APDL
ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DO DOURO, LEIXÕES E VIANA DO CASTELO

APDL – ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DO DOURO, LEIXÕES E VIANA DO CASTELO, S.A.

ESTUDO PRÉVIO PARA A AMPLIAÇÃO E REORGANIZAÇÃO DO TERMINAL DE CONTENTORES NORTE DO PORTO DE LEIXÕES E O RESPETIVO ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL

ESTUDO PRÉVIO

RELATÓRIO

Outubro, 2025

EMPRESA CERTIFICADA
eiC
ISO 9001 Qualidade
certificação acreditada IPAC

CONSULMAR
Projectistas e Consultores, Lda.

Av. António Augusto de Aguiar, nº 19 – 2º esqº ● 1050-012 LISBOA ● PORTUGAL ● Tel. (+)351 213 826 630 ● e-mail geral@consulmar.pt ● www.consulmar.pt

ESTUDO PRÉVIO PARA A AMPLIAÇÃO E REORGANIZAÇÃO DO TERMINAL DE CONTENTORES NORTE DO PORTO DE LEIXÕES E O RESPETIVO ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL

ESTUDO PRÉVIO

RELATÓRIO

(O.1826.00)

CONTROLO

VERSÃO INICIAL

Data do documento	**Autor** *(sigla)*	**Responsável pela revisão** *(sigla)*	**Responsável pela verificação e aprovação** *(sigla)*
Agosto, 2023	PP – LCP IM – PBM/JNM AP/AE – JMB IE – JC	LCP	LAL

ALTERAÇÕES

Versão nº	**Data**	**Responsável pela alteração** *(sigla)*	**Responsável pela revisão** *(sigla)*	**Responsável pela verificação e aprovação** *(sigla)*	**Observações**
1	Out.2023	LAL	LAL	LAL	Alterações decorrentes da apreciação da APDL
2	Dez.2023	LAL	LAL	LAL	Alterações decorrentes da apreciação da APDL
3	Fev.2025	LAL	LAL	LAL	Inclusão do ACL no anexo VI
4	Abr.2025	LAL	LAL	LAL	Exclusão do ACL no anexo VI
5	Out.2025	LAL	LAL	LAL	Inclusão do ACL no anexo VI

ESTUDO PRÉVIO PARA A AMPLIAÇÃO E REORGANIZAÇÃO DO TERMINAL DE CONTENTORES NORTE DO PORTO DE LEIXÕES E O RESPETIVO ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL

ÍNDICE DO TEXTO

1. INTRODUÇÃO 1

2. ENQUADRAMENTO E ANTECEDENTES 2

3. JUSTIFICAÇÃO DO PROJETO 6

4. DESCRIÇÃO DO PORTO DE LEIXÕES E DAS INFRAESTRUTURAS PORTUÁRIAS 8

4.1. Breve historial do Porto de Leixões 8

4.2. Descrição geral da bacia portuária 10

4.3. Estruturas portuárias existentes na zona em estudo 13

5. TRÁFEGO DE CONTENTORES NO PORTO DE LEIXÕES 21

5.1. Infraestruturas portuárias 21

5.2. Evolução do tráfego de mercadorias 24

5.3. Evolução do tráfego de contentores 26

5.4. Outros indicadores do tráfego de contentores 28

5.5. Origem e destino do tráfego de contentores 34

5.6. Movimento por tipo de navio 37

5.7. Alguns indicadores de serviço nos Terminais de Contentores Norte e Sul 38

6. CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES NATURAIS LOCAIS 44

6.1. Condições topo-hidrográficas 44

6.2. Geologia 46

6.3. Natureza dos fundos portuários 49

6.3.1. Considerações iniciais 49

6.3.2. Prospeção geofísica por Reflexão Sísmica 50

6.3.3. Campanhas de sondagens mecânicas 53

6.4. Caracterização da variação do nível do mar 72

6.4.1. Maré astronómica 72

6.4.2. Sobrelevação meteo-oceanográfica 73

6.4.3. Regime fluvial da Ribeira de Leça 74

6.4.4. Previsão da subida do nível médio do mar 76

6.4.5. Nível máximo expectável e cota do cais do novo Terminal de Contentores Norte 81

6.5. Regime de ventos 81

6.6. Agitação Marítima 83

6.6.1. Regime médio ao Largo 83

6.6.2. Regime médio na aproximação ao Porto de Leixões 93

6.6.3. Modelação matemática da propagação da agitação para o interior do porto de Leixões 100

6.6.4. Propagação da agitação gerada por ventos locais para o interior do porto de Leixões 103

6.6.5. Propagação da agitação gerada pela circulação de embarcações 106

6.7. Regime sedimentar 107

7. PROGRAMA DE NECESSIDADES 111
7.1. Considerações prévias 111
7.2. Valores de referência 111
8. ESTUDO DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS 113
8.1. Considerações gerais 113
8.2. Apresentação das soluções alternativas da Opção A 114
8.2.1. Opção A – Solução Alternativa com Terminal Ferroviário na zona do atual TCN 114
8.2.2. Opção A – Solução Alternativa com novo Terminal Ferroviário na zona de ampliação do TCN 116
8.2.3. Opção B – Solução Alternativa com novo Terminal Ferroviário na zona do atual TCN . 118
8.2.4. Opção B – Solução Alternativa com novo Terminal Ferroviário na zona de ampliação do TCN 120
8.3. Avaliação da capacidade das soluções alternativas 122
8.3.1. Considerações gerais 122
8.3.2. Critérios gerais para a avaliação da capacidade 123
8.3.3. Indicadores de referência 127
8.3.4. Cálculo da capacidade do terminal 128
8.3.5. Resultados da avaliação da capacidade 131
8.4. Resumo e conclusão do Estudo Preliminar de simulação de navios amarrados 137
8.5. Resumo e conclusão do estudo de modelação matemática da análise comparativa do comportamento hidráulico das alternativas de *layout* e soluções estruturais 139
8.6. Avaliação preliminar dos galgamentos no limite oeste do parque de contentores 139
8.7. Resumo e conclusão dos Estudos de Tráfego 144
8.8. Resumo e Conclusão do Estudo de Microssimulação do Terminal de Contentores Norte do Porto de Leixões – Análise da rede viária interna 146
8.9. Análise comparativa das soluções alternativas 146
8.9.1. Modelo de análise multicritério 146
8.9.2. Definição dos critérios de análise 147
8.9.3. Resultados da análise multicritério 148
9. ESTUDO PRÉVIO DAS INTERVENÇÕES 152
9.1. Estruturas acostáveis 152
9.1.1. Alternativa A 153
9.1.2. Alternativa B 164
9.2. Terrapleno portuário do Terminal de Contentores 173
9.2.1. Demolições Gerais 173
9.2.2. Dragagens e Aterros 174
9.2.3. Pavimentações 177
9.3. Redes de Serviço - Águas e Esgotos 190
9.3.1. Enquadramento 190
9.3.2. Listagem das infraestruturas projetadas 190
9.3.3. Abastecimento e distribuição de água potável 191
9.3.4. Sistema de combate a incêndio com água salgada 196
9.3.5. Rede de esgotos de águas pluviais do terrapleno 205
9.3.6. Redes de esgotos de águas residuais domésticas 211
9.4. Instalações Elétricas, de Comunicações e de Segurança Eletrónica 215
9.4.1. Instalações Elétricas 216
9.4.2. Sistemas Eletrónicos, Segurança e Gestão Técnica Centralizada 225
9.5. Estimativa de Custos Global 232

ANEXOS

ANEXO I – *Indicadores de Desempenho dos Terminais – Glossário*

ANEXO II – *Preliminary Mooring Assessment for the North Container Terminal Expansion of Leixões Port, Portugal*

ANEXO III – *Análise Comparativa de Soluções com recurso a Modelação Matemática*

ANEXO IV – *Estudo de Tráfego do Terminal de Contentores Norte (TCN) do Porto de Leixões – Relatório Final*

ANEXO V – *Estudo de Microssimulação do Terminal de Contentores Norte do Porto de Leixões – Análise da Rede Viária Interna*

ANEXO VI – *ACL* - Avaliação de Compatibilidade de Localização

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Arranjo típico das pilhas de contentores usando *reach stackers*..... 7
Figura 2 – Evolução do Porto de Leixões..... 9
Figura 3 – Porto de Leixões (Exterior)..... 11
Figura 4 – Porto de Leixões (Interior)..... 11
Figura 5 – Zona Norte do Anteporto – Área de Expansão do TCN 13
Figura 6 – Panorâmica da Marina Porto Atlântico (APDL)..... 14
Figura 7 – Informação Referente à Marina (Marina Porto Atlântico) 15
Figura 8 – Localização das Infraestruturas nas Zonas em Estudo (APDL) 16
Figura 9 – Perfil Transversal Molhe Norte (APDL)..... 16
Figura 10 – Origem da Construção do Molhe Norte de Leixões (APDL) 17
Figura 11 – Imagem Aérea e Perfil Transversal do Posto C do Terminal Petroleiro (Google Earth / APDL) 18
Figura 12 – Imagem Aérea e Perfis Transversais das Estruturas a Norte da Marina (Google Earth / APDL) 19
Figura 13 – Perfis Transversais dos Cais Existentes do TCN (Oeste e Sul) e da Doca 1 Norte (APDL)..... 20
Figura 14 – Localização das principais infraestruturas de apoio ao tráfego de contentores no Porto de Leixões..... 21
Figura 15 – Equipamentos Associados ao TCN (APDL)..... 22
Figura 16 – Panorâmica do Terminal de Contentores Sul (APDL) 23
Figura 17 – Configuração da bacia portuária no Anteporto após a realização das Dragagens 46
Figura 18 – Enquadramento geológico da área de intervenção, à escala 1:50 000 [adaptado da Carta Geológica de Portugal, folha 1, à escala 1:200 000 (S.G.P., 1989)] 47
Figura 19 – Espessura das camadas de sedimentos obtidas em levantamento de prospeção geofísica (GEOSUB, 2017) 51
Figura 20 – Localização dos pontos de recolha de sedimentos (GEOSUB, 2017) 51
Figura 21 – Classificação das amostras de sedimentos relativamente à classe de contaminação (Adaptado de GEOSUB, 2017) 52
Figura 22 – Localização da grelha de sondagens geotécnicas (ARGONVIA, 2019)..... 54
Figura 23 – Caracterização dos horizontes geotécnicos (ARGONVIA, 2019)..... 55
Figura 24 – Caracterização das sondagens S8 e S13 (ARGONVIA, 2019) 56
Figura 25 – Localização das Sondagens Complementares do Anteporto (IGEOTEST, 2019) 57
Figura 26 – BHL1 – Características da Amostra até -9,7 m ZHL (IGEOTEST, 2019)..... 58
Figura 27 – BHL1 – Características da Amostra de -9,7 até -14,7 m ZHL (IGEOTEST, 2019)..... 59
Figura 28 – BHL1 – Características da Amostra de -14,7 até -18,8 m ZHL (IGEOTEST, 2019)..... 60
Figura 29 – BHL2 – Características da Amostra até -18,7 m ZHL (IGEOTEST, 2019)..... 61
Figura 30 – BHL11 – Características da Amostra até -18,3 m ZHL (IGEOTEST, 2019)..... 62
Figura 31 – Localização e Características das Sondagens Finais no Anteporto (Geocontrole, 2022)..... 63
Figura 32 – BH1 – Características da Amostra até -17,4 m ZHL (Geocontrole, 2022) 64
Figura 33 – BH1 – Características da Amostra de -17,4 até -25,3 m ZHL (Geocontrole, 2022) 65
Figura 34 – BH2 – Características da Amostra até -18,7 m ZHL (Geocontrole, 2022) 66
Figura 35 – BH2 – Características da Amostra de -18,7 até -25,2 m ZHL (Geocontrole, 2022) 67

Figura 36 – BH3 – Características da Amostra de -13,3 até -23,5 m ZHL (Geocontrole, 2022) 68
Figura 37 – BH3 – Características da Amostra desde -23,5 até -26,25 m ZHL (Geocontrole, 2022) 69
Figura 38 – BH14 – Características da Amostra até -6,0 m ZHL (Geocontrole, 2022) 69
Figura 39 – BH14 – Características da Amostra desde -6,0 até -16,1 m ZHL (Geocontrole, 2022) 70
Figura 40 – BH14 – Características da Amostra desde -16,1 até -25,1 m ZHL (Geocontrole, 2022) 71
Figura 41 – Variação regional do nível médio do mar (m) em relação às previsões globais eustáticas para o Séc. XXI (extraído de IPCC, 2007) 77
Figura 42 – 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) 78
Figura 43 – Cenários de variação do nível médio do mar (m) para o Séc. XXI (extraído de IPCC_AR6_WGI_TS, 2021) 79
Figura 44 – Distribuição da direção e velocidade dos ventos no ponto ao largo P6 (ERA-Interim), no período 1979-2016 82
Figura 45 – Distribuição da direção (%) dos ventos na estação Aeroporto Pedras Rubras (Windfinder), no período 2000-2017 83
Figura 46 – Localização dos pontos referentes às fontes de dados A e B 84
Figura 47 – Localização do ponto referente à fonte C 85
Figura 48 – Distribuição das alturas significativas e períodos de pico da agitação ao Largo segundo o rumo (Fonte A) 85
Figura 49 – Distribuição das alturas significativas e períodos de pico da agitação ao Largo (Fonte A) 86
Figura 50 – Relação entre alturas significativas e períodos de pico ao Largo (Fonte A) 86
Figura 51 – Distribuição das alturas e períodos médios da agitação ao Largo segundo o rumo (Fonte B) 87
Figura 52 – Distribuição dos períodos de pico da agitação ao Largo segundo o rumo (Fonte B) 87
Figura 53 – Distribuição das alturas significativas e períodos médios da agitação ao Largo (Fonte B) 88
Figura 54 – Distribuição dos períodos de pico da agitação ao Largo (Fonte B) 88
Figura 55 – Relação entre alturas significativas e períodos médios ao Largo (Fonte B) 89
Figura 56 – Relação entre alturas significativas e períodos de pico ao Largo (Fonte B) 89
Figura 57 – Distribuição da altura significativa da agitação ao Largo segundo o rumo (Fonte C) 91
Figura 58 – Série de alturas significativas máximas anuais para o período 1958-2017 (Fonte C) 92
Figura 59 – Relação entre as alturas significativas com os períodos de pico (Fonte C) 92
Figura 60 – Localização dos pontos PL e PL2 93
Figura 61 – Distribuição das alturas significativas e períodos de pico da agitação em PL segundo o rumo (Fonte A) 94
Figura 62 – Distribuição das alturas significativas e períodos de pico da agitação em PL (Fonte A) 95
Figura 63 – Relação entre alturas significativas e períodos de pico em PL (Fonte A) 96
Figura 64 – Distribuição das alturas significativas e períodos médios da agitação em PL segundo o rumo (Fonte B) 96
Figura 65 – Distribuição das alturas significativas e períodos de pico da agitação em PL segundo o rumo (Fonte B) 97
Figura 66 – Distribuição das alturas significativas e períodos médios da agitação em PL (Fonte B) 97
Figura 67 – Distribuição dos períodos de pico da agitação em PL (Fonte B) 98

Figura 68 – Relação entre alturas significativas e períodos médios em PL (Fonte B) 98
Figura 69 – Relação entre alturas significativas e períodos de pico em PL (Fonte B) 99
Figura 70 – Condições de fronteira dos ensaios em modelo físico (LNEC, 2017) 101
Figura 71 – Simulações com solução de prolongamento S1 (L=300, α=20º) (LNEC, 2017) H0=1 m, T=10s, Dir 292,5ºN – BM (+0,5 m ZHL) e PM (+4,0 m ZHL) 101
Figura 72 – Simulações com solução de prolongamento S1 (L=300, α=20º) (LNEC, 2017) H0=1 m, T=14s, Dir 270ºN – BM (+0,5 m ZHL) e PM (+4,0 m ZHL) 102
Figura 73 – Simulações com solução de prolongamento S1 (L=300, α=20º) (LNEC, 2017) H0=1 m, T=18s, Dir 247,5ºN – BM (+0,5 m ZHL) e PM (+4,0 m ZHL) 102
Figura 74 – Simulação da propagação da agitação com modelo SCHISM-WWM H0=7 m, NM=+2,5 m (ZHL) (Solução 1 – LNEC, 2017) 103
Figura 75 – Cenário de cálculo da agitação gerada por Ventos Locais 104
Figura 76 – Modelo conceptual da dinâmica sedimentar do porto de Leixões 108
Figura 77 – Simulação da circulação hidrodinâmica com modelo SCHISM-WWM H0=7 m, NM=+2,5 m (ZHL) (Solução 1 – LNEC, 2017) 109
Figura 78 – Simulação da Propagação de Agitação Extrema com Modelo Matemático SWAN - Rumo O, Hm0 = 12,8 m, Tp = 17 s 142
Figura 79 – Limites máximos considerados para a análise 143
Figura 80 – Perfil tipo projetado da zona aderente ao molhe 144
Figura 81 – Plataforma de Transição – Corte Transversal 155
Figura 82 – Plataforma de Transição – Planta Estrutural 156
Figura 83 – Plataforma de Transição – Corte Estrutural 157
Figura 84 – Alternativa A – Solução estrutural B - Módulo Estrutural corrente e de transição 159
Figura 85 – Alternativa A – Solução estrutural B – Superstrutura da Plataforma Acostável 160
Figura 86 – Plataforma de Transição – Planta Estrutural 162
Figura 87 – Plataforma de Transição – Corte Estrutural 163
Figura 88 – Alternativa B – Solução estrutural B - Módulos Estruturais corrente e “obtuso” 168
Figura 89 – Alternativa B – Solução estrutural B – Corte Transversal Tipo 169
Figura 90 – Alternativa B – Solução estrutural B: Zona do atual cais – Corte Estrutural Tipo 169
Figura 91 – Alternativa B – Solução estrutural B: Zona de Transição – Corte - Alçado 170
Figura 92 – Alternativa B – Solução estrutural B – Superstrutura da Plataforma Acostável 171
Figura 93 – Fatores de proximidade 182
Figura 94 – Gráfico para determinação da espessura da base do pavimento para armazenamento de contentores 184
Figura 95 – Gráfico para determinação da espessura da base do pavimento para cargas dinâmicas com várias passagens 184
Figura 96 – Esquema de Cálculo das Condutas 195
Figura 97 – Esquema de Cálculo da conduta de Incêndio 202
Figura 98 – Esquema da Secção Transversal da Caleira 207
Figura 99 – Cálculo das Bacias de Drenagem 209
Figura 100 – Esquema de Cálculo das Caleiras 210

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Evolução percentual do n.º de contentores movimentado nos terminais de contentores Norte e Sul relativamente ao conjunto do Porto de Leixões....34
Quadro 2 - Evolução da distribuição percentual do n.º de contentores movimentado nos terminais de contentores Norte e Sul do Porto de Leixões....34
Quadro 3 - Principais indicadores de serviço nos terminais de contentores norte e sul....41
Quadro 4 – Indicadores de estado e produtividade nos Terminais de Contentores Norte e Sul do Porto de Leixões....43
Quadro 5 – Dimensão das amostras de sedimentos recolhidas e rácio entre materiais grosseiros/finos....52
Quadro 6 – Dados de marés para o Porto de Leixões....72
Quadro 7 – Valores médios registados da sobreelevação metereológica....74
Quadro 8 – Resumo das projeções de evolução do nível médio do mar (1995-2014)....79
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)....80
Quadro 10 – Agitação gerada pelo Vento Nível de Maré = +1,7 m (ZHL)....104
Quadro 11 – Agitação gerada pelo Vento Nível de Maré = +3,7 m (ZHL)....105
Quadro 12 – Distribuição de Frequências de Ocorrência de Vento com rumo de Sul (SSE-SSO)....105
Quadro 13 – Ondas geradas pela passagem de embarcações (Adaptado de Marinas and Small Craft Harbours, 2000)....106
Quadro 14 – Fatores de equivalência dos materiais entre C8/10 CBGM e betão estrutural....185

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução dos diferentes tipos de cargas movimentadas no Porto de Leixões (Fonte: APDL) 25
Gráfico 2 – Evolução da estrutura da carga movimentada no Porto de Leixões (Fonte: APDL) 26
Gráfico 3 – Evolução do movimento de contentores no Porto de Leixões (Fonte: APDL) 27
Gráfico 4 – Evolução do movimento de contentores em sistema Ro-Ro no Porto de Leixões (Fonte: APDL) 28
Gráfico 5 – Evolução do tráfego de contentores no Porto de Leixões e, n.º, TEUs e tonelagem (Fonte: APDL) 29
Gráfico 6 – Evolução do peso por TEU no Porto de Leixões por tipo de movimento (Fonte: APDL) 30
Gráfico 7 – Evolução do tráfego de contentores no Porto de Leixões, em toneladas, por tipo de movimento (Fonte: APDL) 31
Gráfico 8 – Evolução do tráfego de contentores no Porto de Leixões, em TEUs, por tipo de movimento (Fonte: APDL) 31
Gráfico 9 – Evolução do tráfego de contentores cheios e vazios no Porto de Leixões (Fonte: APDL) 32
Gráfico 10 – Evolução do tráfego de contentores cheios e vazios, por movimento, no Porto de Leixões (Fonte: APDL) 32
Gráfico 11 – Evolução do tráfego de contentores de 20' e 40' no Porto de Leixões (Fonte: APDL) 33
Gráfico 12 – Evolução da estrutura do tráfego de contentores por destino e origem no Porto de Leixões (Fonte: APDL) 35
Gráfico 13 – Evolução do tráfego de contentores por destino e origem no Porto de Leixões (Fonte: APDL) 35
Gráfico 14 – Evolução do tráfego de contentores, por tipo de movimento, com origem/destino no Continente e Regiões Autónomas, no Porto de Leixões (Fonte: APDL) 36
Gráfico 15 – Evolução do tráfego de contentores, por tipo de movimento, com origem/destino Extra U.E., no Porto de Leixões (Fonte: APDL) 36
Gráfico 16 – Evolução do tráfego de contentores, por tipo de movimento, com origem/destino na U.E., no Porto de Leixões (Fonte: APDL) 37
Gráfico 17 – Evolução do movimento de navios porta-contentores e Ro-Ro no Porto de Leixões (Fonte: APDL) 37
Gráfico 18 – Evolução da relação entre o n.º de navios porta-contentores e a respetiva arqueação bruta no Porto de Leixões (Fonte: APDL) 38

ÍNDICE DE DESENHOS

1 - PP – Planeamento Portuário

Des. 1.1 – Localização e Situação Atual ..... (O.1826.00_EP_PP_001_0)

Des. 1.2 – Situação de Referência..... (O.1826.00_EP_PP_002_0)

Des. 1.3 – Alternativa A, com Terminal Ferroviário na zona do atual TCN – Implantação Geral ..... (O.1826.00_EP_PP_003_B)

Des. 1.4 – Alternativa A, com Terminal Ferroviário na zona de ampliação do TCN – Implantação Geral ..... (O.1826.00_EP_PP_004_B)

Des. 1.5 – Alternativa B, com Terminal Ferroviário na zona do atual TCN – Implantação Geral ..... (O.1826.00_EP_PP_005_B)

Des. 1.6 – Alternativa B, com Terminal Ferroviário na zona de ampliação do TCN – Implantação Geral ..... (O.1826.00_EP_PP_006_B)

2 - IM – Infraestruturas Marítimas

Des. 2.1 – Prospeção Geofísica e Caraterização de Sedimentos ..... (O.1826.00_EP_IM_001_0)

Des. 2.2 – Sondagens Geotécnicas (2004) - Planta ..... (O.1826.00_EP_IM_002_0)

Des. 2.3 – Sondagens Geotécnicas (2004) – Perfis interpretativos ..... (O.1826.00_EP_IM_003_0)

Des. 2.4 – Reconhecimento Geotécnico (2019) – Planta e Perfis interpretativos ..... (O.1826.00_EP_IM_004_0)

Alternativa A com Terminal Ferroviário na zona de ampliação do TCN

Des. 2.5 – Alternativa A – Solução A – Cais em Caixotões – Planta Geral ..... (O.1826.00_EP_IM_005_B)

Des. 2.6 – Alternativa A – Solução A – Cais em Caixotões – Planta Estrutural (Folha 1/2) ..... (O.1826.00_EP_IM_006_B)

Des. 2.7 – Alternativa A – Solução A – Cais em Caixotões – Planta Estrutural (Folha 2/2) ..... (O.1826.00_EP_IM_007_A)

Des. 2.8 – Alternativa A – Solução A – Cais em Caixotões – Perfis Tipo (Folha 1/2) ..... (O.1826.00_EP_IM_008_A)

Des. 2.9 – Alternativa A – Solução A – Cais em Caixotões – Perfis Tipo (Folha 2/2) ..... (O.1826.00_EP_IM_009_A)

Des. 2.10 – Alternativa A – Solução A – Cais em Caixotões – Alçado ..... (O.1826.00_EP_IM_010_A)

Des. 2.11 – Alternativa A – Solução A – Caixotão Tipo – Geometria (Folha 1/2) .....(O.1826.00_EP_IM_011_A)

Des. 2.12 – Alternativa A – Solução A – Caixotão de Remate – Geometria (Folha 2/2 .....(O.1826.00_EP_IM_012_A)

Des. 2.13 – Alternativa A – Solução B – Plataforma em Estacas – Planta Geral .....(O.1826.00_EP_IM_013_B)

Des. 2.14 – Alternativa A – Solução B – Plataforma em Estacas – Planta Estrutural (Folha 1/2) .....(O.1826.00_EP_IM_014_B)

Des. 2.15 – Alternativa A – Solução B – Plataforma em Estacas – Planta Estrutural (Folha 2/2) .....(O.1826.00_EP_IM_015_A)

Des. 2.16 – Alternativa A – Solução B – Alçado.....(O.1826.00_EP_IM_016_A)

Des. 2.17 – Alternativa A – Solução B – Perfis Tipo (Folha 1/2) .(O.1826.00_EP_IM_017_A)

Des. 2.18 – Alternativa A – Solução B – Perfis Tipo (Folha 2/2) .(O.1826.00_EP_IM_018_A)

Alternativa B com Terminal Ferroviário na zona de ampliação do TCN

Des. 2.19 – Alternativa B – Solução A – Cais em Caixotões - Planta Geral.....(O.1826.00_EP_IM_019_B)

Des. 2.20 – Alternativa B – Solução A – Cais em Caixotões - Planta Estrutural (Folha 1/3) .....(O.1826.00_EP_IM_020_B)

Des. 2.21 – Alternativa B – Solução A – Cais em Caixotões - Planta Estrutural (Folha 2/3) .....(O.1826.00_EP_IM_021_A)

Des. 2.22 – Alternativa B – Solução A – Cais em Caixotões - Planta Estrutural (Folha 3/3) .....(O.1826.00_EP_IM_022_A)

Des. 2.23 - Alternativa B – Solução A – Cais em Caixotões - Alçado .....(O.1826.00_EP_IM_023_A)

Des. 2.24 – Alternativa B – Solução A – Cais em Caixotões - Perfis Tipo (Folha 1/2) .....(O.1826.00_EP_IM_024_A)

Des. 2.25 – Alternativa B – Solução A – Cais em Caixotões - Perfis Tipo (Folha 2/2) .....(O.1826.00_EP_IM_025_A)

Des. 2.26 – Alternativa B – Solução A – Cais em Caixotões – Caixotões A e B – Geometria (Folha 1/2) .....(O.1826.00_EP_IM_026_A)

Des. 2.27 – Alternativa B – Solução A – Cais em Caixotões – Caixotão C – Geometria (Folha 2/2) .....(O.1826.00_EP_IM_027_A)

Des. 2.28 – Alternativa B – Solução B – Plataforma em estacas – Planta Geral.....(O.1826.00_EP_IM_028_B)

Des. 2.29 – Alternativa B – Solução B – Plataforma em estacas – Planta Estrutural (Folha 1/3) .....(O.1826.00_EP_IM_029_B)

Des. 2.30 – Alternativa B – Solução B – Plataforma em estacas – Planta Estrutural (Folha 2/3) .....(O.1826.00_EP_IM_030_A)

Des. 2.31 – Alternativa B – Solução B – Plataforma em estacas – Planta Estrutural (Folha 3/3) .....(O.1826.00_EP_IM_031_A)

Des. 2.32 – Alternativa B – Solução B – Plataforma em estacas – Alçado .....O.1826.00_EP_IM_032_A)

Des. 2.33 – Alternativa B – Solução B – Plataforma em estacas – Perfis Tipo (Folha 1/2) .....(O.1826.00_EP_IM_033_A)

Des. 2.34 – Alternativa B – Solução B – Plataforma em estacas – Perfis Tipo (Folha 2/2) .....(O.1826.00_EP_IM_034_A)

3 – AP – Aterros e Pavimentos

Des. 3.1 – Demolições Gerais – Planta .....(O.1826.00_EP_AP_001_B)

Des. 3.2 – Aterros – Alternativa A – Planta Geral .....(O.1826.00_EP_AP_002_A)

Des. 3.3 – Aterros – Alternativa B.....(O.1826.00_EP_AP_003_A)

Des. 3.4 – Pavimentação .....(O.1826.00_EP_AP_004_B)

4 – AE – Redes de Águas e Esgotos

Des. 4.1 – Rede de Água Potável – Planta .....(O.1826.00_EP_AE_001_B)

Des. 4.2 – Rede de Combate a Incêndio com Água Salgada – Planta .....(O.1826.00_EP_AE_002_B)

Des. 4.3 – Rede de Esgotos dos Edifícios – Planta .....(O.1826.00_EP_AE_003_B)

Des. 4.4 – Rede de Esgotos Pluviais do Terrapleno – Planta ....(O.1826.00_EP_AE_004_B)

5 – IE - Instalações Elétricas, de Comunicações e de Segurança Eletrónica

Des. 5.1 – Traçado Geral da Rede de Tubagem de M.T.....(O.1826.00_EP_IE_001_D)

Des. 5.2 – Traçado Geral da Rede Cabos de M.T. – 15V .....(O.1826.00_EP_IE_002_D)

Des. 5.3 – Postos de Transformação – PS/PT – PTR. Implantação e Esquemas dos Q.M.T.....(O.1826.00_EP_IE_003_B)

Des. 5.4 – Traçado Geral da Rede de Tubagem de B.T .....(O.1826.00_EP_IE_004_C)

Des. 5.5 – Traçado Geral da Rede de Cabos de B.T – Edifícios – Reefers – E-RTG.....(O.1826.00_EP_IE_005_C)

Des. 5.6 – Traçado Geral da Rede de Cabos de Iluminação .....(O.1826.00_EP_IE_006_C)

Des. 5.7 – Iluminação e Para-raios – Implantação de Equipamento .....(O.1826.00_EP_IE_007_C)

Des. 5.8 – Esboço Geral dos Esquemas dos QGBT's dos PT's e do Armário ADI (Iluminação) .....(O.1826.00_EP_IE_008_0)

Des. 5.9 – Traçado Geral da Rede de Tubagem para Comunicações, CCTV e Segurança Eletrónica.....(O.1826.00_EP_IE_009_C)

Des. 5.10 – CCTV – Implantação de Equipamento.....(O.1826.00_EP_IE_010_C)

1. INTRODUÇÃO

O objeto do presente contrato de prestação de serviços inclui dois vetores principais: A elaboração do Estudo Prévio para a Ampliação e Reorganização do Terminal de Contentores Norte do Porto de Leixões e o respetivo Estudo de Impacte Ambiental.

O presente documento diz assim respeito à memória descritiva e justificativa do Estudo Prévio para Ampliação e Reorganização do Terminal de Contentores Norte, de acordo com o contrato celebrado com a APDL - Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo, SA.

O âmbito do trabalho incluiu estudos de modelação matemática para análise comparativa de alternativas de *layout* e estruturais, estudo de modelação matemática de avaliação do comportamento dos navios amarrados e estudo de tráfego gerado pelo terminal.

Os estudos realizados procuraram responder aos objetivos pretendidos pela APDL e fixados nos Termos de Referência do Concurso, que exigem que o Terminal de Contentores Norte venha a ter uma capacidade anual de movimentação no terrapleno de pelo menos 1 milhão TEU e uma capacidade de movimentação anual no cais de pelo menos 1 milhão TEU.

A construção do terminal de contentores norte irá sobrepor-se com a atual marina, estaleiro, esteira de tubagens e com os postos B e C do TPL, obrigando à demolição destas estruturas e à construção de um novo posto de acostagem (posto B) para navios petroleiros do TPL, assim como a relocalização do porto de recreio.

Nesta versão do Estudo Prévio integra-se agora também a Avaliação de Compatibilidade de Localização sendo este que vigora em tudo o que diz respeito ao TPL.

O Estudo Prévio foi desenvolvido de acordo com o estabelecido nos regulamentos e diplomas legais aplicáveis, nomeadamente, a Portaria n.º 255/2023 de 7 de agosto que vem revogar a Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de julho, do MOPTC. Esta portaria estabelece que sejam desenvolvidas ao nível do conceito as soluções de *layout*, estruturais e outras se aplicável, devendo as mesmas ser pré dimensionadas e esquematizadas às escalas necessárias para a compreensão do conceito e principais dimensões. O estudo prévio deve também ser acompanhado das estimativas preliminares de custo de cada alternativa proposta.

2. ENQUADRAMENTO E ANTECEDENTES

O crescimento do tráfego marítimo mundial de contentores tem levado a um aumento progressivo e consolidado na dimensão dos navios.

Esta tendência global de crescimento no movimento de carga contentorizada tem vindo igualmente a refletir-se no Porto de Leixões, pressionando a infraestrutura existente a adaptar-se a esta crescente procura do mercado.

Os navios entrados no mercado nos últimos anos, e, sobretudo, a carteira de encomendas de novos navios a nível mundial, refletem bem esta tendência de rápido aumento de dimensão. Os porta-contentores encomendados apresentam uma percentagem de navios superiores a 5 000 TEU (navios com cerca de 300 m de comprimento, 40 m de largura e 13,5 m de calado) da ordem de 60%, enquanto há uma década o mercado era dominado por navios com capacidade até 3 000 TEU (cerca de 200 m de comprimento, 32 m de largura e 12 m de calado), sendo apenas cerca de 20% superiores a esta dimensão.

Estes novos navios de grandes dimensões, utilizados sobretudo nas rotas Ásia – Europa (ou América) e Américas – Europa, escalam essencialmente os grandes portos de contentores (em geral "*hubs*" de *transhipment*"), mas tendem a ter um efeito de cascata na composição da restante frota, com os navios de menor dimensão a serem desativados e com as rotas intermédias a serem servidas por navios de maior dimensão que antes eram utilizados naquelas principais rotas de longa distância. Este fenómeno é também potenciado pela procura constante de otimização dos custos de transporte, sendo estes mais baixos nos navios de maior dimensão.

Assim, mesmo portos que não sejam de primeira linha vêm-se obrigados a dar resposta a esta tendência, para não se verem reduzidos ao transporte marítimo de curta distância e às linhas *feeder*. É neste contexto que se enquadra o Novo Terminal de Leixões.

Assim, dando continuidade à estratégia de desenvolvimento estabelecida pela APDL, a sua Missão e Visão, e assente nos seus objetivos estratégicos, esta considera premente dotar o Porto de Leixões de uma oferta de terminais eficientes, tecnologicamente avançados e integrados, numa ótica de sustentabilidade de toda a cadeia logística.

Nesse sentido, a APDL tem já promovido diversos estudos com vista a desenvolver soluções que permitam dar resposta a estas novas exigências.

Tais estudos têm sido conduzidos com o objetivo de permitir a receção em Leixões de navios **com 300 m de comprimento, 40 m de boca e 13,5 m de calado**, ou seja, cerca de 5 000 TEU, classe de navios justamente que tenderá a ser gradualmente deslocada das suas

rotas atuais para aquelas que servem o Porto de Leixões pela entrada em serviço dos novos porta-contentores de grandes dimensões.

Nessa perspetiva, o Terminal de Contentores Norte (TCN) do Porto de Leixões apresenta-se como uma infraestrutura com potencial, atendendo à sua localização, acessibilidade e integração. Carece, no entanto, de uma reorganização e otimização, de forma a aumentar a sua eficiência e competitividade, sem descurar uma sustentável e adequada integração com a envolvente.

Assim, inicialmente, os Termos de Referência previam que:

- O projeto fosse implementado em 2 fases: Fase 1 e Fase 2;
- O atual cais de acostagem do TCN deveria ser recuado de forma a dar continuidade ao futuro cais de acostagem da Doca 1 Norte;
- Todos os cais deveriam ter fundos à cota -15,50 m (ZHL) e estarem preparados para a atracação de navios;
- O navio tipo a considerar teria 301 de comprimento, 40,2 m de boca, e 13,7 m de calado;
- Deveria ser considerada a acessibilidade e operacionalidade com ferrovia;
- Embora, à data, não se previsse instalação de equipamento de movimentação de cais para a segunda fase, a estrutura deveria ser concebida de forma a viabilizar a sua instalação;
- Deveriam ser consideradas as estruturas de contenção provisórias entre fases;
- Deveria ser proposto o *layout* do terminal de contentores que maximizasse a capacidade e respetivos equipamentos, tanto os de cais como os de terra, atendendo às atuais e futuras tendências tecnológicas;
- Dever-se-ia ter em consideração as infraestruturas existentes afetadas, tais como coletores de águas pluviais e pipelines, entre outras.
- Como referência, tinha sido considerado a instalação de 5 pórticos de cais.

No entanto, no arranque do Estudo Prévio, os Termos de Referência foram revistos, tendo sido transmitido que:

- O atual cais de acostagem do TCN manteria a sua implantação, mas serviria apenas para acostagem eventual;
- O projeto já não seria para desenvolver em duas fases, mas apenas numa;

Posteriormente, já numa fase mais avançada do Estudo Prévio e após reanalise e atualização da evolução do crescimento do tráfego marítimo mundial de contentores, foi decido pela APDL

que, apenas a cota de serviço do cais, deveria ser dimensionado para um navio de projeto com as seguintes características:

- Comprimento – 324,0 m
- Boca – 48,4 m
- Calado – 15,5 m
- Capacidade – 10 000 TEU
- Tonelagem de arqueação bruta – 110 600 TAB
- Porte – 124 000 DWT

Assim, embora o cais tenha que prever fundos de serviço da ordem dos -17,0 m ZHL, os atuais fundos da bacia de manobra (da ordem dos -15,5 m ZHL) e canal de acesso (com fundos da ordem dos -16,85 m ZHL) são para manter, mas reserva-se, desde já, a possibilidade de virem a ser rebaixados, caso a tendência de crescimento do tráfego de contentores se confirme.

Após apreciação da versão do Estudo Prévio entregue em agosto de 2023, a APDL solicitou as seguintes alterações/inclusões:

- Reformulação dos layouts das diferentes soluções de arranjo do terrapleno para ter em conta o pedido de:
  - Prolongamento do Terminal Ferroviário do atual TCN para leste por forma a ficar com o mesmo comprimento do considerado na zona de ampliação do TCN
  - Reformulação da implantação da esteira de tubagem do TPL
  - Deslocação do posto B para oeste
- Instalação de OPS no cais

Finalmente, de referir que, o presente Estudo Prévio é antecedido da elaboração do Projeto de Execução da “Empreitada do Prolongamento do Quebra-Mar Exterior e Acessibilidades Marítimas do Porto de Leixões” (CONSULMAR, 2019), cuja empreitada se encontra em curso, e cujo objetivo se centra na criação das condições necessárias para o posterior desenvolvimento dos Terminais de Leixões, as quais se concretizam nas seguintes empreitadas:

- Prolongamento do Quebra-Mar Exterior com 300 m de comprimento, segundo um alinhamento que forma um ângulo de 20º para Oeste com o alinhamento do existente, empreitada que se encontra em curso;
- Melhoria das Acessibilidades Marítimas no canal de acesso e anteporto do porto de Leixões, empreitada já concluída, e que incluíam:
  - Aprofundamento dos fundos no canal de acesso a -16,85 m (ZHL);

- Alargamento da largura do canal na barra do porto para 240 m e para 210 m à entrada do anteporto, envolvendo a demolição da cabeça do Molhe Norte;
- Aprofundamento dos fundos do anteporto e bacia de rotação a -15,50 m (ZHL), que se estende à reentrância de acesso ao atual Terminal Multiusos.

Este Estudo Prévio, é também antecedido do Estudo Prévio do Novo Terminal de Contentores do Porto de Leixões e o respetivo Estudo de Impacte Ambiental, realizados pela Consulmar para a APDL, em 2019.

3. JUSTIFICAÇÃO DO PROJETO

Seguidamente explica-se o Modelo de Operação da Ampliação do Terminal de Contentores Norte e do Novo Terminal de Contentores, previsto para a zona portuária do Molhe Sul, de acordo com o que foi transmitido.

O tráfego de navios de contentores dispõe, atualmente, de dois terminais especializados no porto de Leixões. No entanto, a sua capacidade revela-se insuficiente para fazer face à procura, atual e projetada, e ao crescimento da dimensão dos navios.

Tendo em vista reforçar as condições oferecidas pelo Porto de Leixões para o tráfego de contentores, a APDL, em 2019, projetou a construção de um Terminal de Contentores para a zona sul do porto, que hoje corresponde ao Terminal Multiusos.

O Novo Terminal Contentores terá uma capacidade para movimentar 480k TEU's/ano e ainda 55k unidades Ro-Ro / ano, do que se infere tratar-se de um Terminal para navios porta-contentores e para navios Ro-Ro.

O encerramento da Refinaria da GALP, em Leça da Palmeira, e a inerente redução do tráfego do Terminal Petroleiro de Leixões veio permitir um reordenamento das instalações localizadas no anteporto, substituindo os postos B e C do Terminal Petroleiro por um único posto, localizado ligeiramente mais próximo do Posto A.

À custa do espaço libertado, foi desenhado um novo cais para navios porta-contentores, que resulta, na prática, da ampliação do Terminal de Contentores Norte existente.

A ampliação do Terminal de Contentores Norte estabelece uma instalação que permite a movimentação de navios com dimensão máxima análoga ao do designado Novo Terminal de Contentores de Leixões, com uma frente de cais mais extensa e um terrapleno maior. A capacidade conferida ao Terminal de Contentores Norte por esta ampliação é de 1 000 k TEU's/ano.

Sendo possível concretizar os dois terminais, a sua rentabilização passa pelo correspondente crescimento do tráfego de contentores, não sendo provável no curto e médio prazo atingir o limite que viabilize a coexistência das duas instalações.

Considerando que no Novo Terminal de Contentores é possível a operação de navios Ro-Ro, numa fase intermédia, enquanto o crescimento do tráfego gerado por navios porta-contentores é acomodado na Ampliação do Terminal de Contentores Norte, o Novo Terminal de Contentores dará resposta ao tráfego Ro-Ro.

Assim, o equipamento de movimentação consistirá em unidades tratoras (*tugmasters*) e *reach stackers*, permitindo adiar o investimento em pórticos de cais e em pórticos de parque. Naturalmente, a densidade de ocupação do parque será menor.

Um arranjo típico para um parque em que o equipamento de movimentação é constituído por *reach stackers* é composto por blocos de contentores com uma largura correspondente a quatro unidades e a altura de empilhamento não excedendo quatro unidades.

A largura dos corredores entre blocos, para permitir a movimentação dos equipamentos, não deverá se inferior a 16 m, sendo desejável que seja de 18 m[1].

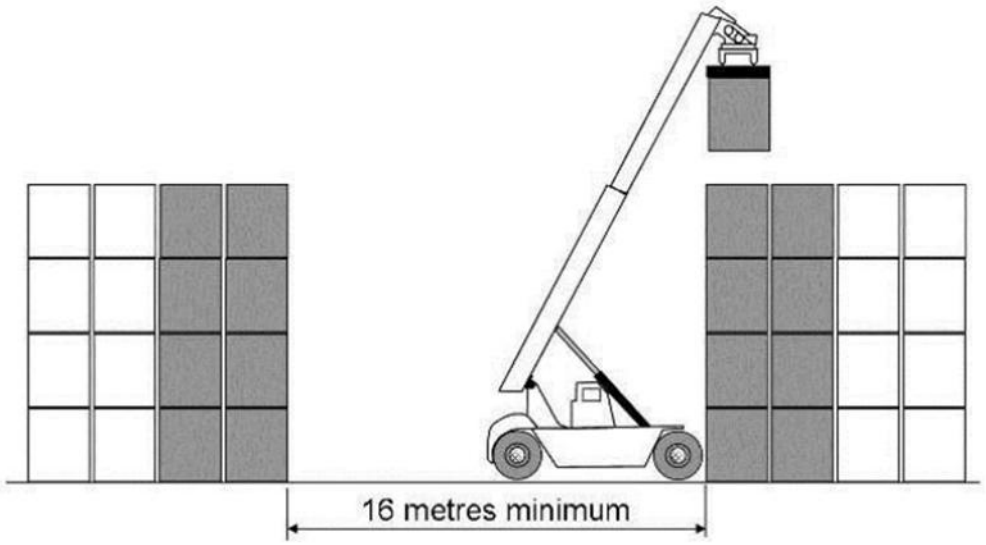


Figura 1 – Arranjo típico das pilhas de contentores usando *reach stackers*

Decorre deste planeamento portuário que o Porto de Leixões oferece boas condições para responder ao tráfego de navios porta-contentores e melhorará a capacidade e as condições para a movimentação do tráfego Ro-Ro.

[1] PIANC Report n.º 135 – Design Principles for Small and Medium Marine Container Terminals

4. DESCRIÇÃO DO PORTO DE LEIXÕES E DAS INFRAESTRUTURAS PORTUÁRIAS

4.1. Breve historial do Porto de Leixões

O Porto de Leixões localiza-se na Costa Noroeste da Península Ibérica, à latitude de 41º11' N e à longitude de 8º43' W, a cerca de 2,5 milhas a Norte da foz do Rio Douro e junto à foz do Rio Leça, já em ambiente marítimo.

Enquadrando o presente projeto no processo de evolução do Porto de Leixões, faz-se neste capítulo uma breve referência histórica às obras que ergueram esta infraestrutura portuária, com base na obra editada em 1998 pela APDL, intitulado "Porto de Leixões".

De porto de abrigo natural Leixões converteu-se, no final do século XIX, numa gigantesca estrutura portuária artificial. Em 1883 é tomada a decisão política visando a construção de um porto de abrigo artificial em Leixões.

Em fevereiro de 1895 estavam dados por concluídos os trabalhos da construção do porto de abrigo. Em 23 de abril de 1913, é publicada uma lei que previa a transformação de Leixões em porto comercial e a criação de um organismo que passaria a gerir a construção e exploração desta estrutura portuária: a Junta Autónoma das Obras Marítimas do Porto do Douro e Leixões (atual APDL – Administração dos Portos do Douro e Leixões).

Um ano depois iniciaria a adaptação, no molhe Sul, de um cais acostável, com cerca de 400 m de comprimento que permitia a sua utilização por navios que podiam atingir até 23 pés (7,6 m) de profundidade.

Embora fosse fundamental e não se revestisse de um grau de complexidade muito significativo, se comparado com a edificação dos molhes pouco tempo antes, a verdade é que a construção do cais se arrastaria por muitos anos, só sendo dada por concluída em 1931.

Era já então, manifestamente insuficiente, além de que, quando a ondulação aumentava de intensidade, as embarcações tinham urgentemente de desatracar. A solução encontrada apontou para uma nova estratégia, na qual o porto já não era conquistado ao mar, mas entrava terra adentro, abrindo-se no próprio estuário do Leça.

A ideia de aproveitar o vale do rio para prolongamento do complexo portuário surgiu pela primeira vez em 1893 quando foi estudada a adaptação de Leixões a porto comercial. Catorze anos depois, em 1907, surge um projeto, da autoria dos engenheiros Adolpho Loureiro e Santos Viegas, que desenvolve amplamente a ideia de localizar todo o conjunto das docas no

vale e que, com ligeiras alterações, acabará por servir de projeto-guia a todo o processo de expansão portuário do século XX.

Apenas dois anos depois da conclusão do cais acostável no molhe Sul era, em 1932, iniciada a construção da Doca n.º 1, concluída oito anos depois e solenemente inaugurada em 4 de julho de 1940, com os seus 550 m de comprimento por 175 de largura, com dois cais acostáveis num total de mil metros. Durante este período foi iniciada também a construção, na entrada do porto, de um extenso quebra-mar.

Este processo de expansão impulsionou, em 1955, uma ampliação das estruturas portuárias ao longo do vale do Leça. Nasceria assim a Doca n.º 2, programada para ocupar uma área de cerca de 500 mil metros quadrados e cujas obras, iniciadas em 1956, se prolongariam até meados da década de '70.

Face ao ritmo de crescimento do porto, nos finais dos anos sessenta surge o terminal para petroleiros e é alteado o quebra-mar, até aí submerso. De 1974 a 1979 é construído um terminal para contentores, tendo sido concluído, já na década de 90 um segundo terminal deste tipo (Doca n.º 4).

Entre 1974 e 1983 construíram-se mais 503 m de cais na margem direita (Doca n.º 4). Em finais dos anos 80 foi feita a reparação da cabeça do quebra-mar e a construção do quebra-mar submerso, após destruição em 1973 e 1979; e na primeira metade da década de 90 é construída uma nova marina para embarcações desportivas e de recreio. As obras de construção do porto de pesca datam de 1965 a 1968.

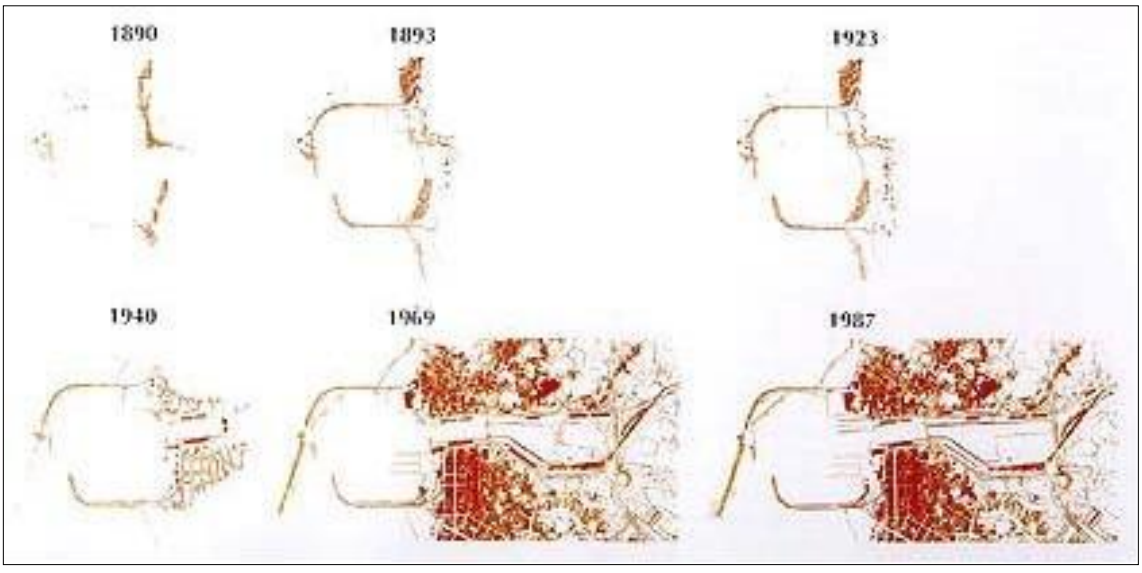


Figura 2 – Evolução do Porto de Leixões

O porto de Leixões continuou a sua expansão durante a primeira década do século XXI, em particular na área aderente ao cais interior do molhe Sul, com a construção do Terminal Multiusos (próximo do enraizamento) e do Terminal de Cruzeiros Sul (próximo do trecho final do molhe), e o aprofundamento dos fundos na bacia de rotação e canal de acesso até -12 m (ZHL).

4.2. Descrição geral da bacia portuária

O Porto de Leixões caracteriza-se por ser do tipo artificial, cujo abrigo é conseguido por dois molhes, tendo o de Norte cerca de 1 800 m e o de Sul perto de 950 m. Cada um destes molhes tem um troço perpendicular à linha de costa e outro sensivelmente paralelo à mesma linha, ligados por curvas de grande raio e delimitando uma superfície quase quadrada.

Um terceiro molhe ou quebra-mar nasce na curva do Molhe N e avança pelo mar cerca de 1 000 m na direção SSE, protegendo a entrada do porto dos temporais de O e NO. A largura do Canal de Entrada no Porto, entre as cabeças dos molhes de abrigo é de 220 m. No anteporto o canal alarga até 500 m.

Descrevem-se sucintamente nos parágrafos seguintes as infraestruturas portuárias que compõem o porto, cuja planta se apresenta nas figuras seguintes (in www.apdl.pt).

Alerta-se que a descrição da extensão no intradorso do enraizamento do Molhe Sul, para a qual está prevista a localização do Novo Terminal de Leixões, se realiza no capítulo seguinte.

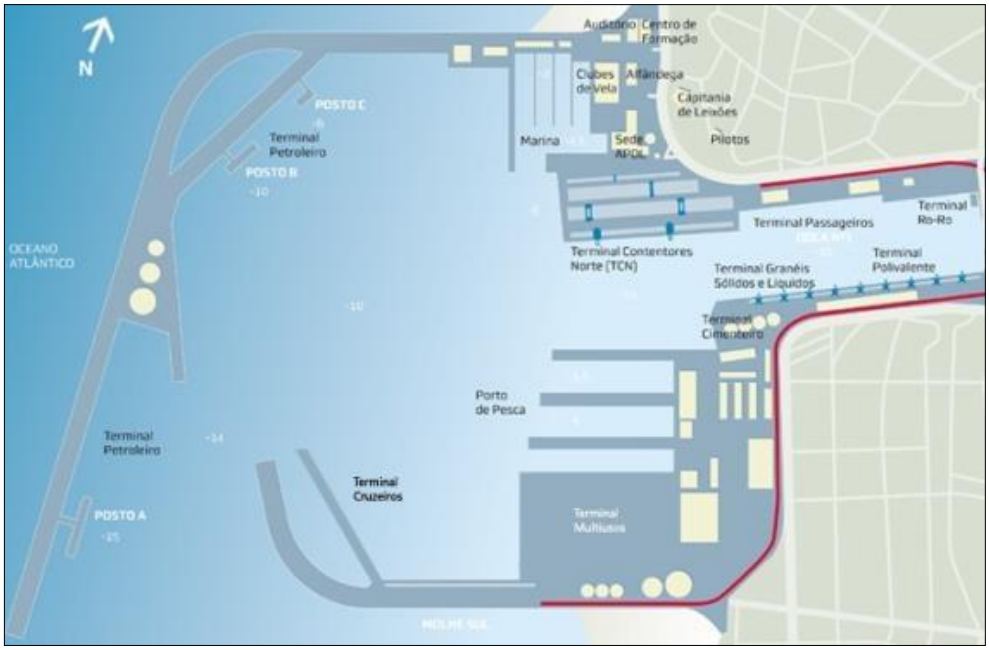


Figura 3 – Porto de Leixões (Exterior)

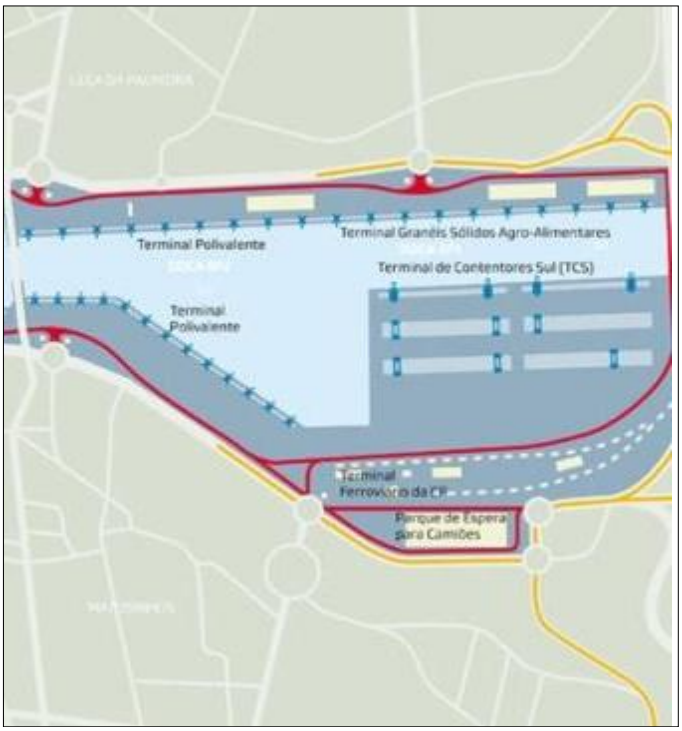


Figura 4 – Porto de Leixões (Interior)

O Porto de Leixões dispõe de cerca de 5 km de cais, 50 ha de terraplenos, 120 ha de área molhada, boas acessibilidades marítimas, rodo e ferroviárias, bem como modernos

equipamentos e avançados sistemas de gestão de navios. Destaca-se que a descrição seguinte se foca de forma generalista nas estruturas que não se encontram na extensão de expansão do Terminal de Contentores Norte.

O Terminal de Contentores Norte dispõe de um cais acostável com 360 m de comprimento e fundos a -10,00 m (ZHL), para 2 a 3 postos de navios de contentores até 25 000 DWT. Na extremidade N-S deste Terminal existe ainda um cais com 145 m de comprimento, com fundos a -6,00 m (ZHL), que não integra a concessão do terminal de contentores.

A Doca n.º 1 Norte situa-se em Leça da Palmeira entre o Terminal de Contentores Norte e a ponte móvel. Dispõe de um cais com cerca de 455 m de comprimento, fundos a -10,00 m(ZHL). Localiza-se no extremo N desta um Terminal RO-RO, composto por uma plataforma fixa com 21 m de comprimento, largura máxima de 22 m e mínima de 11 m e com inclinação de 7,7%, fundos a -10,00 m (ZHL) e que permite a transposição horizontal de mercadorias.

Além da utilização para movimentação de carga geral fracionada e graneis sólidos, a Doca n.º 1 Norte tem ainda uma vocação de transporte de passageiros, integrando o Terminal de Cruzeiros Norte. Este terminal utiliza 300 m de cais acostável do total da Doca n.º 1 Norte, com fundos a -10,00 m (ZHL), com capacidade para receber navios com um comprimento máximo de 250 m. A Estação de Passageiros de Leixões localiza-se na extensão de terrapleno interior à extensão de cais dedicada.

A Doca n.º 1 Sul localiza-se em Matosinhos entre a testa da Cabeça Sul da entrada da Doca 1 e a ponte móvel. Tem um cais com 520 m de comprimento, fundos a -10,00 m (ZHL) e destina-se à movimentação de carga convencional.

A Doca n.º 2 Norte localiza-se em Leça da Palmeira entre a Ponte Móvel e a Doca n.º 4 Norte. Tem um cais com cerca de 670 m de comprimento, fundos a -11,00 m (ZHL), onde são habitualmente movimentadas cargas diversificadas.

A Doca n.º 2 Sul situa-se em Matosinhos entre a Ponte Móvel e o Terminal de Contentores Sul. Dispõe de um cais com 690 m de comprimento, fundos a -11,00 m (ZHL), e movimenta igualmente carga diversificada. Para além destas cargas também movimenta produtos petrolíferos para caixas de pavimento, situadas na extremidade do cais, sendo os mesmos posteriormente trasfegados para as instalações da CEPSA, em Matosinhos.

Neste conjunto de docas realiza-se a movimentação de carga geral fracionada e graneis sólidos, como madeira em bruto, prensada e serrada; ferro e aço; rolos de chapa; pedras de granito; sucata de ferro e de vidro; estilha de madeira; sal; adubos; granéis agroalimentares; maquinaria em geral e as cargas de projeto, como geradores eólicos e transformadores.

A Doca n.º 4 Norte localiza-se em Leça da Palmeira a Nascente da Doca n.º 2 Norte. Tem um cais com cerca de 400 m de comprimento, fundos a -12,00 m (ZHL) e é por excelência um dos terminais especializados do Porto de Leixões. Nele são habitualmente movimentados cereais, forragens e outras cargas que necessitam de armazenagem.

A Doca n.º 4 Sul situa-se em Matosinhos entre a Doca n.º 2 e o viaduto da A28. Dispõe de um cais acostável, Terminal de Contentores Sul, com 540 m de comprimento e fundos a -12,00 m (ZHL) para 2 a 3 postos de navios de contentores até 25 000 DWT.

A expansão do presente Terminal Multiusos para o Novo Terminal de Contentores de Leixões foi objeto de um Estudo Prévio anterior realizado pela Consulmar, existindo referência posterior ao longo do presente estudo às suas características.

Associado ao Terminal de Contentores Sul existe ainda um cais com 100 m de comprimento, na extremidade Nascente (sentido N-S), com fundos de -12,00 m (ZHL), que não integra a concessão do Terminal de Contentores.

O Terminal de Cruzeiros Sul desenvolve-se num cais de 340 m que enraíza no início do trecho final do molhe Sul, com fundos à cota -10 m (ZHL), capaz de permitir a atracagem de navios de passageiros até 300 m de comprimento, bem como um cais flúvio-marítimo. No plano de água entre este cais e o molhe Sul desenvolve-se um porto de recreio para 170 embarcações.

4.3. Estruturas portuárias existentes na zona em estudo

Prevê-se que a expansão do Terminal de Contentores Norte (TCN) do Porto de Leixões se dê essencialmente para oeste do atual TCN, passando a ocupar totalmente a área da Marina Porto Atlântico (a relocalizar) e toda a área até aos Postos B e C do Terminal Petroleiro, os quais vão ser desativados.

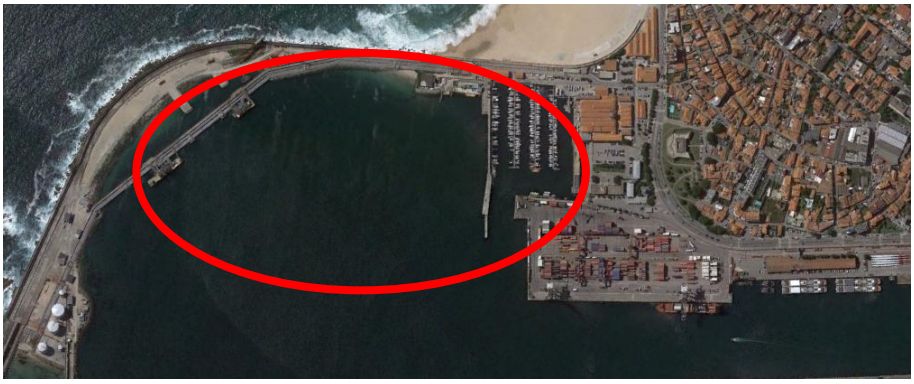


Figura 5 – Zona Norte do Anteporto – Área de Expansão do TCN

- **Marina Porto Atlântico**

A Doca de Recreio, conforme referido pela APDL no seu site, localiza-*se "no enraizamento do Molhe Norte do Porto de Leixões e encontra-se concessionada à Associação de Clubes Marina Porto Atlântico. Encontra-se limitada pelo cais Norte, Oeste e Nascente (clubes) e Marégrafo. Esta infraestrutura é constituída por um conjunto de elementos flutuantes (pontões) e "fingers" estabilizados horizontalmente por ligações a um sistema de estacaria metálica cravada nos fundos rochosos de área. Permite o abastecimento de água potável, combustíveis e energia elétrica (em baixa tensão) às embarcações e está equipado com aparelhos de extinção de incêndios e recipientes para lixos e óleos."*

As principais características destas infraestruturas são as seguintes:

- Cais acostável: 50 m de comprimento;
- Fundos: -2,5 m (Z.H.L);
- Capacidade de amarração: 248 lugares para amarração permanente e para amarração temporária existe uma área de pontes com a extensão total de 50 m e capacidade de acostagem para 4 a 5 iates;
- Serviços/Equipamentos: abastecimento de água potável, energia elétrica (baixa tensão), sistema de combate a incêndio e recipientes para lixos e óleos.



Figura 6 – Panorâmica da Marina Porto Atlântico (APDL)



Latitude 41º 11,0'N
Longitude 08º 42,3'W

Acesso:
Farol de aproximação:
Leça da Palmeira, uma Milha Norte da Marina
Quebra Mar:
Latitude 41º 12,15'N
Longitude 08º 42,64'W
FL. (3) 14s 57m.28m

Entrada:
Molhe Norte
Latitude 41º 11,15'N
Longitude 08º 42,18'W
Molhe Sul
Latitude 41º 10,77'N
Longitude 08º 42,42'W
FL G4s 7ms 7M
HORN (1) 30s
Profundidade:
Entrada marina: 4 mts
Amarração: 3,5 - 2 mts

Figura 7 – Informação Referente à Marina (Marina Porto Atlântico)

- **Infraestruturas existentes na área de expansão do Terminal Contentores Norte**

Apresentam-se no conjunto de figuras seguintes os perfis transversais tipo das estruturas fixas existentes na área entre o Posto C do Terminal Petroleiro e a Doca nº1 Norte, cuja localização se resume na planta seguinte:

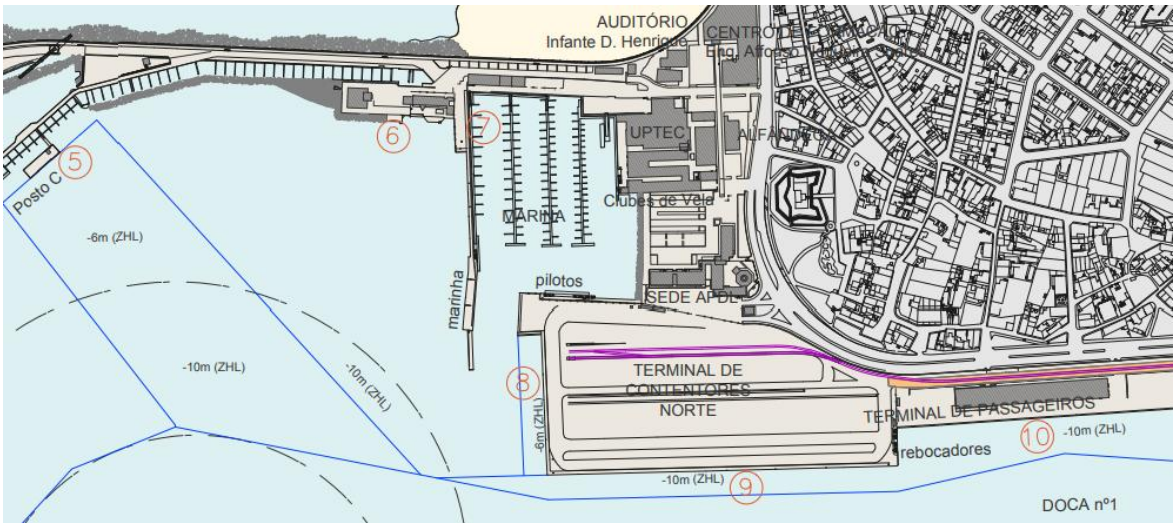


Figura 8 – Localização das Infraestruturas nas Zonas em Estudo (APDL)

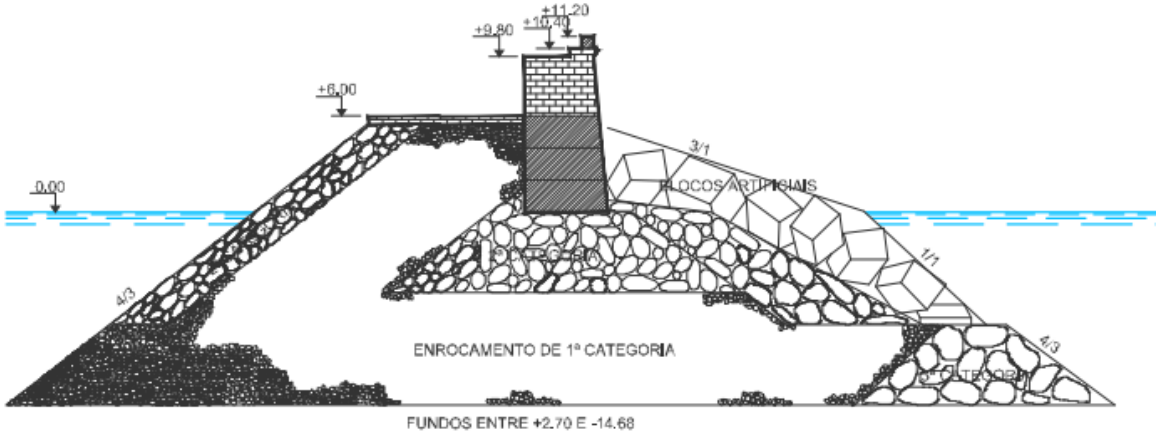


Figura 9 – Perfil Transversal Molhe Norte (APDL)

Segundo os elementos disponibilizados pela APDL relativos às características das estruturas existente, que se presumem encontrar referenciados a ZHL, o intradorso do molhe Norte é composto por um talude em enrocamentos a 4:3 (H:V), com a plataforma de circulação à cota + 6,00 m (ZHL), tendo fundação a cotas variáveis, com valor máximo +2,70 m (ZHL) nesta zona do enraizamento do molhe, onde o molhe foi construído sobre os leixões rochosos, conforme se observa na parte inicial do friso da evolução do Porto de Leixões.

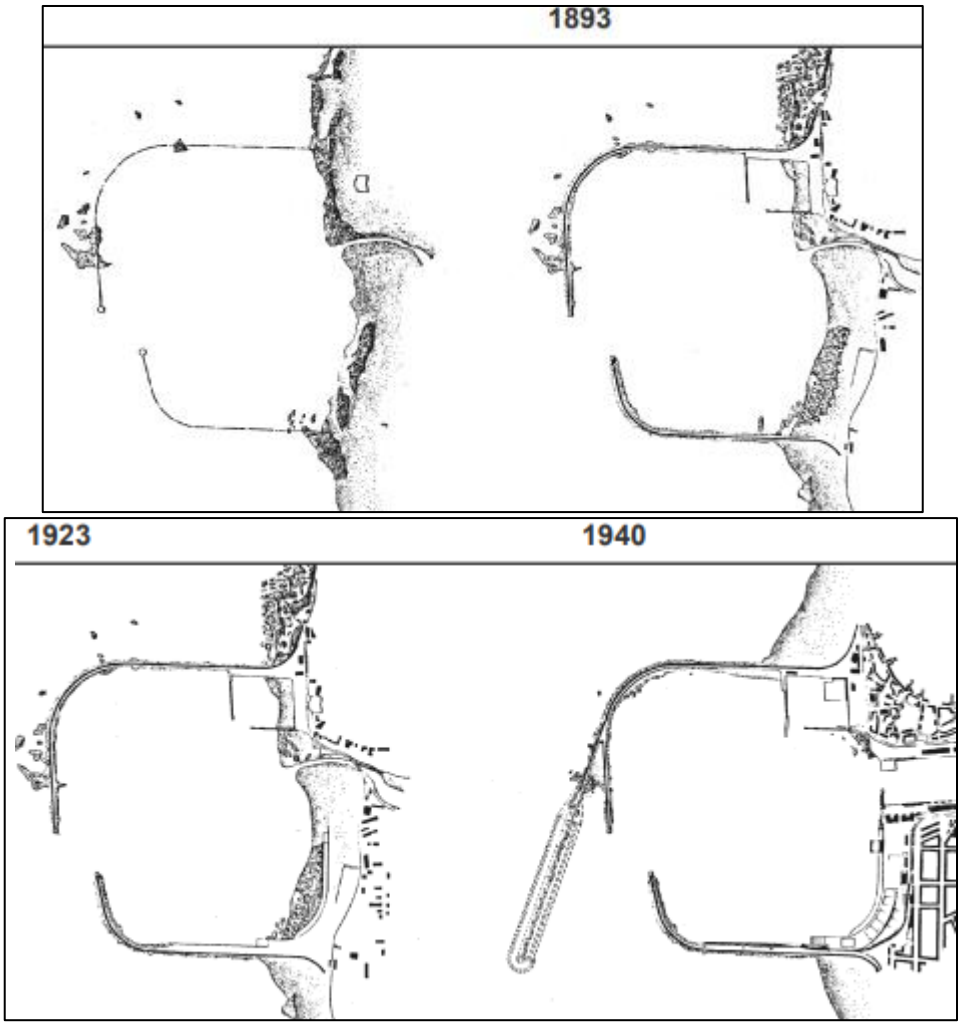


Figura 10 – Origem da Construção do Molhe Norte de Leixões (APDL)

No conjunto de estruturas na zona em estudo encontra-se o Posto C do terminal Petroleiro, caracterizado por duas estruturas de acostagem em caixotões, com fundação à cota -6 m ZHL sobre um prisma de enrocamentos com espessura total estimada em 1 m, que se encontram conectadas à plataforma de circulação do molhe Norte por estruturas metálicas fundadas em estacas tubulares seladas no fundo rochoso, conforme se apresenta nas figuras seguintes.

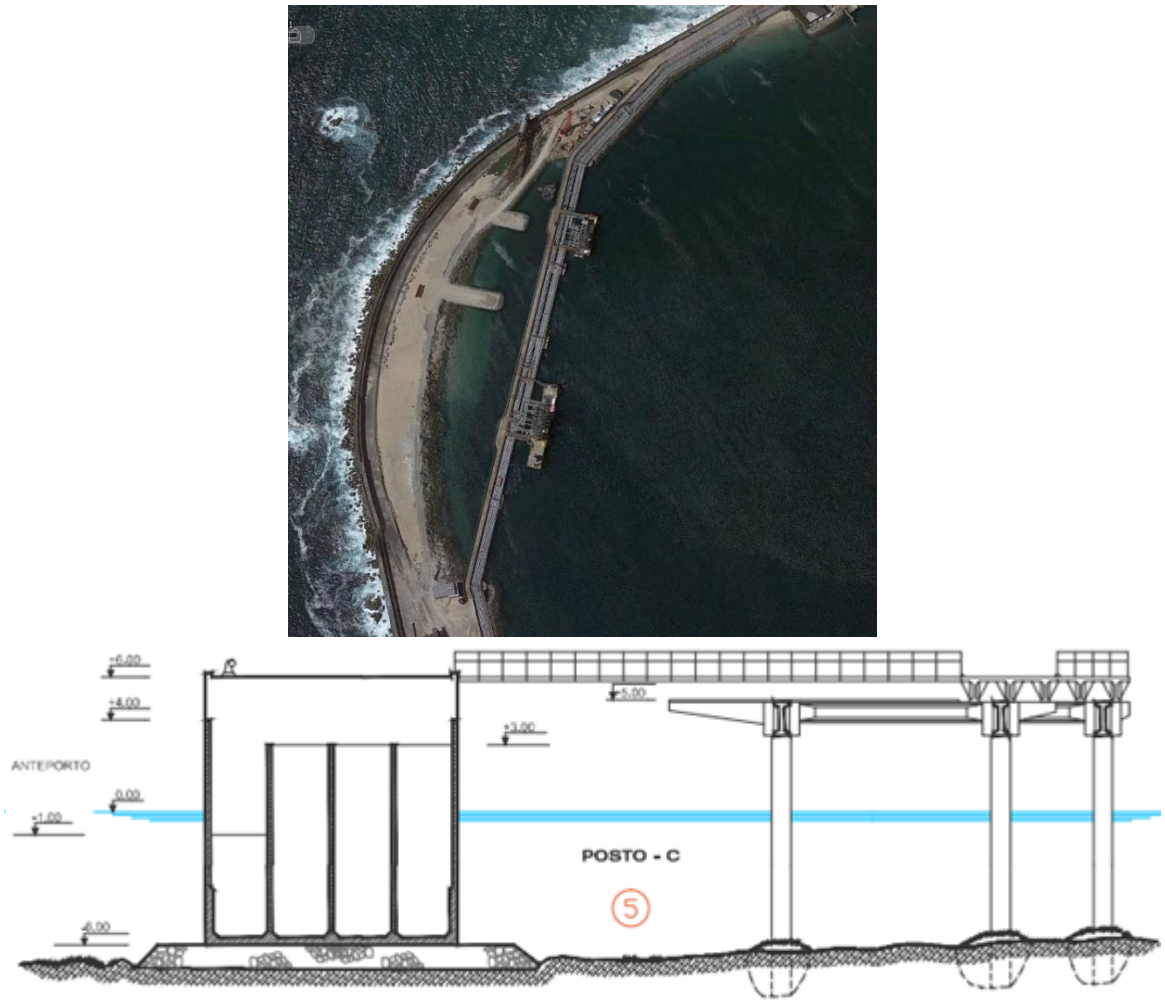


Figura 11 – Imagem Aérea e Perfil Transversal do Posto C do Terminal Petroleiro (*Google Earth* / APDL)

Apresentam-se de seguida as estruturas fixas que delimitam a Norte a bacia da Marina Porto Atlântico. A primeira destas, designada “Estaleiro para Obras” pela APDL, caracterizada por um tabuleiro de cerca de 5,15 m com topo à cota + 6,00 m ZHL, o qual se encontra apoiado sobre vigas com topo à cota + 5,00 m ZHL.

Estas vigas encastram no seu extremo interior numa estrutura de betão colocada sobre um prisma de enrocamento no seu bordo interior e, pelo seu extremo exterior, sobre uma estrutura porticada baseada em estacas tubulares seladas no fundo rochoso, cujo topo se encontra à cota -3,0 m ZHL (fundos comuns à fundação do prisma de enrocamento pelo interior).

A segunda destas estruturas consiste na parte fixa da estrutura de abrigo da Marina Porto Atlântico, que se caracteriza por uma estrutura vertical composta com cerca de 65 m de comprimento e 15 m de largura. Esta é contida no bordo exterior por um cais de blocos de

betão fundado à cota -2,00 m ZHL sobre um prisma de enrocamentos, e pelo bordo interior por um muro composto pelo que parecem ser aduelas fundadas sobre uma base em blocos de betão empilhados.

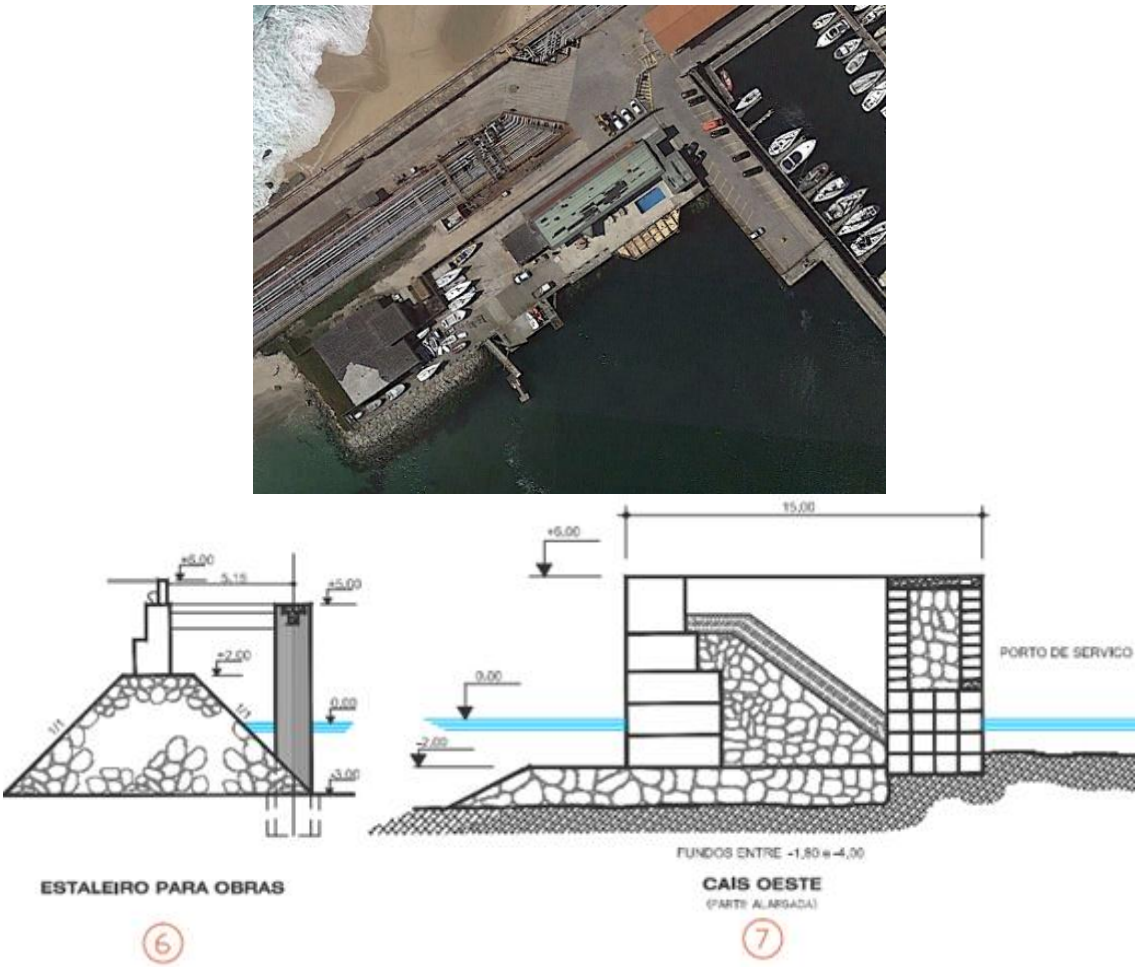


Figura 12 – Imagem Aérea e Perfis Transversais das Estruturas a Norte da Marina (*Google Earth* / APDL)

Por fim, apresentam-se os perfis transversais dos cais de blocos de betão que definem o perímetro de contenção a Oeste e Sul do terrapleno do atual Terminal de Contentores Norte e da Doca 1 Norte. Estes cais têm fundos respetivamente de -6,0 m ZHL, -10,0 m ZHL e -12,0 m ZHL.

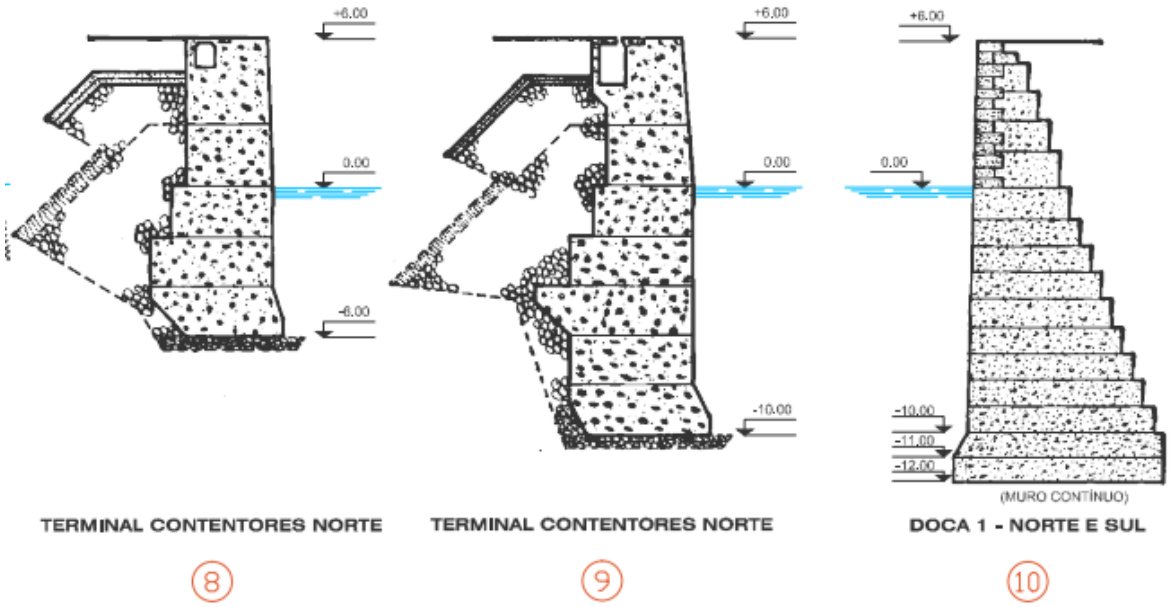


Figura 13 – Perfis Transversais dos Cais Existentes do TCN (Oeste e Sul) e da Doca 1 Norte (APDL)

5. TRÁFEGO DE CONTENTORES NO PORTO DE LEIXÕES

5.1. Infraestruturas portuárias

Atualmente o movimento de carga contentorizada no Porto de Leixões realiza-se, no essencial, em 4 infraestruturas distintas. O Terminal de Contentores Sul, o Terminal de Contentores Norte, o Terminal Multiusos que serve essencialmente navios Ro-Ro e o Terminal Ro-Ro situado sob a ponte móvel. Este último terminal regista, contudo, menor atividade desde a inauguração do Terminal Multiusos.

A figura seguinte ilustra a localização deste conjunto de infraestruturas de apoio ao tráfego de contentores.



Figura 14 – Localização das principais infraestruturas de apoio ao tráfego de contentores no Porto de Leixões

TERMINAIS DE CONTENTORES

Os dois terminais de contentores existentes no Porto de Leixões estão concessionados à empresa TCL – Terminal de Contentores de Leixões, S.A., desde dezembro de 1999 e por um período de 25 anos. Em regime de serviço público, compreende os serviços de movimentação de contentores de e para os navios atracados nos cais do terminal, as operações de tráfego, parqueamento, receção e expedição de contentores, as operações respeitantes a mercadorias transportadas em contentores (armazenagem, conferência, assistência a contentores frigoríficos e outras), bem como as diligências necessárias ao seu

desembaraço junto das entidades competentes, e as operações respeitantes a carga não contentorizada que constituam complemento da carga dos navios acostados no terminal.

- Terminal de Contentores Norte

Principais características métricas:

- Cais acostável: 360 m de comprimento;
- Fundos: -10 m (ZHL);
- Equipamentos: 2 pórticos de cais com 35/44 toneladas de capacidade e 5 pórticos de parque com 35/45 toneladas de capacidade. Dispõe também de 14 semirreboques para o transporte interno de contentores;
- Terraplenos: 6 hectares;
- Capacidade de armazenagem: 4 000 TEUs (cerca de 2 600 contentores);
- Capacidade de movimentação: 250 000 TEUs/ano (cerca de 172 800 contentores);
- Contentores frigoríficos: dotada de 96 tomadas de alimentação.

O Terminal de Contentores Norte dispõe de um cais acostável com 360 m de comprimento e fundos a -10,00 m (ZHL), para 2 a 3 postos de navios de contentores até 25 000 DWT.

	Pórtico de Cais **
Referência	POc
Quantidade	2
Localização	Terminal de Contentores Norte
Capacidade (Toneladas)	35/40
Alcance (m)	32.0
Altura de Elevação (m)	25.0
Bitola (m)	14.0

	Pórtico de Parque **		
Referência	POd	POe	POf
Quantidade	2	2	1
Localização	Terminal de Contentores Norte	Terminal de Contentores Norte	Terminal de Contentores Norte
Capacidade (Toneladas)	35	35	35
Altura de Elevação (m)	11.6	12.4	8.5
Bitola (m)	30	30.00 + (4.57)	10.0

Figura 15 – Equipamentos Associados ao TCN (APDL)

- Terminal de Contentores Sul

Principais características métricas:

- Cais acostável: 540 m de comprimento;

- Fundos: -12 m (ZHL);
- Equipamentos: 4 pórticos de cais dos quais 2 de 40/80, 1 de 40/68 e 1 de 35/45 toneladas de capacidade; 8 pórticos de parque dos quais 4 de 35/45 toneladas e 4 de 35/50 toneladas; 4 *reach-stackers* e 6 empilhadores frontais. Dispõe também de 22 semirreboques para o transporte interno de contentores;
- Terraplenos: 16 hectares;
- Capacidade de armazenagem: 15 000 TEUs (cerca de 10 000 contentores);
- Capacidade de movimentação: 350 000 TEUs/ano (cerca de 226 000 contentores);
- Contentores frigoríficos: dotado de 310 tomadas de alimentação.



Figura 16 – Panorâmica do Terminal de Contentores Sul (APDL)

- **TERMINAL RO-RO**

O Terminal Roll-On / Roll-Off está localizado na Doca 1 Norte, junto da ponte móvel, que dispões de fundos a -10 m oferecendo serviços de embarque e desembarque de carga rolante no Porto de Leixões. Este terminal apresenta as condições adequadas para a acostagem de navios Ro-Ro com porta à popa dispondo de uma plataforma fixa incorporada no cais com um comprimento de 21 m. A capacidade máxima de carga deste terminal é de 80 toneladas e de 24 toneladas por eixo.

- <u>Doca 1 Norte</u>

Principais características métricas:

- Fundos: -10 m (ZHL);
- Plataforma fixa: comprimento de 21 m; largura máxima de 22 m e mínima de 11 m com inclinação de 7,7%;
- Carga: veículos ligeiros e equipamento pesado (camiões e trailers);
- Área de parqueamento para 100 trailers.

- **TERMINAL MULTIUSOS**

O Terminal Multiusos destina-se essencialmente ao TMCD (Transporte Marítimo de Curta Distância), quer para Ro-Ro quer para Lo-Lo[2], potenciando o desenvolvimento das Autoestradas do Mar a partir de Leixões. Dispõe para tal de uma área de terrapleno com cerca de 8 ha e de um cais de 270 m situado intradorso do Molhe Sul do Porto de Leixões, dotado de rampa Ro-Ro e fundos a -10 m. Dispõe ainda de um cais perpendicular ao Molhe Sul com 155 m de comprimento e fundos a -10 m, e de um outro cais com 55 m de comprimento.

Principais características métricas:

- Fundos: -10 m (ZHL);
- Terrapleno de 8 ha;
- Cais acostáveis: de 270 m e outro perpendicular de 155 m de comprimento;
- Rampa Ro-Ro com 26 m de largura;
- Capacidade para movimentação de equipamento até 360 toneladas.

5.2. Evolução do tráfego de mercadorias

A análise da evolução do tráfego de mercadorias no Porto de Leixões, em peso, desde 1990, evidencia a importância do crescimento do conjunto carga contentorizada e Ro-Ro face aos restantes tipos de carga (carga geral fracionada, granéis sólidos e granéis líquidos).

Verifica-se, a nível da distribuição por tipos de carga, que a carga contentorizada movimentada (excluindo carga Ro-Ro) representava em 1990 cerca de 1,5 milhões de toneladas para em 2022 passar a representar cerca de 7 milhões de toneladas, a que corresponde uma variação muito significativa, cerca de 371%.

Também a carga Ro-Ro movimentada no Porto de Leixões experimentou nos últimos anos um crescimento muito expressivo, pese embora represente um volume bem menor que a carga contentorizada associada a navios porta-contentores.

Ao longo deste período os restantes tipos de cargas evoluíram de forma diversa. Os granéis sólidos apresentaram uma variação com alguma expressão, cerca de 81%. A carga geral fracionada teve uma redução de 29%, e os granéis líquidos a maior queda, cerca de 68%, mas que se justifica com o desmantelamento da Refinaria de Matosinhos, funcionando hoje o terminal petroleiro apenas com produtos refinados e gases (Gráfico 1).

[2] Lift-on / lift-off

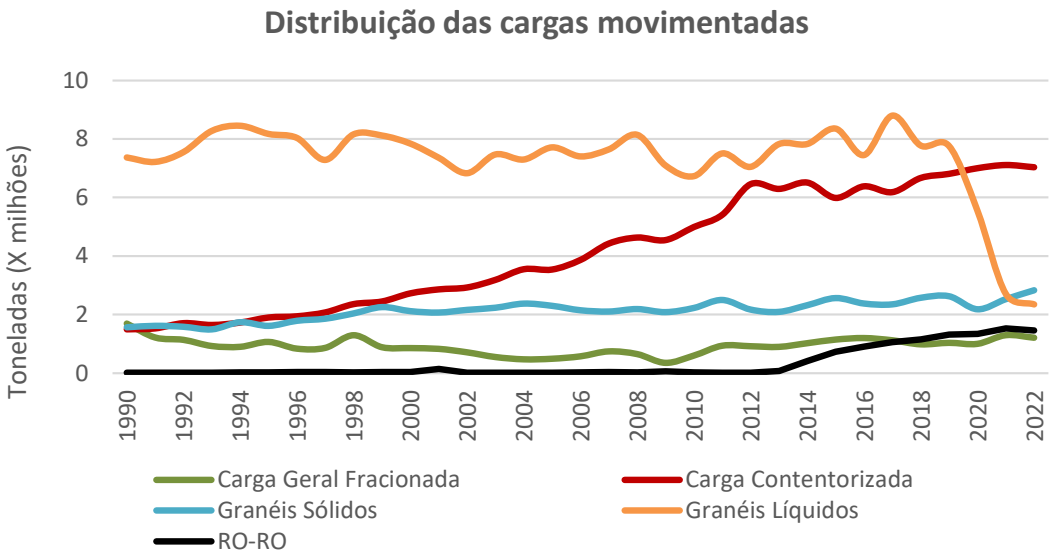


Gráfico 1 – Evolução dos diferentes tipos de cargas movimentadas no Porto de Leixões (Fonte: APDL)

Por outro lado, analisando no mesmo período a evolução da estrutura da carga movimentada, constata-se que a carga contentorizada aumentou a sua quota de cerca de 12% para uns expressivos 47%. Se se incluir também os contentores movimentados em modo Ro-Ro, então a diferença é de 12% para 57% (Gráfico 2).

Este cenário evidencia claramente a importância crescente que a movimentação de contentores assume atualmente no Porto de Leixões. De salientar ainda que o período da pandemia da doença Covid19 praticamente não se fez sentir no movimento de carga contentorizada, evidenciando tratar-se, de uma forma geral, de mercadorias fundamentais para o funcionamento da economia.

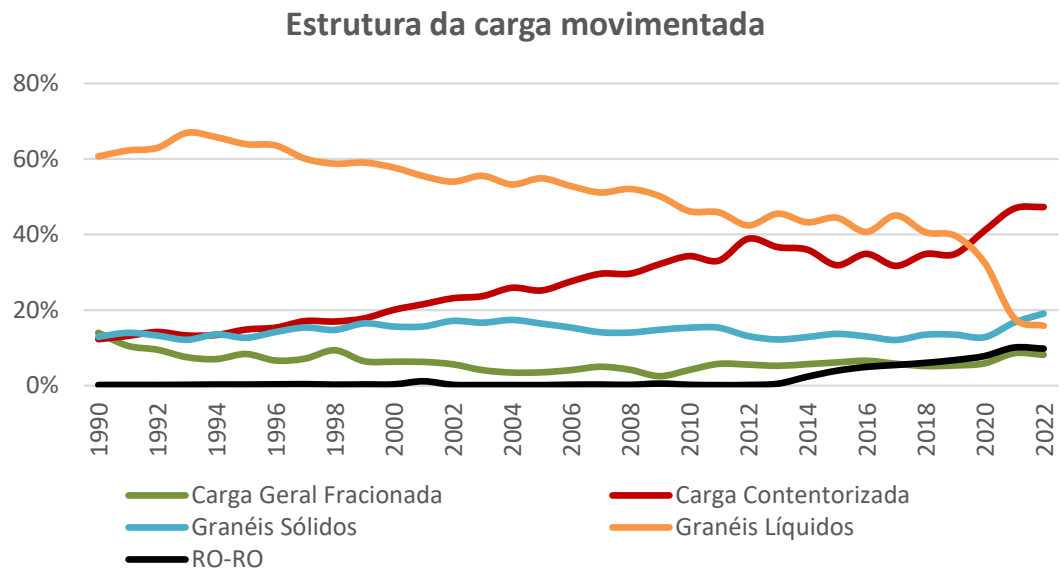


Gráfico 2 – Evolução da estrutura da carga movimentada no Porto de Leixões (Fonte: APDL)

No essencial assiste-se ao longo dos últimos anos a uma mudança de paradigma em que, fruto do aprofundamento da globalização e da contentorização de mercadorias, bem como da melhoria da oferta de serviços portuários, emerge e consolida-se no Porto de Leixões a função complementar de plataforma intermodal e logística, transformando-se num centro de transporte integrado e numa plataforma para o comércio internacional, servindo, essencialmente, as Regiões Norte e Centro.

Com efeito, a criação da Plataforma Logística do Porto de Leixões, constituída por 2 polos logísticos (Gonçalves e Gatões-Guifões), localizados na envolvente do Porto de Leixões (Concelho de Matosinhos), está a permitir o desenvolvimento de zonas de armazenagem e distribuição onde os lotes de mercadorias são objeto de ações de agrupamento, de repartição e de pequenas transformações, possibilitando adicionar valor às mercadorias e constituir um meio de fidelizar e captar tráfegos.

5.3. Evolução do tráfego de contentores

O tráfego de contentores no Porto de Leixões é uma atividade que tem vindo a adquirir importância crescente, refletindo a forte dinâmica da atividade industrial na Região Norte, mas também na Região Centro.

Ao longo das últimas três décadas verifica-se que o movimento de carga contentorizada quase que quintuplicou neste porto, passando de cerca de 148 mil TEUs em 1990 para cerca de 713 mil TEUs em 2022 (Gráfico 3).

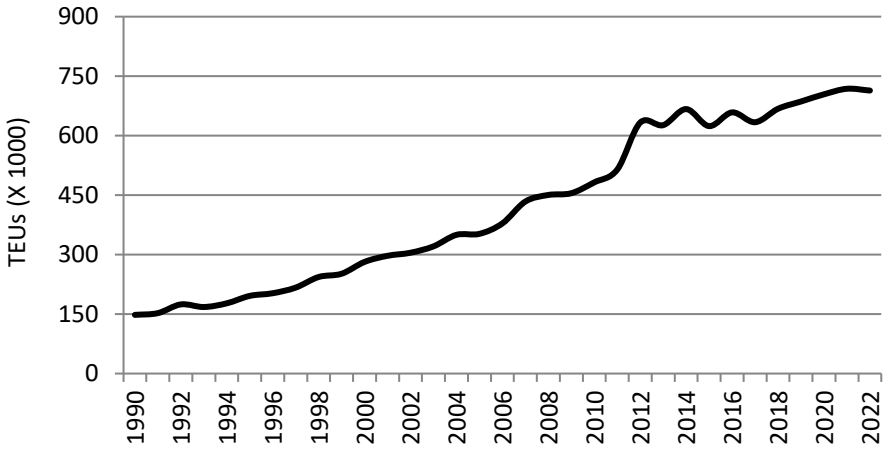


Gráfico 3 – Evolução do movimento de contentores no Porto de Leixões (Fonte: APDL)

Esta evolução está em linha com a emergência a nível global da contentorização de mercadorias, que por sua vez tem conduzido não só ao crescimento da frota de porta-contentores, mas também ao aumento da dimensão deste tipo de navios, obrigando à reestruturação e modernização das infraestruturas portuárias um pouco por todo o mundo.

Não menos relevante é a evolução da taxa de contentorização da carga, indicador de modernidade da operação portuária em portos comerciais cuja carga é movimentada com recurso a equipamento especializado com grande produtividade. Com efeito, a taxa de contentorização da carga movimentada no Porto de Leixões em 1990 situava-se nos 47%, para nos últimos cinco anos se situar na ordem dos 88%, situação que ilustra o empenho da Comunidade Portuária de Leixões em acompanhar a tendência geral.

Por outro lado, assiste-se a um crescimento exponencial do tráfego de contentores, e outra carga, em sistema de transporte Ro-Ro no Porto de Leixões. A tal não é alheio o facto da APDL ter tomado a decisão de investir neste sistema específico de transporte, verificando-se ter sido uma aposta bem-sucedida pela forma como o mercado respondeu após a inauguração em 2012 do terrapleno do Terminal Multiusos, dotado de rampa Ro-Ro, dedicado ao movimento da larga maioria da carga rolada neste porto.

Assim, em pouco mais de três anos passaram a ser movimentados no Terminal Multiusos uma cifra superior a 50 mil TEUs anualmente, representando mais de 600 mil toneladas de carga, sendo que em 2022 foi de cerca de 68 mil TEUs, representando cerca de 745 mil toneladas (Gráfico 4).

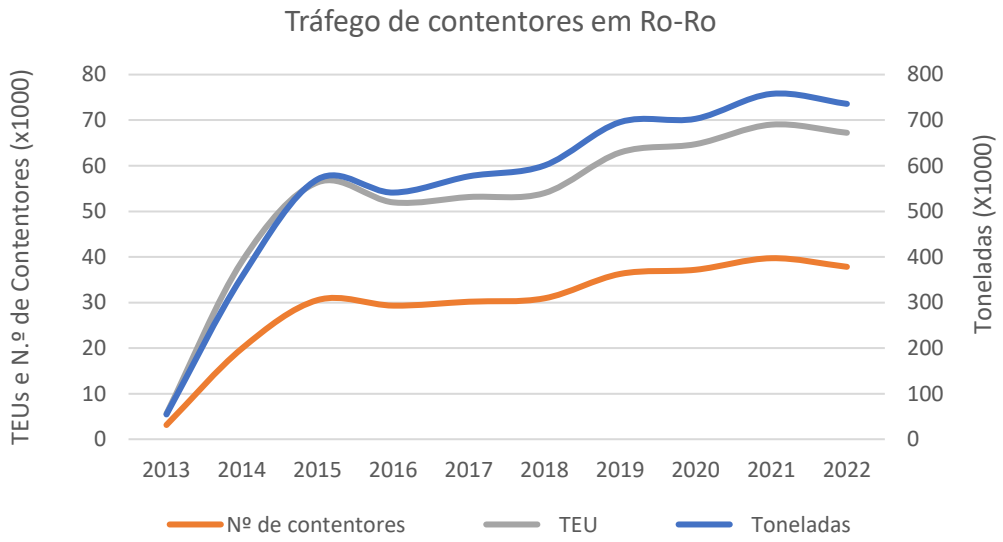


Gráfico 4 – Evolução do movimento de contentores em sistema Ro-Ro no Porto de Leixões (Fonte: APDL)

A estabilização em torno de 65 a 70 mil TEUs/ano leva a admitir que tenha sido atingido o limiar de capacidade do Terminal Multiusos para servir este tráfego específico, estando provavelmente relacionado com o espaço de terrapleno disponível para depósito de contentores, mas também com o tempo de rotação dos contentores armazenados no terrapleno. Aliás, esta mesma situação já se verifica desde 2012 nos dois terminais de contentores (Norte Sul), ainda que a ocupação de cais pelos navios não tenha atingido um ponto de saturação.

5.4. Outros indicadores do tráfego de contentores

Nesta análise teve-se em consideração informação estatística mais detalhada e sistematizada, disponibilizada pela APDL desde 2009 e, nalguns casos, desde 2013.

Pretende-se conhecer a dinâmica e tendência geral que se verifica neste tipo específico de carga movimentada no Porto de Leixões, designadamente a nível da relação entre mercadoria carregada/descarregada, contentores vazios/cheios, dimensão dos contentores e ainda, na secção seguinte, aspetos operacionais relativos ao movimento e ocupação dos postos de acostagem e ao tempo de rotação dos navios de contentores.

Desde 2012 o tráfego de contentores, em número, estabilizou em valores em torno das 410 mil unidades, apresentando oscilações interanuais pouco significativas. Por outro lado, em TEUs, assiste-se a um ligeiro incremento naquele mesmo período, evidenciando existir uma troca de contentores de menor dimensão (<40') por contentores de maior dimensão (≥40'),

ainda que pouco significativa. Também, em peso, se assiste a uma ligeira tendência de crescimento, denotando um maior aproveitamento do espaço dos contentores para acomodar a carga e/ou carga mais pesada (Gráfico 5).

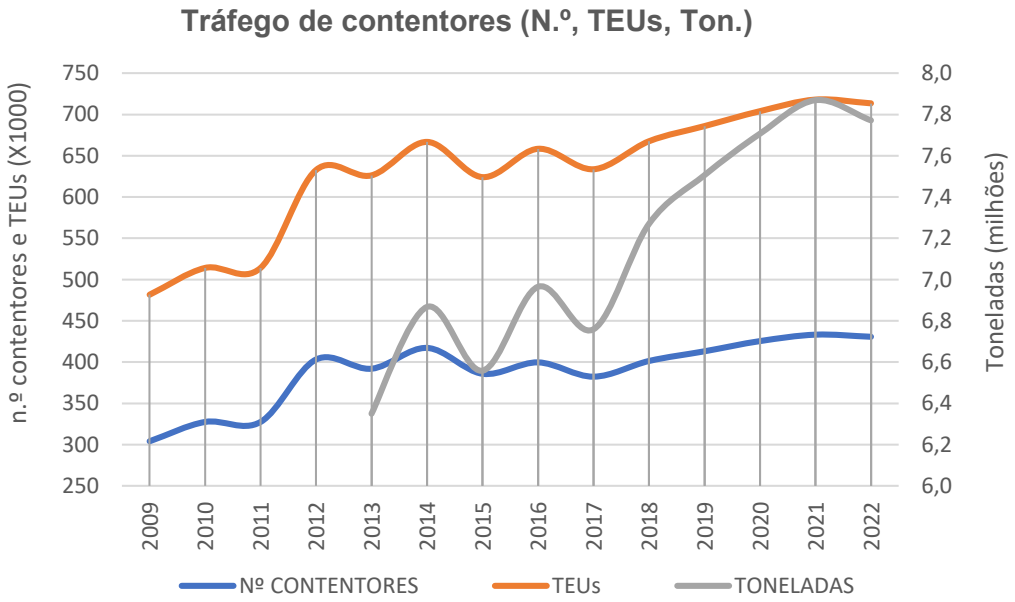


Gráfico 5 – Evolução do tráfego de contentores no Porto de Leixões e, n.º, TEUs e tonelagem (Fonte: APDL)

Neste último aspeto, ao desdobrar o tráfego de contentores por movimento de carga e descarga, verifica-se a partir de 2017 existir um nível mais elevado de otimização da ocupação dos contentores carregados face aos descarregados (Gráfico 6).

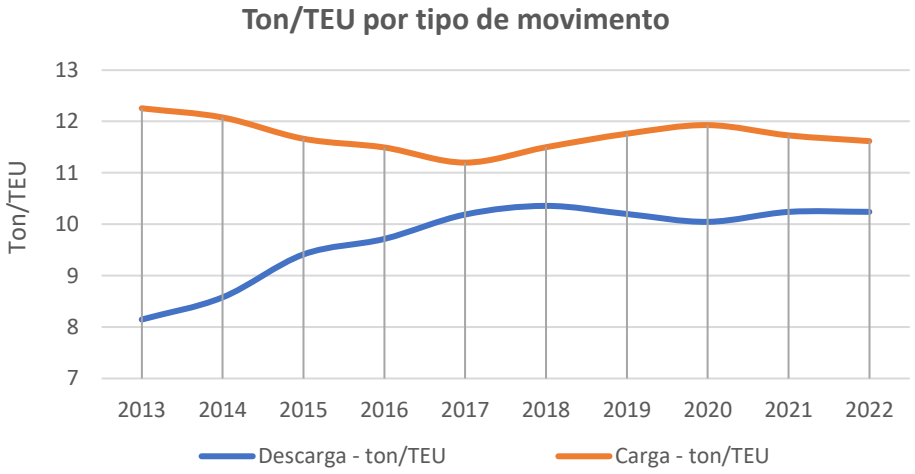


Gráfico 6 – Evolução do peso por TEU no Porto de Leixões por tipo de movimento (Fonte: APDL)

No entanto, esta situação pode apenas traduzir tratar-se de uma tendência para a exportação/saída de mercadorias de menor peso por unidade de volume, ou ainda alterações no balanço entre contentores cheios e vazios movimentados, aspeto analisado mais à frente neste relatório.

De qualquer modo, constata-se existir uma tendência de convergência do peso por TEU entre contentores carregados e descarregados.

No que respeita ao balanço entre carga e descarga de contentores verifica-se, para o indicador peso, até 2016 um domínio claro dos contentores carregados (exportação/saída) face aos descarregados (importação/entrada). A partir de 2017 assiste-se a um maior equilíbrio entre carga e descarga (Gráfico 7). Aliás, em peso, é a entrada de contentores que sustenta o crescimento do tráfego de contentores.

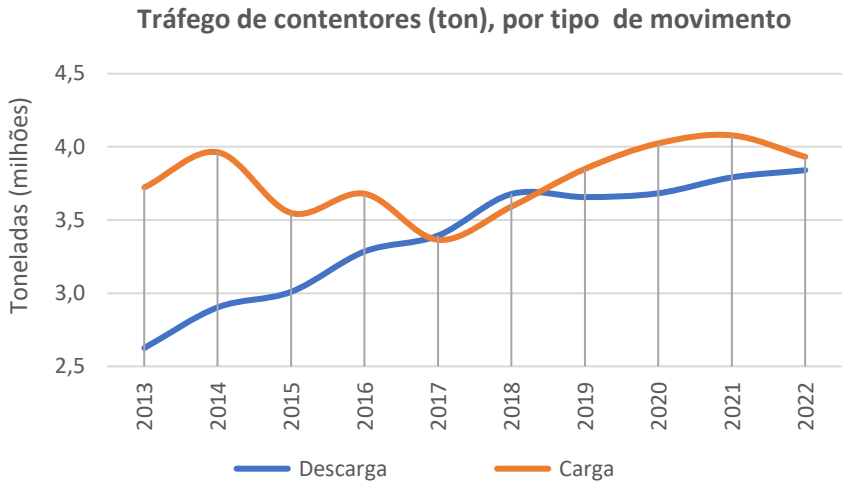


Gráfico 7 – Evolução do tráfego de contentores no Porto de Leixões, em toneladas, por tipo de movimento (Fonte: APDL)

Para o indicador TEUs verifica-se que a descarga tem sido superior à carga com uma diferença de cerca de 10% (Gráfico 8).

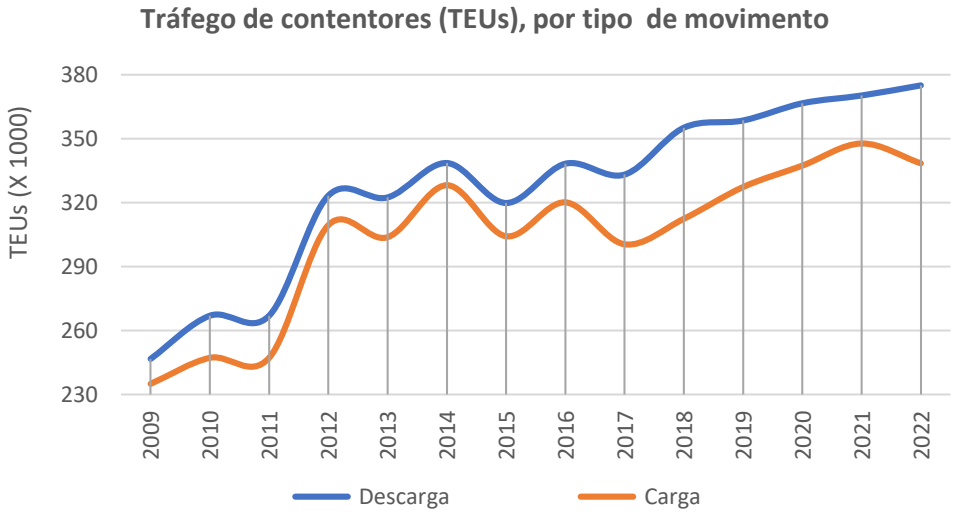


Gráfico 8 – Evolução do tráfego de contentores no Porto de Leixões, em TEUs, por tipo de movimento (Fonte: APDL)

O balanço do tráfego entre contentores cheios e vazios tende claramente para o domínio dos contentores cheios, que representam cerca de 78% dos contentores movimentados no Porto de Leixões e, apresentando uma tendência ligeira de crescimento (Gráfico 9). Este facto é ilustrativo de o Porto de Leixões servir uma região com importante dinamismo económico nas trocas com o exterior.

