera que as emissões de CO₂ duplicam aproximadamente em relação aos níveis atuais até 2050 (equivalente ao cenário RCP8.5 do AR5, no entanto, as emissões de CO₂ no cenário SSP5-8.5 são superiores no final do século. As emissões de CH₄ são menores em SSP5-8.5 em relação a RCP8.5. Considerando os mesmos parâmetros do modelo, o cenário SSP5-8.5 pode apresentar resultados das temperaturas ligeiramente superiores às do cenário RCP8.5).

O primeiro valor de cada coluna corresponde à mediana das projeções e aqueles entre parenteses ao intervalo provável dessas projeções. As duas últimas linhas do quadro correspondem à taxa da subida global em mm/ano para um determinado intervalo e para cada cenário.

Apresenta-se de seguida um resumo das projeções de evolução do nível médio do mar para o ano de 2030, 2050, 2090, 2100 e 2150 (respetivamente 8, 28, 68, 78 e 128 anos após 2022). Os valores apresentados são medianas e intervalos de variação prováveis, relativos ao período de referência de 1995-2014, devendo subtrair-se os valores das projeções relativas a 2022.

Quadro 9 – Resumo das projeções de evolução do nível médio do mar para os anos entre 2030 a 2150 (com base no período de referência de 1995-2014)

Ano	Cenários				
	SSP1-1.9	SSP1-2.6 (RCP2.6, AR5)	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
2022*	0.06 [0.07 - 0.10]	0.06 [0.07 - 0.10]	0.06 [0.07 - 0.10]	0.06 [0.07 - 0.10]	0.06 [0.07 - 0.10]
2030	0.09 [0.08 - 0.12]	0.09 [0.08 - 0.12]	0.09 [0.08 - 0.12]	0.10 [0.08 - 0.12]	0.10 [0.09 - 0.12]
2050	0.18 [0.15 - 0.23]	0.19 [0.16 - 0.25]	0.20 [0.17 - 0.26]	0.22 [0.18 - 0.27]	0.23 [0.20 - 0.29]
2090	0.35 [0.26 - 0.49]	0.39 [0.30 - 0.54]	0.48 [0.38 - 0.65]	0.56 [0.46 - 0.74]	0.63 [0.52 - 0.83]
2100	0.38 [0.28 - 0.55]	0.44 [0.32 - 0.62]	0.56 [0.44 - 0.76]	0.68 [0.55 - 0.90]	0.77 [0.63 - 1.01]
2150	0.57 [0.37 - 0.86]	0.68 [0.46 - 0.99]	0.92 [0.66 - 1.33]	1.19 [0.89 - 1.65]	1.32 [0.98 - 1.88]

(*) Valores interpolados

Verifica-se assim que a estimativa mediana da variação do nível médio do mar, com base no período de referência de 1995-2014, projetada para 2022 oscila entre:

- 0,02 e 0,03 m - para 2030 (3,6 mm/ano), 8 anos após 2022;
- 0,11 e 0,16 m - para 2050 (5,0 mm/ano), 28 anos após 2022;
- 0,28 e 0,56 m - para 2090 (6,2 mm/ano), 68 anos após 2022;
- 0,31 e 0,70 m - para 2100 (6,5 mm/ano), 78 anos após 2022.
- 0,50 e 1,25 m - para 2150 (6,9 mm/ano), 128 anos após 2022.

De acordo com vários autores, citados por exemplo no projeto SIAM II (F. D. Santos et al., FCUL, 2006), o nível médio do mar subiu durante o séc. XX cerca de 15 cm no litoral de Portugal continental, o que corresponde a uma taxa média da ordem de 1,5 mm/ano. Este valor é semelhante, embora ligeiramente inferior, aos indicados pelo IPCC para o Séc. XX.

1.6.4 - Associação com ocorrência de cheias

Em situações de cheia o nível da água poderá também ser superior ao previsto, embora não sejam expectáveis variações significativas, junto ao porto de recreio de Vila Real de Santo António, dada a extensa zona de sapal, inundável, existente a montante, a proximidade da embocadura também ela inundável na sua margem esquerda e o efeito regulador que as atuais barragens e, em particular, a do Alqueva, impõem aos caudais do rio, alisando sobremaneira os picos de cheia e, por conseguinte, as correspondentes alturas de água.

Este efeito foi demonstrado através dos estudos realizados em modelo hidrodinâmico de escoamento e maré, para o “Plano Geral de Aproveitamento e Valorização da Zona Fluvial Marítima do Rio Guadiana”, no final dos anos 80, traduzindo por isso condições conservativas, já que, entre outras, não existia ainda a Barragem do Alqueva. Os valores dos níveis máximos atingidos nas simulações são apresentados a título indicativo no quadro seguinte, para a secção correspondente ao Porto de Recreio.

Quadro 10 – Níveis máximos da superfície do estuário com ocorrência simultânea de escoamento durante preia-mar

Nível (m.ZH) da maré em Preia-mar		Nível (m.ZH) para condições de maré e escoamento						
		Condições normais de escoamento			Condições de cheia			
		50 m3/s	170 m3/s	500 m3/s	2,3 anos	5 anos	10 anos	20 anos
AV	3.5	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8	3.8
Média	2.9	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.4	3.5
AM	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.7	2.8

Verifica-se que nas condições normais de escoamento (caudais relativos a períodos de estiagem, médios e húmidos), as alturas de água no trecho do Porto de Recreio são

essencialmente determinadas pela propagação da maré. Em condições de cheia (caudais variando, à data, entre 2400 e 5750 m³/s), a influência do escoamento começa a fazer-se notar.

Estima-se assim que, conjugando esta informação com as recolhidas para Pulo do Lobo entre 2007 e 2025, a ocorrência de uma cheia em conjugação com a preia-mar poderá acrescentar os seguintes níveis aos da maré existente:

- Entre +0.1 e +0.3 m para caudais entre 500 m³/s e 1000 m³/s, que, conforme se apresentou previamente, têm uma frequência de ocorrência de 30 dias entre 2009 e 2014 e de apenas 1 dia desde Abril de 2014;
- Entre +0.15 m e +0.35 m para caudais superiores a 1000 m³/s e inferiores a 1600 m³/s, com uma frequência de 5 dias entre 2009 e 2014 e nenhum desde esta data;
- Por fim, na possibilidade de ocorrência de cenários de cheia com caudais não inferiores a 2400 m³/s, estima-se que serão capazes de incrementar o nível da superfície do estuário entre +0.2 m a +0.4 m.

Assinala-se ainda que, para efeito de calibração, procurou-se aferir os efeitos aquando da ocorrência de cheias, tendo sido fornecida a informação que, mesmo no período anterior à construção do sistema do Alqueva, o nível da superfície do estuário nunca terá extravasado o limite das margens do rio. Assim, estando sensivelmente a marginal de Vila Real de Santo António pouco abaixo da cota dos (+5.0 m) ZH, admite-se que os valores estimados para o período temporal mais próximo da atualidade (2030) terão adesão à realidade.

1.6.5 - Estimativa do nível da superfície do mar em condições de temporal

Baseado no conjunto de dados apresentados, procurou-se estimar níveis médios do mar associados a eventos extremos, admitindo a possibilidade de conjugação destes com a ocorrência de Águas-Vivas (PMAV médio), já que se considera ter uma probabilidade de ocorrência simultânea mais relevante que considerando a PMmax.

Tomando os mesmos horizontes do IPCC, considerando a possibilidade de sobrelevações entre 0,3 e 0,5 m e a possibilidade de ocorrência simultânea de uma descarga de caudal em Pulo do Lobo na ordem dos 1600 m³/s, estima-se que poderão ser atingidos os seguintes intervalos para os níveis da superfície do mar nestas condições:

- (+4,0 m) ZH e (+4.25 m) ZH – para 2030;
- (+4,2 m) ZH e (+4.5 m) ZH – para 2050;
- (+4,4 m) ZH e (+4,8 m) ZH – para 2090.

Projetando a um período temporal não inferior a 30 anos, ou seja, a partir de 2055, e tendo em conta a sobreposição dos efeitos da maré astronómica, vento, depressões barométricas, caudais de cheia, etc., estima-se que o nível da água poderá atingir, excecionalmente, cotas máximas entre (+4,3 m) ZH e (+4,6 m) ZH. Admite-se como valor mínimo (+0.26 m) ZH.

Estes níveis respeitam a condições excecionais de cheia e de maré, que ocorrem com períodos de retorno muito alongados (várias dezenas de anos), destinando-se essencialmente a ser levados em conta no dimensionamento estrutural de certas obras.

1.7 - Hidrodinâmica e regime de correntes no estuário

1.7.1 - Estudos e estimativas de correntes anteriores a 2008

Segundo a carta hidrográfica mais recente (IH, 2006), as correntes de maré têm a orientação do canal de navegação e exibem velocidades de 1,1 e 0,9 m/s na vazante em situações de águas-vivas (AV) e águas-mortas (AM) e de 1,1 e 0,8 m/s na enchente de AV e AM, medidas num polo situado sensivelmente a meio do talvegue do canal (com sondas da ordem de 6 m), cerca de 200 m para jusante do pontão Sul do Porto de Recreio. Embora não indicado na respetiva carta, estes valores deverão referir-se, em princípio a condições normais de escoamento.

Medições realizadas em 1964 a várias profundidades da coluna líquida, mostravam que neste troço do rio, ao contrário da barra, a velocidade não exibia variações significativas, dada a reduzida largura do canal. As velocidades eram semelhantes às também medidas em 1948 e ligeiramente inferiores às agora referidas pelo IH, traduzindo talvez o facto de terem então sido obtidas quando ainda não haviam sido realizadas as obras de fixação da embocadura, decorridas nos anos 70 e que deverão ter levado a uma maior concentração das correntes.

A localização do talvegue do canal junto à margem direita assim como a sua pequena largura relativamente ao prisma de maré do estuário, levam a crer que as velocidades das correntes não deverão diminuir muito na aproximação às margens e, por conseguinte, aos pontões do recreio, tal como mais à frente se mostrará.

Foram realizados alguns estudos em modelo hidrodinâmico de escoamento e maré para o estuário do Guadiana, designadamente, no âmbito do:

- “Plano Geral de Aproveitamento e Valorização da Zona Fluvial Marítima do Rio Guadiana”, no final dos anos 80;
- Projeto EMERGE (Estudo Multidisciplinar do Estuário do Rio Guadiana), realizado entre finais de 1999 e Março de 2001.

Ambos os estudos, embora mais o antigo, traduzem condições conservativas de escoamento, já que, entre outras, não existia ainda a Barragem do Alqueva, pelo menos nos seus moldes definitivos (conclusão em 2002).

Nos estudos mais antigos são referidos valores máximos, em condições de vazante e de escoamento normal, da ordem de 1 m/s, sendo as correntes de enchente ligeiramente menos intensas e, naturalmente, tanto menos quanto maior o caudal.

No âmbito do Projeto EMERGE, são referidos estudos próximos onde se confirma que as velocidades no estuário apresentam muito pouca rotação, dada a sua pequena largura, tendo sido medidas velocidades que atingem valores de 1 a 1,5 m/s, superiores no Inverno. As medições das correntes em profundidade mostravam ainda que as correntes residuais na camada mais profunda (6 m abaixo) são dirigidas para montante e na camada mais próxima da superfície (4 m abaixo) para jusante, sendo este efeito também mais sensível no período de Inverno.

O próprio projeto incorporava uma extensa campanha de medições, dos quais estão disponíveis as medições realizadas a diversas profundidades, em três estações situadas numa secção imediatamente a montante da Doca Pesca de Vila Real de Santo António, para diferentes estados de maré.

Verificou-se que as maiores velocidades médias ocorriam no lado espanhol, possivelmente devido ao estrangulamento que o canal sofre a montante, com meandrização dirigida para o lado nascente. Na zona do Porto de Recreio, o talvegue do rio está claramente mais próximo da margem direita, sendo de esperar um efeito oposto, com maiores velocidades junto ao lado português. Nas medições realizadas as maiores velocidades de vazante registadas atingiam valores no escalão de 1 a 1,5 m/s e apenas na camada líquida superficial; na enchente, os maiores valores foram também de 1 a 1,5 m/s, mas apenas no eixo do canal e a distâncias da superfície entre 2 e 4 m.

Foi também aplicado neste projeto o modelo hidrodinâmico MOHID, no qual se estimaram as distribuições de correntes ao longo de todo o plano de água do estuário. As correntes concentram-se sobre o eixo do talvegue do canal do rio, em especial nas secções a montante de Ayamonte e a jusante do enraizamento do molhe oeste, dada a forte meandrização que o rio aí apresenta. O Porto de recreio está situado entre estas secções, embora mais próxima da de jusante, em troço onde as correntes se distribuem um pouco mais pela largura do canal. Esse efeito é maior ainda na área de sapal do lado espanhol, situada em frente ao porto de recreio.

Nos estudos mais antigos, os únicos que se dispõe aplicados a situações de cheia excecional, as velocidades de vazante eram substancialmente mais elevadas, mas, pelo que foi atrás referido quanto à situação atual de maior regularização dos caudais, e tendo em conta os resultados obtidos nos diversos estudos disponíveis (admitindo-se portanto condições

normais de exploração nos diversos empreendimentos hidráulicos situados para montante), é provável que não cheguem a ultrapassar os 2,5 m/s, situando-se mais provavelmente entre 1,5 e 2,0 m/s.

1.7.2 - Sedimentologia e Dinâmica aluvionar

As praias da orla costeira adjacente à embocadura do Guadiana, bem como as dunas a elas associadas, são compostas de areias médias e finas, com diâmetros médios entre 0,25 mm e 0,50 mm, são areias geralmente bem calibradas, constituídas por quartzo sub-anguloso ou sub-rolado, mais ou menos brilhante ou despolido.

No troço terminal do estuário os sedimentos têm uma granulometria mais fina, sendo constituídos por alternâncias de lodos silto-arenosos e de areias lodosas, geralmente finas a médias, exibindo os lodos baixa consistência e as areias baixa compacidade.

As movimentações aluvionares que se verificam na zona em consideração podem ser divididas em duas classes distintas - movimentações na barra e orla costeira adjacente, e movimentações no troço terminal do estuário.

O primeiro tipo de movimentos aluvionares é provocado essencialmente pela ação da agitação marítima, sendo a influência das correntes fluviais e de maré apenas sentida na zona da barra, enquanto o segundo tipo acima referido é influenciado praticamente só por estas correntes.

Quanto às movimentações aluvionares, ou transporte sólido litoral, na orla costeira adjacente à embocadura, a observação dos levantamentos disponíveis de várias datas indica uma clara resultante no sentido W-E. Com efeito, tanto a migração para leste do Banco do O'Bril, evidenciada na anterior descrição da hidrografia desta zona, como o enchimento da praia verificado a barlar do molhe W da embocadura, são indícios claros de que o caudal sólido litoral tem nesta zona uma resultante para nascente.

Em estudos realizados para o referido Plano do Guadiana, foi avaliado o caudal sólido recorrendo a diversos métodos, através de comparações cartográficas em vários pontos ao longo da costa e por via teórica, adotando o método do fluxo de energia.

Os resultados obtidos, depois de compatibilizados através da realização do balanço aluvionar naquele troço de costa, indicaram como resultante do caudal sólido, na orla costeira de Monte Gordo ao Guadiana, um valor entre 50 000 e 100 000 m³/ano no sentido W-E. Admite-se assim que o caudal sólido litoral afluente à zona da embocadura do Guadiana tenha uma resultante desta ordem de grandeza.

No que diz respeito às movimentações sedimentares no troço terminal do estuário, entre a embocadura e a doca de pesca, verificava-se que o leito se mantinha razoavelmente estável, sem necessidade de dragagens de manutenção, à exceção daquelas efetuadas periodicamente na doca ou junto ao cais comercial. O talvegue, com profundidades à data entre -5,0 m (ZH) e -6,0 m (ZH), segue neste troço encostado à margem direita do rio.