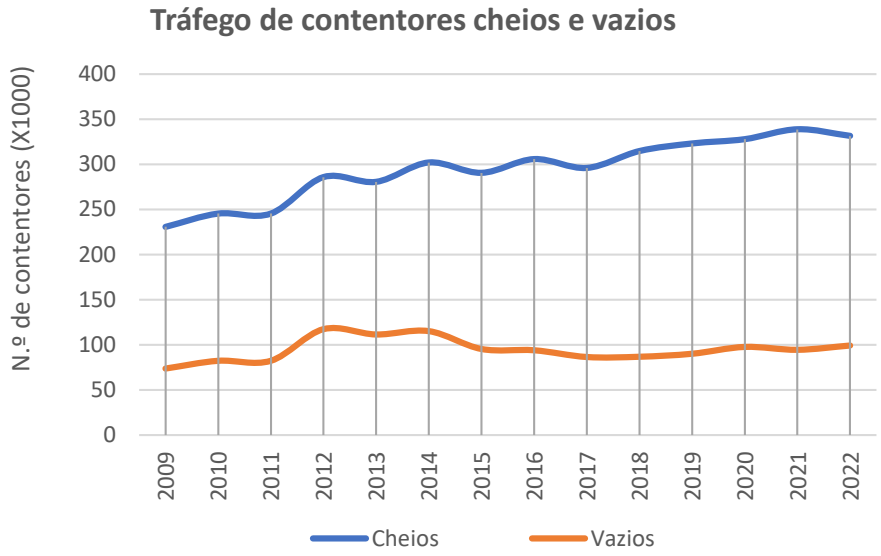


Gráfico 9 – Evolução do tráfego de contentores cheios e vazios no Porto de Leixões (Fonte: APDL)

Desdobrando o tráfego em carga e descarga sobressai o movimento de descarga que apresenta mais contentores vazios, cerca de 31%, contra 13% no movimento de carga, nos últimos anos. Esta facto ilustra bem a vertente exportadora do Porto de Leixões, determinada pelo tráfego com países exteriores à UE (Gráfico 10).

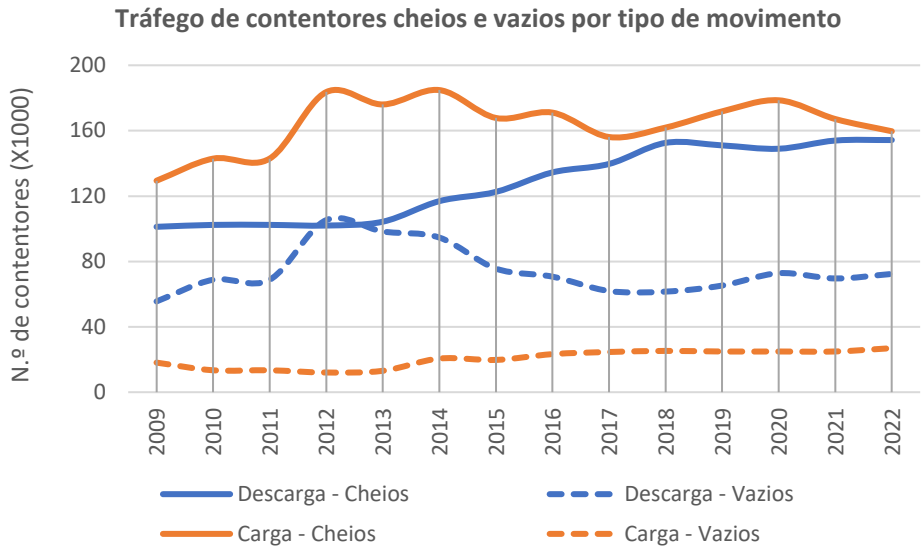


Gráfico 10 – Evolução do tráfego de contentores cheios e vazios, por movimento, no Porto de Leixões (Fonte: APDL)

Nos últimos anos assiste-se também no Porto de Leixões a um crescimento dos contentores de maior dimensão (40') e à redução dos de menor dimensão (20') (Gráfico 11).

São ainda movimentados contentores de outros formatos, designadamente com dimensão entre 20' e 40', que representam cerca de 2,5% do total de contentores movimentados, e contentores >40', que representam cerca de 10% do total. Nesta análise, os primeiros (>20' e <40') foram integrados no conjunto dos contentores de 20' e os maiores (>40') no conjunto dos contentores de 40'.

A relação de contentores 40'/20' apresenta uma ligeira tendência de crescimento com um índice em torno de 1,7.

Esta situação concorre para otimizar o tráfego de mercadoria contentorizada, configurando assim vantagem nos tempos de carga/descarga e no transporte terrestre. À medida que o tráfego total de contentores aumente, conforme previsto, consolidar-se-á a tendência de incremento da relação de contentores 40'/20'.

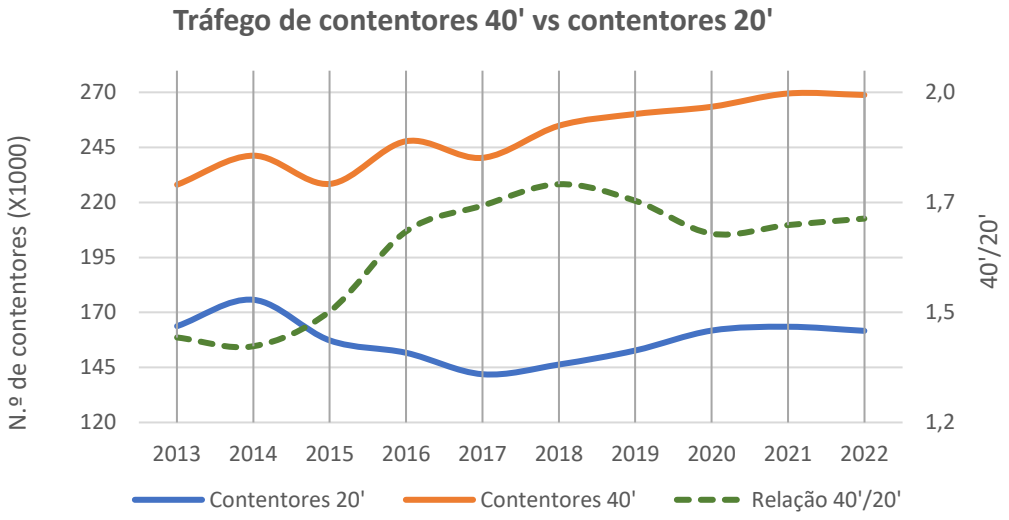


Gráfico 11 – Evolução do tráfego de contentores de 20' e 40' no Porto de Leixões (Fonte: APDL)

Tráfego de contentores nos terminais especializados

O Terminal de Contentores Norte e o Terminal de Contentores Sul são responsáveis pela larga maioria do tráfego de contentores no Porto de Leixões, cerca de 91%, conforme indicado no **Quadro 1**.

O tráfego remanescente emergiu com a entrada em funcionamento do Terminal Multiusos, onde opera o tráfego Ro-Ro, estabilizando em cerca de 9% do tráfego de contentores neste porto.

Quadro 1 - Evolução percentual do n.º de contentores movimentado nos terminais de contentores Norte e Sul relativamente ao conjunto do Porto de Leixões

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
99%	95%	92%	92%	92%	92%	91%	91%	91%	91%

Fonte: APDL

Por outro lado, analisando a relação entre os dois terminais especializados na movimentação de contentores, verifica-se que o Terminal de Contentores Sul movimenta cerca de 76% do total de contentores movimentado naqueles dois terminais (**Quadro 2**).

Quadro 2 - Evolução da distribuição percentual do n.º de contentores movimentado nos terminais de contentores Norte e Sul do Porto de Leixões

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
T.C. Norte	24%	22%	23%	25%	26%	26%	27%	24%	24%	22%
T.C. Sul	76%	78%	77%	75%	74%	74%	73%	76%	76%	78%

Fonte: APDL

Não foi possível apurar o número de contentores frigorífico (*reefer*) movimentados no porto de Leixões.

5.5. Origem e destino do tráfego de contentores

O tráfego de contentores, em tonelagem, tem maioritariamente como origem e destino a União Europeia, território que representa cerca de 50% do volume total movimentado no Porto de Leixões. Segue-se-lhe as regiões extra U.E., com cerca de 30% e, por último, o Continente e as Regiões Autónomas com cerca de 20% (Gráfico 12).

A estrutura deste tráfego apresenta uma evolução relativamente constante ao longo dos últimos 10 anos.

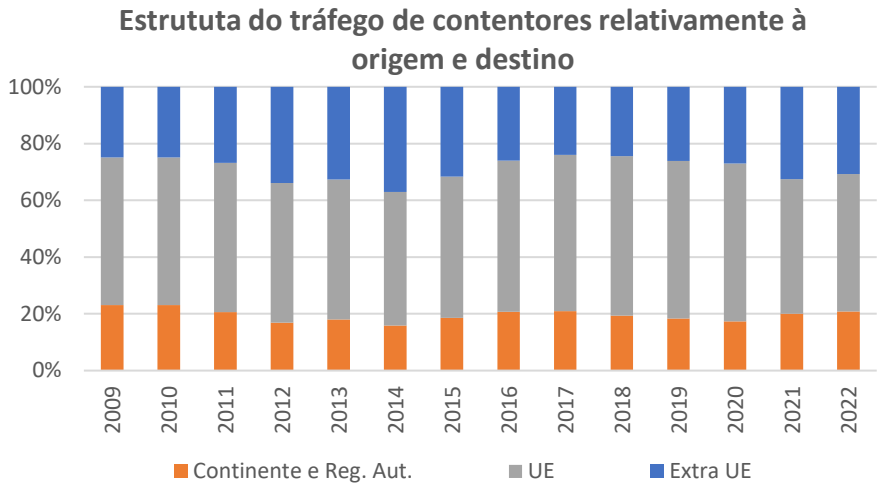


Gráfico 12 – Evolução da estrutura do tráfego de contentores por destino e origem no Porto de Leixões (Fonte: APDL)

No que respeita à evolução do volume do tráfego de contentores constata-se existir uma tendência crescente nos movimentos para a União Europeia, uma certa constância para os movimentos Continente e Regiões Autónomas, e alguma oscilação nos movimentos para o exterior da UE (Gráfico 13).

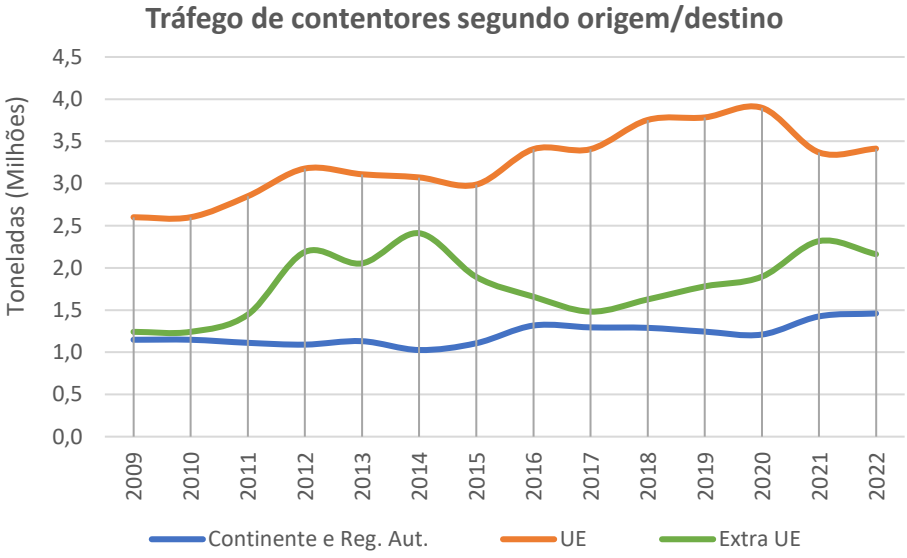


Gráfico 13 – Evolução do tráfego de contentores por destino e origem no Porto de Leixões (Fonte: APDL)

Por tipo de movimento regista-se ligeiro domínio da carga relativamente à descarga para a origem/destino Continente e Regiões Autónomas, embora a partir de 2019 se registe uma inversão passando a descarga a dominar; um domínio forte da carga relativamente à descarga

para a origem/destino Extra U.E., e um domínio crescente do movimento descarga relativamente à carga para a origem/destino U.E. (Gráfico 14 a Gráfico 16).

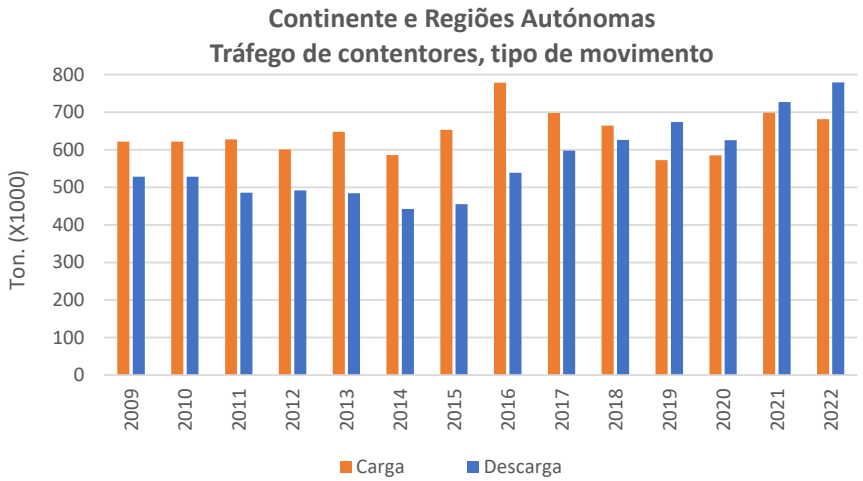


Gráfico 14 – Evolução do tráfego de contentores, por tipo de movimento, com origem/destino no Continente e Regiões Autónomas, no Porto de Leixões (Fonte: APDL)

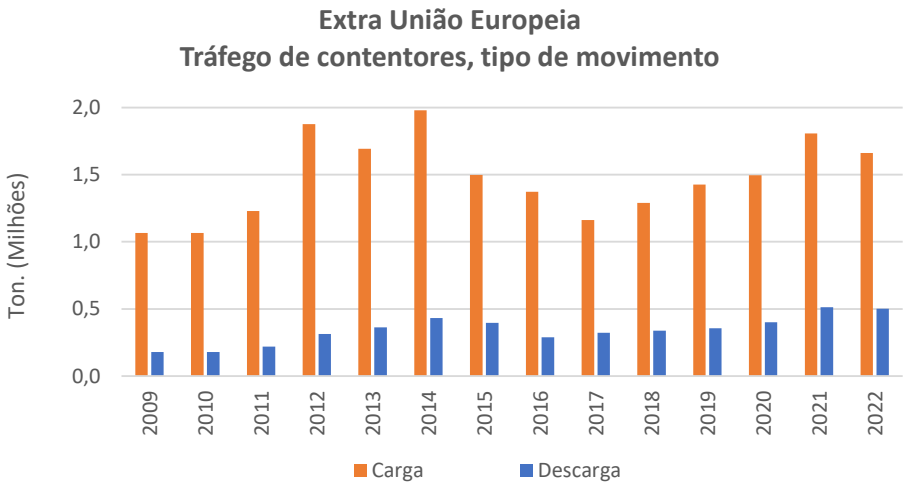


Gráfico 15 – Evolução do tráfego de contentores, por tipo de movimento, com origem/destino Extra U.E., no Porto de Leixões (Fonte: APDL)

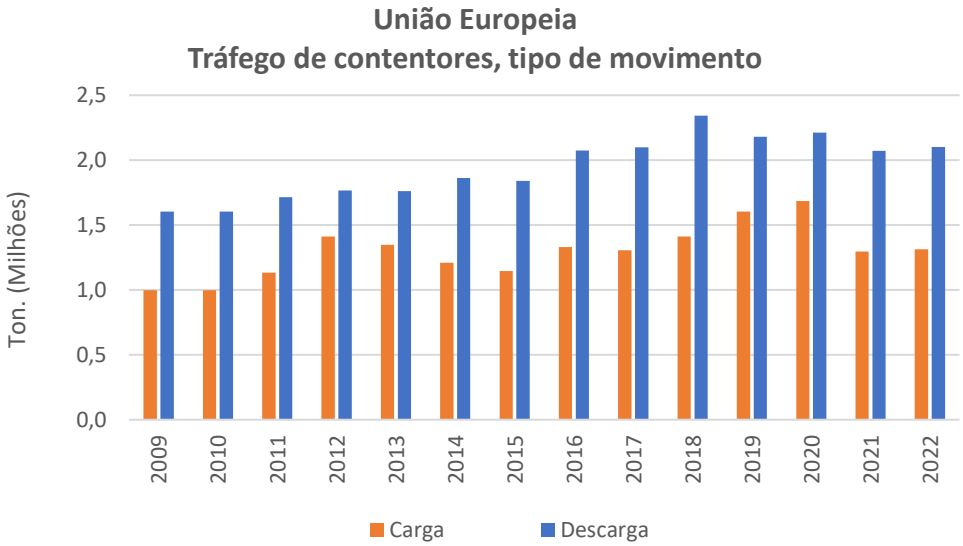


Gráfico 16 – Evolução do tráfego de contentores, por tipo de movimento, com origem/destino na U.E., no Porto de Leixões (Fonte: APDL)

5.6. Movimento por tipo de navio

O movimento de navios porta-contentores (88%) suplanta claramente o movimento de navios Ro-Ro no Porto de Leixões (Gráfico 17).

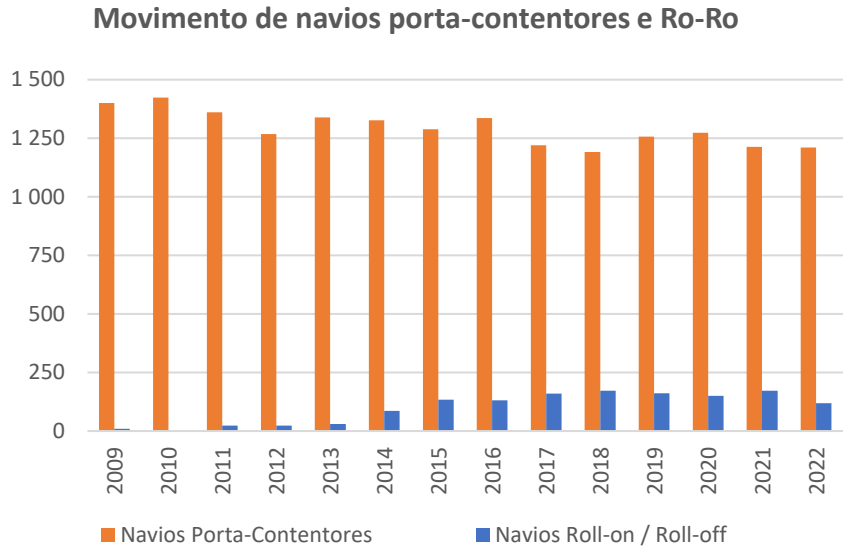


Gráfico 17 – Evolução do movimento de navios porta-contentores e Ro-Ro no Porto de Leixões (Fonte: APDL)

Ao longo do período analisado verifica-se um aumento do tráfego de contentores, mas uma redução do n.º de navios porta-contentores.

Esta redução tem vindo a ser compensada com o aumento ligeiro da arqueação bruta (*gross tonnage*), aproximadamente de 10 000 para 11 000, dos navios porta-contentores, fenómeno que se tem vindo a verificar na maior parte dos portos que movimentam mais contentores (Gráfico 18).

No caso do Porto de Leixões esta tendência ainda não se intensificou mais porque existem limitações físicas que impedem a escala de navios porta-contentores de maior dimensão.

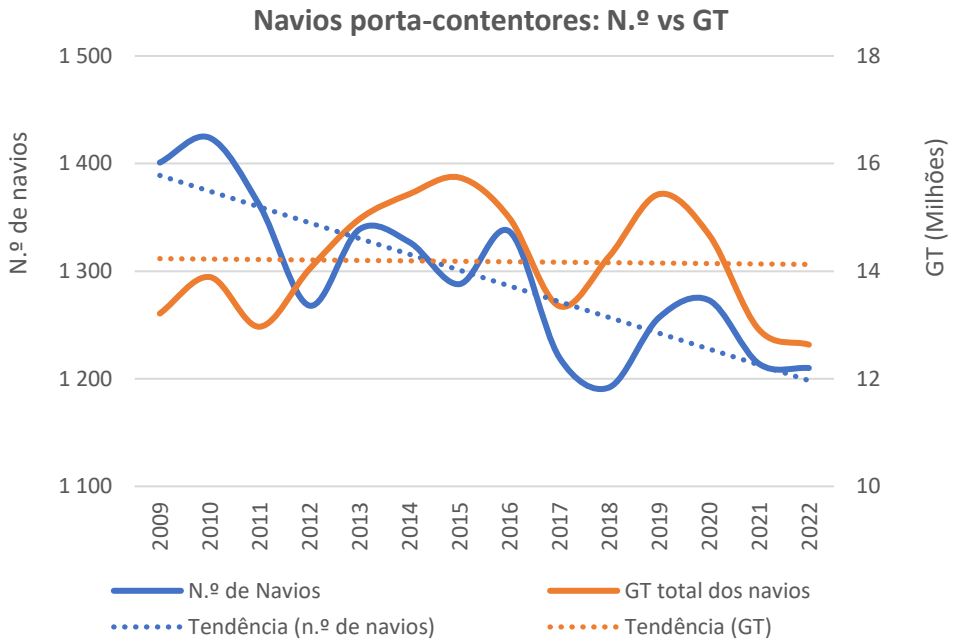


Gráfico 18 – Evolução da relação entre o n.º de navios porta-contentores e a respetiva arqueação bruta no Porto de Leixões (Fonte: APDL)

5.7. Alguns indicadores de serviço nos Terminais de Contentores Norte e Sul

A atividade de carga/descarga dos navios de contentores desenvolvida nos dois terminais especializados (Norte e Sul) no Porto de Leixões encontra-se desde o ano 2012 próximo do limiar de capacidade.

Para além dos parques de contentores existentes nos terraplenos portuários se encontrarem quase sempre repletos de contentores, também os cais estão quase em permanência ocupados por navios porta-contentores em operação de carga/descarga de contentores.

De facto, atendendo às taxas de ocupação do conjunto dos postos de acostagem expressos no Quadro 3, situação ainda agravada pelo elevado tempo de espera dos navios face à duração do tempo registado de acostagem para realizar a operação de carga/descarga, verificam-se, de acordo com as referências da bibliografia da especialidade, valores que colocam os dois terminais de contentores em condição de saturação.

Ainda a partir da informação estatística constante do Quadro 3 é possível extrair a partida média por navio, i.e., o n.º de contentores movimentados, em termos médios, por posto de acostagem e por navio, inferindo-se com base neste indicador produtividades relativamente elevadas no que respeita à média de TEUs movimentados por navio e por hora, um nível de produtividade que supera outros terminais com caraterísticas semelhantes aos de Leixões (Quadro 4).

A tendência de aumento de produtividade, designadamente em TEUs movimentados por navio e por hora, está também associada ao aumento da arqueação bruta (GT), ainda que ligeira, dos navios porta-contentores, permitindo ganhos de eficiência.

Esta constatação, associada às elevadas taxas de ocupação dos cais/postos, vem confirmar que os terminais de contentores de Leixões estão a operar no limite, justificando a criação do Novo Terminal de Leixões uma vez ser assumido que a tendência futura aponta para o crescimento do tráfego de contentores em Leixões, tal como nos restantes portos nacionais, e à qual é necessário dar resposta efetiva.

Quadro 3 - Principais indicadores de serviço nos terminais de contentores norte e sul

Ano	Nº Postos acostagem	Nº navios	Movimento nos postos de acostagem				Ocupação dos postos de acostagem		Tempo de rotação dos navios		
			Tonelagem movimentada		Nº contentores movimentados p/ posto acostagem	R N/P	Taxa bruta de ocupação	% horas ocup p/ motivos diversos	Tempo espera (h/navio)	Tempo acostagem (h/navio)	Tempo total (h/navio)
			por posto de acostagem	por metro de cais							
2010	5	1.439	1.003.367	5.574	60.957	0,75	0,54	0,0000	5,6	16,3	21,9
2011	5	1.403	1.084.217	6.023	65.311	0,76	0,51	0,0007	5,9	16,2	22,2
2012	5	1.288	1.291.270	7.174	80.068	0,80	0,56	0,0036	12,7	19,1	31,8
2013	5	1.358	1.262.401	7.013	77.417	0,81	0,49	0,0017	8,5	15,9	24,4
2014	5	1.362	1.305.697	7.254	79.295	0,82	0,50	0,0011	7,1	16,0	23,0
2015	5	1.340	1.201.227	6.673	70.900	0,83	0,43	0,0007	4,6	14,2	18,8
2016	5	1.259	1.189.650	6.609	67.650	0,81	0,47	0,0009	6,1	14,9	21,0
2017	5	1.267	1.240.714	6.893	70.266	0,80	0,49	0,0002	5,5	17,1	22,6
2018	5	1.231	1.332.896	7.405	73.782	0,83	0,55	0,0095	9,5	19,6	29,1
2019	5	1 290	1 369 976	7 611	75 452	0,84	0,52	0,0149	6,6	17,6	24,2
2020	5	1 316	1 403 975	7 800	77 493	0,82	0,52	0,0021	7,3	17,2	24,5
2021	5	1 243	1 427 455	7 930	78 665	0,80	0,49	0,0015	6,1	17,4	23,5

Fonte: APDL

R N/P - Relação entre o comprimento médio do navio e o comprimento médio do posto de acostagem (trata-se de um indicador do comprimento médio do navio)

Quadro 4 – Indicadores de estado e produtividade nos Terminais de Contentores Norte e Sul do Porto de Leixões

Ano	Contentores movimentados (média) por navio	(1) TEUs movimentados (média) por navio	TEUs movimentados (média) por navio por hora
2010	211,8	335,3	20,5
2011	232,8	365,3	22,5
2012	310,8	487,8	25,5
2013	285,0	447,4	28,1
2014	291,1	465,1	29,2
2015	264,6	422,9	29,8
2016	268,7	434,6	29,1
2017	277,3	456,9	26,7
2018	299,7	496,7	25,3
2019	292,4	485,7	27,6
2020	294,4	487,3	28,3
2021	316,4	524,6	30,1

(1) Considerou-se a relação TEU/N.º de contentores verificada nos terminais que, consoante o ano, varia entre 1,57 e 1,66

6. CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES NATURAIS LOCAIS

6.1. Condições topo-hidrográficas

Para efeito da definição da base topo-hidrográfica para o presente estudo, recorreram-se aos seguintes elementos:

- Carta Hidrográfica 26402 “Aproximações a Leixões e à barra do Rio Douro” do Instituto Hidrográfico, à escala 1:30 000, incluindo pormenor “Porto de Leixões e Barra do Rio Douro”, à escala 1:10 000;
- Levantamento Multifeixes da envolvente exterior e interior do Porto de Leixões e Barra do Douro, realizado pelo IH entre junho e julho de 2009, à escala 1:1 500;
- Levantamento Hidrográfico da bacia portuária do Porto de Leixões e da sua envolvente externa, realizado pelo Instituto Hidrográfico entre julho e agosto de 2011, à escala 1:2 500;
- Levantamento Hidrográfico do Terminal Oceânico de Leixões – Monobóia, realizado pelo Instituto Hidrográfico entre 25 de julho e 21 de agosto de 2013, à escala 1:5 000;
- Levantamento Topo-Hidrográfico com Varrimento Laser do Manto de Proteção Exterior do Quebra-Mar de Leixões, realizado por Artescan/AtlanticLand em setembro de 2015, à escala 1:1 000;
- Levantamento Hidrográfico da Área a Sul do Porto de Leixões – Praia de Matosinhos, realizado por L.H.T. entre 18 e 21 de março de 2016, à escala 1:2 500;
- Levantamento Hidrográfico da Bacia Portuária, realizado por L.H.T. datado de maio de 2017, à escala 1:1 000;
- Levantamento Topo-Hidrográfico 3D da envolvente da Cabeça do Quebra-Mar Exterior e Faixa Interior do TPL do Porto de Leixões, realizado por Artescan em agosto de 2017, à escala 1:500;
- Telas Finais da intervenção de aprofundamento da Bacia Portuária, na forma do Levantamento Batimétrico Final de Referência – Acessibilidades Marítimas – Bacia de Manobra da “Empreitada do Prolongamento do Quebra-Mar Exterior e das Acessibilidades Marítimas, realizado pelo ACE Teixeira Duarte/DEME/Tecnovia à escala 1:1 000 e datado de Dezembro de 2022.

A faixa litoral adjacente aos molhes artificiais do Porto de Leixões corresponde a um troço costeiro praticamente retilíneo, com uma orientação geral NNO – SSE. No exterior do Porto de Leixões e ao longo da costa adjacente, os fundos são bastante irregulares devido à existência de afloramentos rochosos ou leixões.

A partir da curva batimétrica -20 m (ZHL), que passa a cerca de 700 m da cabeça do quebra-mar exterior, a batimetria passa a ser regular, com as curvas batimétricas dos -30 e -40 m (ZHL) a situarem-se a uma distância desta de cerca de, respetivamente, 4 000 e 9 000 m.

A sul da cabeça do quebra-mar exterior ocorre uma inflexão das batimétricas entre -20 e -16 m (ZHL) para o interior, o que afigura um aprofundamento na área disponível para o prolongamento do quebra-mar.

Encontra-se à data de realização do presente estudo a decorrer a empreitada de prolongamento do Quebra-Mar Exterior, já antecedida pela realização das dragagens do Anteporto, nas quais se irá prolongar esta estrutura em 300 m, segundo um alinhamento rodado em 20º para Oeste relativamente ao alinhamento da estrutura existente.

Conforme referido, decorreram em 2021/2022 os trabalhos de aprofundamento do Anteporto da Bacia Portuária, associados ao projeto de melhoria das Acessibilidades Marítimas, onde se definiram novas cotas e dimensões para o canal de acesso e bacia de manobra, das quais se destacam:

- Largura do canal na barra do porto – 240 m;
- Largura do canal à entrada do anteporto – 210 m;
- Cota do canal de acesso definida a -16,85 m (ZHL);
- Raio da bacia da manobra – 300 m;
- Cota da bacia da manobra e reentrâncias no anteporto definidas a -15,50 m (ZHL).

Apresenta-se na figura seguinte a nova configuração do Anteporto.

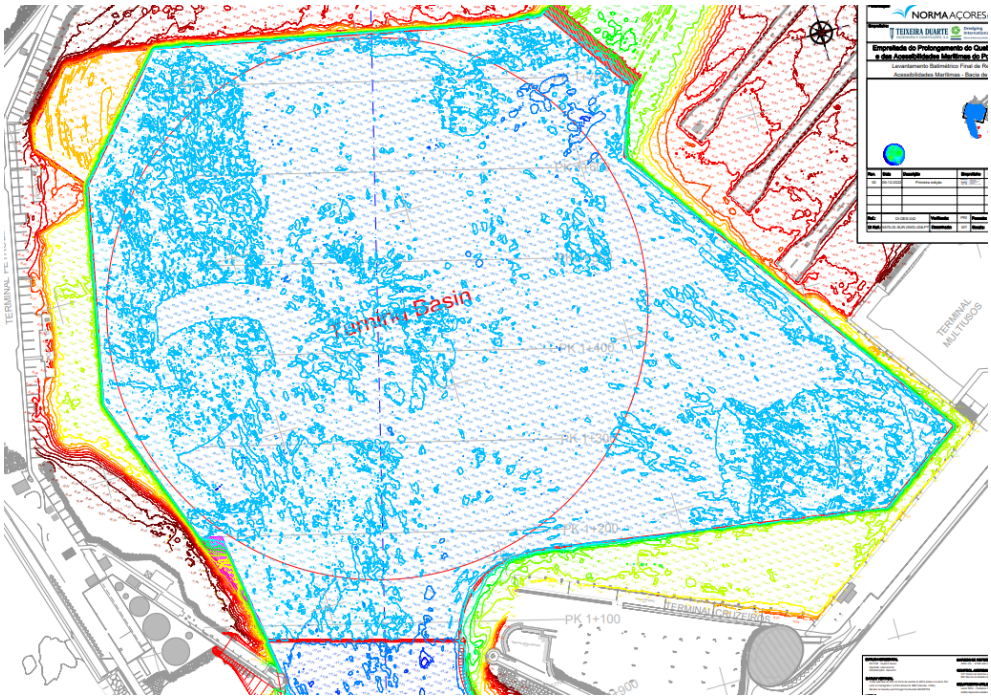


Figura 17 – Configuração da bacia portuária no Anteporto após a realização das Dragagens

6.2. Geologia

A bacia hidrográfica do rio Leça insere-se na Zona Centro Ibérica (ZCI), uma das seis unidades tectonostratigráficas em que se encontra subdividido o Maciço Hespérico no território português. A ZCI corresponde nesta região a afloramentos de rochas granitóides (essencialmente granitos) instaladas num conjunto de rochas metassedimentares do Paleozoico (micaxistos, gnaisses e migmatitos).

O concelho de Matosinhos onde se localiza a área de intervenção é constituído por:

- Um extenso afloramento de granito de grão grosseiro orientado na direção NO-SE, que abrange localidades como Angeiras, Perafita, Sta. Cruz do Bispo e Guifões;
- Manchas dispersas de rochas xistentas, na sua grande maioria de migmatitos, gnaisses, micaxistos e xistos luzentes, localizadas em Lavra e S. Mamede de Infesta;
- Ao longo do vale e estuário do rio Leça afloram formações mais recentes (quaternárias), representadas por depósitos aluvionares estuarinos;
- Junto ao litoral estão presentes depósitos de dunas fósseis e de dunas atuais, bem como depósitos de praia, de areia ou de cascalho.

As formações geológicas mais antigas afloram ao longo do percurso do rio Leça e afluentes. Sobre o substrato de rochas antigas do Maciço Hespérico desenvolvem-se depósitos

recentes, do Quaternário, sendo os depósitos fluviais e estuarinos que se encontram acumulados no troço terminal do rio Leça as formações geológicas mais representativas da área de intervenção (Figura 18).

Os depósitos aluvionares atuais de natureza flúvio-marinha correspondem a materiais detríticos desmantelados do substrato rochoso granítico e metassedimentar, veiculados ao longo do percurso do rio Leça e afluentes, que se foram acumulando junto à foz devido à perda de capacidade de transporte do curso de água. Devido às correntes de maré são também transportados para o interior do sistema estuarino sedimentos de origem marinha, que aumentam a coluna de sedimentos da sequência estratigráfica composta exclusivamente por siltes.

A bacia hidrográfica do rio Leça insere-se na Zona Centro Ibérica (ZCI), uma das seis unidades tectonostratigráficas em que se encontra subdividido o Maciço Hespérico no território português. A ZCI corresponde nesta região a afloramentos de rochas granitóides (essencialmente granitos) instaladas num conjunto de rochas metassedimentares do Paleozóico (micaxistos, gnaisses e migmatitos).



Figura 18 – Enquadramento geológico da área de intervenção, à escala 1:50 000 [adaptado da Carta Geológica de Portugal, folha 1, à escala 1:200 000 (S.G.P., 1989)]

Legenda:

Depósitos fluviais e estuarinos não atuais, que acompanham o canal dos rios, associados a depósitos atuais (**Atual e Holocénico**)

Depósitos de dunas fósseis e de dunas atuais e de praias atuais, ou de areia ou de cascalho (**Atual e Holocénico**)

Depósitos fluviais da zona vestibular dos rios e depósitos marinhos da faixa litoral, cobertos ou não por depósitos de solifluxão periglaciar (**Quaternário antigo**)


Depósitos fluviais e lacustres cobertos ou não por depósitos de solifluxão periglaciar (**Quaternário antigo e Pliocénico recente**)


Granito gnáissico, às vezes com blastese de albite


Granito de grão médio, às vezes fino de duas micas


Soco ante-mesozóico indiferenciado: soco acústico identificado por reflexão sísmica, onde a amostragem colhida indicou tratar-se de terrenos do ante-mesozóicos ou rochas granitóides

O troço costeiro que se estende do rio Leça ao rio Lima é constituído por praias estreitas interrompidas longitudinalmente por afloramentos rochosos, ou mostrando-se entre estes com acumulações de cascalho ou areia. Aqui as arribas são constituídas por dunas fósseis, criando praias arenosas com pequenas acumulações de seixos (FBO et al., 1995).

O troço Aguçadora – Porto de Leixões caracteriza-se pela existência frequente de promontórios e tômbolos rochosos que garantem a estabilidade de inúmeras praias encaixadas, por exemplo os promontórios rochosos de Agudela, do Corgo e do Farol da Boa Nova. A existência de afloramentos rochosos ou leixões dificulta o movimento de sedimentos sob a ação das ondas.

Assim, o troço costeiro a Norte da foz do Leça é bastante recortado sendo caracterizado por alguns afloramentos rochosos onde se apoiam trechos de praia, nomeadamente a praia dos Beijinhos, das Fuzelhas e do Farol da Boa Nova.

Este trecho litoral que se estende desde Funtão a Leixões tem apresentado grande estabilidade ao nível da erosão (CEHIDRO, 2000).

Na maioria do troço costeiro entre o Castelo do Queijo e a margem Norte do rio Douro verifica-se ausência quase total de praia, verificando-se em pontos muito restritos algumas línguas de areia que constituem praias.

Neste troço costeiro desenvolvem-se as praias de Matosinhos, Castelo do Queijo, Homem do Leme, Molhe, Gondarém, Sr.ª da Luz, Ingleses e do Ourigo. A partir da praia de Matosinhos, as praias são acompanhadas por bancadas rochosas e por afloramentos rochosos de natureza gnássica que sobressaem de forma destacada nos períodos de baixa-mar.

Identificam-se vários aspetos geomorfológicos característicos de uma costa rochosa a Sul do Porto de Leixões: marmitas litorais, caos de blocos, arcos de abrasão marinha e disjunção esferoidal, associados ao desenvolvimento de uma plataforma rochosa de abrasão marinha, de natureza granítica.

Tem-se constatado uma diminuição de sedimentos transportados pelo rio Leça para o domínio marinho (devido à artificialização do estuário e da embocadura, bem como às dragagens), pelo que os processos de deriva litoral têm vindo a ser afetados pela diminuição do caudal sólido.

Apesar da contribuição das fontes aluvionares a Norte do rio Douro terem diminuído significativamente ao longo dos anos, só após a construção do Molhe Norte do porto de Leixões é que se notou a redução do volume de areias que circulava para Sul. A partir desta data o transporte de sedimentos passou a ser praticamente nulo, fazendo-se à custa da erosão das praias, pelo que os sedimentos que conseguem ultrapassar a barreira do Porto de Leixões são transportados em direção à embocadura do Douro (Hydrodinamic, 1982; in CONSULMAR et al., 1996).

A construção de barragens nos cursos principais (por exemplo Douro), com capacidade de retenção da totalidade da fração arenosa dos sedimentos transportados, juntamente com a extração de areia (prática entretanto abandonada nesta zona, mas que teve relevância durante a 2.ª metade do século XX), em especial nos cursos inferiores de quase todos os rios, bem como a construção de obras portuárias exteriores, constituem barreiras físicas totais ou parciais ao fluxo sedimentar litoral.

Assim, como consequência da diminuição ou supressão de sedimentos tem-se verificado nas últimas décadas um processo erosivo gradual que levou ao desaparecimento das praias anteriormente existentes até Matosinhos e ao emagrecimento das praias que se situam entre o Douro e Espinho. As pequenas praias localizadas entre Leixões e a foz do Douro desapareceram completamente durante os últimos 75 anos (Hydrodinamic, 1983; in CONSULMAR et al., 1996).

6.3. Natureza dos fundos portuários

6.3.1. Considerações iniciais

Tendo este Estudo Prévio sido antecedido pelo projeto de melhoria das Acessibilidades Marítimas do Porto de Leixões e respetivo EIA, foram desenvolvidos vários estudos complementares de caracterização da bacia portuária, entre os quais se incluíram duas campanhas de prospeção dos fundos da bacia portuária com o objetivo de caracterizar os materiais a dragar, os quais foram realizados por métodos distintos.

Numa primeira fase, em 2017, foi realizada a prospeção geofísica com Sistema de Reflexão Sísmica, que foi posteriormente complementada pela realização de uma campanha de Sondagens Mecânicas em 2019. Esta campanha de reconhecimento geotécnico de 2019 veio complementar uma campanha similar realizada em 2004, a qual é anterior ao aprofundamento mais recente do Anteporto e do canal de acesso à Doca nº4.

Considera-se relevante a inclusão destes elementos mais antigos em função da localização das sondagens realizadas em posições mais interiores na bacia portuária, destacando-se igualmente que estes caracterizam o teto rochoso numa configuração mais próxima da que existe atualmente na zona do Porto de Pesca, onde não se aprofundou tanto a bacia portuária.

A mesma razão justifica a inclusão dos resultados das amostras de sedimentos mais próximas da zona em análise, dado que os sedimentos existentes junto ao porto de pesca não são objeto da futura dragagem.

6.3.2. Prospeção geofísica por Reflexão Sísmica

Para efeito da caracterização dos sedimentos a dragar na empreitada de melhoria das Acessibilidades Marítimas, foram realizados os seguintes estudos:

- Trabalhos de reconhecimento através de Levantamentos Geofísicos, com aplicação de Sistema de Reflexão Sísmica (Boomer), datado de agosto de 2017 e realizado por GEOSUB;
- "Campanha de Amostragem Vertical e Caracterização Físico-Química de Sedimentos levada a cabo no Porto de Leixões", datado de setembro de 2017 e realizado por GEOSUB.

Apresenta-se na figura seguinte os resultados obtidos para o levantamento de prospeção geofísica realizado.

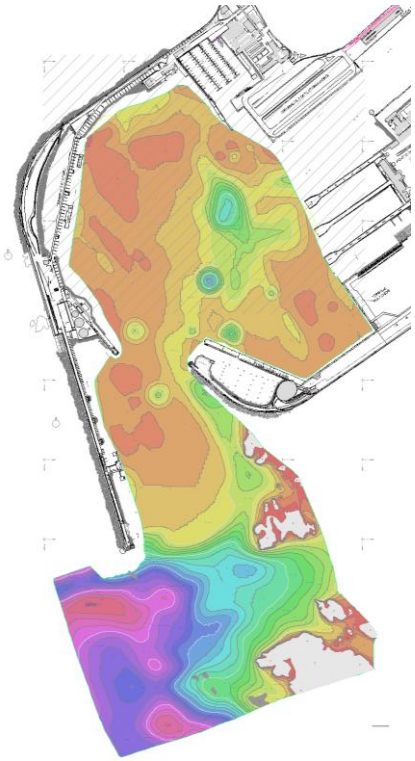


Figura 19 – Espessura das camadas de sedimentos obtidas em levantamento de prospeção geofísica (GEOSUB, 2017)

A determinação do tipo de sedimentos existentes e do seu grau de contaminação foi realizada para um conjunto de 19 pontos de amostragem, sendo as colunas de sedimentos retiradas divididas em diferentes amostras com até 1 m de comprimento. Apresenta-se na imagem seguinte a localização dos pontos de amostragem.

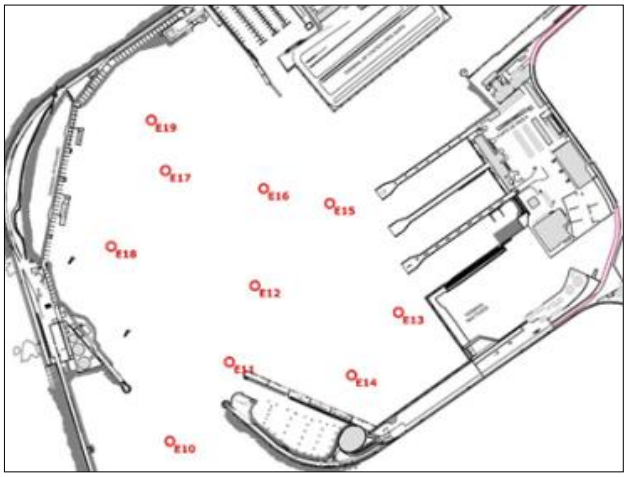


Figura 20 – Localização dos pontos de recolha de sedimentos (GEOSUB, 2017)

Apresentam-se nos quadros seguintes as distribuições médias entre materiais finos e grosseiros para as amostras totais nos pontos mais próximos da área em estudo, assim como a classificação desta relativamente à classe de contaminação em que se insere.

Quadro 5 – Dimensão das amostras de sedimentos recolhidas e rácio entre materiais grosseiros/finos

Amostra	E13	E15
Cota Inicio (m ZHL)	-10,0	-11,3
Cota Fim (m ZHL)	-10,3	-12,3
Materiais Grosseiros (%)	30,5	21,4
Materiais Finos (%)	69,5	78,7

Amostra	Metais (mg/kg)								Compostos orgânicos (µg/kg)			Classificação global
	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn	PAH[1]	PCB[2]	HCB	
E13	40,6	<0,4	48,2	50,0	38,7	<0,3	31,2	180,0	<160	<4,9	<0,5	2
E14	27,1	<0,4	27,2	20,0	22,2	<0,3	13,2	69,1	<383	<5,0	<0,5	2
E15	21,1	<0,4	37,0	27,9	27,2	<0,3	18,5	110,0	<294	<4,9	<0,5	2

Figura 21 – Classificação das amostras de sedimentos relativamente à classe de contaminação (Adaptado de GEOSUB, 2017)

Relativamente à classificação dos sedimentos em função do grau de contaminação, o relatório em questão apresenta as seguintes conclusões:

> *"As amostras da **Zona Interior** da bacia portuária (E9 a E19) inserem-se dentro da **Classe 2** (excetuando as amostras E9, E10A e E11D que se enquadram na Classe 1). Os materiais inseridos na classe 2 estão associados a uma contaminação vestigiária, os quais podem ser imersos no meio aquático, tendo em conta as características do meio recetor e o uso do mesmo. Esta contaminação vestigiária é maioritariamente originada pelos contaminantes Arsénio e Zinco. Nesta zona do porto é a fração siltosa que predomina na composição dos sedimentos.*
>
> *A presença dos contaminantes identificados poderá ser influenciada pelas atividades portuárias, mas também antrópicas desenvolvidas na bacia hidrográfica e massas de água do Rio Leça que exercem pressões poluentes sobre os recursos hídricos, nomeadamente a rejeição de águas residuais de origem urbana, industrial e pecuária".*

6.3.3. Campanhas de sondagens mecânicas

6.3.3.1. Prospeção Geológica no Anteporto e no Canal de Acesso à doca n.º 4 do Porto de Leixões (2004)

O conjunto de dados de base fornecidos pela APDL inclui o relatório técnico e peças desenhadas associadas à campanha de "Prospeção Geológica no Anteporto e no Canal de Acesso à doca n.º 4 do Porto de Leixões". Incluem-se no conjunto de peças desenhadas do presente projeto de execução, relativos à caracterização da situação de referência, dois dos desenhos que acompanham este relatório, os quais contêm parte da planta de localização das sondagens realizadas e os perfis interpretativos traçados.

Assinala-se que estes elementos são anteriores à empreitada de "Estabelecimento da Bacia de Rotação e do Acesso à Doca n.º 4", em que se realizou o rebaixamento com desmonte de rocha até à cota -12,0 m (ZHL).

Apresentam-se de seguida as conclusões constantes neste relatório técnico:

> *"Com base na análise e interpretação dos resultados obtidos nos trabalhos realizados e tendo em conta os perfis geológicos elaborados (desenho n.º P03/996-2136/03/0/4694), podem tecer-se as seguintes considerações:*
>
> - *De acordo com o modelo geológico que se acabou de definir, verifica-se que o substrato rochoso é de natureza xistenta (zona do Anteporto, Posto B, parte sul do Posto C e parte da zona do Molhe Sul) ou granítica (zona das Docas nº1 e nº2 e parte norte do Posto C), apresentando-se, em geral, medianamente (W_3) e pouco alterado (W_2), com fraturas muito próximas (F_5) e próximas (F_4). Quando não se encontra desde o início das sondagens, surge a profundidades compreendidas entre 3.0 e 9.0 m.*
> - *Na zona de entrada e parte central do Anteporto e das Docas n.º1 e n.º2, até às profundidades prospetadas, predominam as formações aluvionares caracterizadas pela presença de lodos e areias.*
> - *Face ao exposto, afigura-se como suscetível de ser dragado todo o material com características de solo, ou seja, as aluviões e a parte do substrato que se apresenta decomposta (W_5). Nesse sentido, nos perfis interpretativos do desenho n.º P03/996-2136/03/0/4694, apresenta-se uma linha que representará grosso modo, o limite dos referidos materiais com o substrato de características rochosas.*

Embora as sondagens realizadas tenham maior aplicação na caracterização da natureza dos fundos oceânicos da bacia portuária até -12,0 m (ZHL), verifica-se que algumas das sondagens conseguiram remover material a profundidades inferiores a esta, conseguindo atingir-se a cota -14,0 m (ZHL) ou inferior em algumas destas.

A partir destas sondagens, estima-se que, na área de intervenção do projeto, o maciço rochoso a profundidades entre -12,0 m e -14,0 m (ZHL) terá um grau de alteração menor ou

similar ao encontrado entre -11,0 e -12,0 m (ZHL), observando-se classificações de W2 e W3 para esta faixa na maioria das sondagens localizadas no anteporto/bacia de rotação.

Relativamente às fraturas, as classificações observadas nas extensões das sondagens que penetram nesta faixa encontram-se maioritariamente em F4 e F5, destacando-se ainda assim a presença de extensões avaliadas com F3.

6.3.3.2. Campanha de reconhecimento geotécnico (2019)

A fim de aprofundar a informação recolhida relativamente à natureza geológica e geotécnica dos fundos oceânicos, a APDL adjudicou à ARGONVIA a realização de uma campanha de reconhecimento geológico, a qual foi realizada em janeiro de 2019.

Esta envolveu a realização de 16 sondagens mecânicas, as quais se concentram essencialmente na extensão do anteporto, com exceção da sondagem S16 que se encontra na parte final do canal de acesso. A avaliação das características geotécnicas dos vários estratos baseou-se na realização de ensaios SPT e ensaios de resistência à compressão (UCS) nos casos aplicáveis.

Apresenta-se na figura seguinte a localização dos pontos de sondagem.

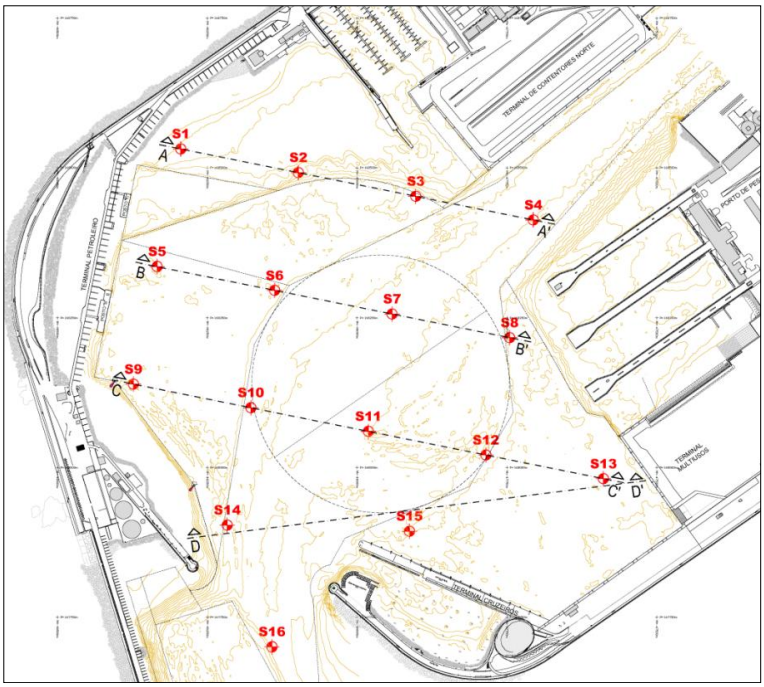


Figura 22 – Localização da grelha de sondagens geotécnicas (ARGONVIA, 2019)

De acordo com o relatório associado ao estudo de reconhecimento geotécnico, as sondagens realizadas variam entre 3,3 m e 12 m de comprimento, atingindo profundidades entre -17,5 m (ZHL) e -19,0 m (ZHL). A partir dos resultados obtidos, o estudo identifica a existência de 6 horizontes geotécnicos, os quais se apresentam na figura seguinte.

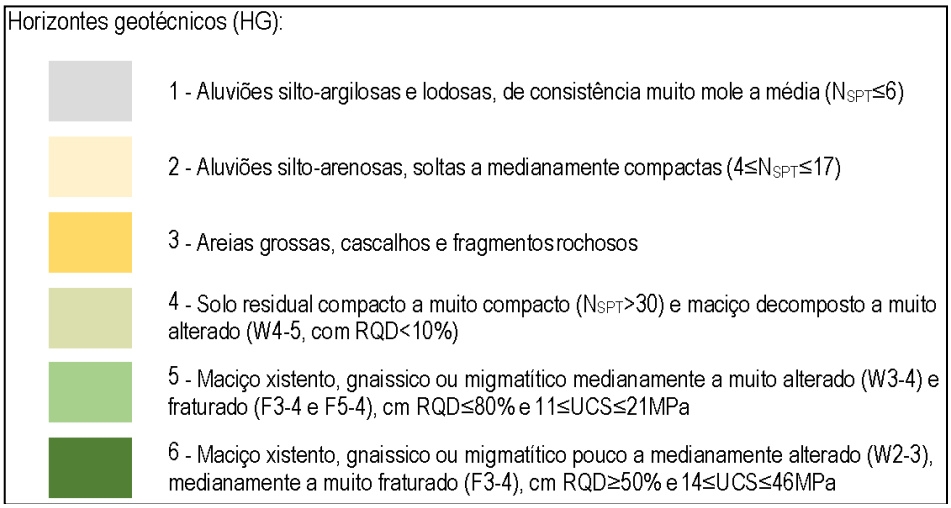


Figura 23 – Caracterização dos horizontes geotécnicos (ARGONVIA, 2019)

Os horizontes geotécnicos (HG) 1 a 3 correspondem a materiais sedimentares com granulometria e grau de compactação variados, os quais se acumulam sobre o substrato rochoso. Os horizontes geotécnicos 4 a 6 correspondem a formações do maciço rochoso com diferentes graus de alteração e fracturação, os quais tendem a ser menores com a localização da secção da amostra a maior profundidade.

Destaca-se destes o HG 4, cujo estado de alteração se admite poder ter sido influenciado pela empreitada de “Estabelecimento da Bacia de Rotação e do Acesso à Doca n.º 4” já descrita. Após análise dos elementos incluídos no relatório, com destaque para os perfis geotécnicos interpretativos, admite-se que o estado dos materiais recolhidos é compatível com o tipo de desagregação do maciço gerado pelos meios utilizados nesta empreitada, que incluiu entre outros a utilização de explosivos.

Apresenta-se na figura seguinte a representação esquemática dos resultados das sondagens S8 e S13, que são aquelas cuja localização é mais próxima da zona em estudo.

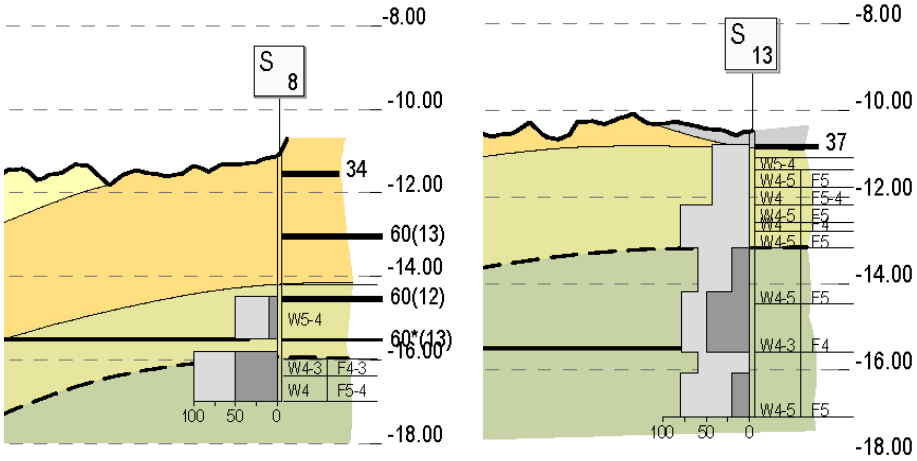


Figura 24 – Caracterização das sondagens S8 e S13 (ARGONVIA, 2019)

Não obstante a distinção estabelecida relativamente ao horizonte HG4 relativamente aos restantes, estima-se que o teto rochoso nesta zona se encontre sensivelmente entre os -11,0 m (ZHL) e os -14,0 m (ZHL).

6.3.3.3. Campanha adicional de reconhecimento geotécnico anterior às dragagens do projeto das Acessibilidades Marítimas (2019)

A empreitada do aprofundamento das Acessibilidades Marítimas, realizadas pela DEME enquanto parte do ACE que está a executar a empreitada em questão, foi antecedida de um novo estudo geotécnico complementar da área a dragar. Este estudo, designado "*Marine Geotechnical Soil Investigation in Leixões Port, Portugal*", foi realizado pela igeotest Geoscience Group, tendo data de Novembro de 2019. O estudo incluiu a realização de 9 sondagens geotécnicas com ensaios SPT, num total de 77,7 m de coluna de amostras combinadas, as quais foram realizadas nos locais assinalados.



Point	Start date	End date	Target Z (m) ZH	Final Z (m) ZH	Final coordinates WGS 84		UTM 29 N
					N (m)	E (m)	Z (m) ZH
BHL 01	07/10/2019	10/10/2019	-18.82	-18.82	4559242.75	524565.02	-4.720
BHL 02	15/10/2019	17/10/2019	18 70	18 70	4559136 70	524549 08	10 123
BHL 03	11/10/2019	11/10/2019	-18.38	-18.38	4558838.01	525033.85	-10.435
BHL 04	12/10/2019	13/10/2019	-18.17	-18.17	4558750.95	524460.90	-9.420
BHL 05	22/10/2019	23/10/2019	20 07	20 07	4558475 26	524669 23	-9 770
BHL 08	14/10/2019	15/10/2019	-19.56	-19.56	4558628.90	524724.256	-12.411
BHL 09	24/10/2019	24/10/2019	-15 84	-15 84	4558701 50	524992 94	-10 939
BHL 10	20/10/2019	20/10/2019	-18.63	-18.63	4558723.92	525150.70	-10.733
BHL 11	18/10/2019	18/10/2019	-18.39	-18.39	4559217.87	524769.80	-10.312

Figura 25 – Localização das Sondagens Complementares do Anteporto (IGEOTEST, 2019)

As nove sondagens foram realizadas com a extração continua de amostras até 3 m abaixo da cota de projeto. Foram realizados ensaios SPT a cada 1,5 m de coluna de amostra, tendo sido igualmente retiradas amostras inalteradas com tubo Shelby de cada substrato (ou a cada 2 m nos casos em que os estratos apresentavam espessura superior a esse valor).

Apresentam-se de seguida o resumo das características das amostras mais próximas da área em estudo (BHL1, BHL2 e BHL11):

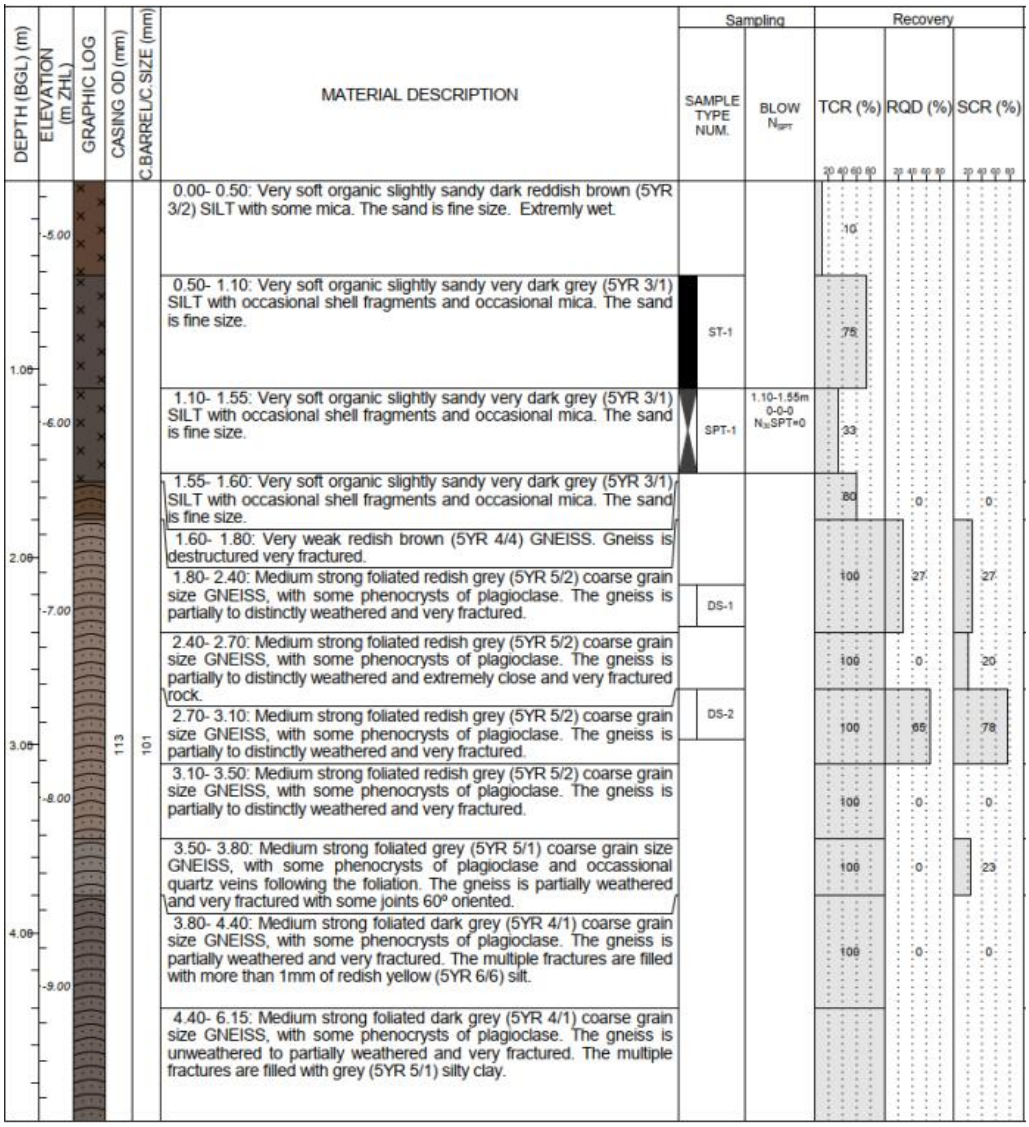


Figura 26 – BHL1 – Características da Amostra até -9,7 m ZHL (IGEOTEST, 2019)

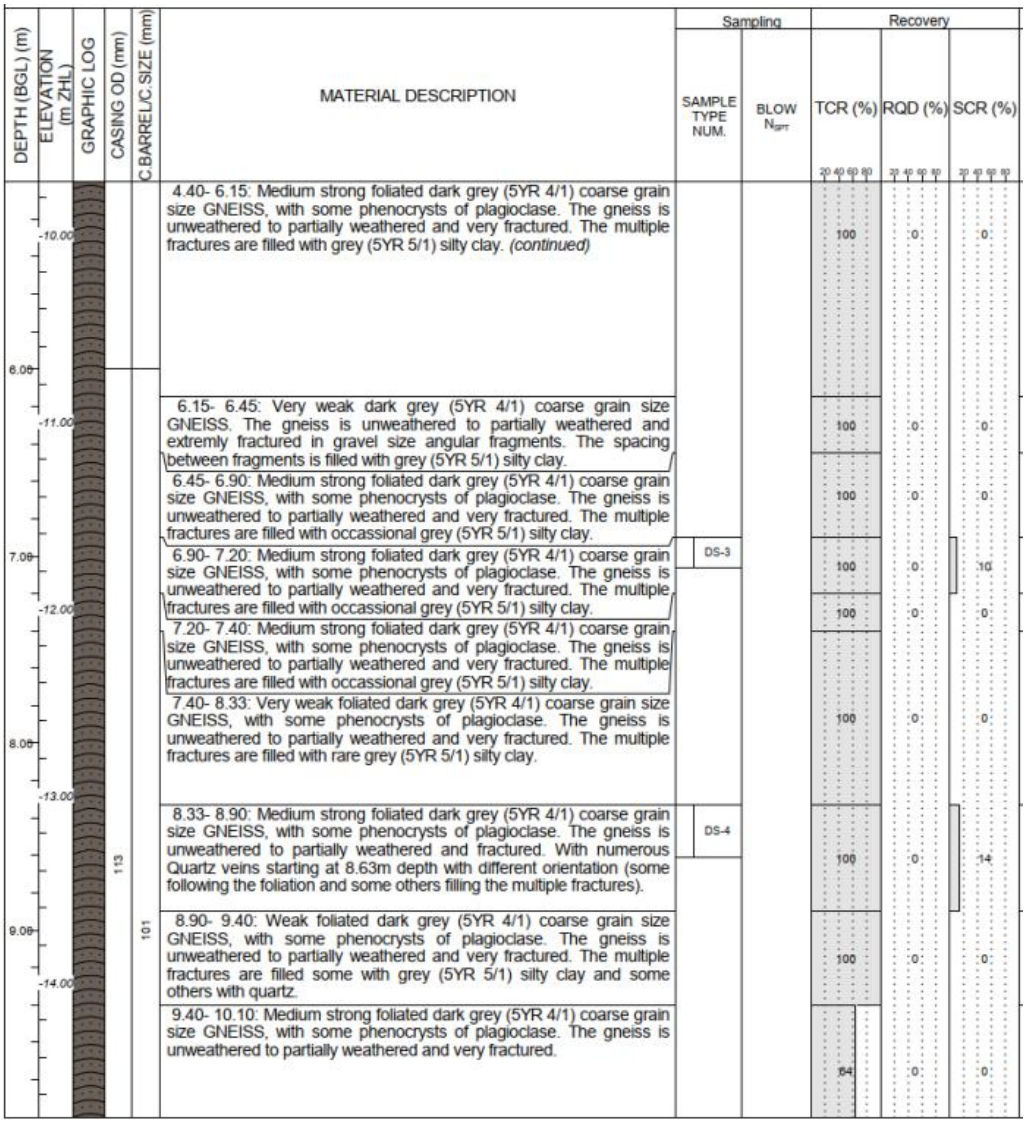


Figura 27 – BHL1 – Características da Amostra de -9,7 até -14,7 m ZHL (IGEOTEST, 2019)

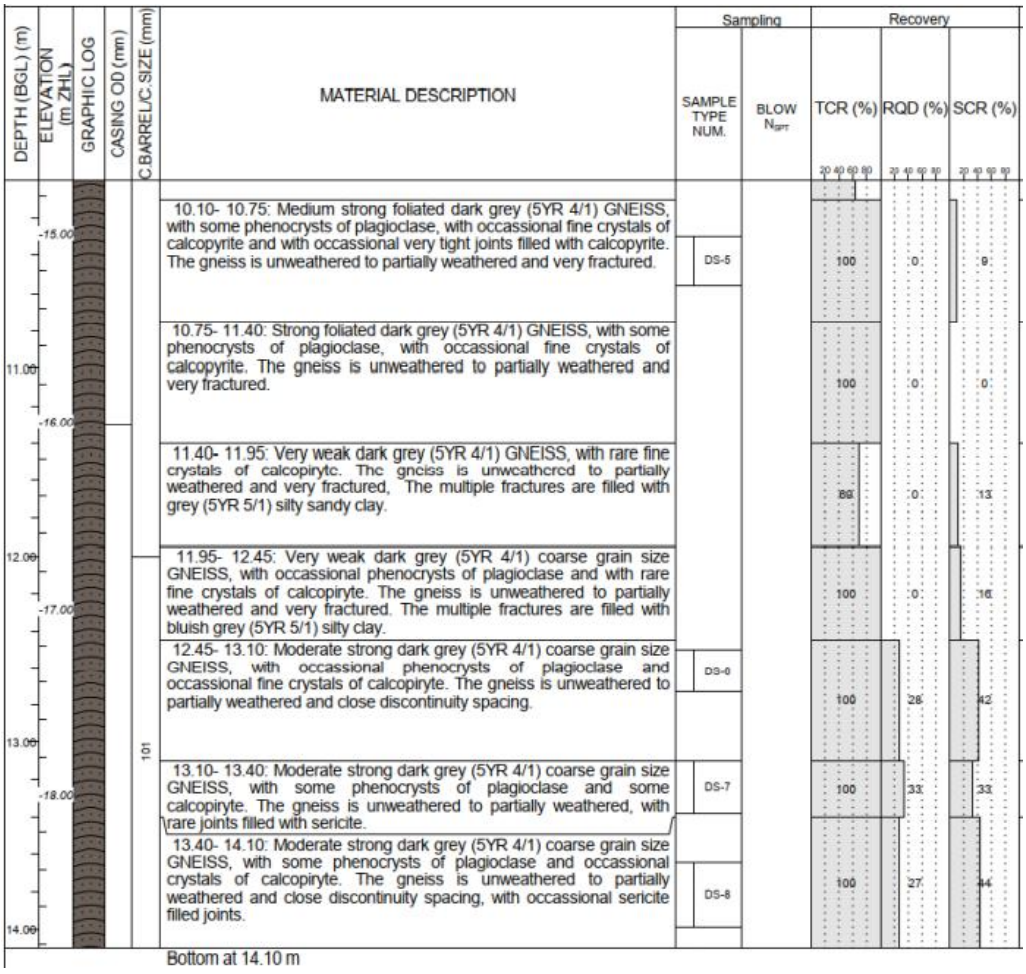


Figura 28 – BHL1 – Características da Amostra de -14,7 até -18,8 m ZHL (IGEOTEST, 2019)

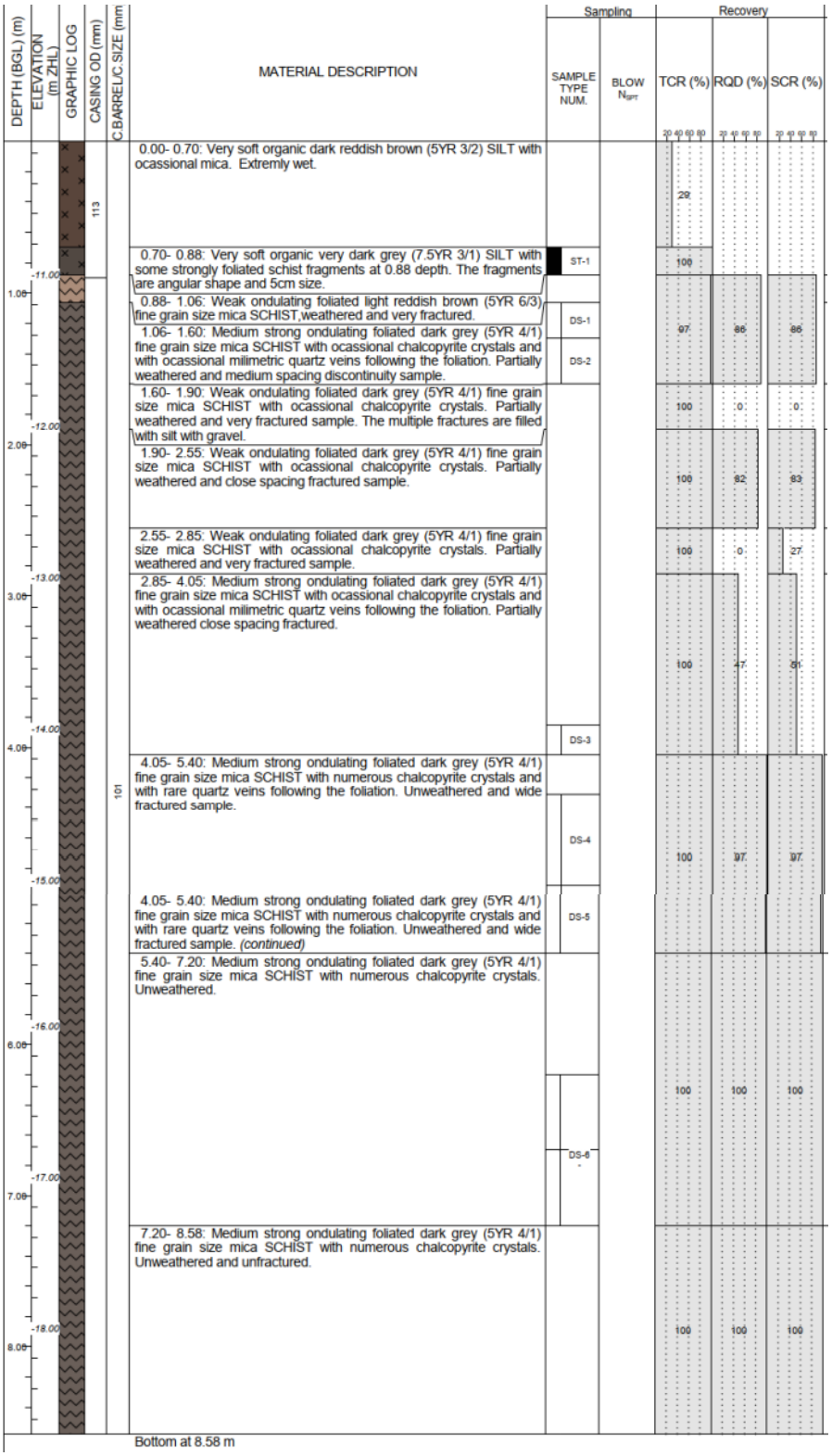


Figura 29 – BHL2 – Características da Amostra até -18,7 m ZHL (IGEOTEST, 2019)

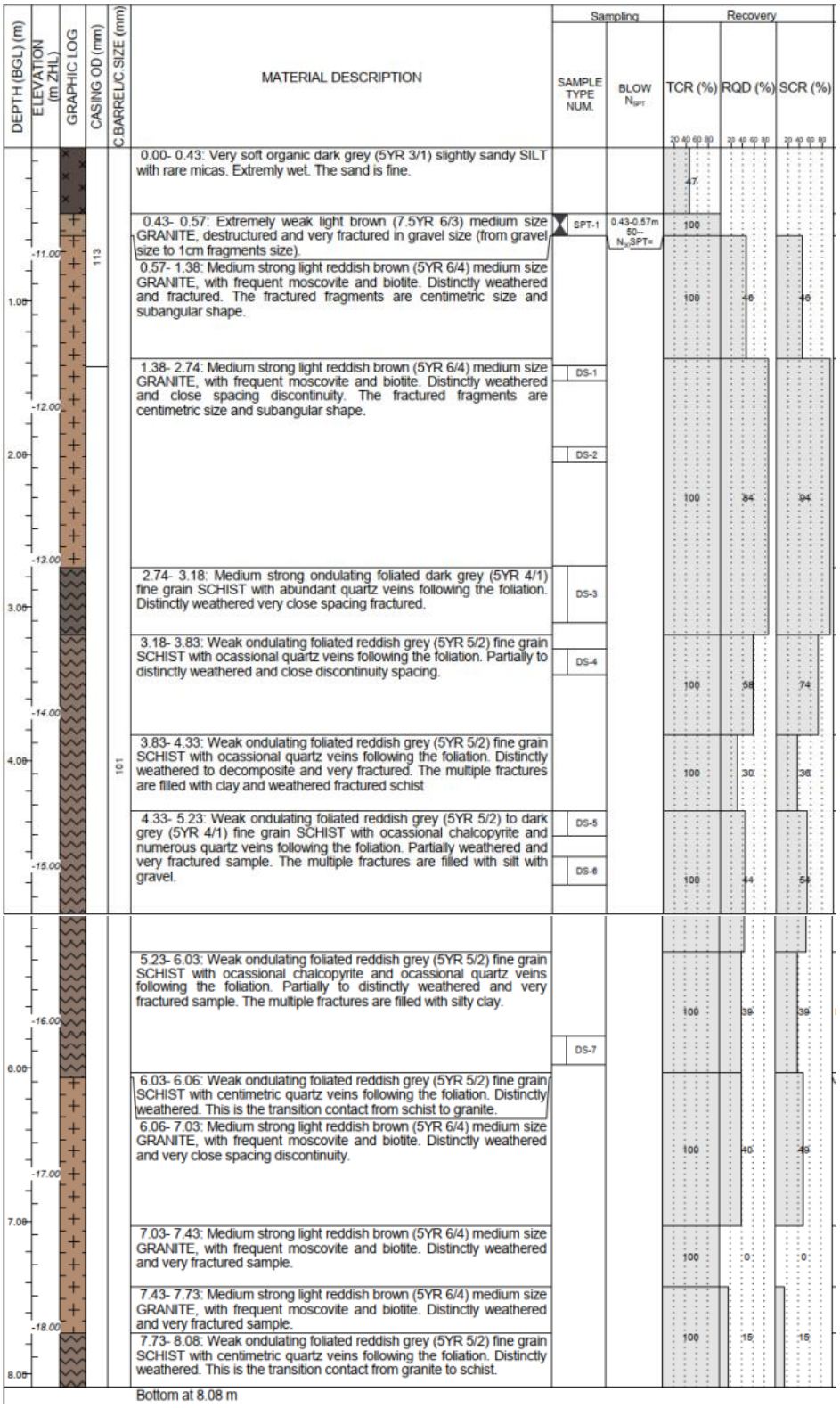


Figura 30 – BHL11 – Características da Amostra até -18,3 m ZHL (IGEOTEST, 2019)

6.3.3.4. Campanha final de reconhecimento geotécnico após conclusão das dragagens do projeto das Acessibilidades Marítimas (2022)

Após a conclusão da empreitada das Acessibilidades Marítimas, a Entidade Executante (DEME) encomendou à Geocontrole – Geotecnia e Estruturas de Fundação S.A. a realização de 15 sondagens geotécnicas adicionais junto às estruturas acostáveis, a fim de validar que as suas fundações não tinham sido afetadas pelo aprofundamento da bacia do Anteporto.

	inst.	Total Depth	Empty	Destrutive Drilling	Sampling Drilling			SPT	Boreholes Location		
					Soils	Rock	Rip Rap		Easting (m D73HG)	Nothing (m D73HG)	Height (m ZHL)
BH 1	1	25,30	7,50	5,20		12,60			-48125,72	168686,94	5,62
BH 2	1	25,20	9,00	1,50		14,70			-47942,60	168565,89	5,81
BH 3	1	26,25	13,30	4,30		8,65			-47783,51	168498,61	5,90
BH 4	1	25,50	12,00		9,70	3,70			-47676,94	168302,46	5,76
BH 5	1	25,10	12,50		6,70	5,90			-47609,85	168118,92	5,78
BH 6	1	23,40	16,20	1,40		5,80			-47484,01	167940,99	5,93
BH 6B	1	25,50	16,50	1,50		7,50			-47512,64	167862,70	6,00
BH 7	1	25,00	16,70	0,50		7,80			-47610,49	167793,73	6,02
BH 8	1	25,60	18,00		7,60			4	-47981,97	167875,51	5,98
BH 9	1	25,30		15,80		9,50			-48007,11	167799,92	6,09
BH 10	1	25,55					25,55		-48235,48	167224,99	7,11
BH 11	1	21,50				0,20	21,30		-48285,18	167851.5045	3,23
BH 12	1	25,85		8,00		17,85			-48388,05	168001,78	5,76
BH 13	1	25,00		15,00		10,00			-48521,80	168282,75	5,18
BH 14	1	25,10		12,00	2,50	10,60			-48362,12	168573,83	5,95
Total	15	375,15		65,2	26,5	114,8	46,85	4			

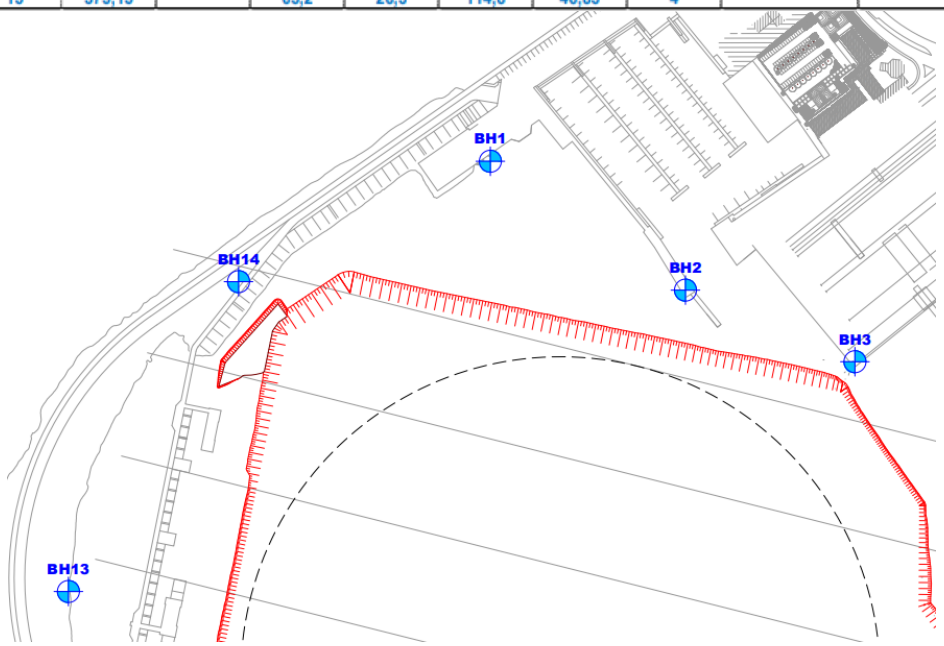


Figura 31 – Localização e Características das Sondagens Finais no Anteporto (Geocontrole, 2022)

Apresentam-se de seguida as características das amostras sondagens nos pontos mais relevantes para a área em estudo (BH1, BH2, BH3 e BH14).

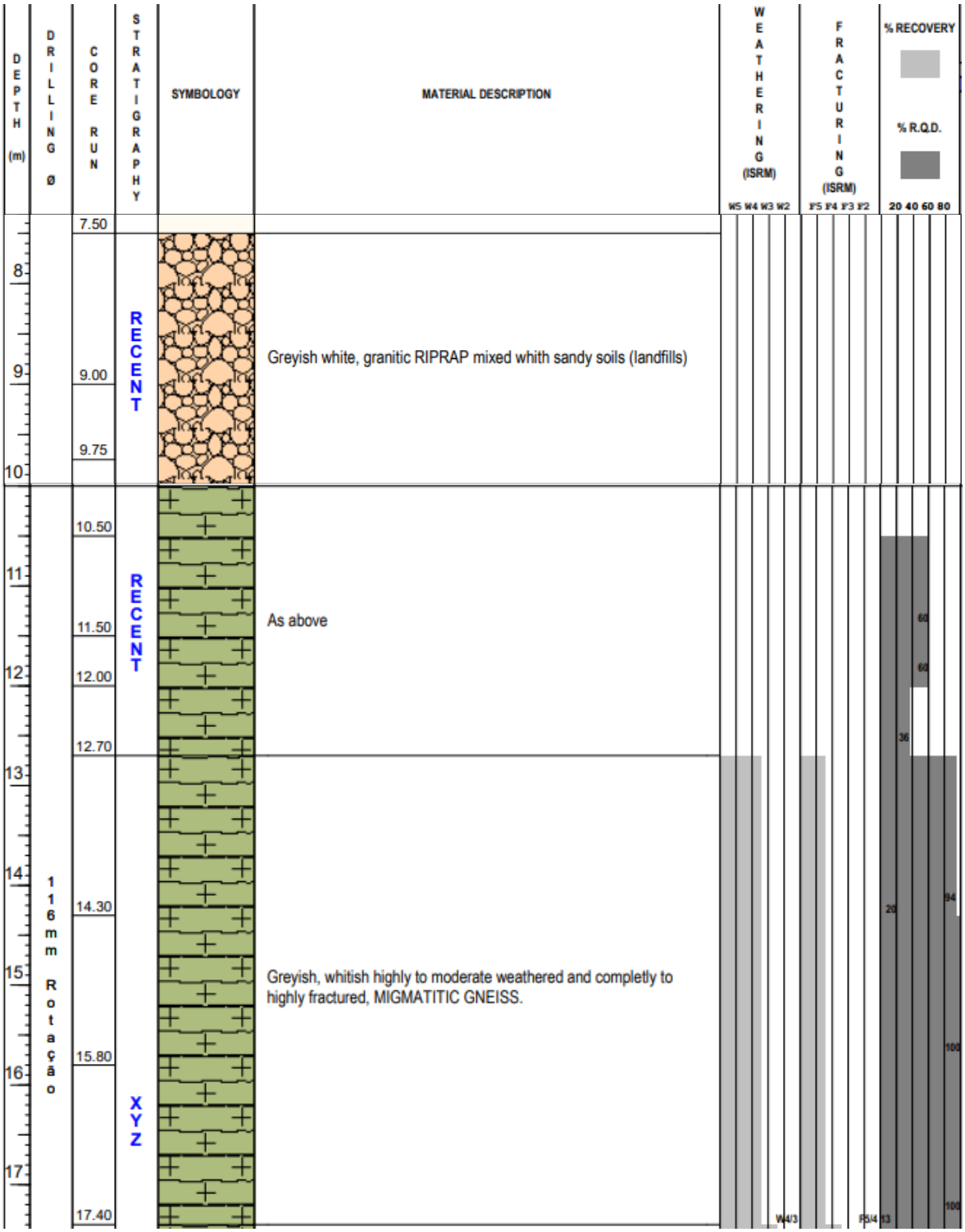


Figura 32 – BH1 – Características da Amostra até -17,4 m ZHL (Geocontrole, 2022)

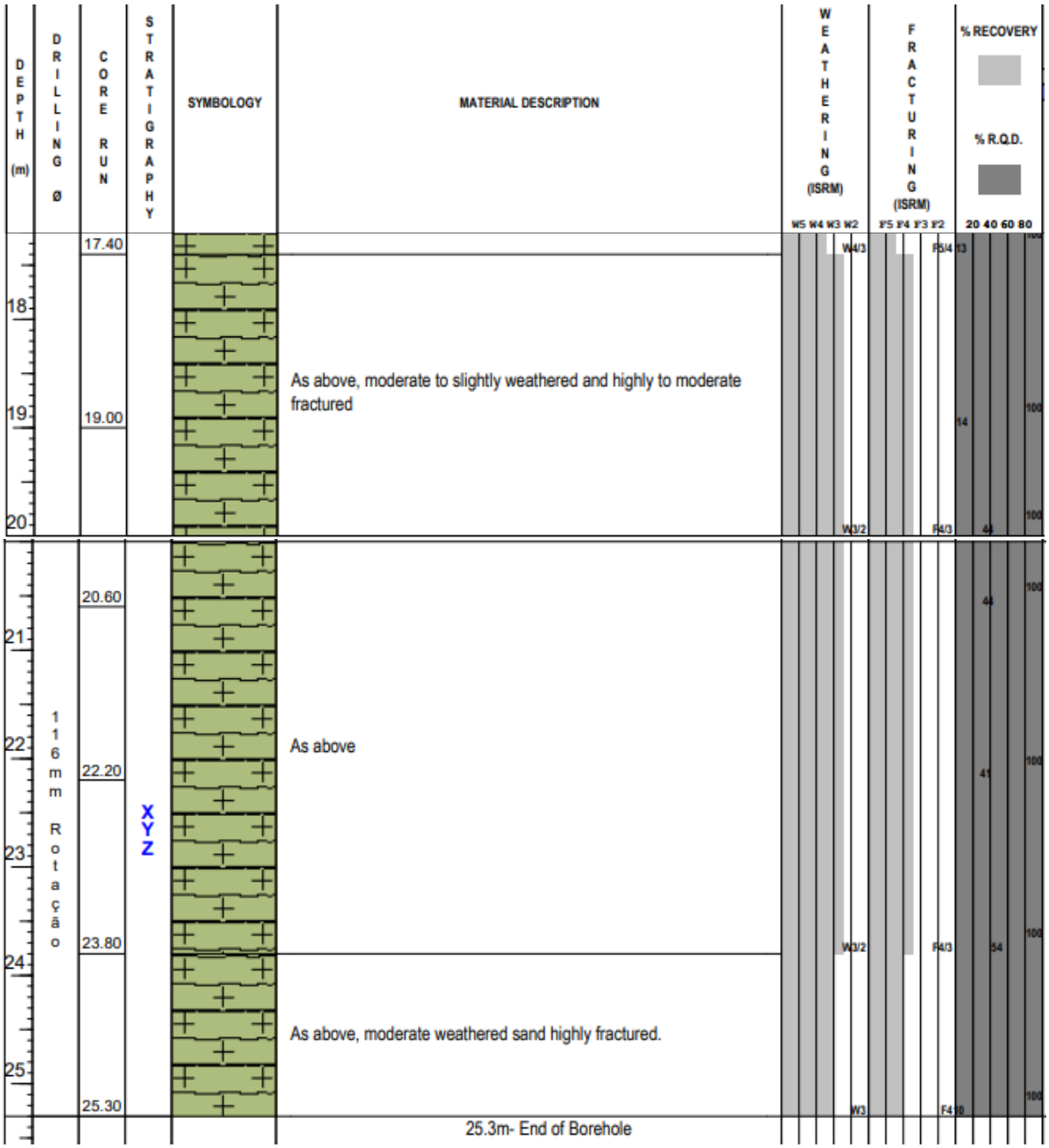


Figura 33 – BH1 – Características da Amostra de -17,4 até -25,3 m ZHL (Geocontrole, 2022)

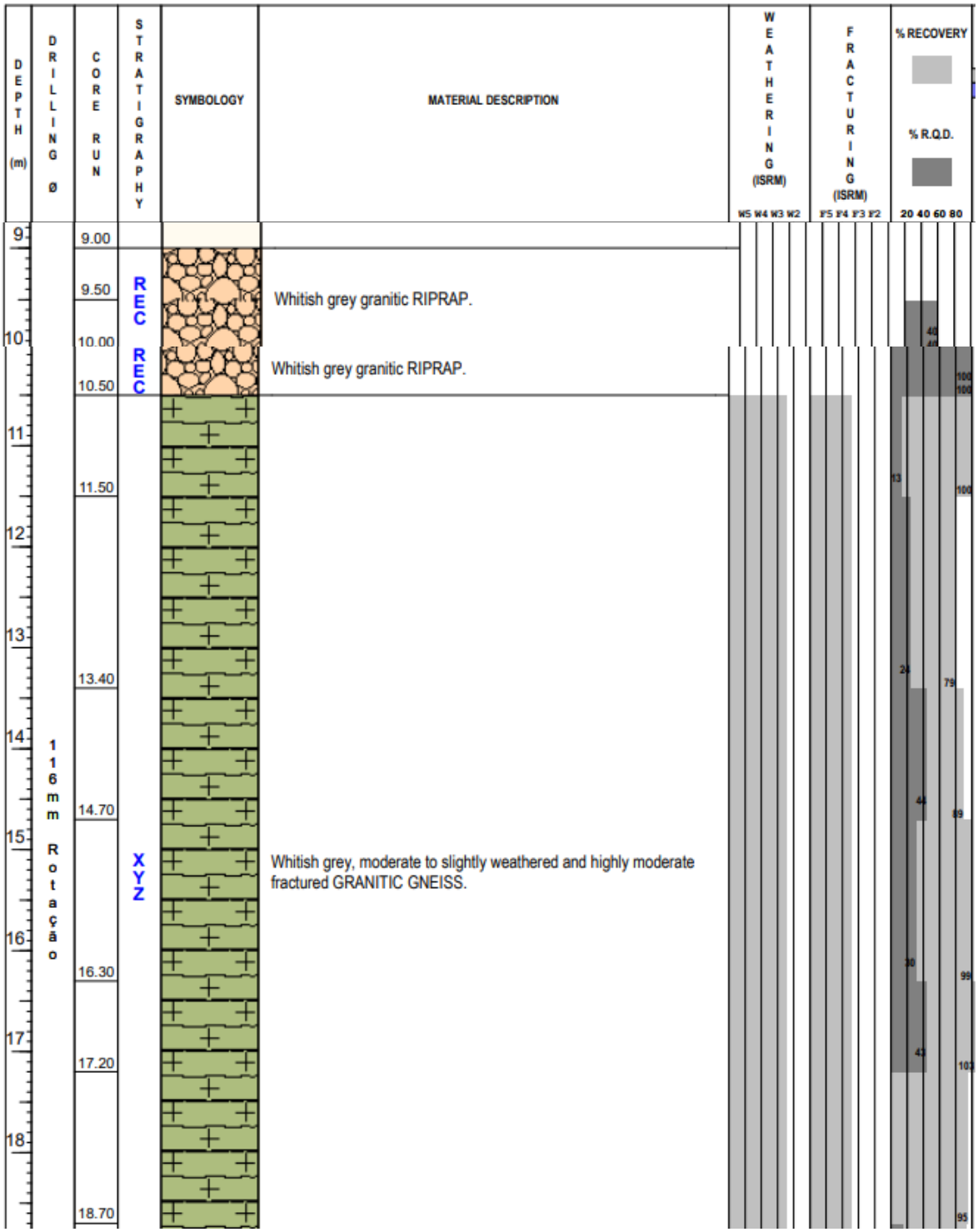


Figura 34 – BH2 – Características da Amostra até -18,7 m ZHL (Geocontrole, 2022)

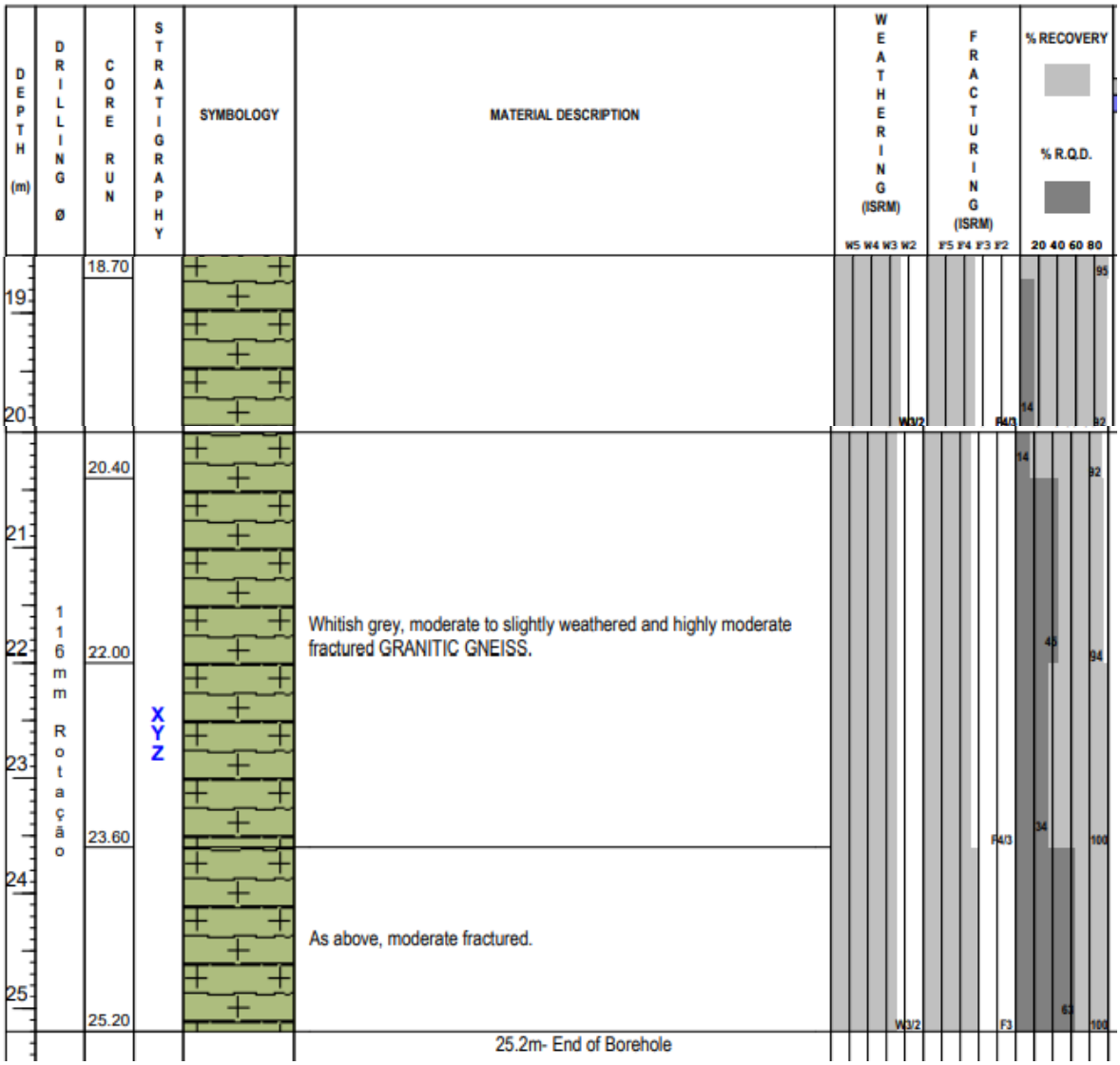


Figura 35 – BH2 – Características da Amostra de -18,7 até -25,2 m ZHL (Geocontrole, 2022)

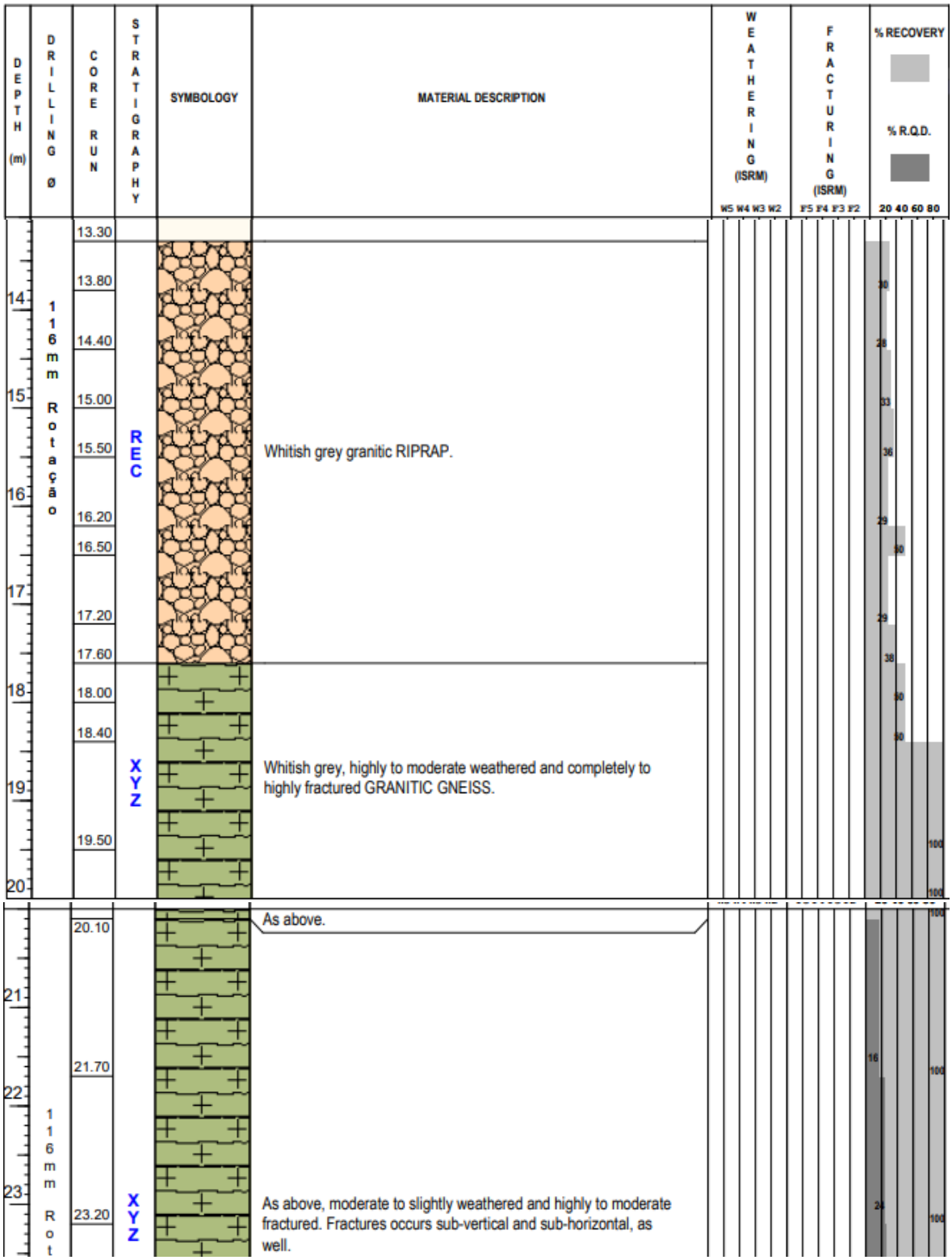


Figura 36 – BH3 – Características da Amostra de -13,3 até -23,5 m ZHL (Geocontrole, 2022)

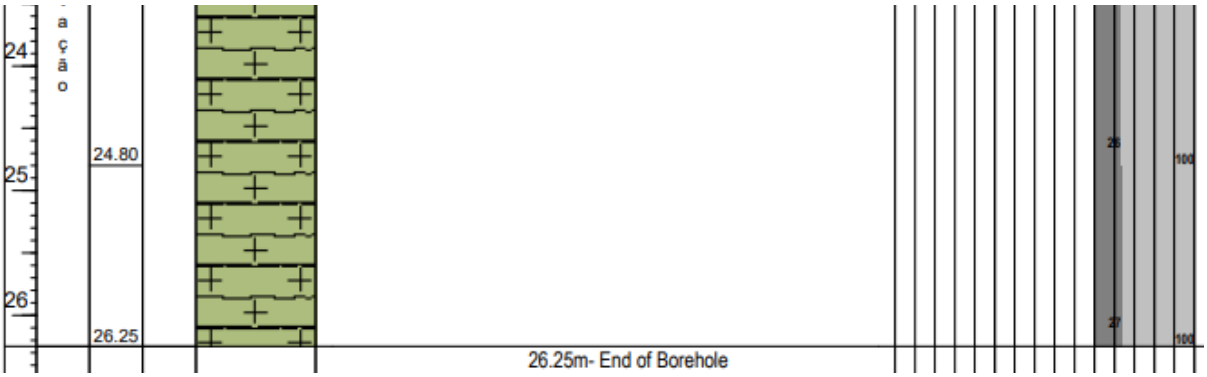


Figura 37 – BH3 – Características da Amostra desde -23,5 até -26,25 m ZHL (Geocontrole, 2022)

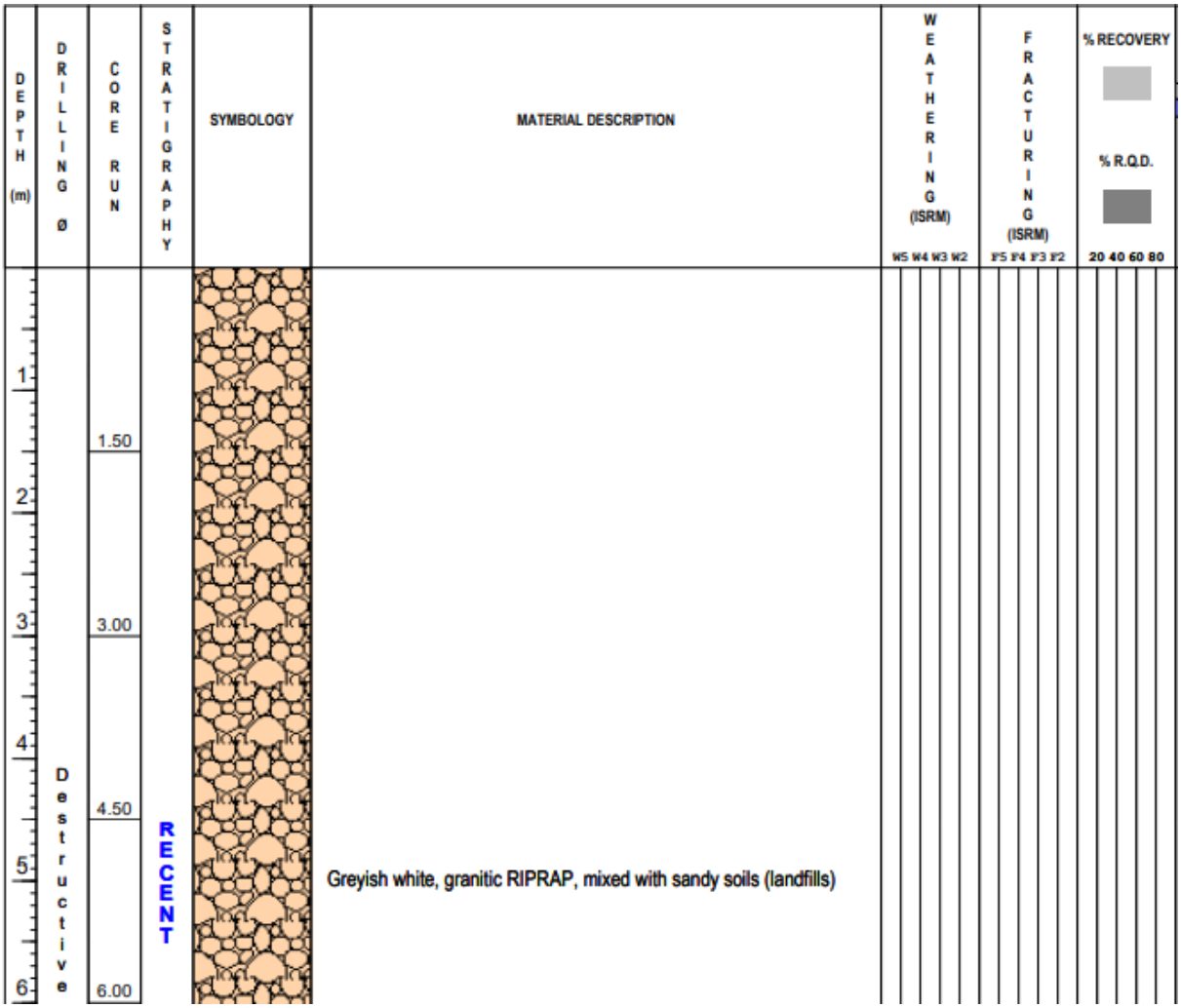


Figura 38 – BH14 – Características da Amostra até -6,0 m ZHL (Geocontrole, 2022)

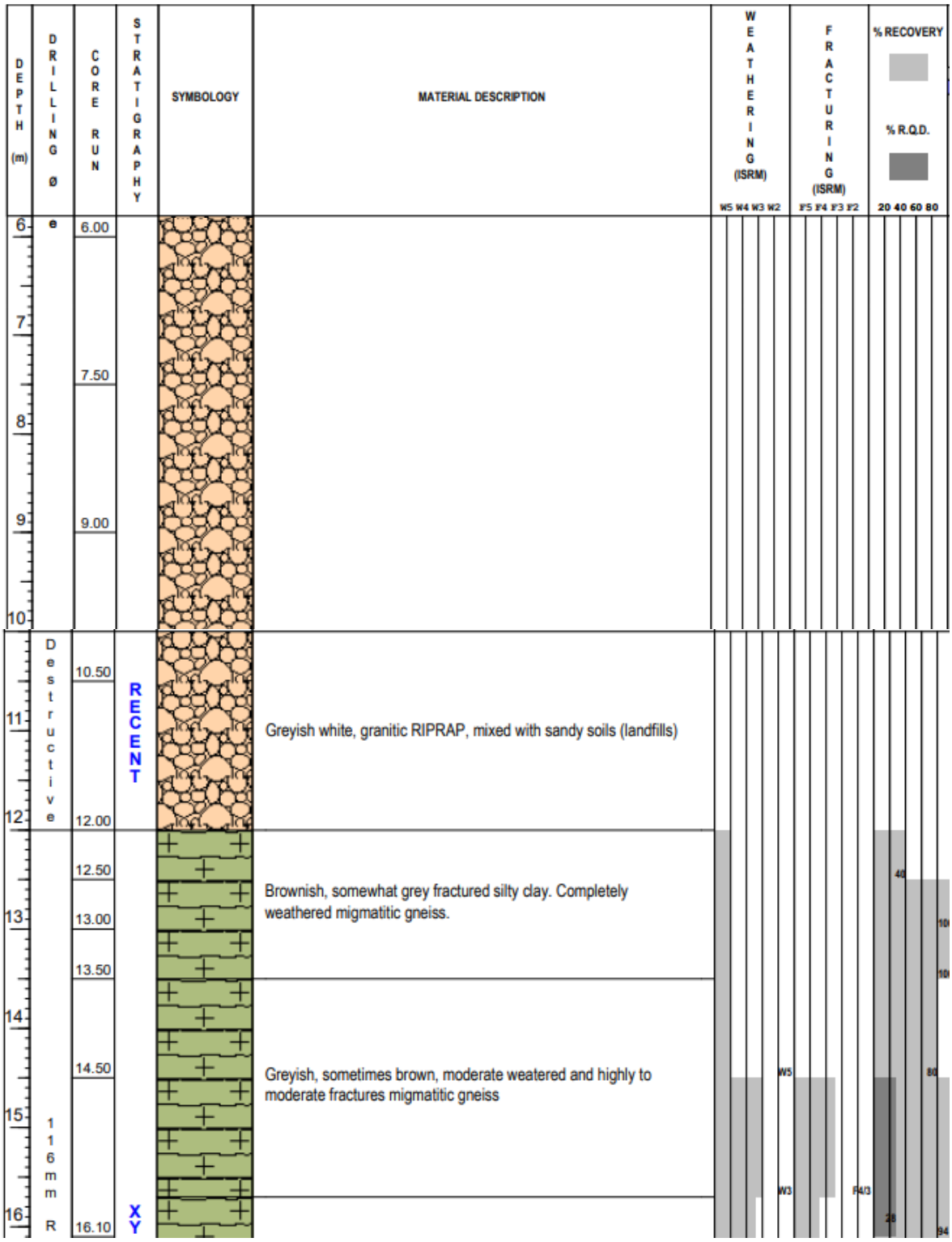


Figura 39 – BH14 – Características da Amostra desde -6,0 até -16,1 m ZHL (Geocontrole, 2022)

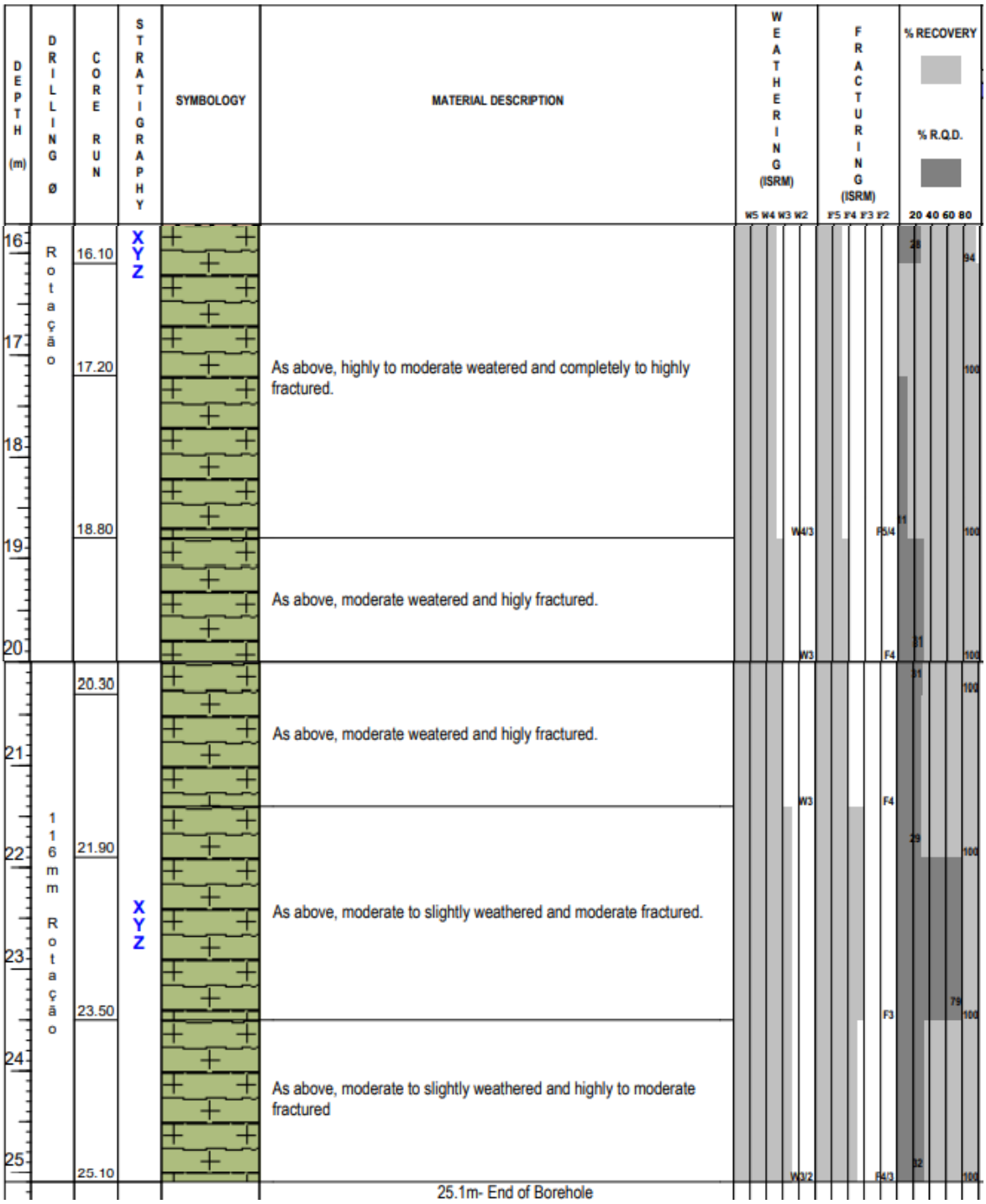


Figura 40 – BH14 – Características da Amostra desde -16,1 até -25,1 m ZHL (Geocontrole, 2022)

6.4. Caracterização da variação do nível do mar

6.4.1. Maré astronómica

Na costa portuguesa, onde a norte se insere o porto de Leixões, a variação do nível da água é dominado pela maré cuja amplitude média de cerca de 3 metros, a caracteriza como mesotidal.

A onda de maré é do tipo semidiurno regular, propagando-se de S para N ao longo da costa ocidental Portuguesa.

De acordo com as previsões do Instituto Hidrográfico para o Porto de Leixões (Tabelas de Marés de 1982 a 2023), abrangendo um período superior a um ciclo nodal e efetuadas com base em registos realizados no marégrafo existente, estimam-se os seguintes valores dos elementos característicos da maré astronómica:

Quadro 6 – Dados de marés para o Porto de Leixões

	Nível Maré (m)	
	ZH	**ZHL**
PM máx	3.96	3.63
PM AV	3.48	3.15
PM AM	2.67	2.34
NM	2.00	1.67
BM AM	1.34	1.01
BM AV	0.53	0.20
BM min	0.10	-0.23
PM med	3,08	2,75
BM med	0,94	0,61

O Zero Hidrográfico (ZH) situa-se 2,0 m abaixo do Nível Médio do mar (NM) em Cascais, enquanto o Zero Hidrográfico de Leixões (ZHL) está situado 1,674 m abaixo deste.

Os valores médios das preia-mares e baixa-mares variam muito pouco, de ano para ano, com um ciclo de aproximadamente 18,6 anos (ciclo nodal). No entanto, a estes valores, referidos a um nível médio adotado umas décadas atrás, deverá somar-se cerca de 0,1 m, para se ter em conta a subida do nível médio do mar.

Os valores referidos foram obtidos em condições meteorológicas ditas “normais” (maré astronómica). Sob condições meteorológicas anómalas (ventos fortes ou de prolongada duração, ou grandes perturbações da pressão atmosférica) a altura de água passa a ter uma

importante componente meteorológica sobreposta à componente devida à maré astronómica, podendo verificar-se variações significativas das cotas indicadas.

A agitação marítima também pode contribuir para a variação da cota do plano de águas. De facto, a chegada contínua de grupos de onda de alta declividade (grande altura e pequeno comprimento ou período) provoca, sobretudo após a sua rebentação, a elevação do nível da água na direção da costa (do inglês "*set-up*").

Atendendo a que o nível máximo e mínimo das marés só ocorre nos equinócios, a probabilidade de ocorrência simultânea destas marés e de fortes alterações na pressão atmosférica é relativamente baixa, pelo que se consideram como representativos os valores máximos e mínimos indicados.

Independente de outros fenómenos que possam ocorrer, a variação do nível da água é dominado essencialmente pela maré, no entanto, desenvolvemos as restantes condições atmosféricas que podem excecionalmente contribuir para a subida do nível do mar.

6.4.2. Sobrelevação meteo-oceanográfica

Conforme já referido, a variação do nível do mar é condicionada, essencialmente pela maré, mas sob condições meteorológicas anómalas (ventos fortes ou de prolongada duração, ou grandes perturbações da pressão atmosférica) a altura de água pode passar a ter uma importante componente meteorológica sobreposta à componente devida à maré, podendo, excecionalmente, verificar-se variações significativas das cotas indicadas.

A agitação marítima também pode contribuir para a variação da cota do plano de águas. De facto, a chegada contínua de grupos de onda de pequeno comprimento e período, mas alta declividade (grande altura), provoca, após o seu rebentamento, a elevação do nível da água (do inglês "*set-up*") na direção da costa, dizendo-se por vezes que "o mar está a encher". Trata-se do resultado do transporte e acumulação progressiva das massas de água que vão sendo mobilizadas e movimentadas, em direção à costa, devido ao processo de rebentação das ondas.

Assim, para o cálculo das cotas de coroamento das obras e suas profundidades interessam não somente as alturas de maré, resultantes da soma (algébrica) das suas componentes astronómica e meteorológica, mas também as variações do nível da água (sobrelevação ou rebaixamento) devido à agitação marítima. À exceção da maré astronómica, todos os restantes fenómenos (denominados globalmente por "*storm surge*") são de muito difícil quantificação, não existindo em Portugal medições sistemáticas destas grandezas.

No entanto, 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).

No Quadro seguinte reproduzem-se alguns dos valores apresentados no trabalho referido.

Quadro 7 – Valores médios registados da sobreelevação metereológica

Estação Marégrafo	Viana do Castelo	Aveiro	Cascais	Lisboa	Tróia	Sines	Lagos
Aproveitamento dos Registos (%)	69	87	87	93	60	82	77
Valores ultrapassados em 5 % dos casos (cm)	**39**	**31**	26	23	28	29	33
Valores ultrapassados em 1 % dos casos (cm)	54	42	34	29	34	35	43
Valores ultrapassados em 0.1 % dos casos (cm)	90	67	43	39	41	43	60
Máximo valor observado (cm)	110	78	52	48	51	47	75

No caso de Leixões, podem ser tomados valores médios dos correspondentes a Viana do Castelo e Aveiro, uma vez que aquele local se situa sensivelmente a meio deste troço.

Assim, a uma amplitude de maré média de águas-vivas da ordem dos 3,0m, será de adicionar 0,4 a 0,5m para ter em conta uma eventual sobrelevações meteorológicas.

No caso de ocorrência simultânea, de sobrelevações meteorológicas com preias-mar de águas vivas máximas que ocorrem nos equinócios, cuja probabilidade de ocorrência será muito rara, mas que assumem níveis próximos do mais 4,0m ZH, será de adicionar também 0,4 a 0,5m.

Este aspeto é particularmente importante para dimensionar as obras de abrigo de um porto comercial, (que em situação de tempestade pode ficar sujeito a alturas de onda maiores), não o seu interior, cuja cota dos cais é condicionada pelo bordo livre dos grandes navios, e é muito superior ao nível da água.

6.4.3. Regime fluvial da Ribeira de Leça

No interior do porto de Leixões desagua Rio Leça, fazendo a inserção da sua secção de vazão na bacia portuária a leste, conforme figura.



A informação sobre o Rio Leça é escassa e dispersa. Neste subcapítulo sintetiza-se a pouca informação existente, dando-se mais foco à relativa à zona da foz.

Nasce no Monte de Santa Luzia a cerca de 420 m de altitude, percorrendo 43 km até à sua foz no Oceano Atlântico. A sua bacia hidrográfica apresenta cerca de 178,5 km^2. Tem como afluentes a Ribeira de Arquinho (33,3 km^2) e ribeira de Leandro (19,7 km^2)

O escoamento médio anual, no período compreendido entre 1989-2015, é em média 96 hm^3; em ano seco (20%) cerca de 41hm^3 e ano húmido (80%) cerca de 132hm^3.

A região abrangida pela bacia hidrográfica do rio Leça apresenta valores da precipitação média anual que variam entre os 900 e os 2 400 mm, localizando-se os valores mais elevados na região próxima da nascente do rio Leça. À medida que se caminha para a foz regista-se uma diminuição progressiva dos valores.

No **rio Leça** pelo fato de não existir nenhum aproveitamento hidráulico, em situações de precipitação intensa não há possibilidade de desfasar o pico de cheia.

No entanto, conforme figura abaixo, não é junto à foz que se registam os eventos extremos.

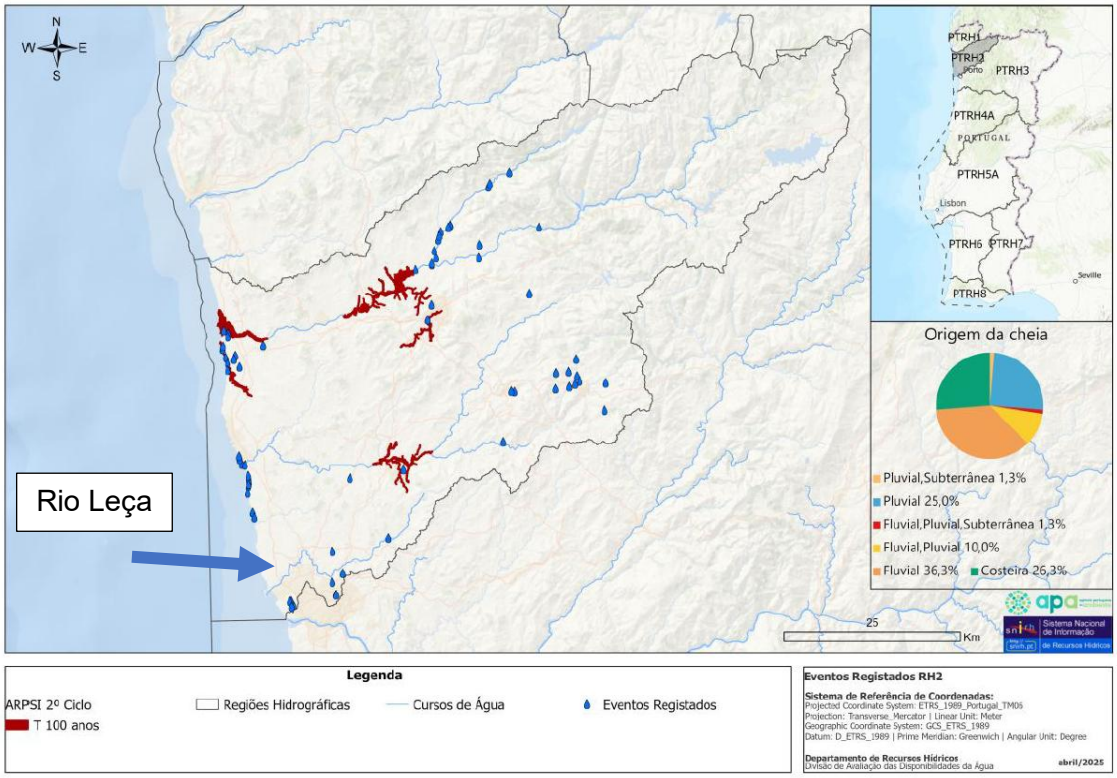


Figura 29 - Localização geográfica dos eventos registados - RH2

Além disso, a secção de vazão do rio na zona de transição para o porto, passa de cerca de 100 m^2 para uma secção de vazão dez vezes superior, pelo que o efeito do seu caudal é residual quando entra no porto e não tem qualquer capacidade de influenciar o nível da água instantâneo.

Conforme já anteriormente indicado, o fenómeno que domina a variação do nível do mar no interior do porto de Leixões é a maré, sendo que o caudal fluvial não tem qualquer componente digna de registo.

6.4.4. Previsão da subida do nível médio 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 ± 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.

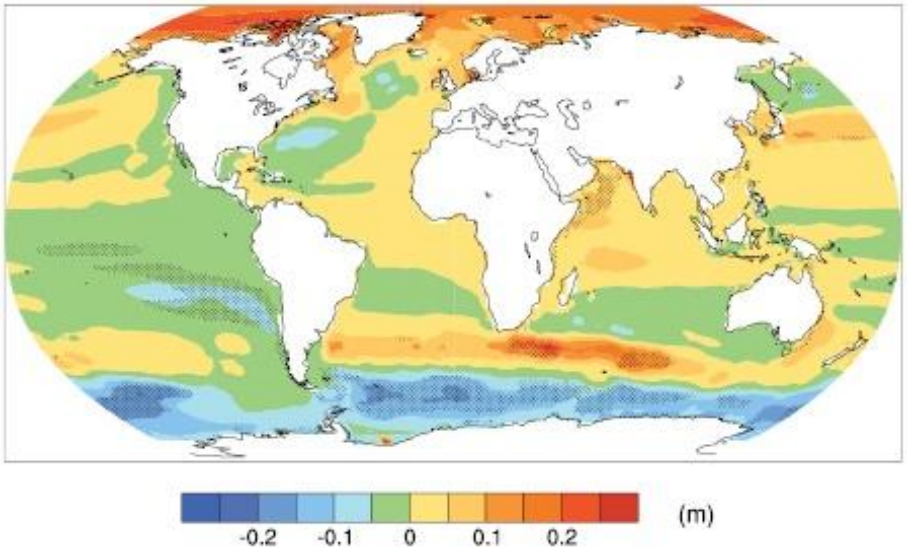


Figura 41 – Variação regional do nível médio do mar (m) em relação às previsões globais eustáticas para o Séc. XXI (extraído de IPCC, 2007)

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 glaciar e do manto de gelo a fonte dominante do aumento do nível médio do mar.

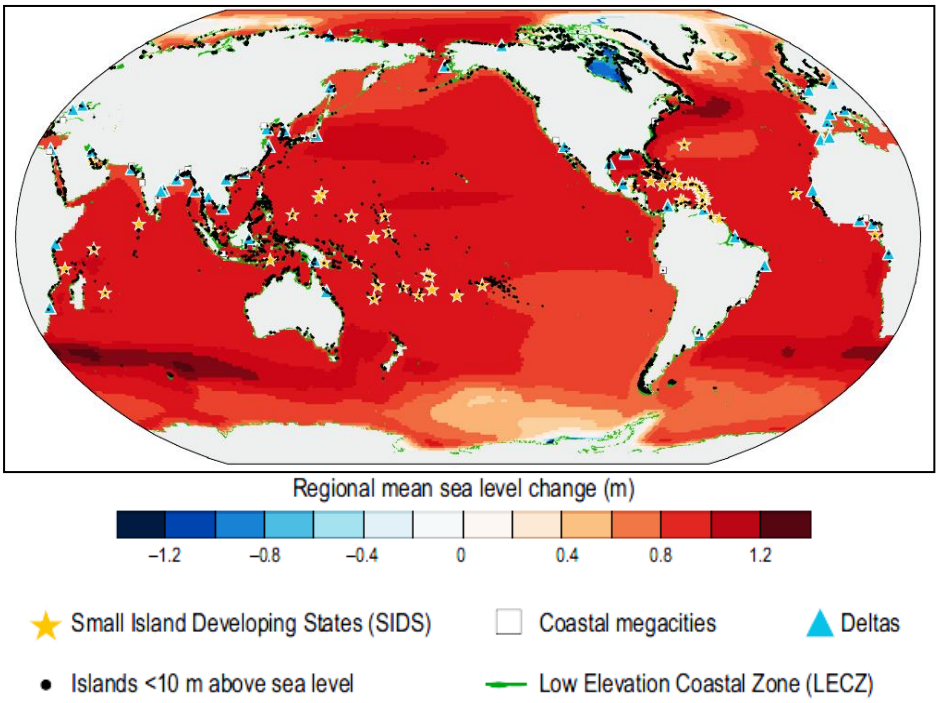


Figura 42 – Variação regional do nível médio do mar (m) em relação às projeções de acordo com o cenário RCP 8.5 (2081-2100) (extraído de SROCC – CCB9, 2019)

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.

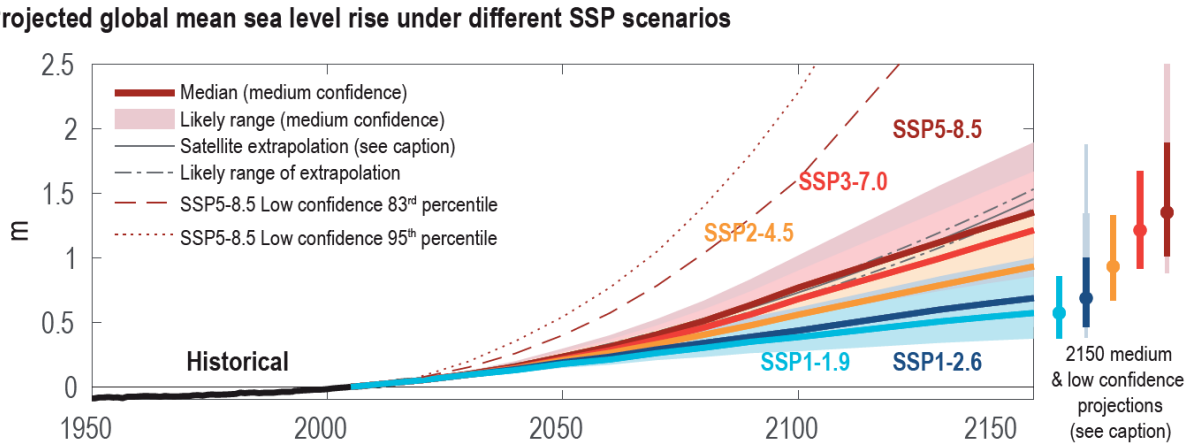


Figura 43 – Cenários de variação do nível médio do mar (m) para o Séc. XXI (extraído de IPCC_AR6_WGI_TS, 2021)

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 1,5ºC em relação à tendência registada entre 1850 e 1900, e implica emissões nulas de CO_2 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 2,0ºC em relação à tendência registada entre 1850 e 1900, e implica emissões nulas de CO_2 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 CO_2, 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 CO_2 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 CO_2 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 CO_2 duplicam aproximadamente em relação aos níveis atuais até 2050 (equivalente ao cenário RCP8.5 do AR5, no entanto, as emissões de CO_2 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.

6.4.5. Nível máximo expectável e cota do cais do novo Terminal de Contentores Norte

Os níveis de água de projeto a adotar resultam da combinação das diversas componentes atrás descritas. Com vista a estimar o nível extremo do mar a considerar, com o objetivo de determinar a cota da plataforma do cais de modo a evitar a sua inundação, estimou-se que o nível extremo possa eventualmente vir a atingir a cota +5,0m(ZH).

No entanto, o estabelecimento das cotas dos cais de portos comerciais é essencialmente condicionado pelas dimensões do navio de projeto, para este efeito, o bordo livre e, como se trata de navios de grande porte, com grandes bordos livres, exigem cotas dos cais também elevadas.

Além disso, quando se está a ampliar um cais existente, como é o caso, por razões operacionais, as cotas dos novos cais têm que ficar de nível com os existentes para se manter a continuidade. No caso particular do atual terminal de contentores norte a cota do cais é +6,0m ZH, sendo também esta a cota do novo cais.

Como se viu anteriormente, num cenário mais gravoso e improvável, o nível da água estimado não excede a cota +5,0m ZH, 1 metro abaixo da cota estabelecida para o cais, pelo que se considera que no caso da ampliação do cais do terminal de contentores norte, não é necessário prever medidas adicionais para minimizar os impactos das alterações climáticas.

6.5. Regime de ventos

Para efeito da caracterização do regime médio de ventos, tanto ao largo como em terra, recorreu-se a duas fontes de dados distintas. Para o primeiro caso, recorreu-se à base de

dados do projeto europeu ERA-Interim (ECMWF), para o período compreendido entre 1 de janeiro de 1979 e 31 de dezembro de 2016, numa amostra total de 38 anos.

A recolha de dados foi realizada a partir de uma malha de 9 pontos com resolução de 0,75°, num intervalo temporal de 6 em 6 horas, a partir do qual se selecionaram os dados correspondentes ao ponto P6, de coordenadas (41,25° N, 9° W). Apresenta-se a síntese destes na figura seguinte.

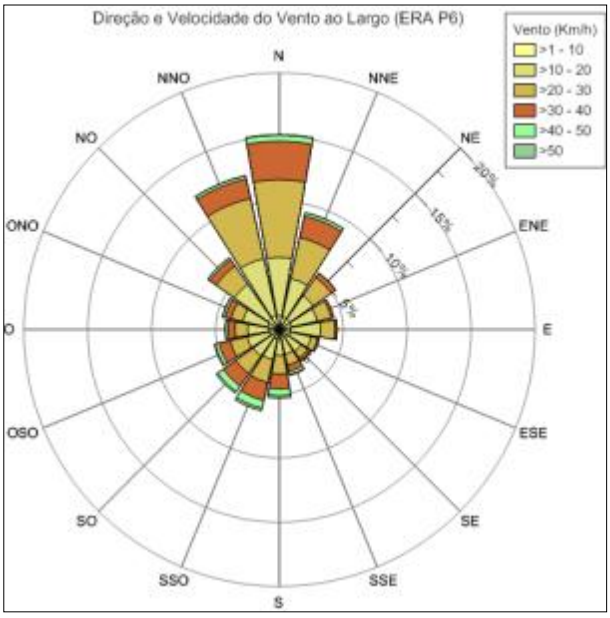


Figura 44 – Distribuição da direção e velocidade dos ventos no ponto ao largo P6 (ERA-Interim), no período 1979-2016

Os dados obtidos aparentam indicar uma maior preponderância dos rumos entre NO e NE, com uma frequência conjunta estimada como próxima dos 50%, com destaque para N com cerca de 15%, seguido de NNO com cerca de 12%. Considera-se relevante destacar igualmente o quadrante entre O e S, com uma frequência conjunta estimada em cerca de 27%.

Relativamente às velocidades, a maioria das observações encontra-se entre os 10 e 30 km/h, com uma frequência conjunta estimada de cerca de 66% do total. Considera-se igualmente importante destacar a estimativa de velocidades máximas superiores a 80 km/h para NNO e a 70 km/h nos rumos S, SSO e SO. Por fim, destaca-se ainda que a este quadrante de rumos (O a S) se estimam as velocidades médias mais elevadas, com valores entre 21 e 25 km/h.

Relativamente ao regime de ventos local, foi possível obter uma rosa-dos-ventos com a distribuição de rumos para o período 2000-2017 na estação Aeroporto (Pedras Rubras) a

partir do portal *Windfinder*, a qual é apresentada na figura seguinte. Destaca-se a preponderância dos rumos entre N e O, com frequência acumulada próxima do 50%.

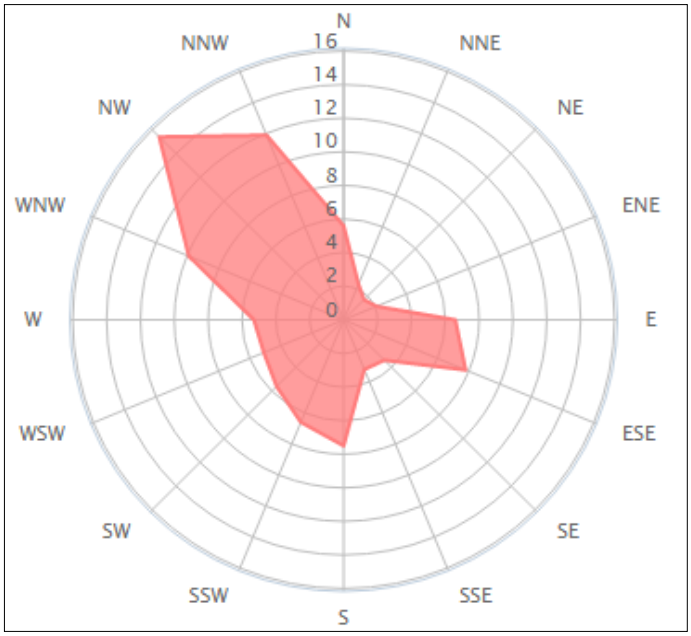


Figura 45 – Distribuição da direção (%) dos ventos na estação Aeroporto Pedras Rubras (Windfinder), no período 2000-2017

6.6. Agitação Marítima

6.6.1. Regime médio ao Largo

Recorreu-se a três fontes distintas de dados com vista a caracterizar o regime de agitação marítima ao largo, das quais apenas as duas primeiras correspondem a séries de dados de agitação possíveis de serem analisadas com métodos estatísticos. Estas fontes são, respetivamente:

- **Fonte A**: Corresponde aos registos tri-horários da boia ondógrafo direcional de Leixões, localizada à profundidade de 83 m, cobrindo um período de cerca de 11 anos de dados (1 de abril de 2004 a 18 de dezembro de 2015), num total de 37161 observações válidas, com 30777 observações tri-horárias válidas num universo de 34953 possíveis, complementadas por 6384 observações em períodos de tempestade.

  A duração de cada registo da boia ondógrafo é de 30 minutos, sendo estes obtidos a intervalos de 3 horas, exceto em situação de tempestade (altura significativa acima de 5 m), em que o intervalo passa, em geral, a 1/2 hora.

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

- **Fonte B**: Corresponde aos resultados do modelo de reconstituição da agitação ("*hindcast*") do projeto europeu ERA-Interim (ECMWF), para o período compreendido entre 1 de janeiro de 1979 e 31 de dezembro de 2016, num total de 38 anos.

  A recolha de dados foi realizada a partir de uma malha de 9 pontos com resolução de 0,75°, num intervalo temporal de 6 em 6 horas, a partir do qual se selecionaram os dados correspondentes ao ponto P6, de coordenadas (41,25° N, 9° W).

  Apresenta-se a localização destas duas fontes de dados na figura seguinte.



Figura 46 – Localização dos pontos referentes às fontes de dados A e B

- **Fonte C**: Corresponde aos resultados do modelo de reconstituição da agitação ("*hindcast*") SIMAR da entidade espanhola Puertos del Estado, para o período entre 1958 e 2017, resultante de uma base de dados com frequência horária.

  Destaca-se a maior proximidade deste ponto a terra, embora não haja qualquer indicação se o modelo em questão reflete a influência da batimetria. Apenas foi possível recolher resultados sistematizados, que se entendeu relevante incluir como um termo comparativo adicional face às fontes anteriores. Apresenta-se a sua localização na figura seguinte.



Figura 47 – Localização do ponto referente à fonte C

Apresentam-se nas figuras seguintes os resultados obtidos do tratamento dos dados obtidos pelas Fontes A e B, em termos das distribuições de rumos, alturas significativas (Hs) e períodos de pico (Tp) das ondas ao largo (valores médios anuais), em escalões de 22,5º, 0,5 m e 2 s, respetivamente. Incluem-se ainda as representações gráficas das relações H/T, associadas às curvas de declividade.

Esclarece-se que, para efeito da determinação do regime médio na Fonte A (Boia de Leixões), dada a recolha de dados mais frequente em período de tempestade, se consideraram apenas os dados referentes às observações regulares de 3 em 3 horas, num total de 30 777 observações.

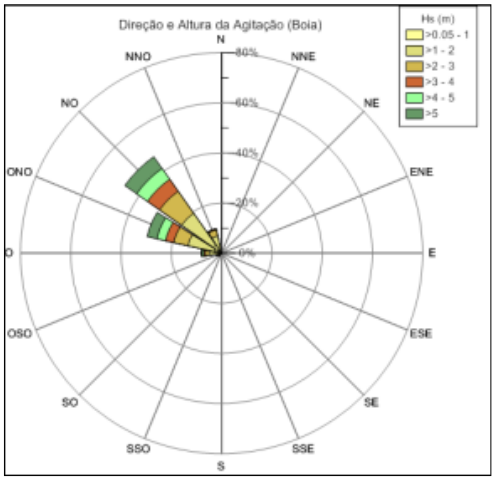


Figura 48 – Distribuição das alturas significativas e períodos de pico da agitação ao Largo segundo o rumo (Fonte A)

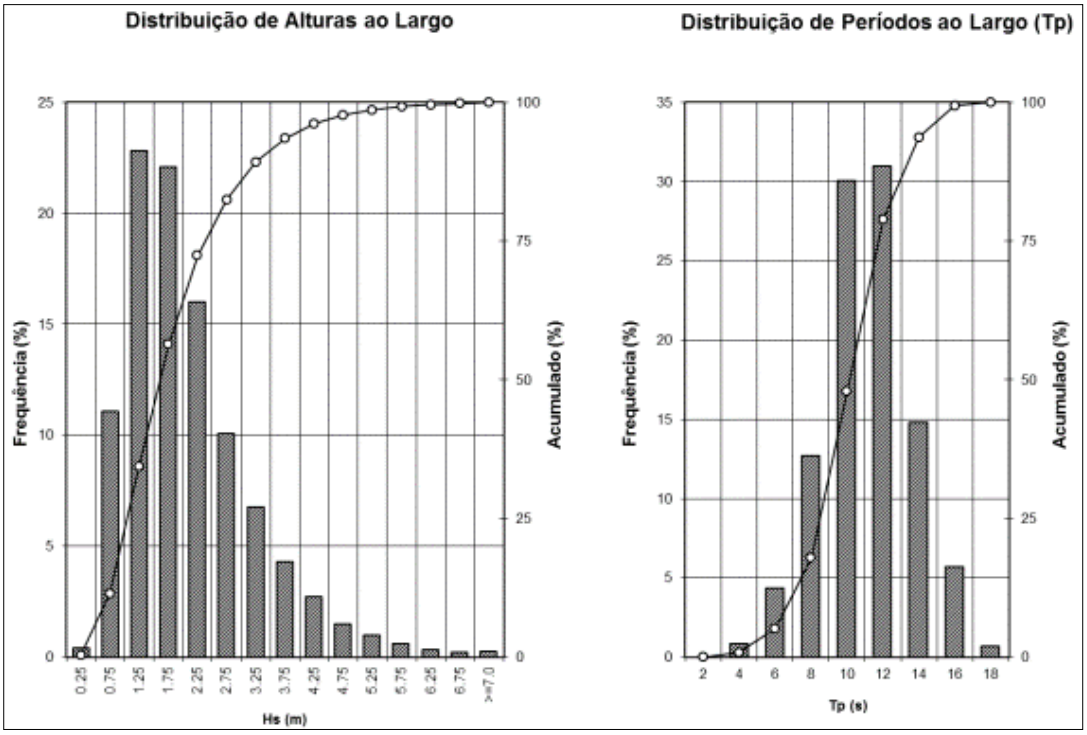


Figura 49 – Distribuição das alturas significativas e períodos de pico da agitação ao Largo (Fonte A)

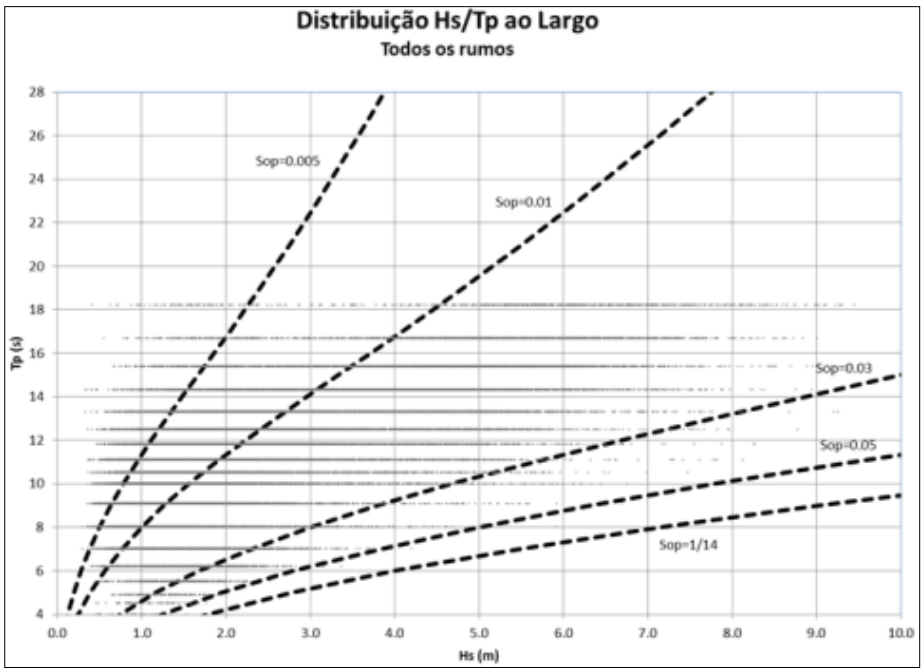


Figura 50 – Relação entre alturas significativas e períodos de pico ao Largo (Fonte A)

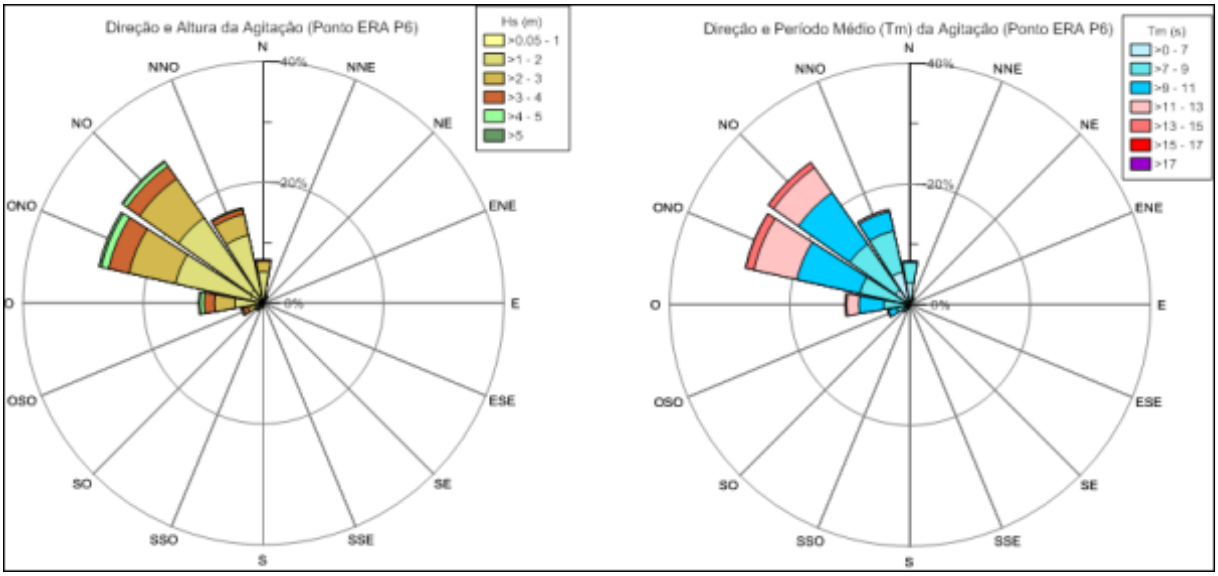


Figura 51 – Distribuição das alturas e períodos médios da agitação ao Largo segundo o rumo (Fonte B)

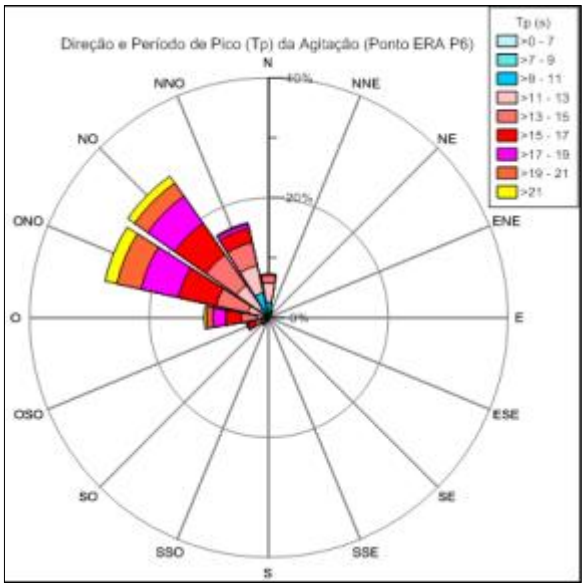


Figura 52 – Distribuição dos períodos de pico da agitação ao Largo segundo o rumo (Fonte B)

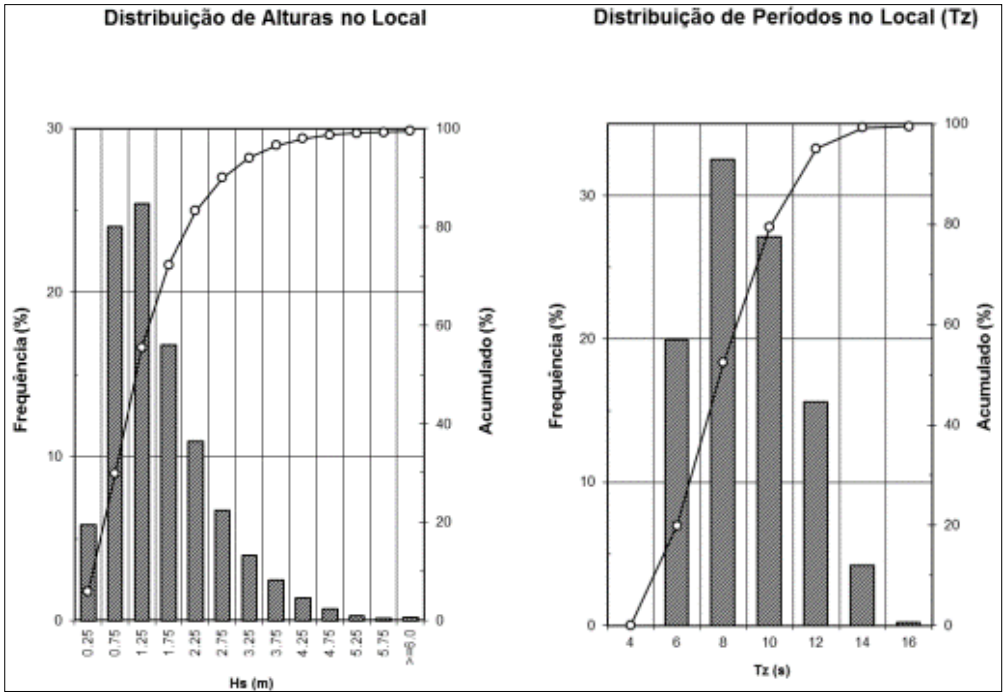


Figura 53 – Distribuição das alturas significativas e períodos médios da agitação ao Largo (Fonte B)

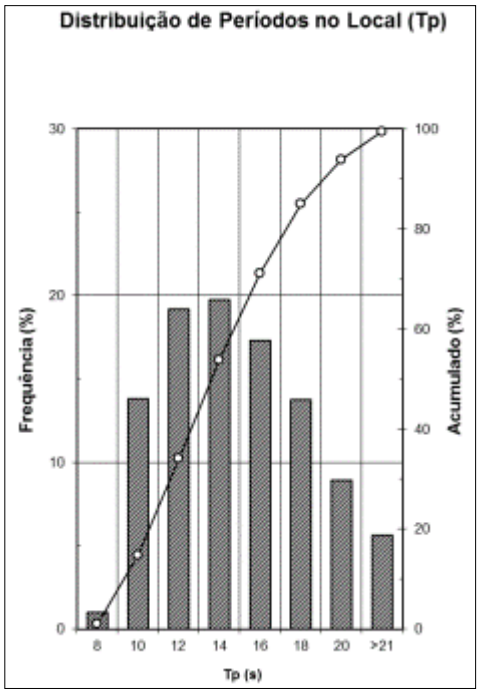


Figura 54 – Distribuição dos períodos de pico da agitação ao Largo (Fonte B)

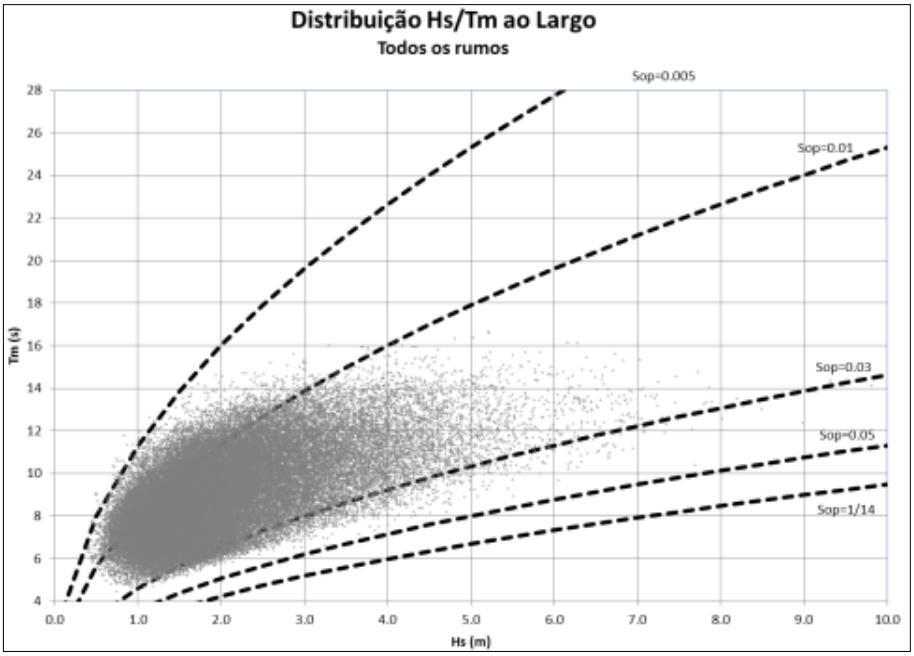


Figura 55 – Relação entre alturas significativas e períodos médios ao Largo (Fonte B)

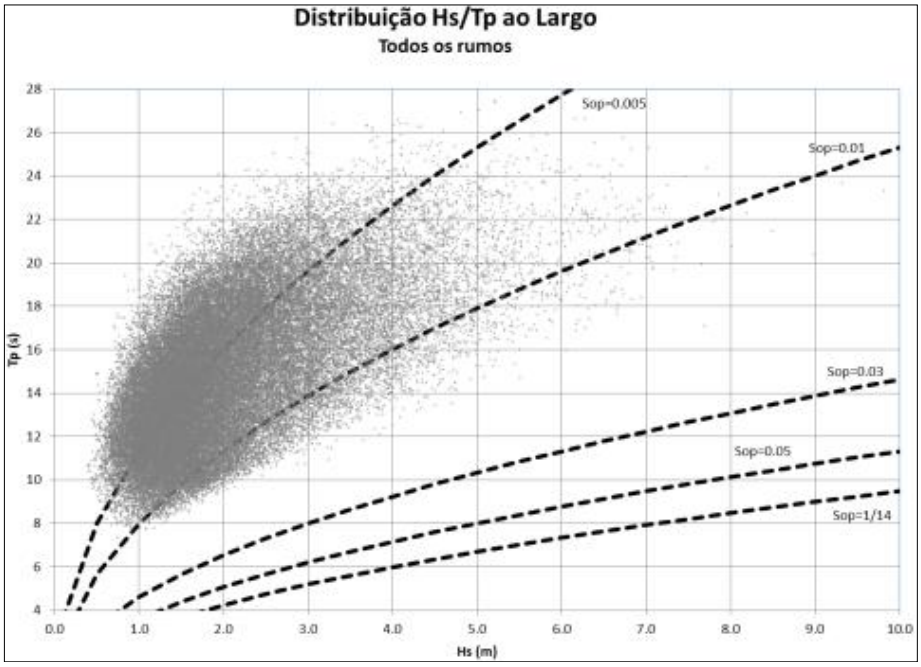


Figura 56 – Relação entre alturas significativas e períodos de pico ao Largo (Fonte B)

Com base nos resultados obtidos, verifica-se:

a) Rumos

A faixa costeira em que se insere Leixões encontra-se exposta à agitação do quadrante (sector de 90º) de NO (sensivelmente 95% do total das observações pela Fonte A e 91% pela Fonte B).

A percentagem de ocorrência de agitação por octantes de rumos (sectores de 45º) tem maior expressão para o rumo de NO (cerca de 46% do total das ocorrências para a Fonte A e de 29% para a Fonte B), seguido por ONO (cerca de 29% do total para a Fonte A e de 28% para a Fonte B) e por NNO (cerca de 12% do total para a Fonte A e de 16% para a Fonte B).

b) Alturas

Tendo em conta a totalidade dos rumos (360º), as alturas inferiores a 1 m têm uma ocorrência média de cerca de 11,5% segundo a Fonte A e de 8% para a Fonte B.

As maiores frequências correspondem a ondas com alturas entre 1 e 2 m, com aproximadamente 45% das ocorrências segundo a Fonte A e 50% segundo a Fonte B. As ondas com alturas superiores a 3 e 5 m representam aproximadamente 18% e 2% das ocorrências, respetivamente, para a Fonte A e 15% e 1% para a Fonte B.

c) Períodos

Relativamente à Fonte A, em que se apresentam os períodos de pico registados pela boia ondógrafo, verifica-se a predominância dos escalões entre os 9 e os 13 s, com a maioria (61%) das ocorrências registadas. Os períodos mais frequentes pertencem ao escalão dos 12 s, com cerca de 31% das ocorrências a registarem em cada um destes, seguidos pelo escalão dos 10 s com cerca de 30% e pelo escalão dos 14 s com sensivelmente 15%.

Os períodos inferiores a 9 s têm uma frequência média anual de cerca de 5%, registando os períodos superiores a 17 s similarmente uma frequência média anual inferior a 1%.

Relativamente à Fonte B, em que se apresentam os períodos médios e períodos de pico, verifica-se a predominância dos escalões entre os 7 e os 11 s ao nível dos períodos médios, com a maioria (66%) das ocorrências – 31% referentes ao escalão 9 a 11 s – enquanto ao nível dos períodos de pico tal ocorre entre os 9 e os 15 s, com cerca de 70% das ocorrências (26% para o escalão 11 a 13 s).

Verifica-se ainda que os períodos médios inferiores a 7 s representam cerca de 16% das observações e que os superiores a 13 s representam cerca de 3% do total. Relativamente aos períodos de pico, os períodos inferiores a 9 s representam cerca de 8% das observações e que os superiores a 17 s representam cerca de 7% do total.

d) Relações Altura/Período e Declividades

Relativamente à Fonte A, observa-se que a alturas significativas com valor superior a 7 m estão associados períodos de pico entre os 11 e 18 s, com declividades situadas entre 0,02 e 0,05.

Relativamente à Fonte B, observa-se que a alturas significativas com valor superior a 7 m estão associados períodos médios entre os 11 e 15 s e períodos de pico entre os 15 e 25 s, não existindo declividades superiores a 0,05 relativamente aos primeiros ou a 0,02 no caso dos segundos.

Apresentam-se nas figuras seguintes os dados recolhidos (já tratados de origem) a partir da Fonte C, nomeadamente a distribuição das alturas significativas por rumo, a série de valores máximos anuais para o período total da base de dados e uma tabela com a relação entre alturas significativas e períodos de pico estimados pelo modelo SIMAR.

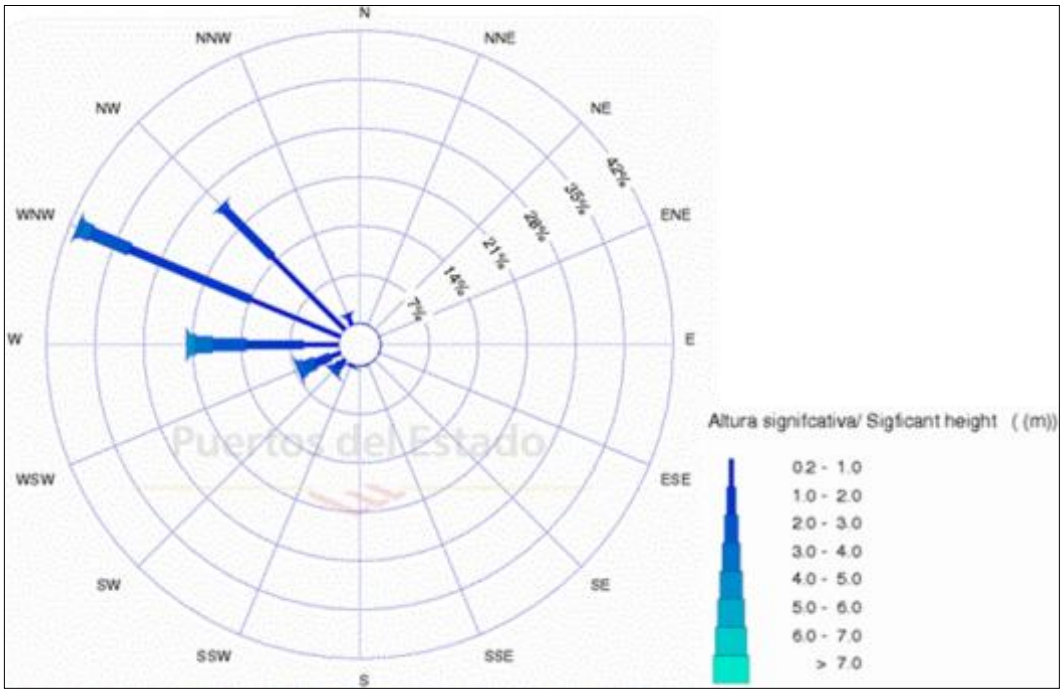


Figura 57 – Distribuição da altura significativa da agitação ao Largo segundo o rumo (Fonte C)

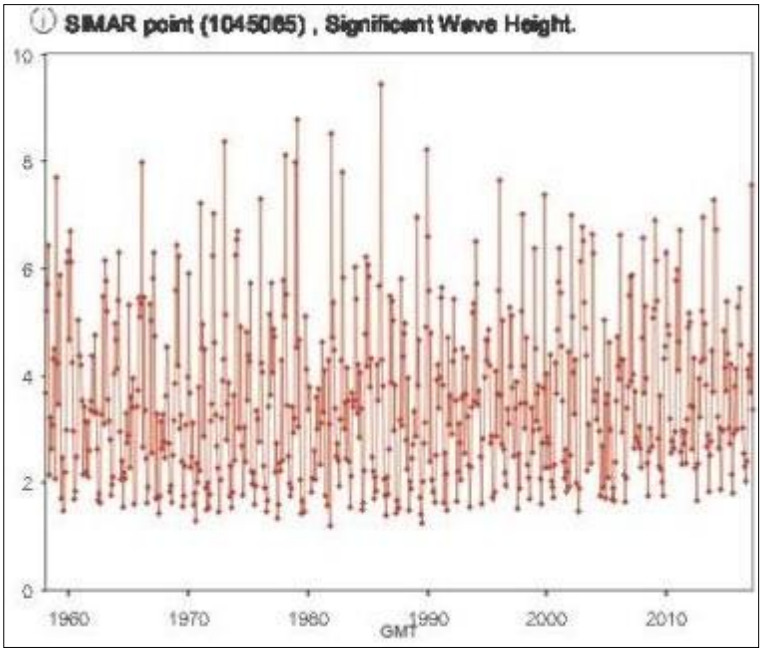


Figura 58 – Série de alturas significativas máximas anuais para o período 1958-2017 (Fonte C)

EFICACIA: 98.43% AÑO/YEAR: 1958-2017		Tp (s)											
		<=2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	>20.0	TOTAL
Hs (m)	<=1.0	---	0.261	2.542	11.136	15.507	6.762	1.927	0.346	0.103	0.011	---	38.596
	2.0	---	0.008	0.684	5.300	13.540	13.975	5.694	1.128	0.199	0.025	0.003	40.556
	3.0	---	---	0.010	0.599	2.257	4.596	4.709	1.306	0.204	0.026	0.004	13.712
	4.0	---	---	---	0.046	0.481	1.197	1.986	0.957	0.232	0.028	0.001	4.927
	5.0	---	---	---	---	0.052	0.294	0.638	0.402	0.144	0.021	---	1.553
	6.0	---	---	---	---	0.002	0.048	0.172	0.160	0.071	0.019	---	0.474
	7.0	---	---	---	---	---	0.004	0.042	0.056	0.031	0.006	---	0.140
	8.0	---	---	---	---	---	---	0.004	0.016	0.010	0.003	---	0.035
	9.0	---	---	---	---	---	---	0.001	0.004	0.002	---	---	0.007
	10.0	---	---	---	---	---	---	---	0.001	---	---	---	0.001
	>10.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	TOTAL	---	0.269	3.236	17.082	31.839	26.875	15.173	4.376	0.997	0.140	0.011	100%

Figura 59 – Relação entre as alturas significativas com os períodos de pico (Fonte C)

Segundo esta fonte, existe um predomínio de agitação proveniente de rumos de ONO (cerca de 40% das observações), seguido de NO (cerca de 25%) e O (cerca de 20%). No caso do modelo SIMAR ter em conta a profundidade existe no ponto em questão, a maior proximidade à costa face aos anteriores poderá justificar esta distribuição, refletindo assim a refração das ondas na propagação até este ponto.

A maioria das ocorrências tem altura significativa entre 1 e 2 m (cerca de 40,6% do total das observações), representando as alturas inferiores a 1 m cerca de 38,6% do total. A percentagem da agitação com altura significativa superior a 3 e a 5 m é, respetivamente, de 7% e inferior a 1%.

Relativamente aos períodos de pico, a maioria das observações encontra-se entre 8 e 12 s, com cerca de 59% das observações, registando ainda cerca de 21% de observações abaixo dos 8 s e de 1,15% acima de 16 s.

O maior valor de altura significativa atingida aproxima-se de 9,5 m. As alturas significativas registadas de valor superior a 7 m estão associadas a períodos de pico entre os 12 s e os 20 s.

6.6.2. Regime médio na aproximação ao Porto de Leixões

A exposição atlântica do Porto de Leixões leva a que esta esteja sujeita ao impacto das grandes tempestades que se geram ao largo da costa portuguesa. A agitação ao largo foi transposta para as proximidades deste através de um programa de cálculo automático de Refração Espectral, desenvolvido pela CONSULMAR que tem em conta o empolamento não linear das ondas e a sua rebentação.

Para o efeito, foram selecionados os pontos PL e PL2, apresentados na figura seguinte, localizados respetivamente a -20,0 m (ZH)/-19,674 m (ZHL) e -17,0 m (ZH)/-16,674 m (ZHL).

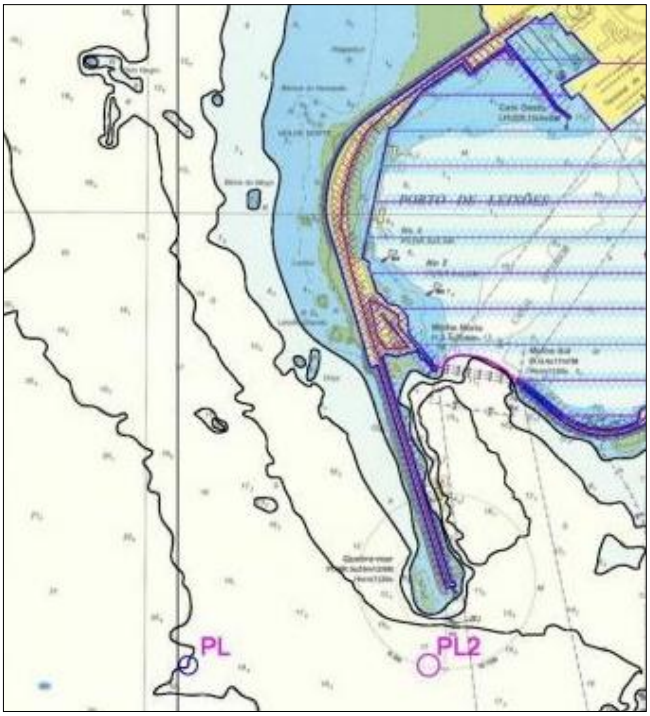


Figura 60 – Localização dos pontos PL e PL2

Para a definição do regime médio à entrada do porto, optou-se por propagar a agitação até ao ponto PL, que se considera mais representativo das condições de agitação na aproximação após a construção do prolongamento do quebra-mar exterior. Assumiram-se condições de maré médias (NM) para realização desta propagação.

Todas as frequências indicadas estão referidas ao total da agitação transferida do largo (360º), podendo incluir ondas que não chegam a atingir o ponto considerado. Este efeito é aqui, contudo, pouco sentido, visto chegarem 99,9% das ondas da Fonte A e 99,5% das ondas da Fonte B.

Apresentam-se nas figuras seguintes os resultados obtidos do tratamento dos dados obtidos pelas Fontes A e B, em termos das distribuições de rumos, alturas significativas (Hs) e períodos de pico (Tp) das ondas no ponto PL (valores médios anuais), em escalões de 22,5º, 0,5 m e 2 s, respetivamente. Incluem-se ainda as representações gráficas das relações H/T, associadas às curvas de declividade.

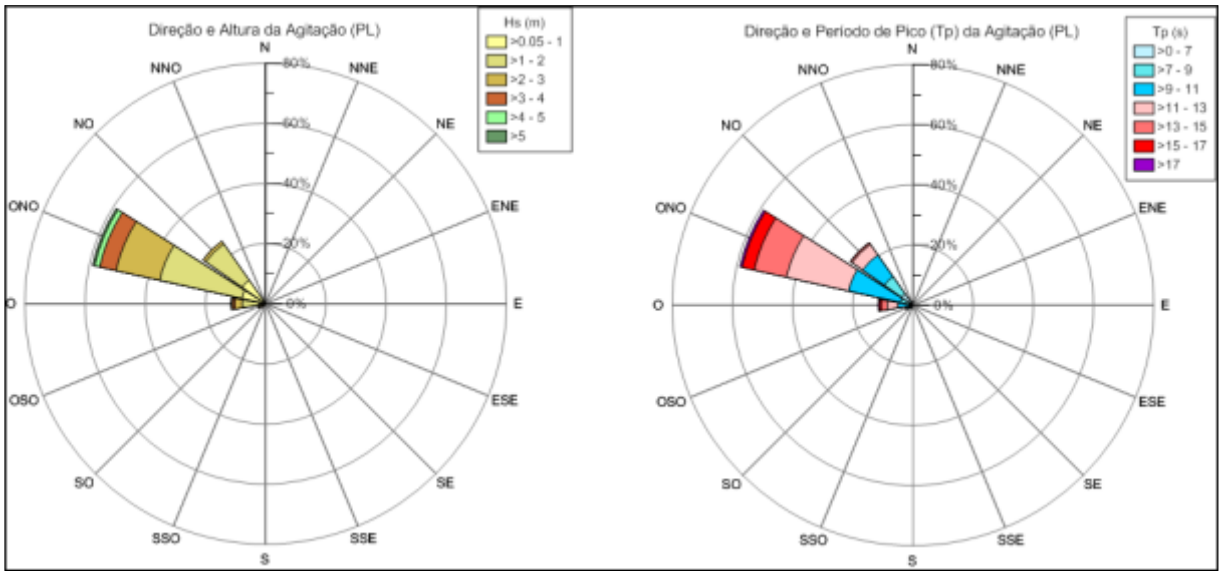


Figura 61 – Distribuição das alturas significativas e períodos de pico da agitação em PL segundo o rumo (Fonte A)

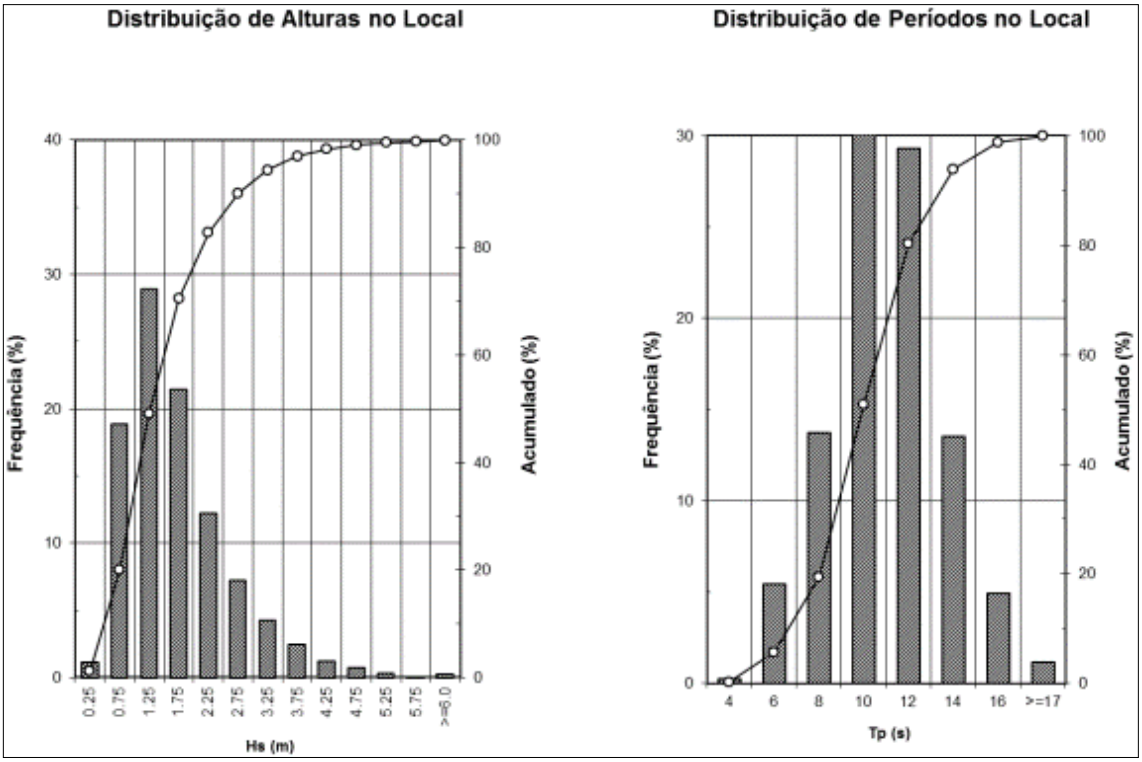


Figura 62 – Distribuição das alturas significativas e períodos de pico da agitação em PL (Fonte A)

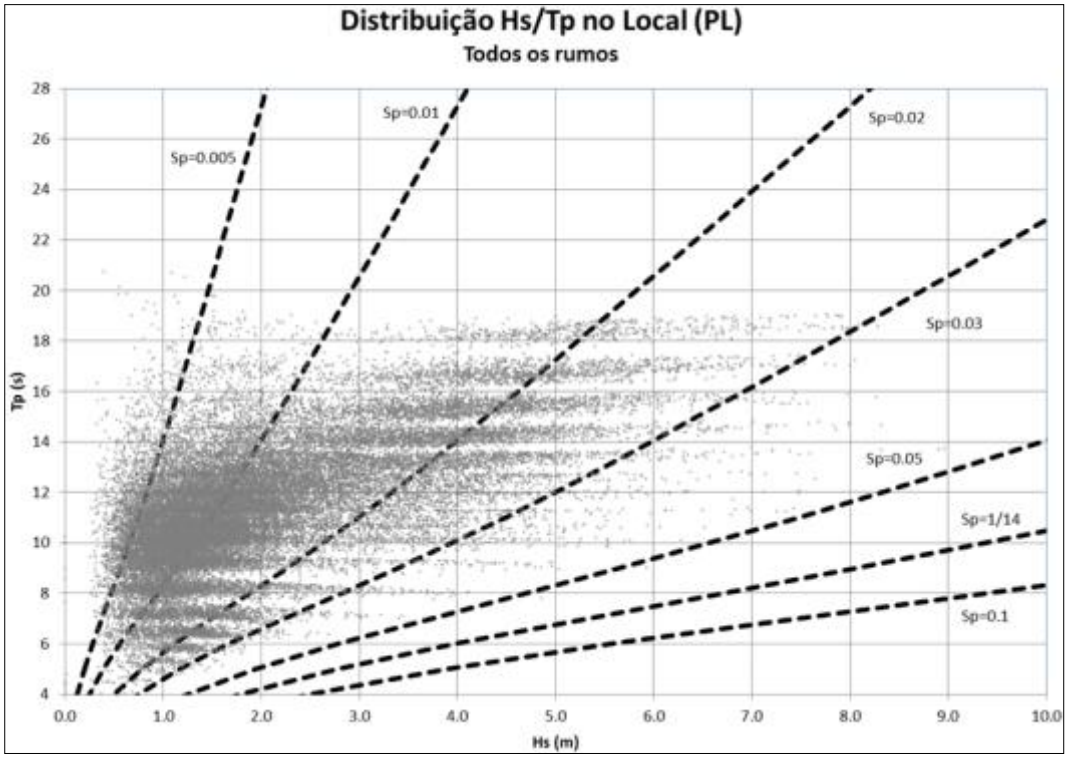


Figura 63 – Relação entre alturas significativas e períodos de pico em PL (Fonte A)

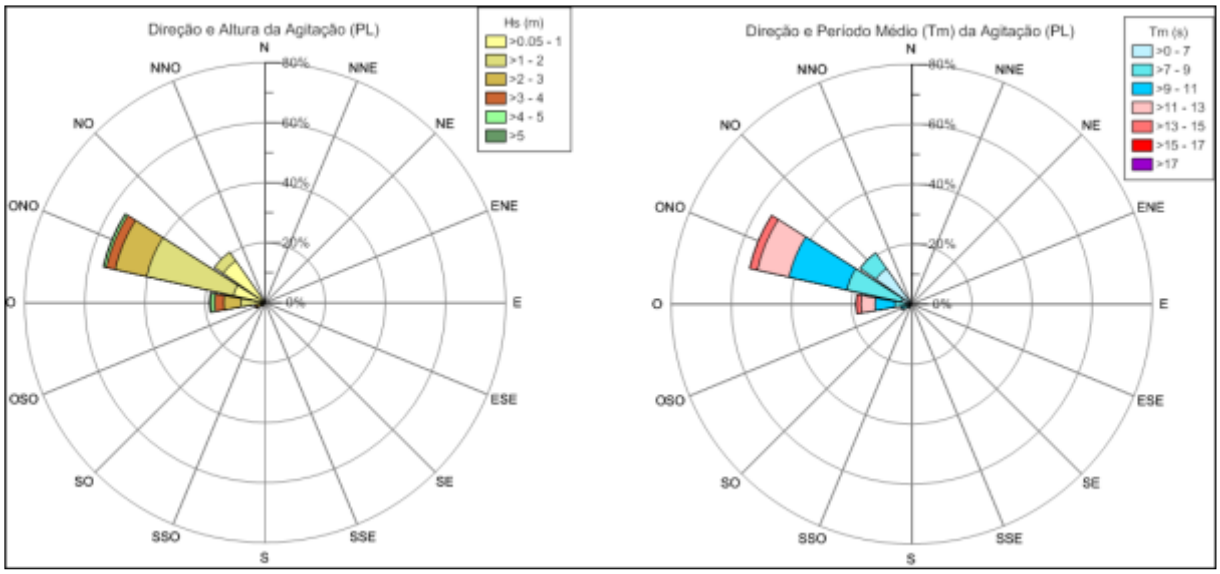


Figura 64 – Distribuição das alturas significativas e períodos médios da agitação em PL segundo o rumo (Fonte B)

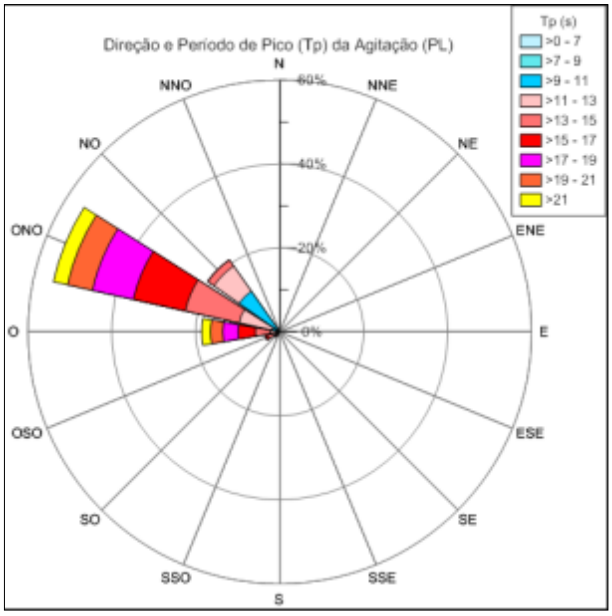


Figura 65 – Distribuição das alturas significativas e períodos de pico da agitação em PL segundo o rumo (Fonte B)

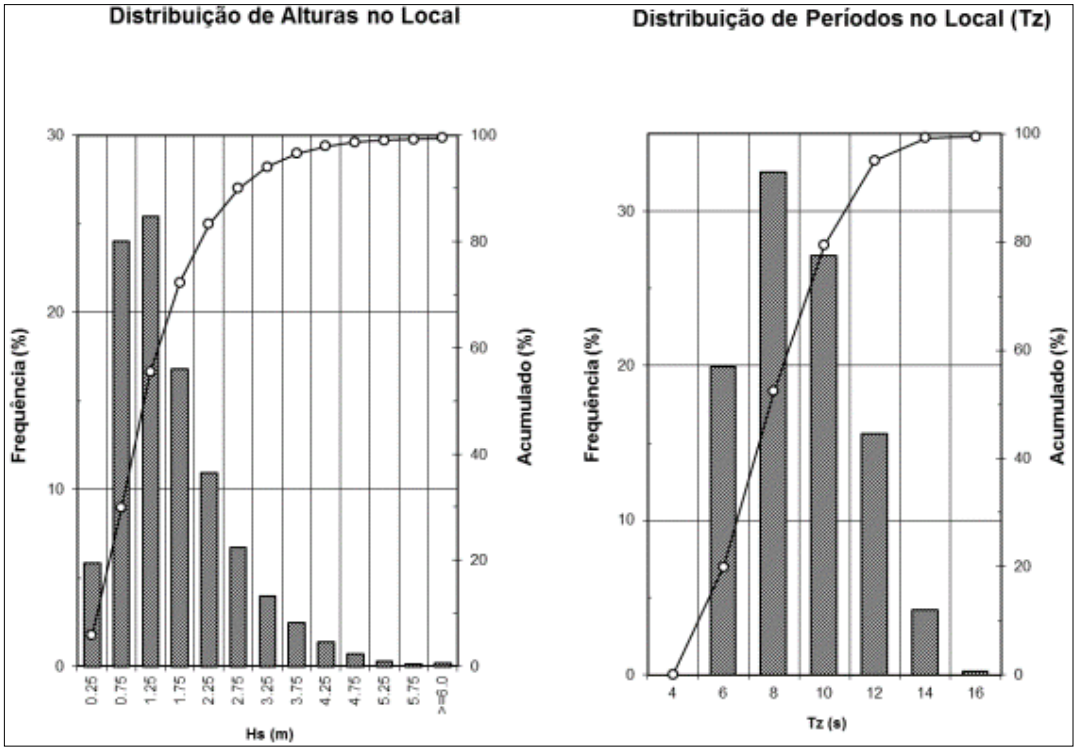


Figura 66 – Distribuição das alturas significativas e períodos médios da agitação em PL (Fonte B)

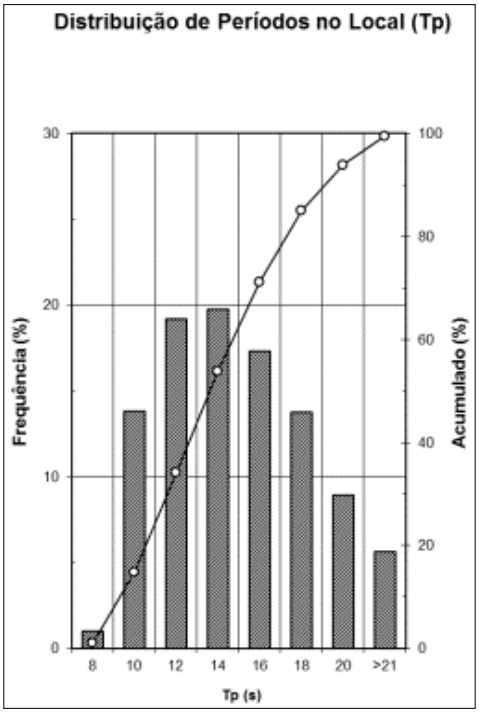


Figura 67 – Distribuição dos períodos de pico da agitação em PL (Fonte B)

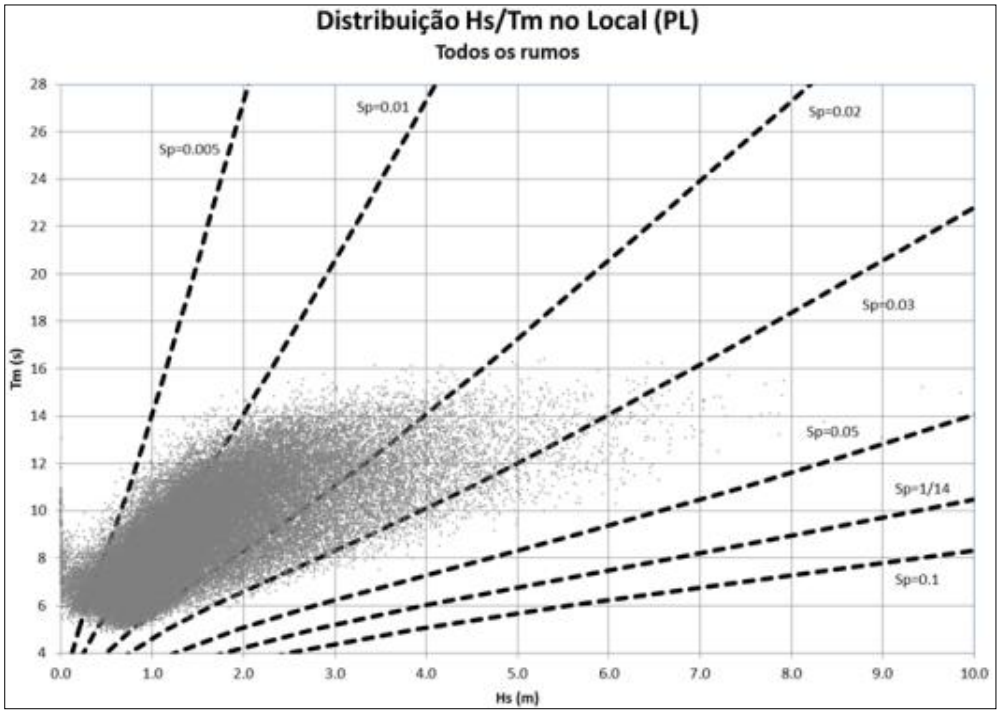


Figura 68 – Relação entre alturas significativas e períodos médios em PL (Fonte B)

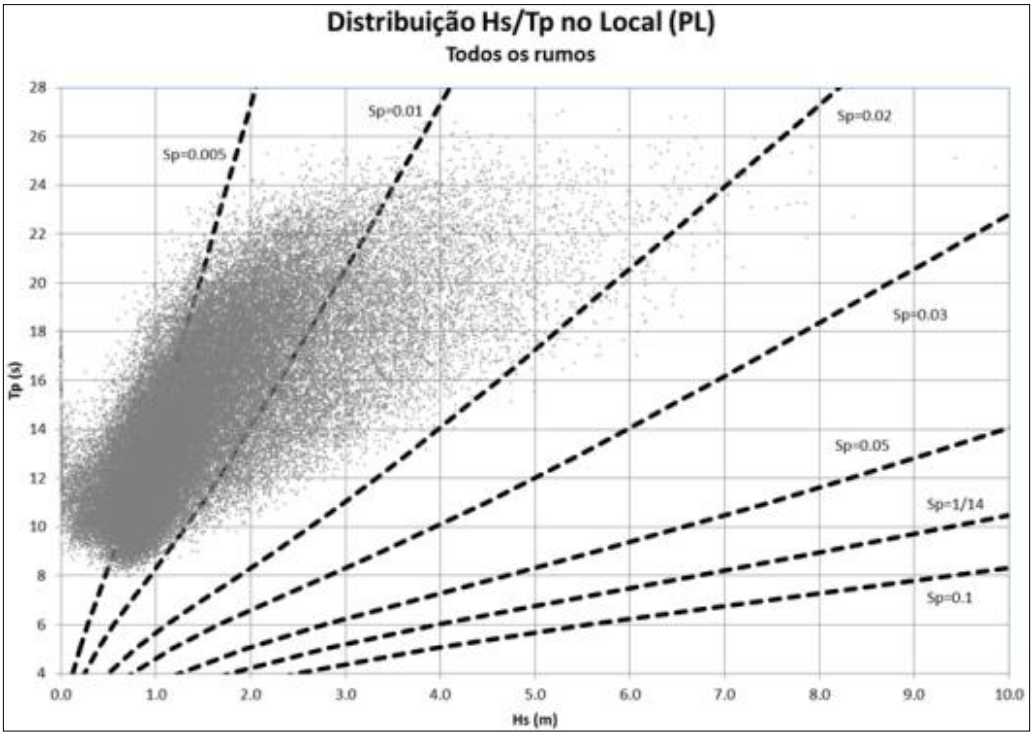


Figura 69 – Relação entre alturas significativas e períodos de pico em PL (Fonte B)

Com base nos resultados obtidos, verifica-se:

a) Rumos

A agitação que atinge o ponto PL tem maioritariamente direção média segundo ONO para ambas as fontes, com cerca de 59% e 55% das observações para, respetivamente, a Fonte A e Fonte B. Segue-se NO com cerca de 25% e 21% e O com cerca de 12% e 19%, igualmente segundo as Fontes A e B respetivamente.

b) Alturas

Tendo em conta a totalidade dos rumos (360º), as alturas inferiores a 1 m têm uma ocorrência média de cerca de 20% segundo a Fonte A e de 30% para a Fonte B.

As maiores frequências correspondem a ondas com alturas entre 1 e 2 m, com aproximadamente 50% das ocorrências segundo a Fonte A e 42% segundo a Fonte B. As ondas com alturas superiores a 3 e 5 m representam aproximadamente 10% e inferior a 1% das ocorrências, respetivamente, para ambas as fontes.

c) Períodos

Relativamente à Fonte A, em que se apresentam os períodos de pico registados pela boia ondógrafo, verifica-se a predominância dos escalões entre os 9 e os 13 s, com a maioria (61%) das ocorrências registadas. Os períodos mais frequentes pertencem ao escalão dos 12 s, com cerca de 32% das ocorrências a registarem em cada um destes,

seguidos pelo escalão dos 10 s com cerca de 29% e pelo escalão dos 14 s com sensivelmente 14%.

Os períodos inferiores a 9 s têm uma frequência média anual de cerca de 19%, registando os períodos superiores a 17 s similarmente uma frequência média anual inferior a 5%.

Relativamente à Fonte B, em que se apresentam os períodos médios e períodos de pico, verifica-se a predominância dos escalões entre os 7 e os 11 s ao nível dos períodos médios, com a maioria (60%) das ocorrências – 31% referentes ao escalão 9 a 11 s – enquanto ao nível dos períodos de pico tal ocorre entre os 9 e os 15 s, com cerca de 53% das ocorrências (20% para o escalão 13 a 15 s).

Verifica-se ainda que os períodos médios inferiores a 7 s representam cerca de 20% das observações e que os superiores a 13 s representam cerca de 4% do total. Relativamente aos períodos de pico, os períodos inferiores a 9 s representam cerca de 1% das observações e que os superiores a 17 s representam cerca de 28% do total.

d) Relações Altura/Período e Declividades

Relativamente à Fonte A, observa-se que a alturas significativas com valor superior a 7 m estão associados períodos de pico entre os 11 e 19 s, com declividades situadas entre 0,025 e 0,05.

Relativamente à Fonte B, observa-se que a alturas significativas com valor superior a 7 m estão associados períodos médios entre os 12 e 16 s e períodos de pico entre os 20 e 27 s, não existindo declividades superiores a 0,05 no relativamente aos primeiros ou a 0,03 no caso dos segundos.

6.6.3. Modelação matemática da propagação da agitação para o interior do porto de Leixões

6.6.3.1. Modelação matemática da propagação da agitação para o interior do porto de Leixões (LNEC)

Para efeito dos estudos preliminares à realização do projeto de prolongamento do Quebra-Mar Exterior, a APDL contratou ao LNEC a realização de ensaios em modelo matemático, os quais foram realizados com recurso ao programa DREAMS e se encontram datados de abril de 2017.

As simulações incluíam um cenário com um prolongamento de 300 m do Quebra-Mar Exterior segundo um alinhamento que forma um ângulo α=20º para Oeste do alinhamento atual, que corresponde à solução adotada no projeto de execução. O cenário inclui igualmente a representação da expansão do terrapleno do Terminal Multiusos para a zona do Porto de Pesca.

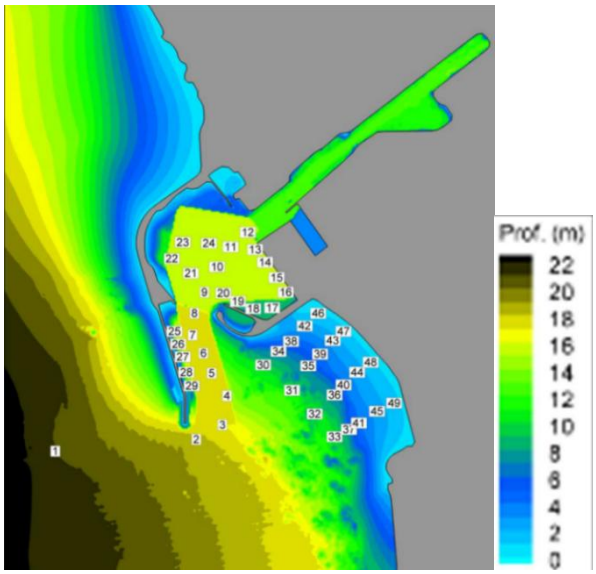


Figura 70 – Condições de fronteira dos ensaios em modelo físico (LNEC, 2017)

Apresentam-se no conjunto de figuras seguintes os resultados das simulações incluídas neste estudo.

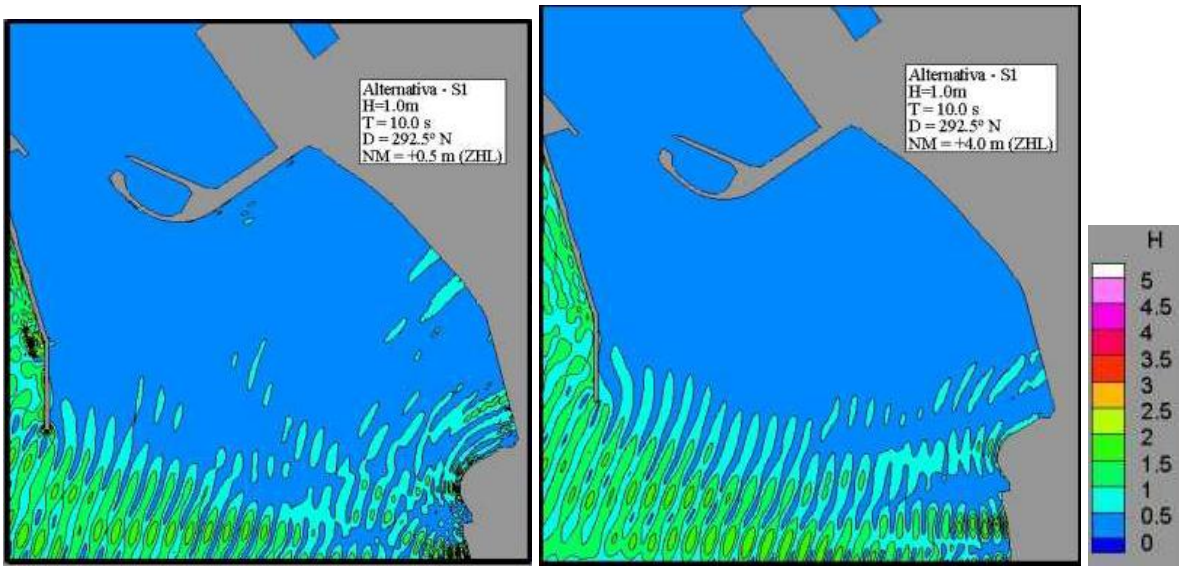


Figura 71 – Simulações com solução de prolongamento S1 (L=300, α=20º) (LNEC, 2017) H0=1 m, T=10s, Dir 292,5ºN – BM (+0,5 m ZHL) e PM (+4,0 m ZHL)

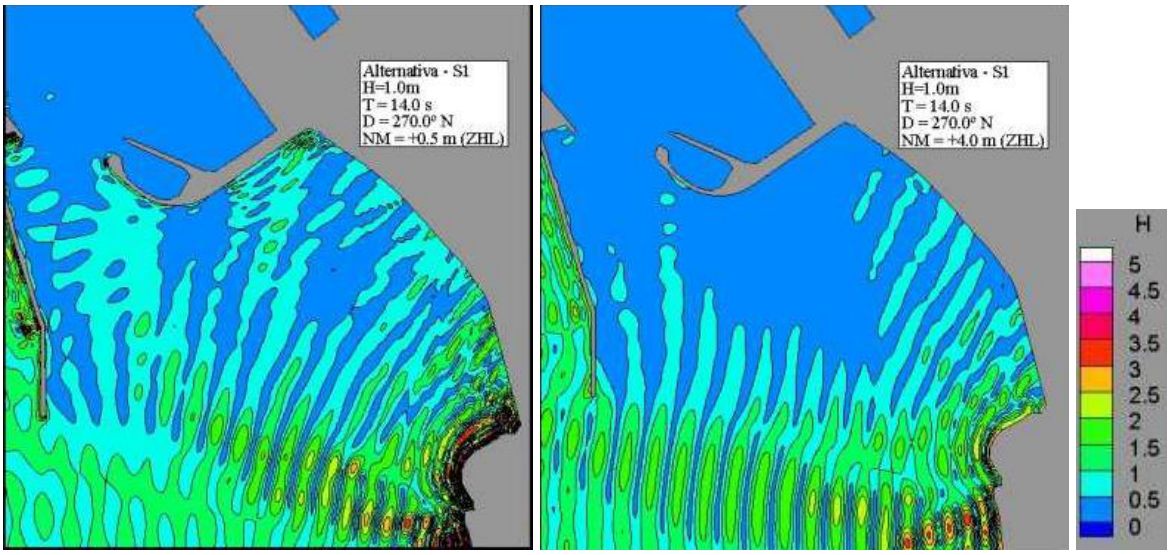


Figura 72 – Simulações com solução de prolongamento S1 (L=300, α=20º) (LNEC, 2017) H0=1 m, T=14s, Dir 270ºN – BM (+0,5 m ZHL) e PM (+4,0 m ZHL)

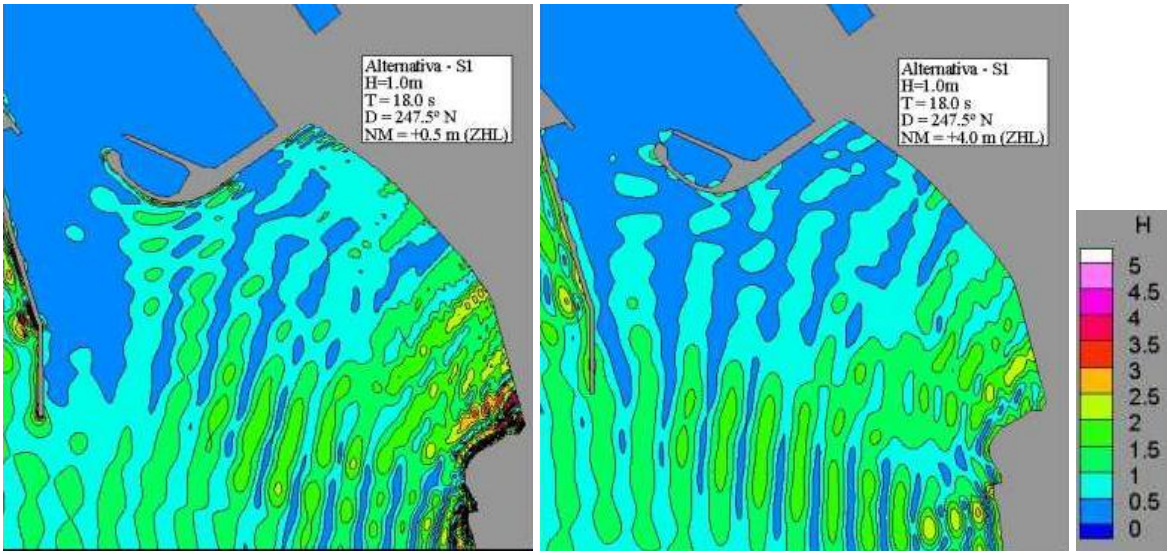


Figura 73 – Simulações com solução de prolongamento S1 (L=300, α=20º) (LNEC, 2017) H0=1 m, T=18s, Dir 247,5ºN – BM (+0,5 m ZHL) e PM (+4,0 m ZHL)

Os resultados sugerem um grau de abrigo aproximadamente uniforme ao longo do alinhamento da frente de cais independentemente das condições de agitação. Sugerem igualmente que se registam índices de agitação inferiores a 0,5 em qualquer situação, interpretando-se os resultados como representando a ocorrência de índices de agitação significativamente inferiores a este valor.

Além das simulações apresentadas, o mesmo conjunto de estudos incluiu a realização de um estudo hidrodinâmico do Porto de Leixões, no qual foi utilizado o modelo SCHISM-WWM, tendo sido simulada a propagação de agitação com altura significativa de 7 m ao largo, conforme se apresenta na figura seguinte.

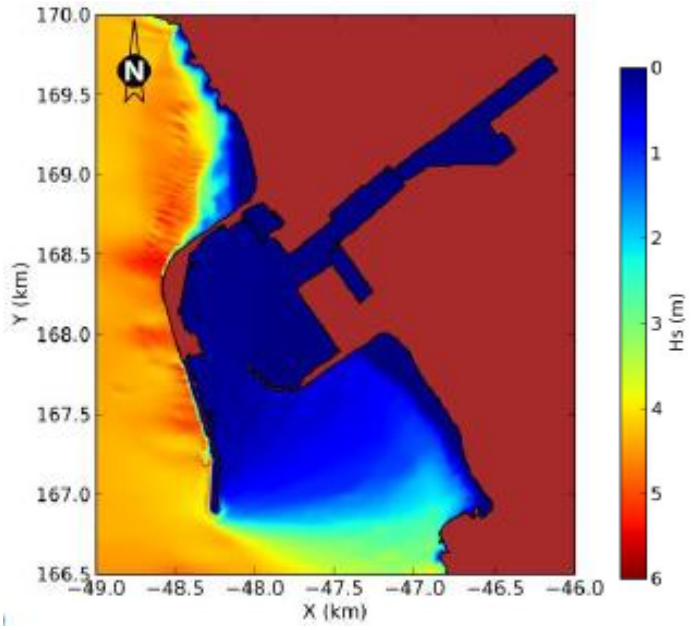


Figura 74 – Simulação da propagação da agitação com modelo SCHISM-WWM H0=7 m, NM=+2,5 m (ZHL) (Solução 1 – LNEC, 2017)

Embora não exista referência explícita à direção e período da agitação propagada, admite-se, em função da incidência sobre o Quebra-Mar Exterior, que tenha sido simulada a propagação de agitação proveniente de rumos dominantes entre NW e W. Ainda assim, a imagem apresentada sugere que o grau de abrigo é substancial mesmo em situação de temporal, aparentando ser sensivelmente o mesmo em todo o alinhamento do cais do Novo Terminal de Contentores.

6.6.4. Propagação da agitação gerada por ventos locais para o interior do porto de Leixões

Para o cálculo da máxima altura significativa (Hs) da vaga de vento local, na zona em estudo, e do período significativo (Ts) correspondente, foi utilizado o programa de cálculo automático – AGIT – desenvolvido pela CONSULMAR, que é um programa concebido para calcular a agitação gerada pelo vento em bacias limitadas, baseado no método de Sverdrup – Munk – Bretschneider, modificado para pequenas profundidades, de acordo com o recomendado pelo "Coastal Engineering Research Center" (USA, 1984).

A análise do regime de ventos local, conduziu às seguintes hipóteses de cálculo: atuação de ventos com velocidades de 10 a 80 km/h, durante o tempo necessário para o pleno desenvolvimento das ondas (cerca de 1 h), podendo soprar de todas as direções, sobre o "*fetch*" efetivo correspondente a cada uma das direções.

Apresenta-se nos quadros seguintes o resumo dos cálculos efetuados, os quais para a situação mais desfavorável, admitindo a ocorrência continua de ventos de S11E, os quais correspondem ao rumo com maior "*fetch*" possível (cerca de 30 km), para condições de maré respetivamente de Nível Médio (+1,7 m ZH) e Praia Mar (+3,7 m ZH).

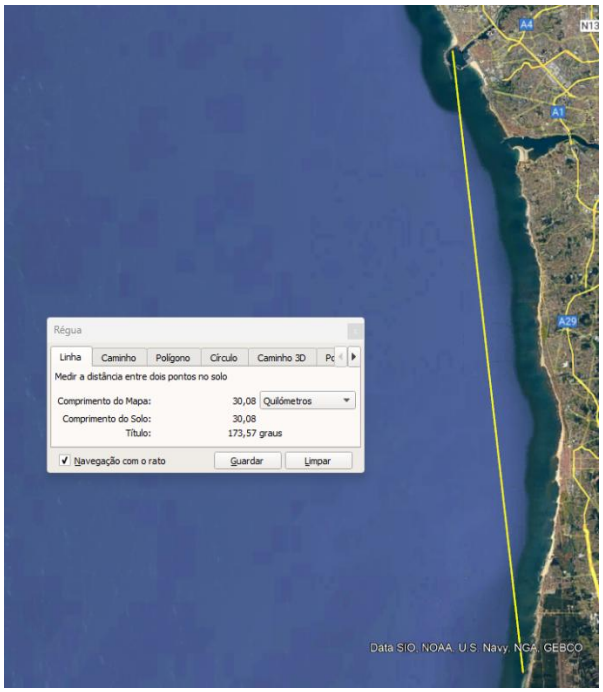


Figura 75 – Cenário de cálculo da agitação gerada por Ventos Locais

Quadro 10 – Agitação gerada pelo Vento
Nível de Maré = +1,7 m (ZHL)

Vel. do Vento (km/h)	Rumo	Fetch (m)	Prof. Média (m)	Altura (m)	Periodo (s)
10	S11E	30000	14	0,15	1,68
20				0,47	2,81
30				0,78	3,50
40				1,10	4,01
50				1,42	4,43
60				1,73	4,78
70				2,04	5,10
80				2,34	5,38

Quadro 11 – Agitação gerada pelo Vento
Nível de Maré = +3,7 m (ZHL)

Vel. do Vento (km/h)	Rumo	Fetch (m)	Prof. Média (m)	Altura (m)	Periodo (s)
10	S11E	30000	16	0,15	1,68
20				0,47	2,83
30				0,79	3,53
40				1,12	4,05
50				1,44	4,47
60				1,77	4,83
70				2,10	5,15
80				2,42	5,44

Atendendo ao regime de ventos previamente apresentado, estima-se que a frequência de ventos na proximidade de Leixões provenientes dos rumos entre SSE e SSO seja a apresentada no quadro seguinte.

Quadro 12 – Distribuição de Frequências de Ocorrência de Vento com rumo de Sul (SSE-SSO)

Escalões Vel. Média Vento (km/h)	Rumo		
	SSE	S	SSO
0 - 10	0,68%	0,77%	0,74%
10 - 20	1,30%	1,25%	1,66%
20 - 30	0,87%	1,44%	1,83%
30 - 40	0,50%	1,18%	1,43%
40 - 50	0,25%	0,51%	0,62%
50 - 60	0,07%	0,18%	0,18%
60 - 70	0,011%	0,027%	0,036%
70 - 80		0,002%	0,004%
Total	3,67%	5,36%	6,49%

Analisando em conjunto os resultados estimados pelo método descrito com a distribuição de frequências, estima-se que:

- A ocorrência de ventos locais dos octantes de S e SSE poderá gerar agitação com pelo menos 1 m de altura, em média, se encontre na ordem de, pelo menos, 4 dias/ano;
- A frequência média de agitação com altura igual ou superior a 1,5 m seja na ordem de, pelo menos, 2 dias/ano;

- Admite-se que a altura de onda máxima gerada pelos ventos locais possa atingir valores na ordem dos 2,4 m, embora se estime uma frequência muito reduzida para a sua ocorrência.

6.6.5. Propagação da agitação gerada pela circulação de embarcações

As embarcações em marcha provocam ondas de esteira cujas características – rumo, período e altura – dependem da relação entre a velocidade (Vs) da embarcação e a profundidade dos fundos (d), expressa através do Número de Froude. A altura de onda gerada depende ainda do deslocamento e da configuração da querena da embarcação.

Apresentam-se no quadro seguinte, em função da configuração da querena e das velocidades de deslocamento, as características das esteiras (período e rumo) formadas pela passagem das embarcações.

Quadro 13 – Ondas geradas pela passagem de embarcações (Adaptado de Marinas and Small Craft Harbours, 2000)

Velocidade (m/s)	Ângulo (º)	Compr. Onda (m)	Período (s)
1,5	35,3	1,13	0,8
2	35,3	1,83	1,1
2,5	35,3	2,83	1,3
3	35,3	4,18	1,6
3,5	35,3	5,58	1,9
4	35,2	7,32	2,2
4,5	35,2	9,24	2,4
5	35	11,49	2,7
5,5	34,7	14,02	3
6	34,2	17,16	3,3
6,5	33	21.12	3,7
7	30.5	26.61	4.2
7,5	25.5	35,66	5.1

Dado terem cristas curtas, a altura das ondas decresce à medida que se propagam para fora do “corredor” de geração. Considera-se que a velocidade de manobra dentro da bacia portuária será estabelecida sobretudo pela ação dos rebocadores, os quais operam normalmente num intervalo de valores com máximo na ordem dos 8 a 10 nós (sensivelmente 4 a 5 m/s).

Em “Marinas and Small Craft Harbours” (2000), são apresentadas curvas de referência relativamente à propagação de ondas geradas pela passagem de embarcações, que se resumem de seguida.

Para uma embarcação a circular a 8 nós (4 m/s), velocidade considerada comum na operação de rebocadores a manobrar a entrada e saída de embarcações de grande porte, estima-se que a altura de onda gerada no corredor de circulação seja de cerca de 1 m, reduzindo-se a cerca de 0,65 m quando a uma distância ao corredor de sensivelmente 15 m e passando a ser inferior a 0,5 m a partir de 46 m de distância a este e inferior a 0,3 m a partir de distâncias superiores a 100 m.

Para uma embarcação a circular a 10 nós (5 m/s), estima-se que a altura de onda gerada no corredor de circulação seja de cerca de 1,5 m, reduzindo-se a cerca de 1 m quando a uma distância ao corredor de sensivelmente 20 m e passando a ser inferior a 0,7 m a partir de 46 m de distância a este e inferior a 0,45 m a partir de distâncias superiores a 100 m.
Como tal, admite-se que, na proximidade dos cais, a altura de onda gerada pelas embarcações em manobra a ter em conta para o dimensionamento das estruturas se encontre sensivelmente entre 1 e 1,5 m.

6.7. Regime sedimentar

De acordo com as conclusões do Estudo do LNEC intitulado – Estudos em modelo Físico e numérico do prolongamento do quebra-mar exterior e das acessibilidades marítimas do Porto de Leixões – Estudo III – Avaliação dos impactes na dinâmica sedimentar, que aqui transcrevemos parte, a dinâmica sedimentar no Porto de Leixões e na sua envolvente pode ser decomposta em diferentes componentes.

> *O rio Leça que desagua no porto, e cujo caudal sólido constitui uma importante fonte de sedimentos, que se depositam maioritariamente na zona montante do porto. Ao melhorarem-se as condições de abrigo, vão-se favorecer a deposição destes sedimentos de origem fluvial, na zona montante do porto, esperando-se uma redução da sedimentação na bacia de manobra.*
>
> *Os de origem costeira, areias médias na praia de Leça e areias finas na praia de Matosinhos e no anteporto. Atualmente, o abrigo proporcionado pelos quebra-mares cria condições hidrodinâmicas que não permitem mobilizar estas areias e transportá-las para o interior do porto. No entanto, em determinadas condições de agitação marítima, forma-se uma corrente de deriva de sul para norte que é parcialmente capturada pelo porto durante a enchente. Esta corrente poderá transportar as frações mais finas dos sedimentos presentes na praia (areias muito finas) para o interior do porto.*
>
> *Em consequência, os sedimentos superficiais no interior do porto são maioritariamente constituídos por sedimentos finos. Com o prolongamento do quebra-mar norte, a zona em que não existem condições de mobilização de areias irá estender-se para sul e para este, dificultando ainda mais a penetração de areias finas e médias de origem marítima*

no interior do porto. No entanto, a captura da deriva litoral pelo quebra-mar irá aumentar, potenciando assim a penetração de areias muito finas no porto.

Apresenta-se na figura seguinte uma representação do modelo conceptual da dinâmica sedimentar descrita.



Figura 76 – Modelo conceptual da dinâmica sedimentar do porto de Leixões

Conforme referido anteriormente, foi simulada a circulação hidrodinâmica no porto de Leixões através da utilização do modelo SCHISM-WWM. Os resultados obtidos sugerem que a velocidade da corrente junto ao cais será inferior a 0,25 m/s mesmo com condições de agitação severas ao largo, conforme se apresenta na figura seguinte.

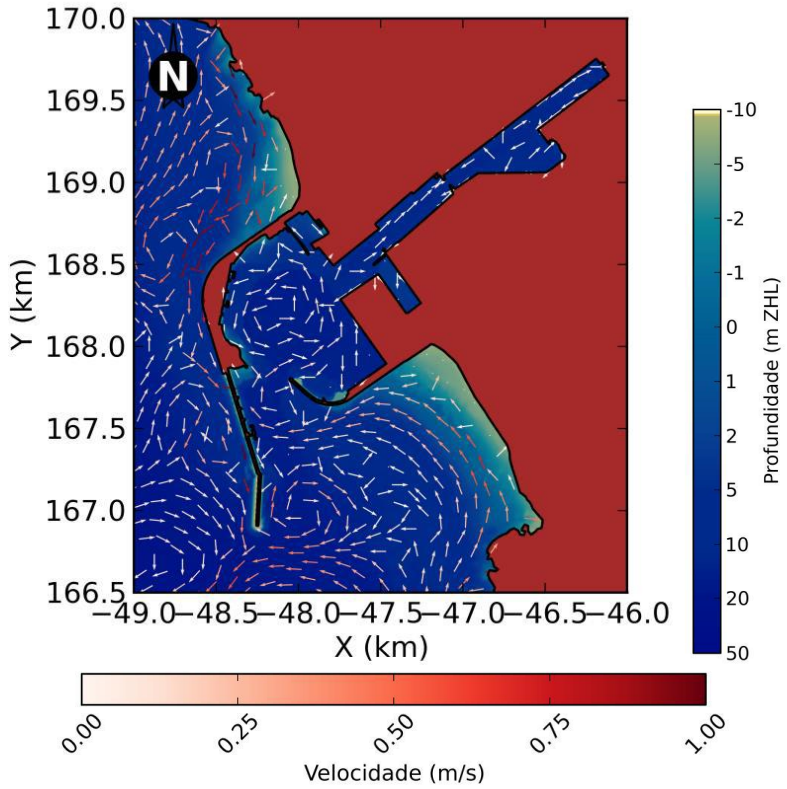


Figura 77 – Simulação da circulação hidrodinâmica com modelo SCHISM-WWM H0=7 m, NM=+2,5 m (ZHL) (Solução 1 – LNEC, 2017)

No que respeita à zona do Terminal Multiusos e Porto de Pesca, as amostras de sedimentos mais próximas (E13 e E15, já anteriormente apresentadas) são compostas em 70% a 80% por materiais finos, indicando à partida condições hidrodinâmicas favoráveis à sua deposição nesta zona.

Os resultados obtidos pelo LNEC em simulações com o modelo VELApart estimam um aumento da taxa média de retenção de sedimentos proveniente do rio Leça de cerca de 55% para um intervalo entre 80 a 90% com o aumento do abrigo da bacia gerado pelo prolongamento do Quebra-Mar Exterior e com o aprofundamento do anteporto, embora também estimem que a deposição destes se tenda a concentrar mais na zona de montante do porto.

As simulações da configuração futura do porto com o prolongamento da obra de proteção e o novo terminal de contentores foram realizadas considerando quer os novos fundos (Solução 1) como os fundos atuais no anteporto (Solução 2).

Enquanto na primeira destas se estima um aumento da deposição dos sedimentos entre 40 e 110%, os resultados para a segunda reduzem-se para um aumento entre 30 a 90%. Tal sugere que o aumento do grau de abrigo na bacia portuária tenderia a ser mais preponderante

para a retenção e deposição dos sedimentos nesta, embora o aumento da profundidade da bacia também tenha algum impacto.

Através da análise do histórico das operações de dragagem de manutenção, o estudo estima uma taxa média de assoreamento anual na ordem dos 200 000 m^3/ano, sendo que o anteporto representa apenas sensivelmente 20% do total, ou seja, cerca de 40 000 m^3/ano. Em função dos resultados obtidos, o estudo estima o aumento da taxa média de assoreamento anual no anteporto para valores entre 44 000 m^3/ano e 80 000 m^3/ano.

7. PROGRAMA DE NECESSIDADES

7.1. Considerações prévias

Em consequência do crescimento do tráfego marítimo mundial de contentores, vem-se assistindo a um crescimento consolidado na dimensão dos navios porta-contentores (maiores comprimentos e maiores calados), o que tem vindo a criar nas infraestruturas portuárias uma pressão crescente para que estas se adaptem a essas novas circunstâncias, melhorando os acessos marítimos, aumentando os fundos e ampliando os respetivos cais e terraplenos.

Esta tendência global de crescimento no movimento de carga contentorizada tem vindo a refletir-se no Porto de Leixões, pressionando a infraestrutura existente a adaptar-se a esta crescente procura do mercado. O Terminal de Contentores Norte apresenta-se como uma infraestrutura com potencial, atendendo à sua localização, acessibilidade e integração. Carece, no entanto, de uma reorganização e otimização, de forma a aumentar a sua eficiência e competitividade, sem descurar uma sustentável e adequada integração com a envolvente.

De acordo com o especificado pela APDL, os estudos a desenvolver deverão ter em consideração as melhores práticas em termos de sustentabilidade e mais atuais tendências high-tech neste tipo de terminais portuários, considerando como aspetos prioritários a maximização da capacidade do terminal em termos de movimentação anual de TEUs, a eficiência da operação e a economia na implementação da solução.

7.2. Valores de referência

As metas definidas pela APDL para o Terminal de Contentores Norte fixam valores de referência para o tráfego a satisfazer, na fase de pleno aproveitamento, quer para a capacidade do cais quer para a capacidade do parque.

Estes valores de referência são os seguintes:

- Capacidade de movimentação anual no cais da ordem de 1 000 000 TEU/ano
- Capacidade anual de movimentação no terrapleno da ordem de 1 000 000 TEU/ano

Para cumprimento destas metas, o estudo deverá propor alternativas de *layout* do terminal de contentores que viabilizem a capacidade pretendida, incluindo os respetivos equipamentos, tanto os de cais como os de terra, atendendo às atuais e futuras tendências tecnológicas.

Para além de fixar as metas do tráfego anual a satisfazer, os Termos de Referência forneciam ainda um *layout* esquemático de princípio, em que era já predefinida a implantação e o

comprimento do cais, a geometria e a área total do terrapleno a utilizar e as delimitações da área em estudo.

Neste caso, o programa de necessidades que visa a criação de condições físicas e operacionais da frente de cais e do terrapleno de apoio, para poder atingir aquelas metas, foi proposto à partida, confundindo-se, em larga medida, a definição deste programa de necessidades com a própria avaliação de capacidade do terminal, que será apresentada no Capítulo 8.

O navio de projeto definido pela APDL e que serviu de base aos estudos realizados, tem as características dimensionais seguintes:

- Comprimento – 300,0 m
- Boca – 40 m
- Calado – 15,5 m
- Capacidade – 5 000 TEU

No entanto, para efeitos de estabelecimento unicamente da cota de fundação do cais, por forma a não limitar no futuro a eventual necessidade de receber navios maiores, este fica já preparado para navios com as seguintes dimensões:

- Comprimento – 324,0 m
- Boca – 48,4 m
- Calado – 15,5 m
- Capacidade – 10 000 TEU
- Tonelagem de arqueação bruta – 110 600 TAB
- Porte – 124 000 DWT

8. ESTUDO DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

8.1. Considerações gerais

O estudo de soluções alternativas tem em vista a procura de variantes à solução base (designada por **Opção A** no presente Estudo Prévio) assumida pela APDL e adotada como modelo do programa de necessidades a seguir no desenvolvimento dos estudos, dando ainda resposta à exigência dos Termos de Referência do Concurso, onde era exigido que o Estudo Prévio deveria contemplar pelo menos 3 soluções alternativas, todas acompanhadas da respetiva Estimativa Orçamental.