Segundo dados então recolhidos na ex-Junta Autónoma dos Portos do Sotavento do Algarve, as dragagens de manutenção na doca de pesca processavam-se a uma média de 15 000 a 20 000 m³/ano, valor bastante reduzido, embora a profundidade de projeto da doca, -3,5 m (ZH), não tenha sido mantida. Tendo em conta a área da doca (24 000 m²), e o facto destes volumes de dragagem terem sido medidos em batelão, o envasamento anual traduz-se num alteamento do fundo da ordem de 50 cm.

Os volumes médios anuais das dragagens efetuadas junto ao cais comercial não atingiam expressão significativa, verificando-se que em 1986 os fundos se situavam a -2,5 m (ZH). Salienta-se, no entanto, que os fundos de projeto deste cais, -6,0 m (ZH), não eram então mantidos, já que o movimento de navios e o seu calado não o justificava. Embora a situação se tenha invertido atualmente, não se dispõe de dados referentes às dragagens efetuadas.

O Porto de Recreio de Vila Real de Santo António foi construído em 1997 e as últimas dragagens foram realizadas em 2005, dispondo-se de levantamentos que enquadram os períodos anterior (1996), durante (1997, 2001 e 2004) e posterior (2009) a estas intervenções.

No Âmbito do Projeto EMERES foi realizada uma campanha de amostragem de sedimentos ao longo do estuário do Guadiana que mostrou que ao longo do canal se verificam essencialmente fundos arenosos, por vezes grosseira e misturada com cascalho (sobretudo junto à foz) e nas margens misturas de areias com lodos ou intercalações.

A comparação de levantamentos hidrográficos obtidos nas diversas datas e abrangendo a área de intervenção, mostra que a configuração dos fundos desta zona do estuário se mantém razoavelmente estável, apenas se verificando algum assoreamento na área do porto de recreio, dado que as velocidades das correntes são aí inferiores. Os processos de deposição serão aqui dominados pelo transporte de areias por arrastamento sobre os fundos (agitação e correntes de maré de enchente) eventualmente complementado pelo envasamento de materiais essencialmente finos, transportados em suspensão (escoamento fluvial), este último o processo que ocorre na Doca de Pesca.

Da comparação entre os levantamentos de 2001 e 2004 verifica-se que os fundos apenas assorearam acima da cota -2,5 m (ZH), com diferenças ligeiramente crescentes no sentido da margem, tomando um valor médio da ordem de 0,2 a 0,5 m, num período de 3 anos, o que dá uma taxa média anual de deposição de pouco mais que 10 cm ao ano.

A comparação entre os levantamentos de 2009 e 2004, enquadrando, portanto, as dragagens de manutenção realizadas em 2005, mostra uma notável semelhança entre os dois levantamentos para cotas abaixo de -3,0 m (ZH). Por sua vez, comparando os fundos de serviço requeridos nas diversas bacias de flutuação com os fundos existentes em 2004, deduz-se que o volume das dragagens realizadas em 2005 deverá ter sido relevante, uma vez se verificarem aprofundamentos médios na ordem de 0,5 a 1,5 m. Sobrepondo com o levantamento de 2009 verificam-se zonas de deposição, sobretudo junto à margem, com diferenças na ordem de 0,2 a 0,3 m, em relação às cotas de dragagem estimadas, de que resulta, mais uma vez, uma taxa média de deposição da ordem de 10 cm ao ano. Salienta-se ainda que algumas zonas do levantamento de 2005 evidenciam ter ocorrido alguns aprofundamentos na área do recreio, mas também ao eixo do canal, onde se mediram cotas abaixo de (-7,0 m). A isto poderá ter estado associado um episódio de cheia.

Os processos de deposição/sedimentação na área em causa são muito dependentes do regime de caudais, pelo que deverão variar bastante ao longo do ano (e dos anos). A estimativa do seu valor e, por conseguinte, da periodicidade entre eventuais dragagens, apenas poderá ser rigorosamente conhecida a partir da experiência local, já em fase de exploração.

Recomenda-se, para o efeito, a realização periódica de levantamentos hidrográficos da faixa de fundos interessada, o registo atualizado das dragagens entretanto efetuadas, assim como a constituição de uma base de dados temporal de caudais descarregados nas Barragens dos sistemas do Alqueva-Pedrogão e de Andévalo-Chanza, se possível complementado com medições sistemáticas mais a jusante. Com base nestes elementos seria então possível, através de correlações semi-empíricas, aferir e melhorar o grau de previsão da evolução dos fundos e das eventuais dragagens de manutenção.

1.7.3 - Medições de corrente no estuário entre 2008 e 2014

Foi possível obter os dados das medições do sistema de monitorização SIMPATICO, instalado e mantido operacional pelo CIMA (Centro de Investigação Marítima e Ambiental) da Universidade do Algarve no estuário do rio Guadiana entre Março de 2008 e Abril de 2014, com o propósito de fornecer medições a cada 15 min das correntes existentes e da qualidade da água no trecho final deste rio ao longo de vários anos consecutivos (Garel e Ferreira, 2015).

O sistema SIMPATICO consiste fundamentalmente na associação de uma sonda, colocada numa boia fixa ao fundo do estuário (sensivelmente à cota -7 m ZH) com correntes e poitas, com um ADP (Acoustic Doppler Profiler) fixo numa das poitas, localizando-se sensivelmente no talvegue do estuário.

Este ADP, com 10 células de emissão de feixes, regista a velocidade do escoamento em 10 níveis (registos em intervalos de 0.8 m entre -5.2 m ZH e 2.0 m ZH) através da emissão de 3 feixes acústicos a partir de cada célula, bem como fazendo o registo da velocidade média

integrada na coluna de água analisada. Apresentam-se nas figuras seguintes quer uma representação esquemática do sistema SIMPATICO como da sua localização.

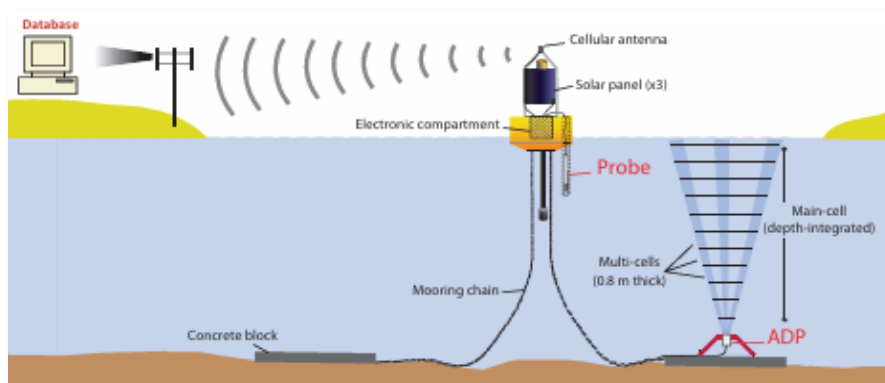


Fig. 11 – Esquema de instalação do ADP à cota (-7.0 m) ZH

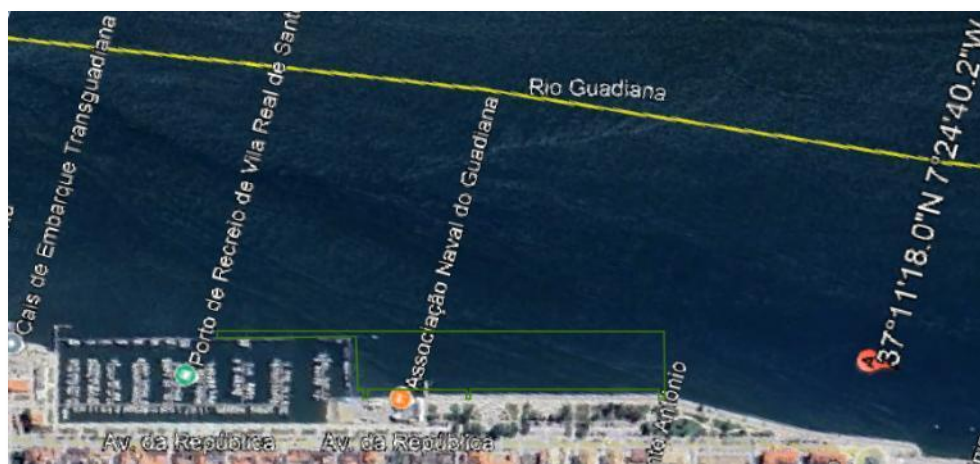


Fig. 12 – Localização do ADP imediatamente a jusante da área em estudo

A informação registada relativamente às correntes é particularmente relevante para a caracterização deste regime na área em estudo dada a localização pois, conforme apresentado na figura anterior, o ADP foi instalado sensivelmente 300 m a jusante do limite da área em estudo, julgando-se que os registos obtidos traduzem uma real muito próxima da que ocorre nesta área a cotas entre (-5.8 m) ZH e (+2.0 m) ZH.

De um total de 133 298 registos, foram considerados válidos pelos autores 99.5% do total, com base num conjunto de critérios focados em torno de fatores como o número de feixes emitidos e rececionados em períodos consecutivos de 5 a 15 minutos, a relação entre sinais recebidos considerados válidos relativamente aos que são considerados ruído, a força destes

sinais comparados com o ruído médio ou o desvio padrão da velocidade mínimo para as componentes vetoriais da velocidade da corrente registada.

Destaca-se o registo continuo de 3.8 anos dentro do período entre 19 de Março de 2008 e 8 de Abril de 2014, o qual resulta de um longo período sem qualquer registo entre 4/1/2010 e 7/12/2011 (próximo de 2 anos), bem como de um segundo mais pequeno entre 12/12/2012 e 2/3/2013, alturas em que o sistema esteve inativo.

Assim, considera-se relevante indicar desde já que, não obstante a importância substancial da informação analisada para a caracterização do regime de correntes presente na zona em estudo, não se pode ignorar que esta se encontra incompleta, pelo que não traduz a realidade total dos 6 anos em que o sistema esteve instalado.

Com esta ressalva prévia, apresentam-se nos quadros seguintes o resumo da análise realizada, quer para os valores registados em cada das 10 células individuais como do registo integrado da velocidade resultante na coluna de água, apresentando-se as distribuições da frequência de ocorrência de correntes com módulo da velocidade superior a um conjunto de limites entre 1 e 3 m/s na amostra considerada válida pelos responsáveis pelo estudo.

A fim de permitir distinguir a ação da corrente considerando ou não a sua componente vertical no escoamento, apresentam-se as contagens de registos relativos ao módulo da velocidade do vetor resultante (a fim de relativizar se está a ocorrer em enchente ou vazante) considerando quer à resultante vetorial total (3 componentes, 2 das quais em planta, V_n e V_e , e uma vertical, V_u) como tendo apenas em conta a ação da resultante em planta (V_n e V_e).

Quadro 11 – Quadro resumo das distribuições das velocidades registadas no ADP do sistema SIMPATICO para V , V_1 e V_2 (dados em bruto obtidos de Garel e Ferreira, 2015)

V (m/s)	V (Velocidade resultante integrada na coluna de água)				V ₁ (Célula 1 - cota (-5.2 m) ZH)				V ₂ (Célula 2 - cota (-4.4 m) ZH)			
	Vetor Resultante Total		Resultante em Planta		Vetor Resultante Total		Resultante em Planta		Vetor Resultante Total		Resultante em Planta	
	Nº Registos	Freq. Relativa	Nº Registos	Freq. Relativa	Nº Registos	Freq. Relativa	Nº Registos	Freq. Relativa	Nº Registos	Freq. Relativa	Nº Registos	Freq. Relativa
>3.0	18	0.01%	0	0.00%	18	0.01%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
>2.5	19	0.01%	0	0.00%	20	0.02%	1	0.00%	19	0.01%	0	0.00%
>2.0	19	0.01%	0	0.00%	21	0.02%	2	0.00%	19	0.01%	0	0.00%
>1.5	37	0.03%	18	0.01%	21	0.02%	2	0.00%	24	0.02%	6	0.00%
>1.25	489	0.37%	469	0.35%	28	0.02%	9	0.01%	129	0.10%	109	0.08%
>1.2	1065	0.80%	1042	0.78%	48	0.04%	30	0.02%	299	0.23%	278	0.21%
>1.1	3535	2.66%	3514	2.64%	372	0.28%	352	0.26%	1391	1.05%	1367	1.03%
>1.0	8836	6.65%	8812	6.63%	1814	1.37%	1784	1.34%	4558	3.43%	4531	3.41%

Quadro 12 – Quadro resumo das distribuições das velocidades registadas no ADP do sistema SIMPATICO para V_3, V_4 e V_5 (dados em bruto obtidos de Garel e Ferreira, 2015)

V (m/s)	V_3 (Célula 3 - cota (-3.6 m) ZH)				V_4 (Célula 4 - cota (-2.8 m) ZH)				V_5 (Célula 5 - cota (-2.0 m) ZH)			
	Vetor Resultante Total		Resultante em Planta		Vetor Resultante Total		Resultante em Planta		Vetor Resultante Total		Resultante em Planta	
	Nº Registos	Freq. Relativa	Nº Registos	Freq. Relativa	Nº Registos	Freq. Relativa	Nº Registos	Freq. Relativa	Nº Registos	Freq. Relativa	Nº Registos	Freq. Relativa
>3.0	0	0.00%	0	0.00%	1	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
>2.5	19	0.01%	0	0.00%	14	0.01%	0	0.00%	4	0.00%	0	0.00%
>2.0	19	0.01%	1	0.00%	19	0.01%	0	0.00%	17	0.01%	0	0.00%
>1.5	31	0.02%	15	0.01%	57	0.04%	40	0.03%	154	0.12%	136	0.10%
>1.25	406	0.31%	392	0.29%	950	0.71%	942	0.71%	2182	1.64%	2166	1.63%
>1.2	819	0.62%	806	0.61%	1790	1.35%	1783	1.34%	3390	2.55%	3371	2.54%
>1.1	2809	2.11%	2796	2.10%	4700	3.54%	4686	3.53%	7237	5.45%	7215	5.43%
>1.0	7139	5.37%	7125	5.36%	10473	7.88%	10464	7.87%	13961	10.51%	13939	10.49%

Quadro 13 – Quadro resumo das distribuições das velocidades registadas no ADP do sistema SIMPATICO para V_6, V_7 e V_8 (dados em bruto obtidos de Garel e Ferreira, 2015)

V (m/s)	V_6 (Célula 6 - cota (-1.2 m) ZH)				V_7 (Célula 7 - cota (-0.4 m) ZH)				V_8 (Célula 8 - cota (+0.4 m) ZH)			
	Vetor Resultante Total		Resultante em Planta		Vetor Resultante Total		Resultante em Planta		Vetor Resultante Total		Resultante em Planta	
	Nº Registos	Freq. Relativa	Nº Registos	Freq. Relativa	Nº Registos	Freq. Relativa	Nº Registos	Freq. Relativa	Nº Registos	Freq. Relativa	Nº Registos	Freq. Relativa
>3.0	1	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	1	0.00%	0	0.00%
>2.5	7	0.01%	0	0.00%	5	0.00%	0	0.00%	4	0.00%	1	0.00%
>2.0	18	0.01%	2	0.00%	10	0.01%	4	0.00%	16	0.01%	12	0.01%
>1.5	460	0.35%	451	0.34%	812	0.61%	807	0.61%	1721	1.30%	1718	1.29%
>1.25	3958	2.98%	3950	2.97%	4681	3.52%	4663	3.51%	7412	5.58%	7401	5.57%
>1.2	5433	4.09%	5425	4.08%	6228	4.69%	6218	4.68%	9367	7.05%	9351	7.04%
>1.1	9771	7.35%	9748	7.34%	10697	8.05%	10677	8.03%	14735	11.09%	14709	11.07%
>1.0	16882	12.70%	16856	12.68%	17870	13.45%	17841	13.43%	21652	16.29%	21625	16.27%

Quadro 14 – Quadro resumo das distribuições das velocidades registadas no ADP do sistema SIMPATICO para V_9 e V_10 (dados em bruto obtidos de Garel e Ferreira, 2015)

V (m/s)	V_9 (Célula 9 - cota (+1.2 m) ZH)				V_10 (Célula 10 - cota (+2.0 m) ZH)			
	Vetor Resultante Total		Resultante em Planta		Vetor Resultante Total		Resultante em Planta	
	Nº Registos	Freq. Relativa	Nº Registos	Freq. Relativa	Nº Registos	Freq. Relativa	Nº Registos	Freq. Relativa
>3.0	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
>2.5	4	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
>2.0	52	0.04%	45	0.03%	35	0.03%	35	0.03%
>1.5	1910	1.44%	1906	1.43%	1047	0.79%	1047	0.79%
>1.25	7785	5.86%	7773	5.85%	5095	3.83%	5089	3.83%
>1.2	9942	7.48%	9923	7.47%	6771	5.10%	6767	5.09%
>1.1	15624	11.76%	15597	11.74%	11111	8.36%	11101	8.35%
>1.0	22694	17.08%	22659	17.05%	16282	12.25%	16270	12.24%

A par com estes registos, procurou-se isolar o conjunto de observações em que existem registos considerados válidos das maiores velocidades a ocorrer nas células V9 ou V10 no período temporal da amostra, num total de 9, seleccionadas por serem as que se encontram a cotas mais próximas do nível médio, para conseguir uma melhor caracterização das velocidades registadas na faixa de oscilação do prisma de maré. A partir destes, estabeleceram-se os perfis de corrente entre V1 (-5.8 m ZH) e V10 (+2.0 m ZH), que se apresentam nas figuras seguintes.