As soluções alternativas que foram estudadas visaram, essencialmente, a otimização das condições operacionais do terminal de contentores, designadamente, o comprimento e implantação da frente de cais, a área e configuração do terrapleno de apoio a criar e a possibilidade de instalação de um novo terminal ferroviário associado a este terminal.

Foram concebidos dois grupos de alternativas, assim designados:

Opção A

- Alternativa com novo Terminal Ferroviário na zona do atual TCN
- Alternativa com novo Terminal Ferroviário na zona de ampliação do TCN

Opção B

- Alternativa com novo Terminal Ferroviário na zona do atual TCN
- Alternativa com novo Terminal Ferroviário na zona de ampliação do TCN

Todas as alternativas consideradas cumprem com o programa de necessidades atrás definido e enquadram-se nas condicionantes locais estabelecidas para a viabilização deste novo terminal, como sejam:

- As delimitações da área em estudo;
- A potencial construção futura do novo Terminal de Contentores junto ao molhe sul;
- A construção dum novo posto de acostagem do TPL (Posto B), em substituição do Posto B e do Posto C, existentes e a continuidade da esteira de tubagens deste terminal de petroleiros;
- A inserção de um círculo de manobra na bacia do anteporto com um diâmetro da ordem de 540 m.

Relativamente ao porto de recreio, admite-se, conforme transmitido pela APDL, que poderá ser transferido para a doca existente junto ao Terminal de Cruzeiros, complementada pela

criação de uma nova instalação, ainda que de menor capacidade, na margem direita do estuário do Douro.

Enquanto junto ao Terminal de Cruzeiros existe já um plano de ocupação e o projeto de estruturas complementares de apoio, no caso do rio Douro estão a ser desenvolvidos estudos tomando por base alguns esboços anteriores."

8.2. Apresentação das soluções alternativas da Opção A

8.2.1. Opção A – Solução Alternativa com Terminal Ferroviário na zona do atual TCN

Na peça desenhada n.º O.1826.00_EP_PP_003 apresenta-se o Arranjo Geral para a fase de pleno aproveitamento do Terminal de Contentores para esta Solução Alternativa com Terminal Ferroviário na zona do atual TCN.

A configuração geral do terminal de contentores engloba duas áreas complementares, correspondendo a área situada mais a nascente, ao atual terminal de contentores norte e a outra área, a um novo terrapleno, adoçado ao molhe norte do porto, incluindo o aterro da Marina de Leixões e de uma parte da bacia do anteporto, entre o terminal de contentores existente e os Postos B e C do TPL.

A frente de cais é descontínua, com um ressalto acentuado entre o alinhamento do cais existente do TCN e o alinhamento do novo cais, que é paralelo ao troço do enraizamento do molhe norte do porto.

A área total do terrapleno afeto ao novo terminal é de cerca de 28,3 ha, na fase de pleno aproveitamento, na qual se inclui a área de cerca de 5,6 ha + 1,6 ha (área leste adicionada para o TF) do TCN existente e se extrai cerca de 1,5ha para os caminhos da esteira de tubagem e acessos rodoviários de manutenção e de inverno, sendo que para efeitos do parque de contentores ficam 25,2ha. Nesta área global, para além das zonas ligadas diretamente à parte operacional do Terminal, estão incluídas as áreas destinadas aos Serviços Administrativos e Técnicos e aos serviços oficinais e parqueamento e manutenção de equipamento portuário.

Nesta Alternativa, o feixe de triagem ferroviário concebido para o atual TCN será prolongado para leste.

Este novo Terminal Ferroviário irá dispor de uma plataforma, dotada de duas linhas de carga/ descarga de contentores, cada uma com comprimento útil de 440 m, para além das linhas e aparelhos de via acessórios, para resguardo e manobra das locomotivas. A movimentação dos contentores será feita com recurso a pórticos de transferência intermodal - contentores

ferrovia/rodovia - apoiados em pneus (RTG) ou em carril (RMG), com uma bitola de 22,5 m para cobrir 2 linhas férreas e 2 vias rodoviárias.

No feixe ferroviário a instalar nesta plataforma será possível carregar / descarregar comboios com 750 m de comprimento, partidos em dois, que é o comprimento máximo dos comboios previsto para a Linha de Leixões, na ligação à rede ferroviária nacional (RFN).

A nova frente acostável, destinada a servir o navio de projeto (fundos de serviço de (-17,00 m)ZHL, tem um comprimento útil de 710 m. O cais do TCN existente tem uma extensão de 380 m e fundos de serviço de (-10,00 m)ZHL. A obra de retenção vertical que define o ressalto entre os dois alinhamentos de cais, tem um comprimento de 143 m e deverá ser fundada a (-17,00 m)ZHL.

Na zona correspondente ao atual TCN, estão previstas as alterações necessárias para acomodar, o novo Terminal Ferroviário, prolongando-se o mesmo para leste. Assim, no feixe ferroviário a instalar nesta plataforma será possível carregar / descarregar comboios com 750 m de comprimento, partidos em dois, que é o comprimento máximo dos comboios previsto para a Linha de Leixões, na ligação à rede ferroviária nacional (RFN).

Na restante área de implantação do novo terminal, propõe-se a seguinte organização operacional:

- Uma zona de movimentação vertical de cargas, junto à frente acostável, com uma largura de 65,0 m, na qual estão implantados os caminhos de rolamento dos pórticos de cais, do tipo post-panamax e/ou super post-panamax, com uma bitola de 30,48 m (100 pés) e destinada exclusivamente à circulação dos pórticos e dos equipamentos destinados à movimentação horizontal de contentores (plataformas e tratores) e de outros equipamentos utilizados nas operações de estiva.
- Adjacente à zona de movimentação vertical encontra-se o parque de armazenamento de contentores. O conceito que está subjacente à distribuição das pilhas de contentores cheios é baseado em que a sua movimentação é realizada por equipamentos RTG de 40 tf que comportam 6 pilhas de contentores acrescido de um corredor para passagem de viaturas pesadas e plataformas com tratores que recebem e entregam contentores.
- Este sistema não dispensa o emprego de empilhadores frontais tipo *Reach Stakers*, designadamente para a movimentação de contentores especiais, como sejam contentores frigoríficos, contentores com cargas perigosas (IMGD) e contentores fora da norma (OOG), etc., assim como, empilhadores frontais do tipo *Forklift Truck* (FLT), especialmente vocacionados para a movimentação e empilhamento de contentores vazios.
- O corredor central perpendicular à frente de acostagem tem dois sentidos de circulação para todos nos tipos de equipamento, incluindo a movimentação dos RTG para manutenção ou para mudança pontual de bloco de pilhas e tem uma largura de 32,0 m.

- O plano de estiva, no que se refere a contentores cheios movimentados por RTG, contempla conjuntos de blocos de pilhas de 6 contentores de largura por (4 ou 5)+1 de altura com um comprimento que varia entre 200 m e 400 m. Estes blocos de pilhas serão em número de 12 na fase de pleno desenvolvimento.
- Os contentores refrigerados constituem um bloco localizado na sequência dos blocos de contentores cheios. Estes contentores refrigerados serão movimentados por RTG e, cada bloco é constituído por pilhas de 6 contentores de largura por 4+1 de altura, com um comprimento de 337 m e dispõem de tomadas de energia.
- Na zona mais recuada do parque será reservada uma área para parqueamento de contentores com produtos perigosos (IMGD) e contentores fora da norma (OOG).

A capacidade total do parque em lugares de arrumação de contentores no solo, medida em TGS (*TEU Ground Slots*) é de 3 909 TGS. Esta avaliação aplica-se ao cenário representado no desenho citado do arranjo geral desta Alternativa, em que se admite que o parqueamento e gestão dos contentores vazios se faria noutras áreas exteriores ao Terminal. Tendo em conta a eventualidade de outros prováveis cenários, que apontem para a necessidade de criar condições para o parqueamento de contentores vazios no interior do terminal, as áreas preferenciais para esse efeito, serão:

- A totalidade ou parte da área de parqueamento do atual TCN, tirando partido dos equipamentos existentes ou desativando estes equipamentos e organizando o espaço para instalar blocos de empilhamento de contentores vazios, acessíveis por norte e por sul, a empilhadores frontais do tipo *Forklift Truck* (FLT).
- Adaptando, a totalidade ou parte, de um dos blocos de empilhamento de contentores cheios, preferencialmente nas fiadas mais recuadas em relação ao cais, substituindo os RTG por *Forklift Truck* (FLT).

8.2.2. Opção A – Solução Alternativa com novo Terminal Ferroviário na zona de ampliação do TCN

A peça desenhada n.º O.1826.00_EP_PP_004 mostra o Arranjo Geral para a fase de pleno aproveitamento do Terminal de Contentores para esta Solução Alternativa com novo Terminal Ferroviário.

A configuração geral do terminal, a frente de cais e a área total do terrapleno afeto ao novo terminal, são idênticas à da Solução Alternativa.

A área total do terrapleno afeto ao novo terminal é de cerca de 26,7 ha, na fase de pleno aproveitamento, na qual se inclui a área de cerca de 5,6 ha do TCN existente e se extrai cerca de 1.8ha para o novo Terminal Ferroviário e 1,5ha para os caminhos da esteira de tubagem e acessos rodoviários de manutenção e de inverno, sendo que para efeitos do parque de contentores ficam 23,4 ha.

Nesta Alternativa, o feixe de triagem ferroviário concebido para o atual TCN será substituído por um novo Terminal Ferroviário, situado no tardoz do parque de contentores.

Este novo Terminal Ferroviário irá dispor de uma plataforma, dotada de duas linhas de carga/ descarga de contentores, cada uma com comprimento útil de 440 m, para além das linhas e aparelhos de via acessórios, para resguardo e manobra das locomotivas. A movimentação dos contentores será feita com recurso a pórticos de transferência intermodal - contentores ferrovia/rodovia - apoiados em pneus (RTG) ou em carril (RMG), com uma bitola de 22,5 m para cobrir 2 linhas férreas e 2 vias rodoviárias.

No feixe ferroviário a instalar nesta plataforma será possível carregar / descarregar comboios com 750 m de comprimento, partidos em dois, que é o comprimento máximo dos comboios previsto para a Linha de Leixões, na ligação à rede ferroviária nacional (RFN).

Na zona correspondente ao atual TCN, estão previstas alterações significativas no *layout* e ordenamento existentes. A zona de movimentação vertical de cargas, junto à frente acostável, e o bloco de empilhamento de contentores mais próximo do cais, serão mantidos com a configuração atual, mas o segundo bloco terá uma dimensão mais pequena, com apenas cerca de 38% da capacidade que este bloco tinha na alternativa anterior. A área do feixe ferroviário é desativada e uma parte significativa dessa área será ocupada com a linha férrea de ligação ao novo Terminal Ferroviário.

Na restante área do terrapleno, para além da instalação do novo Terminal Ferroviário, manter-se-á a mesma organização operacional proposta para a alternativa anterior, mas com uma redução da capacidade de parqueamento de contentores, equivalente à eliminação da fiada de blocos de empilhamento mais afastada do cais, passando a dispor de 10 blocos de pilhas, em vez dos 12 previstos na Alternativa sem novo Terminal Ferroviário.

Os contentores refrigerados ocuparão o bloco de pilhas mais recuado do parque, do lado nascente. Estes contentores refrigerados serão movimentados por RTG e, cada bloco é constituído por pilhas de 6 contentores de largura por 4+1 de altura, com um comprimento de 337 m e dispõem de tomadas de energia.

Tal como na alternativa anterior, na zona mais recuada do parque será também reservada uma área para parqueamento de contentores com produtos perigosos (IMGD) e contentores fora da norma (OOG).

A capacidade total do parque em lugares de arrumação de contentores no solo, medida em TGS (*TEU Ground Slots*) é de 3 568 TGS. Tal como na alternativa anterior, esta avaliação aplica-se ao cenário representado no desenho citado do arranjo geral desta Alternativa, em que se admite que o parqueamento e gestão dos contentores vazios se faria noutras áreas exteriores ao Terminal. Tendo em conta a eventualidade de outros prováveis cenários, que

apontem para a necessidade de criar condições para o parqueamento de contentores vazios no interior do terminal, as áreas preferenciais para esse efeito, serão:

- A área de parqueamento sobrante do atual TCN, tirando partido dos equipamentos existentes ou desativando estes equipamentos e organizando o espaço para instalar blocos de empilhamento de contentores vazios, acessíveis por norte e por sul, a empilhadores frontais do tipo *Forklift Truck* (FLT).
- Adaptando, a totalidade ou parte, de um dos blocos de empilhamento de contentores cheios, preferencialmente nas fiadas mais recuadas em relação ao cais, substituindo os RTG por *Forklift Truck* (FLT).

8.2.3. Opção B – Solução Alternativa com novo Terminal Ferroviário na zona do atual TCN

Na peça desenhada n.º O.1826.00_EP_PP_005 apresenta-se o Arranjo Geral para a fase de pleno aproveitamento do Terminal de Contentores para esta Solução Alternativa com Terminal Ferroviário na zona do atual TCN.

A configuração geral do terminal de contentores engloba duas áreas complementares:

- A área situada mais a nascente, corresponde a uma área parcial do atual terminal de contentores norte;
- A outra área, inclui um novo terrapleno, adoçado ao molhe norte do porto, incluindo o aterro da Marina de Leixões e de uma parte da bacia do anteporto, entre o terminal de contentores existente e os Postos B e C do TPL.

A frente de cais é quebrada, com dois alinhamentos, correspondendo o alinhamento de nascente ao alinhamento do cais do atual TCN e o outro, a um alinhamento que faz um ângulo de cerca de 38,4º com o primeiro e corta o cais do atual TCN a uma distância de 200 m da sua extremidade nascente.

A área total do terrapleno afeto ao novo terminal é de cerca de 27,1 ha, na fase de pleno aproveitamento, na qual se inclui a área de cerca de 5,6 ha + 1,6ha (área leste adicionada para o TF) do TCN existente e se extrai cerca de 1,5ha para os caminhos da esteira de tubagem e acessos rodoviários de manutenção e de inverno, sendo que para efeitos do parque de contentores ficam 23,9ha. Nesta área global, para além das zonas ligadas diretamente à parte operacional do Terminal, estão incluídas as áreas destinadas aos Serviços Administrativos e Técnicos e aos serviços oficinais e parqueamento e manutenção de equipamento portuário.

Nesta Alternativa, o feixe de triagem ferroviário concebido para o atual TCN será prolongado para leste.

Este novo Terminal Ferroviário irá dispor de uma plataforma, dotada de duas linhas de carga/ descarga de contentores, cada uma com comprimento útil de 440 m, para além das linhas e aparelhos de via acessórios, para resguardo e manobra das locomotivas. A movimentação dos contentores será feita com recurso a pórticos de transferência intermodal - contentores ferrovia/rodovia - apoiados em pneus (RTG) ou em carril (RMG), com uma bitola de 22,5 m para cobrir 2 linhas férreas e 2 vias rodoviárias.

No feixe ferroviário a instalar nesta plataforma será possível carregar / descarregar comboios com 750 m de comprimento, partidos em dois, que é o comprimento máximo dos comboios previsto para a Linha de Leixões, na ligação à rede ferroviária nacional (RFN).

A nova frente acostável, destinada a servir o navio de projeto (fundos de serviço de (-17,00 m)ZHL, tem um comprimento útil de 860 m. O troço do cais do TCN existente, que é mantido e integrado no novo Terminal, tem uma extensão de 200 m e fundos de serviço de (-10,00 m)ZHL.

Na zona integrada do atual TCN, estão previstas alterações significativas no *layout* existente, para acomodar a instalação do novo Terminal Ferroviário, incluindo extensão deste para leste. Assim, no feixe ferroviário a instalar nesta plataforma será possível carregar / descarregar comboios com 750 m de comprimento, partidos em dois, que é o comprimento máximo dos comboios previsto para a Linha de Leixões, na ligação à rede ferroviária nacional (RFN).

A zona destinada à movimentação vertical de cargas nesta parte do Terminal, junto à frente acostável, será desativada assim como o feixe ferroviário, que será novo e ampliado para receber comboios de 750 m, partidos em dois.

Na restante área de implantação do novo terminal, propõe-se a seguinte organização operacional:

- Uma zona de movimentação vertical de cargas, junto à frente acostável, com uma largura de 65,0 m, na qual estão implantados os caminhos de rolamento dos pórticos de cais, do tipo post-panamax e/ou super post-panamax, com uma bitola de 30,48 m (100 pés) e destinada exclusivamente à circulação dos pórticos e dos equipamentos destinados à movimentação horizontal de contentores (plataformas e tratores) e de outros equipamentos utilizados nas operações de estiva.
- Adjacente à zona de movimentação vertical encontra-se o parque de armazenamento de contentores. O conceito que está subjacente à distribuição das pilhas de contentores cheios é baseado em que a sua movimentação é realizada por equipamentos RTG de 40 tf que comportam 6 pilhas de contentores acrescido de um corredor para passagem de viaturas pesadas e plataformas com tratores que recebem e entregam contentores.
- Este sistema não dispensa o emprego de empilhadores frontais tipo *Reach Stakers*, designadamente para a movimentação de contentores especiais, como sejam contentores frigoríficos, contentores com cargas perigosas (IMGD) e contentores fora

da norma (OOG), etc., assim como, empilhadores frontais do tipo *Forklift Truck* (FLT), especialmente vocacionados para a movimentação e empilhamento de contentores vazios.

- O corredor central perpendicular à frente de acostagem tem dois sentidos de circulação para todos nos tipos de equipamento, incluindo a movimentação dos RTG para manutenção ou para mudança pontual de bloco de pilhas e tem uma largura de 32,0 m.
- O plano de estiva, no que se refere a contentores cheios movimentados por RTG, contempla conjuntos de blocos de pilhas de 6 contentores de largura por (4 ou 5)+1 de altura com um comprimento que varia entre 100 m e 435 m. Estes blocos de pilhas serão em número de 13 na fase de pleno desenvolvimento.
- Os contentores refrigerados serão parqueados na 6ª fiada de blocos, a contar da frente de cais. Estes contentores refrigerados serão movimentados por RTG e, cada bloco é constituído por pilhas de 6 contentores de largura por 4+1 de altura, com um comprimento de 337 m e dispõem de tomadas de energia.
- Na última fiada de blocos de pilhas do parque será reservada uma área para parqueamento de contentores com produtos perigosos (IMGD) e contentores fora da norma (OOG).

Na zona mais recuada do parque será reservada uma área para parqueamento de contentores vazios, acessível por norte e por sul a empilhadores frontais do tipo *Forklift Truck* (FLT), especialmente vocacionados para a movimentação e empilhamento de contentores vazios. Esta área poderá dispor de uma capacidade de lugares no solo de 200 TGS.

Caso a futura gestão do Terminal venha a exigir uma maior capacidade de parqueamento de contentores vazios, poderá vir a ser alargada esta capacidade, recorrendo à área de parqueamento sobrante do atual TCN, tirando partido dos equipamentos existentes ou desativando estes equipamentos e organizando o espaço para instalar blocos de empilhamento de contentores vazios, acessíveis por norte e por sul, a empilhadores frontais do tipo *Forklift Truck*.

8.2.4. Opção B – Solução Alternativa com novo Terminal Ferroviário na zona de ampliação do TCN

A peça desenhada n.º O.1826.00_EP_PP_006 mostra o Arranjo Geral para a fase de pleno aproveitamento do Terminal de Contentores para esta Solução Alternativa com novo Terminal Ferroviário na zona de ampliação do TCN.

A área total do terrapleno afeto ao novo terminal é de cerca de 25,5 ha, na fase de pleno aproveitamento, na qual se inclui a área de cerca de 5,6 ha do TCN existente e se extrai cerca de 1.8 para o Terminal Ferroviário e 1,5ha para os caminhos da esteira de tubagem e acessos

rodoviários de manutenção e de inverno, sendo que para efeitos do parque de contentores ficam 22,1 ha.

A configuração geral do terminal, a frente de cais e a área total do terrapleno afeto ao novo terminal, são idênticas à da Solução Alternativa com Terminal Ferroviário na zona do atual TCN da Opção B.

Nesta Alternativa, em vez de um Terminal Ferroviário na zona do atual TCN, prevê-se um novo Terminal Ferroviário, situado no tardoz do parque de contentores e idêntico ao já atrás descrito para a Opção A – Solução Alternativa com novo Terminal Ferroviário na zona de ampliação do TCN:

- Este novo Terminal Ferroviário irá dispor de uma plataforma, dotada de duas linhas de carga/ descarga de contentores, cada uma com comprimento útil de 440 m, para além das linhas e aparelhos de via acessórios, para resguardo e manobra das locomotivas. A movimentação dos contentores será feita com recurso a pórticos de transferência intermodal - contentores ferrovia/rodovia - apoiados em pneus (RTG) ou em carril (RMG), com uma bitola de 22,5 m para cobrir 2 linhas férreas e 2 vias rodoviárias.
- No feixe ferroviário a instalar nesta plataforma será possível carregar / descarregar comboios com 750 m de comprimento, partidos em dois, que é o comprimento máximo dos comboios previsto para a Linha de Leixões, na ligação à rede ferroviária nacional (RFN).

Na zona correspondente ao atual TCN, estão previstas alterações significativas no *layout* e ordenamento existentes. A zona de movimentação vertical de cargas, junto à frente acostável, e o bloco de empilhamento de contentores mais próximo do cais, serão mantidos, mas o segundo bloco será eliminado, assim como, a área do feixe ferroviário, o qual será desativado. A área assim disponibilizada será em grande parte ocupada com a linha férrea de ligação ao novo Terminal Ferroviário.

Na restante área do terrapleno, para além da instalação do novo Terminal Ferroviário, manter-se-á a mesma organização operacional proposta para a alternativa anterior, mas com uma redução da capacidade de parqueamento de contentores, equivalente à eliminação duma fiada de blocos de empilhamento de cada lado do parque, passando a dispor de 11 blocos de pilhas, em vez dos 13 previstos na Alternativa sem novo Terminal Ferroviário.

Os contentores refrigerados serão parqueados na 5ª fiada de blocos, a contar da frente de cais. Estes contentores refrigerados serão movimentados por RTG e, cada bloco é constituído por pilhas de 6 contentores de largura por 4+1 de altura, com um comprimento de 337 m e dispõem de tomadas de energia.

Tal como na alternativa anterior, numa das fiadas mais afastadas do cais, será também reservada uma área para parqueamento de contentores com produtos perigosos (IMGD) e contentores fora da norma (OOG).

Na zona mais recuada do parque será reservada uma área para parqueamento de contentores vazios, acessível por norte e por sul a empilhadores frontais do tipo *Forklift Truck* (FLT), especialmente vocacionados para a movimentação e empilhamento de contentores vazios. Esta área poderá dispor de uma capacidade de lugares no solo de 155 TGS.

Caso a futura gestão do Terminal venha a exigir uma maior capacidade de parqueamento de contentores vazios, poderá vir a ser alargada esta capacidade, recorrendo à área de parqueamento sobrante do atual TCN, tirando partido dos equipamentos existentes ou desativando estes equipamentos e organizando o espaço para instalar blocos de empilhamento de contentores vazios, acessíveis por norte e por sul, a empilhadores frontais do tipo *Forklift Truck*.

8.3. Avaliação da capacidade das soluções alternativas

8.3.1. Considerações gerais

A avaliação da capacidade de oferta do novo Terminal de Contentores Norte em análise tem como principal interesse obter uma estimativa aproximada da capacidade de oferta potencial, admitindo que irá ser concessionado para uma exploração privada.

A metodologia utilizada para a avaliação da capacidade baseou-se em critérios de dimensionamento universalmente utilizados, tendo por base as condicionantes físicas das infraestruturas portuárias a criar e um nível de investimento aceitável em equipamentos e outros meios humanos e materiais, dependente da estratégia comercial do potencial concessionário, devendo utilizar-se os indicadores de desempenho disponíveis e outros internacionalmente recomendados para casos análogos.

Não tendo recebido orientações específicas por parte da APDL sobre a composição do tráfego a assegurar no terminal e tendo em conta a análise dos dados disponibilizados, foi considerado, do lado da segurança, que a avaliação da capacidade do novo terminal deverá ser baseada no pressuposto de que todo o tráfego, a curto/médio e longo prazo, será constituído exclusivamente por contentores de *hinterland* (nacional e ibérico), não considerando nenhum tráfego de *transhipment*.

No **Anexo I** apresenta-se um glossário com os termos correntemente utilizados neste tipo de avaliação e na caracterização dos principais indicadores de desempenho.

8.3.2. Critérios gerais para a avaliação da capacidade

As fórmulas utilizadas no planeamento de terminais de contentores dizem respeito à capacidade de "tráfego dos cais" e à capacidade de "tráfego do parque". Como o próprio nome indica, a capacidade de **"tráfego dos cais"** é largamente condicionada pelos equipamentos de movimentação utilizados e pela produtividade a eles associada. A capacidade de **"tráfego do parque"** depende, significativamente, da área disponível, do tempo de estadia dos contentores no parque e do sistema de operações utilizado.

A capacidade deste tipo de terminais, na fase de pleno aproveitamento, pode avaliar-se, com razoável aproximação, por métodos empíricos, baseados nas fórmulas e nos parâmetros de base apresentados a seguir.

8.3.2.1. Capacidade de tráfego dos cais

A fórmula empírica em que se baseia a avaliação da capacidade de tráfego dos cais é a seguinte:

$$(C/Q)=NGC \times CPH \times CUR \times HPD \times DPA \times BOF \times CEF \times TCF \ (TEU/ano)$$

em que:

NGC	=	Nº de pórticos de cais;
CPH	=	Produtividade dos pórticos, em movimentos/h;
CUR	=	Taxa de utilização efetiva dos pórticos;
HPD	=	Nº de horas de trabalho/dia;
DPA	=	Nº de dias de trabalho/ano;
BOF	=	Fator de ocupação de cais;
CEF	=	Fator de eficiência dos pórticos;
TCF	=	Relação TEU por contentor (movimento).

Esclarece-se, seguidamente, em maior detalhe, o significado destas variáveis:

- **C/Q (*Capacity / Quay*)**

  Capacidade de tráfego do cais (grupo de postos de acostagem).

- **NGC (*Number of Gantry Cranes*)**

  Número de pórticos por cais (grupo de postos de acostagem).

- **CPH (*Containers Per Hour*)**

  Os rácios de desempenho especificados pelos fabricantes são baseados em tempos teóricos de ciclos, calculados a partir das velocidades do guincho e do carro, etc. Os valores especificados são claramente superiores, em relação aos fisicamente conseguidos em condições reais de operação.

  Embora os pórticos possam, durante um curto espaço de tempo, atingir rácios que vão até 50/60 movimentos/hora (nos pórticos super pós-Panamax), um tal ritmo só muito raramente pode ser mantido durante um turno de trabalho completo, devido a atrasos nos ciclos dos pórticos, motivados por diversas razões, designadamente, pela necessidade de remoção das tampas dos porões, às deslocações, por vezes longas, dos pórticos, entre células de porão do navio, à necessidade de movimentação de contentores não-normalizados, à necessidade de movimentação pontual de cargas não contentorizadas, etc.

  Sendo normalmente difícil obter dados detalhados da parte dos operadores portuários, utiliza-se a experiência profissional para estimar um rácio de movimentação, num cenário de operação realista, tomando em consideração o desempenho técnico do equipamento existente, as condições “locais”, e vários outros fatores que podem afetar a produtividade.

  Para fins de planeamento, o rácio médio de movimentação, para o conjunto dos pórticos do cais, é tomado como a média dos movimentos de elevação por hora, registadas por pórtico, durante um período normal diário (HPD) de operação do terminal.

- **CUR (*Crane Utilization Rate*)**

  Taxa de utilização efetiva dos pórticos, definida pela percentagem do tempo médio anual de atracação dos navios, utilizado como tempo de trabalho efetivo pelos pórticos.

- **HPD (*Hours Per Day*)**

  Habitualmente, nos terminais de contentores, este valor é de 24 h/dia, a que se deverão subtrair os intervalos para refeições em cada turno.

- **DPA (*Days Per Annum*)**

  Como base de cálculo, consideram-se 360 dias por ano, o que equivale a 7 dias/semana, excluídos 5 dias de feriados. A este valor deverá ser subtraído o período de tempo em que o porto habitualmente fecha por mau tempo ou outras razões de força maior.

- **BOF (*Berth Occupation Fator*)**

  É importante notar que a capacidade do terminal de contentores calculada não é a máxima capacidade de tráfego que pode ser movimentado através do terminal, com uma ocupação (teórica) de 100 % dos postos de acostagem, antes sendo estimada com base em percentagens de ocupação que são garante de que serão evitados tempos de espera dos navios, excessivos e antieconómicos.

  No Quadro seguinte apresentam-se os Fatores de Ocupação de Cais (BOF) recomendados para diferentes números de postos de acostagem de um determinado

cais e para diferentes valores percentuais da relação entre o tempo médio de espera e o tempo médio de serviço.

Estes valores da ocupação máxima recomendada dos cais dos terminais de contentores resulta da aplicação da teoria das filas de espera ao sistema servidor constituído pelo cais, admitindo que a distribuição entre intervalos de chegada de navios se ajusta bem a uma distribuição estatística do tipo *Erlang* 2 (assumindo que se trata de um terminal especializado, em que as chegadas dos navios não são inteiramente aleatórias, existindo uma considerável racionalização e programação nessas chegadas) e uma distribuição dos tempos de serviço dos navios no cais, igualmente do tipo *Erlang* 2. Na notação da teoria das filas de espera, trata-se de um sistema E2/E2/n, em que n representa o número de postos de acostagem do sistema servidor.

Número de postos de acostagem	Fator de Ocupação de Cais (BOF)		
	Relação entre o tempo médio de espera e o tempo médio de serviço (%)		
	10%	20%	30%
1	0,30	0,40	0,45
2	0,50	0,60	0,65
3	0,60	0,70	0,75
+ de 3	0,70	0,75	0,80

Para terminais *feeder* e TMCD, serão aceitáveis tempos de espera mais elevados, pelo que, nestes casos, serão recomendados os fatores de ocupação a que correspondem relações entre o tempo médio de espera e o tempo médio de serviço, de 20% ou 30%, enquanto para os terminais que recebem predominantemente navegação de longo curso, serão recomendados fatores de ocupação correspondentes a relações entre o tempo médio de espera e o tempo médio de serviço, de 10% ou 20%, sobretudo devido aos maiores custos de imobilização dos navios e às fortes exigências impostas por essas linhas aos terminais que as servem.

- **CEF (*Crane Efficiency Fator*)**

  Ao calcular a capacidade do cais é importante atribuir um fator corretivo à eficiência dos pórticos, quando trabalham em simultâneo num mesmo posto de acostagem. A United Nations Conference on Trade and Development, no seu Manual de Planeamento Portuário, aconselha os seguintes fatores:

  Posto com 1 Pórtico.....Eficiência dos Pórticos 100% (CEF 1,0)

  Posto com 2 Pórticos.....Eficiência dos Pórticos 90% (CEF 0,9)

  Posto com 3 ou mais Pórticos.....Eficiência dos Pórticos 80% (CEF 0,8)

- **TCF (*TEU / Container Fator*)**

  A relação TEU's por contentor (movimento) varia de porto para porto e tende a crescer com o crescimento do tráfego do terminal.

8.3.2.2. Capacidade de tráfego do parque

A fórmula empírica em que se baseia a avaliação da capacidade de tráfego do parque é a seguinte:

$$\textbf{Capacidade de tráfego do parque } (C/Y) = \frac{LxHxWxDPA}{DxF} \text{ (TEU/ano)}$$

em que:

L = Nº de TGS
H = Altura média de empilhamento (média ponderada das alturas máximas de empilhamento dos diferentes blocos / tipos de contentores)
W = Fator de empilhamento
DPA = Nº de dias de trabalho/ano
F = Fator de ponta
D = Tempo de rotação dos contentores, em dias
Cinst. = Capacidade instantânea

- **C/Y (*Capacity / Yard*)**

  A capacidade recomendada de operação do parque de contentores.

  Embora esta capacidade possa, provavelmente, ser aumentada, através da constituição de pilhas mais altas, ou negligenciando o fator de empilhamento (W), o aumento para além do valor recomendado seria conseguido à custa de quebra de eficiência do terminal, o que, claramente, teria um efeito perverso sobre a produtividade e, em última instância, sobre as capacidades de tráfego (C/Y e C/Q).

- **TGS (*TEU Ground Slots*)**

  A área de parqueamento dos contentores é constituída por blocos com uma rede de lugares no solo ("*ground slots*"), cada um equivalente à projeção horizontal de um contentor de 20 pés, acrescida de margens de segurança para arrumação fácil e segura dos contentores.

- **H**

  Média ponderada das alturas máximas de empilhamento (nº de camadas) correspondentes aos diferentes blocos de empilhamento e respetivo nº de TGS.

  Este valor tem a ver com a capacidade física dos equipamentos de movimentação, baseando-se em considerandos "operacionais" para o terminal em questão. Excetua-se, talvez, o caso do empilhamento em bloco de contentores vazios.

  Por exemplo, um *transtainer* com um perfil técnico "1-over-5" pode empilhar contentores num bloco com a altura de 5 contentores, e pode elevar um contentor acima desse bloco, para o colocar noutra fiada, etc.

  O produto de TGS vezes H é designado por capacidade instantânea nominal do parque.

- **W - *O fator de empilhamento***

  Um parque de contentores, com a maior parte do espaço disponível ocupado por períodos prolongados, poderá sofrer congestionamento, com a consequente quebra do nível de serviços prestados aos seus clientes. Como limite, a capacidade instantânea nominal deverá ser afetada de um fator de redução, fator de empilhamento (W), o qual terá em conta, pelo menos, a necessidade de deixar vazios lugares para parqueamento de contentores que tenham que ser deslocados para permitir a retirada dos contentores que se situam na base de cada pilha. Este fator depende essencialmente do tipo de equipamento do parque e da altura de empilhamento.

  Uma margem planeada de espaço livre é, pois, um imperativo que visa evitar a saturação do parque e prevenir roturas das operações.

- **DPA (*Days Per Annum*)**

  Uma vez que o estacionamento dos contentores no parque se faz ao longo de todos os dias do ano, este parâmetro assume, normalmente, o valor de 365 dias/ano.

- **D**

  Tempo médio de estacionamento dos contentores no parque (rotação). Este parâmetro varia de porto para porto e com a tipologia dos contentores (importação, exportação, vazios, frigoríficos) e tem fundamentalmente a ver com as exigências do mercado e com as disponibilidades de espaço no próprio terminal, podendo ser reduzido, em certa medida, através de ações de gestão que penalizem as permanências mais longas de contentores no parque.

- **F - *Fator de ponta***

  Este fator, aplicado à Capacidade (C/Y), compensa os picos sazonais no tráfego de contentores. Em portos que registam picos sazonais acentuados, o seu efeito será, certamente, mais sentido que naqueles que os não têm. O valor deste fator varia de porto para porto, e poderá ser avaliado pelo cociente entre o valor do tráfego de contentores no mês de maior movimento, num determinado ano e o valor médio anual nesse mesmo ano.

8.3.3. Indicadores de referência

Os valores estimados para a capacidade dos terminais, através das fórmulas empíricas atrás referidas, deverão ainda ser concordantes com os indicadores internacionalmente aceites para terminais de contentores de média ou grande dimensão, tendo em conta valores apurados para a produção anual das diferentes gerações de pórticos de cais (TEU/pórtico/ano) e da capacidade de parqueamento anual de terminais (TEU/ha/ano).

Os valores de referência variam, para terminais com características e dimensões equivalentes ao novo TCNL, entre valores da ordem de:

Produtividade dos pórticos de cais ..... 110 000 a 150 000 TEU/pórtico/ano

Capacidade de parqueamento ..... 30 000 a 40 000 TEU/ha/ano

8.3.4. Cálculo da capacidade do terminal

8.3.4.1. Parâmetros a utilizar na avaliação da capacidade

Seguindo a metodologia atrás descrita, os parâmetros utilizados nas fórmulas de cálculo da capacidade do Terminal que agora se apresenta e na impossibilidade de utilizar valores reais apurados no próprio terminal, baseiam-se essencialmente na experiência profissional dos consultores, em dados extraídos indiretamente das estatísticas portuárias publicadas e em valores de referência recomendados internacionalmente.

8.3.4.2. Capacidade de tráfego dos cais

Para o cálculo da capacidade de tráfego dos cais, utilizando a fórmula empírica atrás enunciada:

(C/Q) = NGC x CPH x CUR x HPD x DPA x BOF x CEF x TCF (TEU/ano)

foram utilizados, para cada uma das Opções, os seguintes parâmetros de cálculo:

- **Opção A**

  NGC = N.º de pórticos de cais = 7

  CPH = Produtividade dos pórticos, em movimentos/h = 35

  CUR = Taxa de utilização efetiva dos pórticos = 0,8

  HPD = N.º de horas de trabalho/dia = 21

  DPA = N.º de dias de trabalho/ano = 360

  BOF = Fator de ocupação de cais = 0,45

  CEF = Fator de eficiência dos pórticos = 0,80

  TCF = Relação TEU por contentor (movimento) = 1,80

- **Opção B**

  NGC = N.º de pórticos de cais = 7

  CPH = Produtividade dos pórticos, em movimentos/h = 35

  CUR = Taxa de utilização efetiva dos pórticos = 0,8

  HPD = N.º de horas de trabalho/dia = 21

  DPA = N.º de dias de trabalho/ano = 360

  BOF = Fator de ocupação de cais = 0,45

  CEF = Fator de eficiência dos pórticos = 0,80

  TCF = Relação TEU por contentor (movimento) = 1,80

8.3.4.3. Capacidade de tráfego do parque

Na avaliação da capacidade de tráfego do parque foram calculadas separadamente as duas alternativas de ordenamento desenvolvidas para cada uma das Opções, Terminal Ferroviário na zona do atual TCN ou com o Terminal Ferroviário na zona de ampliação do TCN.

No cálculo da capacidade do parque, foi utilizada a fórmula empírica atrás enunciada:

$$\textbf{Capacidade de tráfego do parque } (C/Y) = \frac{LxHxWxDPA}{DxF} \text{ (TEU/ano)}$$

foram utilizados, para cada uma das Opções, os seguintes parâmetros de cálculo:

- **Opção A**

  a) Alternativa com Terminal Ferroviário na zona do atual TCN

  L = N.º de TGS = 3909
  Cheios = 3531
  Vazios = 377

  H = Altura máxima de empilhamento
  Cheios = 4 ou 5
  Vazios = 4 ou 5

  W = Fator de empilhamento
  Cheios = 0,88 a 4 alturas / 0,86 A 5 alturas
  Vazios =

  DPA = N.º de dias de trabalho/ano = 365

  D = Tempo de rotação dos contentores, em dias
  Cheios = 5,5 a 4 alturas / 7 a 5 alturas
  Vazios =

  F = Fator de ponta
  Cheios = 1,15
  Vazios =

  b) Alternativa com o Terminal Ferroviário na zona de ampliação do TCN

  L = N.º de TGS = 3568
  Cheios = 3568
  Vazios = 0

H = Altura máxima de empilhamento

Cheios = 4 ou 5

Vazios = 4 ou 5

W = Fator de empilhamento

Cheios = 0,88 a 4 alturas / 0,86 A 5 alturas

Vazios =

DPA = N.º de dias de trabalho/ano = 365

D = Tempo de rotação dos contentores, em dias

Cheios = 4,5 a 4 alturas / 5,5 a 5 alturas

Vazios =

F = Fator de ponta

Cheios = 1,15

Vazios =

- **Opção B**

  a) Alternativa com Terminal Ferroviário na zona do atual TCN

L = N.º de TGS = 4075

Cheios = 3788

Vazios = 287

H = Altura máxima de empilhamento

Cheios = 4 ou 5

Vazios = 4 ou 5

W = Fator de empilhamento

Cheios = 0,88 a 4 alturas / 0,86 A 5 alturas

Vazios = 1,0

DPA = N.º de dias de trabalho/ano = 365

D = Tempo de rotação dos contentores, em dias

Cheios = 5,5 a 4 alturas / 7 a 5 alturas

Vazios = 6,5 a 4 alturas / 7 a 5 alturas

F = Fator de ponta

Cheios = 1,15

Vazios = 1,10

b) Alternativa com Terminal Ferroviário na zona de ampliação do TCN

L = N.º de TGS = 3536
Cheios = 3382
Vazios = 154

H = Altura máxima de empilhamento
Cheios = 4 ou 5
Vazios = 4 ou 5

W = Fator de empilhamento
Cheios = 0,88 a 4 alturas / 0,86 A 5 alturas
Vazios = 1,0

DPA = N.º de dias de trabalho/ano = 365

D = Tempo de rotação dos contentores, em dias
Cheios = 4,5 a 4 alturas / 5,5 a 5 alturas
Vazios = 6 a 4 alturas / 6 a 5 alturas

F = Fator de ponta
Cheios = 1,15
Vazios = 1,10

8.3.5. Resultados da avaliação da capacidade

Nos **Quadros seguintes** são apresentados os resultados da avaliação da capacidade portuária dos cais e do parque, na fase de Pleno Aproveitamento.

TERMINAL DE CONTENTORES NORTE DE LEIXÕES

Capacidade do Terminal

Opção A

(com novo Terminal Ferroviário)

(TEU's/ano)

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO CAIS	UNIDADES	NGC	CPH	CUR	HPD	DPA	BOF	CEF	TCF	Cais de Contentores *710m (-15,50m)ZHL*	TOTAL
Postos para Navios de Projeto (2 postos)	TEU/ano	7	35	0,80	21	360	0,45	0,80	1,80	960 180	**960 180**
TOTAL	TEU/ano	7									**960 180**

Empilhamento de contentores a 4 alturas

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO PARQUE	UNIDADES	L	H	W	Cinst.	DPA	D	F		Parque de Contentores		TOTAL
										Contentores cheios	Contentores vazios	*23,4 ha*
Contentores cheios (cheios + frigoríficos)	TEU/ano	3568	4	0,88	12559	365	4,2	1,15		949 094		
Contentores vazios	TEU/ano	0	0	0,00	0	365	0	0,00				
TOTAL	TEU/ano	3568										**949 094**

Empilhamento de contentores a 5 alturas

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO PARQUE	UNIDADES	L	H	W	Cinst.	DPA	D	F		Parque de Contentores		TOTAL
										Contentores cheios	Contentores vazios	*23,4 ha*
Contentores cheios (cheios + frigoríficos)	TEU/ano	3568	5	0,86	15342	365	5,00	1,15		973 900		
Contentores vazios	TEU/ano	0	0,00	0,00	0	365	0	0,00				
TOTAL	TEU/ano	3568										**973 900**

Capacidade do cais (C/Q)=NGC x CPH x CUR x HPD x DPA x BOF x CEF x TCF (TEU/ano)

em que:

NGC = Nº de pórticos de cais
CPH = Produtividade dos pórticos, em movimentos/h
CUR = Taxa de utilização efectiva dos pórticos
HPD = Nº de horas de trabalho/dia
DPA = Nº de dias de trabalho/ano
BOF = Factor de ocupação de cais
CEF = Factor de eficiência dos pórticos
TCF = Relação TEU por contentor (movimento)

Capacidade de tráfego do parque $(C/Y) = \frac{LxHxWxDPA}{DxF}$ (TEU/ano)

em que:

L = Nº de TGS
H = Altura máxima de empilhamento
W = Factor de empilhamento
DPA = Nº de dias de trabalho/ano
F = Factor de ponta
D = Tempo de rotação dos contentores, em dias

TERMINAL DE CONTENTORES NORTE DE LEIXÕES

Capacidade do Terminal

Opção A

(com Terminal Ferroviário na zona do atual TCN)

(TEU's/ano)

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO CAIS	UNIDADES	NGC	CPH	CUR	HPD	DPA	BOF	CEF	TCF	Cais de Contentores *710m (-15,50m)ZHL*	TOTAL
Postos para Navios de Projeto (2 postos)	TEU/ano	7	35	0,80	21	360	0,45	0,80	1,80	960 180	**960 180**
TOTAL	TEU/ano	7									**960 180**

Empilhamento de contentores a 4 alturas

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO PARQUE	UNIDADES	L	H	W	Cinst.	DPA	D	F		Parque de Contentores: Contentores cheios	Parque de Contentores: Contentores vazios	TOTAL *25,2 ha*
Contentores cheios (cheios + frigoríficos)	TEU/ano	3531	4	0,88	12430	365	4,5	1,15		876 727		
Contentores vazios	TEU/ano	377	4	1,00	1509	365	6	1,10			83 475	
TOTAL	TEU/ano	3909										**960 202**

Empilhamento de contentores a 5 alturas

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO PARQUE	UNIDADES	L	H	W	Cinst.	DPA	D	F		Parque de Contentores: Contentores cheios	Parque de Contentores: Contentores vazios	TOTAL *25,2 ha*
Contentores cheios (cheios + frigoríficos)	TEU/ano	3531	5	0,86	15185	365	5,5	1,15		876 274		
Contentores vazios	TEU/ano	377	5	1,00	1887	365	7	1,10			89 438	
TOTAL	TEU/ano	3909										**965 711**

Capacidade do cais (C/Q)=NGC x CPH x CUR x HPD x DPA x BOF x CEF x TCF (TEU/ano)

em que:

NGC = Nº de pórticos de cais
CPH = Produtividade dos pórticos, em movimentos/h
CUR = Taxa de utilização efectiva dos pórticos
HPD = Nº de horas de trabalho/dia
DPA = Nº de dias de trabalho/ano
BOF = Factor de ocupação de cais
CEF = Factor de eficiência dos pórticos
TCF = Relação TEU por contentor (movimento)

Capacidade de tráfego do parque $(C/Y) = \frac{LxHxWxDPA}{DxF}$ (TEU/ano)

em que:

L = Nº de TGS
H = Altura máxima de empilhamento
W = Factor de empilhamento
DPA = Nº de dias de trabalho/ano
F = Factor de ponta
D = Tempo de rotação dos contentores, em dias

TERMINAL DE CONTENTORES NORTE DE LEIXÕES

Capacidade do Terminal

Opção B

(com Terminal Ferroviário na zona do atual TCN)

(TEU's/ano)

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO CAIS	UNIDADES	NGC	CPH	CUR	HPD	DPA	BOF	CEF	TCF	Cais de Contentores *860m (-15,50m)ZHL*	TOTAL
Postos para Navios de Projeto (2 postos)	TEU/ano	7	35	0,80	21	360	0,45	0,80	1,80	960 180	**960 180**
TOTAL	TEU/ano	7									**960 180**

Empilhamento de contentores a 4 alturas

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO PARQUE	UNIDADES	L	H	W	Cinst.	DPA	D	F		Parque de Contentores		TOTAL
										Contentores cheios	Contentores vazios	*23,9 ha*
Contentores cheios (cheios + frigoríficos)	TEU/ano	3788	4	0,88	13334	365	4,7	1,15		900 420		
Contentores vazios	TEU/ano	287	4	1,00	1148	365	6,5	1,10			58 604	
TOTAL	TEU/ano	4075			14482							**959 024**

Empilhamento de contentores a 5 alturas

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO PARQUE	UNIDADES	L	H	W	Cinst.	DPA	D	F		Parque de Contentores		TOTAL
										Contentores cheios	Contentores vazios	*23,9 ha*
Contentores cheios (cheios + frigoríficos)	TEU/ano	3788	5	0,86	16288	365	5,7	1,15		906 972		
Contentores vazios	TEU/ano	287	5	1,00	1435	365	7	1,10			68 023	
TOTAL	TEU/ano	4075			17723							**974 995**

Capacidade do cais (C/Q)=NGC x CPH x CUR x HPD x DPA x BOF x CEF x TCF (TEU/ano)

em que:

NGC = Nº de pórticos de cais
CPH = Produtividade dos pórticos, em movimentos/h
CUR = Taxa de utilização efectiva dos pórticos
HPD = Nº de horas de trabalho/dia
DPA = Nº de dias de trabalho/ano
BOF = Factor de ocupação de cais
CEF = Factor de eficiência dos pórticos
TCF = Relação TEU por contentor (movimento)

Capacidade de tráfego do parque $(C/Y) = \frac{LxHxWxDPA}{DxF}$ (TEU/ano)

em que:

L = Nº de TGS
H = Altura máxima de empilhamento
W = Factor de empilhamento
DPA = Nº de dias de trabalho/ano
F = Factor de ponta
D = Tempo de rotação dos contentores, em dias

TERMINAL DE CONTENTORES NORTE DE LEIXÕES

Capacidade do Terminal

Opção B

(com novo Terminal Ferroviário)

(TEU's/ano)

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO CAIS	UNIDADES	NGC	CPH	CUR	HPD	DPA	BOF	CEF	TCF	Cais de Contentores *860m (-15,50m)ZHL*	TOTAL
Postos para Navios de Projeto (2 postos)	TEU/ano	7	35	0,80	21	360	0,45	0,80	1,80	960 180	**960 180**
TOTAL	TEU/ano										**960 180**

Empilhamento de contentores a 4 alturas

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO PARQUE	UNIDADES	L	H	W	Cinst.	DPA	D	F		Parque de Contentores: Contentores cheios	Parque de Contentores: Contentores vazios	TOTAL *22,1 ha*
Contentores cheios (cheios + frigoríficos)	TEU/ano	3382	4	0,88	11904	365	4	1,15		944 565		
Contentores vazios	TEU/ano	154	4	1,00	616	365	5,5	1,10			37 164	
TOTAL	TEU/ano	3536			12520							**981 729**

Empilhamento de contentores a 5 alturas

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO PARQUE	UNIDADES	L	H	W	Cinst.	DPA	D	F		Parque de Contentores: Contentores cheios	Parque de Contentores: Contentores vazios	TOTAL *22,1 ha*
Contentores cheios (cheios + frigoríficos)	TEU/ano	3382	5	0,86	14542	365	5	1,15		923 098		
Contentores vazios	TEU/ano	154	5	1,00	770	365	6	1,10			42 583	
TOTAL	TEU/ano	3536			15312							**965 681**

Capacidade do cais (C/Q)=NGC x CPH x CUR x HPD x DPA x BOF x CEF x TCF (TEU/ano)

em que:

NGC = Nº de pórticos de cais
CPH = Produtividade dos pórticos, em movimentos/h
CUR = Taxa de utilização efectiva dos pórticos
HPD = Nº de horas de trabalho/dia
DPA = Nº de dias de trabalho/ano
BOF = Factor de ocupação de cais
CEF = Factor de eficiência dos pórticos
TCF = Relação TEU por contentor (movimento)

Capacidade de tráfego do parque $(C/Y) = \frac{LxHxWxDPA}{DxF}$ (TEU/ano)

em que:

L = Nº de TGS
H = Altura máxima de empilhamento
W = Factor de empilhamento
DPA = Nº de dias de trabalho/ano
F = Factor de ponta
D = Tempo de rotação dos contentores, em dias

Tendo em conta os critérios que foram seguidos na avaliação da capacidade, a taxa de utilização de 100% do terminal (relação percentual entre o tráfego que solicita o terminal e a respetiva capacidade que foi atrás avaliada) deverá ser a meta a atingir e corresponde à utilização ótima deste terminal, para a qual serão dimensionados todos os investimentos, quer em infraestruturas portuárias quer em equipamentos. As margens de segurança que impedem a deterioração da qualidade de serviço e o agravamento dos tempos de espera dos navios, estão já incluídas no formulário utilizado na avaliação da capacidade, traduzidas por fatores corretivos, como sejam, fator de utilização/ocupação de cais, taxa de utilização efetiva dos pórticos, fator de ponta no tráfego de contentores (influenciando a capacidade do parque), etc.

No entanto, embora a meta a atingir pelo terminal (concessionário) seja uma taxa de utilização de 100%, isto não invalida a necessidade de se prepararem soluções alternativas ao nível do Porto de Leixões (com antecedência adequada, não inferior a 5 anos), para fazer face a posteriores acréscimos de tráfego.

Confrontando os valores apurados com os indicadores de produtividade internacionalmente aceites para terminais de contentores com características e dimensões equivalentes ao novo TCN, verifica-se que, no caso presente e para as duas Opções consideradas, estes indicadores são os seguintes:

Produtividade dos pórticos de cais .. ≈ 135 000 TEU/pórtico/ano

Capacidade de parqueamento..... ≈ 35 000 a 37 000 TEU/ha/ano

Perfeitamente enquadráveis nos valores de referência já atrás citados e que são:

Produtividade dos pórticos de cais ..... 110 000 a 150 000 TEU/pórtico/ano

Capacidade de parqueamento ..... 30 000 a 40 000 TEU/ha/ano

8.4. Resumo e conclusão do Estudo Preliminar de simulação de navios amarrados

O estudo de simulação de navios amarrados foi realizado para o novo navio de projeto definido pela APDL, com as seguintes características:

- Comprimento – 324,0 m
- Boca – 48,4 m
- Calado – 15,5 m
- Capacidade – 10 000 TEU
- Tonelagem de arqueação bruta – 110 600 TAB
- Porte – 124 000 DWT

mas com a batimetria atual, correspondente às telas finais das dragagens da bacia de rotação com fundos de serviço da ordem dos -15,5 m ZHL e canal de acesso com fundos de serviço de -16,85 m ZHL.

Este estudo avalia os seguintes aspetos:

- amarração dinâmica de base para o navio de projeto atracado no novo cais, em condições ambientais específicas;
- navio de passagem.

A resposta do navio amarrado é simulada utilizando o Dynamic Verston (Optimoor Seakeeping Module) do modelo numérico OPTIMOOR® desenvolvido pela Tension Technology International TTI (Reino Unido). Esta versão inclui uma opção também para analisar o efeito de Navio de Passagem.

O objetivo da análise é validar preliminarmente o equipamento de amarração e de defensas fornecido pelo projetista para operar com segurança os navios projetados, considerando, uma configuração de amarração de referência na nova instalação com base na informação disponível no met-oceanográfico.

Podem tirar-se as seguintes conclusões:

- Dos resultados da avaliação dinâmica da amarração, o **limite de permanência** ocorre devido à **falha nos cabos de amarração** (L10-L11) do navio porta-contentores atracado no terminal. Os Limites de Permanência são da ordem de **26 nós** sem ondas, **23 nós** com ondas de sul de 10s de período de pico e 0,3 m de altura e **16 nós** com 18s de período de pico, 1 nó de corrente de enchente em todos os casos.
- A partir dos resultados da Avaliação de Navios de Passagem, o **limite de permanência** ocorre devido a **falha nos cabos de amarração** (L10-L11) do navio porta-contentores atracado no terminal, enquanto um Graneleiro de 250 m de comprimento está a dirigir-se do terminal para a entrada do porto, passando a uma distância mínima de **80 m** (entre lados) com aproximadamente **5 nós de velocidade**.

  Estes limites de permanência foram estimados considerando determinadas condições meteorológicas descritas anteriormente. No caso de condições mais benignas é provável que sejam estimados limites de permanência melhores.
- Com base nos resultados dos limites de permanência obtidos, a **falha ocorre no equipamento do navio antes do equipamento portuário**, pelo que se pode deduzir que nas condições analisadas **o equipamento portuário é considerado adequadamente dimensionado**.

O estudo integral pode ser encontrado no **Anexo II**.

8.5. Resumo e conclusão do estudo de modelação matemática da análise comparativa do comportamento hidráulico das alternativas de *layout* e soluções estruturais

O presente estudo teve por objetivo apresentar a comparação entre as soluções de projeto e permitir selecionar a melhor solução de *layout* e estrutural do ponto de vista hidráulico a adotar na construção da ampliação e reorganização do terminal de contentores norte do porto de Leixões, tal como avaliar de forma qualitativa as alterações na tranquilidade da bacia, devido à introdução desta nova estrutura.

Para tal, recorreu-se à utilização de um modelo matemático de escala local (MIKE21 BW), bem como aos resultados obtidos na fronteira do modelo (ponto PL), calculados e apresentados no âmbito da caracterização das condições naturais do Estudo Prévio. Os resultados do modelo são apresentados sob a forma de planos de distribuição dos índices de agitação em toda a bacia portuária (Anexo V do estudo em título) e em três áreas do interior do porto onde se registou o valor médio dos índices de agitação.

Com base nos resultados obtidos, estima-se que a ampliação do terminal de contentores norte não terá a si associado um agravamento significativo das condições de operacionalidade no próprio cais, nem de alguma das estruturas adjacentes, nomeadamente o terminal Multiusos, Porto de Pesca o terminal de contentores Sul e o terminal de Cruzeiros, principalmente porque este porto já se encontra bastante bem abrigado.

Na avaliação da melhor solução de projeto, conclui-se que a solução estrutural 2 (estacas), é a que introduz menores perturbações. Já em relação ao *layout*, a alternativa B é a melhor, já que o alinhamento do cais permite um encontro com o cais do terminal de contentores norte existente sem criar nenhuma perturbação extra à incidência da onda. Em termos de conclusões, e no âmbito do presente estudo, considera-se que a solução mais adequada à ampliação e reorganização do terminal de contentores norte é a Situação de Projeto B2 (Alternativa B e Solução B).

As conclusões apresentadas quanto à avaliação das soluções de projeto propostas para a ampliação do terminal de contentores norte foram baseadas nos valores dos índices de agitação obtidos para as características de agitação marítima de ondas curtas e irregulares, não se tendo em conta os possíveis efeitos de eventuais galgamentos das estruturas de proteção marítima ou fenómenos de ressonância.

O estudo integral pode ser encontrado no **Anexo III**.

8.6. Avaliação preliminar dos galgamentos no limite oeste do parque de contentores

A implantação da ampliação do Terminal de Contentores Norte do porto de Leixões no sentido da ocupação da totalidade da fronteira Norte do anteporto, significa a colocação, quer de

infraestruturas rodo e ferroviárias (via de acesso ao molhe e terminal ferroviário) como de infraestruturas de transporte de combustíveis (nova esteira de tubagens) e mesmo de zonas de empilhamento de contentores na proximidade do intradorso do molhe Norte.

Assim, e embora uma destas estruturas já existe atualmente (a via de acesso rodoviário ao molhe Norte que é frequentemente interdita pelo TPL), o facto do terrapleno se estender até à totalidade da curva do molhe Norte, pode implicar a exposição de infraestruturas sensíveis inexistentes atualmente ou, no caso das tubagens de combustíveis, face à posição futura, torna relevante a análise dos galgamentos que ocorrem nesta extensão do molhe.

Como tal, procura-se no presente capítulo sintetizar uma avaliação preliminar dos caudais de galgamento que se consideram ser expectáveis durante temporais de grande intensidade, recorrendo para tal a duas metodologias de base empírica:

- A metodologia desenvolvida pelo projeto europeu EuroTop, a qual foi atualizada para a sua 2ª versão em 2018;
- A metodologia de Pederson, apresentada no Coastal Engineering Manual do US Army Corps of Engineers (USACE).

Para efeitos comparativos de para confirmação dos resultados da metodologia, o ideal seria ter informação sobre a situação existente no que se refere aos galgamentos nesta zona, tais como fotos e vídeos ilustrativos da intensidade desses galgamentos e datados para podermos reconstituir as tempestades que lhe deram origem e avaliar e comparar a intensidade dos galgamentos. Na ausência dessa informação, nesta primeira fase, limitamo-nos a usar as metodologias constantes da bibliografia da especialidade.

Alerta-se, no entanto, que, embora não se despreze a extensa experimentação laboratorial que esteve associada à produção das metodologias referidas, mas tendo em consideração:

a) as particularidades da zona costeira e da estrutura em causa – zona do molhe em curva, incidência obliqua da onda com/sem rebentação, profundidades variáveis ao longo do troço, ou seja, altura de onda variável e intensidade de galgamento igualmente variável;
b) ausência de um levantamento topo-hidrográfico recente que mostre a atual geometria do molhe e a variação dos fundos ao longo deste;
c) a importância/sensibilidade dos elementos que terão de ser salvaguardados no intradorso do muro cortina com a construção do alargamento do TCN – esteira de tubagens, via de acesso, parque de contentores, terminal ferroviário,

considera-se que será indispensável a realização de levantamentos que permitam reproduzir mais fielmente a situação existente e a realização de ensaios em modelo físico reduzido para aferir, quer a ordem de grandeza dos galgamentos atuais, como da redução proporcionada

por soluções de alargamento/alteamento do molhe a implementar no extradorso do molhe Norte.

Dada a importância das estruturas em causa, assinala-se igualmente que mesmo estes ensaios não permitem reproduzir o efeito combinado da agitação marítima com os ventos locais, o que exige que, quer a prévia definição das condições de agitação como a posterior análise dos resultados dos ensaios em modelo reduzido sejam realizadas de forma cuidada para permitir ter em conta todos os fenómenos em causa, mas principalmente os efeitos tridimensionais característicos de fundos variáveis, geometria do molhe em curva e intensificação dos galgamentos e distância atingida por estes nos casos de ocorrência de ventos com direção aproximada da agitação incidente.

O conhecimento da intensidade e distância atingida pelos galgamentos, mesmo depois de serem implementadas medidas para os reduzir, é também importante para o dimensionamento do sistema de drenagem que garanta o escoamento rápido das massas de água que, em casos de agitação extrema, possam ainda conseguir galgar os diferentes níveis de proteção, ou seja, muro cortina, pilha de Antiferes e elevação correspondente ao caminho de inverno.

Relativamente à estimativa preliminar dos caudais de galgamento, assinala-se que se baseiam no conhecimento do molhe Norte assente nos elementos de caracterização do perfil transversal do molhe Norte já descritos em capítulo próprio, assumindo-se que o coroamento do muro-cortina se encontra à cota (+11,2 m) ZHL e que tem uma largura de 6 m. Assinala-se, mais uma vez, que seria desejável dispor de um levantamento topo-hidrográfico atualizado desta zona do molhe para realização de uma melhor estimativa da ordem de grandeza dos galgamentos que ocorrem.

Relativamente às condições de agitação consideradas para a presente estimativa, recorreu-se aos resultados da modelação matemática realizada com o modelo matemático SWAN da propagação da agitação, a qual foi um dos métodos utilizados para a determinação da onda de projeto do prolongamento do Quebra-Mar Exterior do porto de Leixões, apresentando-se o cenário mais desfavorável na figura seguinte.

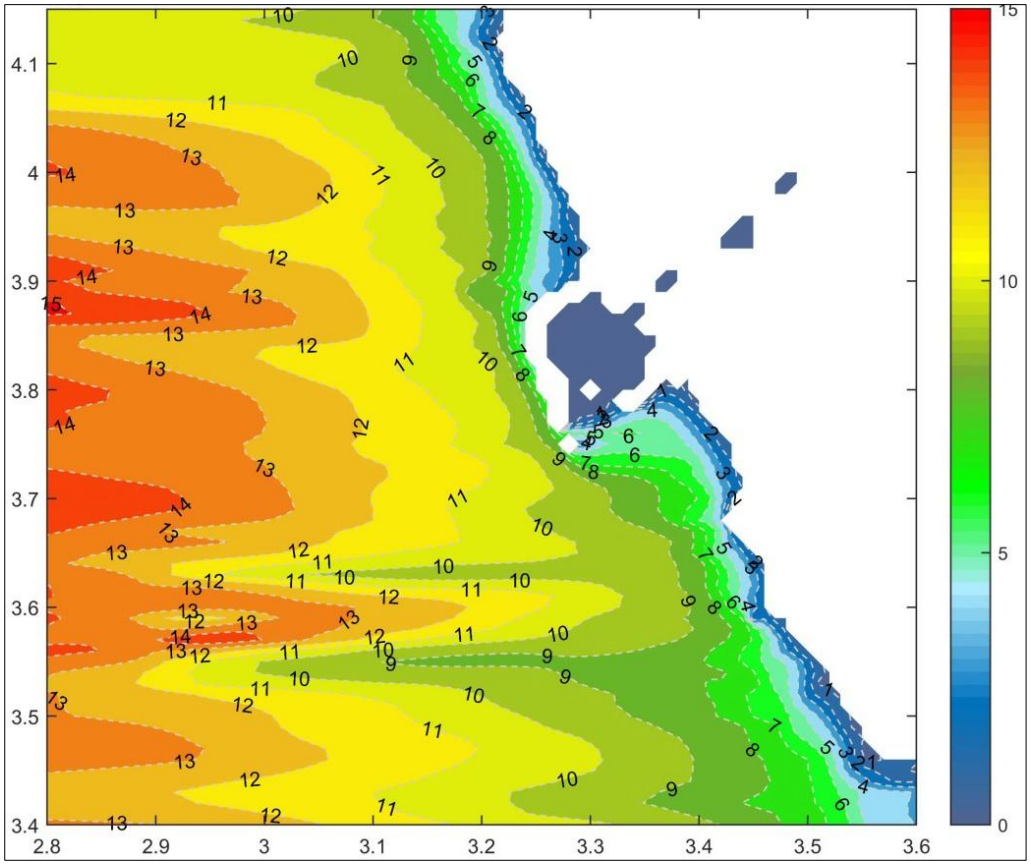


Figura 78 – Simulação da Propagação de Agitação Extrema com Modelo Matemático SWAN - Rumo O, Hm0 = 12,8 m, Tp = 17 s

Como o modelo matemático em causa incorpora a simulação das condições de rebentação da agitação, admite-se que as alturas de onda máximas que incidem sobre o trecho curvo do molhe Norte se encontram limitadas a valores entre H = 6 a 7 m.

Considerando níveis máximos para a superfície do mar entre os (+3,5 m) ZHL e os (+4,0 m) ZHL e períodos de pico entre T_p=16 a 20 s, estimam-se os seguintes intervalos de valores de caudais de galgamento:

- EuroTop II - na ordem dos 31 a 145 l/s/m para H = 6 m e na ordem dos 98 a 254 l/s/m para H = 7 m;
- Pederson (CEM) – na ordem dos 80 a 200 l/s/m para H = 6 m e na ordem dos 170 a 420 l/s/m para H=7m.

Conforme já assinalado, destaca-se que estes métodos, pelas particularidades da experimentação laboratorial que lhes está associada, pressupõem fatores que não correspondem de forma exata quer à situação de referência que se pretende calcular como

aos cenários base dos quais partem, o que justifica a dispersão dos intervalos de valores. Assinala-se igualmente que a metodologia de Pederson é reconhecidamente conservativa ao nível dos valores de caudais estimados.

Admitem-se como válidos os limites sugeridos pelo EuroTop II, apresentados nas tabelas do capítulo 3 deste documento, referentes à inviabilização da circulação de peões (trabalhadores portuários), veículos rodoviários e composições ferroviárias, assim como aos limites à ocorrência de danos nas estruturas e pavimentos. Com base nestes, admitem-se os seguintes valores de referência:

Limites Máximos (l/s/m)	
Peões (Trabalhadores)	1
Veículos / Composições	10 a 20
Estrutura e Pavimentos	50 a 200

Figura 79 – Limites máximos considerados para a análise

Assim, constata-se que se estima que, para tempestades com agitação com H_s superiores a 6 m na boia ondógrafo, os galgamentos poderão ser muito limitativos à circulação pedonal, rodoviária e ferroviária. Assinala-se ainda a possibilidade de danos nas estruturas e pavimentos, particularmente para agitação com alturas de onda iguais ou superiores a 7 m e períodos iguais ou superiores a 18 s.

Registos videográficos de algumas tempestades parecem revelar que a realidade poderá ser mais gravosa do que a estimada através das formulações usadas, aspeto que só com ensaios em modelo físico reduzido se poderá confirmar.

Com a ampliação do TCN para oeste, prevê-se que a esteira de tubagem seja deslocada para a proximidade do muro cortina, passando as tubagens a serem protegidas por uma caleira visitável com 13.5 m de largura em perfil transversal. Além disso, prevê-se usar a faixa adjacente ao molhe para depósito temporário de cubos Antifer de 670 kN. A leste da caleira para a esteira de tubagens, passará a ser o caminho de acesso ao molhe/manutenção, caleira de drenagem e o caminho de inverno, elevado cerca de 2 m em relação ao caminho de manutenção. Este último será elevado, funcionando como a segunda barreira aos caudais que conseguem transpor o muro cortina, mas que já não conseguiram atingir o terrapleno do TCN.

Com um perfil deste tipo conforme se ilustra na figura seguinte, a caleira da esteira de tubagens fica protegida pela pilha de Antiferes, da ação direta das massas de água que galgam o molhe e as massas de água são drenadas pela caleira adjacente ao caminho de inverno, sendo o novo terrapleno do TCN protegido de inundação pelo caminho de inverno elevado que constitui uma barreia ao escoamento dos volumes galgados.

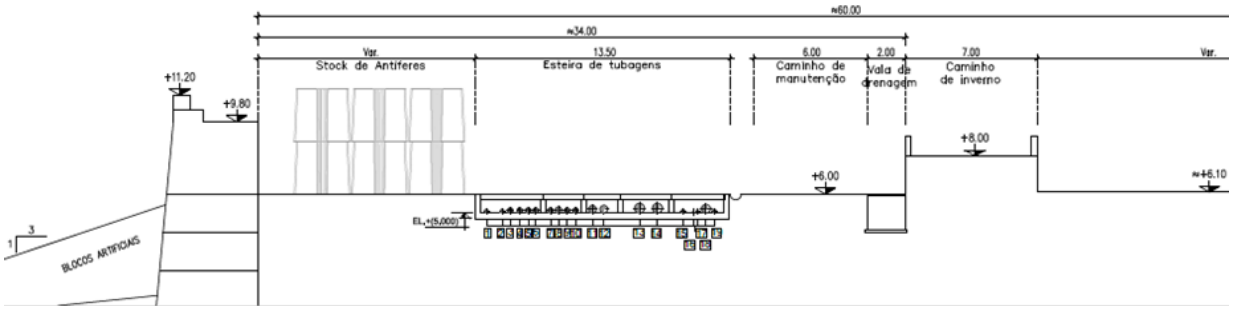


Figura 80 – Perfil tipo projetado da zona aderente ao molhe

Relativamente à proteção conferida pelos blocos Antifer, dado que se trata de um depósito temporário, terá de se prever, a sua substituição por outro tipo de proteção, sendo aconselhável antever a realização de uma intervenção de reforço e alteamento do muro-cortina existente, eventualmente criando um deflector ou a construção pelo seu interior de um novo muro-cortina com coroamento a um nível superior ao existente, a fim de minorar o impacto dos galgamentos. Outra possibilidade será robustecer o talude de proteção.

Assim, para avaliar da necessidade da construção de uma proteção aquando da remoção da pilha de Antifers, recomenda-se que esta zona seja monitorizada através de registos vídeo, para se registar e posteriormente avaliar, pelo menos qualitativamente, a intensidade e distância atingida pelos galgamentos nesta zona.

Por fim, considera-se relevante destacar mais uma vez que, não obstante a grande experimentação laboratorial envolvida na calibração das fórmulas empíricas presentes no EuroTop, estes valores deverão ser tidos em conta somente como uma primeira estimativa que terá de ser impreterivelmente aferida em ensaios em modelo físico tridimensionais em tanque de ondas.

8.7. Resumo e conclusão dos Estudos de Tráfego

O objetivo principal deste estudo foi avaliar os possíveis impactos da ampliação e reorganização do TCN na rede viária envolvente, através de análises de capacidade.

No ano de 2022, o Porto de Leixões registou a movimentação de aproximadamente 713 mil TEUs, correspondendo a um tráfego total de 468 mil camiões. Atualmente, estão em estudo dois possíveis layouts para a ampliação e reorganização do TCN, prevendo-se para ambos a movimentação de cerca de 1 milhão de TEUs por ano. As previsões de crescimento tendencial para o Porto de Leixões apontam para um CAGR de 1% para o período de 2022 a 2040. Considerando o projeto de ampliação e reorganização do TCN, foi estimado um CAGR de 3% para o mesmo período.

Por forma a caracterizar a procura de tráfego na rede viária em análise, foi inicialmente delineada e conduzida uma campanha de recolha de dados em campo. Esta decorreu ao longo de dois dias úteis consecutivos em junho de 2023, em três postos distintos, durante dois intervalos de quatro horas, nomeadamente das 7h00 às 11h00 e das 15h00 às 19h00. Adicionalmente, foram utilizados dados cedidos pela APDL, que se referem aos movimentos de acesso ao Porto de Leixões e aos respetivos indicadores de desempenho.

Foi neste enquadramento que se analisou o impacto da ampliação e reorganização do Terminal de Contentores Norte. O estudo assentou numa abordagem metodológica dual com base no cálculo do Nível de Serviço de acordo com a metodologia proposta pelo HCM [Highway Capacity Manual. Adicionalmente, foi desenvolvido um modelo de microssimulação que permitiu a medição da extensão das filas de espera nos gates de entrada.

Da análise dos níveis de serviço, segundo as metodologias preconizadas pelo HCM, concluiu-se que a ampliação do terminal de contentores norte terá um impacte palpável na rede viária da envolvente face ao acréscimo de tráfego de veículos pesados, mas este não será suficiente para deteriorar significativamente as condições de circulação tanto nas intersecções avaliadas como na fluidez em secção e de entrecruzamento na VRI.

Na situação atual estimam-se níveis de serviço entre A e B nas intersecções e entre A e C na VRI. Também na situação futura mais penalizadora – 2040 com ampliação do terminal de contentores norte – estão previstos níveis de serviço entre A e B nas intersecções e entre B e C na VRI. Desta feita, os resultados desta análise não suscitam preocupações significativas quanto aos níveis de serviço futuros na rede viária imediatamente influenciada pelo Porto de Leixões.

As avaliações de desempenho efetuadas através do modelo de microssimulação foram também realizadas para os horizontes de 2030 e 2040, nos cenários com e sem ampliação e modernização do TCN, no horário crítico de operação do Porto de Leixões e admitindo a operação da totalidade dos sete *gates* de acesso ao porto, uma condição já atualmente observada nos horários de maior atividade portuária. Assumindo a manutenção da capacidade e tempos de atendimento atuais, observa-se o aumento expetável da extensão das filas de espera nos cenários futuros. Em particular, no cenário de 2040 considerando a ampliação do TCN, são estimadas filas de espera com extensão máxima superior a mil metros, o que poderá impactar o desempenho do viaduto a montante. Para este cenário em concreto, poderá ser necessário prever a ampliação da capacidade de atendimento nos *gates* de entrada, seja por meio da expansão do número de *gates* ou pela otimização dos tempos médios de atendimento

O relatório integral do estudo pode ser encontrado no **Anexo IV**.

8.8. Resumo e Conclusão do Estudo de Microssimulação do Terminal de Contentores Norte do Porto de Leixões – Análise da rede viária interna

O presente estudo visou a realização de um Estudo de Microssimulação com o objetivo de avaliar o impacto da ampliação e reorganização do Terminal de Contentores Norte (TCN) na infraestrutura viária interna do Porto de Leixões.

Para caracterizar adequadamente a procura de tráfego na rede viária em análise, foi executada uma campanha de trabalhos de campo que decorreu no dia 28 de setembro de 2023, complementada por dados cedidos pela APDL, pertinentes aos movimentos de acesso ao Porto de Leixões e respetivos indicadores de desempenho.

O estudo assentou no desenvolvimento de um modelo de microssimulação fit-for-purpose no software PTV VISSIM que revelou um cenário onde a ampliação e reorganização do TCN podem ser catalisadores para melhorias significativas na eficiência do tráfego portuário, condicionadas pela implementação de estratégias adequadas de gestão de tráfego. A otimização dos processos nos gates de entrada e a adaptação das vias de acesso podem ser críticas para suportar o crescimento antecipado do volume de tráfego, evitando assim possíveis gargalos operacionais.

Foi constatado que as intervenções planeadas na rede viária e nas operações ferroviárias têm o potencial de influenciar significativamente os padrões de tráfego. Em particular, a circulação de comboios de mercadorias de maior comprimento exerce um efeito notável sobre os tempos de percurso e sobre as filas de espera nas secções e nos gates de acesso ao porto. Observou-se, também, que as estratégias de gestão atual são suficientes para o tráfego no curto prazo, mas poderão não acomodar eficientemente o aumento da procura antecipado para 2040.

A implementação de uma abordagem multimodal, em particular a transferência modal para a ferrovia, surgiu como uma estratégia promissora para aliviar a pressão sobre as infraestruturas rodoviárias. Esta transição não apenas tem o potencial de melhorar a eficiência do transporte de mercadorias, mas também de reforçar a sustentabilidade do Porto de Leixões, em linha com procura crescente por alternativas de transporte mais verdes.

O relatório integral do estudo pode ser encontrado no **Anexo V**.

8.9. Análise comparativa das soluções alternativas

8.9.1. Modelo de análise multicritério

As soluções alternativas que foram estudadas visaram, essencialmente, a maximização da capacidade do terminal de contentores, em termos de movimentação anual de TEUs, através da otimização das condições operacionais a criar, designadamente, do comprimento e

implantação da frente de cais, da área e configuração do terrapleno de apoio e da possibilidade de instalação de um novo terminal ferroviário associado a este terminal, tendo em conta, a economia na implementação da solução portuária.

A análise comparativa das soluções alternativas é uma análise multicritério, compreendendo uma classificação do mérito relativo das soluções para diferentes critérios de avaliação e uma atribuição de pesos relativos a cada critério, tendo em conta as diferentes perspetivas que os vários intervenientes no empreendimento poderão ter, face a cada um dos critérios de avaliação considerados.

Nesta análise são consideradas as quatro soluções alternativas atrás apresentadas:

- **Solução I** – Opção A – Solução Alternativa com Terminal Ferroviário na zona do atual TCN (peça desenhada n.º O.1826.00_EP_PP_003)
- **Solução II** – Opção A – Solução Alternativa com Terminal Ferroviário na zona de ampliação do TCN (peça desenhada n.º O.1826.00_EP_PP_004)
- **Solução III** – Opção B – Solução Alternativa com Terminal Ferroviário na zona do atual TCN (peça desenhada n.º O.1826.00_EP_PP_005)
- **Solução IV** – Opção B – Solução Alternativa com Terminal Ferroviário na zona de ampliação do TCN (peça desenhada n.º O.1826.00_EP_PP_006)

No quadro seguinte apresenta-se uma tabela com a escala de avaliação multicritério para comparação das soluções alternativas consideradas.

Escala de avaliação multicritério na comparação das soluções alternativas

A solução apresenta condições ideais em relação ao critério em análise	2
A solução apresenta boas condições em relação ao critério em análise	1
A solução apresenta alguns problemas e limitações em relação ao critério em análise	0
A solução apresenta problemas significativos e de resolução difícil, em relação ao critério em análise	-1
A solução apresenta dificuldades muito importantes, que desaprovam esta solução, em relação ao critério em análise	-2

8.9.2. Definição dos critérios de análise

Para a análise comparativa das soluções alternativas que foram estudadas, consideraram-se os seguintes critérios de avaliação do mérito relativo das alternativas:

1. **Configuração geral do terminal (cais e terrapleno),** evidenciando a maior ou menor facilidade de implementar soluções operacionais integradas, que promovam as melhores práticas em termos de sustentabilidade e das mais atuais tendências high-tech neste tipo de terminais portuários;

2. **Capacidade instantânea máxima de parqueamento de contentores (TEU)** (critério objetivo constante dos quadros de avaliação da capacidade do Terminal);
3. **Comprimento de cais disponível para servir os navios de projeto**, (critério objetivo constante dos desenhos das soluções);
4. **Compatibilidade da frente acostável com a nova implantação do Posto B do TPL,** ponderando as restrições físicas, operacionais e de segurança inerentes à proximidade deste Posto B;
5. **Compatibilidade da frente acostável com a eventual futura implantação do NTCL**, ponderando as restrições físicas, operacionais e de segurança inerentes à proximidade deste NTCL;
6. **Condições de segurança na aproximação, manobra e acostagem do navio de projeto,** com especial enfoque nas situações com o segundo posto ocupado por um navio de grandes dimensões;
7. **Condições oferecidas para criação de acessibilidade ferroviária direta ao terminal,** avaliadas entre a solução de construção de um Terminal Ferroviário na zona do atual, mas fora da área atribuída ao TCN, ou na zona de ampliação, capaz de servir os maiores comboios previstos para a Linha de Leixões, com 750 m de comprimento;
8. **Condições de exposição da frente acostável à agitação marítima,** tendo em conta os resultados do Estudo de Agitação, presente no capítulo 8.5;
9. **Acréscimo de dragagem para alargamento da bacia de manobra e bacia de flutuação do cais** (critério objetivo assinalado no capítulo 9.5 referente à Estimativa orçamental das soluções alternativas);
10. **Custos de construção das infraestruturas portuárias do terminal** (critério objetivo assinalado no capítulo 9.5 referente à Estimativa orçamental das soluções alternativas).

8.9.3. Resultados da análise multicritério

A matriz de análise multicritério permite aplicar uma ponderação diferente à pontuação atribuída aos vários critérios de avaliação, consoante a importância que é possível ligar a cada um desses critérios para o sucesso do empreendimento, fazendo refletir esta ponderação de base no ordenamento do mérito relativo das soluções alternativas.

Nesta matriz, o somatório dos fatores de ponderação percentuais, atribuído aos diferentes critérios, é igual a 100%.

No quadro seguinte apresenta-se o resultado desta análise multicritério.

MATRIZ DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Critérios de comparação		Factor de Ponderação (Total para 100%)	Pontuação por critério Soluções I	II	III	IV
1	Configuração geral do terminal (cais e terrapleno)	5	0	0	1	1
2	Capacidade instantânea máxima de parqueamento de contentores (TEU)	15	2	1	2	1
3	Comprimento de cais disponível para servir os navios de projeto	10	1	1	2	2
4	Compatibilidade da frente acostável com a nova implantação do Posto B do TPL	10	-1	-1	1	1
5	Compatibilidade da frente acostável com a eventual futura implantação do NTCL	10	1	1	0	0
6	Condições de segurança na aproximação, manobra e acostagem do navio de projeto	15	-1	-1	1	1
7	Condições oferecidas para criação de acessibilidade ferroviária direta ao terminal	10	0	2	0	2
8	Condições de exposição da frente acostável à agitação marítima	5	1	1	2	2
9	Acréscimo de dragagem para alargamento da bacia de manobra e bacia de flutuação do cais	5	1	1	0	0
10	Custos de construção das infraestruturas portuárias do terminal	15	1	1	1	1
Pontuação ponderada			**50.0**	**55.0**	**105.0**	**110.0**
		(%)	**15.6**	**17.2**	**32.8**	**34.4**

Em termos de mérito relativo, as **Soluções III e IV** destacam-se como sendo as mais favoráveis, com uma nota de 105 e 110 pontos, respetivamente.

A **Solução I** apresenta a nota mais baixa (50 pontos), a que corresponde um mérito relativo da ordem de 15,6% das notas mais elevadas, que foi atribuída à **Solução III e IV**.

Assim, o grupo de alternativas englobadas na **Opção B**, sobressai claramente sobre o grupo de alternativas que pertencem à **Opção A**.

Como exercício de análise de sensibilidade, a fim de avaliar a consistência dos resultados do modelo de análise multicritério, foi feito um ensaio sem ponderação na totalidade dos critérios de comparação (fator de ponderação 10 igual para todos os critérios). No quadro seguinte apresenta-se o resultado desta análise de sensibilidade.

MATRIZ DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO
(Teste de sensibilidade)

Critérios de comparação		Factor de Ponderação (Total para 100%)	Pontuação por critério Soluções			
			I	II	III	IV
1	Configuração geral do terminal (cais e terrapleno)	10	0	0	1	1
2	Capacidade instantânea máxima de parqueamento de contentores (TEU)	10	2	1	2	1
3	Comprimento de cais disponível para servir os navios de projeto	10	1	1	2	2
4	Compatibilidade da frente acostável com a nova implantação do Posto B do TPL	10	-1	-1	1	1
5	Compatibilidade da frente acostável com a eventual futura implantação do NTCL	10	1	1	0	0
6	Condições de segurança na aproximação, manobra e acostagem do navio de projeto	10	-1	-1	1	1
7	Condições oferecidas para criação de acessibilidade ferroviária direta ao terminal	10	0	2	0	2
8	Condições de exposição da frente acostável à agitação marítima	10	1	1	2	2
9	Acréscimo de dragagem para alargamento da bacia de manobra e bacia de flutuação do cais	10	1	1	0	0
10	Custos de construção das infraestruturas portuárias do terminal	10	1	1	1	1
Pontuação ponderada			**50.0**	**60.0**	**100.0**	**110.0**
		(%)	**15.6**	**18.8**	**31.3**	**34.4**

Em termos de mérito relativo, as **Soluções III e IV** destacam-se como sendo as mais favoráveis, com uma nota de 100 e 110 pontos, respetivamente **e as Soluções I e II**, com nota de 50 e 60 da mesma ordem de grandeza da ponderação de base.

A **Solução I** mantém a nota mais baixa (50 pontos), mas a Solução II ligeiramente superior à que tinha atingido com a ponderação de base, a que corresponde um mérito relativo da ordem de apenas 18,8% da nota mais elevada, que foi atribuída à **Solução IV**.

Como resultado desta análise multicritério das quatro Soluções Alternativas que foram consideradas, tendo ainda em conta a análise de sensibilidade feita às ponderações atribuídas aos critérios de comparação, pode concluir-se que a **Solução IV** (Opção B – Solução Alternativa com Terminal Ferroviário na zona de ampliação do TCN, representada na peça desenhada n.º O.1826.00_EP_PP_006, será a que apresenta uma notação de mérito

relativo mais elevada, essencialmente por ter um maior comprimento de cais, por apresentar melhores condições de segurança na operação de aproximação e acostagem e ainda pelo facto da orientação da frente acostável ter menos impactes nas condições de abrigo atuais da bacia, pelo que se assume, nesta fase dos estudos, como a solução preconizada para o novo Terminal de Contentores Norte do Porto de Leixões.

9. ESTUDO PRÉVIO DAS INTERVENÇÕES

9.1. Estruturas acostáveis

Sendo apresentadas duas alternativas para a configuração portuária do Terminal Contentores Norte e tendo em consideração as condicionantes geológica-geotécnicas do local e o objetivo de minimização da agitação dentro do porto apresentam-se, para cada uma das alternativas, duas soluções estruturais.

Na realidade, do ponto de vista geológico e geotécnico, com o afloramento de um substrato rochoso em toda a área do terminal, a solução a preconizar passará por estrutura em fundação direta, com recurso a caixões de betão armado.

Apresenta-se, assim, para cada alternativa, uma solução em estrutura contínua em caixotões. Esta solução é, do ponto de vista hidráulico, menos eficiente do que soluções em estrutura aberta que permitam uma melhor dissipação da agitação no interior do porto. Em consequência, procurando maximizar o objetivo de atenuação da agitação no interior do porto, apresenta-se, igualmente, para cada uma das alternativas, uma solução de plataforma portuária em estrutura porticada aberta.

De referir ainda que, embora para a generalidade do estudo do TCN, o navio a considerar apresente 300 m de comprimento; 40 m de boca e 13,7 m de calado, para efeitos do dimensionamento do cais, a APDL, solicitou a consideração de um navio de projeto cujas características são:

- Comprimento – 324,0 m
- Boca – 48,4 m
- Calado – 15,5 m
- Capacidade – 10 000 TEU
- Tonelagem de arqueação bruta – 110 600 TAB
- Porte – 124 000 DWT

Para este navio de projeto que apresenta um calado de 15,5 m, foram reavaliadas as cotas de serviço a considerar, recorrendo para o efeito ao Report. N.º 121-2014 da PIANC intitulado “Harbour Approach Channels Design Guidelines, tendo-se obtido para a bacia de flutuação, que se encontra no interior do porto em zona abrigada, fundos de serviço de -17,0 m ZH, admitindo uma folga da ordem dos 1,65 m em BMAV.

9.1.1. Alternativa A

9.1.1.1. Solução Estrutural A - Cais continuo em caixotões

No desenho O.1826.00_EP_IM_006 apresenta-se, para esta Alternativa, a planta estrutural do novo cais do terminal de contentores para fundos de serviço a -17,00 m ZHL.

O cais é projetado para fundos de serviço a -17,0 m ZHL, embora numa primeira fase funcione com fundos a -15,50 m ZHL, apresentará um comprimento total de 742,70 m rematando, na sua extremidade Nordeste, com o avanço ao cais atualmente existente. A frente útil com fundos a -15,50 m ZHL terá 710,0 m de comprimento.

A frente cais será constituída por 23 caixotões com o comprimento de 32,20 m. Na extremidade Nordeste um caixotão fundado à cota -6,00 m ZHL com 11,70 m de comprimento materializará o remate com o cais existente.

Entre o cais existente com cotas de serviço de -5,00 m ZHL e o novo cais será interposta uma plataforma porticada com 20,55 m de largura.

Estruturalmente os caixotões apresentam-se formados por células de secção retangular com dimensão em planta de 3,60 m x 3,25 m.

O número de células por caixotão, a serem preenchidas com detritos de pedreira, será de 36 e 20 para os caixotões da frente cais e para o caixotão de remate respetivamente.

Em alternativa, os caixotões poderão ser preenchidos por detritos provenientes do desmonte do fundo rochoso que será necessário realizar de forma a atingir a futura cota de serviço do cais.

O número de células do caixotão da frente cais define um corpo de caixotão de dimensões exteriores de 32,10 m x 14,70 m e 22,0 m de altura.

As paredes exteriores do caixotão terão 0,40 m de espessura e as paredes interiores 0,30 m. Septos de 0,20 m entre paredes perpendiculares evitarão a existência de quina viva entre faces as verticais.

A laje de fundação terá 0,60 m de espessura e, para além de ser ranhurada de forma a maximizar o atrito na fundação, terá duas consolas de 0,80 m de largura.

Dois salientes laterais, de 0,50 m de profundidade, asseguram a transição e junta de dilatação entre caixotões.

A instalação dos caixotões obrigará à execução, em geral, de desmonte do fundo rochoso numa altura de aproximadamente 3,00 m visto os fundos se apresentarem na área da bacia de manobra, recentemente sujeita a desmonte e dragagem, à cota -15,00 m ZHL. Nas extremidades Sudoeste e Nordeste do muro cais a altura do desmonte do fundo rochoso podendo atingir cerca de 12,0-13,0 m.

A vala de instalação dos caixotões terá de ser regularizada com uma camada de 0,50 m de espessura em enrocamento da gama 0,20 a 0,50kN, superiormente regularizada com brita.

A superstrutura do cais será prismática com 4,25 m de largura e 2,0 m de altura e englobará, para além da caleira técnica e respetivas caixas de tomada das diferentes redes, a caleira do caminho de rolamento dos pórticos STS, no comprimento do seu curso.

De forma a materializar uma prumada vertical e retilínea em todo o comprimento da frente cais a superstrutura avançará 0,30 m em relação ao corpo dos caixotões.

Pontualmente, a geometria da superstrutura será ajustada de forma a permitir a instalação de outros equipamentos como sejam as cais de média tensão para ligação elétrica aos pórticos de transferência de contentores STS.

No tardoz dos caixotões que servirão de contenção ao terrapleno portuário será executado um prisma de alívio em enrocamento ToT regularizado, na sua superfície exposta com uma camada de brita de 0,20 m de espessura e revestido com tela geotêxtil. Sobre a tela geotêxtil será executado o terrapleno portuário com recurso a material de aterro.

De forma a não intervir significativamente no cais de contentores existente, fundado à cota -5,0 m ZHL sobre uma camada de enrocamento com a espessura máxima de 1,0 m, a transição para o novo Terminal de Contentores Norte, na sua extremidade Nordeste, será em plataforma porticada apoiada sobre estacas como já referido anteriormente.

Na Figura seguinte apresenta-se o corte transversal tipo da plataforma de transição.

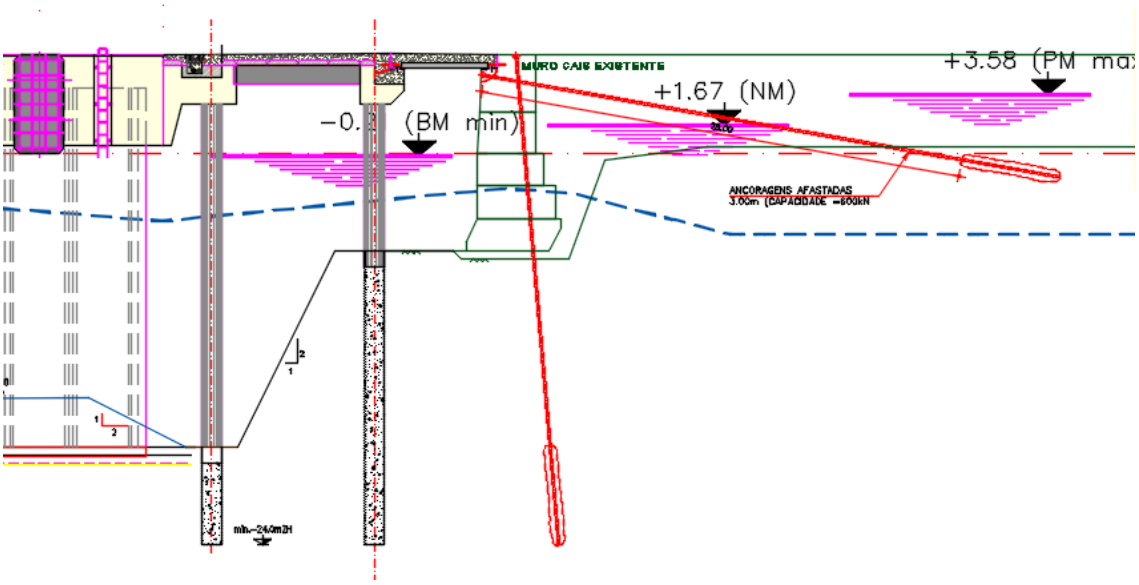


Figura 81 – Plataforma de Transição – Corte Transversal

A transição entre as cotas -18,0 m ZHL, cota de fundo da vala de instalação dos caixotões, e -5,0 m ZHL cota de fundação do cais existente será feita em talude subvertical, com inclinação de 1H/2V, a executar no fundo rochoso aflorante no local.

De acordo com a informação geológica-geotécnica disponível, o ambiente geológico-geotécnico do local de implantação do futuro Terminal de Contentores Norte é constituído por Xisto luzente de tons acastanhados com fraturas, quando identificáveis, inclinadas de 45º a 70º em relação ao eixo da sondagem… com grau de alteração variando de W2 a W5 e nível de fracturação de F4 a F5. Em consequência, é expectável a possibilidade de proceder ao desmonte do fundo rochoso a uma inclinação de 1H/5V tendo sido assumido, neste Estudo Prévio a inclinação de 1H/2V atrás referida.

A Plataforma de Transição será constituída por quatro módulos estruturais separados por juntas de dilatação.

Na Figura seguinte presenta-se a planta estrutural da Plataforma de Transição.

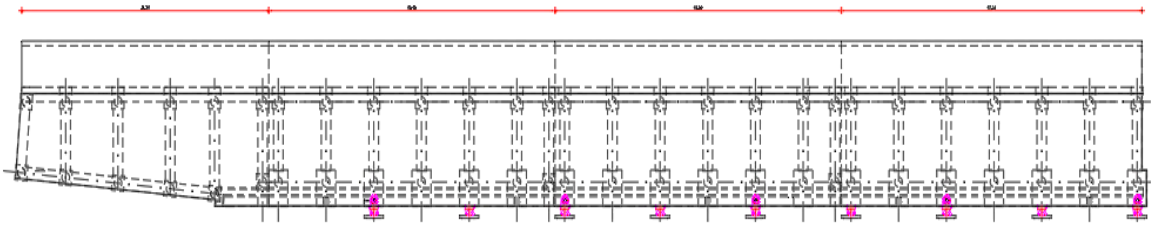


Figura 82 – Plataforma de Transição – Planta Estrutural

As plataformas serão constituídas por pórticos transversais afastados, em geral de 7,50 m a eixo. Serão executados 27 pórticos transversais com duas estacas circulares de 1,20 m de diâmetro, por pórtico, afastadas de 10,0 m a eixo. Nas juntas de dilatação entre pórticos haverá duplicação de pórticos transversais.

As estacas do alinhamento do lado mar serão coroadas por maciços em betão armado executados com recurso a blocos pré-fabricados com 3,0 m de largura, solidarizados às estacas com recurso a betonagem *in situ*, que permitirão a instalação de defensas de acostagem, cabeços de amarração e caixas de tomada das redes técnicas instaladas numa viga longitudinal que incluirá uma caleira idêntica à do muro cais de 0,90 x 0,90 m coberta com tampas amovíveis em betão armado com 0,20 m de espessura. A viga terá 1,40 m de altura e largura total de 2,40 m incluindo a caleira técnica.

As estacas do alinhamento do lado terra serão, igualmente, coroadas por maciços em betão armado executados com recurso a blocos pré-fabricados com 1,70 m de largura, solidarizados às estacas com recurso a betonagem *in situ*.

Entre maciços de coroamento das estacas dos alinhamentos do lado mar e do lado terra serão instaladas pré-fabricadas com secção transversal retangular de 1,40 m (H) x 1,50 m (B) que, após solidarização aos maciços com betão *in situ*, permitirão a colocação de lajes pré-fabricadas com 0,30 m de espessura. Finalmente, será betonada *in situ* a camada final da laje do pavimento com uma espessura máxima de 0,38 m.

Na Figura seguinte apresenta-se o detalhe do corte estrutural da plataforma de transição.

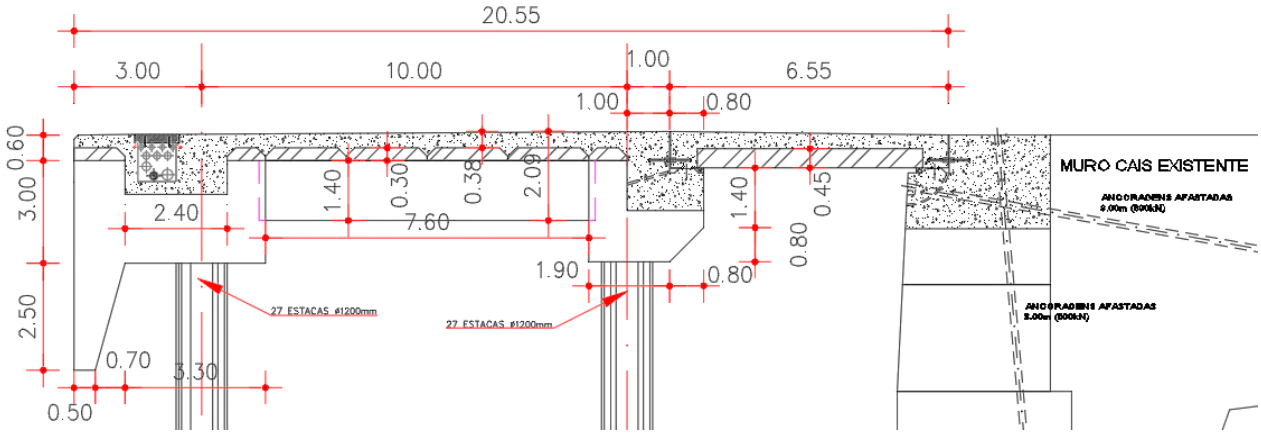


Figura 83 – Plataforma de Transição – Corte Estrutural

A viga longitudinal do lado terra apresentará secção transversal em "L" com 1,85 m de altura e largura máxima de 1,80 m permitindo materializar um cachorro continuo com 0,90 m de altura no qual apoiará a laje de transição ao cais existente.

A laje de transição ao cais existente terá 6,55 de largura e será executada em duas fases. Numa primeira fase, serão instaladas lajes pré-fabricadas com 5,30 m de comprimento e 0,45 m de espessura. Numa segunda fase será solidarizado o conjunto com recurso a betão *in situ* com espessura máxima de 0,40 m.

A laje de transição apoiará, no lado mar, no cachorro da viga longitudinal do lado terra da plataforma atrás referido. No lado terra, a laje de transição apoiará num maciço de betão armado a executar na superstrutura do cais existente que para o efeito será parcialmente demolida. Conectores de transmissão de forças horizontais serão instalados assegurando a ligação da laje de transição tanto à Plataforma de Transição como a superstrutura do cais existente.

De forma a assegurar a estabilidade do cais existente ancoragens sub-verticais e sub-horizontais afastadas de 3,0 m a eixo serão executadas com capacidade resistente de 600 kN cada.

O caminho de rolamento lado terra do pórtico STS de transferência de contentores, com bitola de 30,48 m, ficará instalado numa viga de secção retangular com secção de 1,80 x1,50 m^2, apoiada sobre 129 estacas circulares de 1,20 m de diâmetro executadas com recurso a molde metálico perdido na altura correspondente ao aterro do aterro e por furação do substrato xistoso. O comprimento total do caminho de rolamento será de 740,10 m distribuídos por 10x62,0 m + 1x45,10 m módulos estruturais separados por juntas de dilatação finalizando em 12,90 m sobre o caixotão de remate de Nordeste.

O Terminal de Contentores, incluindo a Plataforma de Transição, será equipado com:

- 29 cabeços de amarração com capacidade nominal de 1500 kN;
- 54 conjuntos de defensas duplas do tipo EDC MARINE ECF 1300 G2.9 (E=1 126.0 kNm; R=1 624.0 KN)
- 28 Escadas metálicas verticais de acesso ao cais

9.1.1.2. Solução Estrutural B - Cais em Plataforma

De forma a maximizar a atenuação da agitação no interior do porto, procedeu-se ao estudo de uma solução alternativa em plataforma acostável apoiada em estacas. A contenção do terrapleno portuário será realizada por revestimento do talude do aterro inferior à plataforma portuária.

Na peça desenhada O.1826.00_EP_IM_011 apresenta-se, para esta solução, a planta estrutural do novo cais do terminal de contentores para fundos de serviço a -17,00 m ZHL.

Nesta Solução Estrutural B mantém-se o arranjo estrutural da solução anterior. Assim, o cais, projetado para fundos de serviço a -17,0 m ZHL funcionará, numa primeira fase, com fundos a -15,50 m ZHL. Apresentará, igualmente, um comprimento total de 742,70 m rematando, na sua extremidade Nordeste, com o avanço ao cais atualmente existente. A frente útil com fundos a -15,50 m ZHL terá 710,0 m de comprimento,

A plataforma da frente cais será constituída por treze (13) módulos estruturais, doze (12) dos quais com 60,0 m de comprimento entre eixos dos alinhamentos extremos dos pórticos estruturais. O último módulo, que permita a transição ao avanço do cais existente, apresentará 21,20 m de frente cais perfazendo o comprimento total de 742.70. Entre módulos, o primeiro vão apoiará no último pórtico estrutural do módulo anterior com recurso a capiteis de apoio a executar sobre as estacas nos pórticos transversais de junta.

Na Figura seguinte apresenta-se a planta dos módulos estruturais correntes e do módulo estrutural de transição com o avanço do cais existente.

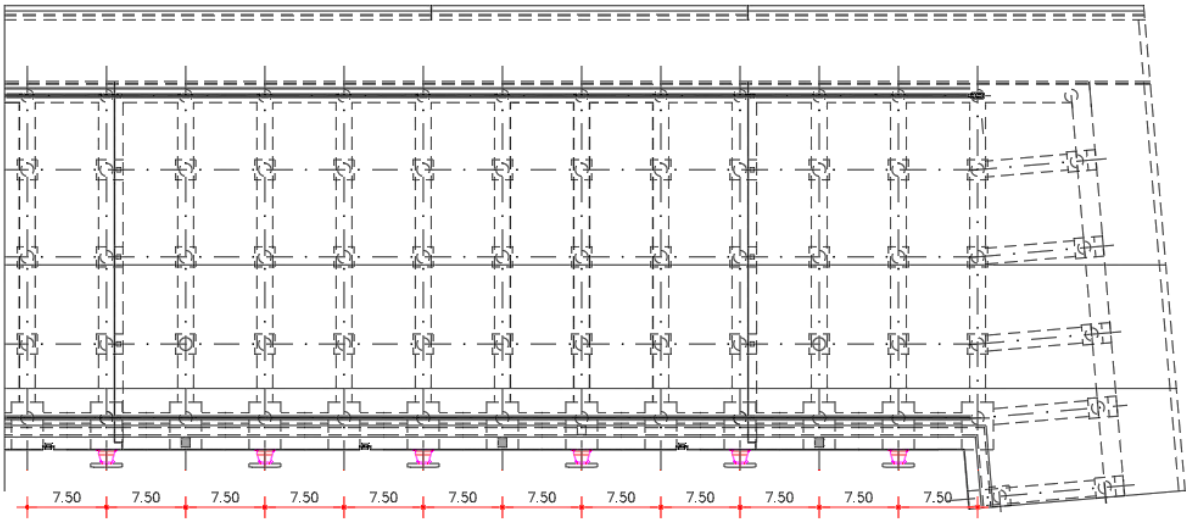


Figura 84 – Alternativa A – Solução estrutural B - Módulo Estrutural corrente e de transição

Entre o cais existente, com cotas de serviço de -5,00 m ZHL, e o novo cais será interposta uma plataforma porticada com 20,55 m de largura em tudo semelhante à descrita na Solução Estrutural A.

Estruturalmente, a plataforma da frente cais será constituída por pórticos estruturais transversais afastados de 7,50 m a eixo.

Cada pórtico transversal é constituído por 5 estacas circulares de betão armado com 1,20 m de diâmetro, betonadas com recurso a molde metálico perdido.

O primeiro alinhamento longitudinal das estacas ficará localizado a 3,0 m da frente cais. Os demais alinhamentos longitudinais estarão distantes a 7,00 m, 15,24 m, 23,48 m e 30,48 m do primeiro alinhamento, materializando a bitola de 30,48 m do pórtico de transferência de contentores STS.

As estacas do lado do mar serão coroadas por blocos em betão armado executados com recurso a elementos pré-fabricados.com 3,0 m de largura e 4,50 m de comprimento. Estes elementos para além da instalação das defensas de acostagem e dos cabeços de amarração permitirão implantar as caixas de tomada das diferentes redes técnicas.

Nas estacas dos alinhamentos intermédios blocos pré-fabricados em betão armado com dimensão em planta quadrangular, de 1,90 m de lado e 0,35 m de altura serão previamente selados ao seu topo permitindo o apoio para as vigas transversais pré-moldadas, de seção

transversal retangular de 1,10 m de altura e 1,50 m de largura, onde apoiarão pré-lajes de 0,30 m de altura sobre as quais será concretada a camada *in situ* da laje do tabuleiro.

As vigas transversais, pré-moldadas, terão 5,53 m (viga VT1), 6,59 m (vigas VT2 e VT3) e, por fim, 5,35 m (viga VT4). As vigas transversais de junta, igualmente pré-fabricadas, terão o mesmo comprimento e 0,80 m de largura.

Longitudinalmente, existirão duas vigas que permitirão a instalação do caminho de rolamento dos pórticos de transferência de contentores STS

A viga do lado terra, de secção transversal retangular, com 1,77 m de altura e 1,30 m de largura, permitirá o remate do talude do manto de proteção do revestimento de contenção do aterro do terrapleno portuário e incluirá um cachorro que permitirá a instalação da laje de transição ao terrapleno portuário,

A viga do lado mar terá igualmente secção transversal retangular, com 1,77 m de altura e 1,20 m de largura e incluirá a caleira para a instalação das redes técnicas.

Na Figura seguinte apresenta-se o detalhe transversal da superstrutura da plataforma acostável.

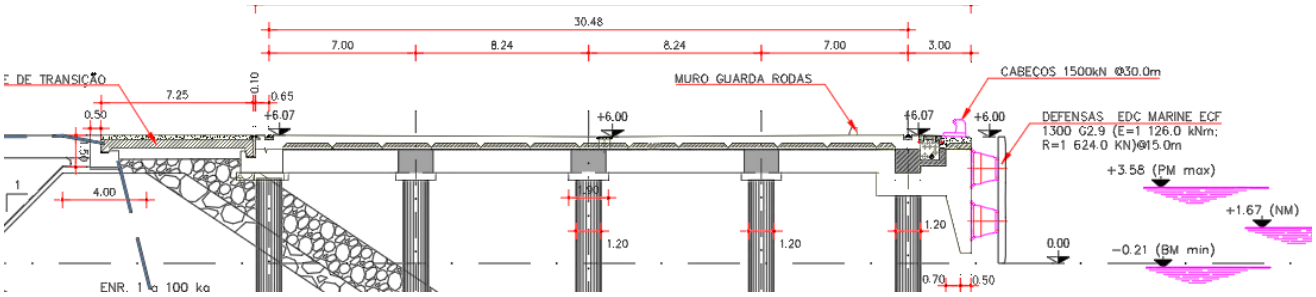


Figura 85 – Alternativa A – Solução estrutural B – Superstrutura da Plataforma Acostável

Serão duas vigas longitudinais que permitirão a instalação do caminho rolante dos pórticos do cais com 30,48 m de bitola (largura da via). A viga do lado terra, de seção transversal retangular, com 1,77 m de altura e 1,30 m de largura, permitirá o acabamento do talude da camada de proteção do quebra-mar para contenção dos enchimentos de extrados a serem executados sob o tabuleiro. A viga do lado do mar também terá seção transversal retangular, com 1,77 m de altura e 1,00 m de largura.

Relativamente à laje do tabuleiro, distinguem-se duas faixas longitudinais. Na faixa entre as vigas transversais, a laje ficará apoiada transversalmente sobre elas e terá um vão livre de 6,0 m.

Nas zonas entre maciços de encabeçamento das estacas do alinhamento do lado mar a laje apoiar-se-á transversalmente sobre os maciços com vão livre de 5,20 m.

A laje será executada com recurso a lajes pré-fabricadas e terá espessura mínima de 0,60 m, sendo 0,30 ms de pré-laje e 0,30 m correspondentes à camada de concreto *in situ* destinado a conferir monolitismo estrutural.

A laje de transição ao terrapleno portuário terá 7,25 m de largura e será executada em duas fases. Numa primeira fase, serão instaladas lajes pré-fabricadas com 7,25 m de comprimento e 0,405 m de espessura. Numa segunda fase será solidarizado o conjunto com recurso a betão *in situ* com espessura máxima de 0,30 m.

A laje de transição apoiará, no lado mar, no cachorro da viga longitudinal do lado terra da plataforma atrás referido. No lado terra, a laje de transição apoiará num maciço de betão armado a executar sobre o terrapleno portuário.

O aterro do terrapleno portuário será protegido do lado mar por um prisma em enrocamento da gama 1 a 100 kg revestido por filtro em enrocamento da gama 100 a 300 kg e pedra de proteção da gama 1 a 3 Ton.

A transição ao cais existente será materializada de forma idêntica à Solução Estrutural A.

A Plataforma de Transição será constituída por quatro módulos estruturais separados por juntas de dilatação.

Na Figura seguinte apresenta-se a planta estrutural da Plataforma de Transição.