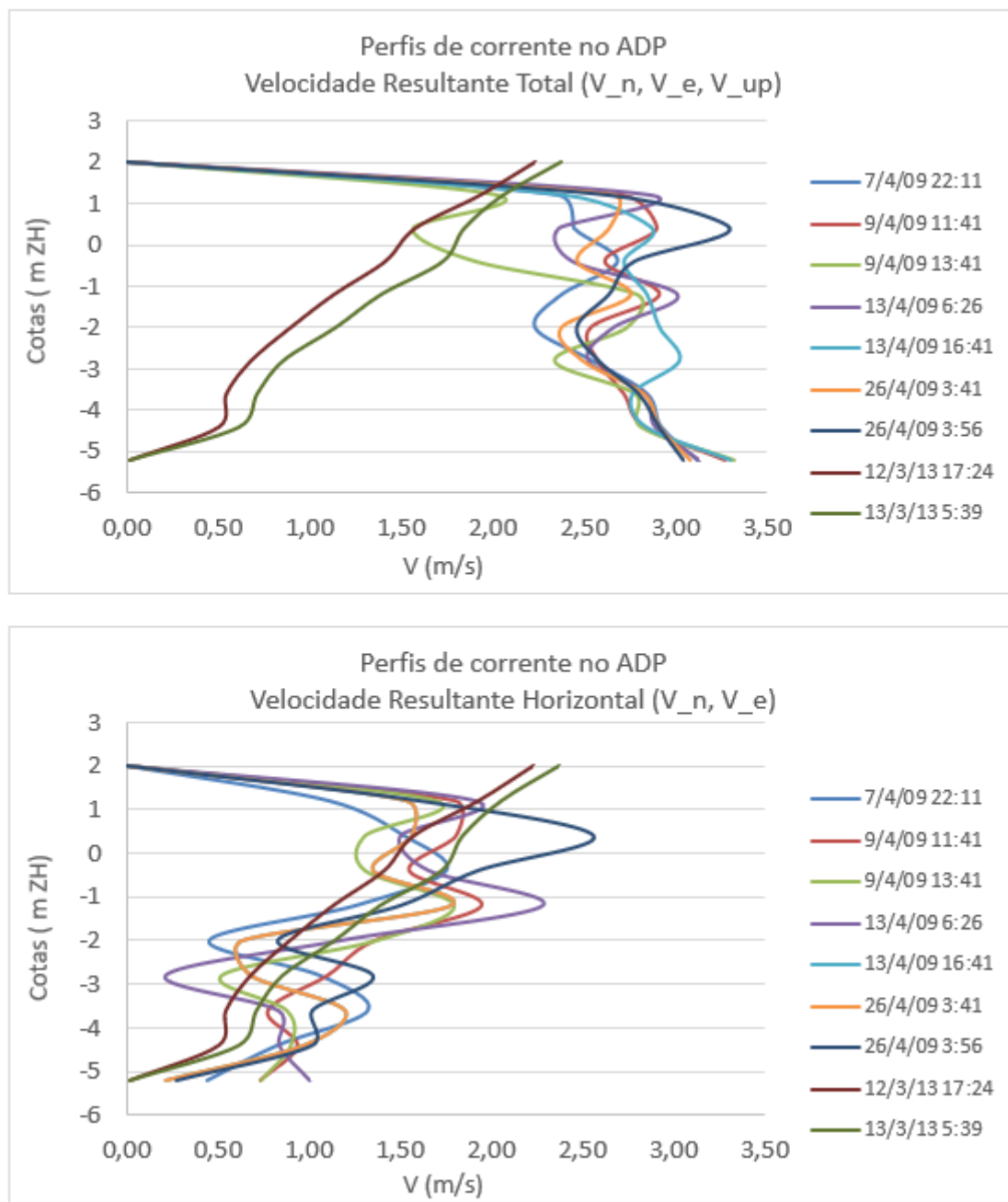


Fig. 13 – Perfis de corrente no ADP para 9 registos distintos (em 2009 e 2013)

Assinala-se que, conforme indicam os autores do estudo, o sensor da célula V_{10} não se encontrava devidamente calibrado à data dos registos em 2009, razão para os valores nulos de velocidade nas observações de 2009. No entanto, a situação foi regularizada a partir da retoma à atividade em 2011, pelo que os registos nesta célula nas observações de 2013 já foram consideradas válidas.

Optou-se assim por reproduzir os perfis de velocidades das observações de 2009 na sua totalidade, em função da validade dos registos das restantes células, admitindo que o valor efetivo em V_10, atendendo à curva teórica da distribuição das velocidades da corrente longitudinais no escoamento em superfície livre, deverá ter sido ligeiramente inferior ao registado em V_9.

Apesar de não estarem incluídas no critério de escolha adotado, assinala-se que os perfis representados coincidem também com os registos de maior valor absoluto para a velocidade em algumas das células localizadas a cotas inferiores, como é o caso de V_8 (+0.4 m ZH) e V_6 (-1.2 m ZH), admitindo-se a possibilidade de existir uma ação substancial sobre as extensões imersas das estruturas flutuantes e das embarcações mesmo em situação de baixa-mar.

Analisando as diferenças entre os perfis de corrente, em particular quando se considera ou não a componente vetorial vertical da velocidade da corrente (V_up), sublinha-se que os perfis de corrente só considerando a resultante no plano têm alguma adesão ao perfil longitudinal de velocidades teórico para escoamento lento, embora com alguma irregularidade abaixo da cota dos (-1.0 m) ZH.

Em conjugação com a informação recolhida da modelação matemática da hidrodinâmica do estuário do Guadiana, já apresentada no capítulo anterior, julga-se existir alguma adesão teórica para os valores de velocidade máximos entre (-1.0 m) ZH e (+2.0 m) ZH, onde são atingidos valores entre os 2 e os 2.5 m/s.

Acrescentando a componente vertical da corrente, os perfis do módulo da velocidade da corrente ao longo do ADP das observações de 2009 são muito mais variáveis, particularmente tendo em conta a regularidade e adesão ao perfil do vetor resultante em planta das observações de 2013. Destacam-se em particular as elevadas velocidades nas cotas mais próximas do fundo nas observações de 2009, as quais não são registadas em 2013.

Destaca-se que foram consideradas válidas várias observações com velocidades resultantes totais superiores a 2.5 m/s, conforme refletido nos resultados apresentados para V (19 observações no total com módulo da velocidade média integrado na coluna de água com valor superior a 2.5 m/s). No entanto, procurando cruzar quer com a previsão das marés astronómicas para estas datas como com os caudais descarregados a jusante da estação hidrométrica do Pulo do Lobo, não se deteta nenhum valor particularmente distinto ao qual se consiga associar uma velocidade de corrente mais intensa.

Embora se julgue ser providente ter em conta estes valores, alerta-se que se julga permanecer em dúvida se traduzem a realidade existente na área em estudo, visto não se terem repetido após a retoma de registo em 2011:

- Não excluindo a possibilidade de existir a algum fenómeno local na proximidade do ADP em 2009, por exemplo um vórtice, capaz de influenciar os registos, particularmente tendo em consideração os fundões que se observam existir na zona do talvegue no interior da área em estudo, este poderá em parte ter decorrido da própria instalação do ADP e sido alterado aquando da retoma das atividade de medição em 2011;
- Não se exclui igualmente a possibilidade de existir algum problema de calibração mais geral a influenciar estes resultados, dado que tal foi parcialmente assumido pelos autores relativamente à célula V_10.

No entanto, focando a atenção nos resultados das observações de 2013, julga-se mais provável que os valores registados nesta altura traduzam melhor a realidade existente, dado que se verificou que decorriam em simultâneo dois fatores que incrementam a velocidade do escoamento:

- Ocorrência de uma preia-mar de águas-vivas com alguma expressão, com previsão de maré astronómica em PMAV de (+3.6 m) ZH e em BMAV de (+0.6 m) ZH, conforme as tabelas de maré do IH para 2013:

	Hora	Altura
11 SEG	2 0	3.5
	8 24	.6
	14 24	3.4
	20 37	.6
12 TER	2 40	3.6
	9 1	.6
	15 1	3.5
	21 13	.6
13 QUA	3 18	3.6
	9 33	.6
	15 37	3.4
	21 47	.6

Fig. 14 – Previsão de níveis de maré para 11 a 13 de Março de 2013 (IH, 2013)

- Descarga continua de caudais fluviais para jusante de Pulo do Lobo na ordem de 1000 m³/s:

Quadro 15 – Descargas de caudal para jusante da estação hidrométrica de Pulo do Lobo a 12/3/2013

Pulo do Lobo				
Ano	Mês	Dia	Hora (:00h)	Q _{efluente} (m ³ /s)
2013	3	12	12	803.4
2013	3	12	13	821.59
2013	3	12	14	852.22
2013	3	12	15	883.76
2013	3	12	16	921.53
2013	3	12	17	959.84
2013	3	12	18	1010.7
2013	3	12	19	1053.3
2013	3	12	20	1096.5
2013	3	12	21	1130.8
2013	3	12	22	1156.0
2013	3	12	23	1159.1
2013	3	13	0	1149.7
2013	3	13	1	1140.2
2013	3	13	2	1127.7
2013	3	13	3	1115.1
2013	3	13	4	1105.8
2013	3	13	5	1096.5
2013	3	13	6	1084.1
2013	3	13	7	1071.7
2013	3	13	8	1059.4

Em função da coincidência temporal da ocorrência de um escoamento contínuo com valores de caudal (bastante assinaláveis para este trecho final do rio Guadiana após a construção do sistema do Alqueva) com ambos os momentos em que o prisma de maré, com 3 m de altura acumulada relativamente à BMAV, começa a vaziar, julga-se ser possível a ocorrência de velocidades pelo menos na ordem dos 2.3 a 2.5 m/s no alinhamento do talvegue do estuário aquando da repetição desta coincidência dos dois fatores.

Realça-se ainda que, dada a estimativa realizada da possibilidade de ter PMAV a atingir valores de pelo menos (+4.3 m) ZH a um horizonte de 30 anos, admite-se que a contribuição da corrente de vazante para a velocidade da corrente poderá ser ainda maior que no caso registado pelo ADP em Março de 2013, julgando-se prudente considerar um valor não inferior a 2.5 m/s para a velocidade máxima da corrente na zona em estudo.

Embora existam um conjunto de aspetos que poderão afetar a precisão das medições, considera-se ainda assim que os dados em questão são fiáveis e válidos para a zona em estudo. No entanto, no caso do Dono de Obra duvidar da sua validade para a área de expansão do PRG, alerta-se que apenas poderá confirmar a sua veracidade tomando a iniciativa de promover a instalação de um ou mais sistemas de medição similares a este para obter novas medições.

1.8 - Agitação Marítima

1.8.1 - Regime ao Largo

Para efeitos deste estudo, foram consideradas as seguintes fontes de dados, os quais foram obtidas na sequência de trabalhos realizados para a zona da costa algarvia e cujas informações se sintetizam no quadro seguinte:

- Registos da boia direcional Costeira de Faro, obtidos no período de setembro de 1986 e maio de 2020;
- Registos da boia direcional Oceânica de Faro, obtidos no período de agosto de 2014 a setembro de 2021.

Quadro 16 - Dados utilizados para a caracterização da agitação marítima

Pontos	Prof. (m)	Latitude (N)	Longitude (O)	Data inicial	Data final
Boia ondógrafo Costeira (direcional)	93	36°54'17"	7°53'54"	Setembro 1986	Maio 2020
Boia ondógrafo Oceânica (direcional)	1334	36°23'54"	8°04'06"	Agosto 2014	Setembro 2021

Na figura seguinte é apresentada a localização das boias ondógrafo direcionais Costeira e Oceânica de Faro.



Fig. 15 – Localização das boias ondógrafo Costeira e Oceânica de Faro

Ressalva-se que os dados da boia Costeira de Faro, que se encontra instalada em frente ao Cabo de Santa Maria (profundidade de cerca de 93 m), embora correspondam a uma amostra bastante superior, refletem um registo realizado numa zona que se considera já ser demasiado próxima da costa para poder ser tida em conta como plenamente representativa da situação ao Largo que se propaga até à costa.

Não obstante, precisamente pela extensão da amostra da Boia Costeira, considera-se relevante apresentar uma caracterização resumida do regime médio registado em ambas, admitindo existir alguma probabilidade do regime de agitação na Boia Costeira representar uma situação com algumas semelhanças ao regime Local, sobretudo ao nível dos rumos dominantes.

Boia Costeira de Faro

Em condições normais, a aquisição de dados na Boia Costeira é efetuada de 3 em 3 horas, durante períodos de 20 a 30 minutos de duração, com início às horas sinópticas. Em situação de temporal (altura significativa superior a 2,5 m) a aquisição é efetuada de modo quase contínuo, isto é, os períodos de aquisição são apenas espaçados de pequenos intervalos durante os quais é testado se a situação de temporal se mantém. Destaca-se que o procedimento de registo de dados passou a ter frequência horária (registos obtidos a intervalos de 1 hora, ao invés de 3) a partir de 1 de janeiro de 2016.

Os dados apresentam em certos períodos numerosas falhas, tendo-se decidido considerar para a caracterização do regime médio global, apenas dezoito anos, por serem estes os anos que se apresentam completos ou com um reduzido número de falhas e por na sua totalidade já corresponderem a um número razoável. Nesta caracterização foram apenas considerados

os registos tri-horários da boia ondógrafo, de forma a garantir uma maior consistência estatística, tendo-se aplicado o mesmo princípio aos dados a partir de 2016 que já apresentam registos horários.

Os dados disponibilizados foram tratados pelo método direto (análise no tempo) e pelo método espectral, tendo-se optado pela utilização dos dados resultantes da aplicação do segundo método, por serem aqueles que incluem informação sobre os rumos, e por serem os que se encontram mais completos.

Para a caracterização efetuada nos subcapítulos seguintes, foram considerados os seguintes parâmetros: altura significativa (Hm0), período de pico (TP) e direção média associada ao período de pico (THTP).

De acordo com os registos da Boia Costeira de Faro, a agitação marítima apresenta uma distribuição dos rumos marcadamente bipolarizada, caracterizada por dois picos, um mais acentuado correspondente às ondas do sector O-SO e um segundo, menos importante, relativo às ondas do sector SE-ESE. Ao primeiro sector corresponde uma percentagem de ocorrência de 72,0% e ao segundo uma frequência de 21,4%.

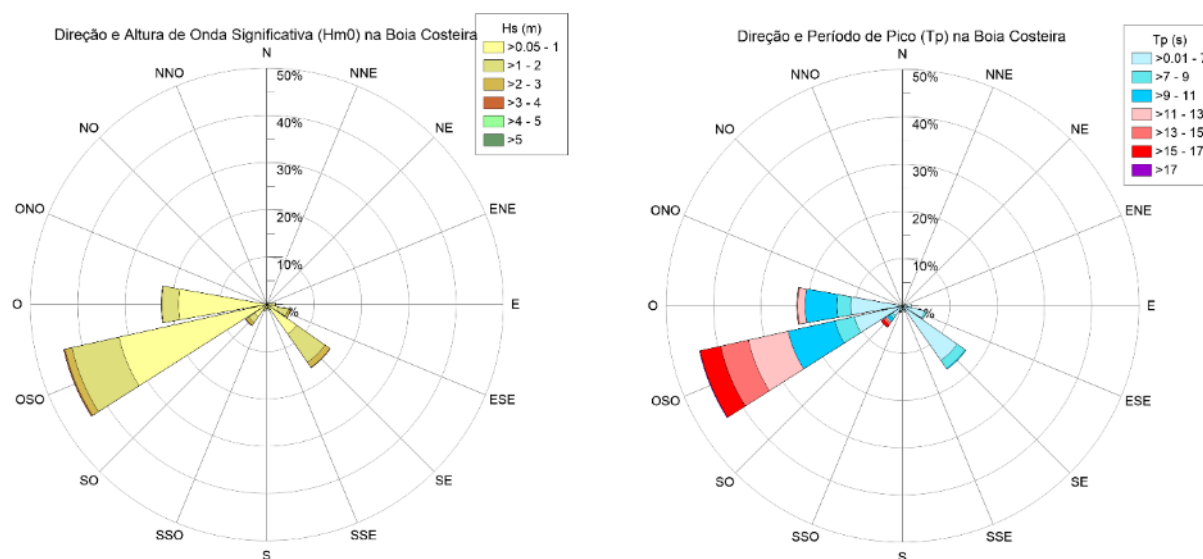


Fig. 16 – Agitação marítima na Boia Costeira – Distribuição de rumos/alturas e de rumos/períodos de pico

Esta distribuição revela a origem das ondas que incidem mais próxima da costa algarvia. Maioritariamente, elas são geradas ao largo da costa ocidental ou, localmente, pelos ventos do quadrante SO. O segundo pico corresponde às ondas geradas pelo levante.

A distribuição das alturas significativas tem um pico acentuado no escalão 0,5-1,0 m, com mais de 50% das ocorrências, seguindo-se os escalões 1,0-1,5 m e <0,5 m com pouco menos de 20% cada um. Às ondas superiores a 3,0 m corresponde uma frequência total inferior a 1%.

A distribuição dos períodos de pico das ondas apresenta um andamento menos regular, com três escalões (<5 s, 5-7 s e 7-9 s) tendo frequências muito próximas de 20%. A partir de 9 s a percentagem de ocorrência vai diminuindo progressivamente, até se anular praticamente para períodos superiores a 17 s.

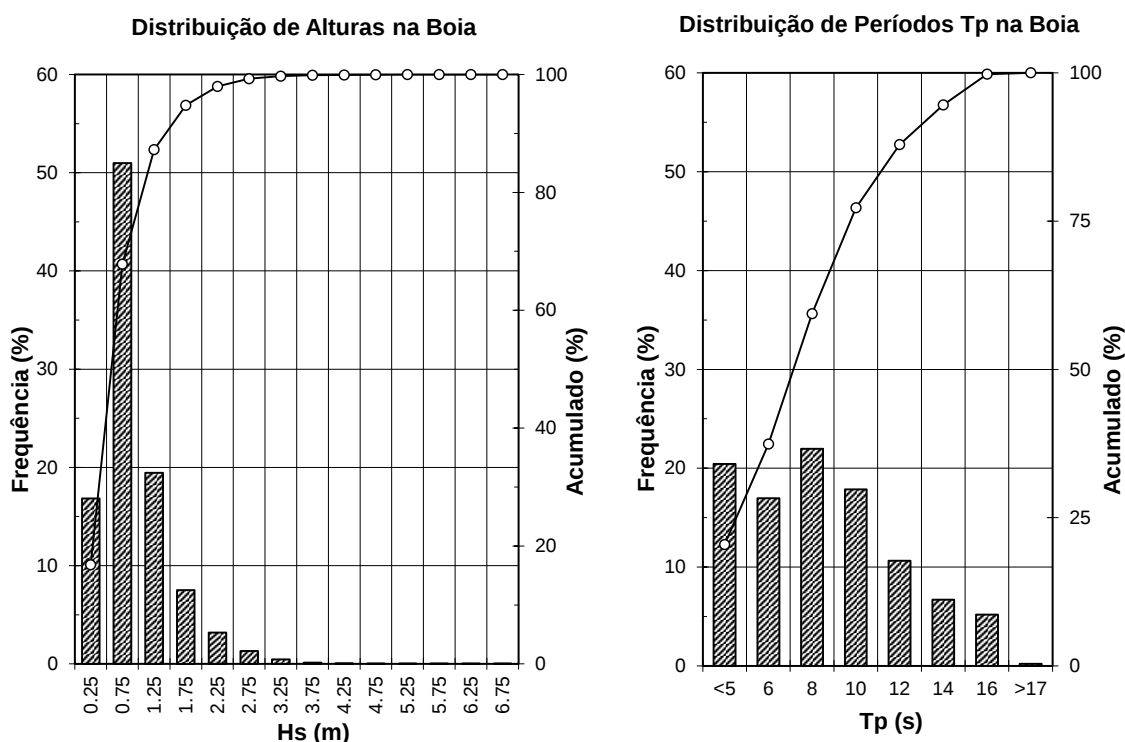


Fig. 17 – Agitação marítima na Boia Costeira – Distribuição de alturas e períodos na boia

Dada a origem das ondas atrás referida, é natural que as distribuições das alturas e dos períodos não sejam semelhantes nos dois sectores de rumos anteriormente indicados. E, com efeito, uma análise mais detalhada das distribuições dos períodos e das alturas por rumo revelou que o pico da distribuição dos períodos no sector SE-ESE é no escalão 5-7 s, seguindo-se, em termos de frequência, o escalão 7-9 s, não tendo sido registadas ondas destes rumos com períodos superiores a 11 s.

Pelo contrário, no sector O-SO há dois picos, um correspondente ao escalão 9-11 s e outro, com igual percentagem, ao escalão <5 s e ocorrem ondas com períodos de todos os escalões.

A estes dois picos deverão estar associadas ondas com origem em tempestades ao largo (o primeiro escalão) e ondas geradas localmente pelos ventos do quadrante SO.

Em termos de alturas as distribuições nos dois sectores são mais semelhantes, sendo o escalão 0,5-1,0 m o mais frequente em qualquer deles e ocorrendo, em ambos os sectores, alturas significativas próximas de 5,0 m. No entanto, enquanto a distribuição conjunta de alturas/períodos no sector SE-ESE revela claramente que as ondas deste sector têm origem em ventos locais, a distribuição equivalente no sector O-SO é característica da conjugação de ondas com origem em tempestades ao largo com vagas geradas pelos ventos locais.

Boia Oceânica de Faro

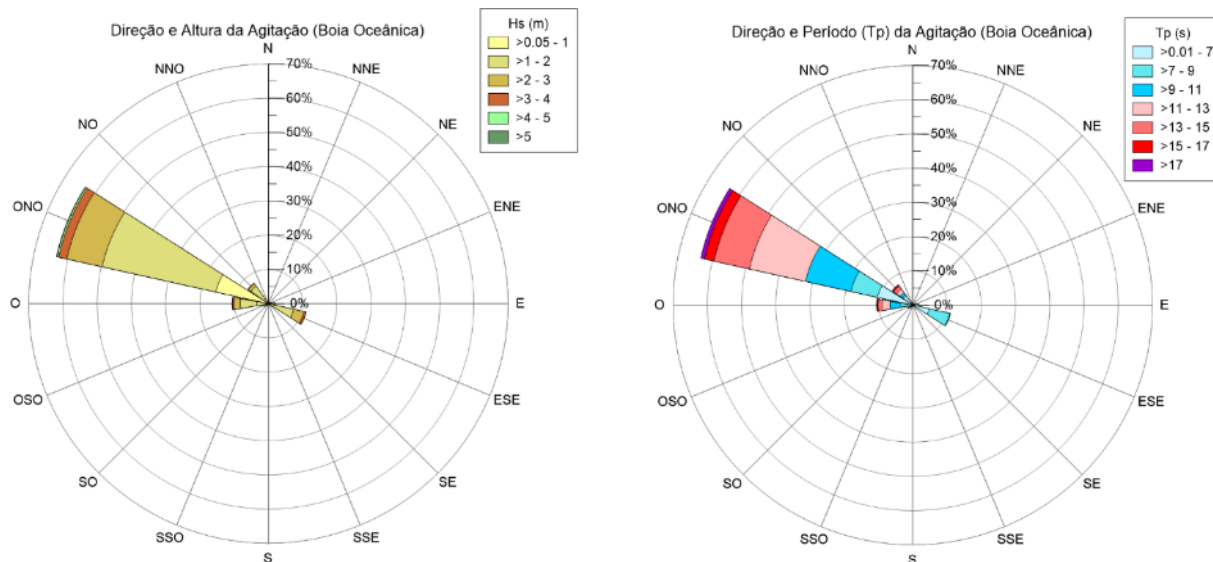
A aquisição de dados na Boia Costeira é efetuada com frequência horária, com os registos obtidos a intervalos de 1 hora com início às 14h00 do dia 10 de Agosto de 2014 e fim às 23:00 do dia 30 de Novembro de 2021. O procedimento de registo desta boia é similar ao funcionamento atual da Boia Costeira, já anteriormente descrito.

Assinala-se que foram analisados 54656 registos com altura superior a 0.05 m (replicando o critério de validade utilizado pelo IH) de uma amostra de 53782 registos, sendo que teoricamente deveriam existir 62776 registos horários neste período, correspondendo a cerca de 15% de falhas no período total da amostra.

Para a caracterização efetuada nos subcapítulos seguintes, tal como se realizou para a Boia Costeira, foram considerados os seguintes parâmetros: altura significativa (H_{M0}), período de pico (TP) e direção média associada ao período de pico (THTP).

De acordo com os registos da Boia Oceânica de Faro, a agitação marítima apresenta uma distribuição dos rumos marcadamente bipolarizada, caracterizada por dois picos, um mais acentuado correspondente às ondas do sector O-NO e um segundo, menos importante, relativo às ondas do sector E-SE. Ao primeiro sector corresponde uma percentagem de ocorrência de cerca de 82% e ao segundo uma frequência de cerca de 14%.

Apresenta-se de seguida o gráfico com as distribuições de rumos por alturas e períodos de pico:



**Fig. 18 – Agitação marítima na Boia Oceânica
– Distribuição de rumos/alturas e de rumos/períodos de pico**

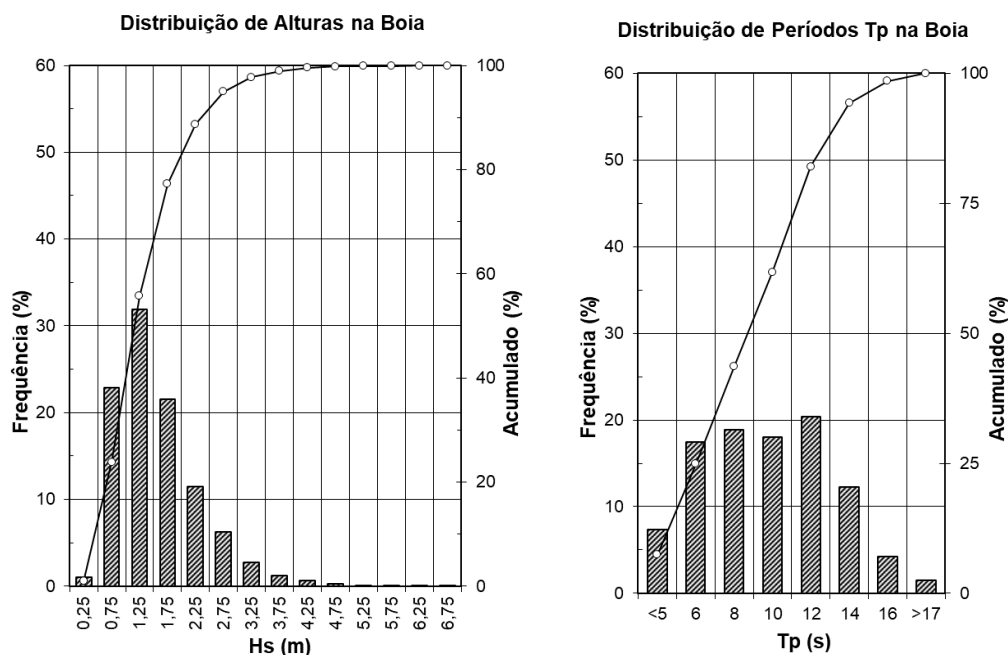


Fig. 19 – Agitação marítima na Boia Oceânica – Distribuição de alturas e de períodos de pico

A distribuição das alturas significativas tem um pico acentuado no escalão 1,0-1,5 m, com cerca de 32% das ocorrências, seguindo-se os escalões de 0,5-1,0 m e 1,5-2,0 m com cerca de 23% e 22% cada um. Às ondas superiores a 3,0 m corresponde uma frequência total inferior na ordem dos 5%.

A distribuição dos períodos de pico das ondas apresenta algum equilíbrio na distribuição dos escalões entre 5 s e 13 s, tendo frequências ligeiramente inferiores a 20% para os escalões 5-7 s, 7-9 s e 9-11 s, e na ordem dos 20% para o escalão 11-13 s. Os períodos abaixo de 5 s representam cerca de 7% da frequência total. A partir dos 13 s, os 18% restantes concentram-se sobretudo entre 11-13 s (cerca de 12%), com 5,7% acima de 13 s.

Assinala-se que, para os rumos entre E e SE, as alturas da agitação registadas não ultrapassam os 5,5 m, enquanto os períodos de pico encontram-se abaixo dos 11 s.

1.8.2 - Agitação no Local

Penetração da agitação marítima no estuário do Guadiana

Para caracterizar a propagação destas ondas até à embocadura do Rio Guadiana foram traçados planos de ondulação para as combinações de rumo e período de onda mais representativas.

No quadro seguinte são apresentados os coeficientes de refração obtidos sobre a zona de fundos a (-2,0 m) ZH, no prolongamento da secção de saída do rio (delimitada pelo enfiamento do Molhe Oeste) e no seu limite de barlamar, no topo do prisma de dejeção do rio (banco).

Quadro 17 – Coeficientes de refração na zona de fundos a (-2.0 m) ZH

Rumo	Período (s)	Kr banco	Kr cabeça W
W 5° S	9	1.06	1.22
	11	1.29	1.33
	13	1.33	1.46
SW	5	1.06	1.14
	7	1.05	1.10
	9	1.04	1.08
	11	1.07	1.17
	13	1.03	1.18
S	5	0.98	1.04
	7	0.96	1.00
	9	0.95	0.96
	11	0.95	0.97
	13	0.96	0.99
SE	5	0.93	0.89
	7	0.96	1.01
	9	0.95	0.95
	11	0.90	1.05

Como se pode ver, os coeficientes aumentam, em geral, à medida que os rumos rodam de leste para oeste, sendo maiores que 1,0 para SW e W5S, e aproximadamente iguais ou inferiores a 1,0, para rumos de Sul e SE.