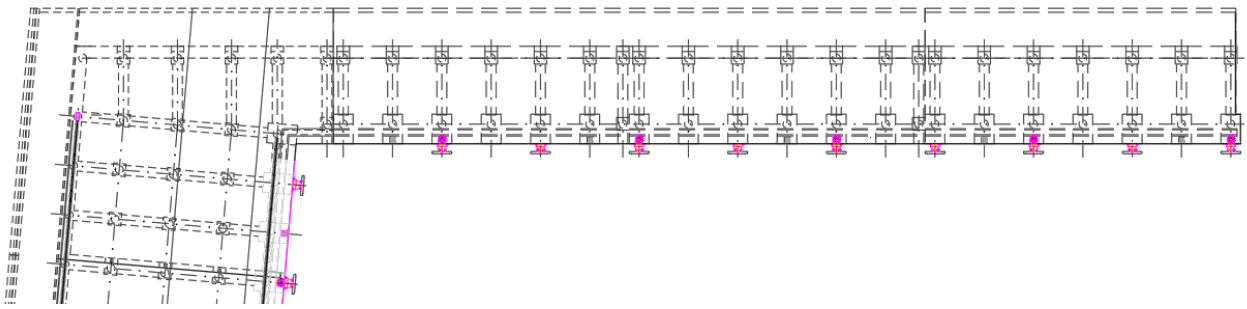


Figura 86 – Plataforma de Transição – Planta Estrutural

As plataformas serão constituídas por pórticos transversais afastados, em geral de 7,50 m a eixo. Serão executados 27 pórticos transversais com duas estacas circulares de 1,20 m de diâmetro, por pórtico, afastadas de 10,0 m a eixo. Nas juntas de dilatação entre pórticos haverá duplicação de pórticos transversais. Na sua extremidade Nordeste a plataforma de transição será semelhante, em três vãos estruturais, à da estrutura da plataforma acostável.

As estacas do alinhamento do lado mar serão coroadas por maciços em betão armado executados com recurso a blocos pré-fabricados com 3,0 m de largura, solidarizados às estacas com recurso a betonagem *in situ*, que permitirão a instalação de defensas de acostagem, cabeços de amarração e caixas de tomada das redes técnicas instaladas numa viga longitudinal que incluirá uma caleira idêntica à do muro cais de 0,90 x 0,90 m coberta com tampas amovíveis em betão armado com 0,20 m de espessura. A viga terá 1,40 m de altura e largura total de 2,40 m incluindo a caleira técnica.

As estacas do alinhamento do lado terra serão, igualmente, coroadas por maciços em betão armado executados com recurso a blocos pré-fabricados com 1,70 m de largura, solidarizados às estacas com recurso a betonagem *in situ*.

Entre maciços de coroamento das estacas dos alinhamentos do lado mar e do lado terra serão instaladas pré-fabricadas com secção transversal retangular de 1,40 m(H) x 1,50 m(B) que, após solidarização aos maciços com betão *in situ*, permitirão a colocação de lajes pré-fabricadas com 0,30 m de espessura. Finalmente, será betonada *in situ* a camada final da laje do pavimento com uma espessura máxima de 0,38 m.

Na Figura seguinte apresenta-se o detalhe do corte estrutural da plataforma de transição.

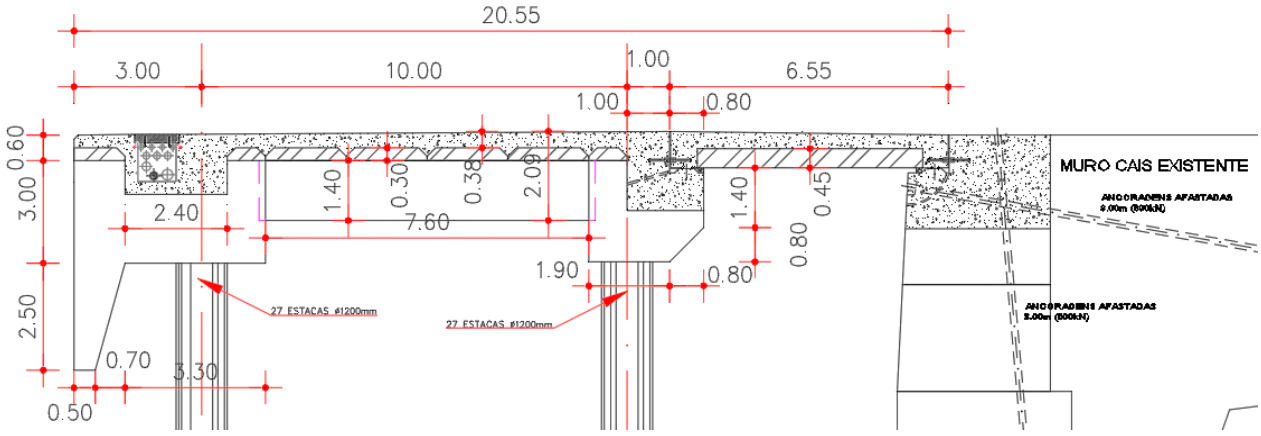


Figura 87 – Plataforma de Transição – Corte Estrutural

A viga longitudinal do lado terra apresentará secção transversal em "L" com 1,85 m de altura e largura máxima de 1,80 m permitindo materializar um cachorro continuo com 0,90 m de altura no qual apoiará a laje de transição ao cais existente.

A laje de transição ao cais existente terá 6,55 de largura e será executada em duas fases. Numa primeira fase, serão instaladas lajes pré-fabricadas com 5,30 m de comprimento e 0,45 m de espessura. Numa segunda fase será solidarizado o conjunto com recurso a betão *in situ* com espessura máxima de 0,40 m.

A laje de transição apoiará, no lado mar, no cachorro da viga longitudinal do lado terra da plataforma atrás referido. No lado terra, a laje de transição apoiará num maciço de betão armado a executar na superstrutura do cais existente que para o efeito será parcialmente demolida. Conectores de transmissão de forças horizontais serão instalados assegurando a ligação da laje de transição tanto à Plataforma de Transição como a superstrutura do cais existente.

De forma a assegurar a estabilidade do cais existente ancoragens sub-verticais e sub-horizontais afastadas de 3,0 m a eixo serão executadas com capacidade resistente de 600 kN cada.

O caminho de rolamento lado terra do pórtico STS de transferência de contentores, com bitola de 30,48 m, ficará instalado numa viga de secção retangular com secção de 1,80 x 1,50 m^2, apoiada sobre 129 estacas circulares de 1,20 m de diâmetro executadas com recurso a molde metálico perdido na altura correspondente ao aterro do aterro e por furação do substrato xistoso. O comprimento total do caminho de rolamento será de 740,10 m distribuídos por 10x62,0 m + 1x45.10 m módulos estruturais separados por juntas de dilatação finalizando em 12,90 m sobre o caixotão de remate de Nordeste.

O Terminal de Contentores, incluindo a Plataforma de Transição, será equipado com:

- 27 cabeços de amarração com capacidade nominal de 1500 kN;
- 32 conjuntos de defensas duplas do tipo EDC MARINE ECF 1300 G2.9 (E=1 126.0 kNm; R=1 624.0 KN)
- 27 Escadas metálicas verticais de acesso ao cais

9.1.2. Alternativa B

9.1.2.1. Solução Estrutural A - Cais continuo em caixotões

Na peça desenhada O.1826.00_EP_IM_017) apresenta-se, para a Alternativa B, Solução Estrutural A, a planta estrutural do novo cais do terminal de contentores para fundos de serviço a -17,00 m ZHL.

A frente cais apresentará um comprimento total de 860,0 m rematando, na sua extremidade Nordeste rematará com a estrutura do atual cais de contentores com fundos de serviço a -10,0 m ZHL.

O cais será executado para fundos de serviço a -17,0 m ZHL embora, numa primeira fase, funcione com fundos a -15,50 m ZHL.

A efetivação do novo cais, à cota -17,0 m ZHL, obrigará à demolição de, aproximadamente, 160 m da frente cais existente à cota -10,0 m ZHL e a remoção de parte do terrapleno portuário atual. A transição para o cais existente será efetuada pela interposição de um caixotão fundado a igual cota, ou seja, à cota -10,0 m ZHL.

A frente cais, incluindo o remate Sudoeste, será constituída por 28 caixotões, 26 dos quais com o comprimento de 32,20 m.

Na extremidade Nordeste um caixotão fundado à cota -10,00 m ZHL com 9,15 m de comprimento materializará o remate com o cais existente. Na extremidade oposta um caixotão de diferente geometria fará a transição entre os dois alinhamentos de cais. A transição ao terrapleno existente será realizada por um dos caixotões correntes, ou seja, um dos 28 caixotões atrás referidos.

Estruturalmente, o caixotão tipo apresenta-se formado por células de secção retangular com dimensão em planta de 3,60 m x 3,25 m, sendo este caixotão geometricamente igual ao da Alternativa A, Solução A.

Assim, de igual forma, o número de células por caixotão tipo, a serem preenchidas com detritos de pedreira, será de 36. O caixotão de transição para o cais existente, com fundos a -10,0 m ZHL, terá 8 células. O caixotão de transição entre frentes cais terá 32 células.

Em alternativa, os caixotões poderão ser preenchidos por detritos provenientes do desmonte do fundo rochoso que será necessário realizar de forma a atingir a futura cota de serviço do cais.

O número de células do caixotão tipo da frente cais define um corpo de caixotão de dimensões exteriores de 32,10 m x 14,70 m e 22,0 m de altura.

As paredes exteriores do caixotão terão 0,40 m de espessura e as paredes interiores 0,30 m. Septos de 0,20 m entre paredes perpendiculares evitarão a existência de quina viva entre faces as verticais.

A laje de fundação terá 0,60 m de espessura e, para além de ser ranhurada de forma a maximizar o atrito na fundação, terá duas consolas de 0,80 m de largura.

Dois salientes laterais, de 0,50 m de profundidade, asseguram a transição e junta de dilatação entre caixotões.

A instalação dos caixotões obrigará à execução, em geral, de desmonte do fundo rochoso numa altura de aproximadamente 3,00 m, visto os fundos se apresentarem na área da bacia de manobra, recentemente sujeita a desmonte e dragagem, à cota -15,00 m ZHL. Nas extremidades Sudoeste e Nordeste do muro cais, a altura do desmonte do fundo rochoso, poderá atingir cerca de 16,0 m.

A vala de instalação dos caixotões terá de ser regularizada com uma camada de 0,50 m de espessura em enrocamento da gama 0,20 a 0,50kN, superiormente regularizada com brita.

A superstrutura do cais será prismática com 4,25 m de largura e 2,0 m de altura e englobará, para além da caleira técnica e respetivas caixas de tomada das diferentes redes, a caleira do caminho de rolamento dos pórticos STS, no comprimento do seu curso.

De forma a materializar uma prumada vertical e retilínea em todo o comprimento da frente cais a superstrutura avançará 0,30 m em relação ao corpo dos caixotões.

Pontualmente, a geometria da superstrutura será ajustada de forma a permitir a instalação de outros equipamentos como sejam as cais de média tensão para ligação elétrica aos pórticos de transferência de contentores STS.

No tardoz dos caixotões que servirão de contenção ao terrapleno portuário será executado um prisma de alívio em enrocamento ToT regularizado, na sua superfície exposta com uma camada de brita de 0,20 m de espessura e revestido com tela geotêxtil. Sobre a tela geotêxtil será executado o terrapleno portuário com recurso a material de aterro.

O remate com o cais existente obrigará à sua demolição, como referido anteriormente, em cerca de 160,0 m, sendo a transição assegurada por uma caixotão fundado à cota do cais atualmente existente.

A transição de alinhamentos da frente cais na extremidade sudoeste é realizada por um caixotão “obtuso”, referido anteriormente.

Finalmente, este alinhamento Sudoeste, é finalizado por um caixotão tipo, corrente, que permite o fecho em retenção marginal com o terrapleno portuário.

De igual forma à Alternativa A, Solução A, o caminho de rolamento lado terra do pórtico STS de transferência de contentores, com bitola de 30,48 m, ficará instalado numa viga de secção retangular com secção de 1,80 x 1,50 m^2.

Nesta Alternativa B, Solução A, a viga caminho de rolamento lado terra do pórtico STS estará suportada por 153 estacas circulares de 1,20 m de diâmetro executadas com recurso a molde metálico perdido na altura correspondente ao aterro do terrapleno e por furação do substrato xistoso. O comprimento total do caminho de rolamento será de 862,10 m distribuídos por 13x62,0 m + 1x456,10 m módulos estruturais, separados por juntas de dilatação.

O Terminal de Contentores, incluindo a Plataforma de Transição, será equipado com:

- 33 cabeços de amarração com capacidade nominal de 1500 kN;
- 60 conjuntos de defensas duplas do tipo EDC MARINE ECF 1300 G2.9 (E=1 126.0 kNm; R=1 624.0 KN)
- 29 Escadas metálicas verticais de acesso ao cais

9.1.2.2. Solução Estrutural B - Cais em Plataforma

Para a Alternativa B, com base nos mesmos pressupostos anteriormente referidos apresenta-se, igualmente, uma solução estrutural alternativa.

Esta solução estrutural, relembra-se, procura maximizar a atenuação da agitação no interior do porto. Assim, semelhantemente, mantém-se a solução estrutural descrita para a Alternativa, Solução Estrutural B que, regista-se de novo, será em plataforma acostável apoiada em estacas e, igualmente, a contenção do terrapleno portuário será feito por revestimento do talude do aterro inferior à plataforma portuária.

Na peça desenhada O.1826.00_EP_IM_023 apresenta-se, para esta solução, a planta estrutural do novo cais do terminal de contentores para fundos de serviço a -17,00 m ZHL.

A frente cais apresentará um comprimento total de 860,0 m rematando, na sua extremidade Nordeste com a estrutura do atual cais de contentores com fundos de serviço a -10,0 m ZHL.

O cais será executado para fundos de serviço a -17,0 m ZHL embora, numa primeira fase, funcione com fundos a -15,50 m ZHL.

Da mesma forma do que para a Solução Estrutural A a efetivação do novo cais, nesta solução, obrigará à demolição de, aproximadamente, 160 m da frente cais existente à cota -10,0 m ZHL e a remoção de parte do terrapleno portuário atual.

A plataforma da frente cais será constituída por catorze (14) módulos estruturais, treze (13) dos quais com 60,0 m de comprimento entre eixos dos alinhamentos extremos dos pórticos estruturais.

O módulo estrutural da extremidade Nordeste, que permite a transição ao cais existente, fundado à cota -10,0 m ZHL, apresentará 51,00 m de frente cais.

Na extremidade oposta, a transição entre os dois alinhamentos de frente cais será realizada por intermédio de um módulo “obtuso” a 140 graus sendo, aqui, o comprimento de frente acostável de 29,0 m, perfazendo o comprimento total de 860,0 m.

A frente cais “oblíqua” terá, para além do término do módulo “obtuso” no comprimento de 29,0 m, mais um modulo estrutural de 60,0 m de comprimento idêntico aos módulos correntes que constituem a frente acostável.

Entre módulos, o primeiro vão apoiará no último pórtico estrutural do módulo anterior com recurso a capiteis de apoio a executar sobre as estacas nos pórticos transversais de junta.

Na Figura seguinte apresenta-se a planta dos módulos estruturais “obtuso” e corrente.

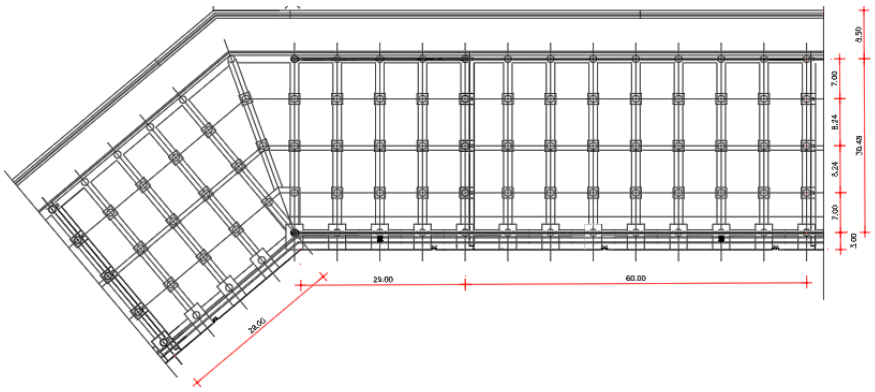


Figura 88 – Alternativa B – Solução estrutural B - Módulos Estruturais corrente e “obtuso”

Estruturalmente, a plataforma da frente cais será constituída por pórticos estruturais transversais afastados de 7,50 m a eixo.

Cada pórtico transversal é constituído por 5 estacas circulares de betão armado com 1,20 m de diâmetro, betonadas com recurso a molde metálico perdido e a furação à rotação do substrato rochoso.

O primeiro alinhamento longitudinal das estacas ficará localizado a 3,0 m da frente cais. Os demais alinhamentos longitudinais estarão distantes a 7,00 m, 15,24 m, 23,48 m e 30,48 m do primeiro alinhamento, materializando a bitola de 30,48 m do pórtico de transferência de contentores STS.

Na Figura seguinte apresenta-se o corte transversal tipo da plataforma acostável.

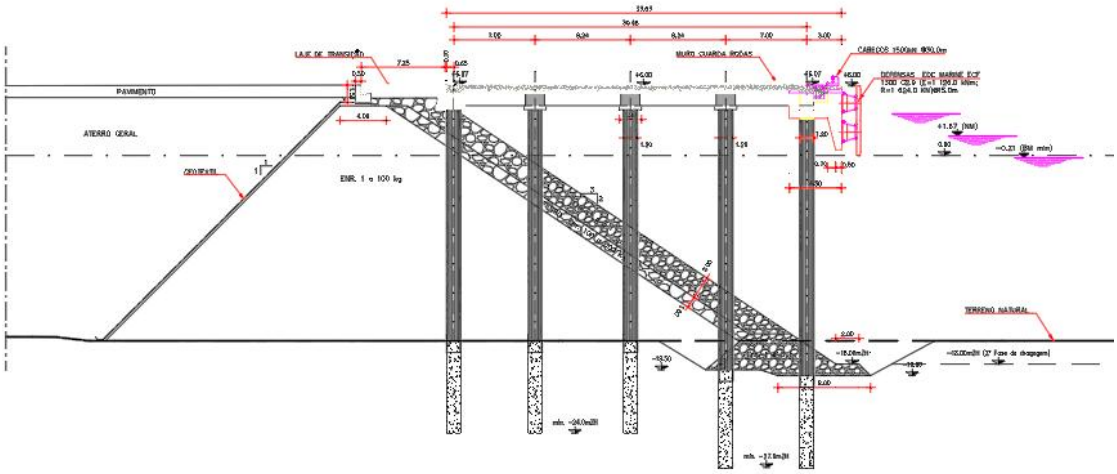


Figura 89 – Alternativa B – Solução estrutural B – Corte Transversal Tipo

Na zona do atual terminal que será demolido o substrato rochoso, embora variável, situa-se entre as cotas -4,0 m ZHL e -6,0 m ZHL pelo que nesta zona optou-se por proceder ao desmonte do substrato rochoso com inclinação de 1H/2V de a forma a permitir efetivar a frente cais à cota de serviço -18,0 m ZHL.

Na Figura seguinte apresenta-se o corte transversal tipo desta zona.

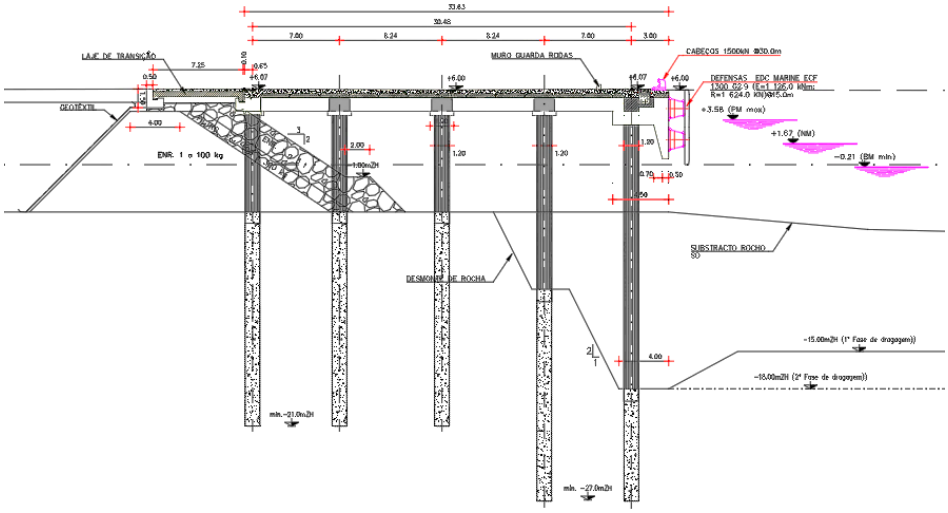


Figura 90 – Alternativa B – Solução estrutural B: Zona do atual cais – Corte Estrutural Tipo

O remate Nordeste do novo cais com o cais existente fundado à cota -10,0 m ZHL obrigará a executar uma estrutura de contenção do atual terrapleno. Para o efeito aproveitar-se-ão parte dos blocos do cais existente.

Na Figura seguinte apresenta-se o corte-alçado da zona de transição podendo verificar-se que a estaca do lado mar penetra no substrato rochoso à cota -10,0 m ZHL.

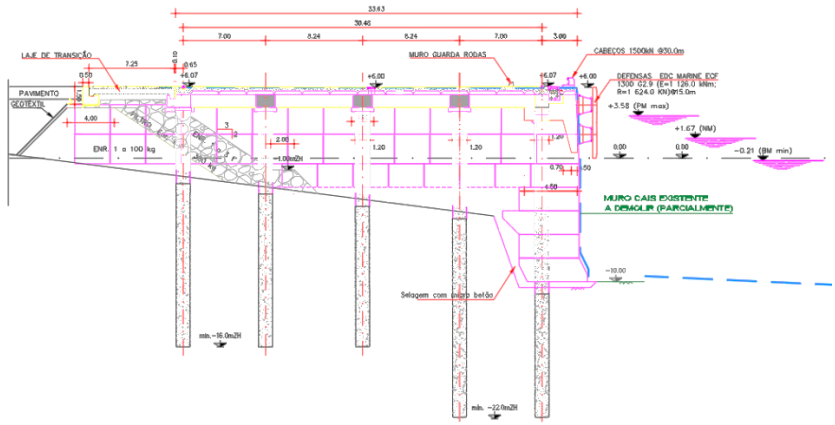


Figura 91 – Alternativa B – Solução estrutural B: Zona de Transição – Corte - Alçado

As estacas do lado do mar serão coroadas por blocos em betão armado executados com recurso a elementos pré-fabricados.com 3,0 m de largura e 4,50 m de comprimento. Estes elementos para além da instalação das defensas de acostagem e dos cabeços de amarração permitirão implantar as caixas de tomada das diferentes redes técnicas.

Nas estacas dos alinhamentos intermédios blocos pré-fabricados em betão armado com dimensão em planta quadrangular, de 1,90 m de lado e 0,35 m de altura serão previamente selados ao seu topo permitindo o apoio para as vigas transversais pré-moldadas, de seção transversal retangular de 1,10 m de altura e 1,50 m de largura, onde apoiarão pré-lajes de 0,30 m de altura sobre as quais será concretada a camada *in situ* da laje do tabuleiro.

As vigas transversais, pré-moldadas, terão 5,53 m (viga VT1), 6,59 m (vigas VT2 e VT3) e, por fim, 5,35 m (viga VT4). As vigas transversais de junta, igualmente pré-fabricadas, terão o mesmo comprimento e 0,80 m de largura.

Longitudinalmente, existirão duas vigas que permitirão a instalação do caminho de rolamento dos pórticos de transferência de contentores STS.

A viga do lado terra, de secção transversal retangular, com 1,77 m de altura e 1,30 m de largura, permitirá o remate do talude do manto de proteção do revestimento de contenção do aterro do terrapleno portuário e incluirá um cachorro que permitirá a instalação da laje de transição ao terrapleno portuário.

A viga do lado mar terá igualmente secção transversal retangular, com 1,77 m de altura e 1,20 m de largura e incluirá a caleira para a instalação das redes técnicas.

Na Figura seguinte apresenta-se o detalhe transversal da superstrutura da plataforma acostável.

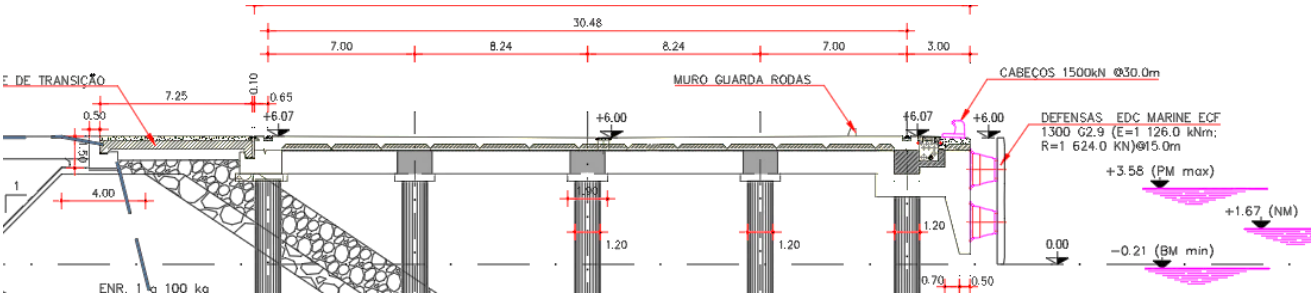


Figura 92 – Alternativa B – Solução estrutural B – Superstrutura da Plataforma Acostável

Serão duas vigas longitudinais que permitirão a instalação do caminho rolante dos pórticos do cais com 30,48 m de bitola (largura da via). A viga do lado terra, de seção transversal retangular, com 1,77 m de altura e 1,30 m de largura, permitirá o acabamento do talude da camada de proteção do quebra-mar para contenção dos enchimentos de extrados a serem executados sob o tabuleiro. A viga do lado do mar também terá seção transversal retangular, com 1,77 m de altura e 1,00 m de largura.

Relativamente à laje do tabuleiro, distinguem-se duas faixas longitudinais. Na faixa entre as vigas transversais, a laje ficará apoiada transversalmente sobre elas e terá um vão livre de 6,0 m.

Nas zonas entre maciços de encabeçamento das estacas do alinhamento do lado mar a laje apoiar-se-á transversalmente sobre os maciços com vão livre de 5,20 m.

A laje será executada com recurso a lajes pré-fabricadas e terá espessura mínima de 0,60 m, sendo 0,30 ms de pré-laje e 0,30 m correspondentes à camada de concreto *in situ* destinado a conferir monolitismo estrutural.

Pontualmente, a geometria da superstrutura será ajustada de forma a permitir a instalação de outros equipamentos como sejam as cais de média tensão para ligação elétrica aos pórticos de transferência de contentores STS.

A laje de transição ao terrapleno portuário terá 7,25 m de largura e será executada em duas fases. Numa primeira fase, serão instaladas lajes pré-fabricadas com 7,25 m de comprimento

e 0,405 m de espessura. Numa segunda fase será solidarizado o conjunto com recurso a betão *in situ* com espessura máxima de 0,30 m.

A laje de transição apoiará, no lado mar, no cachorro da viga longitudinal do lado terra da plataforma atrás referido. No lado terra, a laje de transição apoiará num maciço de betão armado a executar sobre o terrapleno portuário.

O aterro do terrapleno portuário será protegido do lado mar por um prisma em enrocamento da gama 1 a 100 kg revestido por filtro em enrocamento da gama 100 a 300 kg e pedra de proteção da gama 1 a 3Ton.

A viga longitudinal do lado terra apresentará secção transversal em "L" com 1,85 m de altura e largura máxima de 1,80 m permitindo materializar um cachorro continuo com 0,90 m de altura no qual apoiará a laje de transição ao cais existente.

A laje de transição ao cais existente terá 6,55 de largura e será executada em duas fases. Numa primeira fase, serão instaladas lajes pré-fabricadas com 5,30 m de comprimento e 0,45 m de espessura. Numa segunda fase será solidarizado o conjunto com recurso a betão *in situ* com espessura máxima de 0,40 m.

A laje de transição apoiará, no lado mar, no cachorro da viga longitudinal do lado terra da plataforma atrás referido. No lado terra, a laje de transição apoiará num maciço de betão armado a executar na superstrutura do cais existente que para o efeito será parcialmente demolida. Conectores de transmissão de forças horizontais serão instalados assegurando a ligação da laje de transição tanto à Plataforma de Transição como a superstrutura do cais existente.

De forma a assegurar a estabilidade do cais existente ancoragens sub-verticais e sub-horizontais afastadas de 3,0 m a eixo serão executadas com capacidade resistente de 600 kN cada.

O caminho de rolamento lado terra do pórtico STS de transferência de contentores, com bitola de 30,48 m, ficará instalado numa viga de secção retangular com secção de 1,80x1,50 m^2, apoiada sobre 129 estacas circulares de 1,20 m de diâmetro executadas com recurso a molde metálico perdido na altura correspondente ao aterro do aterro e por furação do substrato xistoso. O comprimento total do caminho de rolamento será de 740,10 m distribuídos por 10x62,0 m + 1x45,10 m módulos estruturais separados por juntas de dilatação finalizando em 12,90 m sobre o caixotão de remate de Nordeste.

O Terminal de Contentores, incluindo a Plataforma de Transição, será equipado com:

- 32 cabeços de amarração com capacidade nominal de 1500 kN;
- 63 conjuntos de defensas duplas do tipo EDC MARINE ECF 1300 G2.9 (E=1 126.0 kNm; R=1 624.0 KN)
- 31 Escadas metálicas verticais de acesso ao cais

9.2. Terrapleno portuário do Terminal de Contentores

9.2.1. Demolições Gerais

As diferentes intervenções previstas terão de ser antecedidas de alguns trabalhos de demolições, assinalando-se as estruturas de maior dimensão na peça desenhada nº O.1826.00_EP_AP_001.

Faz-se notar que as demolições descritas neste ponto são aquelas que são comuns a ambas as alternativas de configuração de *layout* (A e B), sendo ainda independentes dos tipos de estruturas de acostagem estudados. Como tal, a descrição das demolições que estão associadas especificamente a essas opções encontra-se nos capítulos de cada uma destas, nomeadamente a demolição parcial do atual TCN.

Os trabalhos de demolição são, essencialmente, os seguintes:

Edificações do estaleiro

Aderente ao intradorso do quebra-mar exterior de abrigo do porto comercial e ao troço do enraizamento do quebra-mar da marina, existe um pequeno estaleiro cuja área tem de cerca de 3300 m^2, espaço que será afeto ao novo terrapleno do terminal de contentores. Nesta área existem dois edifícios com cerca de 900 m^2 de implantação total e vários muros que terão que ser demolidos, assim como o pavimento e respetivos serviços afetados.

Marina de Recreio

- Demolição integral da extensão extrema do molhe de abrigo da Marina de Recreio, num total de cerca de 216,5 m, composta por um muro em aduelas implantado sobre uma base em blocos de betão simples na totalidade da sua face interior, assim como por um cais de gravidade em blocos de betão simples nos 35 m mais próximos do enraizamento no terrapleno de estaleiro que fica continuo;
- Remoção da totalidade das infraestruturas flutuantes associadas à Marina de Recreio e à face Norte do TCN atual, incluindo a remoção de todos os passadiços e fingers, a remoção de todas as estruturas de fixação da posição horizontal destes (estacas metálicas tubulares, perfis metálicos ou bielas de fixação às paredes dos cais), todos os acessórios e demais elementos que se encontrem na bacia da Marina de Recreio.

Postos de Combustíveis B e C

- Demolição integral de todas as estruturas de acostagem e amarração dos navios petroleiros a este terminal em betão armado, incluindo os caixotões e Duques de Alba existentes, que incluem a remoção do material de enchimento;
- Remoção integral das estruturas metálicas de circulação e acesso aos Postos de Combustíveis B e C, incluindo o desvio prévio das tubagens de combustíveis que seja necessário que permaneçam ativas para o seu alinhamento futuro e desativação e remoção das tubagens que sejam abandonadas.

Demolição do pavimento do atual TCN e Serviços afetados

Dado o elevado estado de degradação, será necessário proceder à demolição do pavimento do atual TCN, cuja área se estima ser de 55 000 m^2.

Sob o pavimento será ainda necessário remover as infraestruturas correspondentes aos serviços afetados, designadamente:

- Demolição e remoção da atual rede de Drenagem Pluvial (Câmaras de Visita, Sumidouros, Coletores e Bocas de Lobo);
- Desativação de ramais da atual Rede de Abastecimento de Água Potável, incluindo Tubagens, Acessórios, Caixas de Visita, Válvulas e todos demais elementos;
- Desativação da Rede de Combustíveis, incluindo a demolição e remoção de betão armado em caleiras técnicas e caixas de visita;
- Remoção das Colunas de Iluminação existentes;
- Desativação da Rede Elétrica e de Comunicações, incluindo a remoção de cabos e demolição de caixas e tubagens.

9.2.2. Dragagens e Aterros

9.2.2.1. Dragagens

Embora, em 2022, tenham sido realizadas dragagens para aprofundamento da bacia de rotação, e o alinhamento do cais para o TCN se implanta sobre uma grande extensão com cotas de fundo da ordem dos -15,5 a -16,0 m (ZHL), será necessário fazer novas dragagens, quer de construção para fundação da estrutura, quer gerais para uniformizar as cotas de serviço, especialmente nos topos oeste e leste do novo cais, que se encontram a cotas da ordem dos -2,0 m e -5,0 m (ZHL), respetivamente.

Consoante a alternativa de layout A ou B, com 710 m e 860 m de comprimento útil de cais, respetivamente, e consoante a solução estrutural do cais em caixotões ou em estacas, os volumes estimados das dragagem para a:

- alternativa A são da ordem dos 300 000 a 400 000 m^3, solução estrutural B e A, respetivamente;
- alternativa B, são da ordem dos 550 000 a 700 000 m^3, solução estrutural B e A, respetivamente;

Ou seja, para a mesma alternativa de *layout*, a solução em estacas requer cerca de menos 100 000 a 150 000 m^3 de dragagem que a de caixotões.

No que se refere às alternativas, a Alternativa B, com um comprimento adicional de cais útil de 150 m em relação à alternativa A, apresenta também um volume de dragagem adicional de cerca de 250 000 a 300 000 m^3.

Nestes volumes de dragagens incluem-se também as dragagens necessárias para os obter os fundos de serviço para o Posto B, que são da ordem dos 30 000 m^3 no caso da solução alternativa A e cerca de 60 000 m^3 no caso da solução alternativa B. Esta duplicação de volumes é apenas aparente, pois o Posto B no caso da Alternativa A partilha dos fundos de serviço de -15.5 m(ZH) do cais, enquanto no caso da alternativa B, por estar mais afastado do cais, já não partilha.

De referir ainda que, incluem-se também as demolições do cais do atual TCN, na zona de ligação com a expansão, estimada em cerca de 20 000 e 15 000 m^3 no caso da Alternativa A, solução A e B, respetivamente. No caso da alternativa B, os volumes das demolições assumem maior expressão, estimando-se que atinjam valores de cerca de 150 000 a 100 000 m^3, soluções A e B, respetivamente.

9.2.2.2. Materiais de aterro

Apesar de terem sido analisadas duas configurações para o *layout* do alargamento do Terminal de Contentores Norte (TCN) do Porto de Leixões, as quais foram ambas projetadas para a possibilidade de dois tipos distintos de soluções estruturais para o cais acostável, as características dos materiais de aterro mantêm-se, distinguindo-se apenas no volume.

Com efeito, as alternativas de *layout* A e B, apresentam para a solução estrutural em caixotões, um volume de aterro da ordem dos 2,0 Mm^3, e para a solução em estacada, o volume de aterro reduz ligeiramente para cerca de 1,7 Mm^3.

O aterro da ampliação do terrapleno do TCN fica contido pela estrutura da frente de cais a Sul, onde as cotas de serviço se encontram a (-17,0 m) ZHL, e pelas estruturas atualmente existentes do molhe Norte e das estruturas do atual TCN e perímetro da marina de recreio.

Prevê-se a utilização dos materiais resultantes da dragagem e das demolições do existente, que são da ordem de 0,5 Mm^3, mas sobretudo de materiais de pedreiras ou saibreiras da região.

Poderá eventualmente, se for técnica e economicamente viável, utilizar para o aterro, os materiais que se encontram no vazadouro marítimo e que resultaram da dragagem do canal e bacia de rotação.

Na construção do corpo dos aterros poderão ser utilizados todos os materiais que permitam a sua colocação em obra em condições adequadas, que garantam e assegurem, por um lado, a estabilidade da obra e, simultaneamente, que as deformações pós-construtivas que se venham a verificar sejam toleráveis a curto e longo prazo para as condições de serviço.

O material para utilizar em aterro será proveniente das escavações, e deverá ser homogéneo, de boa qualidade, isento de detritos, matéria orgânica ou quaisquer outras substâncias nocivas.

Terão de ser verificadas em obra as características admitidas em projeto para as propriedades – índice – nomeadamente: compressão simples; compressão por carga pontual (*Point Load Test*); porosidade; massa volúmica e expansibilidade. Deve ainda ser dada particular importância à resistência ao esmagamento, ao desgaste em meio húmido (*Slake Durability Test*), ao desgaste de Los Angeles e à deformação unidimensional dos materiais a utilizar de modo a serem confirmados os pressupostos de projeto. Esta verificação será feita após a execução do aterro experimental e antes do início da construção.

Na parte superior dos aterros de enrocamento, devem ser utilizados materiais que permitam fazer a transição entre os materiais utilizados no corpo do aterro e os materiais do leito do pavimento.

9.2.2.3. Compactação

A partir da definição das características geotécnicas dos materiais de aterro, deverá proceder-se ao cálculo do assentamento para uma sobrecarga de 70 kN/m^2 em toda a plataforma, devendo o valor do assentamento ser inferior a 5 cm ao fim de um ano de exploração do terminal.

A camada de coroamento de aterros para fundação dos pavimentos (leito de pavimento) deverá atingir um CBR $\geq$ 10%.

Deverá ser realizada em obra a verificação das características admitidas em projeto após a execução dum aterro experimental e antes do início da construção. Tendo em conta as características dos materiais a utilizar, vários métodos de compactação poderão ser utilizados, sendo os mais correntes os seguintes:

- Pré-cargas;
- Compactação dinâmica.

9.2.3. Pavimentações

9.2.3.1. Arruamentos e zona de serviços

As áreas funcionais a constituir no terrapleno do terminal de contentores serão fundamentalmente as seguintes:

- Área para parqueamento de contentores cheios (Importação/Exportação);
- Área para parqueamento de contentores frigoríficos;
- Área para parqueamento de contentores vazios;
- Área para parqueamento de contentores fora de formato, e (ou) contentores de mercadorias perigosas;
- Área de parqueamento e reparação do equipamento de parque;
- Áreas administrativas, de controlo e segurança;
- Zona destinada à consolidação/desconsolidação de contentores;
- Zona destinada a edifícios relativos às infraestruturas das redes.

A rede viária de acesso ao terminal mantem a sua atual estrutura de pavimentação e geometria.

a) Pavimentação do terrapleno portuário

i) Camada de coroamento de aterros

Conforme se referiu na Nota Introdutória uma parte significativa do novo terrapleno integra a área do atualmente existente, assim, a camada de coroamento de aterro será apenas efetuada nas zonas de extensão e com aterro em material granular. Nas zonas com preenchimento com material granular para a execução do aterro no tardoz do novo cais, e atingida a cota prevista para o aterro, já objeto da densificação, será realizada a camada de coroamento de aterros, com material selecionado, para se materializarem as plataformas para a execução das várias camadas que constituam a estrutura dos pavimentos.

A camada de coroamento, a executar por camadas de 0,20 m a 0,30 m de espessura, serão niveladas ao seu nível final por motoniveladoras e compactadas por cilindros de rolos vibratórios para se atingir um valor de CBR ≥ 10%.

b) Dados de base

i) Equipamento previsto para movimentação no parque de contentores

Equipamento de Parque previsto:

- RTG;
- *Reach Stacker*;
- Empilhadores FLT;
- Plataformas com reboque.

Segue-se uma caracterização sumária deste equipamento portuário.

RTG – *Rubber Tyred Gantry*

a) Capacidades/Valências:
   - Transferência de um contentor até 40,6 tf da sua posição em pilha ou ao nível do solo para uma plataforma e vice-versa;
   - Translação, a uma velocidade dependente da carga, com movimento do carro durante o transporte de cargas de contentores até 40,6 tf;
   - Translação, a velocidade plena, com o *spreader* vazio;
   - Rotação dos grupos de rodas a 90º, para movimentação no parque, sem carga a uma velocidade reduzida.

b) Dimensões Principais:
   - Vão principal – 26 m (7 contentores + via de acesso);
   - Altura de elevação acima do solo – 18,10 m, sob o *spreader* (5 + 1 contentores).

Empilhador frontal - *Reach stacker*

Capacidades:

- Altura máxima de empilhamento – 1ª/2ª e 3ª filas – 5/5/4;
- Altura máxima de elevação – 18,90 m;
- Capacidade máxima - 1ª/2ª e 3ª filas – 45/30/15.

Empilhador frontal – FLT (*Forklift truck*)

- Altura máxima de empilhamento -5;
- Capacidade máxima – 9 tf.

Plataformas com trator

As plataformas (semirreboques), de dois eixos, para a movimentação horizontal de contentores deverão comportar unidades de 40' e serão operadas com um trator 4 x 2 adequado.

Ainda há a considerar as cargas estáticas que incidirão sobre o pavimento do parque de contentores, correspondendo a um número máximo de contentores em sobreposição vertical é de 4 (quatro) unidades.

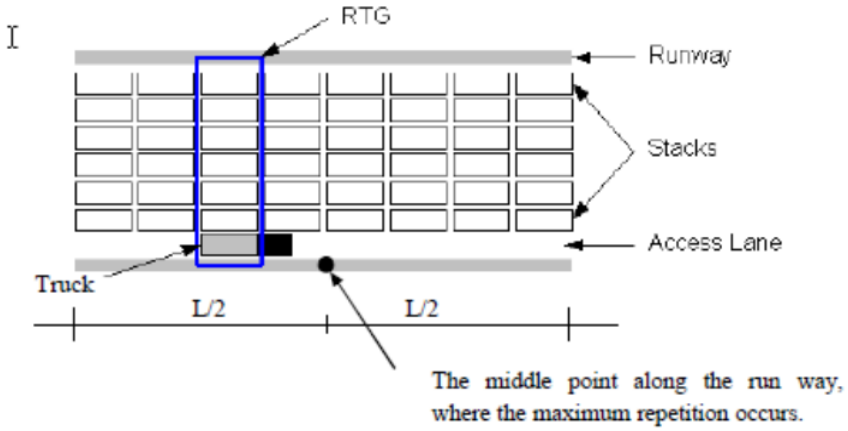
ii) Base do Projeto

É admitida uma vida útil do projeto para os pavimentos portuários de 25 anos.

CBR mínimo na camada de fundação ≥10%.

No geral o pavimento do terminal de contentores terá uma camada de desgaste em blocos de betão, tipo "*pavê*", com aplicação em espinha, com espessura de 0,10 m, as propriedades dimensionais e de resistência dos blocos devem estar em conformidade com a EN 1338. Nas zonas em que o pavimento deva apresentar-se com características de impermeável será adotada uma camada de desgaste em lajes de betão.

Nesta fase de Estudo Prévio, o plano de estiva, no que se refere a contentores cheios movimentados por RTG, contempla conjuntos de blocos de pilhas de 7 contentores de largura por 4+1 de altura, com um comprimento adequado às zonas onde se inserem. Adotando-se como mais desfavorável, o funcionamento de um RTG por bloco de pilha de contentores e correspondendo a um desenvolvimento adequado a acondicionar 40 "slots" de contentores de 20" pés. Sendo a capacidade total deste bloco de 4 x 7 x 40 = 1120 TEU.



Assume-se que o bloco irá operar com 70% da sua capacidade total, reduzindo-se então o movimento de contentores para cerca de 784 TEU.

Considera-se, ainda, que o bloco será constituído por 50% de contentores de 20 pés e os restantes 50% por contentores de 40 pés, pelo que a capacidade operacional será de cerca de 523 contentores.

Dado que o tempo médio estimado para a rotação de contentores é de 6 dias, e considerando uma operacionalidade anual de 365 dias resulta numa movimentação anual de cerca de 31 816 contentores.

Para um período de vida útil de 25 anos vem um total de movimentos de 795 400, como os contentores serão movimentados no mínimo por duas vezes obtém-se um total de movimentos de 1 590 800.

Resumo das bases de Projeto para RTG:

- Para RTG de 40 toneladas a carga média por roda é de 12,20 t, com um fator dinâmico de 1,10;
- Número de movimentos a considerar é de 2 028 800 para o período de vida útil de 25 anos;
- Número total de rodas – 8 rodas, ou seja, considerar a passagem de 4 rodas por alinhamento;
- Fator de “canalização”, devido à passagem praticamente pela mesma área, é de 2.

Assim, o total de passagem a considerar para a carga de 13,4 t (já com a aplicação do fator dinâmico) é de 2 x 4 x 1 590 800 = 12 726 400.

Resumo das bases de Projeto Reach Stacker:

- Para os *Reach Stacker*, destinados para a movimentação em particular de contentores de formato especial, vamos admitir que terão como capacidade de movimentação 45t, e uma carga máxima no eixo frontal de 100 t, ou seja 25 t, por roda. Adota-se um fator dinâmico de 1,40, pelo que a carga equivalente por roda é de 35 t;
- Vamos admitir um total de 20 000 movimentos por ano, o que corresponde a um total de movimentos durante a vida útil de cerca de 500 000 de movimentos.

Resumo das bases de Projeto Reach Stacker com destino a parqueamento:

- Para os *Reach Stacker* com destino a parqueamento, ou manutenção, vamos admitir que terão uma carga máxima no eixo frontal de cerca de 50 t, ou seja 12,5 t, por roda. Adota-se um fator dinâmico de 1,40, pelo que a carga equivalente por roda é de 17,5t.
- Vamos admitir um total de 250 000 movimentos durante a vida útil.

A verificação da estrutura do pavimento será efetuada com base na metodologia indicada na publicação “The Structural Design of Heavy Duty Pavements for Ports and Other Industries”, Edition 4.

O procedimento de cálculo baseia-se em que os pavimentos projetados para a vida útil da obra, com bases estabilizadas, sendo a deformação por tração na base o limite para o dimensionamento da estrutura do pavimento.

O método divide a estrutura total do pavimento em fundação e estrutura, de tal modo que a espessura da estrutura (base) possa ser dimensionada para vir suportar um regime de carga aplicado e a fundação possa ser dimensionada para garantir um suporte adequado para as camadas de pavimento superiores (base e camada de desgaste), tendo em conta as características do terreno de fundação.

O regime de carregamento é normalizado para uma única carga equivalente, sendo que o ábaco de dimensionamento foi elaborado tenho por referência uma base hidráulica com resistência à compressão da classe C8/10.

São possíveis a aplicação de fatores de conversão para outros materiais ou classes de betão, dado pelo próprio manual, para se determinarem espessuras equivalentes.

No caso da estiva de contentores, como já se referiu, esta será efetuada em blocos, sendo considerada uma arrumação de contentores no máximo de 5 níveis.

As esquinas dos contentores medem cerca de 178 mm x 162 mm, e na sua arrumação existe sempre um afastamento entre contentores.

O peso máximo bruto dos contentores cheios é de cerca de 304,8 kN, como é pouco provável que todos contentores tenham este peso máximo, admite-se para o tipo de estiva recomendado, arrumação em bloco e em 6 níveis em altura, uma redução de 30% do seu peso máximo.

Para este tipo de estiva temos então como ação mais desfavorável:

304,8 kN x 4 x 0,70 = 853,44 kN

iii) Pré-dimensionamento do pavimento

Um dos aspetos a considerar com influência no dimensionamento é a "profundidade efetiva" (*Effective depth*), que depende do valor do CBR, sendo dada pela seguinte fórmula:

$$\text{Effective depth} = 300 \times \sqrt[3]{\frac{35\,000}{CBR\ x\ 10}}$$

No nosso caso o valor mínimo exigido para o CBR é de 10% pelo que:

Effective depth = 2 114 mm

Wheel Spacing (mm)	Proximity factor for effective depth to base of:		
	1000mm	2000mm	3000mm
300	1.82	1.95	1.98
600	1.47	1.82	1.91
900	1.19	1.65	1.82
1200	1.02	1.47	1.71
1800	1.00	1.19	1.47
2400	1.00	1.02	1.27
3600	1.00	1.00	1.02
4800	1.00	1.00	1.00

Figura 93 – Fatores de proximidade

Fazendo a interpolação pelos valores do quadro obtém-se a influência das cargas das rodas adjacentes, em função do seu espaçamento, para a determinação da carga equivalente.

No caso dos RTG apenas as rodas do mesmo "*bojie*" são significativas, afastamento de cerca de 0,80 m, dando um fator de influência de 1,70.

Para o *Reach Stacker*, admitindo um afastamento de 0,60 m, o fator de influência é de 1,84.

Os valores a considerar como determinantes para o pré-dimensionamento são então os seguintes:

a) Carga estática da pilha de contentores – 853,44 kN

b) RTG:
   - Carga equivalente = 122 x 1,10 x 1,70 = 228 kN;
   - Número de passagens = 12 726 400 da carga equivalente.

c) *Reach Stacker* (com carga):
   - Carga equivalente = 250 x 1,40 x 1,84 = 644 kN;
   - Número de passagens = 500 000 da carga equivalente.

d) *Reach Stacker* (sem carga):
   - Carga equivalente = 125 x 1,40 x 1,84 = 322 kN;
   - Número de passagens = 250 000 da carga equivalente.

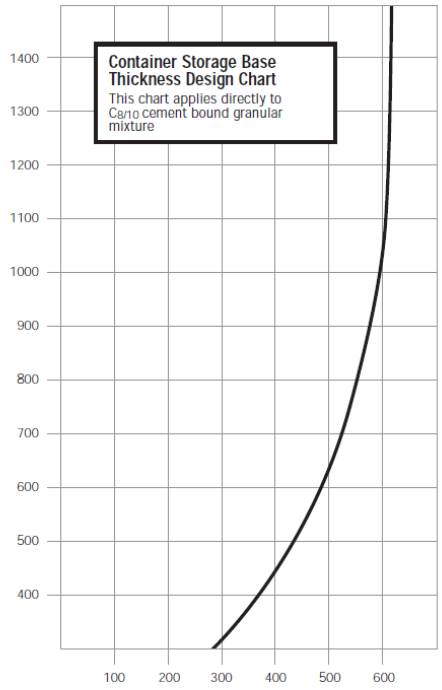


Figura 94 – Gráfico para determinação da espessura da base do pavimento para armazenamento de contentores

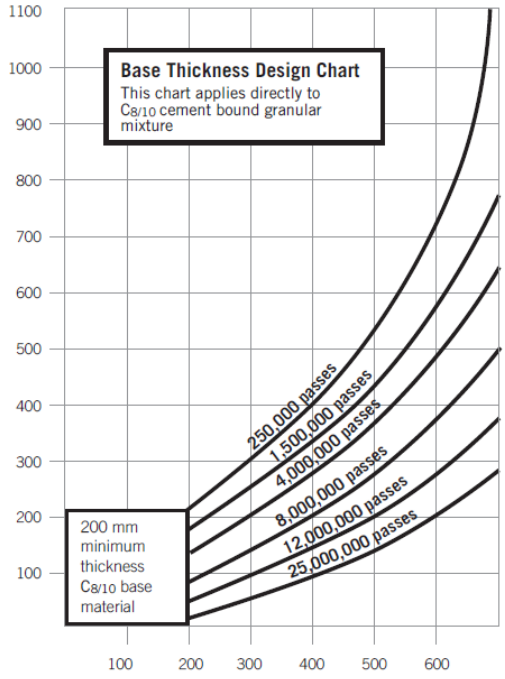


Figura 95 – Gráfico para determinação da espessura da base do pavimento para cargas dinâmicas com várias passagens

Pela leitura do ábaco obtém-se as seguintes espessuras para a camada de base em C8/10:

a) Pilha de contentores.....56 cm
b) RTG .....55 cm
c) *Reach Stacker*.....59 cm
d) *Reach Stacker* (sem carga).....35 cm

Como o ábaco é elaborado para blocos com 8 cm de espessura e no presente estudo se prevê a aplicação de blocos com 10 cm, pode retirar-se à espessura da camada de base em C8/10, anteriormente indicada 2 cm do valor obtido pelo ábaco.

Sendo assim, as espessuras em C8/10:

a) Pilha de contentores.....54 cm;
b) RTG .....53 cm;
c) *Reach Stacker*.....57 cm;
d) *Reach Stacker* (sem carga).....33 cm.

Consultando a tabela seguinte, obtém-se os fatores de conversão para outras classes de betão, para se determinarem espessuras equivalente.

QUADRO 14 – Fatores de equivalência dos materiais entre C8/10 CBGM e betão estrutural

Concrete			
	C8/10	to BS8500-1	1.00
	C12/15	to BS 8500-1	0.87
	C16/20	to BS 8500-1	0.79
	C20/25	to BS 8500-1	0.74
	C25/30	to BS 8500-1	0.65
	C25/30	to BS 8500-1 including 20kg/m^3 steel fibre	0.60
	C25/30	to BS 8500-1 including 30kg/m^3 steel fibre	0.55
	C25/30	to BS 8500-1 including 40kg/m^3 steel fibre	0.50
	C28/35	to BS 8500-1	0.62
	C32/40	to BS 8500-1	0.60
	C32/40	to BS 8500-1 including 20kg/m^3 steel fibre	0.55
	C32/40	to BS 8500-1 including 30kg/m^3 steel fibre	0.50
	C32/40	to BS 8500-1 including 40kg/m^3 steel fibre	0.45
	C35/45	to BS 8500-1	0.58

- (C25/30) = 0,65
- (C35/45) = 0,58

iv) Estrutura dos pavimentos a adotar

Para permitir a flexibilidade no plano de estiva vamos adotar a mesma estrutura de pavimento, mesmo para a zona onde se prevê a instalação de contentores vazios.

Sendo apenas considerada a zona a partir da área destinada a Contentores “IMGD” e “OOG”, e o parqueamento de equipamentos e sua manutenção, com uma estrutura de pavimentação diferenciada.

Pavimento Tipo 1

A estrutura típica para a pavimentação portuária será então constituída por:

- Camada de desgaste em blocos de betão ..... 10 cm;
- Camada de areia..... 3 cm;
- Camada de base em C8/10 com 58 cm, ou (0,65 x 57 cm = 37 cm de C25/30).
- Adota-se uma camada de base em C25/30 de 37 cm;
- Camada de sub-base em material britado..... 15 cm;
- Camada de coroamento de aterros (fundação) com CBR ≥ 10%.

Para drenar as águas que eventualmente se possam infiltrar pelas juntas dos blocos, a base em betão, será perfurada de 5 m em 5 m por drenos verticais em PVC de 5 cm de diâmetro, revestidos com geotêxtil, nas linhas de talvegue e que conduziram as águas infiltradas para as camadas drenantes inferiores, evitando-se deste modo o fenómeno de "*pumping*" da camada de areia.

Será também instalado um filme em polietileno com cerca de 0,25 mm de espessura entre a camada de base em betão e a camada de sub-base em material britado.

Pretende-se evitar a dissecação e contaminação do betão aplicado sobre a camada de material britado.

Deverá também ser analisada a necessidade de colocação de uma tela geotêxtil entre a camada de coroamento do aterro e a camada de sub-base em material britado em função das reais relações de filtro em presença, em particular na zona do atual terrapleno.

Pavimento Tipo 2

O pavimento tipo dois aplica-se no acesso ao estacionamento e parque de estacionamento e a sua estrutura é definida em seguida:

- Camada de desgaste em blocos de betão .....10 cm;
- Camada de areia .....3 cm;
- Camada de base em C25/30 .....20 cm;
- Camada de sub-base em material britado .....15 cm;
- Camada de coroamento de aterros (fundação) com CBR ≥ ..... 10%.

Pavimento Tipo 3

Para a zona da área destinada a Contentores "IMGD" e "OOG", e também destinada a parqueamento de equipamentos e sua manutenção, prevê-se a execução de um pavimento impermeável e, de igual forma na zona de acesso nas portarias.

O pavimento será em laje de betão, com armadura de "pele" e passadores, a classe de resistência do betão será de C35/45, e que corresponde aproximadamente a uma resistência à flexo-tração a 90 dias superior a 5,5 kN/mm^2.

A estrutura a adotar para este tipo de pavimento será a seguinte, e determinada pelas passagens do *Reach Stacker em plena carga*, mas neste caso considerando-se a espessura total da base, camada de areia e blocos em betão, para a aplicação do fator de conversão. Ou seja (59 + 3 + 8 = 70 cm):

- Camada de desgaste em laje de betão C35/45 = (0,58 x 70 cm = 40,6 cm) lajetas em betão com 40 cm;
- Camada de base em material britado..... 15 cm.

Dado que esta espessura da camada de desgaste é condicionada pela operacionalidade dos *Reach Stacker* carregados, entende-se que esta área deva ser delimitada em fase posterior do projeto, permitindo deste modo não penalizar toda a área de pavimento impermeável, já que para as restantes zonas operacionais, condicionadas fundamentalmente pela movimentação de equipamentos não carregados, a espessura da camada de desgaste para um betão C35/45 é de cerca de 27 cm.

Assim, nesta fase sugere-se que a estrutura da pavimentação a adotar para esta área seja a que se segue, e a qual deve ser verificada em fase posterior do projeto, tendo em atenção as áreas destinadas às várias funções, e calculada por método de dimensionamento mais adequado a este tipo de pavimento rígido, método de "Westergaard" ou de "Gerald Pickett", por exemplo.

- Camada de desgaste em laje de betão C35/45..... 30 cm
- Camada de base em material britado..... 15 cm

O remate entre o pavimento em blocos de betão e outras áreas será efetuado através de um lancil em betão ligeiramente armado com a secção adequada ao fim a que se destina.

Passeios e lancis

Os passeios apresentam pendentes transversais de 2,0%, no sentido da faixa de rodagem e têm a seguinte estrutura de pavimentação:

- Camada de desgaste constituída por blocos de betão prefabricados com 20 cm x 10 cm e 8 cm de espessura;
- Almofadas de areão com traço de cimento 1/6 com 4 cm de espessura;
- Camada de sub-base em agregado britado de granulometria extensa (ABGE), com 20 cm de espessura;
- Fundação devidamente compactada e regularizada.

No que respeita aos lancis, serão aplicados lancis pré-fabricados em betão:

- Lancil de passeio, 0,13 m x 0,30 m, com um espelho de 0,12 m ou 0,10 m, respetivamente em remates com faixa de rodagem e com faixa de estacionamento;
- Lancil/guia a aplicar entre a faixa de rodagem e a faixa de estacionamento, 0,08 m x 0,25 m, com um espelho de 0,02 m;
- Todos os lancis terão uma fundação em betão C15/20.

9.2.3.2. Sinalização

Quer a zona portuária quer a zona de acesso será equipada com uma sinalização horizontal e vertical de tráfego e de marcações no terrapleno para a identificação de cada "*slot*" de contentores.

Também será efetuada as marcações das vias de rolamento para os RTG e das faixas de segurança para o funcionamento das gruas pórticos no cais.

9.2.3.2.1. Sinalização Horizontal

A sinalização horizontal integra um conjunto de marcas rodoviárias, em pintura refletorizada, do tipo longitudinal, transversal ou outra, adequadas às características do projeto.

As marcas inscritas no pavimento serão pintadas em material termoplástico com características refletoras e deverão obedecer aos requisitos do Caderno de Encargos Tipo da EP – Estradas de Portugal, em particular quando aplicadas no acesso viário.

Linhas longitudinais

Prevê-se a utilização dos seguintes tipos de linhas:

a) Contínuas
   - Separação absoluta de vias numa única faixa de rodagem com sentidos opostos de circulação (LBC).

b) Descontínuas
   - Separação das vias numa única faixa de rodagem com o mesmo sentido de circulação (LBTg);
   - Cedência de prioridade nas várias entradas da rotunda (LBTc);

Marcas transversais

Barras de paragem

Serão previstas barras de paragem nos locais de paragem obrigatória, associadas à inscrição e ao sinal de código de STOP.

Outras marcas

Serão ainda adotadas no projeto outras marcas, que se descrevem seguidamente:

- Raias oblíquas paralelas

- Inscrição STOP
- Triângulos de cedência de prioridade
- Setas de seleção

9.2.3.2.2. Sinalização Vertical

Características gerais:

- Todos os sinais serão refletorizados, devendo os materiais e técnicas utilizadas na pintura e refletorização garantir a retroreflexão.

Sinais verticais de código

- Os sinais verticais de código serão os que vêm prescritos e pormenorizados na legislação portuguesa, nomeadamente os sinais de perigo, os de prescrição absoluta, os de STOP e os de informação.

9.2.3.3. Vedação

A plataforma portuária será delimitada por uma vedação de segurança conforme indicado na peça desenhada do estudo prévio. A vedação é implementada de forma a separar integralmente a área concessionada ao Terminal de Contentores Norte quer da via de acesso ao molhe, da zona de edifícios existentes e do Terminal de Contentores Nº 4 que lhe é contíguo.

A vedação de segurança a instalar será constituída por painéis de malha de 100 x 50 mm. Barras horizontais de 15 x 6 mm e arames verticais com diâmetro de 5 mm. Os painéis serão galvanizados e plastificados (poliéster). Postes galvanizados tanto no seu interior como exterior segundo a EN10147 e plastificados (poliéster), em cor RAL a definir, tipo “Nylofor 3D”, painéis com 2,43 m de altura e 2,50 de desenvolvimento.

Os painéis serão assentes em postes galvanizados e plastificados a poliéster, fundados no murete em betão armado mediante negativos ou carotagem, posteriormente serão selados com argamassa cimentícia à base de “*grout*”.

A vedação integrará um ou dois portões distintos (dependendo da implantação ou não do Terminal Ferroviário) na fronteira com o Terminal de Contentores Nº 4:

- Um portão de abrir, dimensionado e especificado para travessia e passagem de equipamento rodoviário e camiões, o qual será composto por um portão de abrir com

cerca de 7 m de abertura e de duas folhas. Será fixo a montantes em betão armado e deverá ser executado um lintel destinado ao rolamento das duas folhas do portão;

- Um portão de correr, dimensionado e especificado para tráfego ferroviário. Tal como o anterior, será fixo a montantes em betão armado e deverá ser executado um lintel destinado ao rolamento do portão.

No caso da vedação a aplicar na fronteira com o Terminal de Contentores Nº4, os postes serão aplicados diretamente no pavimento de modo a permitir a drenagem superficial das águas pluviais.

9.3. Redes de Serviço - Águas e Esgotos

9.3.1. Enquadramento

As infraestruturas projetadas são:

- Águas de consumo;
- Águas para combate a incêndio;
- Redes de esgotos de águas residuais domésticas;
- Redes de esgotos de águas pluviais;

O presente estudo prévio das redes do sistema de abastecimento de água potável, de incêndio, do sistema de esgotos de águas residuais domésticas e das redes de drenagem de águas pluviais é elaborado presumindo a reformulação da extensão do terrapleno existente, admitindo-se para o efeito o cenário de modificação da geometria do existente e prolongamento do cais acostável numa frente de cais continua de cerca de 1 km de comprimento.

Admite-se à partida que, não obstante os casos em que as redes técnicas de outros terminais contíguos destas dependam, as redes do TCN conforme existem serão desativadas para permitir a total incorporação nas novas redes globais do terminal após alargamento.

9.3.2. Listagem das infraestruturas projetadas

No presente estudo contemplam-se as seguintes infraestruturas gerais:

Águas

- Conduta de ligação da rede portuária até ao contador geral da nova rede de abastecimento de água potável;
- Redes de águas de consumo;
- Central de combate a incêndio;
- Redes de águas de combate a incêndio (com água salgada).

Esgotos

- Sistema de esgotos de águas residuais domésticas;
- Redes de drenagem de águas pluviais (terrapleno e edifícios).

9.3.3. Abastecimento e distribuição de água potável

9.3.3.1. Considerações prévias

Foi estabelecido à partida para a definição da nova rede de abastecimento e distribuição de água potável quer à nova extensão total da frente de cais do TCN de Leixões como aos novos edifícios que serão implantados no seu terrapleno que, em virtude da pretensão expressa pela APDL, a infraestruturação ao nível das redes técnicas deste terminal seja independente da rede portuária existente.

Segundo este pressuposto, e tendo em conta que esta nova configuração e extensão do terrapleno estará totalmente isolada com vedação dos restantes terminais (excetuando os canais de entrada e saída rodo e ferroviários), a rede atual será desativada e estabelece-se uma nova rede, a qual parte de uma tomada em carga na conduta pública que se desenvolve na Av. Antunes Guimarães.

Pressupõe-se assim que a conduta pública tem diâmetro mínimo DN160 e cumpre com a pressão mínima regulamentar de 30 m.c.a., permitindo assim assegurar pressões mínimas não inferiores a 20 m.c.a. em qualquer tomada de cais aberta isoladamente.

Será um ponto de partida igualmente que, como o regulamento vigente indica que deverá existir um contador sempre acessível pela empresa distribuidora responsável pela rede, e encontrando-se o espaço do terminal separado por vedação do resto do porto e do exterior, o contador terá de ficar necessariamente fora da zona concessionada.

9.3.3.2. Caracterização genérica do sistema de abastecimento de água

Descrição da rede

O sistema de abastecimento de água (doce, potável) é efetuado a partir da rede pública existente, cuja conduta se desenvolve na Av. Antunes Guimarães, a qual se admite ser de DN 160 e com pressão mínima de 30 m.c.a..

O sistema, a partir do nó de ligação à conduta principal existente, conseguida por uma tomada em carga, será constituído por uma conduta de PEAD PE100 SDR 17 - PN10, a qual se desenvolve desde a tomada da conduta principal até um conjunto contador.

Relativamente a este contador, que estará colocado do lado de fora da vedação em nicho específico a executar para o efeito pelas razões previamente assinaladas, prevê-se que seja um contador volumétrico, com contador conjugado em *bypass* para pequenos caudais.

A partir do momento em que entra no espaço do novo terrapleno do TCN, a rede de distribuição passa a ser maioritariamente malhada, sendo composta por condutas em PEAD PE100 SDR 17 - PN10, cuja união será realizada através de acessórios de eletrofusão ou por juntas eletrosoldáveis.

Esta rede malhada permite alimentar 12 tomadas de cais em Ferro Fundido Dúctil DN50 – 10 destas na nova extensão de cais e 2 nova implantadas na reformulação do cais existente - as quais são dispostas a partir de uma distância aproximada de 35 m quer ao limite Oeste como Este e são espaçadas 85 m entre si.

A rede permite igualmente garantir o abastecimento a 3 edifícios localizados na zona interior Este – Oficinas, Parque de RTGs e Serviços Administrativos – e a alimentação permanente da bomba jockey do grupo hidropressor que alimenta a rede de combate a incêndios. A rede malhada é assim marcada por 2 grandes zonas:

- A malha Oeste, que forma um anel a Oeste de uma conduta central que liga a rede na zona interior à frente de cais, a qual permite abastecer com água potável as 5 tomadas de cais mais a Oeste e alimentar a bomba jockey, tendo-lhe assim associados 5 pequenos ramais;
- A malha Este, que forma um anel entre a conduta central descrita e o limite Este da frente de cais, à qual ligam 7 tomadas de cais e a ligação de alimentação do edifício dos serviços administrativos e das oficinas.
- A malha das Oficinas, que se localiza dentro da malha Este e junto ao nó de chegada da conduta de abastecimento ao interior do terrapleno, que alimenta as oficinas e o parque de RTGs.

Prevê-se que o funcionamento permanente de pelo menos uma parte da rede seja assegurado pela possibilidade de seccionar quer trechos individuais como ramos inteiros dos três anéis descritos, de forma a haver uma flexibilidade de operação em situações de rotura, manutenção ou outro tipo de intervenção.

Esta flexibilidade de gestão é materializada através da montagem de 7 válvulas de cunha elástica em ferro fundido dúctil, com anel de neopreno, nos pontos chave da ligação dos anéis entre si. Prevê-se a colocação das válvulas em caixas de manobra com dimensão suficiente para permitir a sua correção utilização, manutenção e eventual substituição quando necessário.

Serão executados maciços de fixação em todos os pontos em que os esforços provocados pelo escoamento possam, eventualmente, originar deslocamentos nas tubagens e consequente roturas, como sejam curvas, tês, cones de redução e juntas cegas.

9.3.3.3. Áreas a servir e capitações

Adotaram-se as seguintes capitações:

Edifício / Dispositivo	Nº Unidades	Área	Nº Pessoas	Capitação Média		Consumo Total	Horas de Trabalho	Fator de Ponta	Factor de Simultaneidade	Caudal Médio	Caudal de Dimensionamento
		(m2)		(l/m2/dia)	(l/pessoa/dia)	(l/dia)				Qa (l/h)	Qp (l/s)
Alargamento Terminal de Contentores Norte de Leixões											
Serviços Técnicos e Administrativos	1		60		100	6000	10	11	1,0	600	1,83
Serviços Oficinais e Parqueamento de Equipamentos Reparação Contentores	1	1850		2		3700	10	8	1,0	370	0,82
Tomadas de Água (berths for bunkering)	1					165000	10	1	1	16500	4,58
Total						174700				17470	7,24

9.3.3.4. Caudais característicos

Os caudais diários médios foram calculados a partir da seguinte expressão:

$$Q_{dm} = A \times Cap$$

sendo:

Q_{dm} - caudal diário médio (l dia^{-1});

A – Área edificada (m^2);

Cap - capitação de água (l m^{-2}dia^{-1}).

Considerando a área edificada a servir, e tendo em conta as capitações adotadas, obteve-se um caudal diário médio para a totalidade da área de intervenção sensivelmente igual a 175 m^3 dia^{-1}, (incluindo o abastecimento de água aos navios). Para o caudal de dimensionamento obteve-se um caudal máximo na ordem dos 7,24 l s^{-1}.

Adotaram-se os critérios de dimensionamento que figuram na legislação nacional em vigor, desde que aplicáveis, e nas normas nacionais e internacionais correntemente aceites, designadamente:

- Dimensionamento das condutas para o caudal de ponta;
- Pressão de serviço inferior a 60 m.c.a.;
- Pressão de serviço superior a 10+4n m.c.a., sendo n o número de pisos dos edifícios;
- Inclinação mínima de 0,3%, nos troços ascendentes e de 0,5%, nos troços descendentes;
- Altura mínima de recobrimento, sem proteção da tubagem, de 1,00 m, nos arruamentos e de 0,80 m, nos passeios e zonas não pavimentadas.

9.3.3.5. Traçado e Pré-Dimensionamento

A rede foi projetada para possibilitar o funcionamento de quaisquer duas tomadas de cais em simultâneo, em particular as duas tomadas de cais mais a Oeste, enquanto todos os edifícios se encontram igualmente a ser alimentados, garantindo-se o funcionamento da rede sem que a velocidade do escoamento exceda os 2 m/s em nenhum trecho e com cargas hidráulicas acima de 20 m.c.a. em todas as tomadas de cais (assumindo pressão mínima na conduta pública de 30 m.c.a).

Destaca-se ainda que, derivado dos tamanhos comerciais das tubagens adotadas, a rede tem uma margem adicional que permite a utilização de uma das três tomadas de cais mais a Este em simultâneo com as duas tomadas mais a Oeste mantendo a carga hidráulica acima de 20 m.c.a em todas. Tal não é possível em qualquer combinação de 3 tomadas seguidas. Apresenta-se de seguida o esquema do traçado da rede, com as pressões nos nós e velocidades nas condutas:

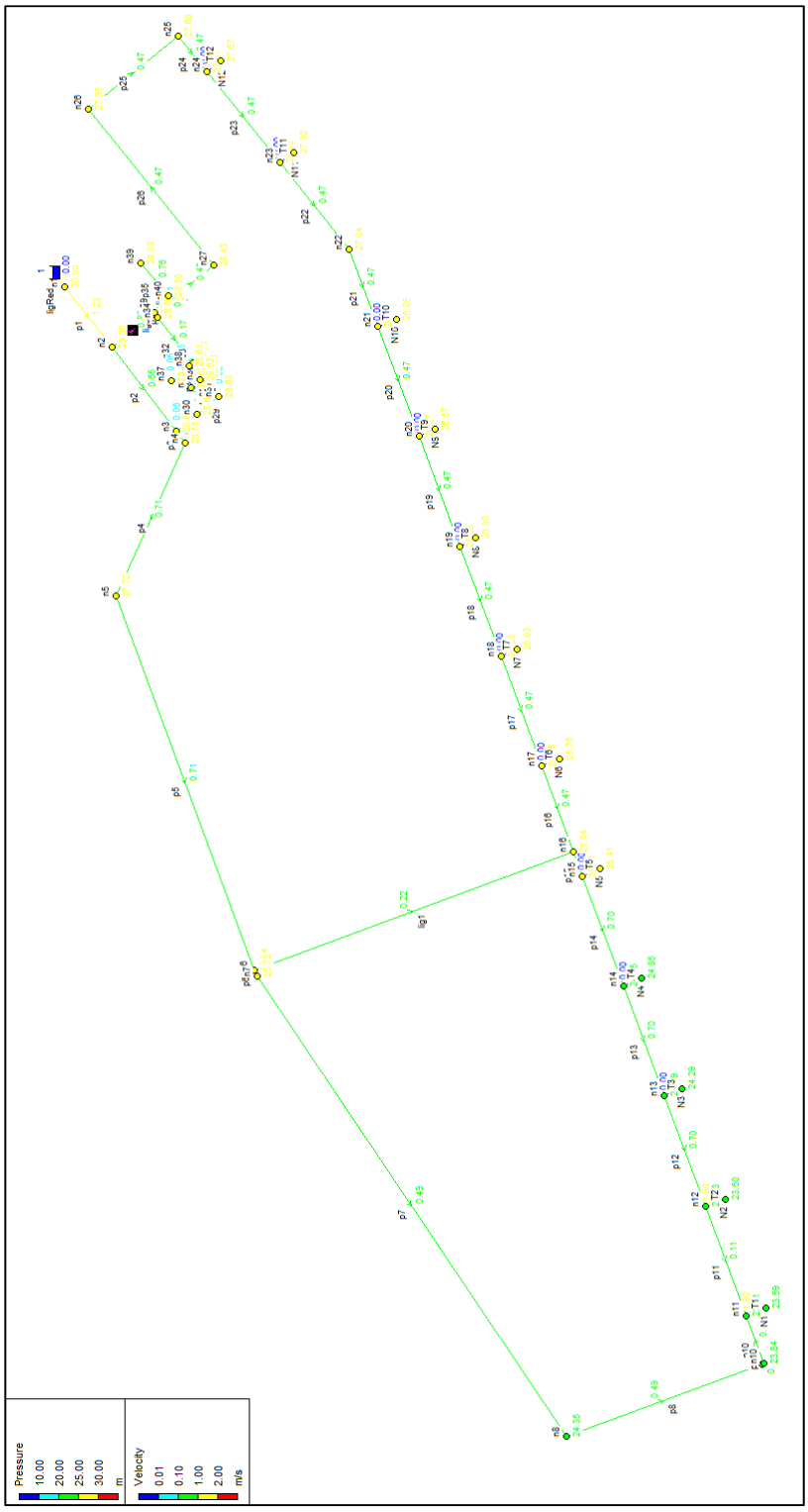


Figura 96 – Esquema de Cálculo das Condutas

Como previamente referido, o material preconizado para todas as condutas é o PEAD PE100 SDR 17 - PN10. A partir da tomada em carga, a conduta que se desenvolve na extensão exterior à vedação, passando por um conjunto contador em FFD DN100, tem diâmetro comercial DN 125. Esta liga à rede malhada de distribuição já dentro da zona vedada, onde as condutas que compõem as 2 malhas referidas têm diâmetro comercial DN 110.

As ligações às caixas de frente de cais a partir da caleira técnica serão em tubagem de Ø 63 mm em PEAD-PN10, com tomadas em Ferro Fundido Dúctil DN50. O abastecimento das embarcações é realizado através de 12 tomadas de água na frente do cais, colocadas dentro de caixas próprias, com um afastamento de aproximadamente 85 m entre si. Estas são igualmente moldadas na superestrutura e estão conectadas através de negativos em PVC PN10 a caixas técnicas de passagem das tubagens.

A alimentação aos edifícios será realizada igualmente através de ramais Ø 63 mm em PEAD-PN10. A rede de abastecimento de água potável desenvolve-se em valas próprias no terrapleno, prevendo-se que as condutas estejam sinalizadas com um dispositivo (rede) em polipropileno, com a largura mínima de 20 cm, enterrada, entre 20 a 30 cm, imediatamente sobre a obra a sinalizar.

Serão colocados maciços de fixação em todos os pontos em que os esforços provocados pelo escoamento possam, eventualmente, originar deslocamentos nas tubagens e consequentemente roturas.

9.3.4. Sistema de combate a incêndio com água salgada

9.3.4.1. Origem da água

Sendo prevista a utilização de água salgada para o combate a incêndio, não existem quaisquer problemas quanto à origem ou reserva de água. O único problema que ficará por resolver será a localização do ponto de captação, ou seja, o início do sistema de defesa contra incêndio.

Pelo facto de o fluído veiculado ser **água salgada** obriga a tomar toda uma série de precauções nas especificações dos materiais para os quais se chama desde já a atenção.

Na planta apresenta-se a localização do poço de captação e onde se pretende também albergar a futura central de combate a incêndio, a central será constituída, de montante para jusante pelos seguintes componentes:

- Poço de captação;
- Grupos eletrobomba (um elétrico e outro a “diesel”;

- Válvulas de seccionamento e de retenção a jusante dos grupos;
- Quadro elétrico, instrumentação, controle e acessórios hidráulicos.

9.3.4.2. Traçado geral

Da central sairá uma conduta que abastecerá os hidrantes e as tomadas no cais.

A conduta será colocada em vala no terrapleno a montar para estabelecer a alimentação de hidrantes, na caleira técnica e em negativos em tubagem de PVC entre as caixas de tomada e a caleira técnica, para alimentar as tomadas de cais.

As tomadas de água (bocas de incêndio) nos cais serão alojadas em caixas com tampa, uma vez que são para serem utilizadas em circuito de água salgada terão de ser em bronze isento de zinco e podem ser acopladas a um canhão de água na frente do cais.

A partir da central de bombagem a alimentação da rede é em PE100 SDR 11 -PN16, DN 250 que alimenta um anel principal em DN 160, sendo igualmente os restantes troços dentro deste anel em DN 160. A partir destes anéis saem ramificações para as alimentações de marcos de incêndio e hidrantes em caixas no cais em DN125.

Esta rede inclui uma tomada de água ao mar, em poço de captação situado sob o edifício da câmara de manobras.

O poço de captação terá uma dimensão útil em planta de 3,0 m x 2,5 m e uma profundidade até a -4,6 m (ZHL). Os grupos de bombagem ficam situados na central de combate a incêndios, e tem as dimensões em planta de 15,0 m x 8,0 m e um pé-direito de 5,0 m.

Esta instalação deverá garantir uma altura manométrica de elevação de 100 m.c.a. e um caudal de 250 m^3/h.

A central será constituída por uma bomba auxiliar (*Jockey*) de eixo vertical e por duas bombas de eixo horizontal, uma elétrica e outra de reserva alimentada a diesel. A central deverá ser dotada de um sistema de ferragem automática e de válvulas de não retorno junto às tomadas de água, uma vez que a aspiração é negativa e o eixo do impulsor das bombas se situa a uma cota superior ao nível de preia-mar máximo.

Todos os constituintes hidráulicos desta central deverão ser os indicados para o fluído em questão, água salgada, nomeadamente privilegiando materiais como o cuproníquel, o bronze marítimo, e o aço inoxidável 316.

A referida rede, para garantir a capacidade de combate a incêndio, será provida de marcos de incêndio ao longo do novo terrapleno, em locais de fácil acesso e junto às colunas de iluminação, cujas condutas de abastecimento terão, pelo menos, o diâmetro mínimo regulamentar, de modo que toda a área de intervenção do terrapleno esteja dentro do seu raio de ação máximo preconizado pelo regulamento.

A conduta será de PE100 SDR 11 - PN16. O diâmetro da conduta foi definido tomando em consideração os marcos de incêndio, garantindo-se para a rede de combate a incêndio um caudal 250 m^3/h e uma pressão mínima no canhão de agua mais desfavorável de pelo menos 68 m.c.a..

O desenvolvimento das condutas que compõem esta rede, será em parte feito no interior de uma caleira. Com esta solução será possível a deteção de fugas e roturas, assim como uma operação de manutenção eficiente no troço da frente de cais. O restante traçado será em vala, igualmente, facilitar manobras de fecho e abertura de válvulas, estas serão instaladas em caixas de câmaras de manobras no pavimento.

Traçado

O dimensionamento de todas as tubagens será efetuado com base nos critérios apresentados no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, aprovado pelo decreto regulamentar de 23 de Agosto tendo em conta os valores estimados de caudal.

9.3.4.3. Materiais e equipamentos

Condutas

O material adotado para as tubagens da rede é o Polietileno de Alta Densidade (P.E.A.D.) PE100 SDR 11 - PN16, com pressão de serviço de 16 Kg/cm^2, devido ao seu baixo peso específico, preço competitivo, bom isolamento térmico, facilidade de instalação e montagem, bons resultados relativamente à ocorrência de fugas, baixa rugosidade e, sobretudo, grande resistência à corrosão, tanto interna como externa, provocada pela água ou pelo terreno agressivo. Estes tubos têm, no entanto, a desvantagem de apresentar elevados coeficientes de dilatação linear, o que deve ser tido em conta na sua montagem. As tubagens serão unidas com soldadura topo a topo. A tubagem de aspiração e de alimentação aos canhões de água será em cuproníquel.

As tubagens devem ser assentes de forma a assegurar-se que cada troço de tubagem se apoie contínua e diretamente sobre terrenos de igual resistência pelo que, em caso do mesmo não assegurar as condições mínimas de estabilidade da tubagem ou acessórios, deve proceder-se à sua substituição por material mais resistente, devidamente compactado.

Devem ser previstos maciços de amarração nas curvas e pontos singulares, calculados com base nos impulsos e resistência dos solos.

As condutas deverão ser sinalizadas com um dispositivo (rede) em polipropileno, com a largura mínima de 20 cm, enterrada, entre 20 a 30 cm, imediatamente sobre a obra a sinalizar.

A rede de distribuição será dotada dos órgãos necessários a uma correta exploração.

Deverão ser instaladas válvulas de seccionamento nos nós de ligação da rede e nas intersecções e ramificações principais, assim como nas derivações para os hidrantes alojados em caixas no pavimento.

Os acessórios (tês, curvas, cones de redução e juntas) a aplicar serão do tipo concordante com a tubagem adotada.

Conceito operacional

O sistema de combate a incêndio deve alimentar toda da área da estiva de contentores, o cais e o exterior de edifícios e outras áreas do porto.

A central de combate a incêndios e seu equipamento associado destina-se a proporcionar as necessidades de água salgada para o combate a incêndio.

Os hidrantes serão implantados junto às colunas de iluminação e serão colocados armários equipados para permitir uma intervenção imediata no combate a incêndio.

Na frente cais os hidrantes serão instalados em caixas no pavimento.

O sistema de combate a incêndio é composto fundamentalmente pelos seguintes envios, órgãos ou equipamentos:

- Água do mar como origem da captação;
- Poço de captação e o edifício da central de combate a incêndios;

- Grupo de pressurização composto por dois grupos principais, em elétrico, e um grupo a diesel para 250 m^3/h a 100 m.c.a. e bomba "*jockey*";
- Tanques de água potável para permitir a ferra dos grupos de bombagem;
- O sistema estará com a tubagem em carga;
- Condutas de alimentação e distribuição em PEAD PN 16, e em cuproníquel;
- Marcos de água e hidrantes com possibilidade de conjugação com canhões de água adaptados a água salgada;
- Sistema de espumíferos.

Condutas

A rede de combate a incêndio está prevista para ser efetuada em PEAD PE 100 SDR 17, PN 16 em diâmetros DN 250, DN 160 e DN 125 mm. Os acessórios serão também em PEAD e as ligações por eletrosoldagem.

Hidrantes

Os hidrantes devem ser adequados a água salgada, devendo ser devidamente assinalados para fins de identificação.

Os hidrantes serão providos de válvula de seccionamento e com localização, sempre que possível, adjunta a colunas de iluminação.

Armários

Os armários serão equipados com bocais a mangueiras em comprimento de 30 m.

As mangueiras devem ser construídas em poliéster de alta tenacidade com um forro em borracha sintética vulcanizada.

O bocal da mangueira deve incorporar jato de controlo e válvula de corte.

Câmaras para válvulas

As câmaras de visita para a instalação de órgãos de manobra serão em betão armado, com as dimensões adequadas no número e diâmetro de válvulas que vão alojar, sendo as tampas de acesso da classe F900 segundo a EN 124.

Central de Combate a Incêndio

A central e combate a incêndio, com uma área em planta de cerca de 8,00 x 15,00 m será equipada com duas bombas principais, uma elétrica e outra a diesel, sendo uma de reserva, e uma bomba "*jockey*".

A aspiração das bombas é efetuada a partir do poço de captação.

A capacidade das bombas deve ser de 250 m^3/h para uma altura manométrica de 100 m.c.a., admitindo um funcionamento em simultâneo de 2 canhões de água a debitar cerca de 125 m^3/h, ou de 4 hidrantes a debitar 62,5 m^3/h.

As curvas das bombas principais devem permitir que a 150% da capacidade nominal se garanta 65% de altura manométrica.

O poço para a tomada de água salgada é constituído por aduelas pré-fabricadas em betão armado que serão colocadas com envolvimento em enrocamentos classificados e regularização da cama de assentamento.

A superstrutura será executada *in situ* com betão armado e com o enchimento das células previstas para o efeito, de modo a garantir uma peça monolítica.

As aduelas pré-fabricadas são providas de uma malha de negativos para garantir o nível da água no interior do poço.

No interior do poço serão instaladas as condutas de aspiração (3 condutas, uma para cada bomba e uma para a bomba "jockey") com os respetivos chupadores e válvulas de retenção em bronze marítimo, garantindo-se que se mantêm sempre submersas durante todos os períodos de operação e de maré.

As bases de cálculo foram as seguintes:

- Grupo hidropressor com as seguintes características:
  - Caudal – 250 m^3/h;
  - Altura – 100 m.c.a.;
  - Pressão de 68 m.c.a. nos canhões de água (considerou-se o funcionamento em simultâneo de 2 canhões como situação mais desfavorável a debitar cerca de 125 m^3/h cada);

- Para o cálculo da perda de carga nas tubagens utiliza-se a fórmula de Hazen Williams, válida para diâmetros superiores a 50 mm.

$$j = \frac{10{,}547}{C^{1{,}85}} x \frac{Q^{1.85}}{D^{4{,}87}}$$

onde:

j – Perda de carga unitária (m.c.a)

C – Coeficiente adimensional (considerando este valor entre 140 a 150 para tubos em PEAD)

Q – Caudal (m^3/s)

D – Diâmetro (m)

- Para as perdas de carga localizadas consideraram-se “comprimentos equivalentes” de tubagem linear com perdas de carga equivalentes às localizadas, e que para o efeito se considerou igual a 20% do comprimento da tubagem.

Apresenta-se de seguida o esquema do traçado da rede, com as pressões nos nós e caudais nas condutas:

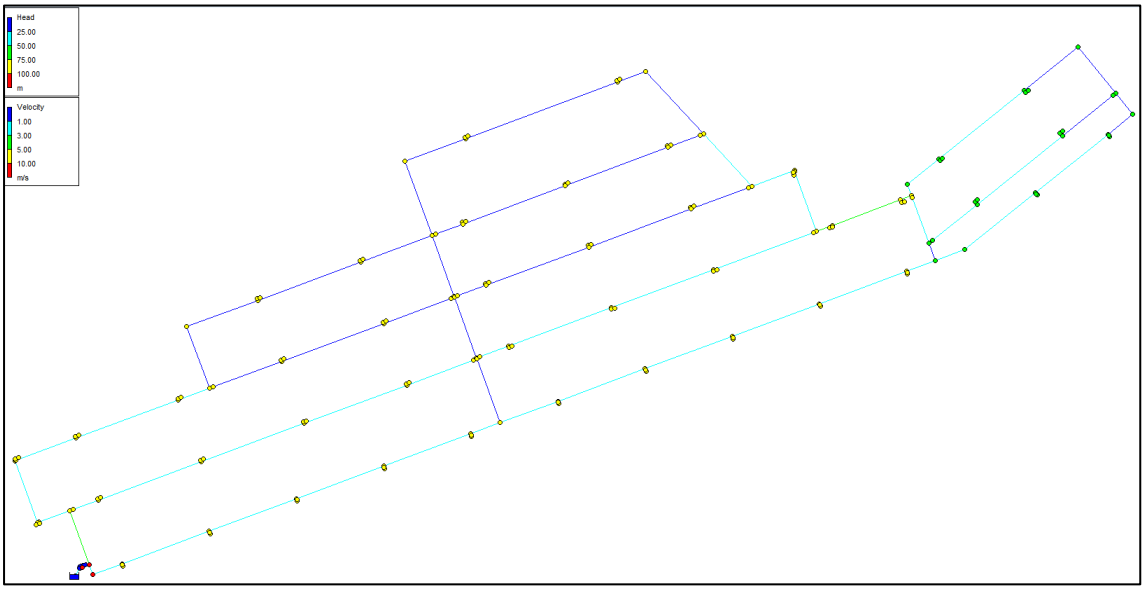


Figura 97 – Esquema de Cálculo da conduta de Incêndio

O princípio de funcionamento do grupo é o seguinte:

- Toda a rede de incêndios é mantida permanentemente em carga e sobre a ação de pressão, proveniente da central de bombagem;

- A central de bombagem é constituída por uma bomba principal elétrica, uma bomba de reserva a diesel e uma bomba "*Jockey*", funcionando em modo automático, arranca e pára automaticamente quando são atingidos os valores de pressão mínimo e máximo, predefinidos;
- Em consequência de um foco de incêndio, e após o guarnecimento dos postos de combate e incêndio, dá-se início ao consumo de água da rede com a consequente baixa de pressão;
- Nesta situação a bomba "*jockey*" não consegue manter a pressão na rede, atingindo-se a pressão predefinida para o arranque da bomba principal, sendo esta responsável pelo fornecimento de água para o combate ao incêndio;
- Se por quebra no seu funcionamento, os níveis de caudal e pressão na rede são drasticamente afetados, verificando-se de novo baixa de pressão na rede de incêndios, nesta altura é atingida a pressão de arranque da bomba de reserva a diesel, sendo esta a partir deste instante a responsável pelo fornecimento de água ao sistema de combate a incêndio;
- As bombas (principal e de reserva) têm arranque automático e paragem manual.

As bombas têm aspiração a cota inferior ao seu eixo, assim, será necessário instalar tanques de ferragem das condutas de aspiração, alimentados por água doce, e controlados por válvulas de nível e sensores de alarme.

Os restantes componentes da central de bombagem em termos de acessórios serão fundamentalmente os seguintes, e todos adequados a água salgada:

- Válvulas de segurança
- Válvulas que deverão abrir automaticamente desde que a pressão ultrapasse 20% da pressão nominal das bombas principais a caudal 0 (zero). Com descarga para o poço sumidouro com ligação á rede de drenagem;
- Válvulas de seccionamento
- Válvula do tipo cunha e haste com rosca exterior, volante fixo e obturador;
- Válvulas de retenção
- Corpo em aço, obturador e redes em aço inoxidável;
- Cones difusores;
- Coletor de impulsão e de aspiração, um por cada bomba;
- Pressóstatos, um por cada bomba principal;
- Vaso hidropressor
- Vaso de expansão a instalar no circuito de descarga da bomba "*Jockey*" e destinado a reduzir ao mínimo o número de arranques da bomba, de capacidade mínima de 100 litros;

- Manómetro;
- Coletores de provas
- De diâmetro igual ao do coletor de impulsão, com válvula de corte de fuso ascendente, caudalímetro com visor de caudal e leitura até 150% do caudal nominal. Isolado por válvulas de corte e retorno para o poço;
- Válvulas de pé
- As bombas irão funcionar em condições de NPSH negativo, serão instaladas válvulas de pé em bronze nas colunas de aspiração;
- Juntas anti vibratórias entre as bombas e os coletores.

A instalação elétrica na central de bombagem deverá satisfazer a regulamentação vigente e possuir um grau de proteção no mínimo IP55.

Nos quadros de comando das bombas da central de bombagem será previsto e montado um autómato programável que permita efetuar operação de rotina de arranque e paragem das bombas segundo programa a introduzir no autómato para que este comande, semanalmente, um ciclo de teste que terá a seguinte sequência:

- Promover a abertura de uma electroválvula (normalmente fechada) para descomprimir o coletor geral de compressão com o objetivo de fazer arrancar a 1ª bomba principal;
- Após o arranque da bomba, deverá acionar o fecho da electroválvula;
- Manter a bomba em funcionamento por período de tempo a definir (em princípio 10 minutos);
- Promover a paragem da 1ª bomba principal;
- Após uma espera de 10 minutos, iniciar a mesma sequência anterior para que arranque a bomba de reserva durante o período de tempo predefinido (em princípio 10 minutos) e de seguida a sua paragem.

Neste caso a motobomba é uma unidade de reserva. Para a alimentação do motor diesel será instalado um depósito de gasóleo numa cota acima do nível da bomba injetora do motor, a capacidade do depósito deverá ser a que garante o funcionamento do motor num período mínimo de 6 horas.

O grupo motobomba será instalado com conduta de expulsão de ar, silenciador e tubagem do gás de escape, quadro elétrico de comando e carregador de baterias.

Para se evitar o fenómeno da cavitação, que ocorre quando a pressão no interior da conduta de aspiração à entrada da bomba for inferior à do vapor do líquido à temperatura ambiente.

A carga residual disponível (NPSH)disp, tem de ser superior à carga exigida pela bomba (NPSH)req.

Equipamento de espuma móvel

As normas e regulamentos normalmente especificam uma taxa de aplicação do mínimo exigido de espuma de 0,65 lpm/m^2 da área a ser protegida, quando os produtos de hidrocarbonetos são manipulados, portanto, a solução proposta é um equipamento móvel de espuma.

Este equipamento de espuma móvel é particularmente útil no combate a incêndios, para produtos de armazenamento de líquidos inflamáveis ou para quaisquer outros riscos em geral e é para conectá-lo a qualquer tomada tipo "*Storz*" de combate a incêndios.

A mangueira que vem do hidrante, é preparada para a incorporação do proporcionador, que tem uma taxa de fluxo l.p.m. 200 e dose variando de 1 a 6%. A parte de mangueira de 45 mm do equipamento tem de ser aberto junto com a tomada do proporcionador e a tubagem de espuma portátil (caudal à taxa de 200 l.p.m. e produção de espuma de 1200 l.p.m.).

Faixa de operação deste equipamento móvel usando uma dose de concentrado de espuma 3%, é de cerca de 16 minutos, mas adicionando mais concentrado de espuma para o depósito este tempo é substancialmente aumentado.

9.3.5. Rede de esgotos de águas pluviais do terrapleno

Considerações iniciais

Embora o presente estudo incida no prolongamento de uma estrutura existente, dada a grande preponderância do novo terrapleno no conjunto das obras a realizar, admite-se como princípio inicial que a modelação existente na zona do Terminal de Contentores Norte (TCN) não deve permanecer se constituir uma limitação à modelação global das pendentes do terrapleno.

Como tal, considera-se adequado realizar uma nova modelação desta zona em conjunto com o novo terrapleno, assim como a desativação de toda a estrutura de drenagem existente nesta que desempenhe exclusivamente funções de drenagem pluvial do terrapleno do TCN conforme ele existe na atualidade. Tal inclui a remoção ou preenchimento com betão de sumidouros, câmaras de visita e coletores.

Apesar disto, alerta-se que todas as estruturas que estejam associadas à drenagem dos terraplenos contíguos que não são alterados terão de ser mantidas. Quando tal seja inviável, terão de ser reformuladas para funcionar de forma autónoma à presente rede de drenagem pluvial.

Como nota prévia final, refere-se igualmente que os planos de drenagem se adequam ao plano de estiva, o qual condiciona a colocação das linhas de cumieira e de talvegue.

Modelação e Pavimentação do Terrapleno

A modelação do terrapleno obedece à cota projetada para a frente de cais de (+ 6,00) m ZHL, bem como à colocação de uma vedação sobre muro de fundação com cota variável em todo o perímetro Norte, isolando os corredores de circulação da via-férrea e da via de acesso ao quebra-mar do Terminal de Contentores. Este muro permite assim assegurar o desencontro das cotas e pendentes entre as duas zonas.

No novo terrapleno, a drenagem do pavimento a partir da cumieira existente a meio da bitola dos STS é realizada através de 4 grandes bacias, cujos talvegues e cumieiras que as definem têm alinhamento paralelo ao alinhamento da frente de cais. As pendentes associadas a estas bacias têm inclinação mínima de 0,6% e máxima de 1%, de forma a respeitar os limites máximos necessários ao bom funcionamento dos RTG.

Devido à configuração fechada da fronteira Norte do terraplano, as cumieiras são definidas com cotas progressivamente mais elevadas, para permitir a existência de uma pendente geral mínima de 0,1% no terrapleno na direção da bacia portuária, a qual permite dar resposta à drenagem do terrapleno como um todo na possibilidade de ocorrência de acontecimentos meteorológicos que ultrapassem os caudais de dimensionamento adotados.

A zona lateral Oeste do novo terrapleno é modelada para drenar em parte diretamente para a bacia portuária, similarmente à frente de cais, enquanto a sua pendente interior drena para a bacia mais próxima da nova frente de cais. Ambas as pendentes têm inclinação a 0,6%.

A modelação do terrapleno do cais existente partilha a lógica de aplicação de cumieiras e talvegues paralelos à frente de cais. A drenagem desta zona materializa-se em 3 bacias, cujas pendentes se definem com:

- Inclinações de 0,6% nas duas bacias mais interiores, onde se insere o parque de contentores existente nesta zona (com uma linha de cumieira sensivelmente a meio do parque de contentores);
- Inclinações de 1% na bacia mais próxima do STS, que faz a transição do pavimento da zona do parque de contentores com a frente de cais.

A drenagem da superestrutura das frentes de cais é realizada com um plano com inclinação de 1,5% diretamente para a bacia portuária. A este plano encontra-se igualmente associada a drenagem da pendente exterior da meia bitola do STS, a qual tem inclinação de 0,82% no novo cais e 0,79% no cais existente.

A transição entre o novo terrapleno e a zona do existente é conseguida através de um conjunto de planos de transição que direcionam o escoamento sobretudo para as novas caleiras de drenagem no terrapleno existente.

Com estas inclinações, considera-se que se adapta a uma qualquer utilização do espaço, existindo apenas como obstáculos as linhas de talvegue onde se encontram dispostos os dispositivos de drenagem e as zonas correspondentes à implantação prevista para as colunas de iluminação.

As caleiras a executar nas linhas de talvegue, ou nos planos de drenagem, são em betão armado do tipo "*Slotdrain*", com largura interior variável entre 300 mm e 600 mm. A caleira do tipo "Slotdrain", da classe F900, encontra-se esquematizada no pormenor seguinte.

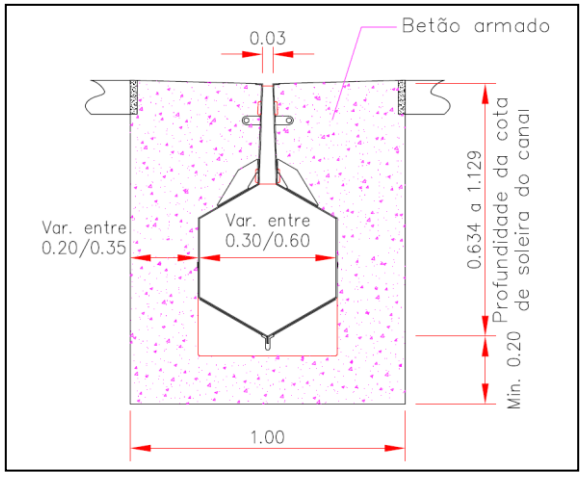


Figura 98 – Esquema da Secção Transversal da Caleira

Câmaras de tampa metálica com grelha (classe F900, EN124), afastadas na generalidade em cerca de 60 m (ocasionalmente com 40 m), serão executadas ao longo do desenvolvimento das caleiras para facilitar as operações de limpeza da caleira de drenagem.

O sistema de drenagem concebido teve em atenção os condicionalismos descritos, e em conjunto com a rede de coletores e câmaras de visita completam o sistema de drenagem, conforme se indica nas peças desenhadas, optou-se por instalar coletores de betão armado com os diâmetros e inclinação conforme as necessidades hidráulicas, respeitando o estipulado no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais.

As câmaras de visita são em betão armado de secção quadrada. Em ambos os casos as tampas são metálicas da classe E600, ou F900 e as caleiras com grelha da classe E600.

Traçado

Dimensionamento

Dada a extensão das linhas de talvegue projetadas e o tipo de solução preconizada para a realização da drenagem, foi necessário separar a drenagem do novo terrapleno para dois sistemas de coletores distintos, que se designaram por Coletor A (mais a Oeste) e por Coletor B (mais a Este). A zona do terrapleno existente drena para um terceiro sistema coletor, designado por Coletor C, que se localiza no limite Oeste da nova configuração do cais existente.

No dimensionamento das áreas de drenagem de águas pluviais foram utilizados os seguintes valores para os diversos parâmetros, dado se tratar de bacia bastante plana e fundamentalmente com drenagem por caleiras:

- Região pluviométrica – A;
- Período de retorno – 10 anos (a= 290,68; b= -0,549);
- Duração da chuvada – 10 min.;
- Coeficiente de escoamento de zonas pavimentadas – 0,90.

Para o cálculo dos caudais de ponta foi utilizado o método racional expresso pela seguinte equação:

$$Q = \frac{C \times i \times A}{3,6}$$

Q = descarga de contribuição (m^3/s)

C = coeficiente de escoamento adimensional

i = intensidade de precipitação (mm/h) = 82 mm/h

A = área de contribuição (km^2)

No quadro que se segue apresenta-se o cálculo das bacias de drenagem referentes ao terrapleno portuário.

Coletores		Q (m3/s)	Q acumulado (m3/s)	A (km2)
A_Cal3	CxA1	0,19	0,19	0,0093
A_Cal4	CxA1	0,28	0,47	0,0137
CxA1	CxA2	0,47	0,47	-
A_Cal7	CxA2	0,28	0,75	0,0135
A_Cal8	CxA2	0,28	1,03	0,0135
CxA2	CxA3	1,03	1,03	-
A_Cal11	CxA3	0,24	1,27	0,0119
A_Cal12	CxA3	0,21	1,49	0,0104
CxA3	Saída		1,49	-
B_Cal1	CxB1	0,43	0,43	0,0210
B_Cal2	CxB1	0,32	0,75	0,0154
CxB1	CxB2	0,75	0,75	-
B_Cal5	CxB2	0,29	1,03	0,0139
B_Cal6	CxB2	0,13	1,16	0,0061
CxB2	CxB3	1,16	1,16	-
B_Cal9	CxB3	0,31	1,47	0,0153
B_Cal10	CxB3	0,29	1,76	0,0130
CxB3	CxB4	1,76	1,76	-
B_Cal13	CxB4	0,19	1,95	0,0093
B_Cal14	CxB4	0,20	2,16	0,0098
CxB4	Saída		2,16	-
C_Cal15	CxC1	0,013	0,013	0,0006
C_Cal16	CxC1	0,148	0,161	0,0072
CxC1	CxC2	0,161	0,161	-
C_Cal17	CxC2	0,108	0,269	0,0053
CxC2	CxC3	0,269	0,269	-
C_Cal18	CxC3	0,068	0,336	0,0033
C_Cal19	CxC3	0,008	0,344	0,0004
CxC3	Saída		0,344	-

Figura 99 – Cálculo das Bacias de Drenagem

No quadro que se segue apresenta-se um exemplo do pré-dimensionamento hidráulico realizado para as caleiras tipo “Slotdrain”:

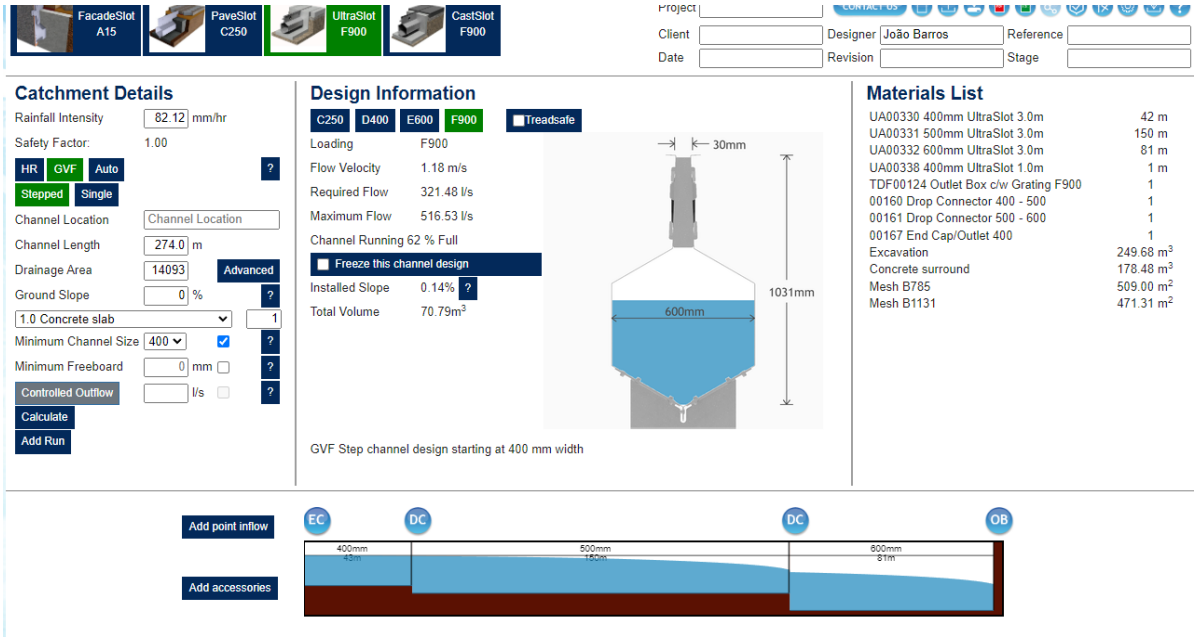


Figura 100 – Esquema de Cálculo das Caleiras

Por fim, apresenta-se o cálculo das dimensões dos coletores em betão entre caixas de visita

TRECHO	Q	TUBAGEM			i	Q_f	v_f	R_f	Características Hidráulicas			
		Material	DN	INT.					h	v	R	τ
			(mm)	(mm)	(m/km)	(l/s)	(m/s)	(mm)	(m)	(m/s)	(mm)	(N/m^2)
Sistema de Colectores A												
CxA1 - CxA2	473	Betão	600	600	8	535,5	1,9	150,00	0,438	2,14	180	14,1
CxA2 - CxA3	1029	Betão	800	800	8	1153,2	2,3	200,00	0,589	2,59	240	18,8
CxA3 - Saída	1487	Betão	1000	1000	5	1653,0	2,1	250,00	0,742	2,38	301	14,7

TRECHO	Q	TUBAGEM			i	Q_f	v_f	R_f	Características Hidráulicas			
		Material	DN	INT.					h	v	R	τ
			(mm)	(mm)	(m/km)	(l/s)	(m/s)	(mm)	(m)	(m/s)	(mm)	(N/m^2)
Sistema de Colectores B												
CxB1 - CxB2	748	Betão	800	800	5	911,7	1,8	200,00	0,552	2,02	236	11,6
CxB2 - CxB3	1160	Betão	800	800	8	1153,2	2,3	200,00	0,660	2,61	243	19,1
CxB3 - CxB4	1763	Betão	1000	1000	8	2090,8	2,7	250,00	0,704	2,98	297	23,3
CxB4 - Saída	2156	Betão	1000	1000	10	2337,6	3,0	250,00	0,757	3,38	302	29,6

TRECHO	Q	TUBAGEM			i	Qf	vf	Rf	Características Hidráulicas			
		Material	DN	INT.					h	v	R	τ
			(mm)	(mm)	(m/km)	(l/s)	(m/s)	(mm)	(m)	(m/s)	(mm)	(N/m2)
Sistema de Colectores C												
CxC1 - CxC2	161	Betão	500	500	5	260,3	1,3	125	0,284	1,40	135	6,6
CxC2 - CxC3	269	Betão	500	500	8	329,3	1,7	125	0,343	1,87	147	11,5
CxC3 - Saída	344	Betão	500	500	10	368,2	1,9	125	0,383	2,13	151	14,8

9.3.6. Redes de esgotos de águas residuais domésticas

9.3.6.1. Introdução

O presente estudo prévio refere-se ao ”Sistema de Drenagem Pública de Águas Residuais”.

O âmbito deste estudo prévio, engloba as redes exteriores que constituem o complexo do porto e edifícios a construir no terminal de contentores:

- Rede de Esgotos Residuais Domésticos.
- Estação Elevatória de Esgoto Bruto.

Projetou-se uma unidade de receção e de bombagem de esgoto bruto. O efluente residual será elevado e conduzido à rede publica após ser lançado numa caixa de perda de carga.

9.3.6.2. Generalidades e Traçado

Na conceção do sistema de receção e condução do esgoto residual doméstico dos edifícios partiu-se do princípio de instalar uma rede de coletores exteriores, implantada ao nível da plataforma operacional do porto de modo a se poder por gravidade conduzir o efluente residual doméstico a uma Estação Elevatória compacta.

As soluções apresentadas têm por base os elementos recolhidos, a legislação nacional em vigor e as normas nacionais e internacionais correntemente adotadas, designadamente o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (DR 23/95), as Especificações Técnicas do Laboratório Nacional de Engenharia Civil e outras normas e critérios estabelecidos em bibliografia específica.

9.3.6.3. Tipo e funcionamento

As águas residuais domésticas provenientes dos ramais de ligação das diferentes edificações serão recolhidas por uma rede de coletores gravíticos em PVC SN8 DN 400 (i = 1%), a que se encontram associadas câmaras de visita, em PEAD, com vista a assegurar a completa estanquicidade da rede.

Em planta, em todos os pontos de mudança de direção e junção de coletores, foram previstas câmaras de visita. Nos alinhamentos retos, o afastamento máximo entre câmaras de visita não ultrapassou os 60 m.

Foi tida em especial linha de conta a compatibilização do traçado das redes de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais com o traçado das restantes infraestruturas, por forma a tentar respeitar o definido regulamentarmente e a minimizar os problemas de execução no decurso da obra.

A área de intervenção caracteriza-se por possuir um nível freático muito próximo da superfície, sofrendo influência da variação do nível da água do mar.

Considerou-se, como é prática corrente, que os valores de capitação de água adotados seriam afetados por um coeficiente de afluência de 0,8, com exceção das áreas destinadas a "Contentores IMGD e OOG Parqueamento de Materiais", para as quais, dado se destinarem fundamentalmente a lavagens, com ligações à rede pluvial, se admitiu um coeficiente de afluência de 0,3.