Quando se considera o empolamento das ondas, os coeficientes aumentam ainda mais, tomando valores que indiciam a ocorrência de forte rebentação por limitação de fundos. Nestas condições, apenas as ondas de menores períodos se conseguirão propagar pelo canal de saída para montante, mantendo aproximadamente a sua altura; as ondas individuais com períodos acima de 7 ou 9 s terão forte tendência para rebentar, caso apresentem alturas acima de 2 ou 3 m.

Para avaliação das maiores alturas de onda compatíveis com os fundos existentes no passe da barra, utilizou-se o método proposto em Seelig W.N. "Estimating Nearshore Significant Wave Height for Irregular Waves" (CERC, 1979) e "Coastal Engineering Manual" (2002). Para o efeito, foram considerados períodos de 8 a 12 s e uma incidência de acordo com os planos de ondulação traçados, aproximadamente segundo a orientação do talvegue do rio entre molhes, tendo-se obtido alturas significativas máxima (Hs) de 1,5 a 1,8 m e 3,8 a 4,0 m, para profundidades de 2 e 6 m, respetivamente. A estes valores deverão corresponder períodos de retorno muito reduzidos, da ordem de 1 ano.

No entanto, devido ao efeito concentrador provocado pelo banco exterior na refração nas ondas e sobretudo dada a extensão de fundos baixos presentes, as ondas reais máximas possíveis de se propagar para montante deverão ter alturas bastante inferiores às calculadas.

Na sua propagação para montante, as ondas sofrem ainda de múltiplas perdas de energia decorrentes do alargamento dos baixios para Leste, assim como por atrito no fundo arenoso e perímetro terrestre, sendo tanto mais atenuadas em altura quanto mais para Oeste estiver a sua origem. Assim, as maiores alturas de onda interiores serão as devidas à agitação extrema que incide no local por Sul e, em especial, SE.

Os pontões do recreio náutico deverão assim ser atingidos essencialmente por agitação reformulada após a rebentação (que exhibe, portanto, menor período) e por vaga de vento local (levante) portanto também com menor período.

Agitação gerada pela ação de ventos locais

O rumo de onde provêm as maiores vagas geradas por vento local é também o SE. Para as restantes direções a vaga de vento local é muito reduzida e até desprezável, dadas as condições de "fetch" extremamente limitadas do estuário, conforme verificado através da aplicação do Método de Donelan, recomendado em "Coastal Engineering Manual" (CERC, 2004).

Apresenta-se na figura seguinte a determinação do “*fetch*” máximo para ventos de Levante (entre E e SE), que se estima encontrar-se entre 1000 e 1150 m para a zona em estudo.

Para este rumo, considerando-se ventos com velocidades médias máximas na ordem dos 60 km/h a atuar durante período não inferior a 6h, estimam-se alturas de onda geradas localmente na ordem dos 0.39 m, com $T=1.8s$.

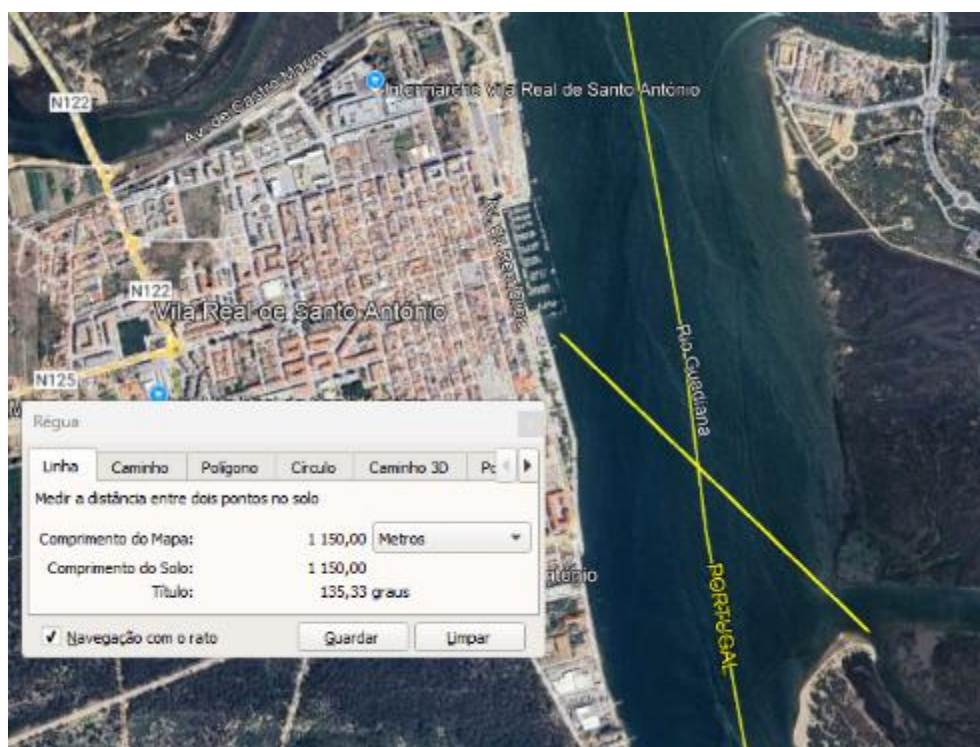


Fig. 20 – Determinação de “*fetch*” máximo para ventos de Levante (entre E e SE - Google Earth)

Tendo em conta que o porto de recreio de Vila Real de Santo António, em funcionamento desde 1997, é abrigado por um sistema de quebra-mares flutuantes guiados por correntes fixas a poitas de fundo, as maiores ondas possíveis de ocorrer no local deverão ter alturas da ordem de 1 m, no máximo 1,5 m, limite acima do qual aquelas infraestruturas passariam a sofrer frequentes estragos, o que se sabe não acontecer, pelo menos com frequência.

É de salientar que a parte da onda que corre junto à retenção marginal do rio apresenta, em regra, uma altura de água ligeiramente superior.

Ondas de esteira geradas pela circulação de embarcações

As embarcações em marcha provocam ondas de esteira cujas características – rumo, período e altura – dependem da relação entre a velocidade (V_s) da embarcação e a profundidade dos fundos (d), expressa através do Número de Froude:

$$F_d = \frac{V_s}{\sqrt{g d}}$$

A altura de onda gerada depende ainda do deslocamento e da configuração da querena da embarcação.

Estas ondas formam cristas curtas bem delineadas, distinguindo-se dois grupos: as transversais, com um rumo igual ao da embarcação, e as divergentes, fazendo com aquele um certo ângulo. Dado ter cristas curtas, a altura das ondas decresce à medida que se propagam para fora do “corredor” de geração, por difração das suas extremidades. A altura de onda decresce com a distância propagada de uma forma não linear.

Tal como as ondas geradas pelo vento, as ondas de esteira também sofrem a refração, empolamento e rebentação provocados pelos fundos. No entanto, por apresentarem maiores períodos, são relativamente mais “sensíveis” àqueles fenómenos.

As embarcações e navios em trânsito ou em manobras de aproximação na vizinhança da área em estudo mais relevantes são:

- Embarcações de transporte de passageiros e marítimo-turísticas de diferentes dimensões, com destaque para a embarcação que liga diariamente Vila Real de Santo António a Ayamonte;
- A frota de embarcações de recreio e desporto que navegam neste troço do estuário.

Valores calculados por via teórica, em casos semelhantes, apontam para estas ondas, períodos de 2 a 7 s e alturas de 0,2 a 0,6 m, com os maiores valores a ocorrerem sempre a distâncias mais próximas do eixo da trajetória das embarcações (usualmente até sensivelmente 5 a 10 m de distância).

Considera-se relevante destacar que esta estimativa pressupõe o respeito pelas velocidades estabelecidas pela Capitania. No entanto, tendo o relato da parte da ANG que os limites tendem a não ser respeitados, admite-se que os valores de altura de onda possam exceder os 0,6 m, sendo uma questão mais sensível quando a passagem das embarcações a estas velocidades também é feita a alguma proximidade das estruturas flutuantes.



ASSOCIAÇÃO NAVAL DO GUADIANA

EMPREITADA DE AMPLIAÇÃO E REQUALIFICAÇÃO DO PORTO DE RECREIO DO GUADIANA (PRG) EM VILA REAL DE SANTO ANTÓNIO

VOLUME 1 - PROJETO DE EXECUÇÃO TOMO II – PEÇAS DESENHADAS

MARÇO, 2025

EMPRESA CERTIFICADA



certificação
acreditada
IPAC



CONSULMAR

Projectistas e Consultores, Lda.

ASSOCIAÇÃO NAVAL DO GUADIANA**EMPREITADA DE AMPLIAÇÃO E REQUALIFICAÇÃO DO PORTO DE RECREIO DO
GUADIANA (PRG) EM VILA REAL DE SANTO ANTÓNIO****(0.1284.01)****VOLUME 1 - PROJETO DE EXECUÇÃO****TOMO II – PEÇAS DESENHADAS****CONTROLO****VERSÃO INICIAL**

Data do documento	Autor (sigla)	Responsável pela revisão (sigla)	Responsável pela verificação e aprovação (sigla)
Março, 2025	JMB	LAL	LAL

ALTERAÇÕES

Versão n.º	Data	Responsável pela alteração (sigla)	Responsável pela revisão (sigla)	Responsável pela verificação e aprovação (sigla)	Observações

ASSOCIAÇÃO NAVAL DO GUADIANA

**EMPREITADA DE AMPLIAÇÃO E REQUALIFICAÇÃO DO PORTO DE RECREIO DO
GUADIANA (PRG) EM VILA REAL DE SANTO ANTÓNIO**

PEÇAS DO PROCEDIMENTO

ÍNDICE GERAL

VOLUME 1 – PROJETO DE EXECUÇÃO

TOMO I – PEÇAS ESCRITAS

TOMO II – PEÇAS DESENHADAS

TOMO III – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

VOLUME 2 – MAPA DE MEDIÇÕES E DE QUANTIDADES DE TRABALHO

**VOLUME 3 – PLANO DE PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO
E DE DEMOLIÇÃO**

VOLUME 4 – PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE

TOMO I – PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE EM PROJETO

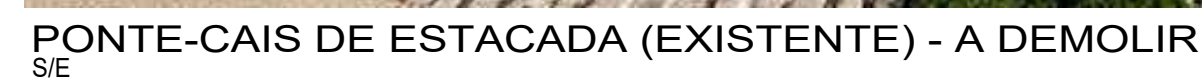
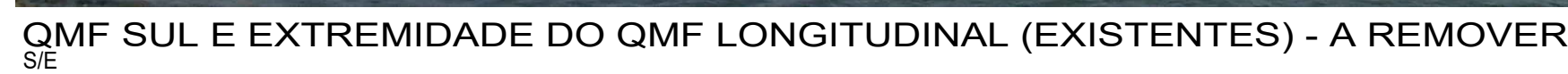
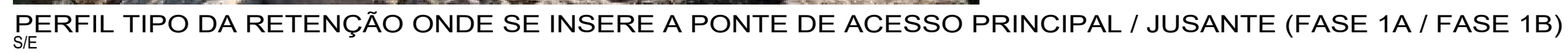
TOMO II – COMPILAÇÃO TÉCNICA

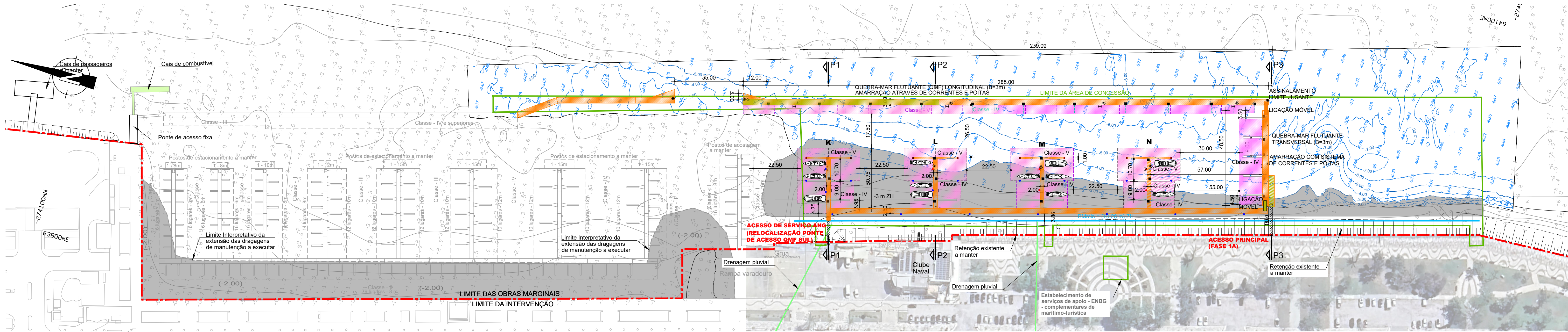
ÍNDICE DE DESENHOS

Des. 1	Localização e Situação de Referência – Planta e Pormenores	(O.1284.01_PE_HM_01_0)
Des. 2	Demolições, Remoções e Dragagens – Planta e Pormenores	(O.1284.01_PE_HM_02_0)
Des. 3	Fase 1A – Planta e Corte Tipo	(O.1284.01_PE_HM_03_0)
Des. 4	Fase 1B – Construção após Fase 1A – Planta e Corte Tipo	(O.1284.01_PE_HM_04_0)
Des. 5	Construção Total (até 350 m Jusante) – Planta e Corte Tipo	(O.1284.01_PE_HM_05_0)
Des. 6	Acessos – Planta, Cortes e Pormenores (1/2)	(O.1284.01_PE_HM_06_0)
Des. 7	Acessos – Planta, Cortes e Pormenores (2/2)	(O.1284.01_PE_HM_07_0)



- LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO DA ÁREA DO PORTO DE RECREIO DO GUADIANA (PRG). DATADO DE 2009.
 - LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO DA ENVOLVENTE A JUSANTE DO PORTO DE RECREIO DO GUADIANA (PRG), REALIZADO PELO IH E DATADO DE 2022.
 - DRAGAGEM DE MANUTENÇÃO (LIMITE INTERPRETATIVO).
 - DRAGAGEM DA EXTENSÃO DE IMPLANTAÇÃO DA FASE 1A.
 - DRAGAGEM DA EXTENSÃO DE IMPLANTAÇÃO DA FASE 1B, A REALIZAR DURANTE A FASE 1A.
 - DEMOLIÇÃO DO BLOCO DE BETÃO DE COROAMENTO DA RETENÇÃO MARGINAL E/OU PAVIMENTO.
 - REMOÇÃO DE ENROCAMENTOS DO TOPO DA RETENÇÃO MARGINAL.



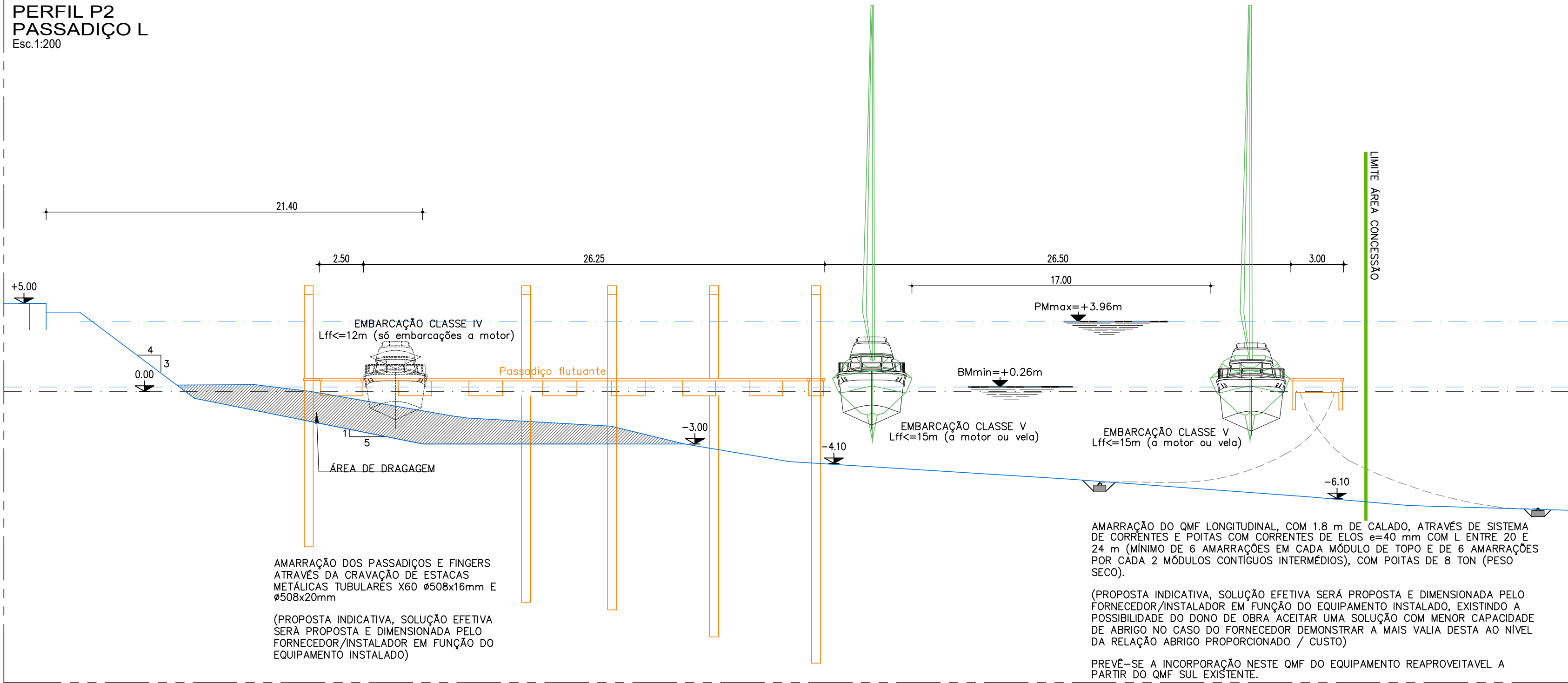


PLANTA FASE 1A (ATÉ 239 m A JUSANTE DO ATUAL LIMITE DO PRG)

Esc. 1:1000

PERFIL P2
PASSADIÇO L

Esc. 1:200



NOTAS:

- ESTIPULA-SE QUE OS LUGARES DE ESTACIONAMENTO ADERENTES OU ALINHADOS COM O PASSADIÇO DE DISTRIBUIÇÃO SEJAM DEDICADOS AO ESTACIONAMENTO EXCLUSIVO DE EMBARCAÇÕES A MOTOR, COM CALADOS INFERIORES A 1.5m, DADA A SUA INSERÇÃO JUNTO AO TALUDE DE CONCORDÂNCIA DA DRAGAGEM A (-3.0 m) ZH;
- A DISTRIBUIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE AMARRAÇÃO TÊM NATUREZA INDICATIVA, DEPENDENDO AS SOLUÇÕES EFETIVAMENTE UTILIZADAS NA EXECUÇÃO DOS TRABALHOS DO EQUIPAMENTO FLUTUANTE PROPOSTO PELO FORNECEDOR/INSTALADOR E, ASSIM, SERÁ RESPONSABILIDADE DESTA O DIMENSIONAMENTO EFETIVO DAS SOLUÇÕES A INSTALAR;
- NÃO ESTÁ PREVISTA A UTILIZAÇÃO DE ESTACA DE GUIAMENTO FIXADAS À PONTA DOS FINGERS LOCALIZADOS JUNTO AO PASSADIÇO DE DISTRIBUIÇÃO E AO LONGO DO BORDO INTERIOR DO QMF TRANSVERSAL EM VIRTUDE DE TER SIDO ASSEGURADA EM PRÉ-CONSULTA A VIABILIDADE DESTA SOLUÇÃO, UTILIZANDO UMA LIGAÇÃO "SPLAY" REFORÇADA.

SIMBOLOGIA

- - MÓDULO MULTIUSOS
- * - MÓDULO DE SEGURANÇA
- - ESCADAS QUEBRA-COSTAS
- - ESTACAS Ø508x16 mm (INDICATIVO)
- - ESTACAS Ø508x20 mm (INDICATIVO)
- - RELOCALIZAÇÃO ASSINALAMENTO MARÍTIMO (OU FORNECIMENTO DE EQUIPAMENTOS NOVOS IGUAIS)

LEGENDA:

- LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO DA ÁREA DO PORTO DE RECREIO DO GUADIANA (PRG), DATADO DE 2009.
- LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO DA ENVOLVENTE A JUSANTE DO PORTO DE RECREIO DO GUADIANA (PRG), REALIZADO PELO I/H E DATADO DE 2022.
- DRAGAGEM DA EXTENSÃO DE IMPLANTAÇÃO QUER DA FASE 1A COMO DA FASE 1B.
- FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE QUEBRA-MARES FLUTUANTES E PASSADIÇOS FLUTUANTES NOVOS.
- LOCALIZAÇÕES RECOMENDADAS PARA A RECOLOCAÇÃO DE MÓDULOS FLUTUANTES E PONTES MÓVEIS RECUPERADOS A PARTIR DO QMF SUL.

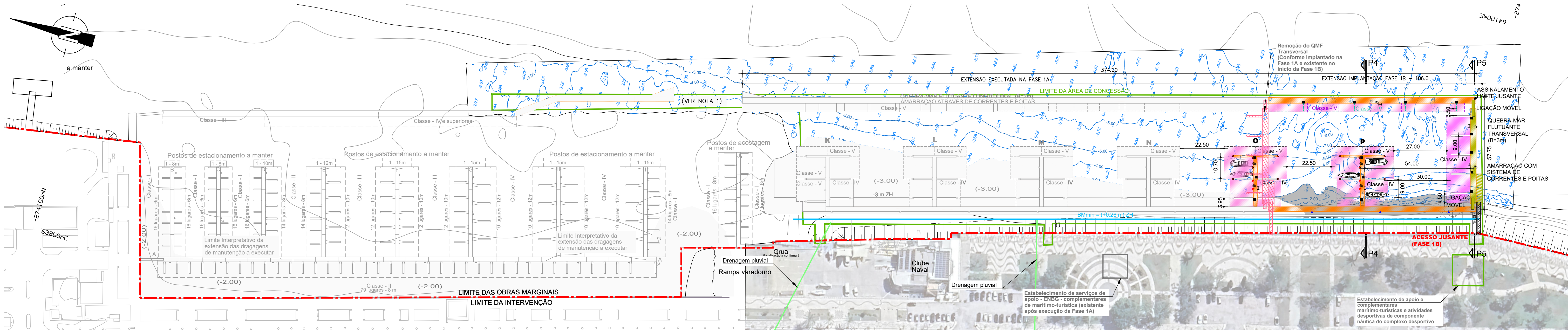
CASO NÃO SEJA POSSÍVEL, FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE MÓDULOS NOVOS COM B=3m.

		NÚMERO DE EMBARCAÇÕES					
		POSTOS EXISTENTES (Teórico)			FASE 1A (até 239 m a jusante do QMF Sul existente)		
Classe	Comprimento (m)	Passadiço	Quebra-mar	Total	Passadiços (K a N)	Quebra-mar	Total
I	(< 6)	97	-	97	223 m - B=2.5m	268 m - B=3m	-
II	(6 a 8)	139	-	139	107 m - B=2.0m	48.5 + 16 m - B=3m	-
III	(8 a 10)	49	11 (-5 QMF Sul)	60 (55)	86 m - B=1m;	-	-
IV	(10 a 12)	41	10	51	8 fingers - L=10m/B=0.8m	5 fingers - L=8m/B=0.8m	-
V	(12 a 15 e >)	4	5	9	8 fingers - L=8m/B=0.8m	-	-
Total		330	26	356 (351)	48	26 / 30	74 / 78

--- CENÁRIO QUE DÁ PRIORIDADE A EMBARCAÇÕES DE CLASSE V NA ACOSTAGEM LONGITUDINAL

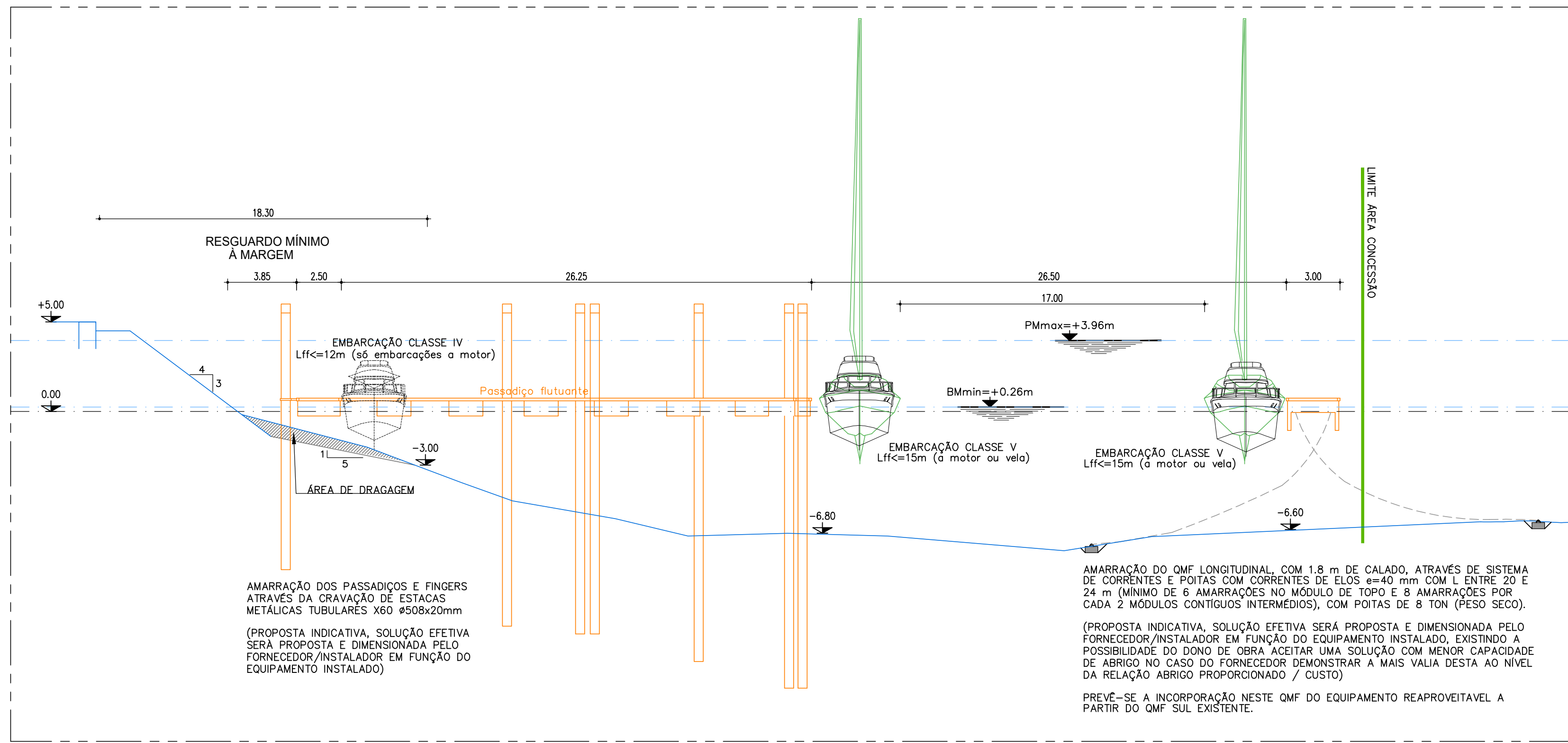
--- CENÁRIO QUE DÁ PRIORIDADE A EMBARCAÇÕES DE CLASSE IV NA ACOSTAGEM LONGITUDINAL

REVISÃO	POR	DATA	DESCRIÇÃO	VISTO
PROJEC.	JMB	MAR 2025	ASSOCIAÇÃO NAVAL DO GUADIANA	
DESEN.	BGS/FBC	MAR 2025	EMPREITADA DE AMPLIAÇÃO E REQUALIFICAÇÃO DO PORTO DE RECREIO DO GUADIANA (PRG) EM VILA REAL DE SANTO ANTÔNIO	
VERIF.	LAL	MAR 2025		
APROV.	LAL	MAR 2025		
FASE:	PROJETO DE EXECUÇÃO			
ESPECIALIDADE:	HIDRÁULICA MARÍTIMA			
ESCALAS:	1:1000 / 1:200			
				DESENHO Nº
				03



PLANTA CONSTRUÇÃO FASE 1B
DESDE LIMITE DE JUSANTE NO FIM DA FASE 1A (≈ 240 m a JUSANTE DO PRG) ATÉ LIMITE DA ÁREA CONCESSIONADA (≈ 350 m a JUSANTE DO PRG)
Esc. 1:1000

PERFIL P4
PASSADIÇO P
Esc. 1:200



NOTAS:

- ESTIPULA-SE QUE OS LUGARES DE ESTACIONAMENTO ADERENTES OU ALINHADOS COM O PASSADIÇO DE DISTRIBUIÇÃO SEJAM DEDICADOS AO ESTACIONAMENTO EXCLUSIVO DE EMBARCAÇÕES A MOTOR, COM CALADOS INFERIORES A 1.5m, DADA A SUA INSERÇÃO JUNTO AO TALUDE DE CONCORDÂNCIA DA DRAGAGEM A (-3.0 m) ZH;
- A DISTRIBUIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE AMARRAÇÃO TÊM NATUREZA INDICATIVA, DEPENDENDO AS SOLUÇÕES EFETIVAMENTE UTILIZADAS NA EXECUÇÃO DOS TRABALHOS DO EQUIPAMENTO FLUTUANTE PROPOSTO PELO FORNECEDOR/INSTALADOR E, ASSIM, SERÁ RESPONSABILIDADE DESTA O DIMENSIONAMENTO EFETIVO DAS SOLUÇÕES A INSTALAR;
- NÃO ESTÁ PREVISTA A UTILIZAÇÃO DE ESTACA DE GUIAMENTO FIXADAS À PONTA DOS FINGERS LOCALIZADOS JUNTO AO PASSADIÇO DE DISTRIBUIÇÃO E AO LONGO DO BORDO INTERIOR DO QMF JUSANTE EM VIRTUDE DE TER SIDO ASSEGURADO EM PRÉ-CONSULTA A VIABILIDADE DESTA SOLUÇÃO, UTILIZANDO UMA LIGAÇÃO "SPLAY" REFORÇADA.