As águas residuais domésticas provenientes dos edifícios serão encaminhadas para uma estação elevatória do tipo compacto, a implantar junto ao edifício dos serviços técnicos e administrativos.

A estação elevatória será do tipo pré-fabricado, constituída por um poço de bombagem em polietileno, equipado com dois grupos eletrobomba submersíveis, um como reserva do outro, comandados por um medidor de nível e sondas. Para a elevação das águas residuais serão instalados no poço de bombagem dois grupos eletrobomba submersíveis, redundantes, próprios para águas residuais e que permitam elevar um caudal de ponta de 3,0 ls^{-1}, a uma altura manométrica de 10,0 m.c.a.

O corpo das eletrobombas será em ferro fundido, com acabamento exterior anticorrosivo.

Possuirão um compartimento estanque, no qual será encerrado o motor de acionamento.

O motor será do tipo assíncrono trifásico, refrigerado pelas próprias águas residuais e protegido contra sobreaquecimento por interruptor bimetálico.

Os grupos serão fornecidos com a respetiva guia, em aço inoxidável, correntes de elevação e curva de descarga a 90º.

Junto ao poço de bombagem será instalado um quadro elétrico, exterior, do tipo armário e uma coluna, para ventilação.

9.3.6.4. Critérios de dimensionamento

Coletores Gravíticos

O dimensionamento dos coletores será feito pela fórmula de *Manning-Strickler*, - meia secção-escoamento gravítico em superfície livre permanente e uniforme.

No dimensionamento dos coletores gravíticos adotaram-se os critérios de dimensionamento que figuram na legislação nacional em vigor, desde que aplicáveis, e nas normas nacionais e internacionais correntemente aceites, designadamente:

- Altura da lâmina líquida não excedendo 50% do diâmetro, nos coletores de águas residuais domésticas e a secção cheia, nos coletores de águas residuais pluviais;
- Poder de transporte nos coletores de águas residuais domésticas superior a 2,0 N m^2;
- Velocidade de escoamento compreendida entre 0,6 e 3,0 m s^{-1} nos coletores de águas residuais domésticas;
- Afastamento máximo entre câmaras de visita de 60 m;
- Inclinação mínima de 0,5%;
- Altura mínima de recobrimento, sem proteção da tubagem, de 1,00 m em arruamentos e de 0,80 m em zonas não pavimentadas.

Poços de Bombagem

Os poços de bombagem são dimensionados recorrendo à seguinte expressão:

$$q\ t > V > 900\ Q / N$$

em que:

V – volume útil do poço de bombagem (m^3);

q - caudal mínimo ($m^3\ s^{-1}$);

t - tempo máximo de retenção (s);

Q - caudal a elevar ($m^3\ s^{-1}$);

N - número de arranques por hora.

Grupos Eletrobomba

Foram previstos dois grupos eletrobomba, considerando que nunca funcionarão em simultâneo.

Os grupos eletrobomba foram selecionados em função do caudal correspondente ao caudal de dimensionamento afluente à estação elevatória e da altura manométrica a vencer.

Será do tipo “CK 800 D”, ou equivalente, equipada com duas bombas para Q= 3 l/s, a uma altura manométrica de 10 m.

Durante a operação da estação elevatória deverá ser garantida a alternância de funcionamento dos dois grupos, assim como a regulação das sondas de comando no interior do poço de bombagem.

Conduta Elevatória

Considerou-se como caudal de dimensionamento da conduta elevatória o caudal unitário dos grupos eletrobomba a montante, dado não ser possível o seu funcionamento simultâneo.

A conduta elevatória de águas residuais domésticas será executada com tubagens de PEAD DN 63 e deverão estar preparadas para resistir a todas as cargas, estáticas e dinâmicas.

O coletor de recurso será em PEAD DN40.

Serão colocados maciços de fixação em todos os pontos em que os esforços provocados pelo escoamento possam, eventualmente, originar deslocamentos nas tubagens e consequentemente roturas.

Entre as disposições construtivas a adotar salientam as seguintes:

- As escavações deverão ser realizadas de forma a garantir a correta implantação das redes, sem prejuízo de outras infraestruturas, já existentes, ou em construção;
- Durante a escavação, poderá ser necessário a execução de entivações e o rebaixamento do nível freático, de modo que o assentamento das tubagens, câmaras de visita e estação elevatória se faça sem a presença de água;
- A colocação das tubagens em vala requererá acuidade, de modo a evitar a sua ovalização;
- Os materiais e os diâmetros nominais a aplicar são os indicados nos desenhos do projeto nas peças desenhadas;
- Os coletores de águas residuais domésticas deverão ser executados com tubagens de PVC SN8 DN 400 (i = 1%), e deverão estar preparadas para resistir a todas as cargas, estáticas e dinâmicas;
- Os ramais de ligação de águas residuais domésticas terão, no mínimo, o diâmetro de 160 mm e uma inclinação de 2%;
- As câmaras de visita da rede de águas residuais domésticas serão prefabricadas em PEAD;
- Os coletores e órgãos acessórios deverão ser estanques e ensaiados à medida que forem sendo executados.

9.3.6.5. Rede de esgotos de águas pluviais do terrapleno

Prevê-se que a drenagem pluvial da zona envolvente aos edifícios será realizada por um sistema de caleiras e câmaras de visita independente da drenagem geral do terrapleno. Existindo um potencial de poluição, com pavimentos impermeáveis, (lavagem, oficina mecânica, etc.), a drenagem vai ser intercetada por uma câmara de separação de hidrocarbonetos conforme a EN 858.

Os separadores de hidrocarbonetos terão ligação direta a caleiras no perímetro do pavimento impermeável em lajes de betão, as caleiras são em betão armado, ou betão polímero, com grelhas em ferro fundido da classe correspondente ao local onde se inserem.

O sistema de drenagem concebido teve em atenção os condicionalismos descritos, e em conjunto com a rede de coletores e câmaras de visita completam o sistema de drenagem, conforme se indica nas peças desenhadas, optou-se por instalar coletores de betão armado com os diâmetros e inclinação conforme as necessidades hidráulicas, respeitando o estipulado no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais.

9.4. Instalações Elétricas, de Comunicações e de Segurança Eletrónica

O Estudo Prévio apresentado baseia-se essencialmente na Opção B para o traçado geral do Novo Terminal de Contentores Norte do Porto de Leixões e no novo cais nas áreas técnicas de Instalações Elétricas, Infraestruturas para Comunicações Elétricas e Controlo e Gestão Portuária.

São descritas e justificadas as opções relativas à conceção das Redes de Média Tensão e Baixa Tensão que serão necessárias para providenciar a alimentação elétrica com segurança e garantia de fornecimento a todos os recetores instalados no Novo Terminal.

Um dos aspetos mais importante é avaliar, com os elementos disponíveis, o balanço da potência requerida para satisfazer todas as necessidades elétricas considerando-se que todo o equipamento de carga/descarga de contentores será essencialmente elétrico, ou seja:

- Gruas pórtico;
- RTG essencialmente elétrico – E-RTG;
- Equipamento frigorífico de contentores a ser ligado à rede de Baixa Tensão para manter as condições de temperatura requeridas.

Este valor global poderá e terá que ser equacionado com a Rede de Média Tensão e Distribuição da E-REDES para verificação de garantia e fiabilidade de funcionamento da rede de Média Tensão atualmente existente no Porto de Leixões.

9.4.1. Instalações Elétricas

9.4.1.1. Regulamentação

O presente estudo teve como base a utilização das Normas e Regulamentação em vigor, quer sobre o ponto de vista elétrico, quer sobre a Regulamentação de Segurança.

As Normas e Regulamentação são as em vigor em PORTUGAL / União Europeia, com especial incidência, para o requerido pela Regulamentação Portuguesa nomeadamente RTIEBT.

Na ausência das Normas e Regulamentos Nacionais foram tomadas em consideração as Normas CEI.

Todos os materiais que constituirão as Instalações deverão obedecer às disposições regulamentares, bem como a toda a legislação aplicável que o altere, (Diretiva de Baixa Tensão) e ainda, às normas e especificações nacionais ou, na sua falta às do CENELEC e/ou CEI ou outras aceites pela Fiscalização do Governo.

9.4.1.2. Balanço de Potência requerida

De uma maneira geral iremos antever a potência elétrica requerida para cada uma das áreas principais tais como:

- Infraestruturas Exteriores, englobando:
  - Gruas pórtico;
  - Área para contentores frigoríficos;
  - Instalações para operação do E-RTG;
  - Iluminação geral e reserva para equipamento de CCTV/WiFi e manutenção.
- Potência elétrica para alimentação dos diversos edifícios e/ou equipamento específico.

9.4.1.3. Infraestruturas Exteriores

Gruas Pórtico A

Área de Cais – Total de Gruas instaladas 4, considerando-se:

- 1 (uma) Grua em consumo de ponta 1,5 MVA = 1,5 MVA
- 2 (duas) Gruas em consumo normal 1 MVA x 0,75 x 2 (simultaneidade igual) = 1,5 MVA
- 1 (uma) Grua fora de serviço e/ou em manutenção = 0 MVA

Total Previsto 1,5 MVA + 1,5 MVA + 0 = **3 MVA**

Gruas Pórtico B

Área de Cais – Total de Gruas instaladas 3, considerando-se:

- 1 (uma) Grua em consumo de ponta 1,5 MVA = 1,5 MVA
- 2 (duas) Gruas em consumo normal 1 MVA = 1 MVA
- 1 (uma) Grua fora de serviço e/ou em manutenção = 0 MVA

Total Previsto 1,5 MVA + 1 MVA + 0 = **2,5 MVA**

Área para Contentores Frigoríficos

Potência por cada contentor frigorífico 13,8 kVA = 20 A

Cada estrutura de apoio terá acesso a:

- 6 (seis) fiadas de contentores;
- 4 (quatro) linhas de apoio;
- 4 (quatro) contentores empilhados.

Número de contentores por estrutura

6 x 4 x 4 = 112

Sendo 11 estruturas de apoio, teremos um total de

11 x 112 contentores = 1056 contentores

A potência estimada por cada estrutura será:

96 contentores x 13,8 KVA (0,6 x 0,6) = 476,928 KVA

Considerando as 11 (onze) estruturas, teremos, com um fator de simultaneidade de 0,7,

476,928 KVA x 11 x 0,7 = 3 672,346 KVA

Poderemos assim considerar a instalação de 2 transformadores de 2 000 KVA para satisfazer a potência desejada

Total de Potência instalada 2 x 2 000 KVA = 4 000 KVA = **4 MVA**

Instalação elétrica para E–RTG

Estimamos um valor de 150 KVA por equipamento de E-RTG.

Criamos ligações diretas dos Q.G.B.T.'s do Posto de Transformação até aos equipamentos E-RTG.

Cada saída fica preparada para 630A com regulação In = 1/0,8.

Assim, podemos no Q.G.B.T:

630A x 0,8 x 21 x 400V x √3 = 7333 KVA

Admitindo um coeficiente de simultaneidade de funcionamento 0,75, teremos uma potência estimada de 5 500 KVA.

Deste modo consideramos que devemos instalar, três transformadores de 2 000 KVA.

Teremos, assim, uma potência instalada de 2 000 KVA + 2 000 KVA + 2 000 KVA = 6 000 KVA para garantir o fornecimento dos E-RTG.

Iluminação geral e reserva para equipamento de CCTV / Wi-Fi e Manutenção

Admitindo, por cada hectare, uma potência de 20 kVA para satisfazer a Iluminação geral das áreas portuárias e de circulação bem como a necessidade da futura alimentação de equipamento de segurança CCTV e Wi-Fi e para ligação a equipamento de reparação / manutenção junto de cada área do ADI, teremos:

- Área total prevista ~ 250 000 m²
- Potência total prevista 20 KVA x 25 ha = 500 kVA

Considerando um fator de simultaneidade de 0,75, teremos

500 KVA x 0,75 = 375 kVA

9.4.1.4. Potência Elétrica para alimentação dos diversos edifícios e/ou equipamento específico

Admitindo para os diversos edifícios e/ou áreas, teremos:

• Serviços Administrativos e Técnicos		80 kVA
• Manutenção de RTG		200 kVA
• Edifício de Bombagem		185 kVA
• Oficinas Auto		30 kVA
	Total global estimado	**495 kVA**

9.4.1.5. Resumo geral do Balanço de Potência

Face aos dados, indicamos um resumo por área dos valores de energia elétrica (carga).

• Gruas Pórtico		5,5 MVA
• Abastecimento de Contentores Frigoríficos (2 x 2 000 KVA)		2,0 MVA
• Abastecimento de E-RTG (3 x 2 000 KVA)		6,0 MVA
• Iluminação Geral (375 KVA)		0,375 MVA
• Edifícios (495 KVA)		0,495 MVA
	Total	**14,37 MVA**

9.4.1.6. Potência instalada por Posto de Transformação

PTS

- 7 saídas de M.T. para Gruas Pórtico 7 x 1,5 MVA = 10,5 MVA
- Saída de alimentação dos Quadros Gerais de cada estrutura de ligações aos contentores frigoríficos
  2 transformadores de 2 000 KVA = 4 MVA
- 1 saída de M.T. para alimentar um transformador de 630 KVA para a rede de B.T. – 0,63 KVA

PTR

- 1 saída de M.T. para alimentar um transformador de 630 KVA para a rede de B.T. – 0,63 KVA
- 3 saídas de M.T. para alimentar 2 transformadores de 2 000 KVA do equipamento E-RTG 3 x 2 000 KVA = 6 MVA

9.4.1.7. Potência total instalada

Face ao exposto, e perspetivando não só nas necessidades atuais como as necessidades a curto prazo, verificamos que a potência total instalada será de 21,76 MVA, ou seja,

- Gruas 10,50 MVA
- E-RTG 6,00 MVA
- GERAL 1,26 MVA
- Reefers 4,00 MVA

9.4.1.8. Ramal de alimentação de Média Tensão do distribuidor geral

Dos valores atrás indicados, deverá haver contatos com a distribuidora de Média Tensão local (E-Redes) para verificar a viabilidade deste fornecimento e/ou se será possível haver algum enquadramento da rede de média tensão do Porto de Leixões.

9.4.1.9. Rede geral de alimentadores de Baixa Tensão (400 / 231 V – 50 HZ)

Como já referimos, nos Quadros Gerais de Baixa Tensão dos Postos de Transformação, teremos as proteções aos cabos que irão alimentar os diversos Edifícios, Armários de Distribuição, Equipamento de Bombagem de Água e Recetores específicos.

Os cabos serão do tipo XV, enfiados em tubagem e deverão ser calculados em função de:

- Regime de neutro utilizado;
- Potência a alimentar;
- Condições de instalação – Método de referência;
- Queda de Tensão máxima admissível no final do cabo;
- Ter em atenção a corrente de arranque dos dispositivos a alimentar;
- Distância desde a origem QGBT, até ao Quadro Elétrico / Armário e/ou recetor elétrico.

Iremos nos capítulos seguintes, verificar que existirão as seguintes Redes de Baixa Tensão:

- Rede Geral de Alimentadores dos Edifícios e/ou Armários de Distribuição;
- Rede Geral de Alimentadores para garantir a alimentação às tomadas para os contentores frigoríficos;

- Rede Geral de alimentadores para a alimentar em Baixa Tensão os equipamentos E-RTG;
- Rede Geral de alimentação da Iluminação Geral.

Em Peças Desenhadas apresentamos o Diagrama Geral das Redes agora indicadas.

9.4.1.10. Central de Emergência

Embora a fiabilidade do fornecimento de energia elétrica seja bastante segura não podemos deixar de considerar que poderão existir situações anómalas que venham a ocasionar a falha de energia Pública para além do desejado para a operacionalidade do Porto.

Estamos a considerar soluções que estarão para além dos pontos específicos da operacionalidade, que possa ser garantida por UPS e durante um tempo não superior a 10 / 15 minutos com potências relativamente pequenas.

Assim, e independentemente de análise posterior, pensamos que nesta fase será desejável considerar a instalação de uma Central com Grupo de Emergência anexo ao PS/PT, Grupo de 630KVA, que irá satisfazer os seguintes casos:

- 50% da Iluminação em Geral;
- 100% da iluminação nas áreas operacionais e nos Edifícios de Controlo e Gestão Portuária, bem como nas Portarias de Entrada e Saída;
- 100% nos circuitos elétricos requeridos pela Segurança e nas áreas operacionais com risco de acidente.

O Grupo terá o seu depósito próprio e existirá um depósito central (cisterna) de reserva de combustível.

A Central estará equipada com todo o equipamento requerido para o seu funcionamento, como baterias, carregadores, sistema de escape e de bombagem de combustível.

9.4.1.11. Sistema de Iluminação Geral

Será criado um sistema de iluminação geral nas áreas de parqueamento dos contentores, nas vias de circulação, nas áreas de estacionamento e na zona periférica do Porto.

A instalação será baseada na utilização de luminárias do tipo assimétrico com lâmpadas de tecnologia LED, que serão instaladas em postes/colunas com altura variável consoante os locais.

Nas grandes áreas, as alturas dos postes/colunas serão de 25 e 35 m.

Os postes/colunas a utilizar serão de estrutura metálica, equipados com plataforma superior, para montagem dos projetores. Para a subida à plataforma, será utilizada escada com resguardo e proteção.

Em projeto deverão ser apresentados cálculos luminotécnico, devendo considerar-se como valores médios:

- Zona de empilhamento de contentores 30/50 lux
- Zona do molhe (cais) 25/30 lux

Nota: Os valores mínimos não deverão ser inferiores a 2/5 lux, por questões relacionadas com a vigilância por CCTV.

Junto de cada poste/coluna, existirá um Armário de Distribuição e Alimentação de Energia que terá para além das proteções elétricas para os cabos que alimentam a iluminação, tomadas e pontos de ligação de 400 /231 V, para ligação da manutenção e equipamento de CCTV e Sistema Rádio / Wi-Fi.

O comando da Iluminação será por via célula fotoelétrica.

9.4.1.12. Alimentação elétrica para os Contentores Frigoríficos

Do Quadro Geral do Posto de Transformação “REEFER” PTR, sairão as alimentações principais, sendo cada uma para um quadro da estrutura metálica de apoio à instalação dos contentores. De cada quadro, teremos alimentação para 96 contentores.

Cada ligação para os contentores terá uma tomada com interruptor incorporado com a respetiva proteção individual.

As tomadas serão de 32 Amp. 3P + T / 400 V – 50 Hz. IP 67 – 3H.

No QGBT dos Reefers serão considerados 11 (onze) circuitos que alimentarão os quadros das estruturas metálicas de apoio aos contentores, sendo possível, portanto, alimentar 11 x 96 = 1056 contentores para o PTS.

A potência considerada para cada contentor foi de 13,8 kVA.

A estrutura metálica de apoio aos contentores, terá iluminação própria e o quadro geral terá tomada para manutenção.

Toda a estrutura metálica terá ligação à terra e encaminhamento para os cabos.

9.4.1.13. Sistema de ligação à terra

O regime de neutro da instalação será o TT, o que obriga a colocar os neutros dos transformadores de potência e dos Grupos de Emergência diretamente ligados às respetivas ligações de terra de serviço e que todas as massas de instalação estejam ligadas a uma única ligação à terra de proteção.

Toda a área do Porto será abrangida por um sistema de proteção com a colocação das massas ligadas à terra.

Será realizado um elétrodo de terra de proteção para toda a instalação, constituído por um cabo de cobre nu de 95 mm², enterrado e que acompanha a rede de infraestruturas elétricas e de comunicações.

A resistência de terra deste elétrodo deverá ser da ordem de 1 Ohms.

Esta terra será distribuída a todos os locais de instalação, através de derivações efetuadas sobre o condutor geral.

Para além deste elétrodo de terra, foram considerados os elétrodos de terra de serviço, para ligação dos neutros dos geradores de emergência e dos transformadores.

Junto de cada quadro ou armário da rede geral, será instalado um elétrodo de terra de reforço ao anel de terra considerado, sendo do tipo ”piquet” enterrado.

Não é de admirar que também os postes/colunas de iluminação, a estrutura metálica de apoio aos contentores e a estrutura metálica dos edifícios esteja também interligada com esta Rede de Terra Geral.

9.4.1.14. Proteção contra descargas atmosféricas

Será montado um sistema de Para-Raios baseado em captadores, baixada e elétrodos que serão montados em postes/colunas de iluminação.

O sistema implementado baseou-se na determinação da necessidade de instalação de um sistema com nível de proteção 1, originando um raio de proteção da ordem dos 90/100 m.

A avaliação foi feita com base nas Normas NFC 17-102, NP 4426 e respetivas Adendas.

Para além deste sistema, os quadros elétricos principais, dispõem de descarregadores atmosféricos.

9.4.1.15. Encaminhamento para os cabos

Para o enfiamento dos cabos, tanto os de Média Tensão (MT) como os de Baixa Tensão (BT) e os cabos de comando, foi prevista a instalação de tubagem do tipo PEAD.

O método utilizado para o dimensionamento e o número de tubos será determinado pela seção dos cabos e pelo número de cabos na mesma vala.

Foi considerada a instalação de tubagem de reserva na ordem de 1 tubo de reserva por cada 2/3 tubos montados.

Paralelamente à tubagem da alimentação de cabos será montada tubagem tritubo Ø 40 mm, para a cablagem de informação e vigilância.

As tubagens serão montadas em vala com a profundidade recomendável de 80 cm para a tubagem de BT e de 1,10 m para as tubagens da Rede de MT.

Para além da tubagem, teremos também as caixas de visita de cabos que terão as dimensões recomendadas face à instalação e as tampas destas caixas terão que ter uma capacidade de resistência E600.

9.4.2. Sistemas Eletrónicos, Segurança e Gestão Técnica Centralizada

Consideram-se abrangidos por esta designação os sistemas abaixo indicados:

- Telecomunicações telefónicas, transmissão de dados, de informação e controlo;
- Vídeo vigilância (CCTV);
- Controlo de Acessos;
- Gestão Portuária;
- CTC e Sistema SCADA.

A materialização desta rede de infraestruturas, será concretizada com a instalação de tubagem instalada em vala e por caixas de visita de cabos próprias para estes sistemas.

Será nesta tubagem que serão enfiados os cabos pertencentes aos sistemas das redes acima indicadas.

9.4.2.1. Redes a considerar

As redes a considerar serão as pertencentes aos seguintes sistemas:

- Sistemas ligados com a Segurança
  - Rede de CCTV (Vídeo Vigilância);
  - Rede de Controlo de Acessos;
  - Rede de Informação de Alarme de Centrais de Deteção de Fogo;
  - Rede de Informação de Alarme de Centrais de Deteção de Intrusão.

- Sistemas ligados com “Information and Communication Technology and Network”
  - Local Área Network – Redes Locais;
  - Telephone System – Sistemas Telefónicos;
  - Ligações telefónicas internas;
  - Ligações telefónicas com o exterior;
  - Needs of speaking points – Ligações Pontuais;
  - Ligação via rádio;
  - Intercomunicações Pontuais;
  - Sistemas ligados com a Gestão Portuária;
  - GTC- Sistema SCADA;

9.4.2.1.1. Rede de Tubagem e Cabos

A rede de tubagem e caixas desenvolve-se paralelamente à rede de tubagem para energia garantindo-se o afastamento recomendado de no mínimo 30 cm relativamente às Redes de Baixa Tensão e de 60 cm relativamente às Redes de Média Tensão.

A tubagem será do tipo PEAD Ø 90 e Ø 50, devendo ser instalada uma tubagem por cada sistema instalado e considerando uma tubagem de reserva por cada 3 tubos instalados. Deverá considerar-se também tubagem do tipo Tritubo 3 Ø 40.

As caixas de visita terão as dimensões recomendadas, face ao tipo de instalação, considerando como caixas tipo as de dimensão:

- 600 x 600 x 1 000 mm
- 800 x 800 x 1 000 mm
- 1 000 x 1 000 x 1 200 mm

Terá de ser considerado outro tipo de caixa quando houver necessidade de proceder à emenda de cabos e/ou à fusão de fibra-ótica.

As tampas das caixas deverão ter em consideração o local da instalação, considerando como mínimo D400 e E600.

A cablagem a considerar será do tipo:

- Cabos de pares de cobre;
- Cabos de pares de Fibra-Ótica;
- Cabos especiais de acordo com os equipamentos e/ou sistemas.

9.4.2.1.2. Diversos

Todas as Redes que compreendem cada sistema, deverão ser compatíveis entre si, de modo a permitir a interconexão dos dados.

Independentemente de se considerarem outras áreas técnicas para as Redes, consideramos que para além dos postos técnicos marcados nos Postos de Transformação, teremos também nos Edifícios, locais para instalação de Bastidores que servirão de nós das respetivas Redes.

A concentração final deverá ser em área técnica adjacente à Sala de Controlo (Sala de Segurança e Operação), onde serão instalados os Bastidores Gerais com os respetivos servidores e equipamento ativo.

9.4.2.2. Sistemas

9.4.2.2.1. Sistema de Vídeo Vigilância

Para além da montagem de câmaras do sistema, no interior de alguns Edifícios, normalmente os que requerem maior vigilância e controlo, como seja:

- Edifício Administrativo e de Operações;
- Edifício de Manutenção;
- Edifício de bombagem;
- Oficinas.

Haverá também a vigilância geral, cujas câmaras serão montadas preferencialmente nos postes de iluminação, podendo também ser considerada a montagem de postes específicos, de modo que a cobertura das áreas seja a adequada ao fim em vista.

Prevê-se um sistema com cablagem em fibra ótica e montagem em IP.

A central geral, será no Edifício de Controlo adjacente aos serviços administrativos onde, para além dos equipamentos de tratamento e gravação, teremos os painéis de visualização. Será neste edifício que teremos a Central de Segurança.

9.4.2.2.2. Sistema de Controlo de Acessos

Poderá ser implementado um sistema de controlo de acessos baseado na existência de cartões previamente gravados, que possibilitem o acesso do pessoal apenas às zonas específicas, para que estão programados (autorizados).

Assim, com o respetivo leitor de cartões associado ao comando das portas e/ou portões, será possível controlar apenas as pessoas que têm esse cartão com a autorização de penetração nessa área. Será de considerar não só nos Edifícios como nas áreas exteriores.

O Sistema de Controlo poderá ser ampliado para as viaturas (com leitor de matrículas) e para os contentores (leitura de numeração dos contentores). Este último sistema servirá também para a gestão portuária de contentores.

9.4.2.2.3. Informação das Centrais de Alarme de Incêndios e de Intrusão

Poderá ser centralizado no Edifício de Controlo, na sala da segurança, que serão recebidos todos os sinais informativos das respetivas centrais existentes nos edifícios.

Será assim possível, controlar quer do ponto de vista de incêndio e/ou de intrusão, qualquer sinal de alarme das respetivas centrais.

9.4.2.2.4. Redes Telefónicas, de Informação e de Dados

Será estabelecida uma rede de cablagem de pares de cobre e outra de fibra ótica para permitir a transmissão de voz e de informação de dados, por todos os edifícios que o requerem.

Nas ligações telefónicas, haverá para além das comunicações diretas com o exterior, as ligações entre edifícios.

Deverá assim, existir uma central telefónica no Edifício de Controlo, onde poderão ser executadas todas as ligações aos pontos (telefones) nos diversos locais de trabalho, nos edifícios.

A rede geral de dados, com cablagem geral a fibra ótica chegará a todos os edifícios a locais apropriados (bastidores), de onde se irá desenvolver a rede local a cabo UTP, Cat.6.

9.4.2.2.5. Intercomunicação Pontual e Instalação Sonora

Deverá ser equacionada a instalação de sistemas pontuais de intercomunicação pontual, tais como:

- Ligação da porta exterior com o segurança e/ou com a secretaria nos Edifícios;
- Ligação de zonas de controlo de acesso com a segurança nos Edifícios e nos locais de controlo exterior;
- etc…

Será desejável considerar também a existência de instalação de som, que permita a divulgação de avisos importantes para as grandes áreas, tais como:

- MW – Mechanical Workshop and Maintenance Offices – Oficinas;
- CR – Reparação de Contentores;

9.4.2.3. Sistemas Ligados com a Gestão Portuária

Deverá ser considerado um Sistema Wi-Fi (INALAMBRICO) para localização, identificação, movimentação e gestão de contentores em toda a área do Porto.

Desde os locais de receção dos sinais emitidos pelo equipamento móvel, até à Sala Geral de Operação, será lançada uma Rede de Fibra-ótica, que será a via de transmissão de todos os dados de informação desta rede.

O tratamento desta rede será no edifício de Administração.

9.4.2.3.1. Sistema de Gestão Técnica Centralizada / Sistema SCADA

O Sistema de Gestão Técnica Centralizada, previsto para as áreas de infraestruturas gerais requeridas, nomeadamente Instalações Elétricas, Comando, Informação e Gestão de Horas de Funcionamento e Apoio à Manutenção deverá ser de protocolo aberto, permitindo eventuais ampliações e ajustes sem necessidade de efetuar a troca de equipamentos originais, ou seja, adicionando os equipamentos e os programas necessários, mas sempre respeitando o sistema inicial.

Deverá implantado um Sistema de Gestão Técnica Centralizada – GTC para controlo, gestão, informação de estado, comando e emissão de dados (informação e ações) baseado em microprocessadores (DDC) e adequados a equipamentos de campo que permitirão transmitir e receber dados de comando / controlo e monotorização, de e para um computador central de um sistema de comunicações em rede.

O Sistema de Controlo Centralizado deverá ser objeto de uma empreitada própria que integrará a Gestão Técnica Centralizada inerente aos Edifícios, conjugando com as instalações nestes consideradas a sua integração global. Nesse projeto global de GTC deverá considerar-se todos os quadros de controlo e comando e os respetivos microprocessadores de modo que se garanta para além dos aspetos relacionados com as instalações inerentes aos Edifícios, os aspetos mais significativos das infraestruturas exteriores sejam também contemplados, nomeadamente:

- Informação de estado da aparelhagem de Média Tensão e de Baixa Tensão;
- Gestão da informação de consumos e horas de funcionamento dos diversos equipamentos;
- Comando e Controlo das instalações de Iluminação Geral dos grandes espaços e das áreas de circulação;
- Reunião dos dados referentes às ligações dos contentores frigoríficos e da gestão das temperaturas;
- Informação para o sistema de contabilidade dos dados requeridos para a gestão de movimentação dos contentores e equipamento utilizado;
- Informação das identificações e controlo de toda a carga que entra e saí do Porto;
- Coordenação com o Controlo de Acessos de Pessoas, Carga e Viaturas;
- Informação de pressão e dados sobre o sistema de depósito de águas e do sistema de combate a incêndios.

Assim, o sistema de gestão técnica global, terá que integrar e/ou ser contemplado com todos os dados (informações, comandos e controlo) dos seguintes sistemas:

Edifícios

- Instalações elétricas, Ventilação e Ar Condicionado, Segurança e Rede de Águas e Esgotos;
- Sistema Automático de Deteção de Incêndios;
- Sistema de Comando e Monotorização de Registos Corta-Fogo e de Desenfumagem;
- Consumos Totais e Parciais;
- Comando de Iluminação;
- Estudo das instalações;
- Gestão da temperatura interior nos Edifícios face às temperaturas exteriores;
- Controlo de velocidade do vento versus equipamentos que poderão ser afetados por esta ação.

Infraestruturas Exteriores

- Instalações Elétricas, Segurança e Rede de Águas e Esgotos;
- Instalações de Média Tensão e Baixa Tensão;
- Sistema de Comando de Iluminação Geral (Vigilância e Trabalho) nas áreas portuárias;
- Consumos elétricos gerais e parciais;

- Consumo de Água
- Gestão Operacional da movimentação dos contentores e ou de carga geral;
- Ligação estreita com o sistema de videovigilância (CCTV);
- Sistema de Controlo de Acessos de pessoas, viaturas e carga.

Um dos Sistema a utilizar poderá ser o Sistema SCADA, controlando também as temperaturas dos contentores frigoríficos REEFERS bem como o consumo e horas de funcionamento dos E-RTG's e das gruas/pórtico.

9.4.2.4. Sistema OPS (Onshore Power Supply)

Neste estudo prévio, está prevista a implementação de um sistema Onshore Power Supply, que permite o fornecimento de eletricidade aos navios durante a sua estadia no Porto.

Este sistema tem como objetivo mitigar as emissões de poluentes provenientes de navios que são uma das principais causas da má qualidade do ar. Para além do CO2, os navios emitem níveis elevados de óxidos de enxofre (SOX), óxidos de azoto (NOX) e partículas poluentes (PM) que são altamente perigosos para a saúde humana. Este problema é particularmente relevante nas zonas portuárias, devido à sua proximidade com a população.

O sistema adotado neste estudo prévio, passa pela ligação do mesmo à rede elétrica local, por forma a reduzir o impacto dos gases tóxicos e contribuir para o cumprimento de regulamentos cada vez mais rigorosos sobre emissões poluentes é a utilização da tecnologia OPS (Onshore Power Supply), também conhecida como "Shore Power", "Cold Ironing", "Alternative Maritime Power" (AMP) ou "Shoreside Electricity" (SSE).

Desta serão ligados os navios atracados no porto á rede elétrica geral. Isto permite-lhes desligar os seus motores auxiliares, que de outra forma teriam de utilizar para gerar a energia necessária para satisfazer as suas várias necessidades a bordo. Desta forma, o OPS proporciona à navegação uma alternativa à queima de combustível enquanto se encontra no Porto, permitindo uma redução significativa do ruído e das emissões de gases poluentes.

Para a ligação do navio à rede elétrica, está previsto em estudo prévio a construção de um posto de seccionamento / transformação cliente para alimentar o navio por intermédio de uma tomada de 7,5 MVA à tensão de 6,6kV.

O referido posto de transformação com uma potência de 13 MVA que foi determinada tendo em consideração o documento "Roteiro de transição energética do Porto de Leixões para a neutralidade carbónica" conforme tabela abaixo:

CONTENTOR			
Máx. Simultaneidade	8		
Tensão de alimentação (kV)	6.6		
Potência da tomada (MVA)	7.5		
Número de navios	Fator de simultaneidade		
	% Tempo	Max. Potência (kW) sem SF	Max. Potência (kW) com SF
1	93,38%	7.476	7.476
2	76,10%	12.518	12.518
3	49,58%	15.100	12.080
4	23,46%	20.330	16.264
5	7,83%	21.364	14.954
6	1,36%	23.527	16.469
7	0,22%	25.764	15.458
8	0,01%	23.966	14.379

O referido posto de transformação alimenta dois navios cujas tomadas ficam instaladas num sistema equipamento movel do tipo ao indicado nas peças desenhadas, que permite a colocação da tomada no navio independentemente do local onde esta se encontra, de navio para navio. Esta solução prevista em estudo prévio, deverá ser aperfeiçoada em projeto de execução, tendo em consideração o tipo de navios a utilizar o respetivo porto.

Nesta conceção de estudo prévio considerou-se o posto de transformação de alimentação aos navios, dedicado e exclusivo para este efeito independente da restante instalação, com uma alimentação a cada navio equipada com cela de contagem para cada uma delas por forma a que o gestor do porto possa afetar a energia consumida a cada um dos navios.

9.5. Estimativa de Custos Global

No quadro seguinte apresenta-se o resumo dos principais custos estimados para cada Alternativa de *layout* A e B e para cada Solução Estrutural A (caixotões) e B (estacas).

A estimativa de custos que se apresenta de seguida, contempla apenas as intervenções nas infraestruturas marítimas e terrestres, designadamente, demolições, dragagens e aterros, estruturas acostáveis, pavimentos e vedações, redes gerais de serviço (Águas, Esgotos e Elétricas), não incluindo os custos diretamente ligados à exploração do Terminal, como sejam, os edifícios e os equipamentos de movimentação de cargas, as tomadas e respetivo carro/grua de alimentação de energia elétrica aos navios.

Além disso, embora esquematizado nos desenhos, não se contempla o custo da construção da nova esteira de tubagens, mas apenas a caleira para a alojar.

Na apreciação dos montantes a seguir indicados importa ter presente que a Alternativa A apresenta cerca de 710 m de cais útil, enquanto a Alternativa B apresenta uma extensão de 860 m, ou seja, 150 m maior, sendo estas dimensões importantes para estabelecer rácios de custo por metro linear de cais útil.

O custo global estimado aponta para um montante da ordem dos 207,6 e 201,5 milhões de euros, para a Alternativa A, soluções A e B, respetivamente. E 216,6 e 209,4 milhões de euros, para a Alternativa B, soluções A e B, respetivamente, repartidos pelas principais componentes das intervenções previstas, conforme o quadro seguinte.

	Alternativa de Lay-out A		Alternativa de Lay-out B	
DESIGNAÇÃO	Solução A Cais em caixotões	Solução B Cais em estacas	Solução A Cais em caixotões	Solução B Cais em estacas
Trabalhos Preparatórios e Acessórios	15 000 000.00 €	15 000 000.00 €	17 000 000.00 €	17 000 000.00 €
Demolições gerais e Aterros	40 000 000.00 €	36 000 000.00 €	36 000 000.00 €	32 000 000.00 €
Dragegens Gerais	8 500 000.00 €	10 000 000.00 €	10 000 000.00 €	13 500 000.00 €
Estruturas Acostáveis (inc. demolições e dragagens)	67 500 000.00 €	66 000 000.00 €	80 000 000.00 €	76 000 000.00 €
Pavimentos e Vedações	25 500 000.00 €	24 000 000.00 €	23 000 000.00 €	21 000 000.00 €
Caleira da esteira de tubagens e caminhos de acesso (1)	5 000 000.00 €	5 000 000.00 €	5 000 000.00 €	5 000 000.00 €
Instalações, Equip. e Sist. de Águas e Esgotos	8 200 000.00 €	8 200 000.00 €	7 900 000.00 €	7 900 000.00 €
Instalações, Equipamentos e Sistemas Elétricos	16 000 000.00 €	16 000 000.00 €	15 000 000.00 €	15 000 000.00 €
Terminal ferroviário (2)	3 000 000.00 €	3 000 000.00 €	3 000 000.00 €	3 000 000.00 €
Total	**188 700 000.00 €**	**183 200 000.00 €**	**196 900 000.00 €**	**190 400 000.00 €**
Imprevistos (10%)	18 870 000.00 €	18 320 000.00 €	19 690 000.00 €	19 040 000.00 €
TOTAL GLOBAL	**207 570 000.00 €**	**201 520 000.00 €**	**216 590 000.00 €**	**209 440 000.00 €**
Comprimento de cais útil (m)	710	710	860	860
Custo por metro linear de cais (€/ml)	**292 352.11 €**	**283 830.99 €**	**251 848.84 €**	**243 534.88 €**
Novo Posto B, incluindo dragagens (3)	15 a 20 M€			
Nota:				
1 - Consoante se opte por solução mais minimalistas ou mais robustas, a proteção contra os galgamentos acrescerá entre 2 a 5M€				
2 - Consoante o Terminal Ferroviário seja zona do atual TCN ou na zona de ampliação o seu custo pode variar entre 2 a 3M€				
3 - A estimativa do Posto B aponta para valores entre 15 e 20M€, podendo este valor variar consoante usufrua ou não do estaleiro para				

Por prudência, aos valores indicados, considerou-se 10%, para imprevistos e para o acréscimo de custo decorrente da empreitada ter de decorrer sem afetar a operacionalidade portuária.

Assim, mais do que o valor total das diferentes alternativas, importa realçar que o custo por metro linear de cais é menor no caso da Alternativa B, enquanto a estrutura em caixotões é ligeiramente mais onerosa que a estrutura em estacas.

De referir ainda que, embora o cais de acostagem tenha sido projetado prevendo-se a perspetiva futura de poder servir navios com 15m de calado, no âmbito deste EP e desta estimativa preliminar de custo, não se inclui os custos relativos à eventual necessidade de rebaixamento dos atuais fundos da bacia de manobra (da ordem dos -15,5 m ZHL) nem do canal de acesso (com fundos da ordem dos -16,85 m ZHL) para fundos da ordem dos -17 m ZHL.

Embora apareça nas plantas de arranjo geral a localização prevista para o novo Posto B, este não se encontra desenvolvido ao nível de um Estudo Prévio. Apesar disso, para responder à solicitação da APDL, tentou-se estimar o custo da construção de uma estrutura desta natureza, tendo-se chagado a valores que serão da ordem dos 15 a 20 milhões de euros, podendo este valor variar consoante usufrua ou não do estaleiro para a construção do TCN.

Finalmente, alerta-se para os custos ambientais que terão que ser tidos em conta e que resultam da implementação das medidas da DIA, mas que nesta fase são impossíveis de antecipar.

ANEXOS

ANEXO I

INDICADORES DE DESEMPENHO DOS TERMINAIS – GLOSSÁRIO

INDICADORES DE DESEMPENHO

GLOSSÁRIO

Designação	Descrição
Altura máxima de empilhamento	Altura máxima (nº de camadas) dos contentores empilhados. Este valor tem a ver com a capacidade física dos equipamentos de movimentação. Por exemplo, um "*transtainer*" com um perfil técnico "1-over-4" pode empilhar contentores num bloco com a altura de 4 contentores, e pode elevar um contentor acima desse bloco, para o colocar noutra fiada.
Altura média de empilhamento	Média ponderada das alturas máximas de empilhamento (nº de camadas) correspondentes aos diferentes blocos de empilhamento e respetivo nº de TGS.
Capacidade instantânea nominal	Produto do número total de TGS no parque pela altura média de empilhamento.
Fator de empilhamento	Fator de redução da capacidade instantânea nominal do parque, o qual terá em conta, pelo menos, a necessidade de deixar vazios lugares para parqueamento de contentores que tenham que ser deslocados para permitir a retirada dos contentores que se situam na base de cada pilha. Este fator depende essencialmente do tipo de equipamento do parque e da altura de empilhamento.
Fator de Ocupação/Utilização do cais	Fator de redução do tempo total teoricamente disponível para ocupação/utilização do cais, com vista a poder responder à distribuição mais ou menos aleatória das chegadas dos navios, em condições aceitáveis para as esperas dos navios.
Fator de ponta	Cociente entre o valor do tráfego de contentores (ou de qualquer outro tipo de carga) no mês de maior movimento, num determinado ano e o valor médio anual nesse mesmo ano.
Posto de Acostagem	Unidade de exploração em que um cais/terminal é dividido, capaz de servir sem restrições o navio médio e com algumas restrições o maior navio com calado compatível com os fundos de serviço da totalidade do cais ou do troço de cais correspondente a essa unidade de exploração.
Produção anual dos pórticos de cais	Número total de contentores movimentados por ano e por pórtico, durante o período em análise.
Produtividade dos pórticos/gruas de cais	Carga ou número de TEU movimentados por hora de trabalho efetivo.
Relação contentor / TEU	A relação TEU's por contentor (movimento) varia de porto para porto e tende a crescer com o crescimento do tráfego do terminal.
Taxa de navios em espera	Número de navios com tempo de espera (no exterior ou no interior do porto) sobre o nº total de navios entrados, por tipo de navio.
Taxa de ocupação de cais (Bruta)	Percentagem do tempo de abertura do conjunto de postos de acostagem do cais/terminal que corresponde à ocupação efetiva desses postos de acostagem.

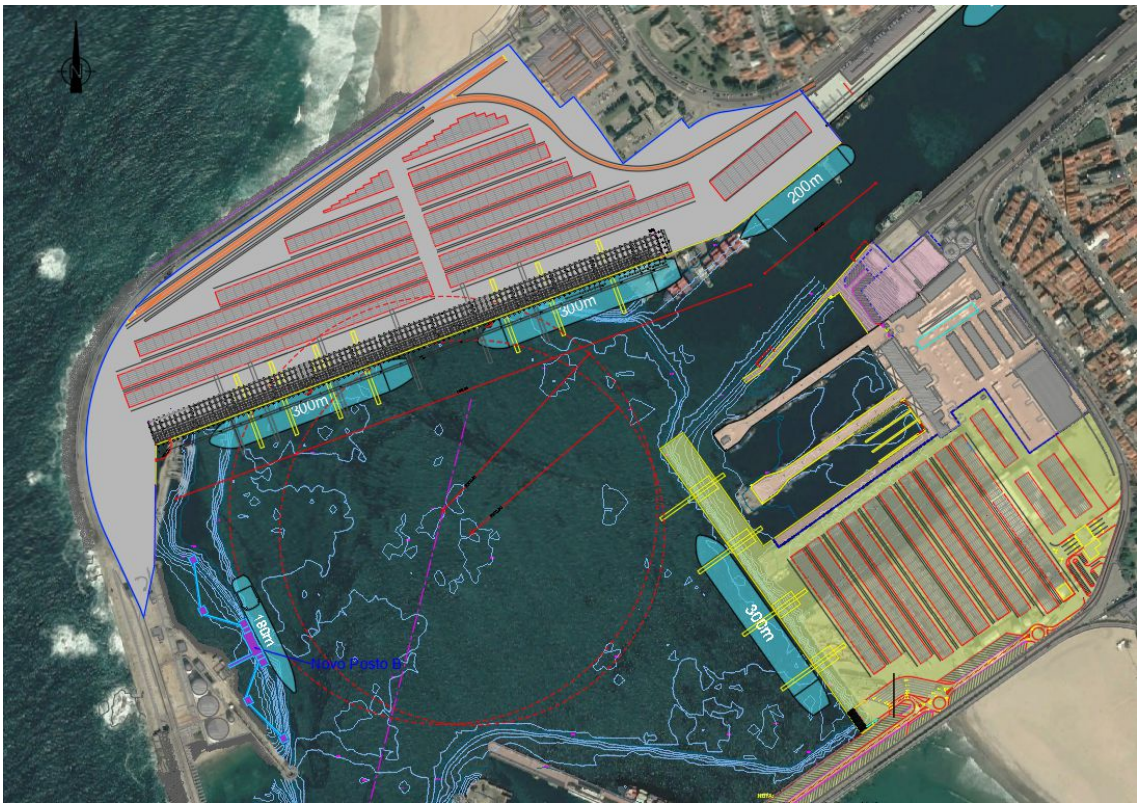
Designação	Descrição
Taxa de ocupação de cais (em Operação)	Percentagem do tempo de abertura do conjunto de postos de acostagem do cais/terminal que corresponde à ocupação em operação comercial desses postos de acostagem.
Taxa de utilização efetiva de pórtico/grua	Percentagem do tempo médio de atracação utilizado como tempo de trabalho efetivo, no período considerado, por tipo de navio.
Tempo de abertura do porto	Total de horas de oferta / abertura do porto para a realização de operações portuárias, durante o período considerado (descontado o tempo de fecho do porto por mau tempo, feriados obrigatórios, instabilidade social e outras razões de força maior).
Tempo de acostagem	Tempo médio de atracação para os navios entrados (incluindo o tempo operacional - tempo de trabalho efetivo e tempo de paragem - o tempo não operacional e o tempo de inatividade), no período considerado, por tipo de navio.
Tempo de afetação de Pórtico / Grua	Total de horas brutas (horas de funcionamento e de avaria) que um pórtico/grua de cais é afetado à descarga e / ou carga de navios, durante o período considerado.
Tempo de manutenção de Pórtico/Grua	Total de horas que um pórtico/grua não é utilizado por causa da sua manutenção ou de avaria, durante o período considerado.
Tempo de rotação dos contentores	Tempo médio de estacionamento dos contentores no parque (rotação), medido em dias ou fração.
Terminal	Instalação especializada dispondo de um ou mais postos de acostagem para a movimentação *ship-to-shore* de cargas (contentores, carga fracionada, graneis sólidos e líquidos), passageiros, etc.
TEU	Unidade de medida normalizada aplicada à carga contentorizada, correspondente a um contentor de 20'.
TGS	Lugar no solo ("*ground slots*") equivalente à projeção horizontal de um contentor de 20 pés, acrescida de margens de segurança para arrumação fácil e segura dos contentores.
Transhipment	Operação de transferência de carga, em trânsito, de um navio para outro, e com estadia intermédia no cais, de forma a chegar ao seu destino final.

ANEXO II

PRELIMINARY MOORING ASSESSMENT FOR THE NORTH CONTAINER TERMINAL EXPANSION OF LEIXÕES PORT, PORTUGAL

Report - Rev00 Code: 2022140

Preliminar Mooring Assessment for the North Container Terminal Expansion of Leixoes Port, Portugal



Client: **Consulmar, S.A.**

Date: July 2023

Siport21

Contents

1. Introduction 1

2. Description of the Terminal 2
   2.1. Mooring Equipment 3
   2.1. Berthing Equipment 3

3. Characteristics of the Design Ships 5
   3.1. Main Particulars 5
   3.1. Mooring Arrangement 6
   3.1. Berthing Arrangement 8

4. Maximum Acceptable Limits 9
   4.1. Maximum Acceptable Limits for the Equipment – Permanence 9

5. Dynamic Mooring Assessment 11
   5.1. Stage 1: Static Wind Rose 12
      5.1.1. Selected Scenarios 12
      5.1.2. Results 13
   5.2. Stage 2: Dynamic Mooring Analysis 15
      5.2.1. Selected Scenarios 15
      5.2.2. Results 16
      5.2.3. Permanence Limits 18

6. Passing Ships Assessment 21
   6.1. Selected Scenarios 22
   6.2. Results 22
   6.3. Permanence Limits 23

7. General Conclusions and Recommendations 25

C/Chile, 8. Edificio Azasol. Oficina 208.
28290 Las Matas - Las Rozas (Madrid) España
Tel.: +34 916307073 - Fax: +34 916308132
www.siport21.es

COMPANY WITH
QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

Annexes

ANNEX I: Optimoor Specifications

ANNEX II: Inputs

ANNEX III: Results. Static Wind Rose

ANNEX IV: Results. Dynamic Mooring Analysis

ANNEX V: Results. Passing Ships

C/Chile, 8. Edificio Azasol. Oficina 208.
28290 Las Matas - Las Rozas (Madrid) España
Tel.: +34 916307073 - Fax: +34 916308132
www.siport21.es

COMPANY WITH
QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

1. Introduction

At request of Consulmar a technical study for a preliminary assessment of the mooring feasibility of the **North Container Terminal Expansion of the Port of Leixoes in Portugal** is performed.

This study evaluates the following points:

- A **basic Dynamic Mooring Assessment for the Design Ship** moored at the New Berth, under specific environmental conditions.

- A **Passing Ship Assessment**.

The response of the moored vessel is simulated using the Dynamic Version (**Optimoor Seakeeping Module**) of the numerical model OPTIMOOR® developed by Tension Technology International TTI (United Kingdom). This version includes an option as well to analyze the Passing Ship effect.

The Dynamic version allows to incorporate a more accurate behaviour of the moored vessel at the berth than the standard (static) one. The Passing Ship Module allows to analyze the suction forces on the Container ships caused by other passing vessels. The program can calculate the time-varying longitudinal and lateral forces and moments applied to the moored vessel by a passing ship by either the Flory-Remery method and then use these forces to perform a dynamic analysis. It calculates the forces produced by nearby passing vessels through hydrodynamic interaction between the hulls and the waves generated.

The objective of the analysis is to **preliminarily validate the mooring and fender equipment** at the new facility **provided by the designer to safely operate the design vessels**, considering a reference mooring configuration.

2. Description of the Terminal

The **North Container Terminal** at Leixões Port is considered. The next images show a general view of the Port:



Figure 1. General view Leixoes Port

The expected appearance of the Terminal after the expansion, can be seen in the following image:

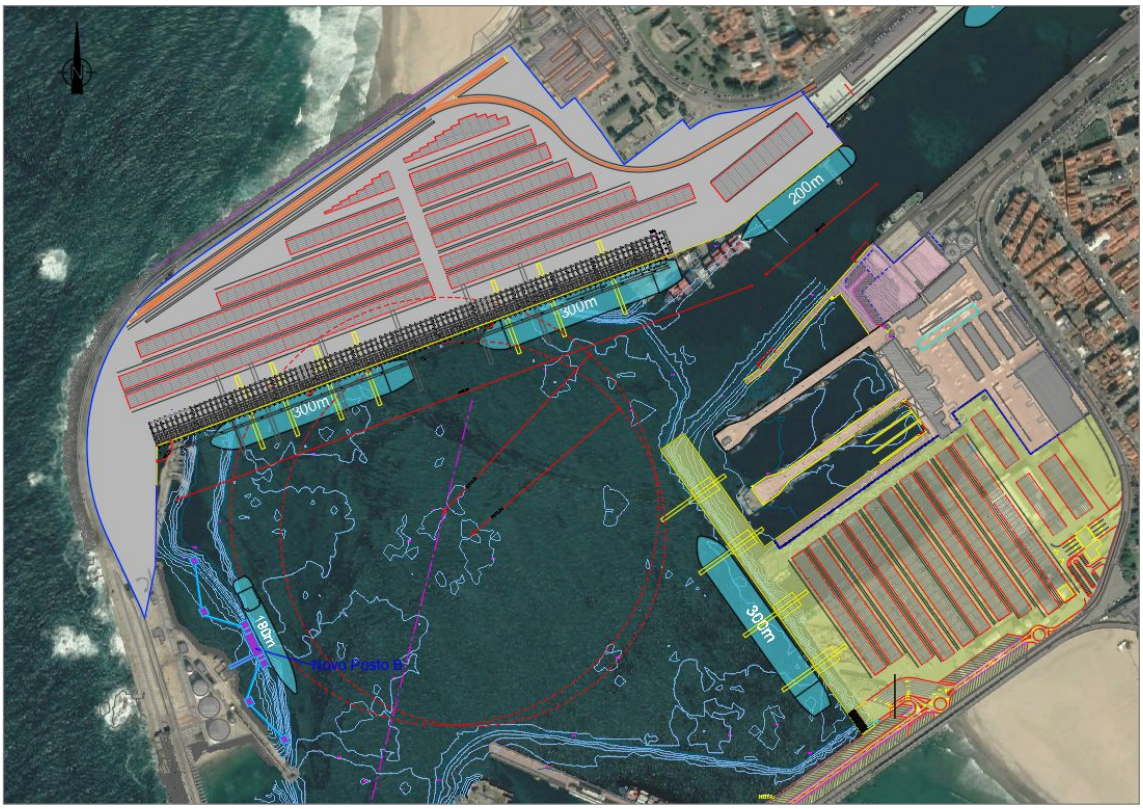


Figure 2. New North Container Terminal in Leixoes Port

This new terminal, with 70º North orientation, according to the client, consists of a berthing front with a length of 860 m.

According to the information provided, the elevation is marked at **+6.0 m** level and the surrounding area at the site of the new jetty is dredged to **-15.5 m**. All depths and tide levels are given in meter units and are referenced to local zero (ZHL).

The following figure shows the elevations informed (ZHL).

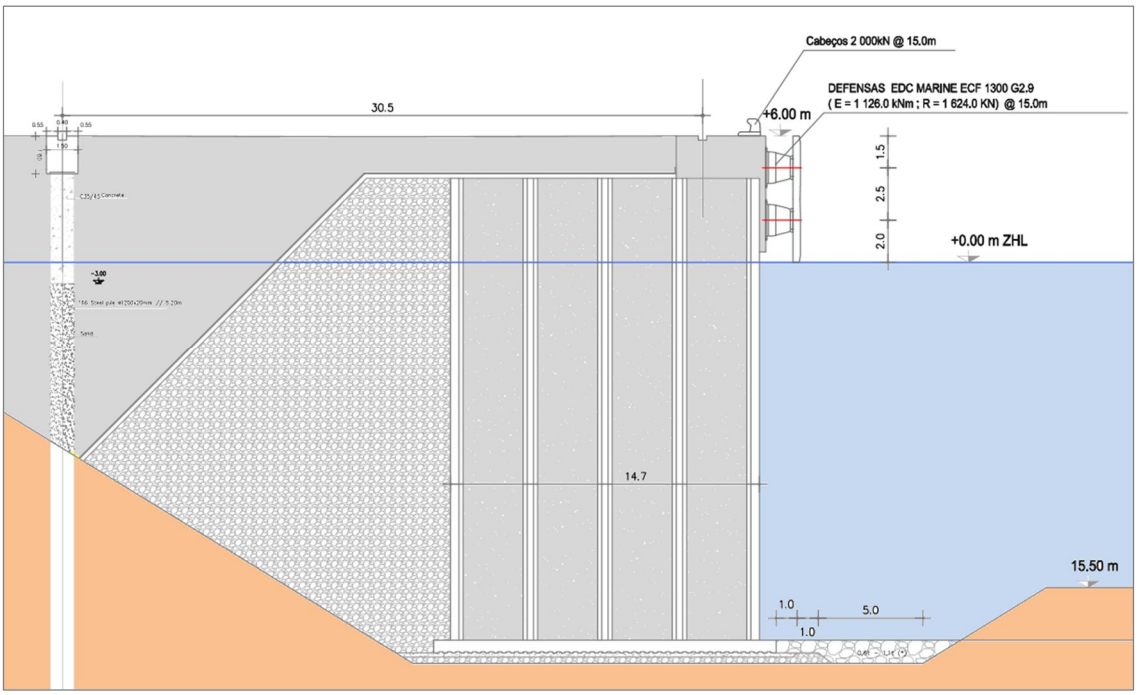


Figure 3. Section of the Terminal

2.1. Mooring Equipment

According to the information provided, the new terminal will be equipped with bollards 200 t (1962 kN) of capacity, distributed each 15 m along the berth at +6.5 m (ZHL).

2.1. Berthing Equipment

According to the information provided, the new terminal will be equipped with double ECF Cone Fenders 1300 G2.9 installed in parallel, distributed each 15 m along the berth at +2.0 m and +4.5 m (ZHL). Each pair of fenders is fitted with a fender panel.

The **nominal reaction force** for each individual fender is **1624 kN (166 t)** and the **nominal energy** that can be absorbed by each of these fenders is **1126 kN·m (115 t·m),** both at nominal 72% **deformation**.

The following figure shows the performance curve for this type of fenders.

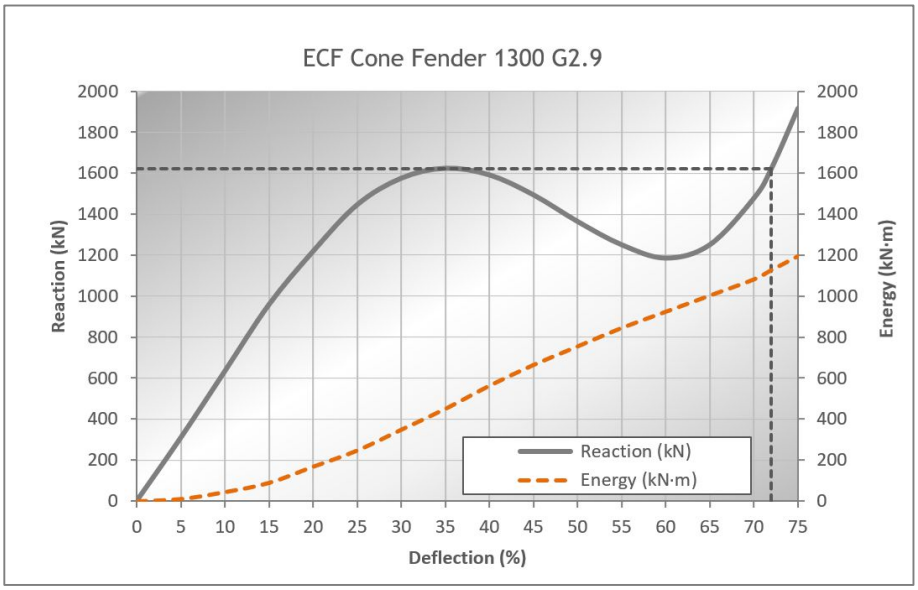


Figure 4. Fender Reaction/ Deflection curves

In this case of multiple parallel units forming a fender system positioned vertically and solidarized by a frontal panel, the performance curve of the system under uniform compression can be obtained by associating each deflection with the sum of the reactions that occur in each individual unit for that deflection, obtained through their own performance curves. Since 2 fenders of the same type and characteristics are used, the performance curve of the system can be obtained by assigning to each deflection the corresponding reaction multiplied by the number of units forming the system (2). Therefore, the acceptable range of deflections for this multiple unit system will be defined by the maximum deflection of the units individually considered.

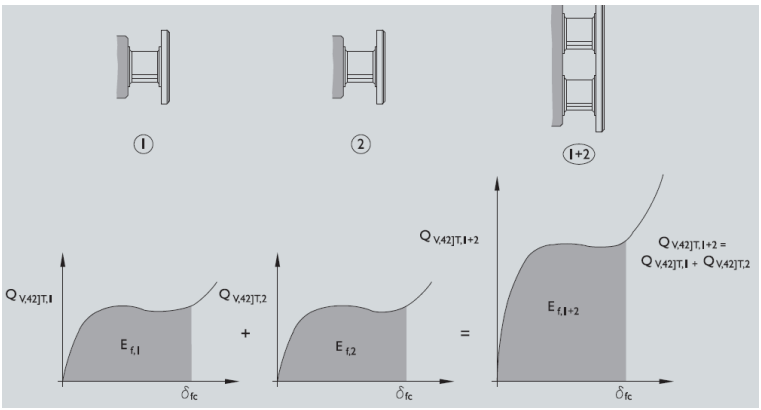


Figure 5. Reaction/ Deflection curve of the system (fenders in parallel)

3. Characteristics of the Design Ships

3.1. Main Particulars

A Container ship with 10 000 TEUs of capacity, reference “Hyundai Saturn” is analysed as design ship. Below are the main particulars of the vessel under consideration:

Table 1. Main particulars. Containership 10 000 TEU

Containership 10 000 TEUs	
Length overall	324 m
Length between perpendiculars	308 m
Breadth moulded	48.4 m
Depth moulded	27.2 m
Draught (loaded condition)	15.5 m
Draught (study condition)	14.0 m
Displacement (loaded condition)	159 595 t
Deadweight (loaded condition)	124 000 DWT
Capacity	10 055 TEU
Longitudinal Windage Area (study condition)	11 059 m^2
Transverse Windage Area (study condition)	1 857 m^2



Figure 6. Container ship Hyundai Saturn (For reference)

3.1. Mooring Arrangement

The containership is considered moored at the terminal starboard side alongside, in a bow out position, by means of **14 mooring lines.**

The mooring lines considered as reference for the containership are **Polyester ropes,** reference "Viking", 80 mm diameter and Line Design Break Force (LDBF) of 126 t (1231 kN).

Next plot shows the tension-strain curve for this mooring line that is included in the simulations:

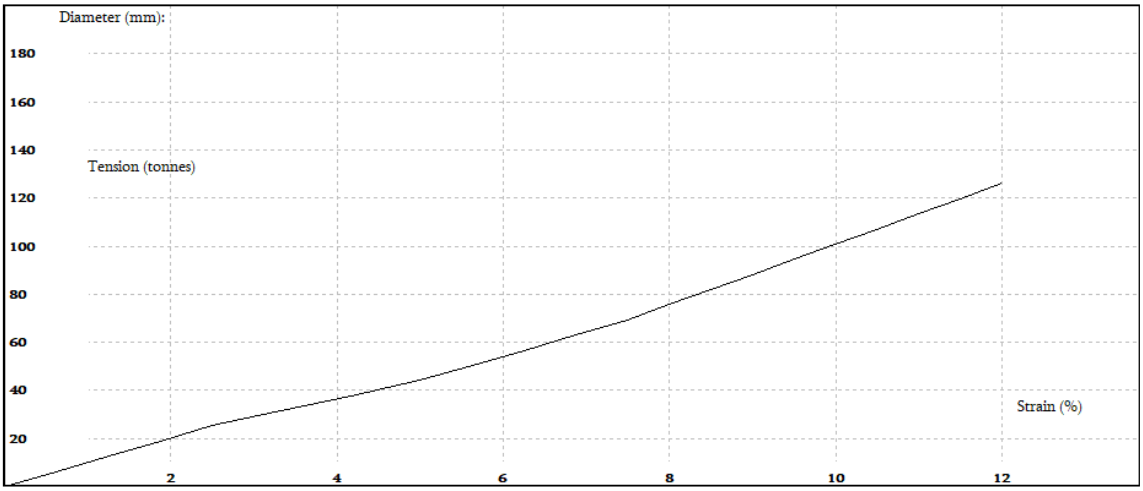


Figure 7. Mooring line. Tension-Strain curve

Next table summarizes the mooring layout:

Table 2. FSRU mooring layout (14 lines)

Type	Line code	Bollard code	Mooring line
Head lines	L1-L2	A	Polyester ropes D = 80 mm LDBF = 126 t (1231 kN)
Fore breast lines	L3-L4	B	
	L5	C	
Fore spring lines	L6-L7	D	
Aft spring lines	L8-L9	E	
Aft breast lines	L10-L11	F	
	L12-L13	G	
Stern lines	L14	H	

The following table contains the information of the fairleads and lines of the Container ship used as reference for the study:

Table 3. Fairleads and lines information

Line No.	X** (m)	Y** (m)	Ht on deck (m)	FL-Winch distance (m)	Pretension aim (t)	Diameter (mm)	LDBF (t)	Allowable load (t)
L1	160.3	-5.3	0.5	6.6	10	80	126	63
L2	161.0	-3.5	0.5	6.9				
L3	162.1	0.3	0.5	5.8				
L4	161.0	3.5	0.5	6.9				
L5	160.3	5.3	0.5	6.3				
L6	150.5	16.4	0.5	20.1				
L7	145.9	19.1	0.5	15.8				
L8	-150.3	24.1	-3.8	20.1				
L9	-152.0	24.1	-3.8	20				
L10	-161.2	12.7	-3.8	5.8				
L11	-161.2	10.5	-3.8	5.8				
L12	-161.2	-2.7	-3.8	6.1				
L13	-161.2	-10.5	-3.8	5.8				
L14	-161.2	-12.7	-3.8	5.8				

**X and Y coordinates from midship and centreline respectively

The following table contains the bollards information used as reference for the study:

Table 4. Bollards data

Bollard	X (m)	Distance to fender line (m)	Height above ZHL (m)	Acceptable load (t)
A	-165	2.2	6.5	200
B	-150			
C	-135			
D	-90			
E	120			
F	180			
G	195			
H	210			

Next figure shows the containership reference mooring configuration (14 lines).

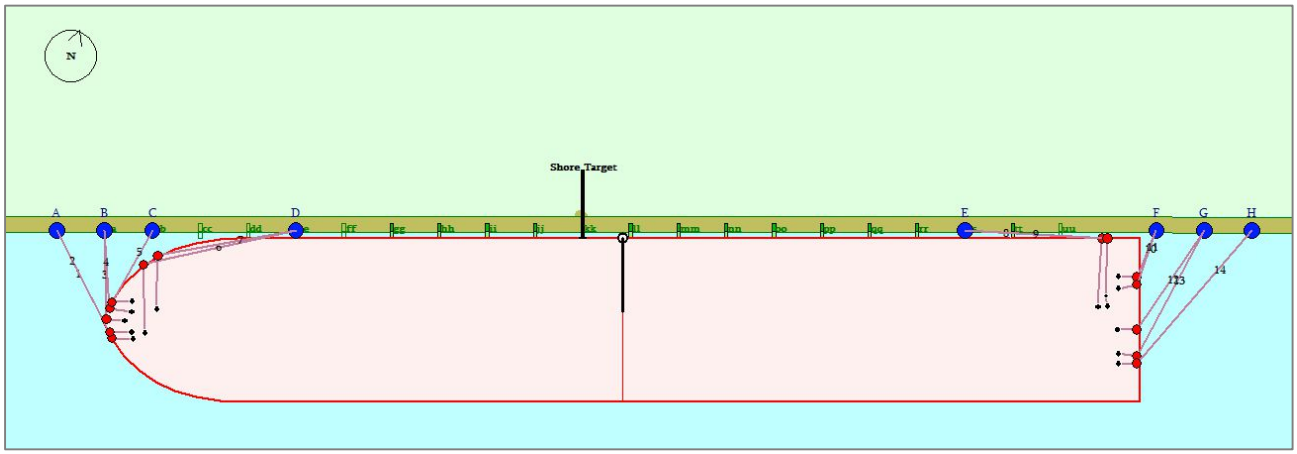


Figure 8. Reference Mooring Configuration

3.1. Berthing Arrangement

The following table contains the fenders information used as reference for the study:

Table 5. Fenders data

Parallel Fender	X (m)	Height above ZHL (m)	Allowable load (t)	Acceptable deflection (m)
dd	-105 m	2 m / 4.5 m	166 t x 2 (72% Deflection)	0.94 m (72% Deflection)
ee	-90 m			
ff	-75 m			
gg	-60 m			
hh	-45 m			
ii	-30 m			
jj	-15 m			
kk	0 m			
ll	15 m			
mm	30 m			
nn	45 m			
oo	60 m			
pp	75 m			
qq	90 m			
rr	105 m			
ss	120 m			
tt	135 m			
uu	150 m			

4. Maximum Acceptable Limits

Under the action of external forces, the moored ship is subject to certain movement as previously described and depending on the permitted tolerances, the acceptable margins for each movement and for the loads on the different elements of the mooring and fender system can be defined according to the following criteria:

- **Permanence:** Related to the ship's ability to remain moored, as the loads on the mooring and fender elements do not exceed the defined limits related to the strength of the materials. The criteria are, therefore, loads on those elements.

- **Operation:** Related to the ship's ability to perform loading or unloading operations in accordance with the features of the transfer systems (cranes, …). The criteria refer to movements of the ship, **provided that permanence is also ensured for these movements**.

4.1. Maximum Acceptable Limits for the Equipment - Permanence

- Moorings lines

According to **international recommendations** i.e PIANC [1995] *"Criteria for movements of Moored Ships in Harbours"*, and OCIMF [2018] *"Mooring Equipment Guidelines" (MEG4)*, with respect to the maximum mooring line forces, synthetic lines should preferably not exceed 50% of break force to ensure a sufficient long life of the rope under repeated loads.

So, the **maximum acceptable load for lines considered is 63 t (50% LDBF**) and an initial **pretension of 10 t** (8% LDBF) is considered in all lines.

Table 6. Maximum Acceptable Limit. Mooring Lines

Maximum Acceptable Limit. Mooring Lines		
Vessel	Mooring Line	Limit (=WLL= 50% LDBF)
Container ship 10 000 TEUs	Polyolefins and Polyester ropes D = 80 mm -- LDBF = 126 t	**Limit = 63 t (616 kN)**

- Bollards

Table 7. Maximum Acceptable Limits. Bollards

Maximum Acceptable Limit. Bollards	
Bollards	Limit (=SWL)
Bollards SWL = 200 t	Limit = 1962 kN (200 t)

- Fenders

Regarding fenders, the maximum reaction force considered for each ECF Cone Fender is the one corresponding to 72% deflection.

Table 8. Maximum Acceptable Limits. Fenders

Maximum Acceptable Limit. Fenders	
Fender Type	Limit
ECF Cone Fender G2.9 Reaction (72%) = 1624 kN (166 t) Energy (72%) = 1126 kN·m (115 t·m)	Reaction = 1624 kN (166 t) x 2 Deflection = 0.94 m (72%)

5. Dynamic Mooring Assessment

A basic **Dynamic Mooring Assessment** has been elaborated for the Design Ship moored at the New Berth, under specific environmental conditions.

- In a first stage, a **complete Static Wind Rose** with 30 knots wind speed has been analysed, from 0º to 355º by using an angle step of 5º, combined with longitudinal currents, 1 knot of parallel current flowing both, to WSW (Ebb current) and ENE (Flood current).

  According to the results obtained, 4 of the worst directions has been selected for further dynamic analysis along with waves and currents.

- In a second stage, a **Dynamic Mooring Analysis** has been developed selecting 4 of the worst directions based on the results of the Static Wind Rose previously performed. The **mean wind speeds** considered for each wind direction has been **15 knots, 20 knots, 25 knots and 30 knots.**

  The wind conditions have been combined with 1 knot of parallel current flowing both, to WSW (Ebb currents) and ENE (Flood currents).

  The numerical model used in the DMA allows to include in the simulations time series for wind speed and direction. Therefore, it is necessary to define the variability of the wind both in speed and direction. In the absence of information, for high wind speeds it is proposed to consider a low directional dispersion, with a standard deviation of 5º.

  Regarding the gust factors, in the absence of other information, gust factors given by ROM 0.4-95 are considered to take into account the effect of wind in gust.

Table 9. Gust Factors associated with different gust intervals (GF_t) R.O.M 0.4-95

	Gust interval (t)			
	1-min	15-sec	5-sec	3-sec
GF (Sea Winds)	1.31	1.38	1.42	1.44
GF (Land Winds)	1.44	1.54	1.60	1.63

$V_{gust\ t,10m} = GF_t \times V_{10min,10m} \approx GF_t \times V_{1\text{-}h,10m}$

In order to consider the variability of wind speed in the time series and therefore winds in gust as well as an angular dispersion to include a certain deviation from the mean wind direction, a Davenport-Harris wind spectrum is used in the simulations.

In addition, the effect of the **waves** on the behavior of the ship has been analyzed, simulations with and without waves has been carried out. **In absence of information related to the waves inside the port**, as no wave disturbance study has been provided to select wave direction and Hs at the berths, the selected wave has been characterized by **S (180º) wave direction**, coming directly from the mouth of the port and reaching the container ship by the portside, **0.3 m significant height** and **10 s and 18 s of peak period** will also be considered to assess the behavior under certain **swell conditions**.

The highest average tide (PM AV = 3.15 m (ZHL)) has been considered as conservative assumption. This means more vertical angles for the mooring lines to take into account a certain loose of effectiveness compared to more horizontal ones.

The container ship in loaded condition has been analysed. This condition is the one where the ship presents the highest longitudinal and transversal windage areas, and thus the highest wind forces and expected motions.

5.1. Stage 1: Static Wind Rose

5.1.1. Selected Scenarios

The following table summarises the simulated scenarios:

Table 10. Matrix of Conditions to Simulate

(Loading condition + Water level)	Wind		Current	
	Dir (º)	Mean speed $V_{v,10min}$ (knots)	Dir (º)	Mean speed V_c (knots)
Container ship T = 14.0 m (Loaded) WL = 3.15 ZHL	From 0º to 355º (Step - 5º)	30 knots	Flood (ENE – 65º) Ebb (WSW – 255º)	1 knot

Annex III and the following tables contains the Static Wind Rose results.

5.1.2. Results

These tables include the results from the Static Wind Rose, under 30 knots of wind from all directions and 1 knot Ebb current (WSW).

Table 11. Static Wind Rose Results. Ebb current. Forces in lines

Line	Total line Length (m)	Line Tension (t)	Percent Strength	Wind Dir. (True)
L1	43.5	24.2	19%	310°
L2	42.0	24.8	20%	310°
L3	33.5	22.0	17%	320°
L4	31.7	23.3	18%	320°
L5	32.9	11.7	9%	100°
L6	69.8	13.6	11%	100°
L7	60.7	13.6	11%	100°
L8	62.5	19.2	15%	340°
L9	64.1	18.8	15%	340°
L10	22.0	27.1	21%	350°
L11	23.8	27.7	22%	350°
L12	42.4	17.3	14%	5°
L13	48.5	18.3	15%	0°
L14	59.1	14.9	12%	10°

Table 12. Static Wind Rose Results. Ebb current. Forces in bollards

Bollard	X-Force (t)	Y-Force (t)	Total Force (t)	% Bollard Strength	Direction in Plan (°)	Bollard Uplift (t)
A	22.6	41.3	49.0	25%	29°	13.7
B	2.1	41.7	45.3	23%	3°	17.4
C	-5.7	9.2	11.7	6%	-32°	4.5
D	-26.1	4.9	27.2	14%	-79°	5.9
E	37.6	2.6	38.0	19%	86°	5.2
F	-19.1	47.9	54.7	27%	-21°	18.7
G	-18.8	29.6	35.5	18%	-32°	5.4
H	-10.0	10.9	14.9	7%	-43°	1.7

Table 13. Static Wind Rose Results. Ebb current. Thrust and compression in fenders

Parallel Fender	Thrust (t)	Compression (m)	Pressure (t/m^2)	Flatside cover (%)	Wind Dir. (True)
ii	63	0.07	12.9	79%	200º
jj	54	0.06	10.0	100%	200º
kk	45	0.05	8.3	100%	200º
ll	37	0.04	6.9	100%	170º
mm	30	0.03	5.7	100%	170º
nn	26	0.03	4.9	100%	135º
oo	24	0.03	4.5	100%	125º
pp	23	0.03	4.3	100%	120º
qq	23	0.03	4.3	99%	115º
rr	23	0.03	5.3	57%	110º

These tables include the results from the Static Wind Rose, under 30 knots of wind from all directions and 1 knot Flood current (ENE).

Table 14. Static Wind Rose Results. Food current. Forces in lines

Line	Total line Length (m)	Line Tension (t)	Percent Strength	Wind Dir. (True)
L1	43.5	24.6	20%	310°
L2	42.0	25.2	20%	310°
L3	33.5	21.2	17%	320°
L4	31.7	22.6	18%	320°
L5	32.9	10.4	8%	100°
L6	69.8	12.6	10%	100°
L7	60.7	12.5	10%	100°
L8	62.5	20.9	17%	340°
L9	64.1	20.5	16%	340°
L10	22.0	28.0	22%	350°
L11	23.8	28.7	23%	350°
L12	42.4	17.5	14%	0°
L13	48.5	18.7	15%	0°
L14	59.1	14.8	12%	10°

Table 15. Static Wind Rose Results. Flood current. Forces in bollards

Bollard	X-Force (t)	Y-Force (t)	Total Force (t)	% Bollard Strength	Direction in Plan (°)	Bollard Uplift (t)
A	23.1	41.8	49.8	25%	29°	13.9
B	2.1	40.4	43.8	22%	3°	16.9
C	-5.1	8.1	10.4	5%	-32°	4
D	-24.1	4.5	25.1	13%	-79°	5.4
E	40.9	2.8	41.3	21%	86°	5.6
F	-19.5	49.8	56.7	28%	-21°	19.4
G	-19	30.2	36.1	18%	-32°	5.4
H	-9.9	10.9	14.8	7%	-42°	1.7

Table 16. Static Wind Rose Results. Flood current. Thrust and compression in fenders

Parallel Fender	Thrust (t)	Compression (m)	Pressure (t/m²)	Flatside cover (%)	Wind Dir. (True)
ii	71	0.08	14.4	78%	200°
jj	58	0.06	10.7	100%	200°
kk	46	0.05	8.6	100%	200°
ll	38	0.04	7	100%	170°
mm	30	0.03	5.6	100%	170°
nn	26	0.03	4.7	100%	135°
oo	23	0.03	4.2	100%	125°
pp	21	0.02	3.9	100%	120°
qq	20	0.02	3.7	100%	115°
rr	19	0.02	4.3	58%	110°

Based on above tables, it is possible to select the worst direction for the different elements:

- Worst wind direction for aft lines (L10-L11) - North winds (350º) combined with Flood current.
- Worst wind direction for spring lines (L6-L7) – East winds (100º) combined with Ebb current.
- Worst wind direction for Fenders - SSW winds (200º) combined with Flood current.
- Worst wind direction for fore lines (L1-L2) - NW winds (320º) combined with Flood current.

5.2. Stage 2: Dynamic Mooring Analysis

5.2.1. Selected Scenarios

The following table summarises the simulated scenarios:

Table 17. Matrix of Conditions to Simulate

<table>
<tr><th rowspan="2">Vessel</th><th colspan="2">Wind</th><th colspan="2">Current</th><th rowspan="2">Waves (*)</th><th rowspan="2">Element</th></tr>
<tr><th>Dir (º)</th><th>Mean speed</th><th>Dir (º)</th><th>Mean speed</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Container ship
T = 14.0 m (Loaded)

WL = 3.15 ZHL</td><td>N (350º)
GF = 1.44</td><td rowspan="4">15 kn

20 kn

25 kn

30 kn</td><td>Flood
(ENE - 65º)</td><td rowspan="4">1 kn</td><td rowspan="2">No Waves</td><td>Aft Lines
L10-L11</td></tr>
<tr><td>E (100º)
GF = 1.44</td><td>Ebb
(WSW - 255º)</td><td>Spring Lines
L6-L7</td></tr>
<tr><td>SSW (200º)
GF = 1.31</td><td>Flood
(ENE - 65º)</td><td rowspan="2">S (180º)
Hs = 0.3 m
T_p = 10 s - 18 s</td><td>Fender</td></tr>
<tr><td>NW (310º)
GF = 1.31</td><td>Flood
(ENE - 65º)</td><td>Fore Lines
L1-L2</td></tr>
</table>

(*) Due to the absence of information regarding wave disturbance inside the basin but being aware of the high peak periods present in this coast, 3 wave scenarios have been analysed in order to assess the effect of waves and mainly peak period into the mooring system.

5.2.2. Results

Annex IV includes the results obtained for each case analysed. The annex contains the direct results of Optimoor programme. This output consists of a **Plot with the time series** of the movements, the maximum fenders deflection, the maximum bollards load and the maximum load of the lines and a **snapshot of the final moment of the simulation**.

Note that **there are cases where the lines are broken before the end of the simulation**. There **are also cases that the lines break even before the end of the ramp time**, the ramp time is used to gradually stabilize the weather conditions, so if this happens it is because the system is not capable of supporting the imposed weather conditions.

The following tables include the results obtained for each case. The tables include maximum values of movements, fenders deflection, loads on bollards and loads on mooring lines. These tables contain a simple colour code in which green colour means results are below Maximum Acceptable Limits described in section 4 and red colour means results exceeding the limits.

Table 18. DMA Results. Wind Direction N (350°)

Wind		Waves			Current		Maximum motions			Fender		Bollard		Mooring Lines	
Dir (°)	Speed (kn)	Dir (°)	Height (m)	Period (s)	Speed (kn)	Dir (°)	Surge (m)	Sway (m)	Yaw (°)	Def ((m)	Name	Load (tons)	Name	Load (tons)	No.
350	15	-	-	-	1.0	ENE (65°)	0.57	0.09	0.07	0.05	ii	31.7	E	16.0	L8
	20						0.88	0.63	0.11	0.12	ii	66.3	F	33.3	L11
	25						1.46	1.43	0.15	0.14	ii	113.3	F	56.7	L10
	30						2.48	2.85	0.28	0.28	ii	249.2	F	125.8	L10
350	15	180	0.3	10	1.0	ENE (65°)	0.59	0.15	0.14	0.13	ii	59.5	F	29.8	L10
	20						0.91	0.67	0.19	0.21	ii	91.7	F	46.1	L10
	25						1.45	1.48	0.22	0.23	ii	150.8	F	76.2	L10
	30						2.18	2.65	0.34	0.31	ii	248.7	F	125.8	L11
350	15	180	0.3	18	1.0	ENE (65°)	0.58	0.34	0.15	0.42	ss	115.0	F	60.5	L10
	20						0.85	0.77	0.19	0.50	ii	154.3	F	81.3	L10
	25						1.42	1.53	0.24	0.55	ii	220.1	F	114.3	L10
	30						1.74	2.31	0.25	0.37	ii	246.1	F	126.0	L10
							Acceptable Limit			0.94 m		200 t		63 t	

Table 19. DMA Results. Wind Direction E (100°)

Wind		Waves			Current		Maximum motions			Fender		Bollard		Mooring Lines	
Dir (°)	Speed (kn)	Dir (°)	Height (m)	Period (s)	Speed (kn)	Dir (°)	Surge (m)	Sway (m)	Yaw (°)	Def ((m)	Name	Load (tons)	Name	Load (tons)	No.
100	15	-	-	-	1.0	WSW (255°)	0.24	0.02	0.01	0.03	ii	21.1	E	10.6	L8
	20						0.24	0.02	0.01	0.03	ii	21.0	A	10.6	L2
	25						0.21	0.03	0.01	0.04	ii	20.8	A	10.4	L2
	30						0.21	0.05	0.01	0.07	rr	32.6	D	16.5	L7
100	15	180	0.3	10	1.0	WSW (255°)	0.32	0.07	0.09	0.12	ii	51.3	F	25.9	L10
	20						0.30	0.08	0.09	0.12	rr	52.6	F	26.6	L10
	25						0.30	0.09	0.09	0.14	rr	55.0	F	27.9	L10
	30						0.24	0.11	0.09	0.16	rr	58.4	F	29.8	L10
100	15	180	0.3	18	1.0	WSW (255°)	0.37	0.29	0.12	0.45	rr	110.1	F	58.4	L10
	20						0.33	0.29	0.11	0.47	rr	111.6	F	59.2	L10
	25						0.33	0.29	0.11	0.49	rr	114.3	F	60.7	L10
	30						0.25	0.30	0.12	0.53	rr	119.2	F	63.4	L10
							Acceptable Limit			0.94 m		200 t		63 t	

Table 20. DMA Results. Wind Direction SSW (200°)

Wind		Waves			Current		Maximum motions			Fender		Bollard		Mooring Lines	
Dir (°)	Speed (kn)	Dir (°)	Height (m)	Period (s)	Speed (kn)	Dir (°)	Surge (m)	Sway (m)	Yaw (°)	Def ((m)	Name	Load (tons)	Name	Load (tons)	No.
200	15	-	-	-	1.0	ENE (65°)	0.44	0.03	0.03	0.05	ii	27.5	E	13.8	L8
	20						0.45	0.04	0.04	0.07	ii	27.8	E	13.9	L8
	25						0.45	0.05	0.05	0.08	ii	27.8	E	14.0	L8
	30						0.46	0.06	0.06	0.10	ii	28.2	E	14.2	L8
200	15	180	0.3	10	1.0	ENE (65°)	0.52	0.08	0.11	0.14	ii	47.8	F	24.3	L4
	20						0.58	0.09	0.12	0.15	ii	47.6	F	24.2	L4
	25						0.66	0.10	0.13	0.17	ii	47.6	F	24.1	L11
	30						0.75	0.11	0.14	0.19	ii	47.6	F	24.1	L11
200	15	180	0.3	18	1.0	ENE (65°)	0.58	0.29	0.14	0.44	ii	107.0	F	56.5	L10
	20						0.64	0.28	0.15	0.46	ii	106.8	F	56.4	L10
	25						0.70	0.28	0.16	0.48	ii	106.8	F	56.3	L10
	30						0.80	0.28	0.18	0.52	ii	107.3	F	56.5	L10
							Acceptable Limit			0.94 m		200 t		63 t	

Table 21. DMA Results. Wind Direction NW (310°)

Wind		Waves			Current		Maximum motions			Fender		Bollard		Mooring Lines	
Dir (°)	Speed (kn)	Dir (°)	Height (m)	Period (s)	Speed (kn)	Dir (°)	Surge (m)	Sway (m)	Yaw (°)	Def ((m)	Name	Load (tons)	Name	Load (tons)	No.
310	15	-	-	-	1.0	ENE (65°)	0.47	0.02	0.03	0.03	ii	28.4	E	14.3	L8
	20						0.74	0.41	0.06	0.08	ii	44.6	A	22.5	L2
	25						1.18	0.97	0.09	0.12	ii	72.3	F	36.5	L11
	30						1.77	1.62	0.15	0.12	ii	108.9	F	54.7	L11
310	15	180	0.3	10	1.0	ENE (65°)	0.54	0.09	0.11	0.11	ii	50.9	F	25.6	L4
	20						0.78	0.46	0.14	0.16	ii	70.0	F	35.1	L11
	25						1.66	1.30	0.25	0.30	ii	129.1	F	64.8	L10
	30						1.77	1.66	0.22	0.21	ii	144.7	F	72.7	L10
310	15	180	0.3	18	1.0	ENE (65°)	0.57	0.32	0.12	0.43	ss	106.4	F	56.2	L10
	20						0.73	0.58	0.14	0.45	ii	125.6	F	65.8	L10
	25						1.11	1.00	0.18	0.49	rr	157.3	F	82.6	L10
	30						1.79	1.84	0.23	0.54	ii	226.9	F	117.7	L10
							Acceptable Limit			0.94 m		200 t		63 t	

According to the results of the tables, obtained from the dynamic simulations and included in Annex IV, the following conclusions can be extracted:

► **The most adverse wind directions are the ones corresponding to N sector**, separating winds coming from the ship's starboard side. They present the **highest motion amplitudes for surge, sway and yaw**; along with the **highest loads on lines, bollards and fenders**. The waves, on the other hand, arrive at the Terminal from the south direction, reaching the ship from the port side.

► In general, the mooring lines present the highest loads are the **stern breast lines (L10-L11)**, due to their smaller length compared to the rest. **The mooring lines are the most limiting element** for all analysed met-ocean conditions.

► As a consequence, the bollard presenting the highest loads is **the one corresponding to the stern breast lines, bollard F**. The rest of the values will also be consistent with the respective line loads obtained.

► In the case of the fenders, the highest deformation values are reached for **those closer to the limits of (but in full contact with) the cylindrical body of the ship**. For the eastern wind directions, the most loaded fender is **the one closest to the limit from the aft (fender rr)** while the opposite is true for the rest of directions, with the most loaded fender being **the closest to the bow (fender ii)**. In all cases analyzed, the deflections are less than the acceptable ones given by the manufacturer.

5.2.3. Permanence Limits

Comparing the maximum forces recorded on the elements of the mooring and fender system with their maximum acceptable limits it is possible to estimate permanence limits for each meteorological scenario considered, winds combined with no waves at the terminal and waves 0.3 m Hs and two different peak periods.

According to the analyses results, the permanence limits for the ship can also be extracted, presented in the following tables:

Table 22. Permanence limits. Wind Direction N (350º)
No waves / Waves: South (180º) - H_s(m) = 0.3 m
Current: Flood (ENE - 65º). V_c = 1 knots

T_P (s)	Fenders		Bollards		Lines	
	V_w (knots)	Name	V_w (knots)	Name	V_w (knots)	Name
-	>30.0 kn	-	28.5 kn	F	25.8 kn	L10
10 s			27.9 kn		23.0 kn	
18 s			23.5 kn		15.8 kn	

Table 23. Permanence limits. Wind Direction E (100º)
No waves / Waves: South (180º) - H_s(m) = 0.3 m
Current: Ebb (WSW - 255º). V_c = 1 knots

T_P (s)	Fenders		Bollards		Lines	
	V_w (knots)	Name	V_w (knots)	Name	V_w (knots)	Name
-	>30.0 kn	-	>30.0 kn	-	>30.0 kn	-
10 s						
18 s					29.6 kn	L10

Table 24. Permanence limits. Wind Direction SSW (200º)
No waves / Waves: South (180º) - H_s(m) = 0.3 m
Current: Flood (ENE - 65º). V_c = 1 knots

T_P (s)	Fenders		Bollards		Lines	
	V_w (knots)	Name	V_w (knots)	Name	V_w (knots)	Name
-	>30.0 kn	-	>30.0 kn	-	>30.0 kn	-
10 s						
18 s						

Table 25. Permanence limits. Wind Direction NW (310º)
No waves / Waves: South (180º) - H_s(m) = 0.3 m
Current: Flood (ENE - 65º). V_c = 1 knots

T_P (s)	Fenders		Bollards		Lines	
	V_w (knots)	Name	V_w (knots)	Name	V_w (knots)	Name
-	>30.0 kn	-	>30.0 kn	-	> 30.0 kn	-
10 s					24.6 kn	L10
18 s			28.2 kn	F	18.3 kn	

According to the tables, the following conclusions can be extracted:

- The mooring lines are the most limiting factor for all analysed scenarios.
- Although bollards reach the limit in some of the analysed cases, they are above the ones expected on the lines for the same condition.
- On the other hand, the fenders do not reach the limit for any met of the met-ocean conditions studied.
- The most restrictive **permanence limit** is reached in **aft lines** (L10-L11) of the Containerships (324 m x 48.4 m x 14 m) moored at the terminal, **26 knots with no waves**, **23 knots with south waves of 10 s of peak** period and 0.3 m of height and **16 knots with 18 s of peak period**, 1 knot of flood current in all cases.

- Based on the results of the permanence limits obtained for the vessel and mooring configuration analyzed, the restrictive element is the ship's equipment not the port mooring and berthing equipment.

6. Passing Ships Assessment

As a moving ship passes another ship, it exerts forces and moments on that ship. This passing ship phenomenon is of particular concern in the design and analysis of ship mooring facilities alongside shipping fairways and channels.

In order to estimate the time history of passing-ship forces and moments Flory-Remery model method has been used. The Flory-Remery model uses a set of empirical formulae for the peak forces and moment and a lookup table for time histories derived from model test data published by Remery. Flory-Remery model may give more accurate results in shallow water.

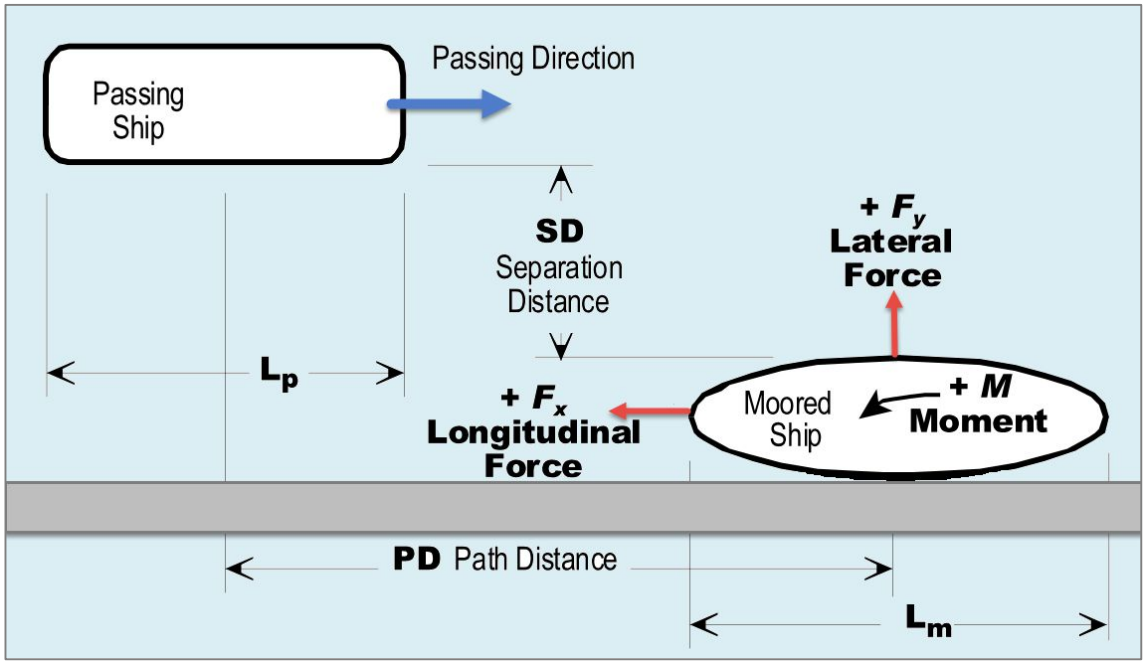


Figure 9. Passing Ship schedule

6.1. Selected Scenarios

A Passing Ship Assessment is developed under worst case meteorological scenario from previous point.

The following table shows the simulated scenarios, manoeuvre of departure combined with passing distance and velocities:

Table 26. Scenarios of Passing Ship Assessment

Element	Assumptions
Layout	New Container Terminal Leixoes (Portugal)
Moored Ships	Container ship (324 m x 48.4 m x 14 m)
Passing Ship	Bulkcarrier (250 m x 32.2 m x 12 m)
Type of manoeuvre	Direct departure
Passing speed - V_p (knots) (over water)	V_{p1} = 4.0 knots V_{p2} = 8.0 knots
Passing distance - D_p (m) (between sides)	D_{p1} = 80 m D_{p2} = 100 m
Water level*	+0.0
Winds	North Winds (350º). $V_{v,10\ min}$ = 20 knots
Current	Flood Current (ENE - 65º). V_c = 1 knots
Waves	South Direction (180º). H_s(m) = 0.3 m T_p = 10 s

* Conservative assumption for suction forces

From previous Mooring Dynamic Analysis, **North winds (350º) combined with Flood current (ENE) are selected for the Passing Ship Assessment as the worst scenario**.

Unfavourable North winds (350º) and wind speed of 20 knots, in principle, met-compatible with the navigation inside the port, combined with South waves (0.3 m of height and 10 s of peak period have been selected for the study of passing ships.

6.2. Results

The results of the simulations under the set of passing conditions and meteorological condition selected are presented in Annex V and summarize in the following table. Results for no passing ship case obtained in the DMA are included as well in order to appreciate the influence of the passing ships:

Table 27. Passing Ship Assessment Results.
Wind: North (350°) - $V_{v,10\ min}$ = 20 knots
Waves: South (180°) - H_s(m) = 0.3 m - T_p = 10 s
Current: Flood (ENE - 65°). V_c = 1 knots

Passing		Maximum motions			Fender		Bollard		Mooring Lines	
Speed w.r.w (kn)	Distance (m)	Surge (m)	Sway (m)	Yaw (°)	Def (m)	Name	Load (tons)	Name	Load (tons)	No.
-	-	0.91	0.67	0.19	0.21	ii	91.7	F	46.1	L10
4.0	100	0.82	0.63	0.18	0.22	hh	93.3	F	47.4	L10
8.0		2.16	2.08	0.29	0.56	hh	227.8	F	117.7	L10
4.0	80	0.85	0.74	0.18	0.24	hh	99.4	F	50.4	L10
8.0		2.52	2.47	0.33	0.65	hh	244.4	F	125.9	L10
Acceptable Limit					0.94 m		200 t		63 t	

From the results, it can be highlighted that most important movements are observed in the horizontal plane (surge, sway, and yaw) as usual in "passing ship" scenarios. Movements of the moored ship, forces on moorings lines and bollards and fender deflections increase significantly with passing ship speed (more or less quadratic) and decrease with the passing distance.

According to the table above, it presents very similar results both in the case of no passing ships and with 4 knots of passing distance, similar also for the 2 passing distances analyzed (80 m and 100 m). By increasing the passing speed to 8 knots, for both passing distances, the movements, as well as the forces in moorings and bollards and deformations in fenders increase significantly (in the order of 2.5 times).

6.3. Permanence Limits

Comparing the maximum forces recorded on the elements of the mooring and fender system with their maximum acceptable limits it is possible to estimate permanence limits for the meteorological scenario considered as combinations of passing speed and distance.

Permanence limits are summarized in the following tables, which show the passing speed (V_p) and the limiting element for each passing distance studied:

Table 28. Passing Ship Assessment. Permanence limits and Limiting element

D_p (m)	Fenders		Bollards		Lines	
	V_p (knots)	Name	V_p (knots)	Name	V_p (knots)	Name
100 m	> 8.0	hh	7.2	F	4.9	L10
80 m	> 8.0	hh	6.8	F	4.7	L10

According to the table above, the most restrictive **permanence limit** is reached in **aft lines** (L10-L11) of the Containerships (324 m x 48.4 m x 14 m) moored at the terminal, when a Bulkcarrier (250 m x 32.2 m x 12 m) is passing in front of the terminal to the inlet of the port, at a minimum distance of **80 m (between sides) with ~ 5 knots of speed**.

These permanence limits have been estimated considering certain meteorological conditions described before. In case of more benign conditions is probable that better permanence limits will be estimated.

Based on the results of the permanence limits obtained, the failure occurs in the ship's equipment before than port equipment.

7. General Conclusions and Recommendations

At request of Consulmar a technical study for a preliminary assessment of the mooring feasibility of the **North Container Terminal Expansion of the Port of Leixoes in Portugal** is performed.

This study evaluates the following points:

- A basic Dynamic Mooring Assessment for the Design Ship moored at the New Berth, under specific environmental conditions.

- A Passing Ship Assessment.

The response of the moored vessel is simulated using the Dynamic Version (**Optimoor Seakeeping Module**) of the numerical model OPTIMOOR® developed by Tension Technology International TTI (United Kingdom). This version includes an option as well to analyze the Passing Ship effect.

The objective of the analysis is to preliminarily validate the mooring and fender equipment provided by the designer to safely operate the design vessels, considering a reference mooring configuration at the new facility based on available met-ocean information provided.

The following conclusions can be extracted:

- From the results of the Dynamic Mooring Assessment, the **permanence limit** happens due to **failure in aft lines** (L10-L11) of the Containership moored at the terminal. The Permanence Limits are in the order of **26 knots** with no waves, **23 knots** with south waves of 10 s of peak period and 0.3 m of height and **16 knots** with 18 s of peak period, 1 knot of flood current in all cases.

- From the results of the Passing Ship Assessment, the **permanence limit** happens due to **failure in aft lines** (L10-L11) of the Containership moored at the terminal while a Bulkcarrier of 250 m in length is passing in front of the terminal to the inlet of the port, at a minimum distance of **80 m** (between sides) with ~ **5 knots of speed**.

  These permanence limits have been estimated considering certain meteorological conditions described before. In case of more benign conditions is probable that better permanence limits will be estimated.

- Based on the results of the permanence limits obtained, the **failure occurs in the ship's equipment before than port equipment**, so it can be deduced that under conditions analyzed **the port equipment is considered to be appropriately sized**.

- Finally, for future stages of the project it is recommended a detailed analysis of waves at the terminal to validate conclusions of the present report.

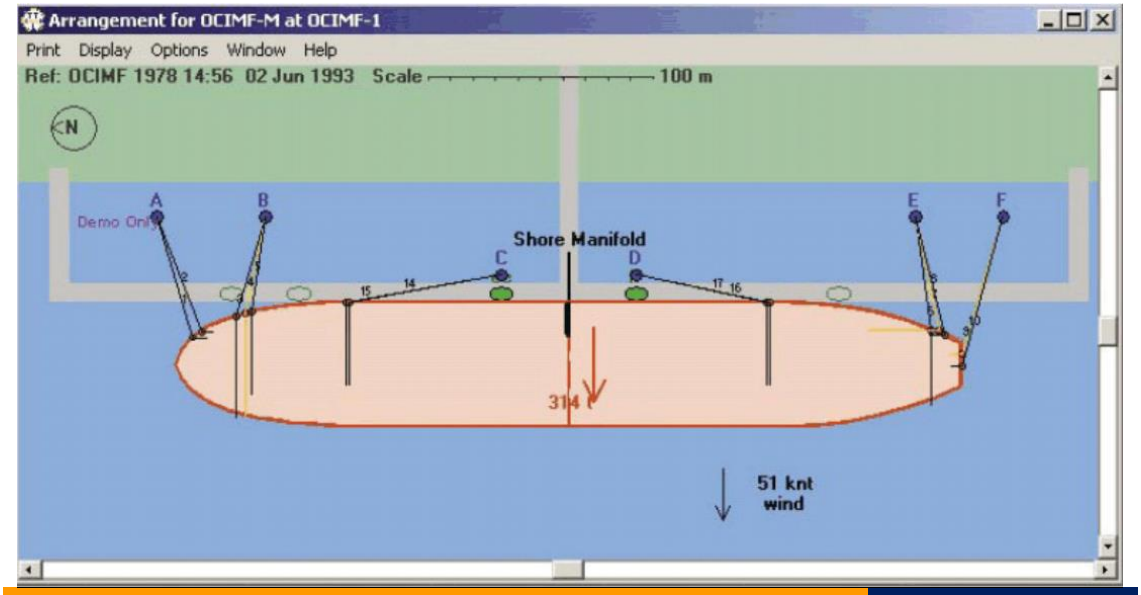
Any interpretation of the results obtained, or application of the above recommendations must take into account the assumptions made in the study and the limitations inherent in the numeric models. In particular this refers to the dimensions, shape and load conditions of the modelled vessels, tide levels, mooring layouts, material specifications (mooring lines made of new materials and elastic fenders), pre-tensioning levels, wind conditions, etc.

Finally, extrapolating the results to other conditions that do not match those simulated (different mooring configurations, other weather conditions, etc.) shall be taken with due caution because, given the complexity of the analyzed dynamic system, the conclusions are not immediate. Therefore, the transfer of simulation results to operational measures should be considered with caution, taking in all cases the appropriate safety margins and progressively verifying the effectiveness and validity of these measures.

Madrid, july 2023

ANNEXES

ANNEX I: Optimoor Specifications



Mooring Analysis Software (OPTIMOOR)

Computer simulation on has in the past been the work of specialists, and was time consuming and expensive. OPTIMOOR is easy to use and employs the OCIMF recommended methods and formulae in a manner that can be run by any personnel to achieve results fast.

The software can check both the quasi-static or dynamic response for vessels alongside a pier near the shore and for offshore areas.

OPTIMOOR considers the non-linear rated breaking strength and load-extension characteristics for mooring lines. Data are provided for wire, aramid/HMPE, nylon double braid, nylon plaited and stranded, polyester and polypropylene. Both new and broken-in characteristics for the synthetic ropes are provided, based on OCIMF test data.

The software includes wind and current coefficients, and the resulting environmental forces on the vessel to be applied to the calculations.

This dynamic simulation uses vessel hydrodynamics with time varying wind and current. The user can input other time dependent forces such as wave drift. The dynamic force and response of passing ships can also be calculated.

It calculates the vessel response to first-order wave effects taking shallow water and solid wall effects into account. The changing line load due to vessel motion at each fairlead is calculated.

Software developer:

TTI (United Kingdom)

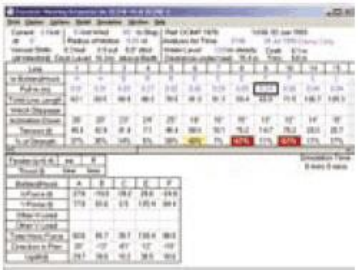
OPTIMOOR is proven as an essential tool for vessel and port operations personnel, especially when they have to undertake assessments to meet the requirements of the Oil Companies International Marine Forum (OCIMF) and satisfy OPA-90 legislation.

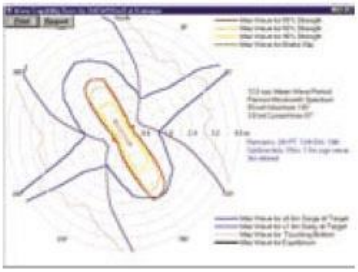
OPTIMOOR has provision for initial and final draft and trim conditions and times. It also supports tidal variations via tide tables with automatic application of local correction factors. With these inputs, line tending requirements can be anticipated by stepping forward in time by minute or hour intervals. A single key command “fastforwards” and displays the times at which various lines would become overloaded.

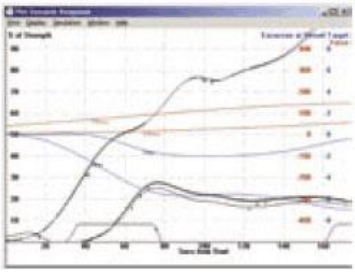
OPTIMOOR Dynamic can be run in continuous mode or in step mode to review data and vary input for example such as line failure. This program generates plots of the time varying forces, vessel response, mooring line tensions and fender loads.

OPTIMOOR generates plots of the time varying forces, vessel response, mooring line tensions and fender loads. Mooring line loads are shown in tonnes (t) and percent of rated breaking strength (RBS).

A single command sweeps the wind through 360 degrees to determine the “worst-case” loading on each line, fender or hook and movement. A graphic wind or wave capability rosette can be generated, determining the wind speed limit curves for each parameter analyzed (movement, forces on lines, fenders, bollards…).







ANNEX II: Inputs

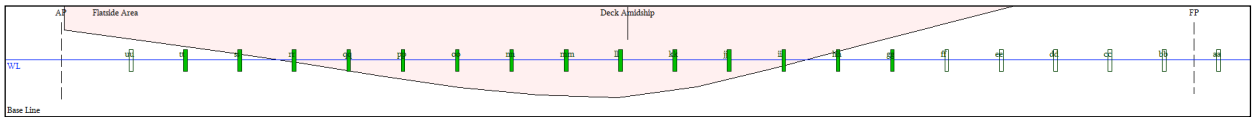
Vessel Data for Containership 324 m

Units in m, mm, & tonnes
Longitudinal datum at Midship

LBP:	312.2			
Breadth:	48.4			
Depth:	27.2			
Port Target:	0.0 fwd from midship	-24.2 from CL and	0.0 above deck	
Stbd Target:	0.0 fwd from midship	24.2 from CL and	0.0 above deck	
End-on projected windage area:	1218 above deck level			
Side projected windage area:	6938 above deck level			
Fendering possible from:	0.498 LBP aft of midship			
to:	0.340 LBP fwd of midship			
Current drag data based on:	Cruise Ship (shallow water)			
Wind drag data based on:	Post-Panamax Container Ship			
Wave motion data based on RAO data for:	11k TEU Cntnr Ship at Quayside			
Roll Damping Coeff:	5% of Critical			
Loaded Cb:	0.65			

Flatside Contour — Longitudinal datum at Midship

X-dist	-155.4	-133.6	-111.8	-90.0	-68.2	-46.4	-24.6	-2.8	19.0	40.8	62.6	106.2
Depth	5.9	8.5	11.3	14.0	17.3	20.1	22.0	22.6	19.9	15.3	10.1	0.0

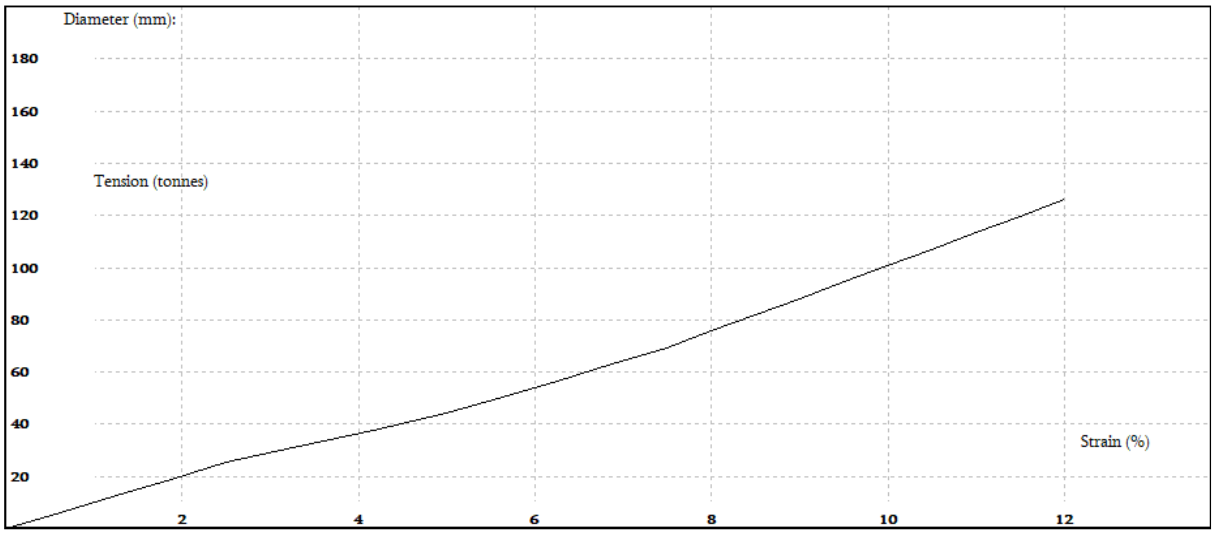


Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size-Type-BL	Tail Segment-1 Lgth-Size-Type-BL
1	160.3	-5.3	0.5	6.6		10	80PVM 126	
2	161.0	-3.5	0.5	6.9		10	80PVM 126	
3	162.1	0.3	0.5	5.8		10	80PVM 126	
4	161.0	3.5	0.5	6.9		10	80PVM 126	
5	160.3	5.3	0.5	6.3		10	80PVM 126	
6	150.5	16.4	0.5	20.1		10	80PVM 126	
7	145.9	19.1	0.5	15.8		10	80PVM 126	
8	-150.3	24.1	-3.8	20.1		10	80PVM 126	
9	-152.0	24.1	-3.8	20.0		10	80PVM 126	
10	-161.2	12.7	-3.8	5.8		10	80PVM 126	
11	-161.2	10.5	-3.8	5.8		10	80PVM 126	
12	-161.2	-2.7	-3.8	6.1		10	80PVM 126	
13	-161.2	-10.5	-3.8	5.8		10	80PVM 126	
14	-161.2	-12.7	-3.8	5.8		10	80PVM 126	

Codes for Types of Line:
PVM: Polyester Viking Mooring

Tension-Strain Curve for PVM: Polyester Viking Mooring

Diameter: 80 mm



Berth Data for Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Solid Pier Shields Wind
Solid Pier Shields Waves

Left to Right of Screen Site Plan Points:	70°
Width of Channel (for Current):	1000
Pier Height (Fixed) above Datum:	6.0
Seabed Depth in way of Ship below Datum:	15.5
Dist of Berth Target to Right of Origin:	0.0
Wind Speed Specified at Height:	10.0
Current Specified at Depth:	mean

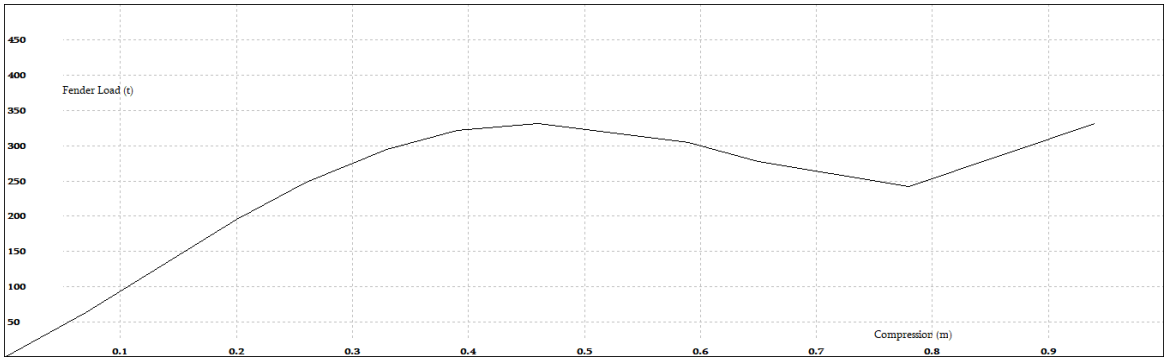
Hook/ Bollard	X-Dist to Origin	Dist to Fender Line	Ht above Pier	Allowable Load
A	-165.0	2.2	0.5	200
B	-150.0	2.2	0.5	200
C	-135.0	2.2	0.5	200
D	-90.0	2.2	0.5	200
E	120.0	2.2	0.5	200
F	180.0	2.2	0.5	200
G	195.0	2.2	0.5	200
H	210.0	2.2	0.5	200

Fender	X-Dist to Origin	Ht above Datum	Width Along Side	Face Contact Area (m²)
aa	-150.0	3.0	1.0	5.4
bb	-135.0	3.0	1.0	5.4
cc	-120.0	3.0	1.0	5.4
dd	-105.0	3.0	1.0	5.4
ee	-90.0	3.0	1.0	5.4
ff	-75.0	3.0	1.0	5.4
gg	-60.0	3.0	1.0	5.4
hh	-45.0	3.0	1.0	5.4
ii	-30.0	3.0	1.0	5.4
jj	-15.0	3.0	1.0	5.4
kk	0.0	3.0	1.0	5.4
ll	15.0	3.0	1.0	5.4
mm	30.0	3.0	1.0	5.4
nn	45.0	3.0	1.0	5.4
oo	60.0	3.0	1.0	5.4
pp	75.0	3.0	1.0	5.4
qq	90.0	3.0	1.0	5.4
rr	105.0	3.0	1.0	5.4
ss	120.0	3.0	1.0	5.4
tt	135.0	3.0	1.0	5.4
uu	150.0	3.0	1.0	5.4

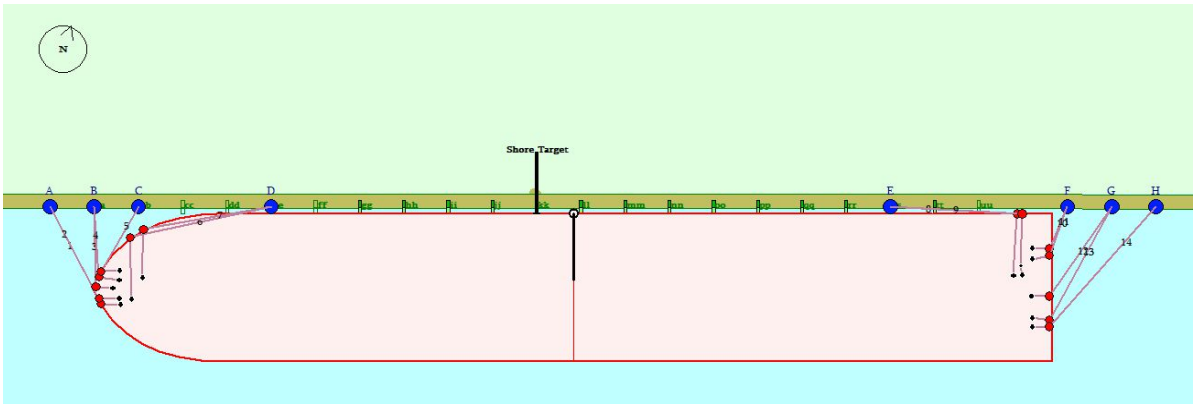
Load-Compression Data Fender

63	195	248	295	321	331	305	278	242	331	tonnes
0.07	0.20	0.26	0.33	0.39	0.46	0.59	0.65	0.78	0.94	m

Load-Compression Curve for Fenders



Arrangement for Containership at Leixões North Container Terminal



Static Mooring Response for Containership at Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Static Analysis for Time 0000 01 jun 1998 (initialised at 0000 01 jun 1998)
Water Level: 3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft: 14.00 (initialised at this draft))
Trim: 0.00 (initialised at this trim)
Bottom Clearance: 4.7
Fwd Offset of Vessel Target: -12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target: 10.4 above Pier

Total End-on Windage Area: 1857
Total Side Windage Area: 11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Total Force:	0.0	0.0	0.0

Movement of Vessel at its Stbd Target: -0.39 (aft) 0.01 (inw) 0.0° (stbd) 0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.43	43.7			16°	12.8	10%
2-A	0.42	42.2			17°	13.0	10%
3-B	0.40	33.5			22°	10.7	9%
4-B	0.38	31.7			24°	11.4	9%
5-C	0.44	32.6			23°	6.7	5%
6-D	0.93	69.2			12°	8.1	6%
7-D	0.82	60.1			13°	7.4	6%
8-E	0.46	63.0			8°	13.4	11%
9-E	0.46	64.6			8°	13.2	10%
10-F	0.32	21.7			22°	9.3	7%
11-F	0.33	23.6			20°	9.8	8%
12-G	0.54	42.1			10°	8.4	7%
13-G	0.60	48.2			8°	9.2	7%
14-H	0.75	58.7			7°	8.9	7%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	24	0.03	4.9	78%
jj	20	0.02	3.7	100%
kk	16	0.02	3.0	100%
ll	13	0.01	2.4	100%
mm	9	0.01	1.7	100%
nn	5	0.01	1.0	100%
oo	2	0.00	0.3	100%
pp	0			
qq	0			
rr	0			
ss	0			
tt	0			

Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	12.2	21.6			25.8	13%	29°	7.3
B	1.2	20.3			22.1	11%	3°	8.6
C	-3.1	5.4			6.7	3%	-30°	2.6
D	-14.9	2.8			15.5	8%	-79°	3.4
E	26.3	1.4			26.6	13%	87°	3.6
F	-6.5	16.6			19.1	10%	-21°	6.8
G	-9.3	14.6			17.5	9%	-32°	2.7
H	-5.9	6.5			8.9	4%	-42°	1.0

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

ANNEX III: Results. Static Wind Rose

Batch Run 1:

Static Mooring Response for Containership at Leixões

Units in m & tonnes
Remarks:Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
Bottom Clearance:	4.7
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.0 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	75° True 5° Screen Right
Wind Speed:	30 knots
Wind Direction from:	All° (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-3.6	-10.9	1.7

Movement of Vessel	0.02 (fwd)	-0.53 (out)	0.0° (port)	0.00 (up)
at its Stbd Target	-0.76 (aft)	0.04 (inw)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Worst Direction to Screen	True	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.5			-120°	310°	24.2	19%
2-A	0.36	42.0			-120°	310°	24.8	20%
3-B	0.34	33.5			-110°	320°	22.0	17%
4-B	0.32	31.7			-110°	320°	23.3	18%
5-C	0.39	32.9			30°	100°	11.7	9%
6-D	0.93	69.8			30°	100°	13.6	11%
7-D	0.81	60.7			30°	100°	13.6	11%
8-E	0.40	62.5			-90°	340°	19.2	15%
9-E	0.41	64.1			-90°	340°	18.8	15%
10-F	0.26	22.0			-80°	350°	27.1	21%
11-F	0.27	23.8			-80°	350°	27.7	22%
12-G	0.51	42.4			-65°	5°	17.3	14%
13-G	0.57	48.5			-70°	0°	18.3	15%
14-H	0.73	59.1			-60°	10°	14.9	12%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	63	0.07	12.9	79%
jj	54	0.06	10.0	100%
kk	45	0.05	8.3	100%
ll	37	0.04	6.9	100%
mm	30	0.03	5.7	100%
nn	26	0.03	4.9	100%
oo	24	0.03	4.5	100%
pp	23	0.03	4.3	100%
qq	23	0.03	4.3	99%
rr	23	0.03	5.3	57%
ss	0			
tt	0			

Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	22.6	41.3			49.0	25%	29°	13.7
B	2.1	41.7			45.3	23%	3°	17.4
C	-5.7	9.2			11.7	6%	-32°	4.5
D	-26.1	4.9			27.2	14%	-79°	5.9
E	37.6	2.6			38.0	19%	86°	5.2
F	-19.1	47.9			54.7	27%	-21°	18.7
G	-18.8	29.6			35.5	18%	-32°	5.4
H	-10.0	10.9			14.9	7%	-43°	1.7

Batch Run 2:

Static Mooring Response for Containership at Leixões

Units in m & tonnes
Remarks:Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
Bottom Clearance:	4.7
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.0 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True 175° Screen Right
Wind Speed:	30 knots
Wind Direction from:	All° (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	3.6	-11.3	-1.7

Movement of Vessel	-0.05 (aft)	-0.55 (out)	0.0° (stbd)	0.00 (up)
at its Stbd Target	-0.86 (aft)	0.04 (inw)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Worst Direction to Screen	True	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.5			-120°	310°	24.6	20%
2-A	0.36	42.0			-120°	310°	25.2	20%
3-B	0.34	33.5			-110°	320°	21.2	17%
4-B	0.32	31.7			-110°	320°	22.6	18%
5-C	0.39	32.9			30°	100°	10.4	8%
6-D	0.93	69.8			30°	100°	12.6	10%
7-D	0.81	60.7			30°	100°	12.5	10%
8-E	0.41	62.5			-90°	340°	20.9	17%
9-E	0.42	64.1			-90°	340°	20.5	16%
10-F	0.26	22.0			-80°	350°	28.0	22%
11-F	0.27	23.8			-80°	350°	28.7	23%
12-G	0.51	42.4			-70°	0°	17.5	14%
13-G	0.57	48.5			-70°	0°	18.7	15%
14-H	0.73	59.1			-60°	10°	14.8	12%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	71	0.08	14.4	78%
jj	58	0.06	10.7	100%
kk	46	0.05	8.6	100%
ll	38	0.04	7.0	100%
mm	30	0.03	5.6	100%
nn	26	0.03	4.7	100%
oo	23	0.03	4.2	100%
pp	21	0.02	3.9	100%
qq	20	0.02	3.7	100%
rr	19	0.02	4.3	58%
ss	0			
tt	0			

Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	23.1	41.8			49.8	25%	29°	13.9
B	2.1	40.4			43.8	22%	3°	16.9
C	-5.1	8.1			10.4	5%	-32°	4.0
D	-24.1	4.5			25.1	13%	-79°	5.4
E	40.9	2.8			41.3	21%	86°	5.6
F	-19.5	49.8			56.7	28%	-21°	19.4
G	-19.0	30.2			36.1	18%	-32°	5.4
H	-9.9	10.9			14.8	7%	-42°	1.7

Batch File: Leixoes_Containership.env

Batch Summary Stbd Side Alongside. For every batch run the highest percentage line tension.

Draft	Optimoor Case No	Windspeed Knots	Current Knots	Current Direction	Worst Direction to Screen	True	Line Tension	Max Tension Percent
14.00	1	30	1.00	75°	-80°	350°	27.7	22%
14.00	2	30	1.00	245°	-80°	350°	28.7	23%

Greatest Excursions at Target:

	Highest Excursion	Wind Speed	True Direction	Current Speed	True Direction	Wave Ht	True Dir	Wave Period	Water Level	Draft	Trim	GM	Offset	Batch Run
Long	-0.05	30	100°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
Long	-0.86	30	310°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
Trans	-0.55	30	350°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
Trans	0.04	30	180°	1.0	75°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	1

Greatest Line Tensions as % of Strength:

Line	Highest Loading	Wind Speed	True Dir	Current Speed	Dir	True Ht	Wave Direction	Period	Water Level	Draft	Trim	GM	Offset	Batch Run
1	20%	30	310°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
2	20%	30	310°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
3	17%	30	320°	1.0	75°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	1
4	18%	30	320°	1.0	75°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	1
5	9%	30	100°	1.0	75°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	1
6	11%	30	100°	1.0	75°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	1
7	11%	30	100°	1.0	75°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	1
8	17%	30	340°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
9	16%	30	340°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
10	22%	30	350°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
11	23%	30	350°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
12	14%	30	0°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
13	15%	30	0°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
14	12%	30	10°	1.0	75°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	1

Greatest Berth Fender Thrusts:

Fender	Highest Thrust	Wind Speed	True Dir	Current Speed	Dir	True Ht	Wave Direction	Period	Water Level	Draft	Trim	GM	Offset	Batch Run
ii	71	30	0°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
jj	58	30	0°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
kk	46	30	0°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
ll	38	30	0°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
mm	30	30	0°	1.0	75°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	1
nn	26	30	0°	1.0	75°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	1
oo	24	30	0°	1.0	75°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	1
pp	23	30	0°	1.0	75°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	1
qq	23	30	0°	1.0	75°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	1
rr	23	30	0°	1.0	75°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	1

Greatest Horizontal Bollard Forces:

Bollard	Highest Force	Wind Speed	True Dir	Current Speed	Dir	True Ht	Wave Direction	Period	Water Level	Draft	Trim	GM	Offset	Batch Run
A	50	30	310°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
B	45	30	320°	1.0	75°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	1
C	12	30	100°	1.0	75°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	1
D	27	30	100°	1.0	75°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	1
E	41	30	340°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
F	57	30	350°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
G	36	30	0°	1.0	245°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	2
H	15	30	10°	1.0	75°				3.2	14.0	0.0	3.0	-12.0	1

ANNEX IV: Results. Dynamic Mooring Analysis

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
Bottom Clearance:	4.7
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	15 knots
Wind Direction from:	200° True 130° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Fluid Drag Force:	3.6	-11.1	-1.6
Wind Drag Force:	6.8	-61.1	-3.7
Total Force:	10.5	-72.3	-5.3

Movement of Vessel at its Stbd Target: -0.44 (aft) 0.02 (inw) 0.0° (stbd) 0.00 (up)

Velocities: 0.00 0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8			16°	11.4	9%
2-A	0.36	42.3			17°	11.5	9%
3-B	0.34	33.5			22°	7.8	6%
4-B	0.32	31.8			24°	8.2	7%
5-C	0.38	32.6			23°	3.1	2%
6-D	0.90	69.2			12°	6.8	5%
7-D	0.78	60.1			13°	5.8	5%
8-E	0.42	63.1			8°	13.8	11%
9-E	0.43	64.6			8°	13.6	11%
10-F	0.25	21.8			22°	5.9	5%
11-F	0.27	23.6			20°	7.0	6%
12-G	0.50	42.1			10°	7.0	6%
13-G	0.56	48.2			8°	8.2	7%
14-H	0.72	58.7			7°	8.0	6%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	38	0.04	7.8	77%
jj	32	0.04	6.0	100%
kk	26	0.03	4.9	100%
ll	20	0.02	3.8	100%
mm	14	0.02	2.7	100%
nn	8	0.01	1.5	100%
oo	2	0.00	0.4	100%
pp	0			
qq	0			
rr	0			
ss	0			
tt	0			

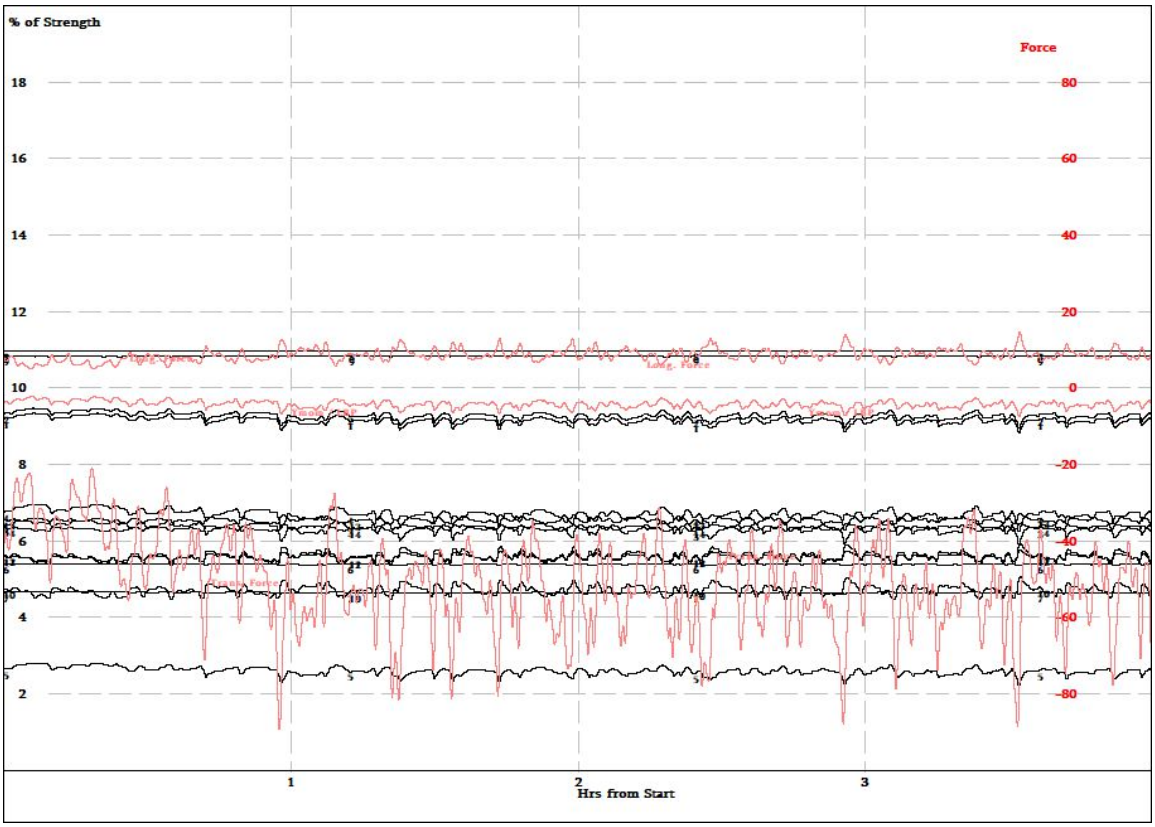
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	10.8	19.2			22.9	11%	30°	6.5
B	0.9	14.7			16.0	8%	4°	6.3
C	-1.4	2.5			3.1	2%	-30°	1.2
D	-12.1	2.3			12.6	6%	-79°	2.8
E	27.1	1.4			27.4	14%	87°	3.7
F	-4.4	11.3			13.0	7%	-21°	4.6
G	-8.0	12.8			15.2	8%	-32°	2.3
H	-5.4	5.9			8.0	4%	-42°	0.9

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.019

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
Bottom Clearance:	4.7
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	15 knots
Wind Direction from:	310° True 240° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Fluid Drag Force:	3.6	-11.2	-1.6
Wind Drag Force:	6.4	58.5	2.8
Total Force:	10.1	47.3	1.2

Movement of Vessel at its Stbd Target: -0.43 (aft) 0.01 (inw) 0.0° (stbd) 0.00 (up)

Velocities: 0.00 0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8			16°	12.5	10%
2-A	0.36	42.3			17°	12.7	10%
3-B	0.34	33.5			22°	8.9	7%
4-B	0.32	31.8			24°	9.5	8%
5-C	0.38	32.6			23°	3.6	3%
6-D	0.90	69.2			12°	6.5	5%
7-D	0.78	60.1			13°	5.5	4%
8-E	0.42	63.1			8°	14.3	11%
9-E	0.43	64.6			8°	14.1	11%
10-F	0.25	21.8			22°	5.8	5%
11-F	0.27	23.6			20°	7.0	6%
12-G	0.50	42.1			10°	6.8	5%
13-G	0.56	48.2			8°	8.1	6%
14-H	0.72	58.7			7°	7.7	6%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	13	0.01	2.6	77%
jj	8	0.01	1.5	100%
kk	3	0.00	0.6	100%
ll	0			
mm	0			
nn	0			
oo	0			
pp	0			
qq	0			
rr	0			
ss	0			
tt	0			

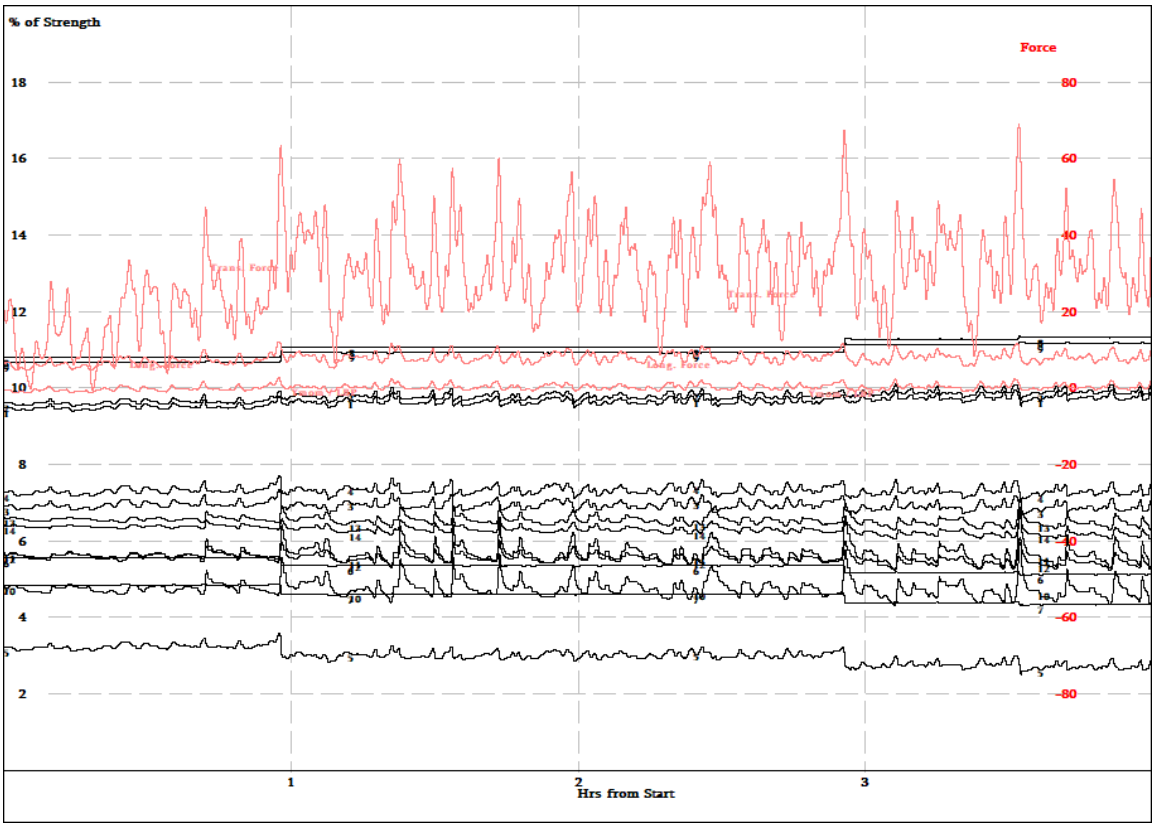
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	11.9	21.0			25.2	13%	30°	7.1
B	1.1	16.9			18.4	9%	4°	7.2
C	-1.7	2.9			3.6	2%	-30°	1.4
D	-11.4	2.2			11.9	6%	-79°	2.6
E	28.0	1.5			28.3	14%	87°	3.8
F	-4.3	11.2			12.8	6%	-21°	4.5
G	-7.8	12.4			14.9	7%	-32°	2.3
H	-5.2	5.7			7.7	4%	-42°	0.9

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.019

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
Bottom Clearance:	4.7
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	20 knots
Wind Direction from:	200° True 130° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Fluid Drag Force:	3.6	-11.2	-1.6
Wind Drag Force:	12.3	-108.4	-6.9
Total Force:	16.0	-119.6	-8.5

Movement of Vessel at its Stbd Target: -0.45 (aft) 0.02 (inw) 0.0° (stbd) 0.00 (up)

Velocities: 0.00 0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8			16°	11.0	9%
2-A	0.36	42.3			17°	11.1	9%
3-B	0.34	33.5			22°	7.1	6%
4-B	0.32	31.8			24°	7.6	6%
5-C	0.38	32.6			23°	2.5	2%
6-D	0.90	69.2			12°	6.6	5%
7-D	0.78	60.1			13°	5.7	5%
8-E	0.42	63.1			8°	13.9	11%
9-E	0.43	64.6			8°	13.7	11%
10-F	0.25	21.8			22°	6.2	5%
11-F	0.27	23.6			20°	7.3	6%
12-G	0.50	42.1			10°	7.1	6%
13-G	0.56	48.2			8°	8.4	7%
14-H	0.72	58.7			7°	8.1	6%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	49	0.05	10.0	77%
jj	41	0.05	7.7	100%
kk	34	0.04	6.3	100%
ll	27	0.03	5.0	100%
mm	19	0.02	3.6	100%
nn	12	0.01	2.3	100%
oo	5	0.01	0.9	100%
pp	0			
qq	0			
rr	0			
ss	0			
tt	0			

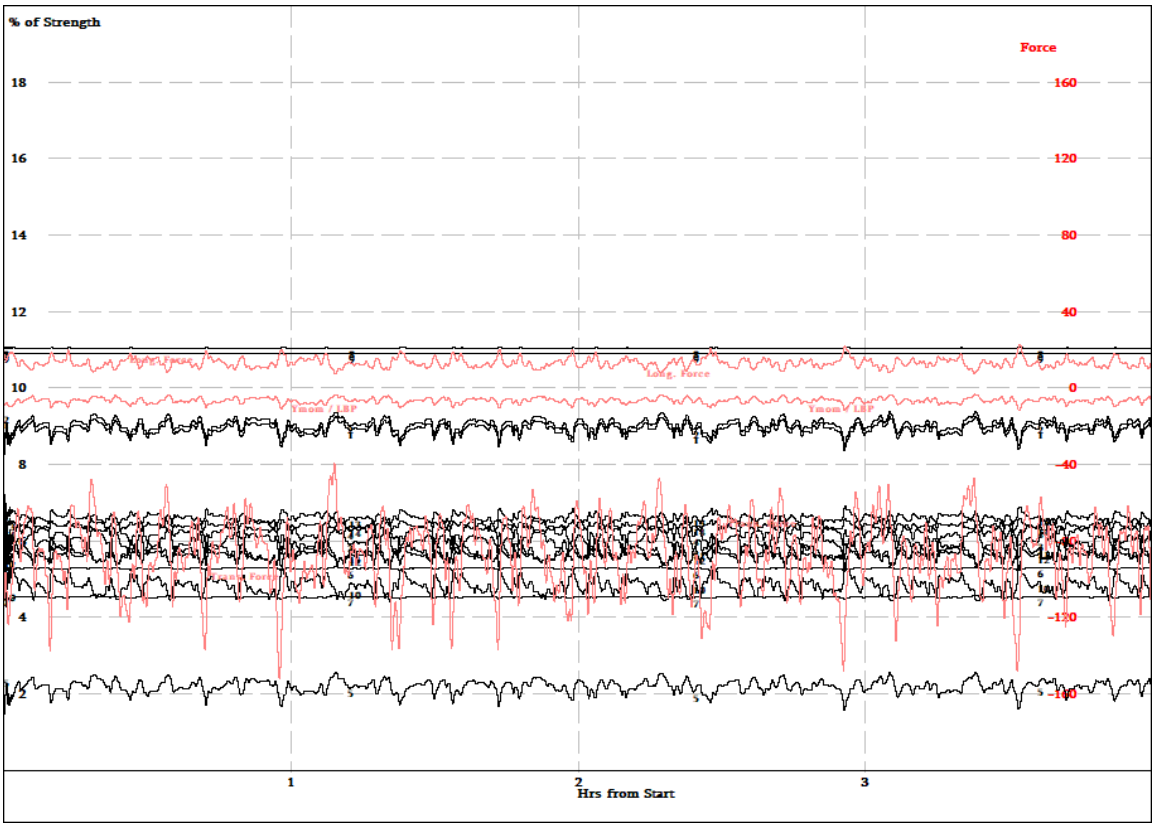
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	10.5	18.5			22.1	11%	30°	6.2
B	0.9	13.5			14.7	7%	4°	5.8
C	-1.1	2.0			2.5	1%	-30°	1.0
D	-11.8	2.2			12.3	6%	-79°	2.7
E	27.4	1.5			27.7	14%	87°	3.7
F	-4.5	11.7			13.4	7%	-21°	4.8
G	-8.1	12.9			15.5	8%	-32°	2.4
H	-5.4	5.9			8.1	4%	-42°	0.9

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.031

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

```
                    Water Level:   3.15 above Datum (initialised at this water level)
                          Draft:  14.00 (initialised at this draft))
                           Trim:   0.00 (initialised at this trim)
                 Bottom Clearance:   4.7
                            LCG:   2.5 from midship (+ve forward)
     Fwd Offset of Vessel Target: -12.6 from Berth Target
           Vessel Stbd Target:  10.4 above Pier
                       Current:   1.0 knots
        Current Direction from:   245° True -185° Screen Right
                   Wind Speed:    20 knots
      Wind Direction from:   310° True  240° Screen Right (solid pier shields wind)

   Total End-on Windage Area:  1857
     Total Side Windage Area: 11059

                  Longitudinal  Transverse  Yaw Moment/LBP
   Fluid Drag Force:      3.6        -11.6         -1.8
    Wind Drag Force:      11.4        105.4          4.8
       Total Force:     15.0         93.8           3.0

    Movement of Vessel  -0.44 (aft)    0.01 (inw)   0.0° (stbd)   0.00 (up)
   at its Stbd Target
           Velocities:  -0.01         0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)
```

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8			16°	15.9	13%
2-A	0.36	42.3			17°	16.3	13%
3-B	0.34	33.5			22°	12.3	10%
4-B	0.32	31.8			24°	13.1	10%
5-C	0.38	32.6			23°	4.8	4%
6-D	0.90	69.2			12°	5.2	4%
7-D	0.78	60.1			13°	3.9	3%
8-E	0.42	63.1			8°	16.3	13%
9-E	0.43	64.6			8°	16.0	13%
10-F	0.25	21.8			22°	10.5	8%
11-F	0.27	23.6			20°	11.7	9%
12-G	0.50	42.1			10°	8.4	7%
13-G	0.56	48.2			8°	9.9	8%
14-H	0.72	58.7			7°	8.5	7%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	0			
jj	0			
kk	0			
ll	0			
mm	0			
nn	0			
oo	0			
pp	0			
qq	0			
rr	0			
ss	0			
tt	0			

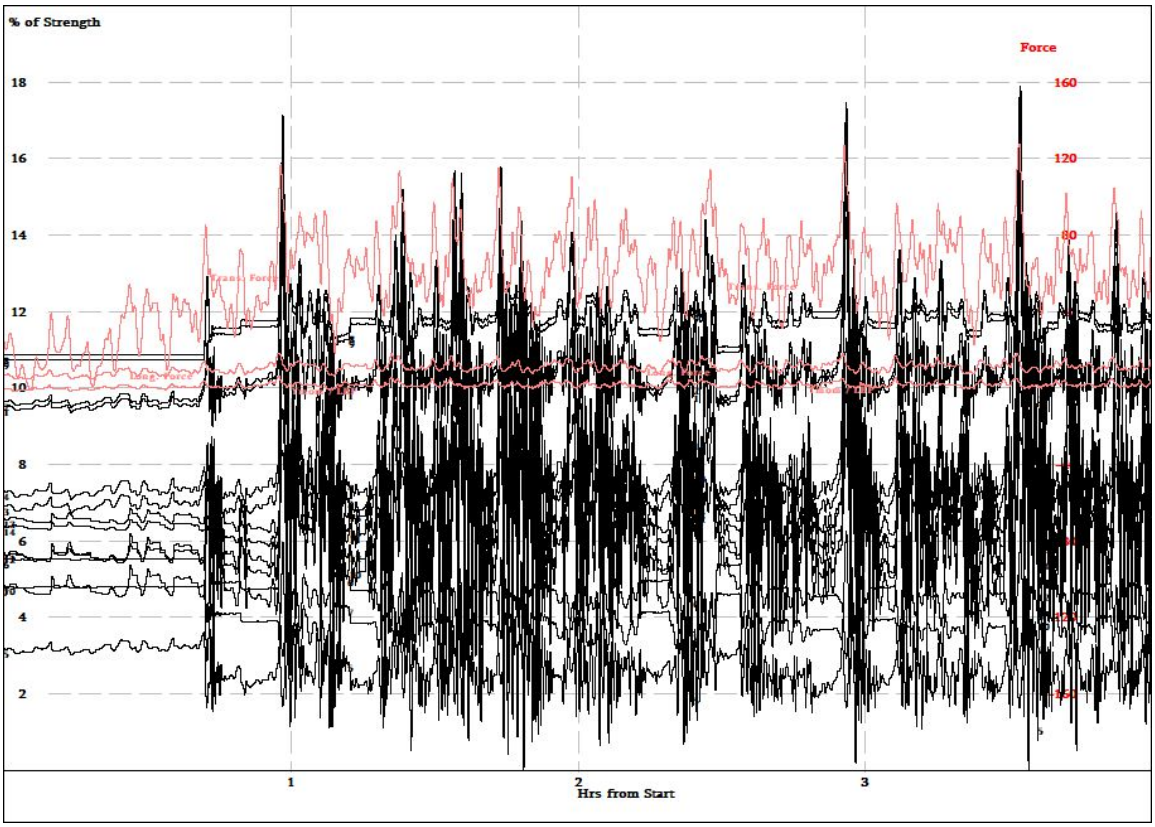
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	15.3	26.9			32.2	16%	30°	9.0
B	1.6	23.3			25.3	13%	4°	9.9
C	-2.2	3.9			4.8	2%	-30°	1.9
D	-8.7	1.7			9.1	5%	-79°	2.0
E	32.0	1.8			32.3	16%	87°	4.4
F	-7.3	19.4			22.1	11%	-21°	7.8
G	-9.5	15.4			18.3	9%	-32°	2.8
H	-5.7	6.3			8.5	4%	-42°	1.0

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.031

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
Bottom Clearance:	4.7
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	25 knots
Wind Direction from:	200° True 130° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Fluid Drag Force:	3.6	-11.2	-1.7
Wind Drag Force:	17.4	-118.5	-9.5
Total Force:	21.0	-129.7	-11.2

Movement of Vessel at its Stbd Target: -0.45 (aft) 0.02 (inw) 0.0° (stbd) 0.00 (up)

Velocities: 0.00 0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8			16°	10.6	8%
2-A	0.36	42.3			17°	10.8	9%
3-B	0.34	33.5			22°	6.7	5%
4-B	0.32	31.8			24°	7.1	6%
5-C	0.38	32.6			23°	2.0	2%
6-D	0.90	69.2			12°	6.6	5%
7-D	0.78	60.1			13°	5.6	4%
8-E	0.42	63.1			8°	14.0	11%
9-E	0.43	64.6			8°	13.8	11%
10-F	0.25	21.8			22°	6.8	5%
11-F	0.27	23.6			20°	7.8	6%
12-G	0.50	42.1			10°	7.4	6%
13-G	0.56	48.2			8°	8.7	7%
14-H	0.72	58.7			7°	8.3	7%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	54	0.06	11.0	77%
jj	45	0.05	8.4	100%
kk	36	0.04	6.8	100%
ll	28	0.03	5.2	100%
mm	19	0.02	3.5	100%
nn	10	0.01	1.9	100%
oo	2	0.00	0.3	100%
pp	0			
qq	0			
rr	0			
ss	0			
tt	0			

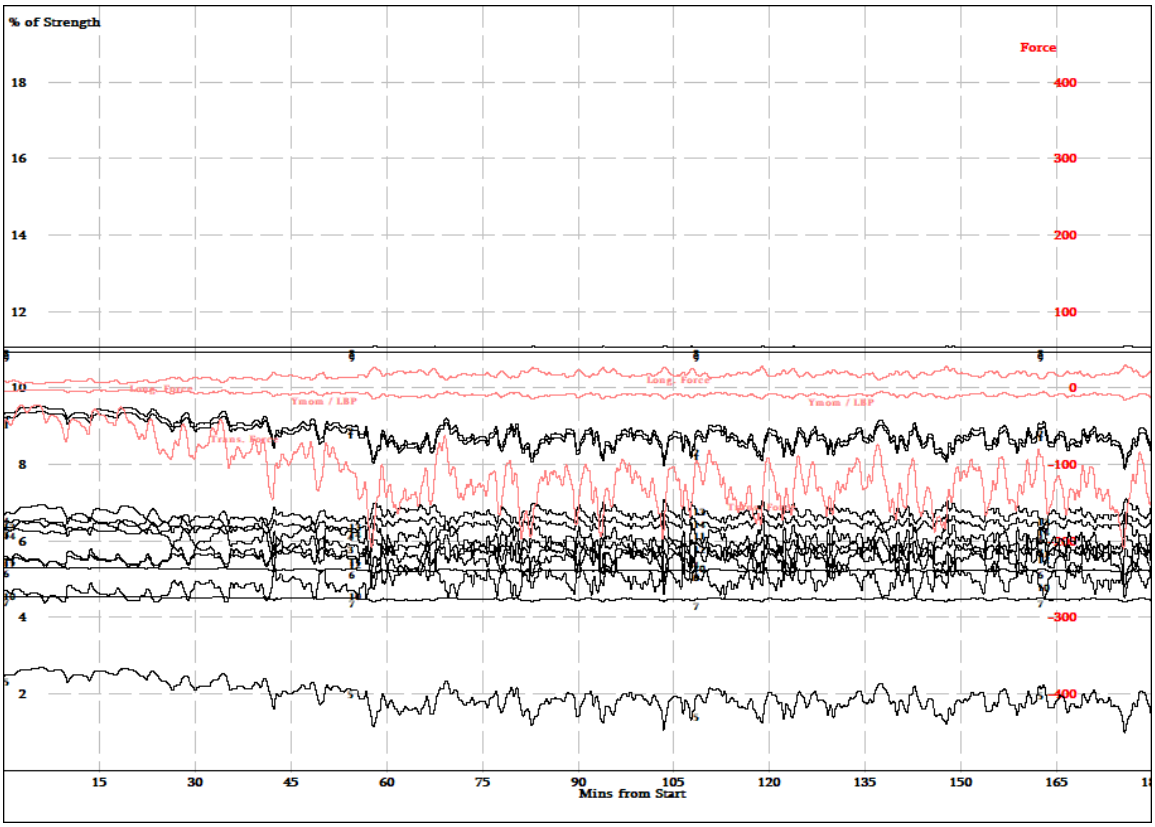
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	10.1	17.9			21.4	11%	30°	6.0
B	0.8	12.6			13.7	7%	4°	5.4
C	-0.9	1.6			2.0	1%	-30°	0.8
D	-11.7	2.2			12.2	6%	-79°	2.7
E	27.4	1.5			27.7	14%	87°	3.8
F	-4.9	12.7			14.6	7%	-21°	5.2
G	-8.4	13.4			16.1	8%	-32°	2.5
H	-5.5	6.1			8.3	4%	-42°	0.9

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.035

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
Bottom Clearance:	4.7
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	25 knots
Wind Direction from:	310° True 240° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Fluid Drag Force:	3.9	-12.5	-1.9
Wind Drag Force:	17.5	163.3	7.3
Total Force:	21.4	150.8	5.4

Movement of Vessel at its Stbd Target	-0.44 (aft)	0.01 (inw)	0.0° (stbd)	0.00 (up)
Velocities:	0.02	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8			16°	19.2	15%
2-A	0.36	42.3			17°	19.6	16%
3-B	0.34	33.5			21°	15.5	12%
4-B	0.32	31.8			24°	16.6	13%
5-C	0.38	32.6			23°	6.2	5%
6-D	0.90	69.2			12°	4.2	3%
7-D	0.78	60.1			13°	2.7	2%
8-E	0.42	63.1			8°	17.8	14%
9-E	0.43	64.6			8°	17.6	14%
10-F	0.25	21.8			22°	11.4	9%
11-F	0.27	23.6			19°	12.8	10%
12-G	0.50	42.1			10°	8.3	7%
13-G	0.56	48.2			8°	10.1	8%
14-H	0.72	58.7			7°	8.2	6%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	0			
jj	0			
kk	0			
ll	0			
mm	0			
nn	0			
oo	0			
pp	0			
qq	0			
rr	0			
ss	0			
tt	0			

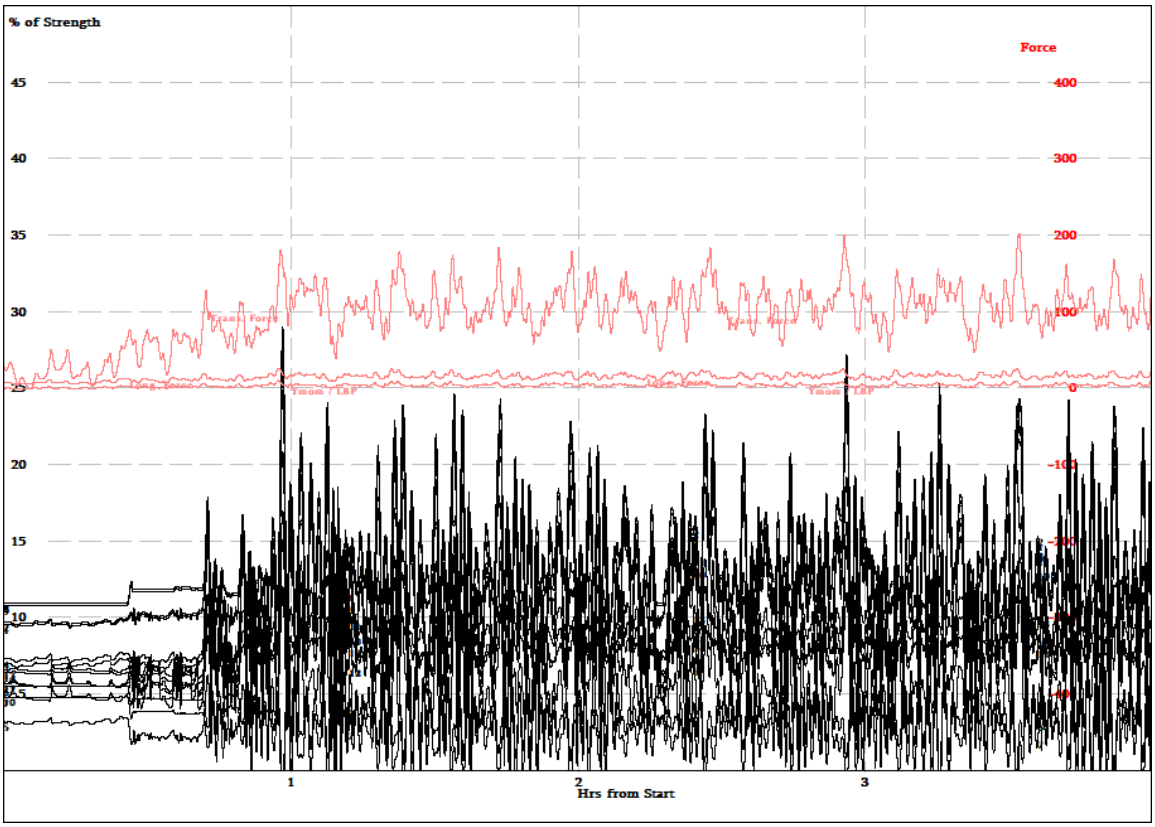
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	18.4	32.4			38.8	19%	30°	10.8
B	2.1	29.5			32.1	16%	4°	12.5
C	-2.8	5.0			6.2	3%	-29°	2.4
D	-6.5	1.3			6.8	3%	-79°	1.5
E	35.0	2.0			35.4	18%	87°	4.8
F	-7.8	21.2			24.2	12%	-20°	8.5
G	-9.5	15.4			18.3	9%	-32°	2.8
H	-5.4	6.0			8.2	4%	-42°	0.9

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.042

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
Bottom Clearance:	4.7
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	30 knots
Wind Direction from:	200° True 130° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Fluid Drag Force:	3.6	-11.2	-1.6
Wind Drag Force:	27.6	-241.4	-15.5
Total Force:	31.2	-252.6	-17.1

Movement of Vessel at its Stbd Target: -0.46 (aft) 0.02 (inw) 0.0° (stbd) 0.00 (up)

Velocities: 0.00 0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8			16°	9.9	8%
2-A	0.36	42.3			17°	10.0	8%
3-B	0.34	33.5			22°	5.4	4%
4-B	0.32	31.8			24°	5.8	5%
5-C	0.38	32.6			23°	0.8	1%
6-D	0.90	69.2			12°	6.3	5%
7-D	0.78	60.1			13°	5.3	4%
8-E	0.42	63.1			8°	14.1	11%
9-E	0.43	64.6			8°	14.0	11%
10-F	0.25	21.8			22°	6.8	5%
11-F	0.27	23.6			20°	8.0	6%
12-G	0.50	42.1			10°	7.4	6%
13-G	0.56	48.2			8°	8.7	7%
14-H	0.72	58.7			7°	8.3	7%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	79	0.09	16.1	77%
jj	67	0.07	12.4	100%
kk	55	0.06	10.3	100%
ll	44	0.05	8.3	100%
mm	34	0.04	6.3	100%
nn	23	0.03	4.3	100%
oo	12	0.01	2.2	100%
pp	1	0.00	0.2	100%
qq	0			
rr	0			
ss	0			
tt	0			

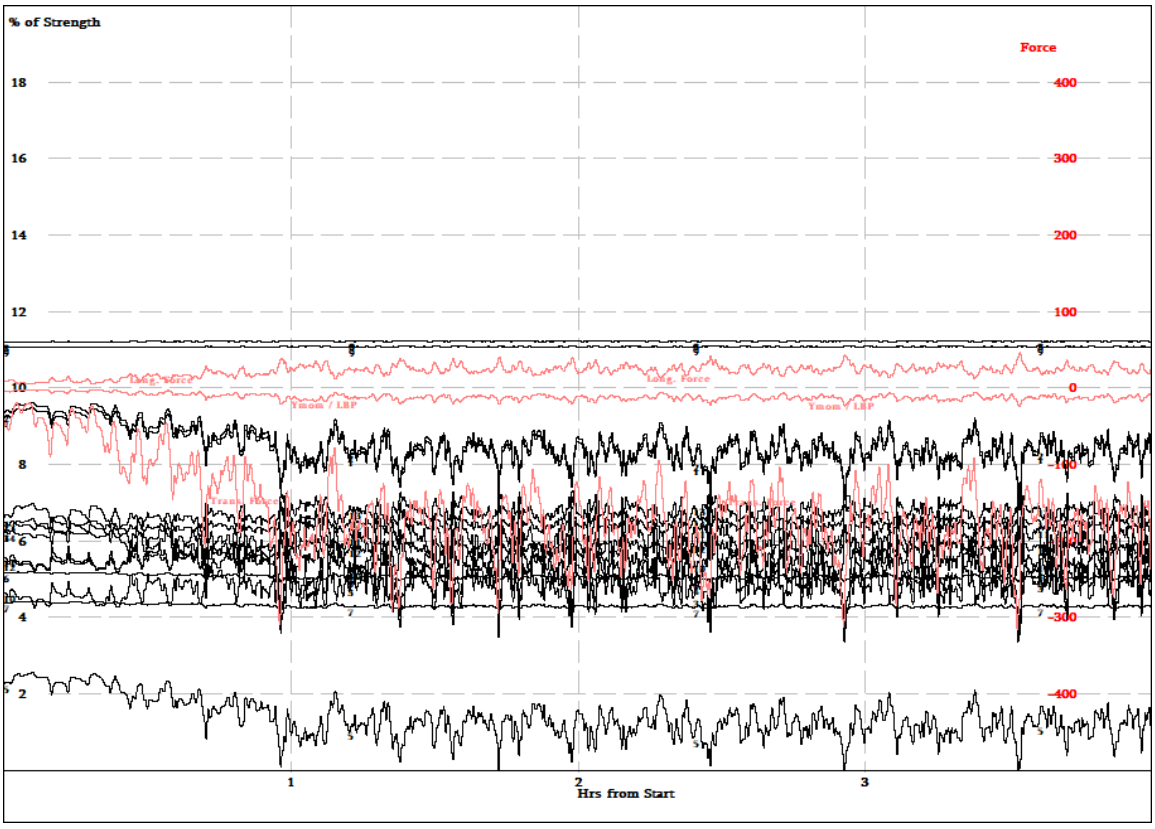
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	9.4	16.6			19.8	10%	30°	5.6
B	0.7	10.3			11.3	6%	4°	4.4
C	-0.4	0.7			0.8	0%	-30°	0.3
D	-11.1	2.1			11.6	6%	-79°	2.6
E	27.8	1.5			28.1	14%	87°	3.8
F	-5.0	12.9			14.8	7%	-21°	5.2
G	-8.5	13.5			16.1	8%	-32°	2.5
H	-5.5	6.1			8.3	4%	-42°	0.9

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.06

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

```
                    Water Level:   3.15 above Datum (initialised at this water level)
                          Draft:  14.00 (initialised at this draft))
                           Trim:   0.00 (initialised at this trim)
                 Bottom Clearance:   4.7
                            LCG:   2.5 from midship (+ve forward)
     Fwd Offset of Vessel Target: -12.6 from Berth Target
             Vessel Stbd Target:  10.4 above Pier
                        Current:   1.0 knots
          Current Direction from:   245° True -185° Screen Right
                     Wind Speed:    30 knots
        Wind Direction from:   310° True  240° Screen Right (solid pier shields wind)

   Total End-on Windage Area:  1857
     Total Side Windage Area: 11059

                    Longitudinal  Transverse  Yaw Moment/LBP
  Fluid Drag Force:       3.6        -12.3         -1.9
   Wind Drag Force:       25.4        235.6         10.7
       Total Force:      29.0        223.4          8.7

   Movement of Vessel  -0.44 (aft)    0.00 (inw)   0.0° (stbd)   0.00 (up)
  at its Stbd Target
          Velocities:   0.00         0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)
```

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8			15°	35.5	28%
2-A	0.36	42.3			16°	36.3	29%
3-B	0.34	33.5			21°	30.4	24%
4-B	0.32	31.8			23°	32.7	26%
5-C	0.38	32.6			23°	8.5	7%
6-D	0.90	69.2			12°	slack	
7-D	0.78	60.1			14°	slack	
8-E	0.42	63.1			8°	30.9	24%
9-E	0.43	64.6			7°	30.4	24%
10-F	0.25	21.8			21°	36.1	29%
11-F	0.27	23.6			19°	37.2	30%
12-G	0.50	42.1			9°	16.8	13%
13-G	0.56	48.2			8°	20.3	16%
14-H	0.72	58.7			6°	11.7	9%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	0			
jj	0			
kk	0			
ll	0			
mm	0			
nn	0			
oo	0			
pp	0			
qq	0			
rr	0			
ss	0			
tt	0			

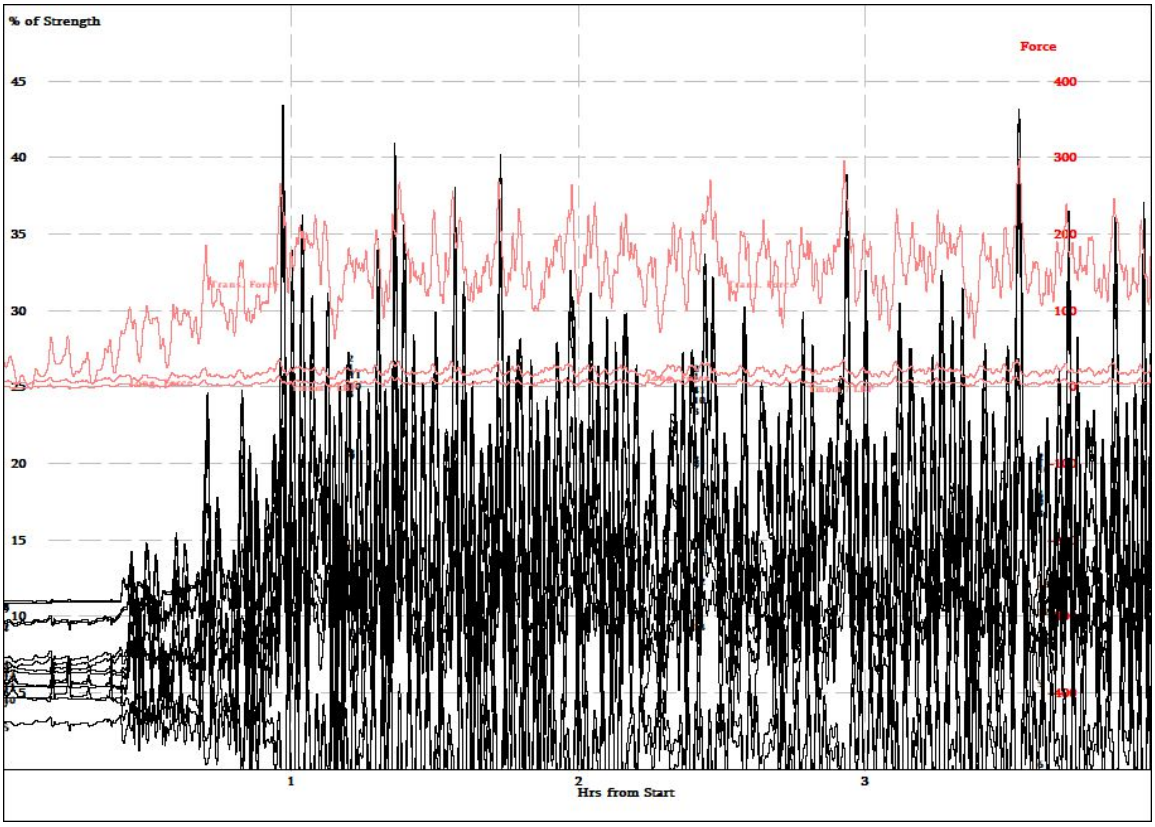
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	34.9	59.6			71.8	36%	30°	19.6
B	6.1	58.1			63.1	32%	6°	24.0
C	-3.6	7.0			8.5	4%	-27°	3.3
D								
E	60.5	4.8			61.2	31%	85°	8.1
F	-19.3	66.2			73.3	37%	-16°	25.0
G	-18.2	31.8			37.0	19%	-30°	5.6
H	-7.6	8.8			11.7	6%	-41°	1.3

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.06

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
Bottom Clearance:	4.7
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	435° True 5° Screen Right
Wind Speed:	15 knots
Wind Direction from:	100° True 30° Screen Right (solid pier shields wind)
Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Fluid Drag Force:	-3.6	-11.1	1.7
Wind Drag Force:	-14.6	-31.6	4.6
Total Force:	-18.2	-42.6	6.3

Movement of Vessel at its Stbd Target: -0.24 (aft) 0.02 (inw) 0.0° (stbd) 0.00 (up)

Velocities: 0.00 0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8			16°	10.4	8%
2-A	0.36	42.3			17°	10.5	8%
3-B	0.34	33.5			22°	9.3	7%
4-B	0.32	31.8			24°	9.5	8%
5-C	0.38	32.6			23°	7.4	6%
6-D	0.90	69.2			12°	9.7	8%
7-D	0.78	60.1			13°	9.2	7%
8-E	0.42	63.1			8°	10.6	8%
9-E	0.43	64.6			8°	10.5	8%
10-F	0.25	21.8			22°	7.5	6%
11-F	0.27	23.6			20°	8.1	6%
12-G	0.50	42.1			10°	8.8	7%
13-G	0.56	48.2			8°	9.4	7%
14-H	0.72	58.7			6°	9.6	8%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	20	0.02	4.0	78%
jj	18	0.02	3.4	100%
kk	16	0.02	3.1	100%
ll	15	0.02	2.7	100%
mm	13	0.01	2.4	100%
nn	11	0.01	2.1	100%
oo	10	0.01	1.8	100%
pp	8	0.01	1.5	100%
qq	7	0.01	1.2	100%
rr	5	0.01	1.1	58%
ss	0			
tt	0			

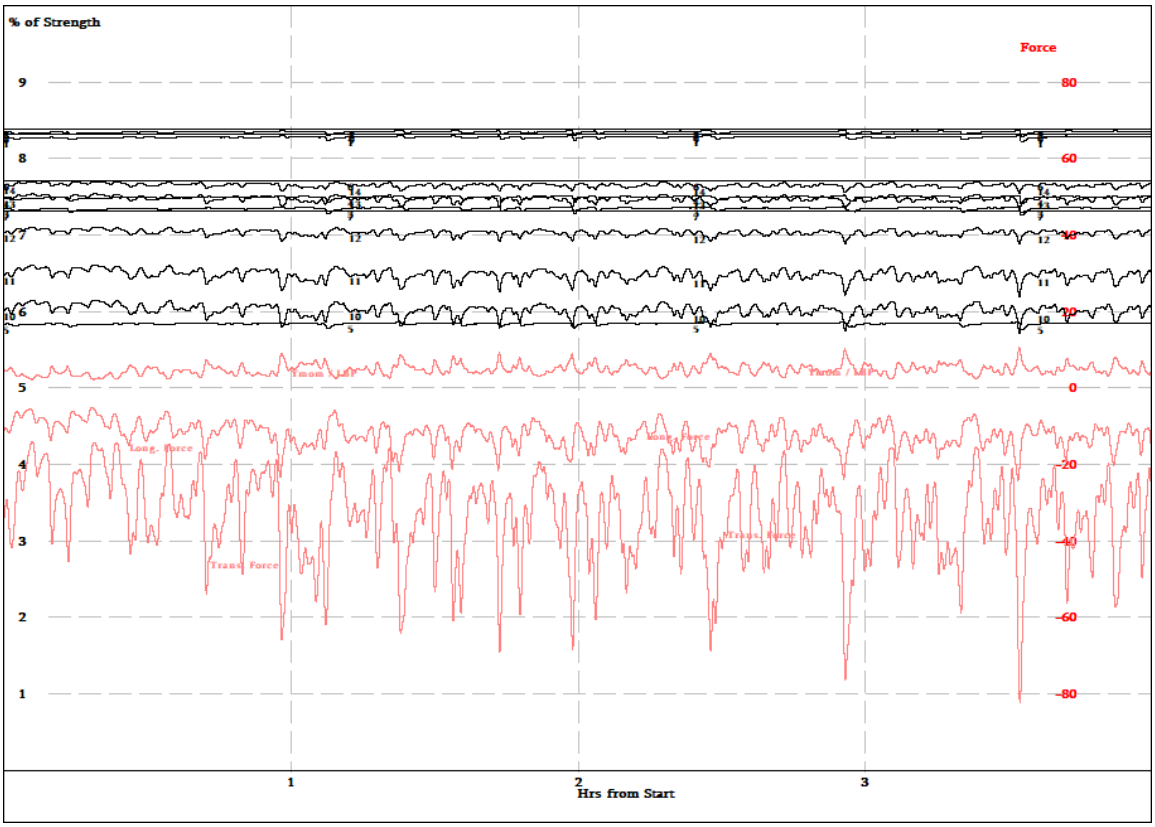
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	9.8	17.6			21.0	11%	29°	5.9
B	0.9	17.2			18.7	9%	3°	7.3
C	-3.5	5.8			7.4	4%	-31°	2.9
D	-18.1	3.4			18.9	9%	-79°	4.1
E	20.8	1.1			21.0	11%	87°	2.9
F	-5.4	13.5			15.6	8%	-22°	5.5
G	-9.7	15.1			18.2	9%	-33°	2.8
H	-6.5	7.0			9.6	5%	-43°	1.1

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.035

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
Bottom Clearance:	4.7
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	15 knots
Wind Direction from:	350° True -80° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Fluid Drag Force:	3.6	-11.3	-1.6
Wind Drag Force:	2.7	70.0	-2.2
Total Force:	6.3	58.8	-3.8

Movement of Vessel at its Stbd Target	-0.42 (aft)	0.00 (inw)	0.0° (stbd)	0.00 (up)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8			16°	11.3	9%
2-A	0.36	42.3			17°	11.5	9%
3-B	0.34	33.5			22°	7.8	6%
4-B	0.32	31.8			24°	8.2	7%
5-C	0.38	32.6			23°	3.2	3%
6-D	0.90	69.2			12°	6.8	5%
7-D	0.78	60.1			13°	5.9	5%
8-E	0.42	63.1			8°	13.9	11%
9-E	0.43	64.6			8°	13.7	11%
10-F	0.25	21.8			22°	9.0	7%
11-F	0.27	23.6			20°	10.0	8%
12-G	0.50	42.1			10°	8.6	7%
13-G	0.56	48.2			8°	9.7	8%
14-H	0.72	58.7			7°	9.0	7%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	13	0.01	2.7	77%
jj	4	0.00	0.7	100%
kk	0			
ll	0			
mm	0			
nn	0			
oo	0			
pp	0			
qq	0			
rr	0			
ss	0			
tt	0			

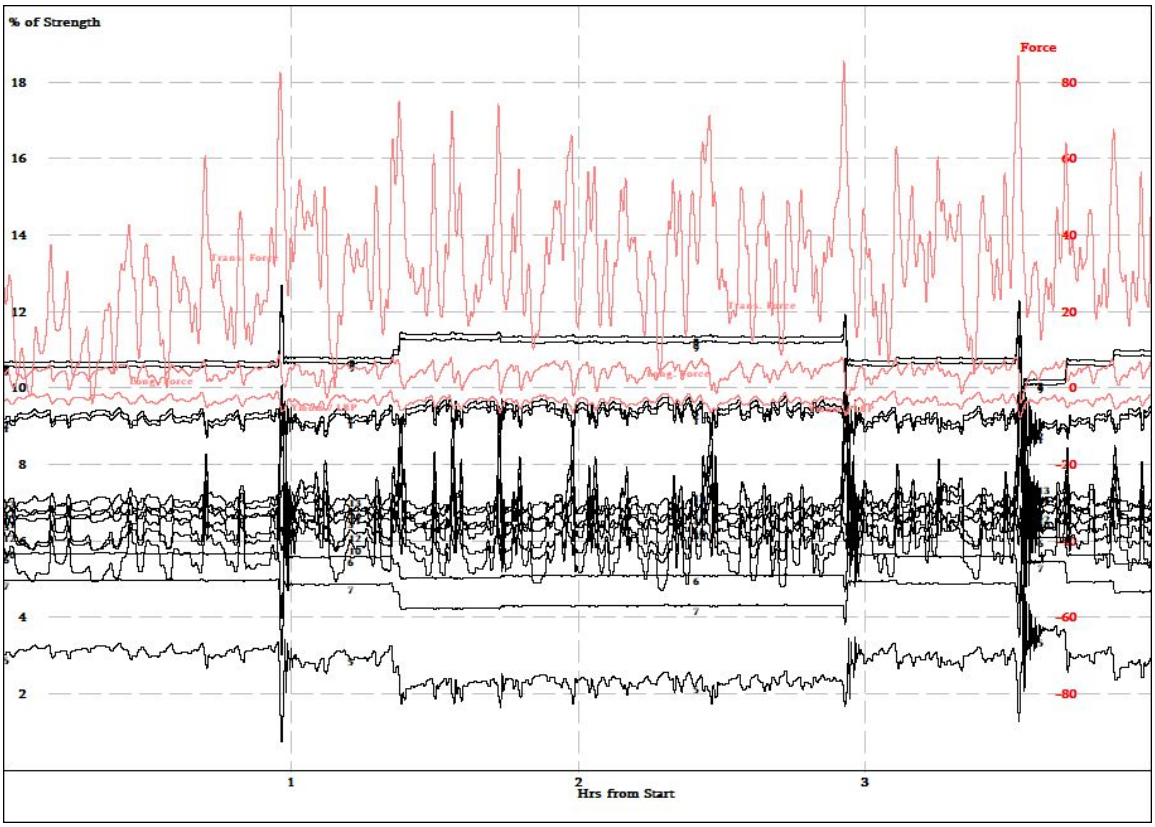
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	10.8	19.0			22.8	11%	30°	6.4
B	0.9	14.7			16.0	8%	4°	6.3
C	-1.5	2.5			3.2	2%	-30°	1.2
D	-12.1	2.3			12.7	6%	-79°	2.8
E	27.3	1.5			27.5	14%	87°	3.7
F	-6.4	16.5			19.0	10%	-21°	6.7
G	-9.6	15.3			18.3	9%	-32°	2.8
H	-6.1	6.6			9.0	5%	-42°	1.0

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.035

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
Bottom Clearance:	4.7
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	435° True 5° Screen Right
Wind Speed:	20 knots
Wind Direction from:	100° True 30° Screen Right (solid pier shields wind)
Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Fluid Drag Force:	-3.6	-11.1	1.7
Wind Drag Force:	-24.7	-57.1	8.2
Total Force:	-28.3	-68.2	9.9

Movement of Vessel at its Stbd Target: -0.24 (aft) 0.02 (inw) 0.0° (stbd) 0.00 (up)

Velocities: 0.00 0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8			16°	10.4	8%
2-A	0.36	42.3			17°	10.5	8%
3-B	0.34	33.5			22°	9.3	7%
4-B	0.32	31.8			24°	9.5	8%
5-C	0.38	32.6			23°	7.5	6%
6-D	0.90	69.2			12°	9.8	8%
7-D	0.78	60.1			13°	9.3	7%
8-E	0.42	63.1			8°	10.5	8%
9-E	0.43	64.6			8°	10.4	8%
10-F	0.25	21.8			22°	7.3	6%
11-F	0.27	23.6			20°	7.9	6%
12-G	0.50	42.1			10°	8.7	7%
13-G	0.56	48.2			8°	9.3	7%
14-H	0.72	58.7			6°	9.6	8%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	21	0.02	4.2	78%
jj	20	0.02	3.6	100%
kk	18	0.02	3.4	100%
ll	17	0.02	3.1	100%
mm	15	0.02	2.9	100%
nn	14	0.02	2.6	100%
oo	13	0.01	2.4	100%
pp	11	0.01	2.1	100%
qq	10	0.01	1.9	100%
rr	9	0.01	2.0	58%
ss	0			
tt	0			

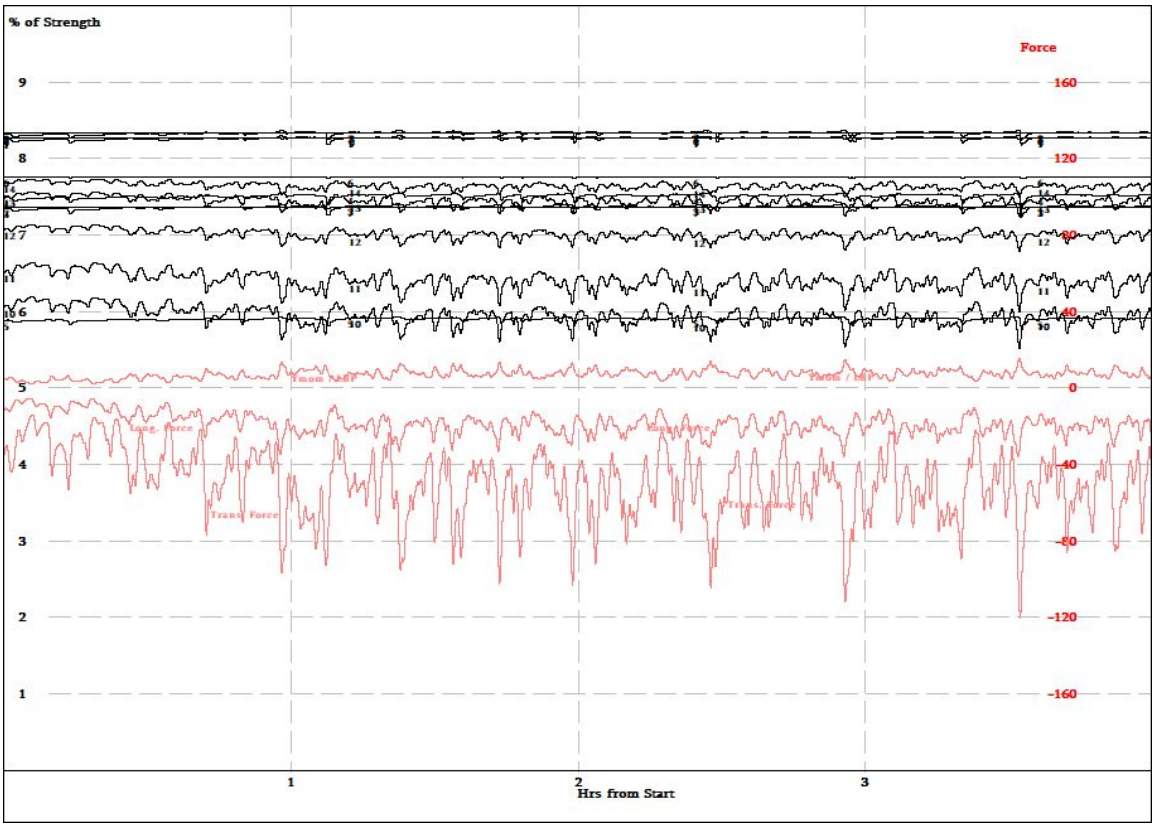
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	9.8	17.6			21.0	11%	29°	5.9
B	0.9	17.3			18.8	9%	3°	7.3
C	-3.5	5.9			7.5	4%	-31°	2.9
D	-18.3	3.5			19.0	10%	-79°	4.2
E	20.7	1.1			20.9	10%	87°	2.8
F	-5.3	13.2			15.2	8%	-22°	5.4
G	-9.6	15.0			18.0	9%	-33°	2.8
H	-6.4	7.0			9.6	5%	-43°	1.1

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.04

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
Bottom Clearance:	4.7
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	20 knots
Wind Direction from:	350° True -80° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Fluid Drag Force:	3.5	-12.9	-2.1
Wind Drag Force:	4.4	126.0	-4.3
Total Force:	7.9	113.1	-6.4

Movement of Vessel at its Stbd Target	-0.42 (aft)	0.00 (inw)	0.0° (stbd)	0.00 (up)
Velocities:	-0.01	0.01 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8			16°	17.7	14%
2-A	0.36	42.3			17°	18.1	14%
3-B	0.34	33.5			21°	15.0	12%
4-B	0.32	31.8			24°	15.9	13%
5-C	0.38	32.6			23°	7.4	6%
6-D	0.90	69.2			12°	5.5	4%
7-D	0.78	60.1			13°	4.2	3%
8-E	0.42	63.1			8°	16.6	13%
9-E	0.43	64.6			8°	16.3	13%
10-F	0.25	21.8			22°	21.3	17%
11-F	0.27	23.6			19°	22.0	17%
12-G	0.50	42.1			10°	13.8	11%
13-G	0.56	48.2			8°	15.0	12%
14-H	0.72	58.7			6°	12.1	10%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	0			
jj	0			
kk	0			
ll	0			
mm	0			
nn	0			
oo	0			
pp	0			
qq	0			
rr	0			
ss	0			
tt	0			

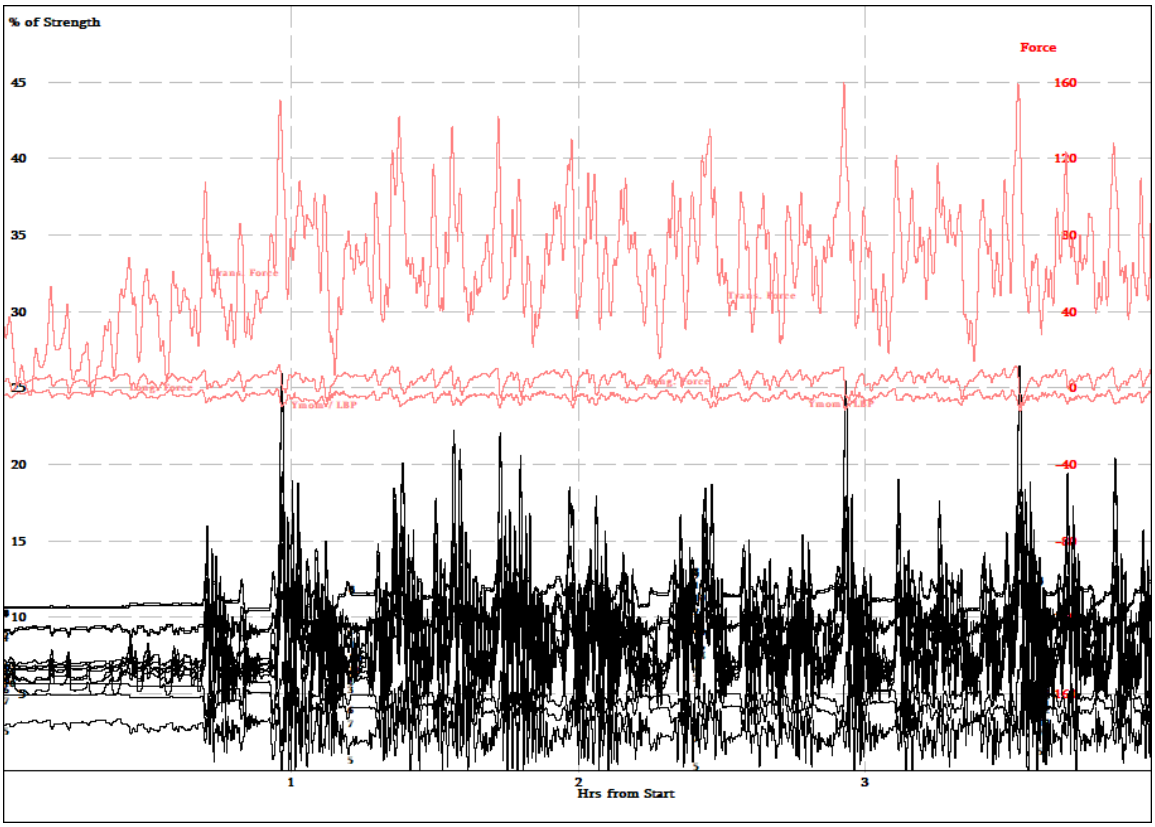
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	16.9	29.9			35.8	18%	30°	10.0
B	1.9	28.4			30.9	15%	4°	12.0
C	-3.4	5.9			7.4	4%	-30°	2.9
D	-9.3	1.8			9.7	5%	-79°	2.1
E	32.5	2.0			32.9	16%	86°	4.4
F	-14.0	38.1			43.3	22%	-20°	15.1
G	-14.9	24.1			28.7	14%	-32°	4.4
H	-8.1	9.0			12.1	6%	-42°	1.4

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.058

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

```
                    Water Level:   3.15 above Datum (initialised at this water level)
                          Draft:  14.00 (initialised at this draft))
                           Trim:   0.00 (initialised at this trim)
                 Bottom Clearance:   4.7
                            LCG:   2.5 from midship (+ve forward)
     Fwd Offset of Vessel Target: -12.6 from Berth Target
           Vessel Stbd Target:  10.4 above Pier
                       Current:   1.0 knots
        Current Direction from:   435° True    5° Screen Right
                    Wind Speed:    25 knots
       Wind Direction from:   100° True   30° Screen Right (solid pier shields wind)

   Total End-on Windage Area:  1857
     Total Side Windage Area: 11059

                  Longitudinal  Transverse  Yaw Moment/LBP
  Fluid Drag Force:     -3.6        -11.1          1.7
    ind Drag Force:    -41.1        -94.6         13.5
      Total Force:    -44.7       -105.6         15.2

  Movement of Vessel  -0.21 (aft)    0.02 (inw)   0.0° (stbd)   0.00 (up)
 at its Stbd Target
         Velocities:   0.00         0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)
```

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8			16°	10.3	8%
2-A	0.36	42.3			17°	10.4	8%
3-B	0.34	33.5			22°	9.4	7%
4-B	0.32	31.8			24°	9.6	8%
5-C	0.38	32.6			23°	7.8	6%
6-D	0.90	69.2			12°	10.1	8%
7-D	0.78	60.1			13°	9.6	8%
8-E	0.42	63.1			8°	10.2	8%
9-E	0.43	64.6			8°	10.1	8%
10-F	0.25	21.8			22°	7.3	6%
11-F	0.27	23.6			20°	7.8	6%
12-G	0.50	42.1			10°	8.8	7%
13-G	0.56	48.2			8°	9.3	7%
14-H	0.72	58.7			6°	9.7	8%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	22	0.02	4.5	78%
jj	21	0.02	4.0	100%
kk	20	0.02	3.8	100%
ll	20	0.02	3.7	100%
mm	19	0.02	3.5	100%
nn	18	0.02	3.4	100%
oo	17	0.02	3.2	100%
pp	17	0.02	3.1	100%
qq	16	0.02	3.0	100%
rr	15	0.02	3.4	58%
ss	0			
tt	0			

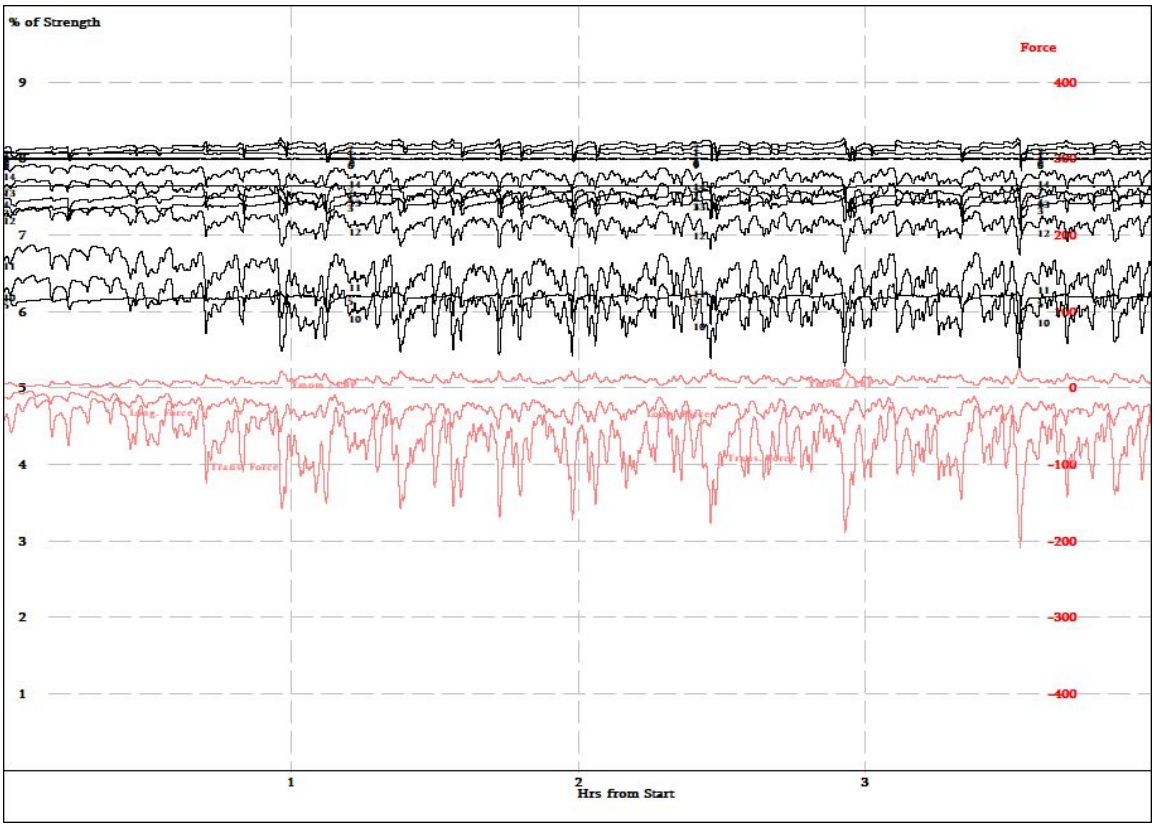
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	9.7	17.3			20.7	10%	29°	5.8
B	0.9	17.4			18.9	9%	3°	7.4
C	-3.7	6.2			7.8	4%	-31°	3.1
D	-18.9	3.6			19.7	10%	-79°	4.3
E	20.0	1.0			20.2	10%	87°	2.8
F	-5.3	13.1			15.1	8%	-22°	5.4
G	-9.7	15.1			18.1	9%	-33°	2.8
H	-6.5	7.1			9.7	5%	-43°	1.1

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.083

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

```
                    Water Level:   3.15 above Datum (initialised at this water level)
                          Draft:  14.00 (initialised at this draft))
                           Trim:   0.00 (initialised at this trim)
                 Bottom Clearance:   4.7
                            LCG:   2.5 from midship (+ve forward)
     Fwd Offset of Vessel Target: -12.6 from Berth Target
           Vessel Stbd Target:  10.4 above Pier
                       Current:   1.0 knots
        Current Direction from:   245° True -185° Screen Right
                    Wind Speed:    25 knots
       Wind Direction from:   350° True  -80° Screen Right (solid pier shields wind)

  Total End-on Windage Area:  1857
    Total Side Windage Area: 11059

                  Longitudinal  Transverse  Yaw Moment/LBP
   Fluid Drag Force:      4.0        -13.8         -2.2
    Wind Drag Force:      6.7        196.0         -6.9
        Total Force:     10.6        182.1         -9.1

   Movement of Vessel  -0.43 (aft)    0.00 (out)   0.0° (stbd)   0.00 (up)
  at its Stbd Target
          Velocities:   0.02         0.01 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)
```

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8			16°	18.2	14%
2-A	0.36	42.3			17°	18.5	15%
3-B	0.34	33.5			21°	15.0	12%
4-B	0.32	31.8			24°	16.0	13%
5-C	0.38	32.6			23°	6.7	5%
6-D	0.90	69.2			12°	4.9	4%
7-D	0.78	60.1			13°	3.5	3%
8-E	0.42	63.1			8°	17.3	14%
9-E	0.43	64.6			8°	17.0	14%
10-F	0.25	21.8			22°	21.1	17%
11-F	0.27	23.6			19°	21.9	17%
12-G	0.50	42.1			10°	13.4	11%
13-G	0.56	48.2			8°	14.8	12%
14-H	0.72	58.7			6°	11.8	9%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	0			
jj	0			
kk	0			
ll	0			
mm	0			
nn	0			
oo	0			
pp	0			
qq	0			
rr	0			
ss	0			
tt	0			

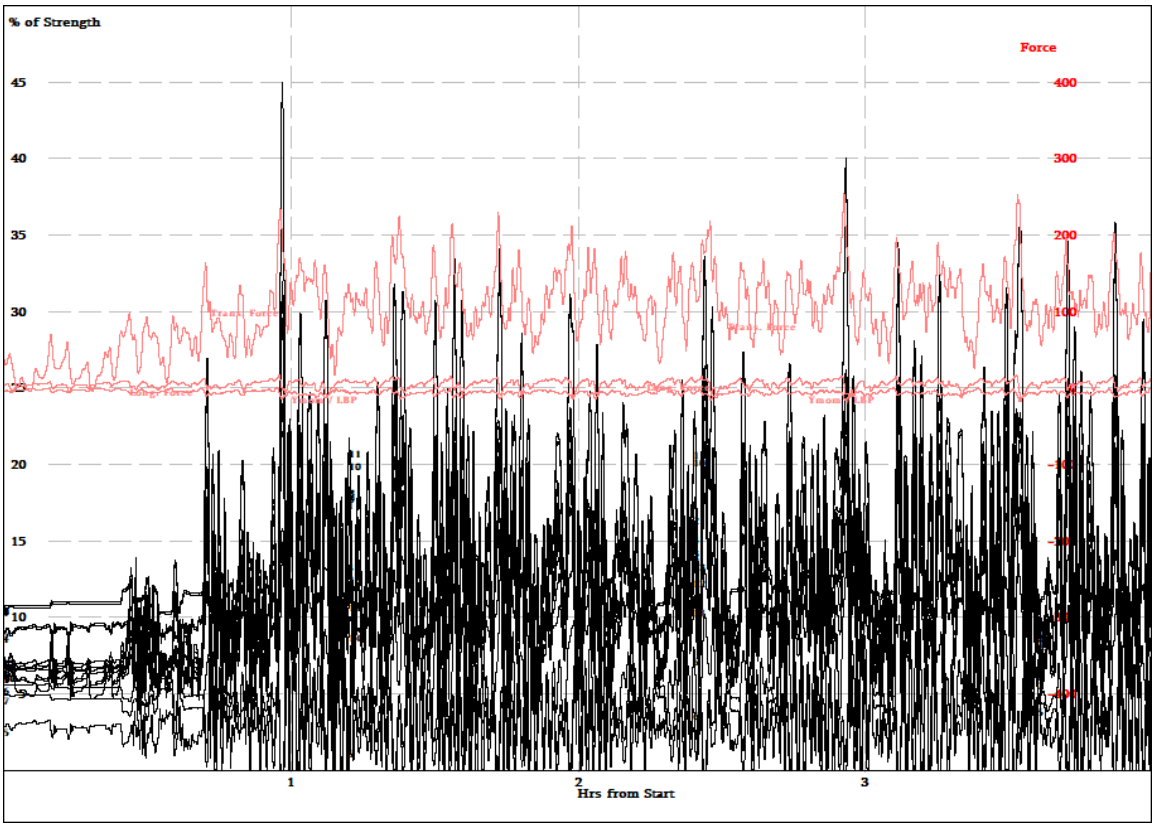
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	17.4	30.6			36.7	18%	30°	10.3
B	2.0	28.4			30.9	15%	4°	12.0
C	-3.0	5.4			6.7	3%	-30°	2.6
D	-8.0	1.6			8.3	4%	-79°	1.8
E	34.0	2.1			34.4	17%	86°	4.6
F	-13.8	37.9			43.0	22%	-20°	15.0
G	-14.6	23.7			28.2	14%	-32°	4.3
H	-7.8	8.7			11.8	6%	-42°	1.3

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.083

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
Bottom Clearance:	4.7
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	435° True 5° Screen Right
Wind Speed:	30 knots
Wind Direction from:	100° True 30° Screen Right (solid pier shields wind)
Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Fluid Drag Force:	-3.6	-10.9	1.7
Wind Drag Force:	-68.3	-182.3	25.2
Total Force:	-71.9	-193.2	26.9

Movement of Vessel at its Stbd Target	0.21 (fwd)	0.03 (inw)	0.0° (port)	0.00 (up)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8			16°	8.0	6%
2-A	0.36	42.3			17°	7.9	6%
3-B	0.34	33.5			22°	9.6	8%
4-B	0.32	31.8			24°	9.4	7%
5-C	0.38	32.6			23°	11.7	9%
6-D	0.90	69.2			12°	13.5	11%
7-D	0.78	60.1			13°	13.6	11%
8-E	0.42	63.1			8°	6.3	5%
9-E	0.43	64.6			8°	6.3	5%
10-F	0.25	21.8			22°	10.4	8%
11-F	0.27	23.6			20°	10.3	8%
12-G	0.50	42.1			10°	11.6	9%
13-G	0.56	48.2			8°	11.3	9%
14-H	0.72	58.7			6°	12.1	10%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	25	0.03	5.0	79%
jj	25	0.03	4.7	100%
kk	26	0.03	4.9	100%
ll	27	0.03	5.1	100%
mm	28	0.03	5.2	100%
nn	29	0.03	5.4	100%
oo	30	0.03	5.6	100%
pp	31	0.03	5.7	100%
qq	32	0.04	5.9	99%
rr	33	0.04	7.4	57%
ss	0			
tt	0			

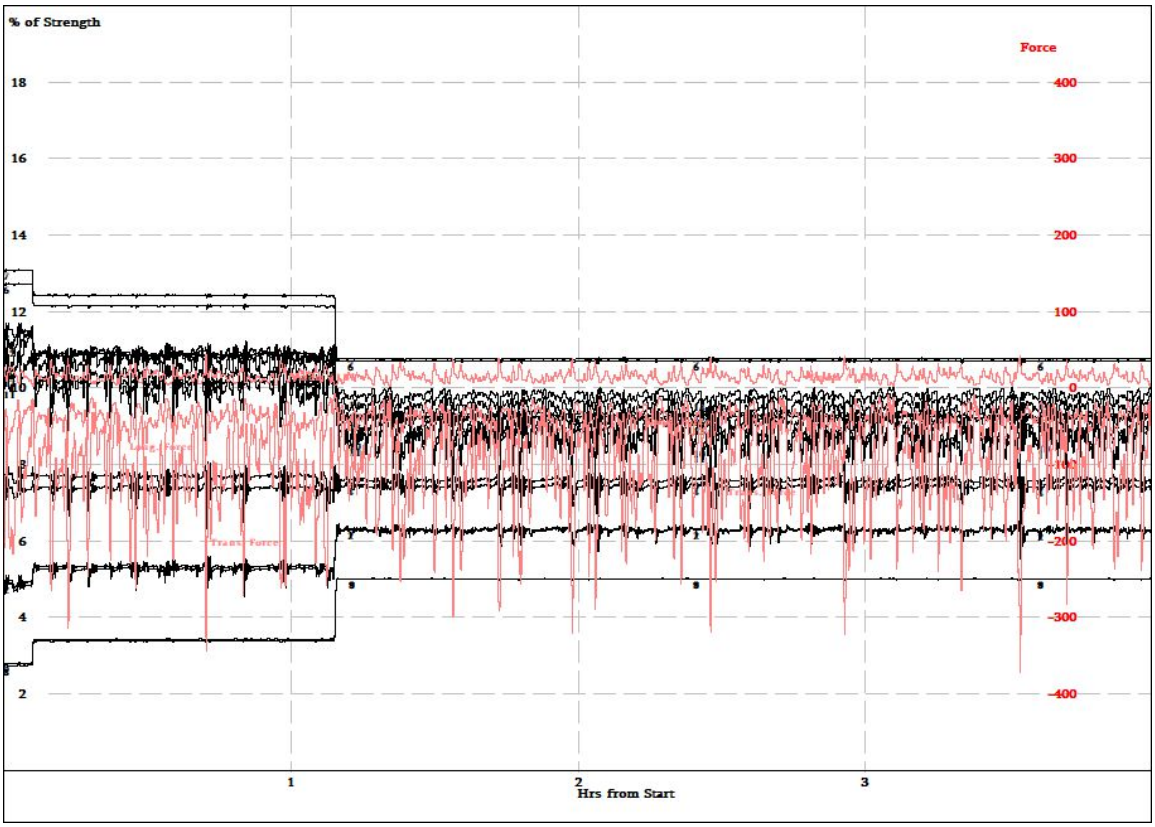
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	7.3	13.4			15.9	8%	29°	4.5
B	0.7	17.4			18.9	9%	2°	7.4
C	-5.6	9.2			11.7	6%	-31°	4.5
D	-25.9	4.9			27.0	14%	-79°	5.9
E	12.4	0.6			12.6	6%	87°	1.7
F	-7.6	17.8			20.7	10%	-23°	7.3
G	-12.3	18.9			22.9	11%	-33°	3.5
H	-8.2	8.8			12.1	6%	-43°	1.4

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.025

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
Bottom Clearance:	4.7
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	30 knots
Wind Direction from:	350° True -80° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Fluid Drag Force:	3.1	-19.2	-1.4
Wind Drag Force:	-4.3	380.9	-19.9
Total Force:	-1.3	361.7	-21.3

Movement of Vessel at its Stbd Target: -0.90 (aft) -1.04 (out) -0.1° (stbd) 0.00 (up)

Velocities: -0.04 0.04 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8			15°	71.5	57%
2-A	0.36	42.3			16°	74.5	59%
3-B	0.34	33.5			20°	70.2	56%
4-B	0.32	31.8			22°	77.7	62%
5-C	0.38	32.6			22°	33.6	27%
6-D	0.90	69.2			12°	slack	
7-D	0.78	60.1			14°	slack	
8-E	0.42	63.1			8°	44.5	35%
9-E	0.43	64.6			7°	43.5	35%
11-F	0.27	23.6			17°	125.3	99%
12-G	0.50	42.1			9°	44.4	35%
13-G	0.56	48.2			8°	47.3	38%
14-H	0.72	58.7			6°	30.0	24%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	0			
jj	0			
kk	0			
ll	0			
mm	0			
nn	0			
oo	0			
pp	0			
qq	0			
rr	0			
ss	0			
tt	0			
uu	0			

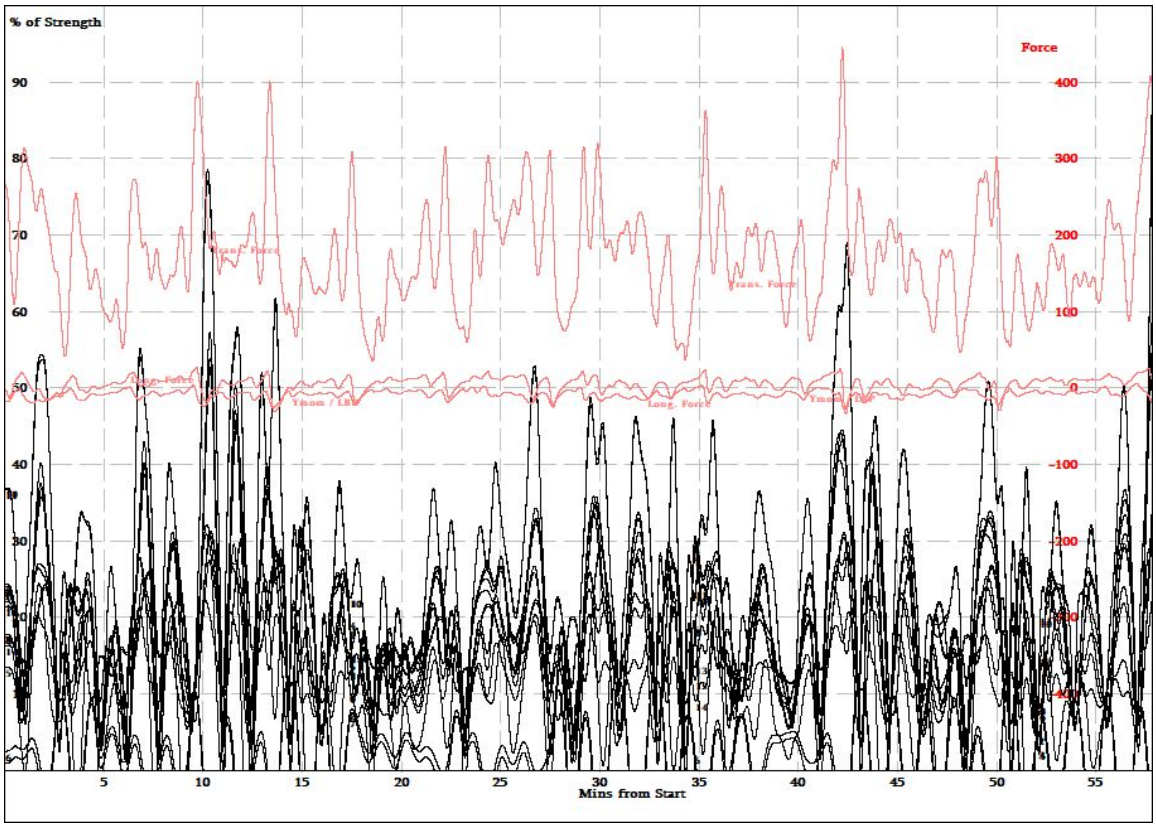
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	71.2	121.6			145.9	73%	30°	38.1
B	18.0	136.7			147.8	74%	8°	53.3
C	-12.6	28.5			33.6	17%	-24°	12.6
D								
E	86.7	10.8			88.1	44%	83°	11.3
F	-22.9	117.6			125.3	63%	-11°	36.7
G	-41.7	80.4			91.6	46%	-27°	13.4
H	-18.6	23.3			30.0	15%	-38°	3.3

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.025

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	7.1 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	15 knots
Wind Direction from:	200° True 130° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.2	-0.2	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.6	-11.2	-1.7
Wind Drag Force:	6.8	-61.1	-3.7
Total Force:	10.7	-72.5	-5.5

Movement of Vessel	-0.43 (aft)	0.00 (out)	0.0° (stbd)	0.02 (up)
at its Stbd Target	-0.45 (aft)	0.04 (inw)	0.0° (stbd)	-0.02 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.1° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.05	0.07	0.14	0.02	0.03	0.04	0.08	0.01	0.02	0.02	0.05
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.05	0.05	0.11	0.02	0.03	0.03	0.07	0.01	0.02	0.01	0.04

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.22		16°	21.7	17%
2-A	0.36	42.3	0.22		17°	22.2	18%
3-B	0.34	33.5	0.25		22°	22.7	18%
4-B	0.32	31.8	0.25		24°	23.8	19%
5-C	0.38	32.6	0.22		23°	16.3	13%
6-D	0.90	69.2	0.08		12°	8.8	7%
7-D	0.78	60.1	0.08		13°	8.1	6%
8-E	0.42	63.1	0.04		8°	15.5	12%
9-E	0.43	64.6	0.04		8°	15.2	12%
10-F	0.25	21.8	0.19		22°	23.6	19%
11-F	0.27	23.6	0.19		20°	23.9	19%
12-G	0.50	42.1	0.18		10°	15.6	12%
13-G	0.56	48.2	0.19		8°	16.4	13%
14-H	0.72	58.7	0.17		7°	13.9	11%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	51	0.06$	17.3	9%
ii	127	0.13$	26.0	77%
jj	102	0.11$	18.9	100%
kk	78	0.08$	14.4	100%
ll	58	0.06$	10.7	100%
mm	45	0.05$	8.5	100%

nn	42	0.05$	7.8	100%
oo	45	0.05$	8.4	100%
pp	52	0.06$	9.7	100%
qq	61	0.07$	11.3	100%
rr	71	0.08$	16.1	58%
ss	43	0.05$	12.5	23%
tt	0			

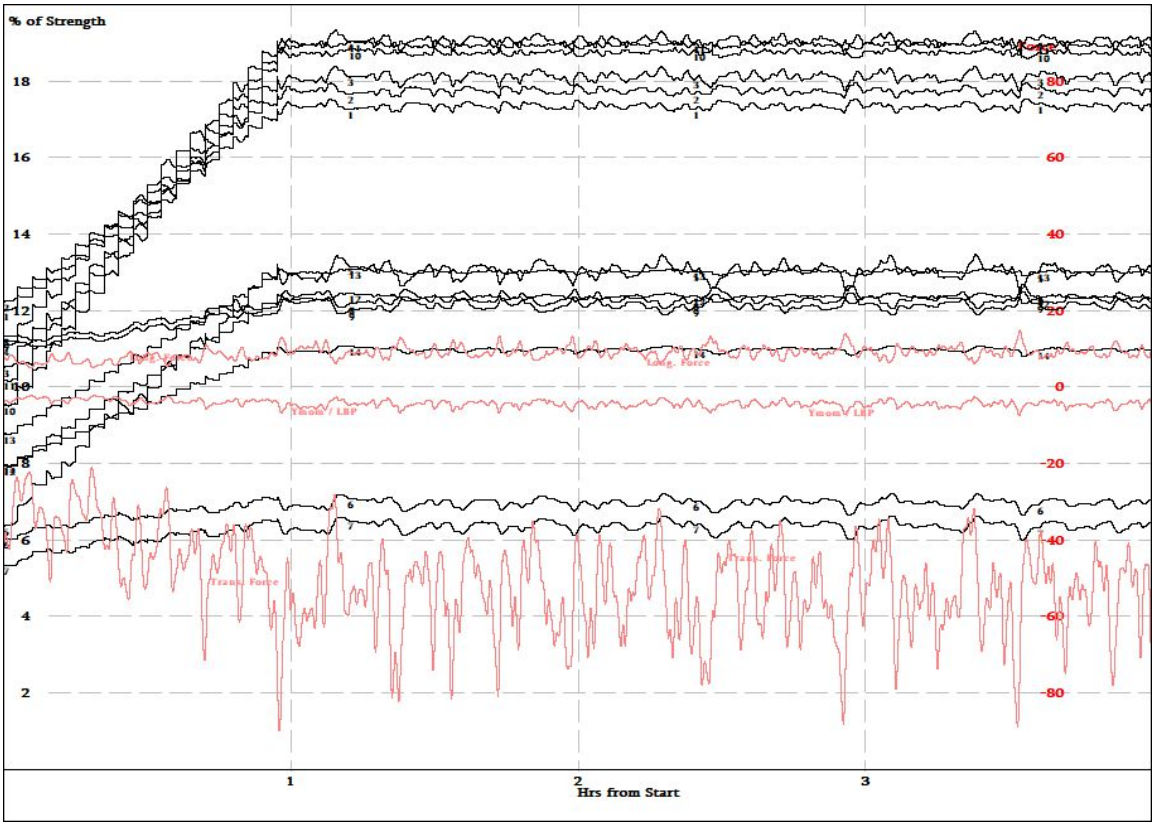
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	20.8	36.7			43.9	22%	30°	12.4
B	2.7	42.7			46.5	23%	4°	18.2
C	-7.6	13.0			16.3	8%	-30°	6.4
D	-16.2	3.1			16.9	8%	-79°	3.7
E	30.4	1.6			30.7	15%	87°	4.2
F	-16.1	41.4			47.5	24%	-21°	16.9
G	-16.9	26.7			32.0	16%	-32°	4.9
H	-9.3	10.2			13.9	7%	-42°	1.6

Approximate natural periods
Surge: 141 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.019

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	12.9 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	15 knots
Wind Direction from:	200° True 130° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.0	-0.4	0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.6	-11.2	-1.7
Wind Drag Force:	6.8	-61.1	-3.7
Total Force:	10.5	-72.7	-5.3

Movement of Vessel	-0.46 (aft)	-0.07 (out)	0.0° (stbd)	0.31 (up)
at its Stbd Target	-0.48 (aft)	0.06 (inw)	0.0° (stbd)	-0.31 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 1.8° Pitch: 0.1° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.08	0.20	0.67	0.78	0.03	0.06	0.19	0.23	0.01	0.02	0.06	0.07
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.20	0.91	0.98	0.01	0.06	0.28	0.30	0.01	0.02	0.09	0.10

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.37		16°	28.9	23%
2-A	0.36	42.3	0.36		17°	29.4	23%
3-B	0.34	33.5	0.39		22°	30.9	24%
4-B	0.32	31.8	0.38		24°	32.1	25%
5-C	0.38	32.6	0.33		23°	23.7	19%
6-D	0.90	69.2	0.15		12°	10.1	8%
7-D	0.78	60.1	0.17		13°	10.4	8%
8-E	0.42	63.1	0.15		8°	20.1	16%
9-E	0.43	64.6	0.15		8°	19.6	16%
10-F	0.25	21.8	0.56		22°	56.2	45%
11-F	0.27	23.6	0.53		20°	50.3	40%
12-G	0.50	42.1	0.36		10°	26.0	21%
13-G	0.56	48.2	0.36		8°	25.2	20%
14-H	0.72	58.7	0.31		7°	19.8	16%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	253	0.27$	97.8	0%
hh	311	0.37$	0.0	9%
ii	327	0.43$	66.9	77%
jj	326	0.43$	60.6	100%
kk	326	0.42$	60.5	100%
ll	325	0.42$	60.4	100%
mm	325	0.42$	60.4	100%

nn	325	0.42$	60.4	100%
oo	325	0.42$	60.4	100%
pp	325	0.42$	60.4	100%
qq	325	0.42$	60.5	100%
rr	326	0.42$	73.4	58%
ss	326	0.42$	94.6	23%
tt	323	0.41$	0.0	0%

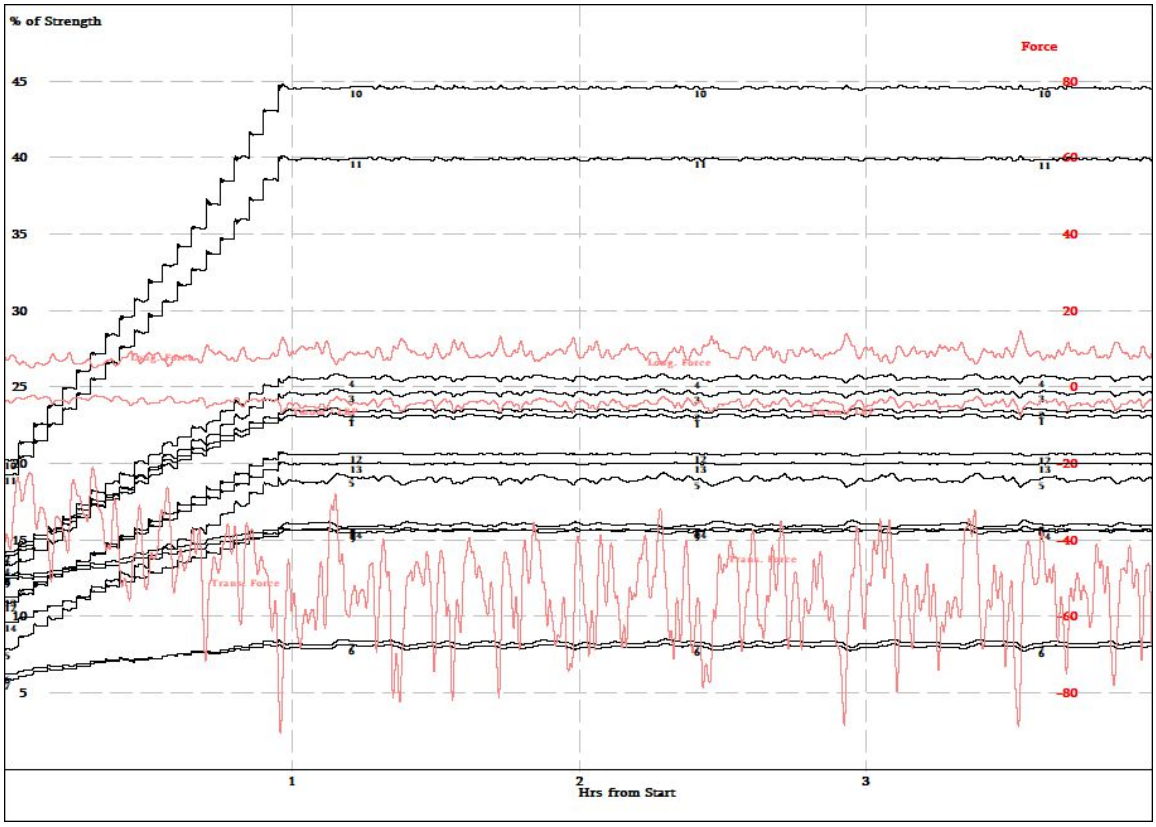
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	27.6	48.7			58.4	29%	30°	16.4
B	3.8	57.8			62.9	31%	4°	24.6
C	-10.9	18.9			23.7	12%	-30°	9.3
D	-19.7	3.7			20.5	10%	-79°	4.5
E	39.3	2.2			39.7	20%	87°	5.4
F	-35.5	92.9			106.4	53%	-21°	37.8
G	-26.9	42.7			51.1	26%	-32°	7.9
H	-13.2	14.5			19.8	10%	-42°	2.2

Approximate natural periods
Surge: 141 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.019

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	7.1 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	15 knots
Wind Direction from:	310° True 240° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.2	-0.2	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.6	-11.2	-1.6
Wind Drag Force:	6.4	58.5	2.8
Total Force:	10.3	47.1	1.1

Movement of Vessel	-0.42 (aft)	-0.01 (out)	0.0° (stbd)	0.02 (up)
at its Stbd Target	-0.44 (aft)	0.03 (inw)	0.0° (stbd)	-0.02 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.1° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.05	0.07	0.14	0.02	0.03	0.04	0.08	0.01	0.02	0.02	0.05
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.05	0.05	0.11	0.02	0.03	0.03	0.07	0.01	0.02	0.01	0.04

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.22		16°	22.9	18%
2-A	0.36	42.3	0.22		17°	23.4	19%
3-B	0.34	33.5	0.25		22°	24.3	19%
4-B	0.32	31.8	0.25		24°	25.4	20%
5-C	0.38	32.6	0.22		23°	17.7	14%
6-D	0.90	69.2	0.08		12°	9.0	7%
7-D	0.78	60.1	0.08		13°	8.2	7%
8-E	0.42	63.1	0.04		8°	15.4	12%
9-E	0.43	64.6	0.04		8°	15.2	12%
10-F	0.25	21.8	0.19		22°	23.7	19%
11-F	0.27	23.6	0.19		20°	23.9	19%
12-G	0.50	42.1	0.18		10°	15.6	12%
13-G	0.56	48.2	0.19		8°	16.4	13%
14-H	0.72	58.7	0.17		7°	13.8	11%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	29	0.03$	9.7	9%
ii	89	0.10$	18.2	77%
jj	66	0.07$	12.3	100%
kk	47	0.05$	8.7	100%
ll	31	0.03$	5.7	100%
mm	21	0.02$	3.9	100%

nn	20	0.02$	3.7	100%
oo	26	0.03$	4.8	100%
pp	35	0.04$	6.5	100%
qq	46	0.05$	8.5	100%
rr	57	0.06$	12.9	58%
ss	36	0.04$	10.3	23%
tt	0			