SIMBOLOGIA

- - MÓDULO MULTIUSOS
- * - MÓDULO DE SEGURANÇA
- - ESCADAS QUEBRA-COSTAS
- - ESTACAS Ø508x16 mm (INDICATIVO)
- - ESTACAS Ø508x20 mm (INDICATIVO)
- - RELOCALIZAÇÃO ASSINALAMENTO MARÍTIMO (OU FORNECIMENTO DE EQUIPAMENTOS NOVOS IGUAIS)

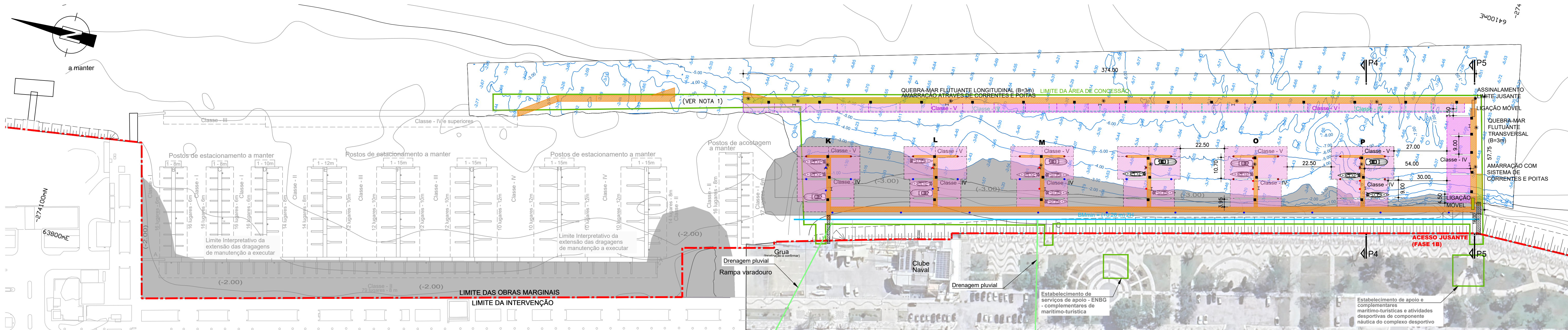
LEGENDA:

- - LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO DA ÁREA DO PORTO DE RECREIO DO GUADIANA (PRG), DATADO DE 2009.
- - LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO DA ENVOLVENTE A JUSANTE DO PORTO DE RECREIO DO GUADIANA (PRG), REALIZADO PELO IH E DATADO DE 2022.
- - EXTENSÃO EXECUTADA NA FASE 1A A MANTER NA FASE 1B, QUE CONSTITUI A SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA NO INÍCIO DESTA
- - EXTENSÃO DE REALIZAÇÃO DE EVENTUAL DRAGAGEM DE MANUTENÇÃO PARA REPOSIÇÃO DE COTAS A ANTECEDER A IMPLANTAÇÃO DA FASE 1B (CASO SE VERIFIQUE NECESSÁRIO)
- - ELEMENTOS IMPLANTADOS NA FASE 1A A REMOVER PREVIAMENTE À EXECUÇÃO DA FASE 1B
- - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE QUEBRA-MARES FLUTUANTES E PASSADIÇOS FLUTUANTES NOVOS
- - LOCALIZAÇÃO RECOMENDADA PARA A RECOLOCAÇÃO NA FASE 1B DE MÓDULOS FLUTUANTES E PONTES MÓVEIS RECUPERADOS A PARTIR DO QMF JUSANTE (CONFORME IMPLANTADO NA FASE 1), PREVIAMENTE REMOVIDO PARA PERMITIR O PROLONGAMENTO DO CANAL DE CIRCULAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DO NOVO PASSADIÇO O NA FASE 1B.

NÚMERO DE EMBARCAÇÕES							
POSTOS EXISTENTES (Teórico)				TOTAL (até 350 m a jusante de QMF Sui)			
Classe	Comprimento (m)	Passadiço	Quebra-mar	Total	Passadiços (K a Q)	Quebra-mar	Total
I	(< 6)	97	-	97	331 m - B=2.5m 157.5 m - B=2m 132 m - B=1m	374 m - B=3m 48.5 + 16 m - B=3m	97
II	(6 a 8)	139	-	139	-	-	139
III	(8 a 10)	49	11 (-5 QMF Sui)	60 (55)	-	-	55
IV	(10 a 12)	41	10	51	34	9 / 38	43 / 72
V	(12 a 15 e >)	4	5	9	38	0 / 24	38 / 62
Total	330	26	356 (351)	72	33 / 38	105 / 110	456 / 461

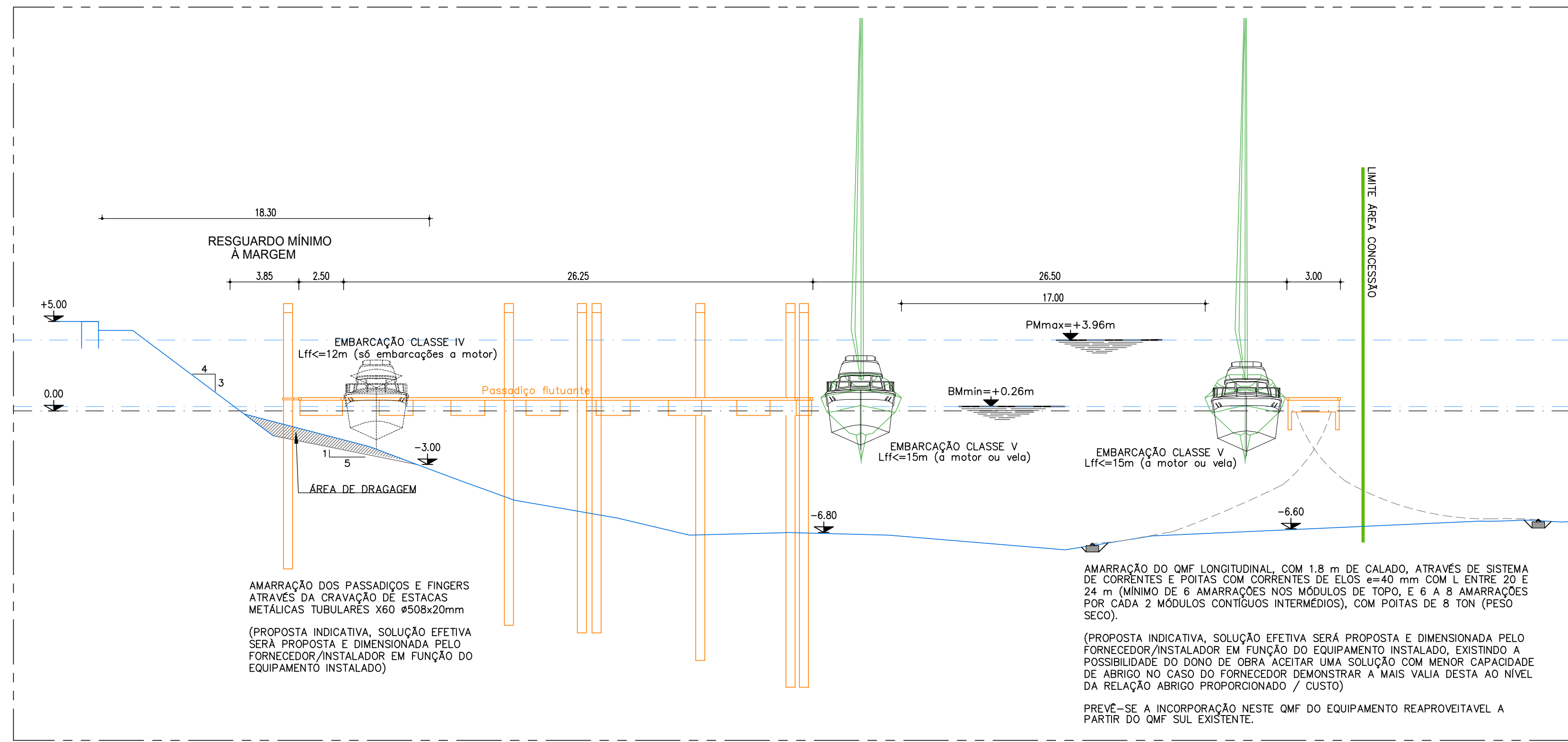
--- CENÁRIO QUE DÁ PRIORIDADE A EMBARCAÇÕES DE CLASSE V NA ACOSTAGEM LONGITUDINAL
--- CENÁRIO QUE DÁ PRIORIDADE A EMBARCAÇÕES DE CLASSE IV NA ACOSTAGEM LONGITUDINAL

REVISÃO	POR	DATA	DESCRIÇÃO	VISTO
PROJECT.	JMB	MAR 2025	ASSOCIAÇÃO NAVAL DO GUADIANA	
DESEN.	BGS/FBC	MAR 2025	EMPREITADA DE AMPLIAÇÃO E REQUALIFICAÇÃO DO PORTO DE RECREIO DO GUADIANA (PRG) EM VILA REAL DE SANTO ANTÓNIO	
VERIF.	LAL	MAR 2025		
APPROV.	LAL	MAR 2025		
FASE:	PROJETO DE EXECUÇÃO			
ESPECIALIDADE:	HIDRÁULICA MARÍTIMA			
ESCALAS:	1:1000 / 1:200			
CONSULMAR				
CODIFICAÇÃO DO DESENHO: O.1284.01_PE_HM_04_0				
DESENHO Nº				04



PLANTA CONSTRUÇÃO TOTAL
ATÉ LIMITE DA ÁREA CONCESSIONADA (≈ 350 m A JUSANTE DO PRG)
Esc. 1:1000

PERFIL P4
PASSADIÇO P
Esc. 1:200



NOTAS:

- ESTIPULA-SE QUE OS LUGARES DE ESTACIONAMENTO ADERENTES OU ALINHADOS COM O PASSADIÇO DE DISTRIBUIÇÃO SEJAM DEDICADOS AO ESTACIONAMENTO EXCLUSIVO DE EMBARCAÇÕES A MOTOR, COM CALADOS INFERIORES A 1.5m, DADA A SUA INSERÇÃO JUNTO AO TALUDE DE CONCORDÂNCIA DA DRAGAGEM A (-3.0 m) ZH;
- A DISTRIBUIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE AMARRAÇÃO TEM NATUREZA INDICATIVA, DEPENDENDO AS SOLUÇÕES EFETIVAMENTE UTILIZADAS NA EXECUÇÃO DOS TRABALHOS DO EQUIPAMENTO FLUTUANTE PROPOSTO PELO FORNECEDOR/INSTALADOR E, ASSIM, SERÁ RESPONSABILIDADE DESTA O DIMENSIONAMENTO EFETIVO DAS SOLUÇÕES A INSTALAR;
- NÃO ESTÁ PREVISTA A UTILIZAÇÃO DE ESTACA DE GUIAMENTO FIXADAS À PONTA DOS FINGERS LOCALIZADOS JUNTO AO PASSADIÇO DE DISTRIBUIÇÃO E AO LONGO DO BORDO INTERIOR DO QMF JUSANTE EM VIRTUDE DE TER SIDO ASSEGURADO EM PRÉ-CONSULTA A VIABILIDADE DESTA SOLUÇÃO, UTILIZANDO UMA LIGAÇÃO "SPLAY" REFORÇADA.

SIMBOLOGIA

- - MÓDULO MULTIUSOS
- * - MÓDULO DE SEGURANÇA
- - ESCADAS QUEBRA-COSTAS
- - ESTACAS Ø508x16 mm (INDICATIVO)
- - ESTACAS Ø508x20 mm (INDICATIVO)
- - RELOCALIZAÇÃO ASSINALAMENTO MARÍTIMO (OU FORNECIMENTO DE EQUIPAMENTOS NOVOS IGUAIS)

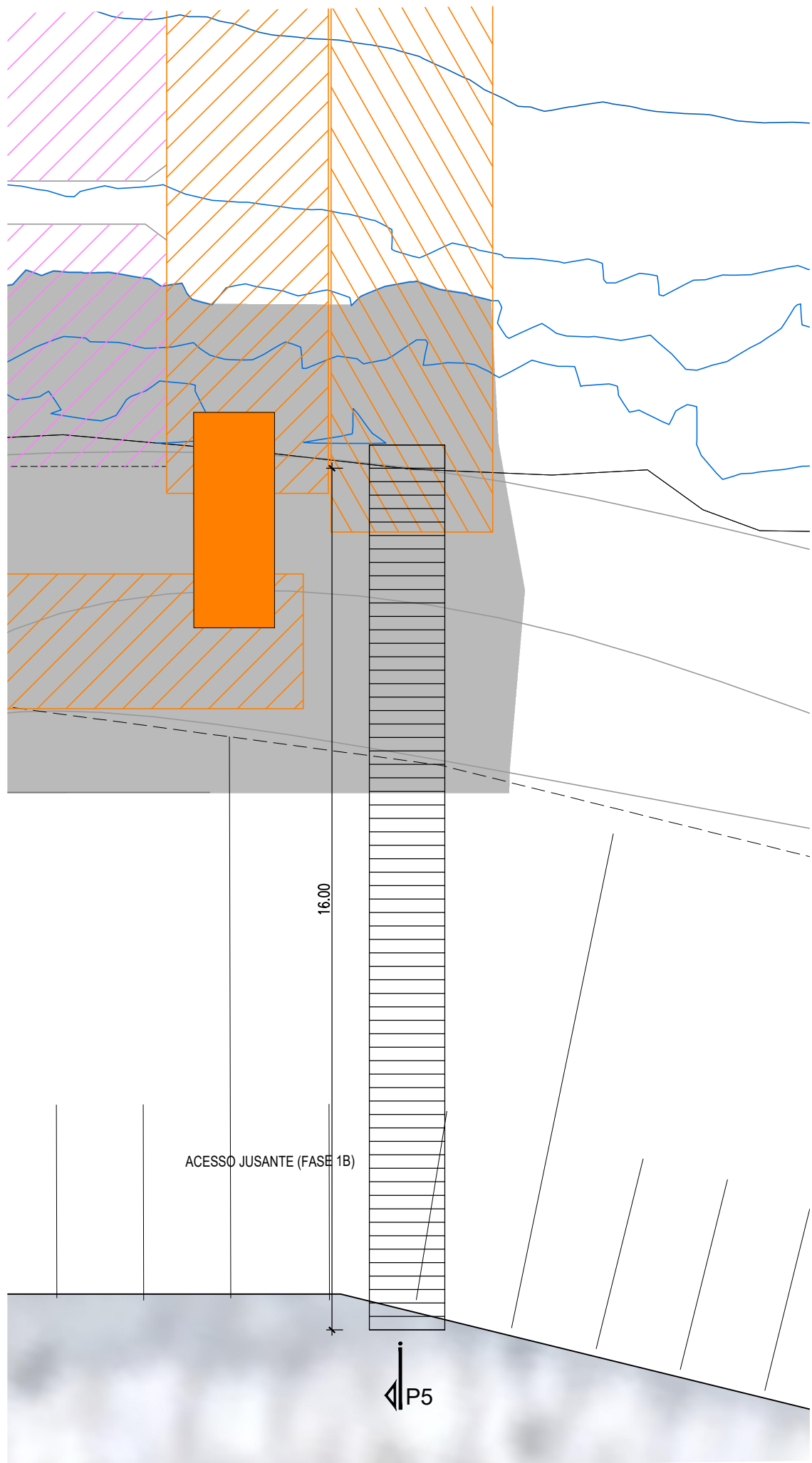
LEGENDA:

- - LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO DA ÁREA DO PORTO DE RECREIO DO GUADIANA (PRG), DATADO DE 2009.
- - LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO DA ENVOLVENTE A JUSANTE DO PORTO DE RECREIO DO GUADIANA (PRG), REALIZADO PELO IIR E DATADO DE 2022.
- - DRAGAGEM À COTA (-3.0) DA EXTENSÃO DE IMPLANTAÇÃO DOS PASSADIÇOS DE CAIS
- - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE QUEBRA-MARES FLUTUANTES E PASSADIÇOS FLUTUANTES NOVOS
- - LOCALIZAÇÕES RECOMENDADAS PARA A RECOLOCAÇÃO DE MÓDULOS FLUTUANTES E PONTES MÓVEIS RECUPERADOS A PARTIR DO QMF SUL. CASO NÃO SEJA POSSÍVEL, FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE MÓDULOS NOVOS COM B=3m.

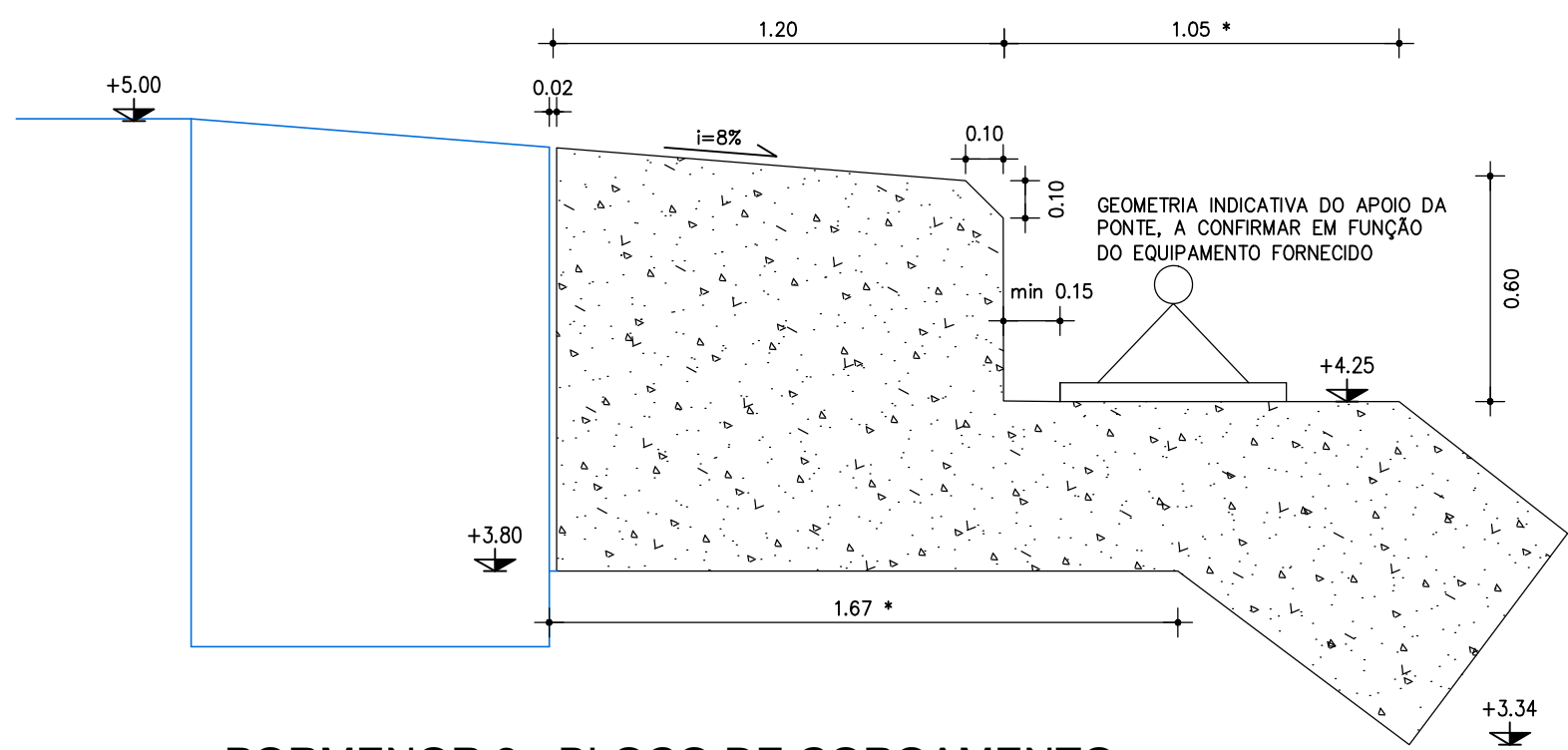
NÚMERO DE EMBARCAÇÕES						
POSTOS EXISTENTES (Teórico)						
Classe	Comprimento (m)	Passadiço	Quebra-mar	Total	TOTAL (até 350 m a jusante de QMF Sul)	
					Passadiços (K a Q)	Total
I	(< 6)	97	-	97	331 m - B=2.5m 157.5 m - B=2m 132 m - B=1m 12 fingers - L=10m/B=0.8 12 fingers - L=8m/B=0.8	97
II	(6 a 8)	139	-	139	374 m - B=3m 48.5 + 16 m - B=3m	139
III	(8 a 10)	49	11 (-5 QMF Sul)	60 (55)	-	55
IV	(10 a 12)	41	10	51	34	94 / 123
V	(12 a 15 e >)	4	5	9	38	47 / 71
Total	330	26	356 (351)	72	33 / 38	456 / 461

--- CENÁRIO QUE DÁ PRIORIDADE A EMBARCAÇÕES DE CLASSE V NA ACOSTAGEM LONGITUDINAL
--- CENÁRIO QUE DÁ PRIORIDADE A EMBARCAÇÕES DE CLASSE IV NA ACOSTAGEM LONGITUDINAL

	</				

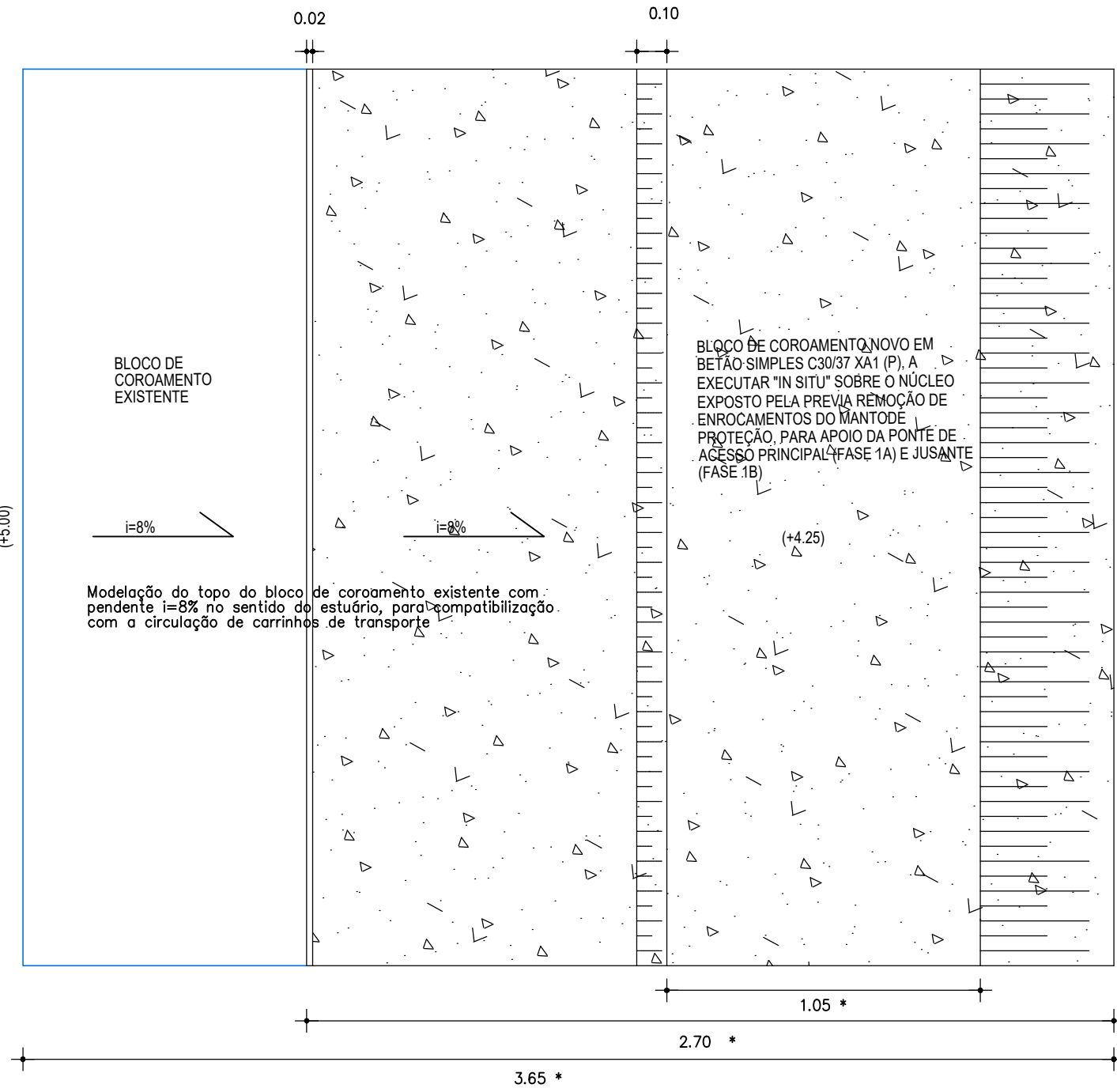


PLANTA ACESSO JUSANTE
Esc. 1:100

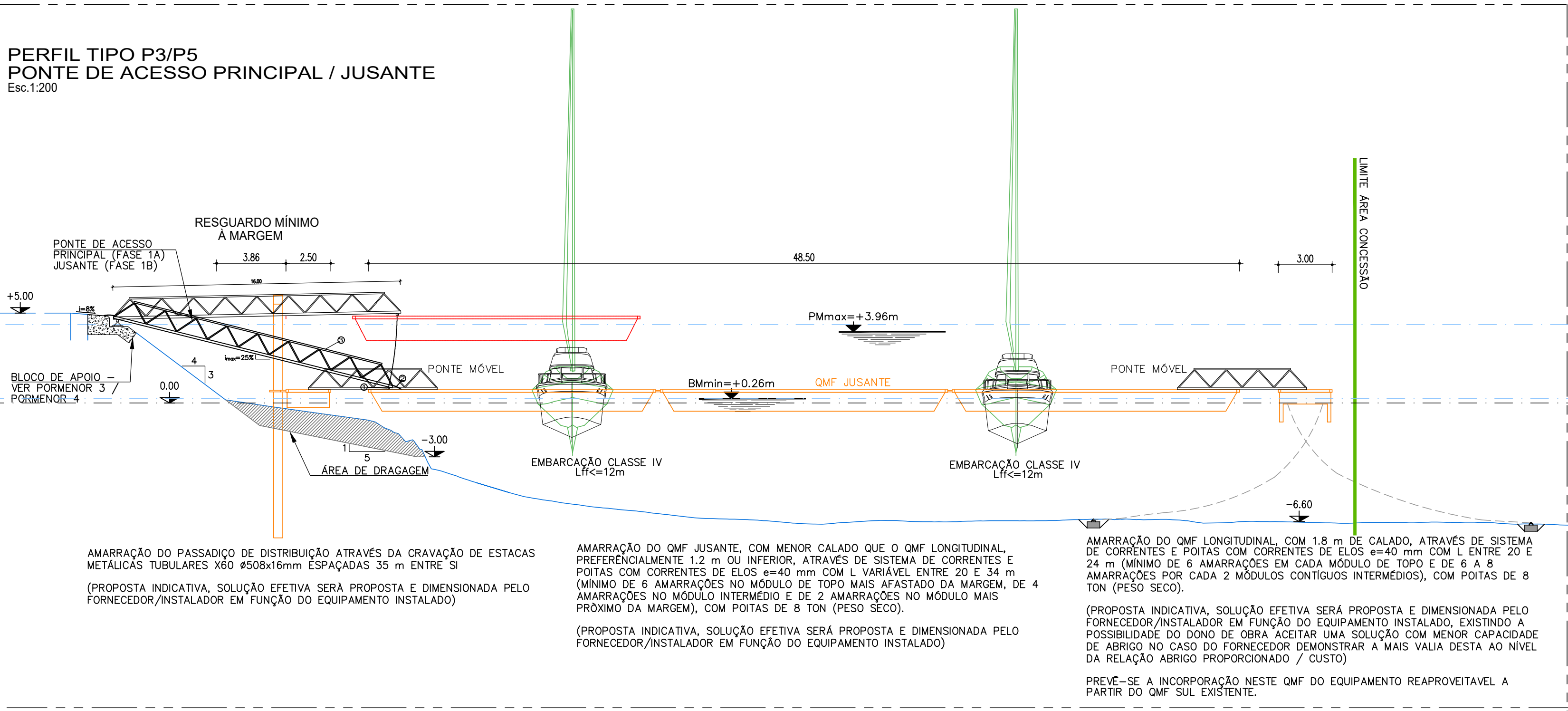


PORMENOR 3 - BLOCO DE COROAMENTO
APOIO PRINCIPAL/JUSANTE - CORTE A-A'
Esc. 1:20

* NOTA: DIMENSÕES EFETIVAS DEPENDENTES QUER
DAS EXIGÊNCIAS DO EQUIPAMENTO A FORNECER
COMO DA GEOMETRIA EFETIVAMENTE EXISTENTE, A
CONFIRMAR EM OBRA



PORMENOR 4 - BLOCO DE COROAMENTO
APOIO PRINCIPAL/JUSANTE - PLANTA
Esc. 1:20



AMARRAÇÃO DO PASSADIGO DE DISTRIBUIÇÃO ATRAVÉS DA CRAVAÇÃO DE ESTACAS METÁLICAS TUBULARES X60 Ø508x16mm ESPAÇADAS 35 m ENTRE SI (PROPOSTA INDICATIVA, SOLUÇÃO EFETIVA SERÁ PROPOSTA E DIMENSIONADA PELO FORNECEDOR/INSTALADOR EM FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO INSTALADO)

AMARRAÇÃO DO QMF JUSANTE, COM MENOR CALADO QUE O QMF LONGITUDINAL, PREFERENCIALMENTE 1.2 m OU INFERIOR, ATRAVÉS DE SISTEMA DE CORRENTES E POITAS COM CORRENTES DE ELOS ø=40 mm COM L VARIÁVEL ENTRE 20 E 34 m (MÍNIMO DE 6 AMARRAÇÕES NO MÓDULO DE TOPO MAIS AFASTADO DA MARGEM, DE 4 AMARRAÇÕES NO MÓDULO INTERMÉDIO E DE 2 AMARRAÇÕES NO MÓDULO MAIS PRÓXIMO DA MARGEM), COM POITAS DE 8 TON (PESO SECO).

(PROPOSTA INDICATIVA, SOLUÇÃO EFETIVA SERÁ PROPOSTA E DIMENSIONADA PELO FORNECEDOR/INSTALADOR EM FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO INSTALADO)

AMARRAÇÃO DO QMF LONGITUDINAL, COM 1.8 m DE CALADO, ATRAVÉS DE SISTEMA DE CORRENTES E POITAS COM CORRENTES DE ELOS ø=40 mm COM L ENTRE 20 E 24 m (MÍNIMO DE 6 AMARRAÇÕES EM CADA MÓDULO DE TOPO E DE 6 A 8 AMARRAÇÕES POR CADA 2 MÓDULOS CONTÍGUOS INTERMÉDIOS), COM POITAS DE 8 TON (PESO SECO).

(PROPOSTA INDICATIVA, SOLUÇÃO EFETIVA SERÁ PROPOSTA E DIMENSIONADA PELO FORNECEDOR/INSTALADOR EM FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO INSTALADO, EXISTINDO A POSSIBILIDADE DO DONO DE OBRA ACEITAR UMA SOLUÇÃO COM MENOR CAPACIDADE DE ABRIGO NO CASO DO FORNECEDOR DEMONSTRAR A MAIS VALIA DESTA AO NÍVEL DA RELAÇÃO ABRIGO PROPORCIONADO / CUSTO)

PREVÊ-SE A INCORPORAÇÃO NESTE QMF DO EQUIPAMENTO REAPROVEITÁVEL A PARTIR DO QMF SUL EXISTENTE.

LEGENDA:

- LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO DA ÁREA DO PORTO DE RECREIO DO GUADIANA (PRG), DATADO DE 2009.
- LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO DA ENVOLVENTE A JUSANTE DO PORTO DE RECREIO DO GUADIANA (PRG), REALIZADO PELO I.H. E DATADO DE 2022.
- DRAGAGEM DA EXTENSÃO DE IMPLANTAÇÃO

REVISÃO	POR	DATA	DESCRIÇÃO		VISTO
PROJECT	JMB	MAR 2025	ASSOCIAÇÃO NAVAL DO GUADIANA		CONSULMAR
DESEN	BGS/FBC	MAR 2025			
VERIF	LAL	MAR 2025			
APROV	LAL	MAR 2025			
FASE:			EMPREITADA DE AMPLIAÇÃO E REQUALIFICAÇÃO DO PORTO DE RECREIO DO GUADIANA (PRG) EM VILA REAL DE SANTO ANTÓNIO		
PROJETO DE EXECUÇÃO			CODIFICAÇÃO DO DESENHO: O.1284.01_PE_HM_07_0		
ESPECIALIDADE:			DESENHO Nº		
HIDRÁULICA MARÍTIMA			ACESSOS PLANTA, PERFIS E PORMENORES (2/2)		
ESCALAS:					
1:200 / 1:100 / 1:20					
			07		