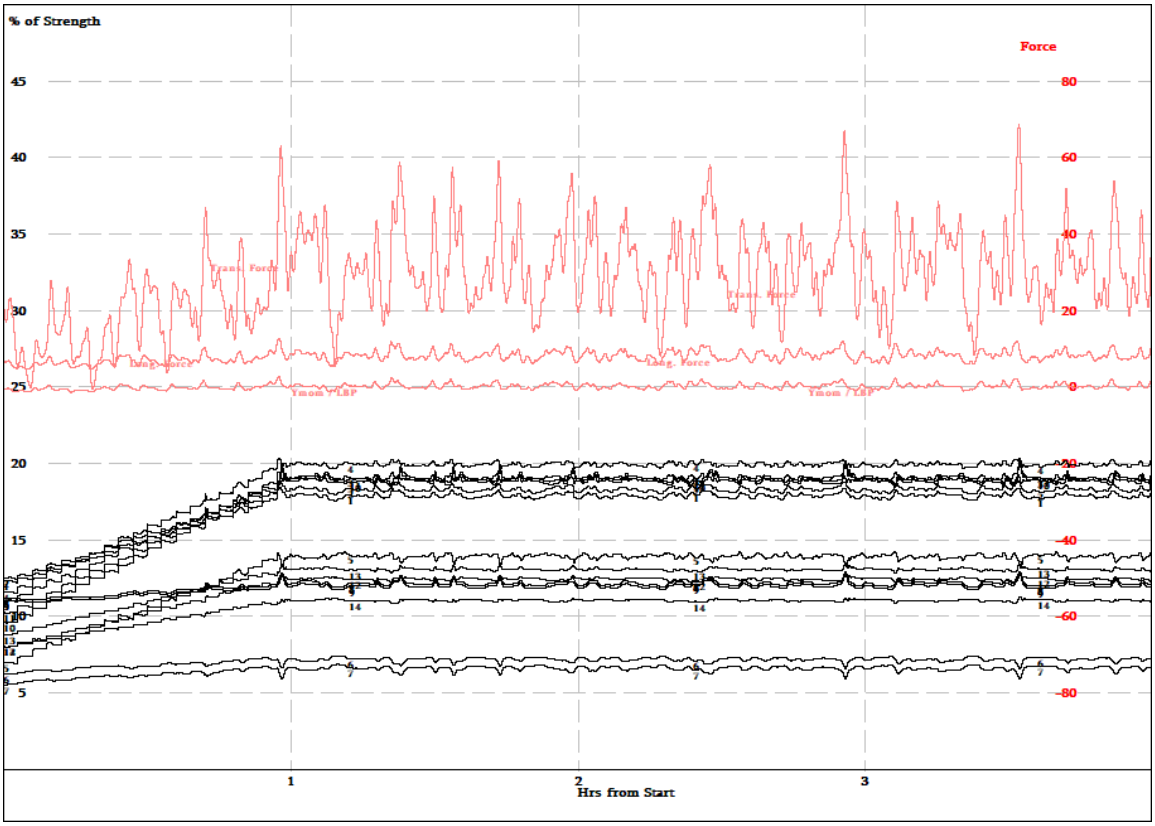
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	21.9	38.6			46.3	23%	30°	13.0
B	2.9	45.6			49.7	25%	4°	19.4
C	-8.2	14.1			17.7	9%	-30°	6.9
D	-16.5	3.1			17.2	9%	-79°	3.8
E	30.3	1.6			30.7	15%	87°	4.2
F	-16.1	41.5			47.6	24%	-21°	16.9
G	-16.8	26.7			31.9	16%	-32°	4.9
H	-9.3	10.1			13.8	7%	-42°	1.6

Approximate natural periods
Surge: 141 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.019

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	12.9 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	15 knots
Wind Direction from:	310° True 240° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.0	-0.4	0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.6	-11.1	-1.7
Wind Drag Force:	6.4	58.5	2.8
Total Force:	10.1	46.9	1.2

Movement of Vessel	-0.44 (aft)	-0.09 (out)	0.0° (stbd)	0.31 (up)
at its Stbd Target	-0.47 (aft)	0.04 (inw)	0.0° (stbd)	-0.31 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 1.8° Pitch: 0.1° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.08	0.20	0.67	0.78	0.03	0.06	0.19	0.23	0.01	0.02	0.06	0.07
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.20	0.91	0.98	0.01	0.06	0.28	0.30	0.01	0.02	0.09	0.10

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.37		16°	30.1	24%
2-A	0.36	42.3	0.36		17°	30.6	24%
3-B	0.34	33.5	0.39		22°	32.5	26%
4-B	0.32	31.8	0.38		24°	33.8	27%
5-C	0.38	32.6	0.33		23°	25.6	20%
6-D	0.90	69.2	0.15		12°	10.4	8%
7-D	0.78	60.1	0.17		13°	10.8	9%
8-E	0.42	63.1	0.15		8°	19.9	16%
9-E	0.43	64.6	0.15		8°	19.4	15%
10-F	0.25	21.8	0.56		22°	55.7	44%
11-F	0.27	23.6	0.53		20°	49.8	40%
12-G	0.50	42.1	0.36		10°	25.8	20%
13-G	0.56	48.2	0.36		8°	24.9	20%
14-H	0.72	58.7	0.31		7°	19.6	16%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	242	0.25$	93.8	0%
hh	298	0.34$	0.0	9%
ii	319	0.39$	65.4	77%
jj	319	0.39$	59.3	100%
kk	319	0.39$	59.4	100%
ll	320	0.39$	59.5	100%
mm	321	0.39$	59.7	100%

nn	322	0.39$	59.8	100%
oo	322	0.40$	59.9	100%
pp	323	0.40$	60.0	100%
qq	324	0.41$	60.2	100%
rr	325	0.42$	73.2	58%
ss	325	0.42$	94.6	23%
tt	323	0.41$	0.0	0%

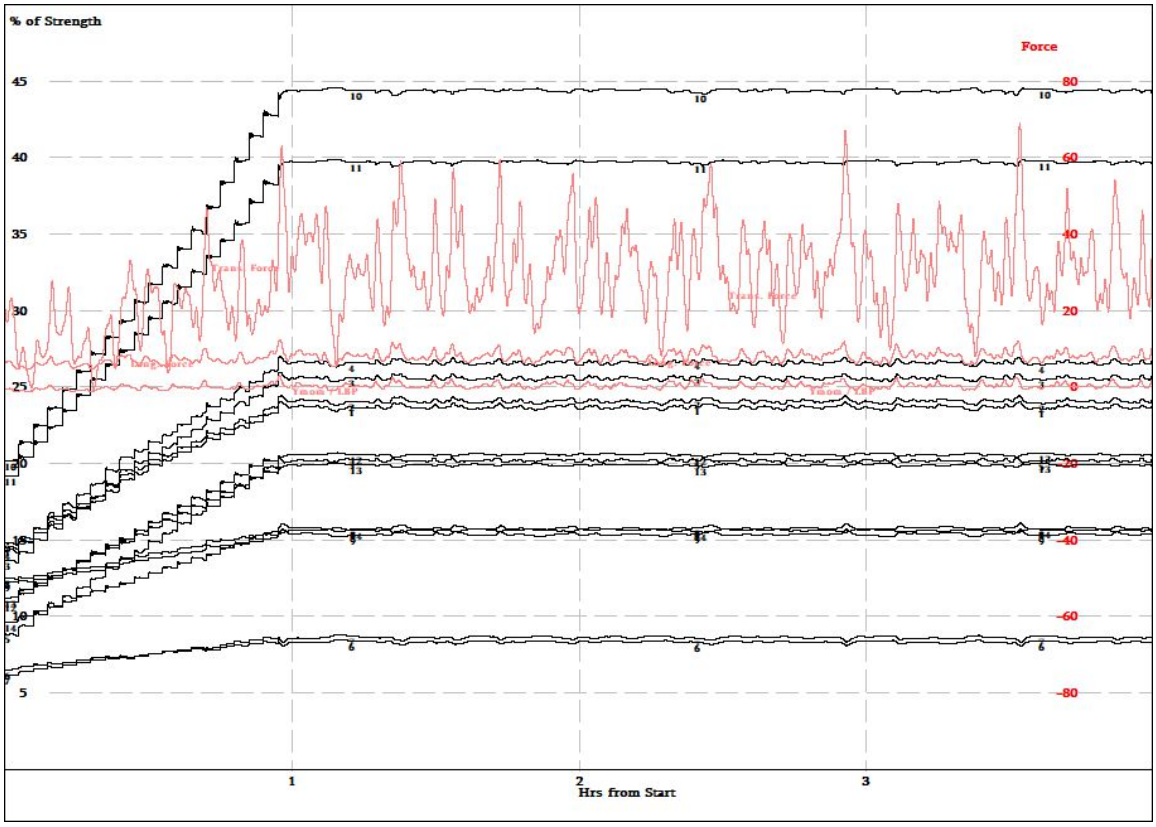
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	28.7	50.6			60.6	30%	30°	17.0
B	4.0	60.9			66.2	33%	4°	25.8
C	-11.8	20.4			25.6	13%	-30°	10.0
D	-20.3	3.9			21.2	11%	-79°	4.7
E	38.9	2.2			39.3	20%	87°	5.3
F	-35.3	92.0			105.4	53%	-21°	37.5
G	-26.7	42.3			50.7	25%	-32°	7.8
H	-13.1	14.4			19.6	10%	-42°	2.2

Approximate natural periods
Surge: 141 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.019

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	7.1 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	20 knots
Wind Direction from:	200° True 130° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.2	-0.2	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.6	-11.2	-1.6
Wind Drag Force:	12.3	-108.4	-6.9
Total Force:	16.2	-119.8	-8.6

Movement of Vessel	-0.44 (aft)	0.00 (inw)	0.0° (stbd)	0.02 (up)
at its Stbd Target	-0.46 (aft)	0.04 (inw)	0.0° (stbd)	-0.02 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.1° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship from CL	X Fwd	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.05	0.07	0.14	0.02	0.03	0.04	0.08	0.01	0.02	0.02	0.05
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.05	0.05	0.11	0.02	0.03	0.03	0.07	0.01	0.02	0.01	0.04

Line to Bollard	Pull-in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.22		16°	21.6	17%
2-A	0.36	42.3	0.22		17°	22.2	18%
3-B	0.34	33.5	0.25		22°	22.0	17%
4-B	0.32	31.8	0.25		24°	23.2	18%
5-C	0.38	32.6	0.22		23°	15.2	12%
6-D	0.90	69.2	0.08		12°	8.2	6%
7-D	0.78	60.1	0.08		13°	7.3	6%
8-E	0.42	63.1	0.04		8°	16.1	13%
9-E	0.43	64.6	0.04		8°	15.9	13%
10-F	0.25	21.8	0.19		22°	23.4	19%
11-F	0.27	23.6	0.19		20°	23.7	19%
12-G	0.50	42.1	0.18		10°	15.3	12%
13-G	0.56	48.2	0.19		8°	16.2	13%
14-H	0.72	58.7	0.17		7°	13.6	11%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	59	0.07$	19.8	9%
ii	140	0.15$	28.6	77%
jj	112	0.12$	20.9	100%
kk	87	0.09$	16.1	100%
ll	64	0.07$	12.0	100%
mm	51	0.06$	9.4	100%

nn	46	0.05$	8.5	100%
oo	48	0.05$	8.9	100%
pp	53	0.06$	9.9	100%
qq	60	0.07$	11.2	100%
rr	69	0.08$	15.6	58%
ss	41	0.05$	11.8	23%
tt	0			

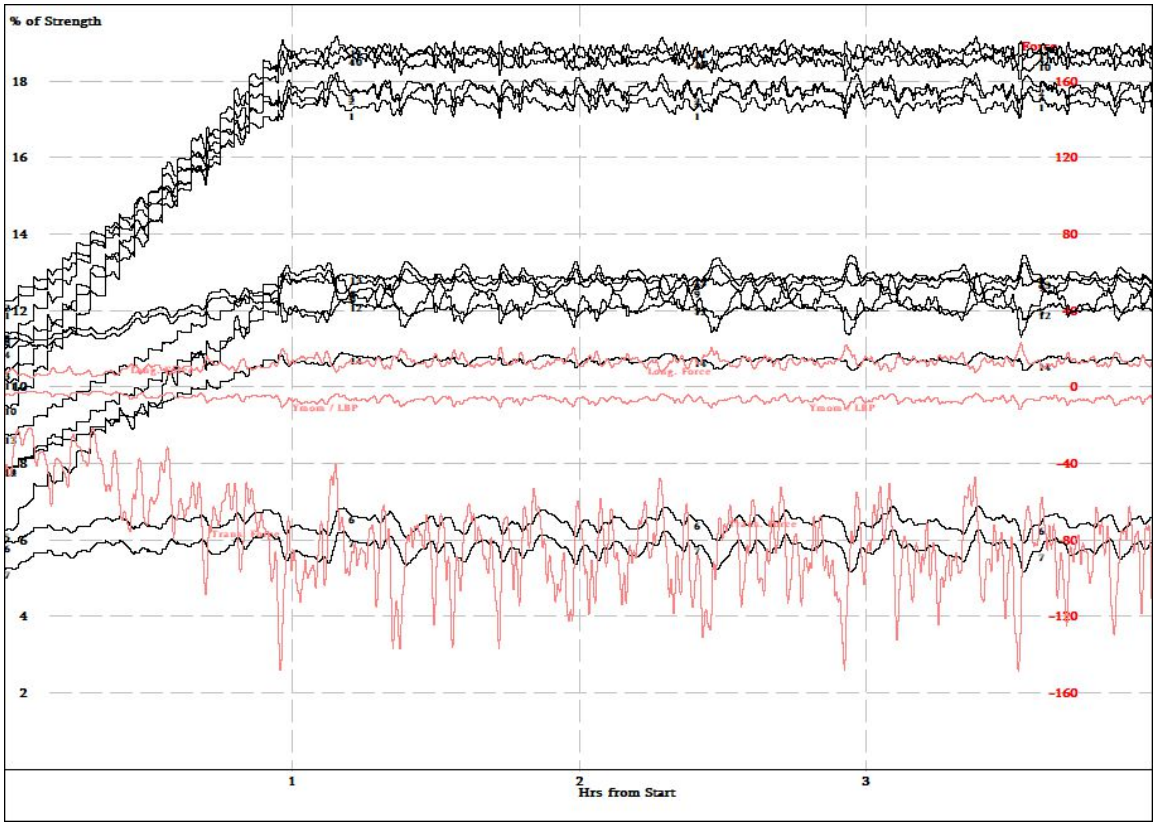
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	20.8	36.5			43.8	22%	30°	12.3
B	2.7	41.5			45.2	23%	4°	17.7
C	-7.0	12.1			15.2	8%	-30°	6.0
D	-14.9	2.8			15.5	8%	-79°	3.4
E	31.6	1.7			32.0	16%	87°	4.3
F	-15.8	41.1			47.1	24%	-21°	16.8
G	-16.6	26.3			31.4	16%	-32°	4.8
H	-9.1	10.0			13.6	7%	-42°	1.5

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.031

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	12.9 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	20 knots
Wind Direction from:	200° True 130° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.0	-0.4	0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.6	-11.2	-1.7
Wind Drag Force:	12.3	-108.5	-6.9
Total Force:	16.0	-120.1	-8.5

Movement of Vessel	-0.47 (aft)	-0.07 (out)	0.0° (stbd)	0.31 (up)
at its Stbd Target	-0.49 (aft)	0.06 (inw)	0.0° (stbd)	-0.31 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 1.8° Pitch: 0.1° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.08	0.20	0.67	0.78	0.03	0.06	0.19	0.23	0.01	0.02	0.06	0.07
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.20	0.91	0.98	0.01	0.06	0.28	0.30	0.01	0.02	0.09	0.10

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.37		16°	28.8	23%
2-A	0.36	42.3	0.36		17°	29.2	23%
3-B	0.34	33.5	0.39		22°	30.2	24%
4-B	0.32	31.8	0.38		24°	31.5	25%
5-C	0.38	32.6	0.33		23°	22.4	18%
6-D	0.90	69.2	0.15		12°	9.4	7%
7-D	0.78	60.1	0.17		13°	9.7	8%
8-E	0.42	63.1	0.15		8°	20.7	16%
9-E	0.43	64.6	0.15		8°	20.2	16%
10-F	0.25	21.8	0.56		22°	55.9	44%
11-F	0.27	23.6	0.53		20°	50.1	40%
12-G	0.50	42.1	0.36		10°	25.7	20%
13-G	0.56	48.2	0.36		8°	25.0	20%
14-H	0.72	58.7	0.31		7°	19.5	15%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	256	0.27$	99.2	0%
hh	315	0.38$	0.0	9%
ii	329	0.45$	67.5	77%
jj	328	0.44$	61.0	100%
kk	327	0.43$	60.9	100%
ll	327	0.43$	60.7	100%
mm	326	0.43$	60.6	100%

nn	326	0.42$	60.6	100%
oo	326	0.42$	60.5	100%
pp	326	0.42$	60.5	100%
qq	326	0.42$	60.5	100%
rr	326	0.42$	73.4	58%
ss	325	0.42$	94.5	23%
tt	323	0.40$	0.0	0%

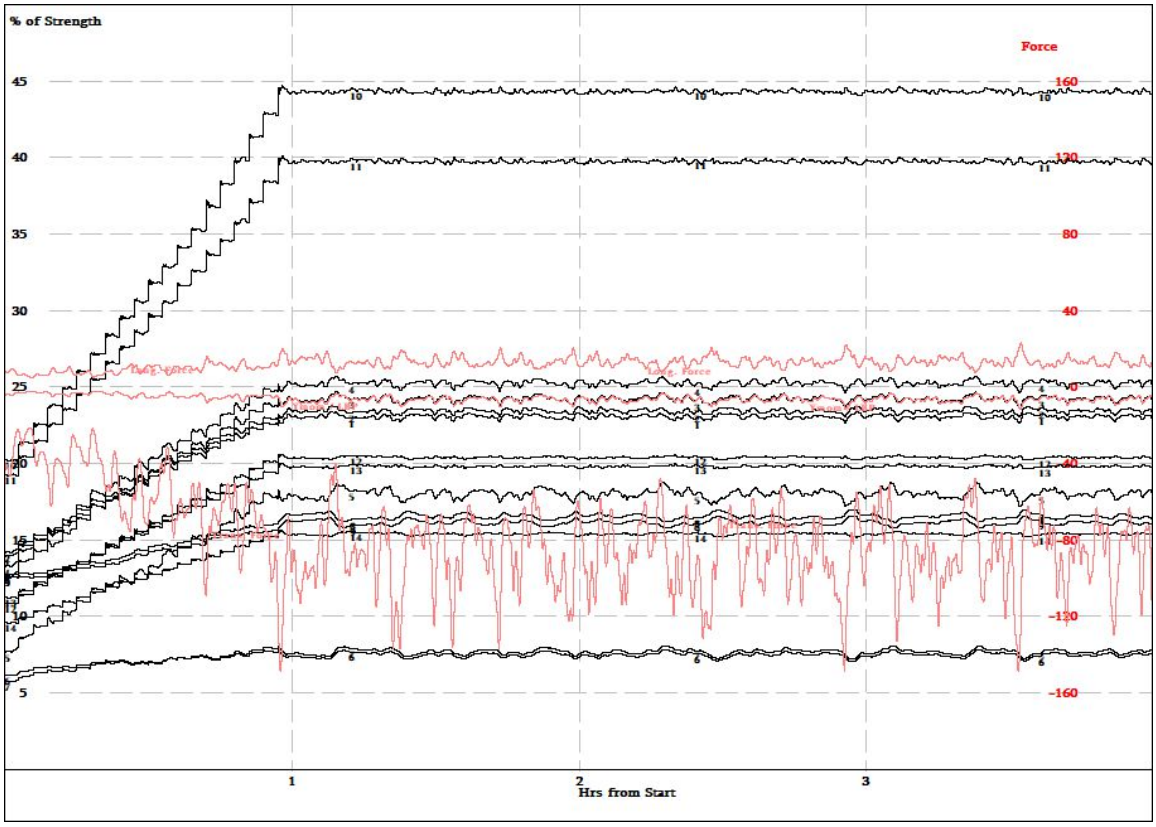
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	27.6	48.4			58.0	29%	30°	16.3
B	3.8	56.6			61.6	31%	4°	24.1
C	-10.3	17.9			22.4	11%	-30°	8.8
D	-18.4	3.5			19.2	10%	-79°	4.2
E	40.5	2.3			41.0	21%	87°	5.5
F	-35.1	92.6			106.0	53%	-21°	37.7
G	-26.7	42.4			50.7	25%	-32°	7.8
H	-13.0	14.3			19.5	10%	-42°	2.2

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.031

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	7.1 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	20 knots
Wind Direction from:	310° True 240° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.2	-0.2	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.6	-11.5	-1.7
Wind Drag Force:	11.4	105.4	4.8
Total Force:	15.2	93.8	3.0

Movement of Vessel	-0.43 (aft)	-0.01 (out)	0.0° (stbd)	0.02 (up)
at its Stbd Target	-0.45 (aft)	0.02 (inw)	0.0° (stbd)	-0.02 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.1° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.05	0.07	0.14	0.02	0.03	0.04	0.08	0.01	0.02	0.02	0.05
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.05	0.05	0.11	0.02	0.03	0.03	0.07	0.01	0.02	0.01	0.04

Line to Bollard	Pull-in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.22		16°	26.0	21%
2-A	0.36	42.3	0.22		17°	26.5	21%
3-B	0.34	33.5	0.25		22°	26.9	21%
4-B	0.32	31.8	0.25		24°	28.0	22%
5-C	0.38	32.6	0.22		23°	18.7	15%
6-D	0.90	69.2	0.08		12°	7.6	6%
7-D	0.78	60.1	0.08		13°	6.6	5%
8-E	0.42	63.1	0.04		8°	17.5	14%
9-E	0.43	64.6	0.04		8°	17.2	14%
10-F	0.25	21.8	0.19		22°	26.7	21%
11-F	0.27	23.6	0.19		20°	26.9	21%
12-G	0.50	42.1	0.18		10°	16.6	13%
13-G	0.56	48.2	0.19		8°	17.7	14%
14-H	0.72	58.7	0.17		7°	14.2	11%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	0			
jj	0			
kk	0			
ll	0			
mm	0			

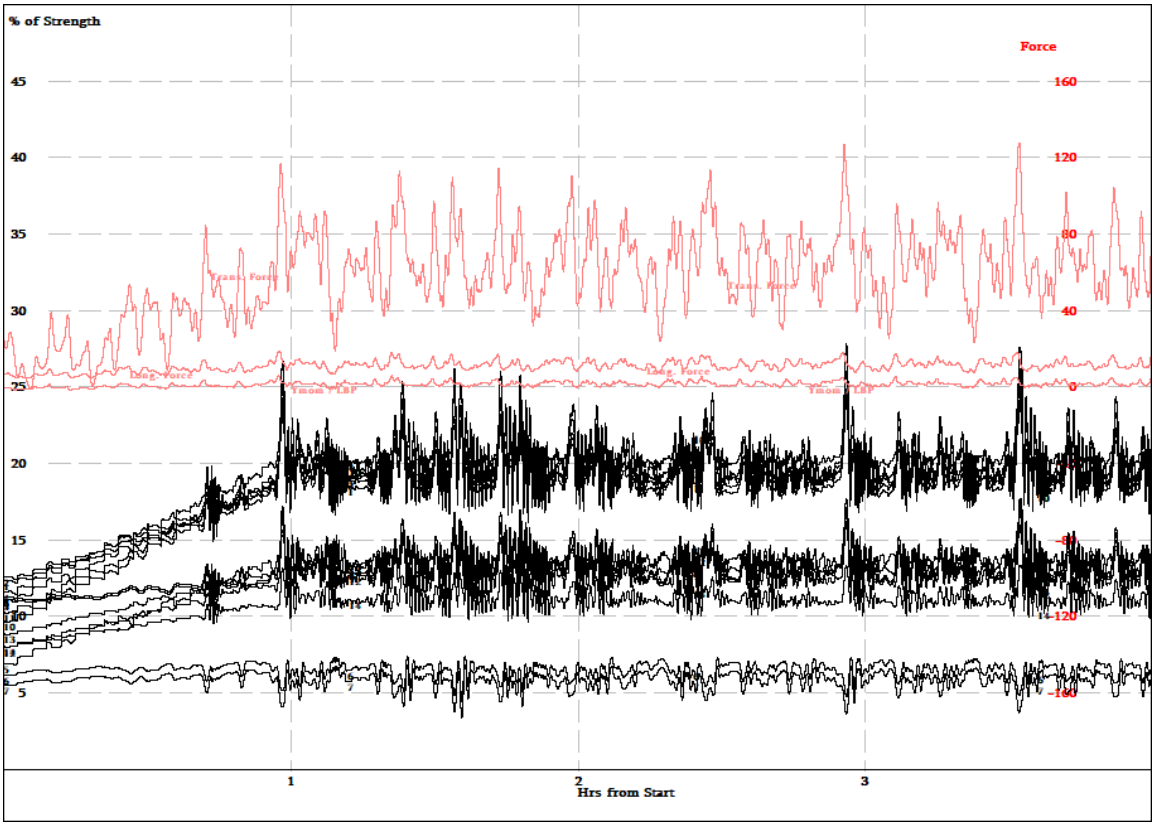
nn 0
oo 0
pp 0
qq 0
rr 0
ss 0
tt 0
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	24.9	43.8			52.4	26%	30°	14.7
B	3.4	50.4			54.9	27%	4°	21.3
C	-8.6	14.9			18.7	9%	-30°	7.3
D	-13.6	2.6			14.2	7%	-79°	3.1
E	34.3	1.9			34.7	17%	87°	4.7
F	-17.6	46.9			53.6	27%	-21°	19.0
G	-17.9	28.7			34.2	17%	-32°	5.3
H	-9.5	10.4			14.2	7%	-42°	1.6

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.031

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	12.9 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	20 knots
Wind Direction from:	310° True 240° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.0	-0.4	0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.6	-11.4	-1.6
Wind Drag Force:	11.4	105.4	4.8
Total Force:	15.0	93.6	3.3

Movement of Vessel	-0.45 (aft)	-0.09 (out)	0.0° (stbd)	0.31 (up)
at its Stbd Target	-0.47 (aft)	0.04 (inw)	0.0° (stbd)	-0.31 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 1.8° Pitch: 0.1° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.08	0.20	0.67	0.78	0.03	0.06	0.19	0.23	0.01	0.02	0.06	0.07
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.20	0.91	0.98	0.01	0.06	0.28	0.30	0.01	0.02	0.09	0.10

Line to Bollard	Pull-in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.37		16°	30.8	24%
2-A	0.36	42.3	0.36		17°	31.3	25%
3-B	0.34	33.5	0.39		22°	32.9	26%
4-B	0.32	31.8	0.38		24°	34.3	27%
5-C	0.38	32.6	0.33		23°	25.3	20%
6-D	0.90	69.2	0.15		12°	9.7	8%
7-D	0.78	60.1	0.17		13°	9.9	8%
8-E	0.42	63.1	0.15		8°	20.9	17%
9-E	0.43	64.6	0.15		8°	20.4	16%
10-F	0.25	21.8	0.56		22°	55.9	44%
11-F	0.27	23.6	0.53		20°	50.2	40%
12-G	0.50	42.1	0.36		10°	25.6	20%
13-G	0.56	48.2	0.36		8°	24.9	20%
14-H	0.72	58.7	0.31		7°	19.3	15%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	238	0.25$	91.9	0%
hh	289	0.32$	98.2	9%
ii	309	0.36$	63.5	77%
jj	309	0.36$	57.4	100%
kk	309	0.36$	57.4	100%
ll	310	0.36$	57.5	100%
mm	311	0.37$	57.7	100%

nn	312	0.37$	58.0	100%
oo	314	0.37$	58.3	100%
pp	316	0.38$	58.7	100%
qq	318	0.38$	59.2	100%
rr	321	0.39$	72.3	58%
ss	323	0.40$	93.7	23%
tt	322	0.40$	0.0	0%

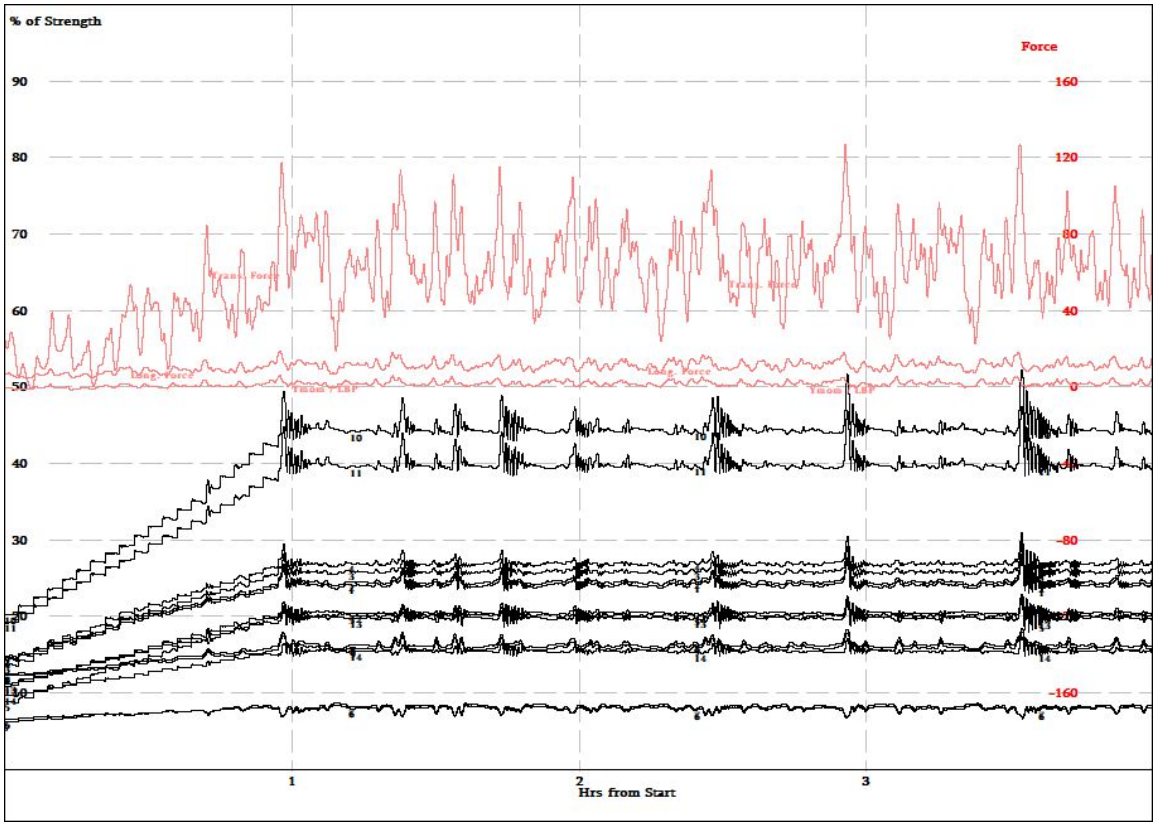
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	29.4	51.9			62.1	31%	30°	17.4
B	4.2	61.8			67.2	34%	4°	26.2
C	-11.6	20.2			25.3	13%	-30°	9.9
D	-18.8	3.6			19.6	10%	-79°	4.3
E	40.8	2.3			41.2	21%	87°	5.6
F	-35.1	92.7			106.0	53%	-21°	37.7
G	-26.5	42.2			50.4	25%	-32°	7.8
H	-12.9	14.2			19.3	10%	-42°	2.2

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.031

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	7.1 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	25 knots
Wind Direction from:	200° True 130° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.2	-0.2	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.6	-11.2	-1.6
Wind Drag Force:	19.1	-167.0	-10.7
Total Force:	23.0	-178.3	-12.5

Movement of Vessel	-0.45 (aft)	0.00 (inw)	0.0° (stbd)	0.02 (up)
at its Stbd Target	-0.47 (aft)	0.04 (inw)	0.0° (stbd)	-0.02 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.1° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.05	0.07	0.14	0.02	0.03	0.04	0.08	0.01	0.02	0.02	0.05
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.05	0.05	0.11	0.02	0.03	0.03	0.07	0.01	0.02	0.01	0.04

Line to Bollard	Pull-in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.22		16°	21.6	17%
2-A	0.36	42.3	0.22		17°	22.1	18%
3-B	0.34	33.5	0.25		22°	21.2	17%
4-B	0.32	31.8	0.25		24°	22.5	18%
5-C	0.38	32.6	0.22		23°	13.7	11%
6-D	0.90	69.2	0.08		12°	7.4	6%
7-D	0.78	60.1	0.08		13°	6.4	5%
8-E	0.42	63.1	0.04		8°	16.9	13%
9-E	0.43	64.6	0.04		8°	16.7	13%
10-F	0.25	21.8	0.19		22°	23.1	18%
11-F	0.27	23.6	0.19		20°	23.5	19%
12-G	0.50	42.1	0.18		10°	14.8	12%
13-G	0.56	48.2	0.19		8°	16.0	13%
14-H	0.72	58.7	0.17		7°	13.2	10%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	68	0.07$	23.1	9%
ii	155	0.16$	31.7	77%
jj	125	0.13$	23.3	100%
kk	98	0.10$	18.2	100%
ll	73	0.08$	13.7	100%
mm	57	0.06$	10.6	100%

nn	50	0.06$	9.3	100%
oo	50	0.06$	9.3	100%
pp	54	0.06$	10.0	100%
qq	59	0.07$	11.0	100%
rr	66	0.07$	14.8	58%
ss	38	0.04$	11.0	23%
tt	0			

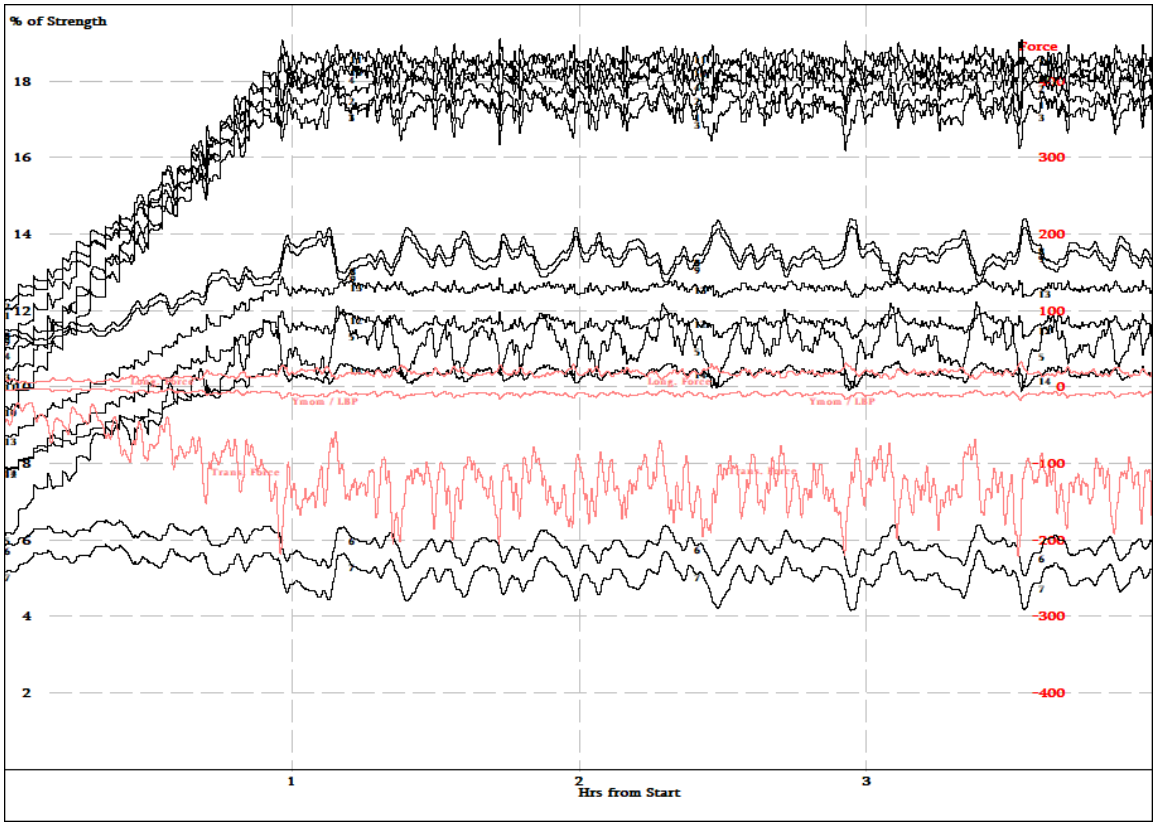
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	20.8	36.4			43.7	22%	30°	12.3
B	2.7	40.1			43.7	22%	4°	17.1
C	-6.3	10.9			13.7	7%	-30°	5.4
D	-13.2	2.5			13.8	7%	-79°	3.0
E	33.3	1.8			33.6	17%	87°	4.5
F	-15.5	40.7			46.6	23%	-21°	16.6
G	-16.2	25.7			30.8	15%	-32°	4.7
H	-8.8	9.7			13.2	7%	-42°	1.5

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.042

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	12.9 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	25 knots
Wind Direction from:	200° True 130° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.0	-0.4	0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.6	-11.2	-1.7
Wind Drag Force:	19.1	-167.0	-10.7
Total Force:	22.8	-178.6	-12.3

Movement of Vessel	-0.47 (aft)	-0.07 (out)	0.0° (stbd)	0.31 (up)
at its Stbd Target	-0.49 (aft)	0.07 (inw)	0.0° (stbd)	-0.31 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 1.8° Pitch: 0.1° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.08	0.20	0.67	0.78	0.03	0.06	0.19	0.23	0.01	0.02	0.06	0.07
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.20	0.91	0.98	0.01	0.06	0.28	0.30	0.01	0.02	0.09	0.10

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.37		16°	28.6	23%
2-A	0.36	42.3	0.36		17°	29.1	23%
3-B	0.34	33.5	0.39		22°	29.4	23%
4-B	0.32	31.8	0.38		24°	30.7	24%
5-C	0.38	32.6	0.33		23°	20.8	16%
6-D	0.90	69.2	0.15		12°	8.6	7%
7-D	0.78	60.1	0.17		13°	8.8	7%
8-E	0.42	63.1	0.15		8°	21.6	17%
9-E	0.43	64.6	0.15		8°	21.1	17%
10-F	0.25	21.8	0.56		22°	55.6	44%
11-F	0.27	23.6	0.53		20°	49.9	40%
12-G	0.50	42.1	0.36		10°	25.4	20%
13-G	0.56	48.2	0.36		8°	24.7	20%
14-H	0.72	58.7	0.31		7°	19.1	15%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	260	0.28$	0.0	0%
hh	321	0.39$	0.0	9%
ii	330	0.47$	67.6	77%
jj	331	0.46$	61.5	100%
kk	330	0.45$	61.3	100%
ll	329	0.44$	61.1	100%
mm	328	0.44$	60.9	100%

nn	327	0.43$	60.8	100%
oo	326	0.43$	60.7	100%
pp	326	0.43$	60.6	100%
qq	326	0.42$	60.5	100%
rr	325	0.42$	73.3	59%
ss	325	0.42$	94.3	23%
tt	323	0.40$	0.0	0%

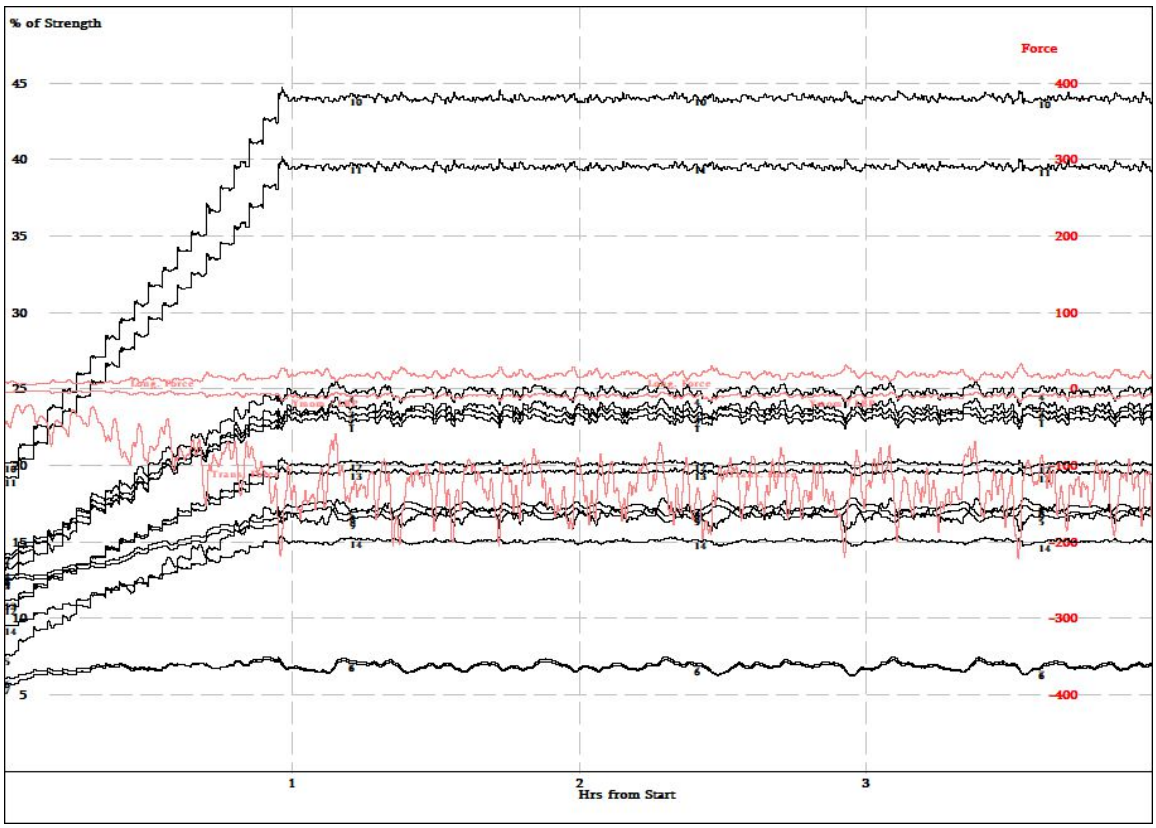
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	27.5	48.1			57.7	29%	30°	16.2
B	3.8	55.2			60.2	30%	4°	23.6
C	-9.5	16.5			20.8	10%	-30°	8.2
D	-16.7	3.1			17.4	9%	-79°	3.8
E	42.2	2.4			42.6	21%	87°	5.8
F	-34.7	92.3			105.5	53%	-21°	37.5
G	-26.3	41.9			50.1	25%	-32°	7.7
H	-12.7	14.0			19.1	10%	-42°	2.2

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.042

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	7.1 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	25 knots
Wind Direction from:	310° True 240° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.2	-0.2	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.9	-27.5	-3.3
Wind Drag Force:	25.2	251.0	9.9
Total Force:	29.4	223.3	6.4

Movement of Vessel	-0.43 (aft)	-0.01 (out)	0.0° (stbd)	0.02 (up)
at its Stbd Target	-0.45 (aft)	0.02 (inw)	0.0° (stbd)	-0.02 (down)
Velocities:	0.02	0.06 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.1° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.05	0.07	0.14	0.02	0.03	0.04	0.08	0.01	0.02	0.02	0.05
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.05	0.05	0.11	0.02	0.03	0.03	0.07	0.01	0.02	0.01	0.04

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.22		16°	37.6	30%
2-A	0.36	42.3	0.22		16°	38.5	31%
3-B	0.34	33.5	0.25		21°	39.6	31%
4-B	0.32	31.8	0.25		24°	41.6	33%
5-C	0.38	32.6	0.22		23°	27.4	22%
6-D	0.90	69.2	0.08		12°	4.2	3%
7-D	0.78	60.1	0.08		14°	2.3	2%
8-E	0.42	63.1	0.04		8°	23.8	19%
9-E	0.43	64.6	0.04		8°	23.4	19%
10-F	0.25	21.8	0.19		22°	36.4	29%
11-F	0.27	23.6	0.20		19°	36.7	29%
12-G	0.50	42.1	0.18		10°	20.5	16%
13-G	0.56	48.2	0.19		8°	22.3	18%
14-H	0.72	58.7	0.17		6°	15.7	12%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	0			
jj	0			
kk	0			
ll	0			
mm	0			

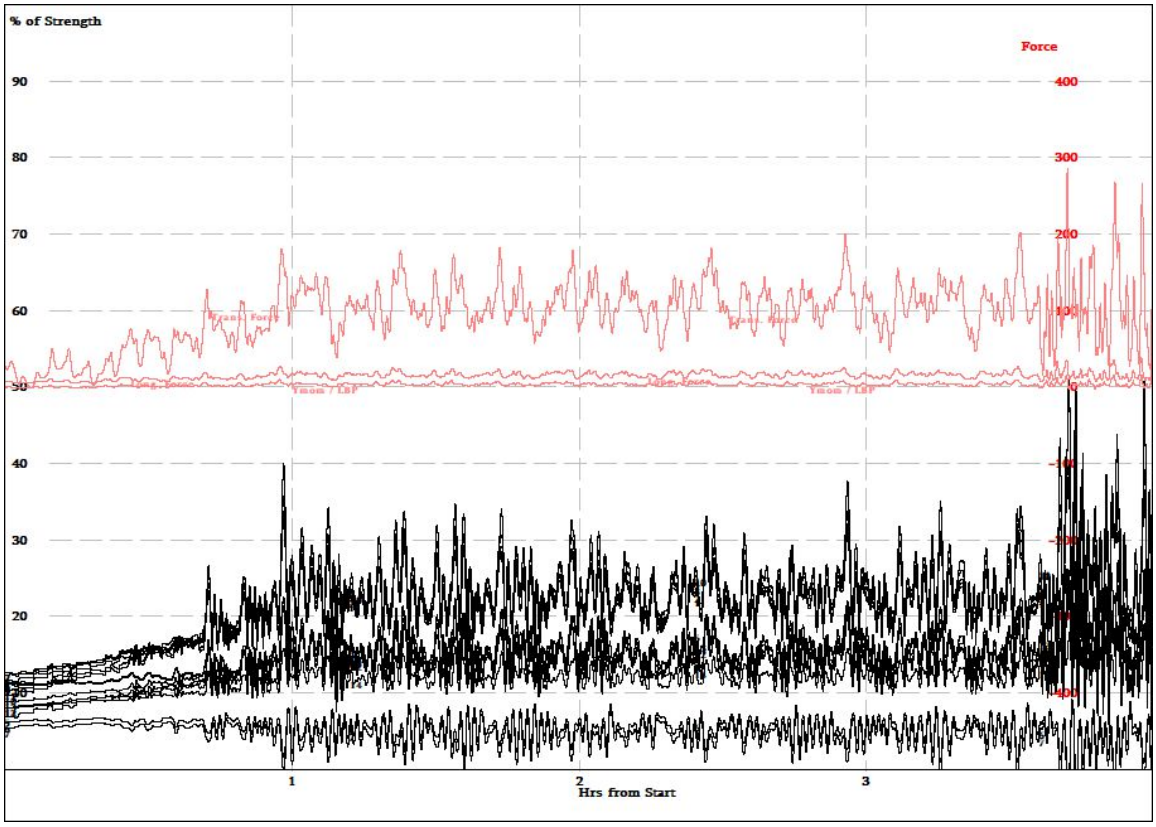
nn 0
oo 0
pp 0
qq 0
rr 0
ss 0
tt 0
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	36.2	63.5			76.1	38%	30°	20.9
B	6.1	74.7			81.1	41%	5°	30.9
C	-12.0	22.2			27.4	14%	-28°	10.6
D	-6.1	1.3			6.4	3%	-78°	1.4
E	46.7	3.1			47.2	24%	86°	6.3
F	-22.1	64.8			73.1	37%	-19°	25.5
G	-21.8	36.1			42.7	21%	-31°	6.5
H	-10.3	11.7			15.7	8%	-42°	1.8

Approximate natural periods
Surge: 143 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.042

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	12.9 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	25 knots
Wind Direction from:	310° True 240° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.0	-0.4	0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.8	-13.6	-1.9
Wind Drag Force:	17.5	163.3	7.3
Total Force:	21.3	149.2	5.5

Movement of Vessel	-0.45 (aft)	-0.10 (out)	0.0° (stbd)	0.31 (up)
at its Stbd Target	-0.47 (aft)	0.04 (inw)	0.0° (stbd)	-0.31 (down)
Velocities:	0.01	0.01 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 1.8° Pitch: 0.1° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.08	0.20	0.67	0.78	0.03	0.06	0.19	0.23	0.01	0.02	0.06	0.07
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.20	0.91	0.98	0.01	0.06	0.28	0.30	0.01	0.02	0.09	0.10

Line to Bollard	Pull-in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.37		16°	32.2	26%
2-A	0.36	42.3	0.36		17°	32.7	26%
3-B	0.34	33.5	0.39		22°	34.3	27%
4-B	0.32	31.8	0.38		24°	35.7	28%
5-C	0.38	32.6	0.33		23°	25.8	21%
6-D	0.90	69.2	0.15		12°	9.0	7%
7-D	0.78	60.1	0.17		13°	9.1	7%
8-E	0.42	63.1	0.15		8°	21.8	17%
9-E	0.43	64.6	0.15		8°	21.3	17%
10-F	0.25	21.8	0.56		22°	56.0	44%
11-F	0.27	23.6	0.53		20°	50.3	40%
12-G	0.50	42.1	0.36		10°	25.4	20%
13-G	0.56	48.2	0.36		8°	24.7	20%
14-H	0.72	58.7	0.31		7°	18.9	15%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	227	0.24$	87.6	0%
hh	269	0.29$	91.6	9%
ii	286	0.32$	58.7	76%
jj	286	0.32$	53.2	100%
kk	288	0.32$	53.5	100%
ll	290	0.32$	53.8	100%
mm	292	0.33$	54.3	100%

nn	295	0.33$	54.9	100%
oo	298	0.34$	55.4	100%
pp	301	0.34$	55.9	100%
qq	304	0.35$	56.5	100%
rr	307	0.36$	69.2	59%
ss	317	0.38$	92.0	23%
tt	320	0.39$	0.0	0%

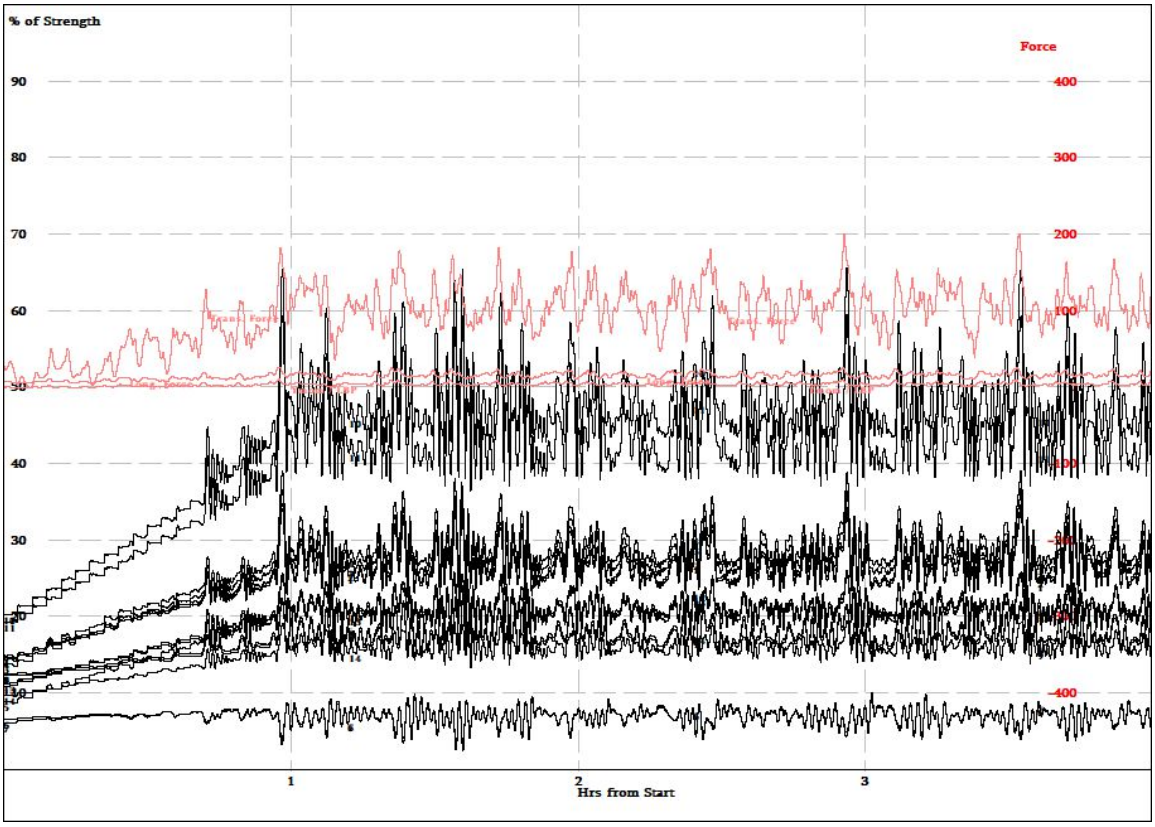
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	30.8	54.2			64.9	32%	30°	18.2
B	4.5	64.3			69.9	35%	4°	27.2
C	-11.8	20.7			25.8	13%	-30°	10.1
D	-17.4	3.4			18.1	9%	-79°	4.0
E	42.6	2.4			43.1	22%	87°	5.8
F	-34.8	93.1			106.3	53%	-20°	37.8
G	-26.2	41.9			50.0	25%	-32°	7.7
H	-12.6	13.9			18.9	9%	-42°	2.1

Approximate natural periods
Surge: 143 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.042

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	7.1 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	30 knots
Wind Direction from:	200° True 130° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.2	-0.2	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.6	-11.2	-1.6
Wind Drag Force:	27.6	-241.5	-15.5
Total Force:	31.4	-252.9	-17.2

Movement of Vessel	-0.45 (aft)	0.00 (inw)	0.0° (stbd)	0.02 (up)
at its Stbd Target	-0.47 (aft)	0.04 (inw)	0.0° (stbd)	-0.02 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.1° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.05	0.07	0.14	0.02	0.03	0.04	0.08	0.01	0.02	0.02	0.05
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.05	0.05	0.11	0.02	0.03	0.03	0.07	0.01	0.02	0.01	0.04

Line to Bollard	Pull-in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.22		16°	21.6	17%
2-A	0.36	42.3	0.22		17°	22.1	18%
3-B	0.34	33.5	0.25		22°	20.3	16%
4-B	0.32	31.8	0.25		24°	21.6	17%
5-C	0.38	32.6	0.22		23°	11.9	9%
6-D	0.90	69.2	0.08		12°	6.3	5%
7-D	0.78	60.1	0.08		13°	5.2	4%
8-E	0.42	63.1	0.04		8°	18.1	14%
9-E	0.43	64.6	0.04		8°	17.8	14%
10-F	0.25	21.8	0.19		22°	22.6	18%
11-F	0.27	23.6	0.20		20°	23.2	18%
12-G	0.50	42.1	0.18		10°	14.2	11%
13-G	0.56	48.2	0.19		8°	15.6	12%
14-H	0.72	58.7	0.17		7°	12.6	10%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	80	0.09$	27.2	9%
ii	173	0.18$	35.6	77%
jj	141	0.15	26.3	100%
kk	111	0.12	20.7	100%
ll	85	0.09	15.7	100%
mm	65	0.07$	12.0	100%

nn	56	0.06$	10.3	100%
oo	53	0.06$	9.9	100%
pp	55	0.06$	10.2	100%
qq	58	0.06$	10.8	100%
rr	62	0.07$	14.0	59%
ss	34	0.04$	9.9	23%
tt	0			

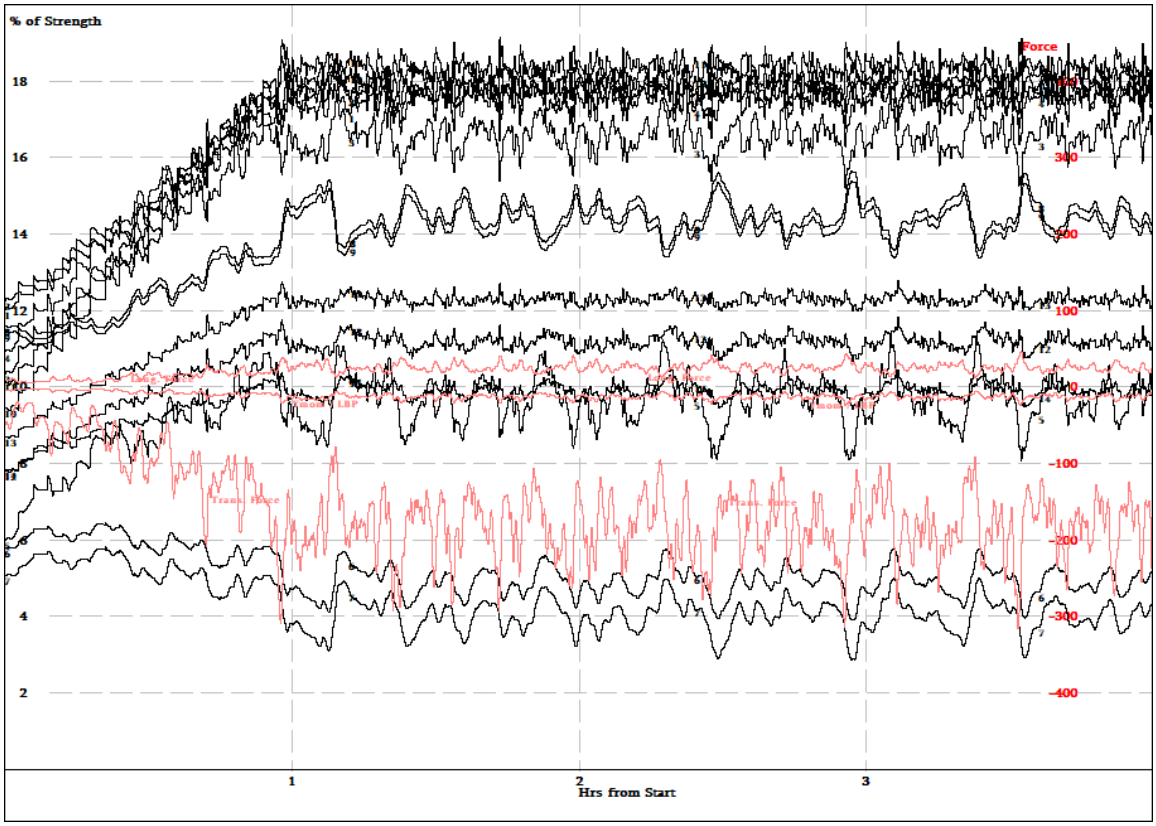
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	20.9	36.4			43.7	22%	30°	12.3
B	2.7	38.4			41.9	21%	4°	16.4
C	-5.5	9.4			11.9	6%	-30°	4.7
D	-11.0	2.1			11.5	6%	-79°	2.5
E	35.5	1.9			35.9	18%	87°	4.8
F	-15.1	40.1			45.8	23%	-21°	16.3
G	-15.6	25.0			29.8	15%	-32°	4.6
H	-8.4	9.3			12.6	6%	-42°	1.4

Approximate natural periods
Surge: 141 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.06

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level: 3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft: 14.00 (initialised at this draft))
Trim: 0.00 (initialised at this trim)
GM: 3.0
Bottom Clearance: 4.5
LCG: 2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target: -12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target: 10.4 above Pier
Significant Wave Ht: 0.29
Wave Mean Period: 12.9 sec
Wave Direction from: 180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum: Pierson-Moskowitz
Current: 1.0 knots
Current Direction from: 245° True -185° Screen Right
Wind Speed: 30 knots
Wind Direction from: 200° True 130° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area: 1857
Total Side Windage Area: 11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.0	-0.4	0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.6	-11.2	-1.7
Wind Drag Force:	27.6	-241.5	-15.4
Total Force:	31.2	-253.1	-17.1

Movement of Vessel	-0.48 (aft)	-0.07 (out)	0.0° (stbd)	0.31 (up)
at its Stbd Target	-0.50 (aft)	0.07 (inw)	0.0° (stbd)	-0.31 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 1.8° Pitch: 0.1° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.08	0.20	0.67	0.78	0.03	0.06	0.19	0.23	0.01	0.02	0.06	0.07
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.20	0.91	0.98	0.01	0.06	0.28	0.30	0.01	0.02	0.09	0.10

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.37		16°	28.4	23%
2-A	0.36	42.3	0.36		17°	28.9	23%
3-B	0.34	33.5	0.39		22°	28.4	23%
4-B	0.32	31.8	0.38		24°	29.8	24%
5-C	0.38	32.6	0.33		23°	18.6	15%
6-D	0.90	69.2	0.15		12°	7.5	6%
7-D	0.78	60.1	0.17		13°	7.5	6%
8-E	0.42	63.1	0.15		8°	22.7	18%
9-E	0.43	64.6	0.15		8°	22.1	18%
10-F	0.25	21.8	0.56		22°	55.3	44%
11-F	0.27	23.6	0.53		20°	49.7	39%
12-G	0.50	42.1	0.36		10°	25.0	20%
13-G	0.56	48.2	0.36		8°	24.4	19%
14-H	0.72	58.7	0.31		7°	18.6	15%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	266	0.29$	0.0	0%
hh	324	0.41$	0.0	9%
ii	324	0.49$	66.6	76%
jj	327	0.48$	60.7	100%
kk	329	0.47$	61.1	100%
ll	331	0.46$	61.5	100%
mm	330	0.45$	61.3	100%

nn	329	0.44$	61.1	100%
oo	328	0.44$	60.9	100%
pp	327	0.43$	60.7	100%
qq	326	0.42$	60.6	100%
rr	325	0.42$	73.1	59%
ss	325	0.41$	94.0	23%
tt	322	0.40$	0.0	0%

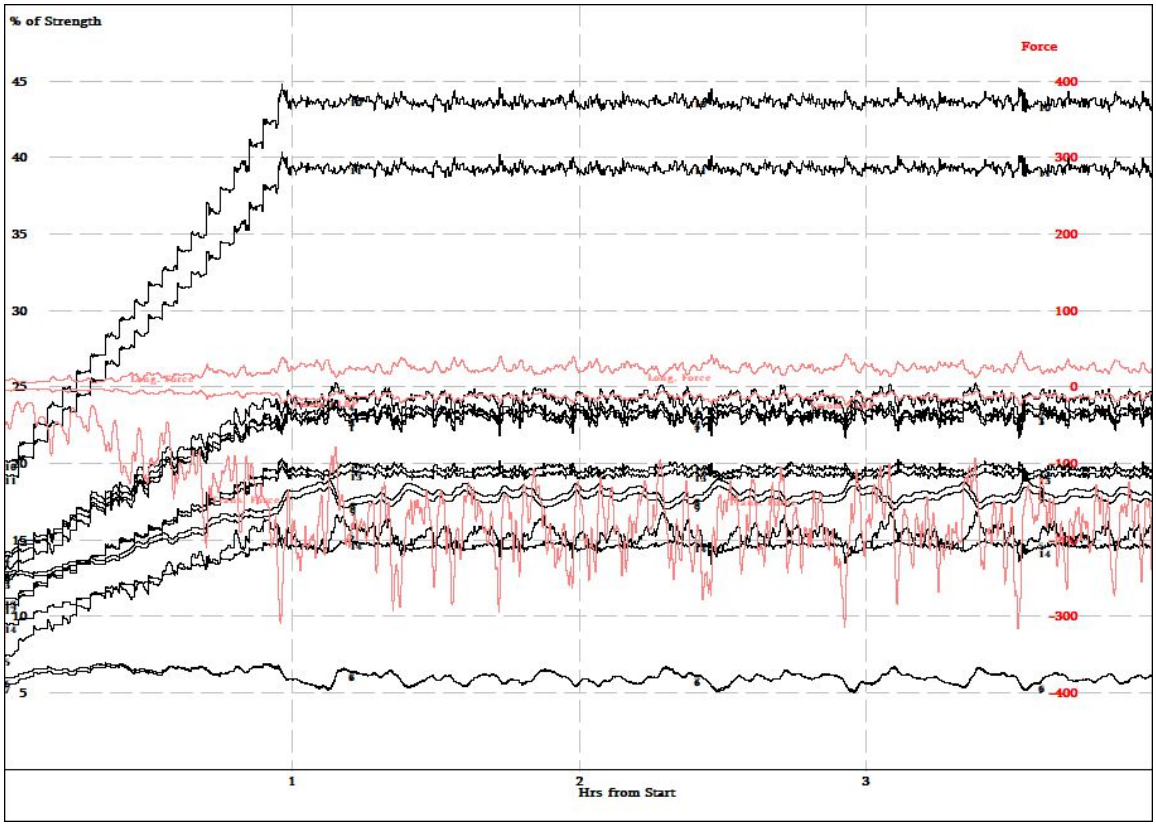
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	27.4	47.6			57.3	29%	30°	16.1
B	3.9	53.4			58.2	29%	4°	22.8
C	-8.5	14.8			18.6	9%	-30°	7.3
D	-14.4	2.7			15.1	8%	-79°	3.3
E	44.4	2.5			44.8	22%	87°	6.0
F	-34.1	92.0			105.0	53%	-20°	37.3
G	-25.9	41.4			49.4	25%	-32°	7.6
H	-12.4	13.7			18.6	9%	-42°	2.1

Approximate natural periods
Surge: 141 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.06

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	7.1 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	30 knots
Wind Direction from:	310° True 240° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.2	-0.2	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.7	-12.0	-2.0
Wind Drag Force:	25.4	235.7	10.7
Total Force:	29.2	223.5	8.6

Movement of Vessel	-0.43 (aft)	-0.02 (out)	0.0° (stbd)	0.02 (up)
at its Stbd Target	-0.45 (aft)	0.02 (inw)	0.0° (stbd)	-0.02 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.1° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.05	0.07	0.14	0.02	0.03	0.04	0.08	0.01	0.02	0.02	0.05
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.05	0.05	0.11	0.02	0.03	0.03	0.07	0.01	0.02	0.01	0.04

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.22		15°	42.9	34%
2-A	0.36	42.3	0.22		16°	44.0	35%
3-B	0.34	33.5	0.25		21°	41.5	33%
4-B	0.32	31.8	0.25		23°	44.3	35%
5-C	0.38	32.6	0.22		23°	22.3	18%
6-D	0.90	69.2	0.08		12°	slack	
7-D	0.78	60.1	0.08		14°	slack	
8-E	0.42	63.1	0.04		8°	31.6	25%
9-E	0.43	64.6	0.04		7°	31.1	25%
10-F	0.25	21.8	0.19		21°	49.9	40%
11-F	0.27	23.6	0.20		19°	50.4	40%
12-G	0.50	42.1	0.18		9°	24.9	20%
13-G	0.56	48.2	0.19		8°	27.2	22%
14-H	0.72	58.7	0.17		6°	17.3	14%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	0			
jj	0			
kk	0			
ll	0			
mm	0			

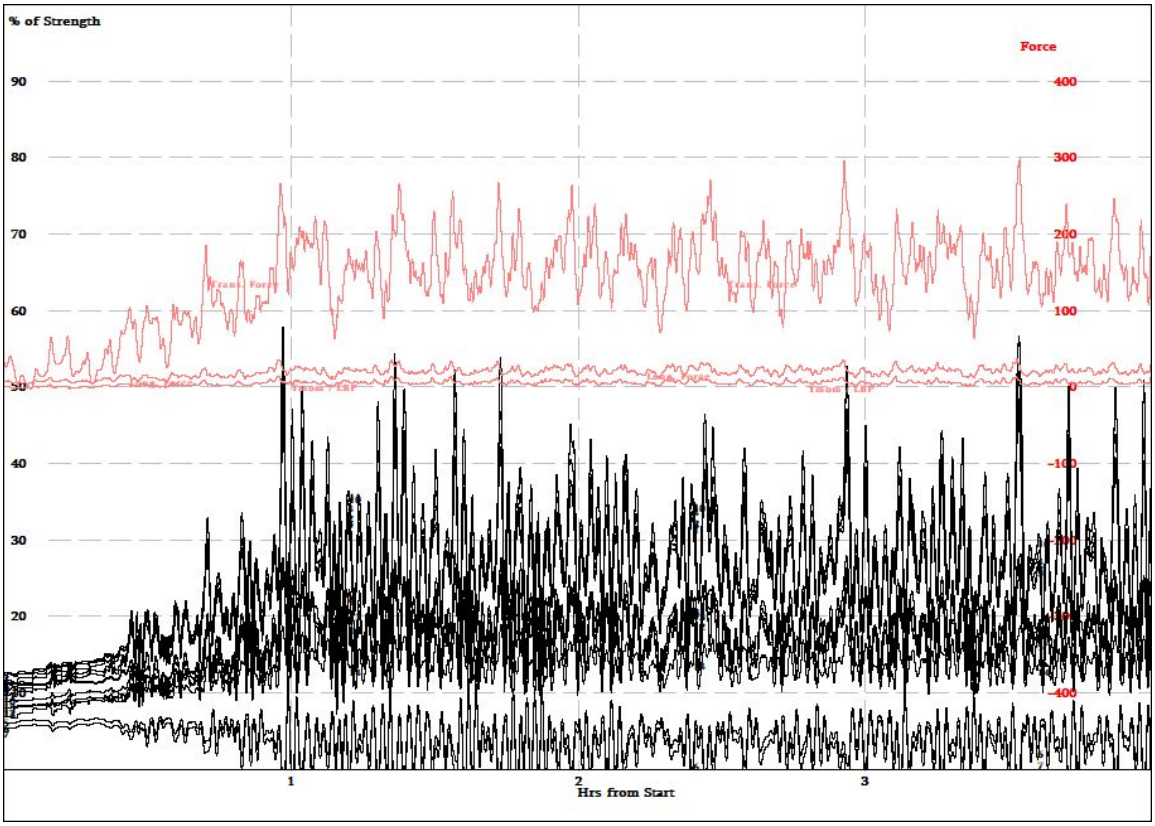
nn 0
oo 0
pp 0
qq 0
rr 0
ss 0
tt 0
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	42.2	72.1			86.9	43%	30°	23.7
B	8.2	78.9			85.8	43%	6°	32.6
C	-9.4	18.3			22.3	11%	-27°	8.7
D								
E	62.0	4.8			62.7	31%	86°	8.3
F	-26.5	90.5			100.3	50%	-16°	34.2
G	-25.8	44.5			52.1	26%	-30°	7.9
H	-11.2	13.0			17.3	9%	-41°	2.0

Approximate natural periods
Surge: 141 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.06

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	12.9 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	30 knots
Wind Direction from:	310° True 240° Screen Right (solid pier shields wind)
Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.0	-0.4	0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.9	-11.6	-2.1
Wind Drag Force:	25.3	235.7	10.6
Total Force:	29.2	223.8	8.6

Movement of Vessel	-0.45 (aft)	-0.10 (out)	0.0° (stbd)	0.31 (up)
at its Stbd Target	-0.47 (aft)	0.04 (inw)	0.0° (stbd)	-0.31 (down)
Velocities:	0.02	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 1.8° Pitch: 0.1° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.08	0.20	0.67	0.78	0.03	0.06	0.19	0.23	0.01	0.02	0.06	0.07
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.20	0.91	0.98	0.01	0.06	0.28	0.30	0.01	0.02	0.09	0.10

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.37		16°	44.2	35%
2-A	0.36	42.3	0.36		16°	45.5	36%
3-B	0.34	33.5	0.39		21°	44.5	35%
4-B	0.32	31.8	0.38		24°	48.0	38%
5-C	0.38	32.6	0.33		23°	27.4	22%
6-D	0.90	69.2	0.15		12°	1.0	1%
7-D	0.78	60.1	0.17		14°	slack	
8-E	0.42	63.1	0.16		8°	31.3	25%
9-E	0.43	64.6	0.15		7°	30.7	24%
10-F	0.25	21.8	0.56		21°	73.5	58%
11-F	0.27	23.6	0.53		19°	67.5	54%
12-G	0.50	42.1	0.36		10°	28.5	23%
13-G	0.56	48.2	0.36		8°	29.1	23%
14-H	0.72	58.7	0.31		7°	19.9	16%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	108	0.11$	41.8	0%
hh	0			
ii	0			
jj	0			
kk	0			
ll	0			
mm	0			

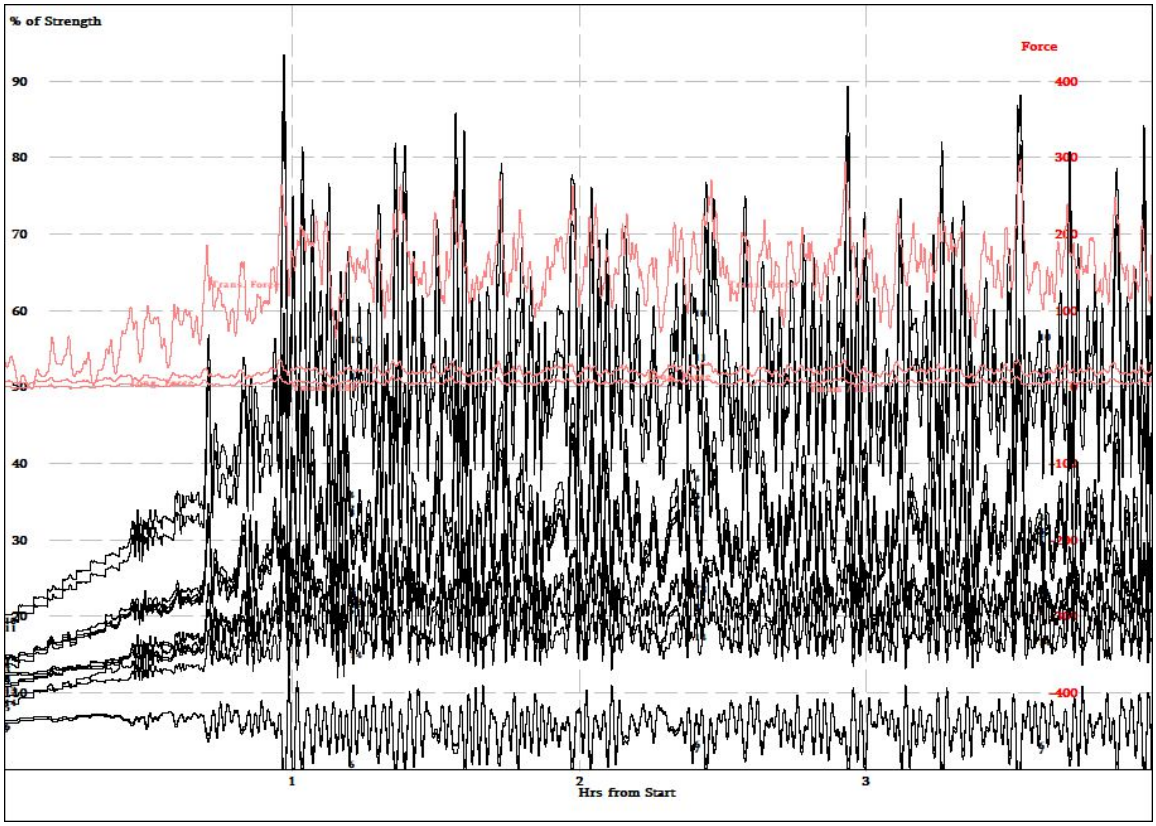
nn 0
oo 0
pp 0
qq 0
rr 0
ss 0
tt 155 0.16$ 59.8 0%
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	43.4	74.5			89.7	45%	30°	24.6
B	8.2	85.1			92.5	46%	5°	35.3
C	-11.7	22.3			27.4	14%	-28°	10.7
D	-0.9	0.2			1.0	1%	-77°	0.2
E	61.4	4.3			62.1	31%	86°	8.2
F	-39.6	126.1			141.0	71%	-17°	48.9
G	-28.9	48.9			57.5	29%	-31°	8.8
H	-13.0	14.9			19.9	10%	-41°	2.3

Approximate natural periods
Surge: 141 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.06

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	7.1 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	435° True 5° Screen Right
Wind Speed:	15 knots
Wind Direction from:	100° True 30° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.2	-0.2	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	-3.6	-11.0	1.7
Wind Drag Force:	-14.6	-31.6	4.6
Total Force:	-18.0	-42.8	6.2

Movement of Vessel	-0.23 (aft)	0.00 (out)	0.0° (stbd)	0.02 (up)
at its Stbd Target	-0.25 (aft)	0.03 (inw)	0.0° (stbd)	-0.02 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.1° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship from CL	X Fwd	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.05	0.07	0.14	0.02	0.03	0.04	0.08	0.01	0.02	0.02 0.05
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.05	0.05	0.11	0.02	0.03	0.03	0.07	0.01	0.02	0.01 0.04

Line to Bollard	Pull-in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.22		16°	20.4	16%
2-A	0.36	42.3	0.22		17°	20.9	17%
3-B	0.34	33.5	0.25		22°	24.0	19%
4-B	0.32	31.8	0.25		24°	24.9	20%
5-C	0.38	32.6	0.22		23°	20.9	17%
6-D	0.90	69.2	0.08		12°	12.1	10%
7-D	0.78	60.1	0.08		13°	11.8	9%
8-E	0.42	63.1	0.04		8°	11.8	9%
9-E	0.43	64.6	0.04		8°	11.7	9%
10-F	0.25	21.8	0.19		22°	25.5	20%
11-F	0.27	23.6	0.19		20°	25.2	20%
12-G	0.50	42.1	0.18		10°	17.7	14%
13-G	0.56	48.2	0.19		8°	17.8	14%
14-H	0.72	58.7	0.17		6°	15.8	13%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	40	0.04$	13.4	10%
ii	107	0.11$	21.8	78%
jj	86	0.09$	16.0	100%
kk	67	0.07$	12.4	100%
ll	52	0.06$	9.7	100%
mm	44	0.05$	8.3	100%

nn	45	0.05$	8.4	100%
oo	53	0.06$	9.8	100%
pp	64	0.07$	11.9	100%
qq	78	0.09$	14.6	100%
rr	94	0.10$	21.2	58%
ss	58	0.06$	17.0	22%
tt	3	0.00$	1.2	0%

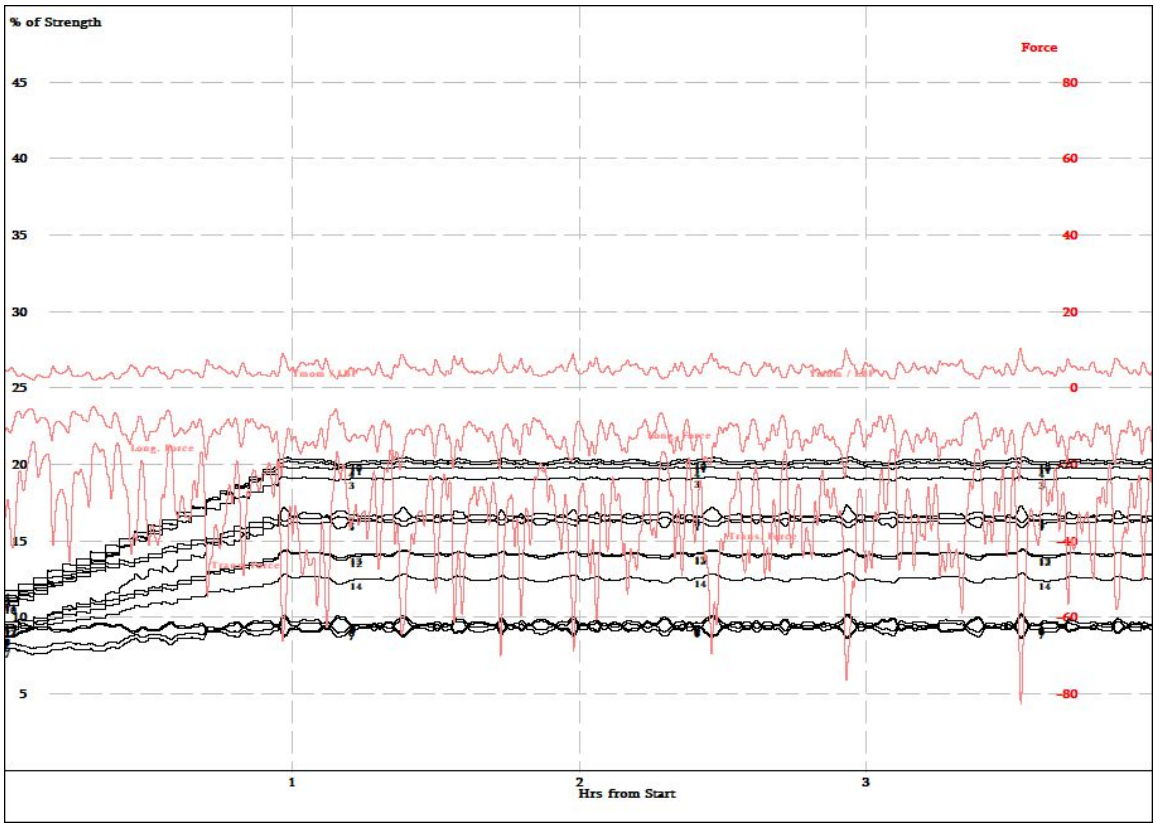
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	19.3	34.6			41.3	21%	29°	11.7
B	2.4	45.0			48.9	24%	3°	19.1
C	-9.8	16.5			20.9	10%	-31°	8.1
D	-23.0	4.3			24.0	12%	-79°	5.2
E	23.2	1.2			23.5	12%	87°	3.2
F	-17.8	43.9			50.7	25%	-22°	18.0
G	-18.9	29.5			35.5	18%	-33°	5.5
H	-10.6	11.5			15.8	8%	-43°	1.8

Approximate natural periods
Surge: 141 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.035

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	12.9 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	435° True 5° Screen Right
Wind Speed:	15 knots
Wind Direction from:	100° True 30° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.0	-0.4	0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	-3.6	-11.0	1.7
Wind Drag Force:	-14.6	-31.6	4.6
Total Force:	-18.2	-43.0	6.3

Movement of Vessel	-0.25 (aft)	-0.08 (out)	0.0° (stbd)	0.31 (up)
at its Stbd Target	-0.28 (aft)	0.06 (inw)	0.0° (stbd)	-0.31 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 1.8° Pitch: 0.1° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.08	0.20	0.67	0.78	0.03	0.06	0.19	0.23	0.01	0.02	0.06	0.07
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.20	0.91	0.98	0.01	0.06	0.28	0.30	0.01	0.02	0.09	0.10

Line to Bollard	Pull-in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.37		16°	28.2	22%
2-A	0.36	42.3	0.36		17°	28.6	23%
3-B	0.34	33.5	0.39		22°	32.1	25%
4-B	0.32	31.8	0.38		24°	33.2	26%
5-C	0.38	32.6	0.33		23°	27.7	22%
6-D	0.90	69.2	0.15		12°	13.4	11%
7-D	0.78	60.1	0.17		13°	14.2	11%
8-E	0.42	63.1	0.15		8°	16.5	13%
9-E	0.43	64.6	0.15		8°	16.1	13%
10-F	0.25	21.8	0.56		22°	57.8	46%
11-F	0.27	23.6	0.53		19°	51.5	41%
12-G	0.50	42.1	0.36		10°	27.5	22%
13-G	0.56	48.2	0.36		8°	26.2	21%
14-H	0.72	58.7	0.31		6°	21.6	17%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	246	0.26$	95.2	0%
hh	303	0.35$	0.0	10%
ii	323	0.40$	65.8	78%
jj	323	0.40$	60.0	100%
kk	323	0.41$	60.1	100%
ll	324	0.41$	60.2	100%
mm	324	0.41$	60.3	100%

nn	325	0.42$	60.4	100%
oo	326	0.42$	60.5	100%
pp	327	0.43$	60.7	100%
qq	328	0.44$	60.9	100%
rr	329	0.44$	74.3	58%
ss	328	0.44$	95.8	23%
tt	325	0.42$	0.0	0%

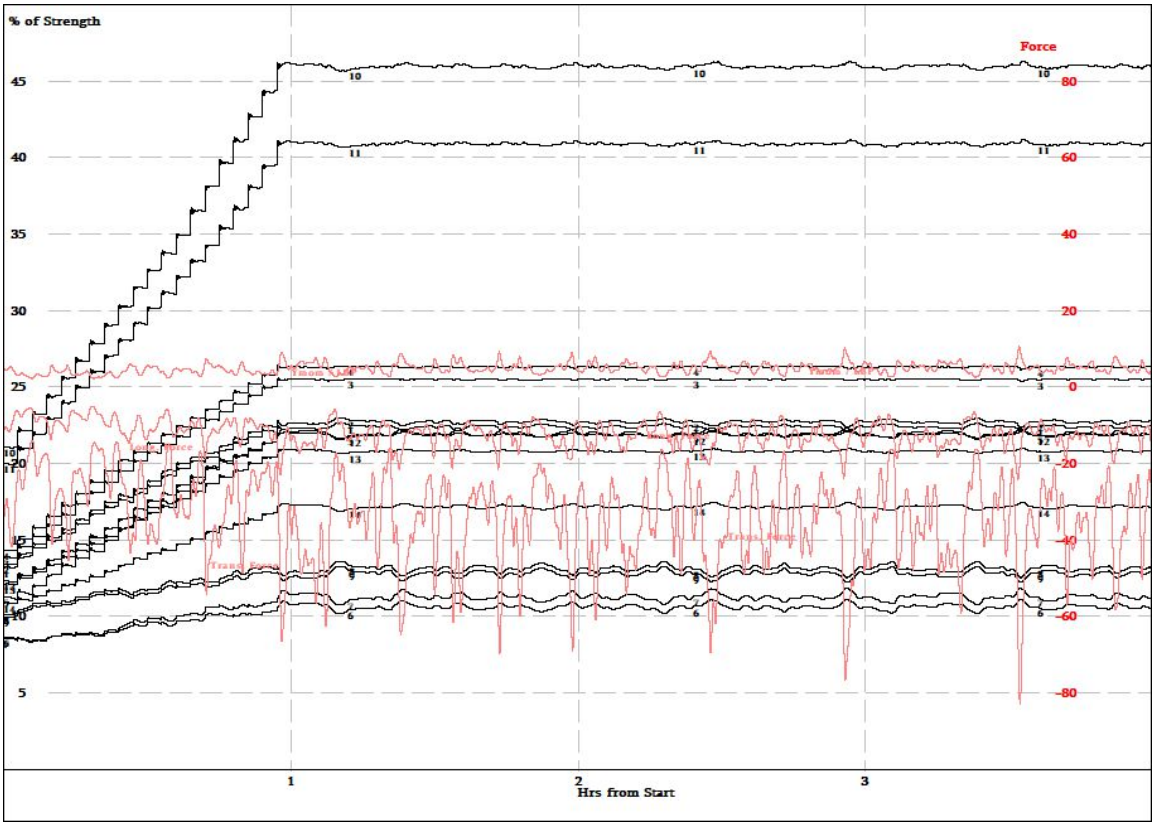
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	26.6	47.6			56.8	28%	29°	16.0
B	3.4	60.0			65.2	33%	3°	25.4
C	-12.9	22.0			27.7	14%	-30°	10.8
D	-26.5	5.0			27.6	14%	-79°	6.1
E	32.2	1.8			32.5	16%	87°	4.4
F	-37.8	94.9			109.2	55%	-22°	38.7
G	-28.5	44.7			53.6	27%	-33°	8.3
H	-14.5	15.8			21.6	11%	-42°	2.4

Approximate natural periods
Surge: 141 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.035

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	7.1 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	15 knots
Wind Direction from:	350° True -80° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.2	-0.2	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.6	-11.3	-1.6
Wind Drag Force:	2.7	70.0	-2.2
Total Force:	6.5	58.6	-3.9

Movement of Vessel	-0.41 (aft)	-0.02 (out)	0.0° (stbd)	0.02 (up)
at its Stbd Target	-0.43 (aft)	0.02 (inw)	0.0° (stbd)	-0.02 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.1° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.05	0.07	0.14	0.02	0.03	0.04	0.08	0.01	0.02	0.02	0.05
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.05	0.05	0.11	0.02	0.03	0.03	0.07	0.01	0.02	0.01	0.04

Line to Bollard	Pull-in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.22		16°	22.1	18%
2-A	0.36	42.3	0.22		17°	22.6	18%
3-B	0.34	33.5	0.25		22°	23.2	18%
4-B	0.32	31.8	0.25		24°	24.4	19%
5-C	0.38	32.6	0.22		23°	16.9	13%
6-D	0.90	69.2	0.08		12°	8.9	7%
7-D	0.78	60.1	0.08		13°	8.1	6%
8-E	0.42	63.1	0.04		8°	15.5	12%
9-E	0.43	64.6	0.04		8°	15.3	12%
10-F	0.25	21.8	0.19		22°	26.2	21%
11-F	0.27	23.6	0.19		20°	26.3	21%
12-G	0.50	42.1	0.18		10°	17.0	14%
13-G	0.56	48.2	0.19		8°	17.8	14%
14-H	0.72	58.7	0.17		7°	14.8	12%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	30	0.03$	10.3	9%
ii	87	0.09$	17.8	77%
jj	59	0.07$	11.0	100%
kk	36	0.04$	6.6	100%
ll	15	0.02$	2.8	100%
mm	1	0.00$	0.2	100%

nn	0			
oo	0			
pp	1	0.00$	0.2	100%
qq	8	0.01$	1.4	100%
rr	15	0.02$	3.3	58%
ss	3	0.00$	0.9	23%
tt	0			

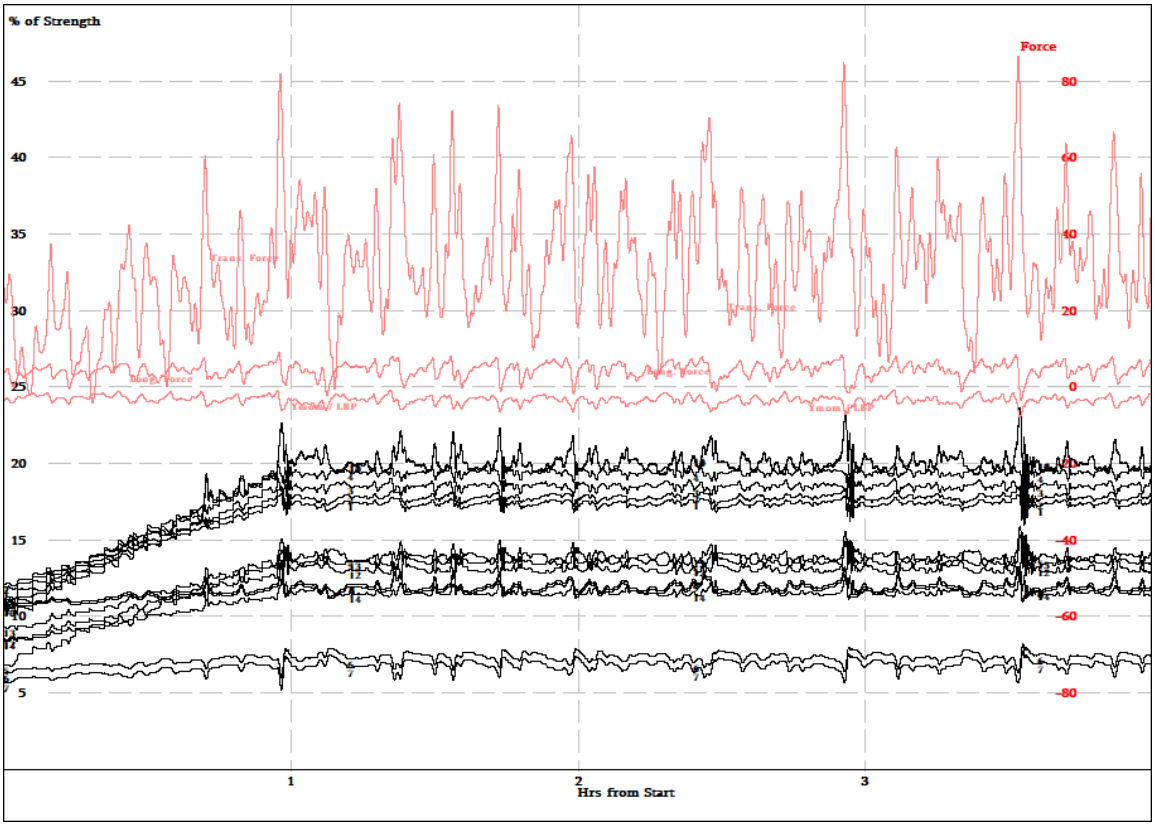
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	21.1	37.3			44.7	22%	30°	12.6
B	2.8	43.7			47.6	24%	4°	18.6
C	-7.8	13.4			16.9	8%	-30°	6.6
D	-16.3	3.1			17.0	9%	-79°	3.7
E	30.5	1.7			30.9	15%	87°	4.2
F	-17.7	45.8			52.5	26%	-21°	18.6
G	-18.3	29.0			34.8	17%	-32°	5.3
H	-9.9	10.9			14.8	7%	-42°	1.7

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.035

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	12.9 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	15 knots
Wind Direction from:	350° True -80° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.0	-0.4	0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.6	-11.2	-1.6
Wind Drag Force:	2.7	70.0	-2.2
Total Force:	6.3	58.4	-3.8

Movement of Vessel	-0.43 (aft)	-0.10 (out)	0.0° (stbd)	0.31 (up)
at its Stbd Target	-0.45 (aft)	0.04 (inw)	0.0° (stbd)	-0.31 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 1.8° Pitch: 0.1° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.08	0.20	0.67	0.78	0.03	0.06	0.19	0.23	0.01	0.02	0.06	0.07
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.20	0.91	0.98	0.01	0.06	0.28	0.30	0.01	0.02	0.09	0.10

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.37		16°	29.5	23%
2-A	0.36	42.3	0.36		17°	30.0	24%
3-B	0.34	33.5	0.39		22°	31.9	25%
4-B	0.32	31.8	0.38		24°	33.2	26%
5-C	0.38	32.6	0.33		23°	25.3	20%
6-D	0.90	69.2	0.15		12°	10.6	8%
7-D	0.78	60.1	0.17		13°	11.0	9%
8-E	0.42	63.1	0.15		8°	19.7	16%
9-E	0.43	64.6	0.15		8°	19.2	15%
10-F	0.25	21.8	0.56		22°	57.4	46%
11-F	0.27	23.6	0.53		19°	51.4	41%
12-G	0.50	42.1	0.36		10°	26.5	21%
13-G	0.56	48.2	0.36		8°	25.7	20%
14-H	0.72	58.7	0.31		6°	20.3	16%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	244	0.26$	94.5	0%
hh	299	0.34$	0.0	9%
ii	320	0.39$	65.6	77%
jj	319	0.39$	59.3	100%
kk	318	0.38$	59.1	100%
ll	317	0.38$	59.0	100%
mm	317	0.38$	59.0	100%

nn	317	0.38$	59.0	100%
oo	318	0.38$	59.1	100%
pp	319	0.39$	59.3	100%
qq	321	0.39$	59.6	100%
rr	321	0.39$	72.5	58%
ss	323	0.40$	93.9	23%
tt	322	0.40$	0.0	0%

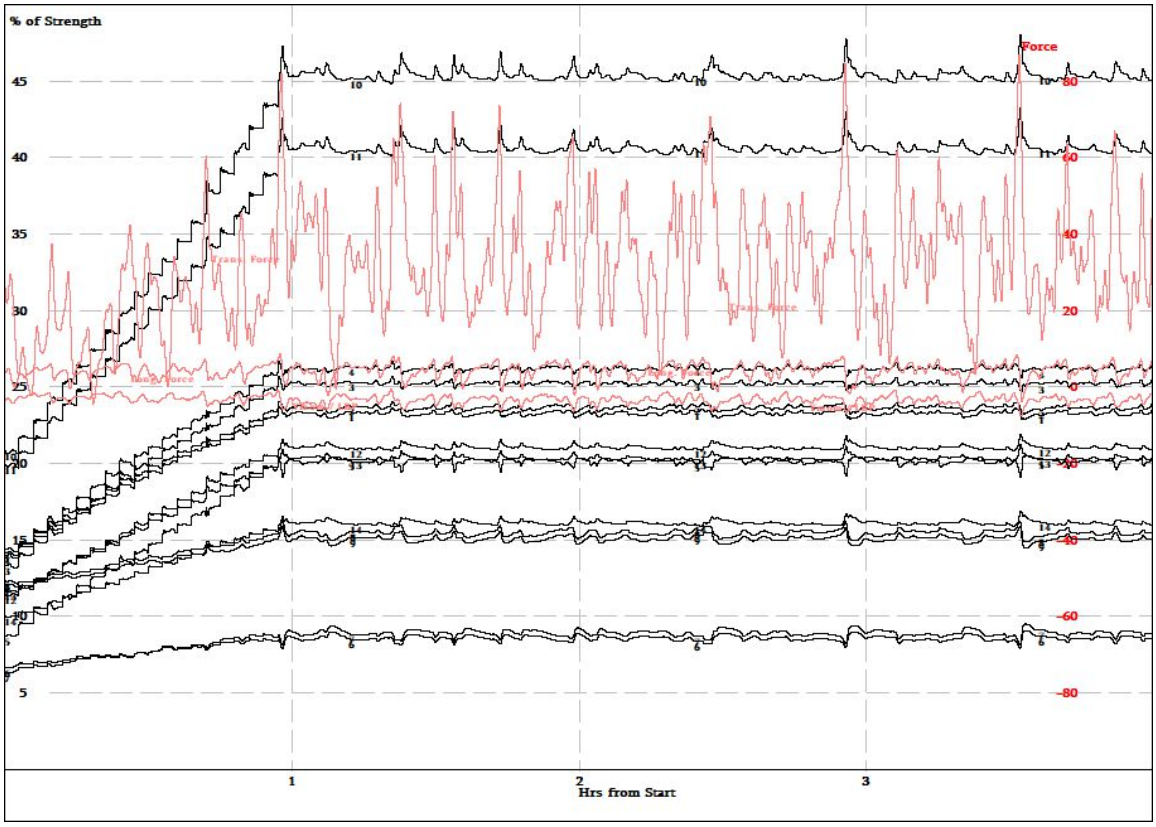
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	28.1	49.7			59.5	30%	30°	16.7
B	3.9	59.8			65.1	33%	4°	25.4
C	-11.7	20.2			25.3	13%	-30°	9.9
D	-20.6	3.9			21.5	11%	-79°	4.8
E	38.6	2.2			39.0	20%	87°	5.3
F	-36.4	95.0			108.8	54%	-21°	38.6
G	-27.5	43.6			52.1	26%	-32°	8.0
H	-13.5	14.9			20.3	10%	-42°	2.3

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.035

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	7.1 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	435° True 5° Screen Right
Wind Speed:	20 knots
Wind Direction from:	100° True 30° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.2	-0.2	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	-3.6	-11.0	1.7
Wind Drag Force:	-24.7	-57.1	8.2
Total Force:	-28.1	-68.3	9.7

Movement of Vessel	-0.23 (aft)	0.00 (out)	0.0° (stbd)	0.02 (up)
at its Stbd Target	-0.25 (aft)	0.03 (inw)	0.0° (stbd)	-0.02 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.1° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.05	0.07	0.14	0.02	0.03	0.04	0.08	0.01	0.02	0.02	0.05
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.05	0.05	0.11	0.02	0.03	0.03	0.07	0.01	0.02	0.01	0.04

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.22		16°	19.8	16%
2-A	0.36	42.3	0.22		17°	20.2	16%
3-B	0.34	33.5	0.25		22°	24.2	19%
4-B	0.32	31.8	0.25		24°	25.0	20%
5-C	0.38	32.6	0.22		23°	22.2	18%
6-D	0.90	69.2	0.08		12°	13.2	10%
7-D	0.78	60.1	0.08		13°	13.1	10%
8-E	0.42	63.1	0.04		8°	10.6	8%
9-E	0.43	64.6	0.04		8°	10.5	8%
10-F	0.25	21.8	0.19		22°	26.0	21%
11-F	0.27	23.6	0.19		20°	25.6	20%
12-G	0.50	42.1	0.18		10°	18.5	15%
13-G	0.56	48.2	0.19		8°	18.3	15%
14-H	0.72	58.7	0.17		6°	16.4	13%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	40	0.04$	13.4	11%
ii	107	0.11$	21.7	79%
jj	87	0.09$	16.2	100%
kk	69	0.08$	12.8	100%
ll	55	0.06$	10.3	100%
mm	48	0.05$	9.0	100%

nn	50	0.06$	9.3	100%
oo	59	0.07$	10.9	100%
pp	72	0.08$	13.4	100%
qq	88	0.09$	16.3	99%
rr	104	0.11$	23.6	58%
ss	65	0.07$	19.0	22%
tt	7	0.01$	2.6	0%

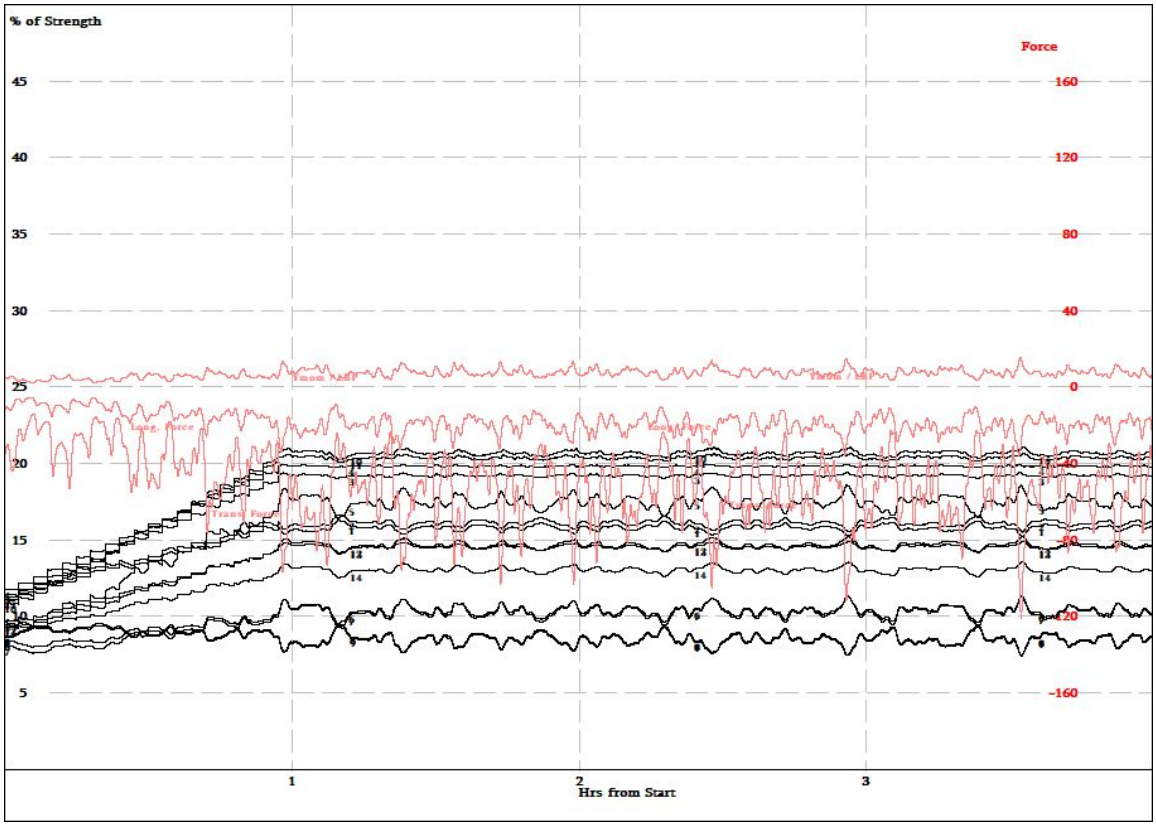
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	18.7	33.6			40.1	20%	29°	11.3
B	2.3	45.3			49.2	25%	3°	19.2
C	-10.5	17.5			22.2	11%	-31°	8.6
D	-25.2	4.8			26.3	13%	-79°	5.8
E	20.8	1.1			21.0	11%	87°	2.9
F	-18.3	44.6			51.5	26%	-22°	18.3
G	-19.6	30.5			36.7	18%	-33°	5.6
H	-11.1	12.0			16.4	8%	-43°	1.9

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.04

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	12.9 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	435° True 5° Screen Right
Wind Speed:	20 knots
Wind Direction from:	100° True 30° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.0	-0.4	0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	-3.6	-11.0	1.7
Wind Drag Force:	-24.7	-57.1	8.2
Total Force:	-28.3	-68.5	9.9

Movement of Vessel	-0.25 (aft)	-0.08 (out)	0.0° (stbd)	0.31 (up)
at its Stbd Target	-0.27 (aft)	0.06 (inw)	0.0° (stbd)	-0.31 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 1.8° Pitch: 0.1° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.08	0.20	0.67	0.78	0.03	0.06	0.19	0.23	0.01	0.02	0.06	0.07
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.20	0.91	0.98	0.01	0.06	0.28	0.30	0.01	0.02	0.09	0.10

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.37		16°	27.7	22%
2-A	0.36	42.3	0.36		17°	28.1	22%
3-B	0.34	33.5	0.39		22°	32.1	26%
4-B	0.32	31.8	0.38		24°	33.1	26%
5-C	0.38	32.6	0.33		23°	28.5	23%
6-D	0.90	69.2	0.14		12°	14.4	11%
7-D	0.78	60.1	0.17		13°	15.4	12%
8-E	0.42	63.1	0.15		8°	15.3	12%
9-E	0.43	64.6	0.15		8°	14.9	12%
10-F	0.25	21.8	0.56		22°	58.5	46%
11-F	0.27	23.6	0.53		19°	52.0	41%
12-G	0.50	42.1	0.36		10°	28.1	22%
13-G	0.56	48.2	0.36		8°	26.6	21%
14-H	0.72	58.7	0.31		6°	22.3	18%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	246	0.26$	95.3	0%
hh	304	0.35$	0.0	11%
ii	323	0.41$	65.8	78%
jj	324	0.41$	60.1	100%
kk	324	0.41$	60.2	100%
ll	324	0.41$	60.3	100%
mm	325	0.42$	60.4	100%

nn	326	0.42$	60.5	100%
oo	327	0.43$	60.7	100%
pp	328	0.44$	60.9	100%
qq	329	0.44$	61.2	100%
rr	330	0.45$	74.7	58%
ss	329	0.45$	96.3	22%
tt	325	0.42$	0.0	0%

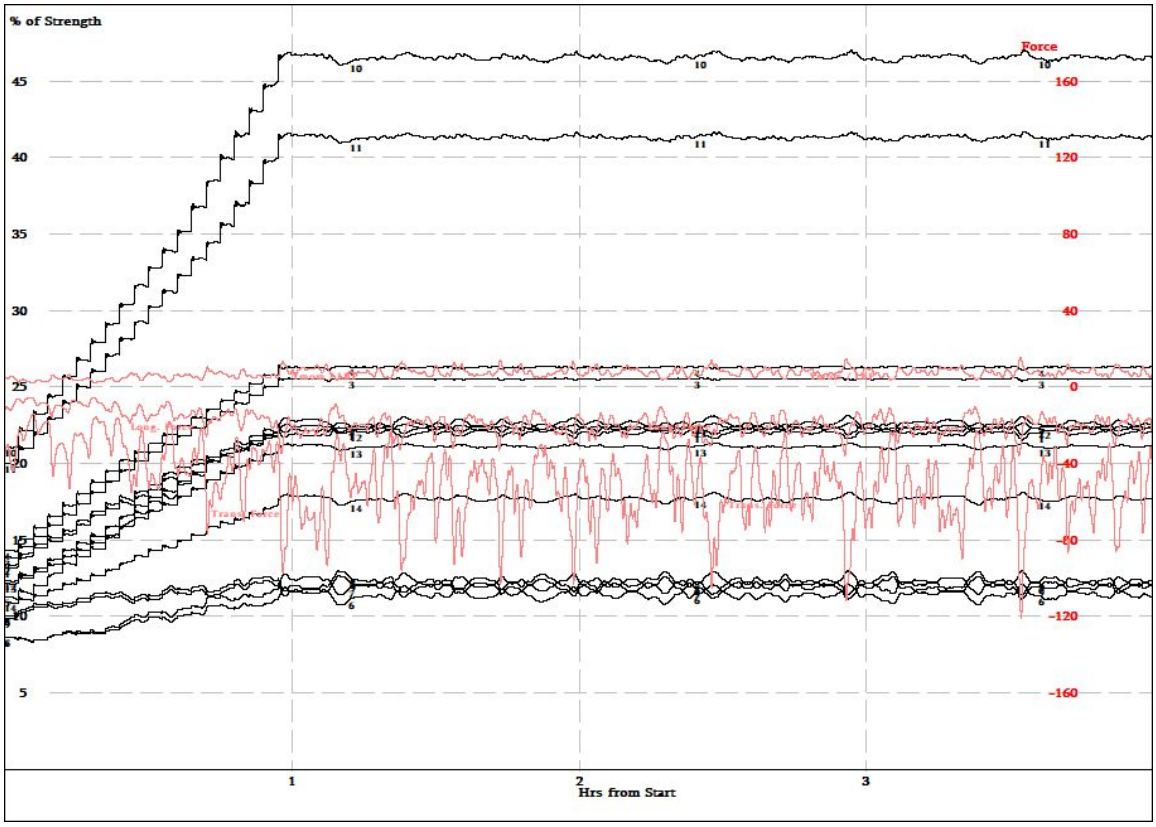
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	26.0	46.7			55.7	28%	29°	15.7
B	3.2	60.0			65.2	33%	3°	25.4
C	-13.4	22.6			28.5	14%	-31°	11.1
D	-28.6	5.4			29.8	15%	-79°	6.5
E	29.9	1.7			30.2	15%	87°	4.1
F	-38.7	95.7			110.4	55%	-22°	39.1
G	-29.1	45.4			54.6	27%	-33°	8.4
H	-15.0	16.3			22.3	11%	-43°	2.5

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.04

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	7.1 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	20 knots
Wind Direction from:	350° True -80° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.2	-0.2	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.5	-12.7	-2.1
Wind Drag Force:	4.4	126.0	-4.3
Total Force:	8.2	113.1	-6.5

Movement of Vessel	-0.41 (aft)	-0.02 (out)	0.0° (stbd)	0.02 (up)
at its Stbd Target	-0.43 (aft)	0.02 (inw)	0.0° (stbd)	-0.02 (down)
Velocities:	-0.01	0.01 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.1° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.05	0.07	0.14	0.02	0.03	0.04	0.08	0.01	0.02	0.02	0.05
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.05	0.05	0.11	0.02	0.03	0.03	0.07	0.01	0.02	0.01	0.04

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.22		16°	27.1	22%
2-A	0.36	42.3	0.22		17°	27.6	22%
3-B	0.34	33.5	0.25		21°	28.9	23%
4-B	0.32	31.8	0.25		24°	30.1	24%
5-C	0.38	32.6	0.22		23°	21.6	17%
6-D	0.90	69.2	0.08		12°	8.3	7%
7-D	0.78	60.1	0.08		13°	7.2	6%
8-E	0.42	63.1	0.04		8°	17.4	14%
9-E	0.43	64.6	0.04		8°	17.2	14%
10-F	0.25	21.8	0.19		22°	35.9	29%
11-F	0.27	23.6	0.19		19°	35.7	28%
12-G	0.50	42.1	0.18		10°	22.9	18%
13-G	0.56	48.2	0.19		8°	23.5	19%
14-H	0.72	58.7	0.17		6°	18.5	15%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	0			
jj	0			
kk	0			
ll	0			
mm	0			

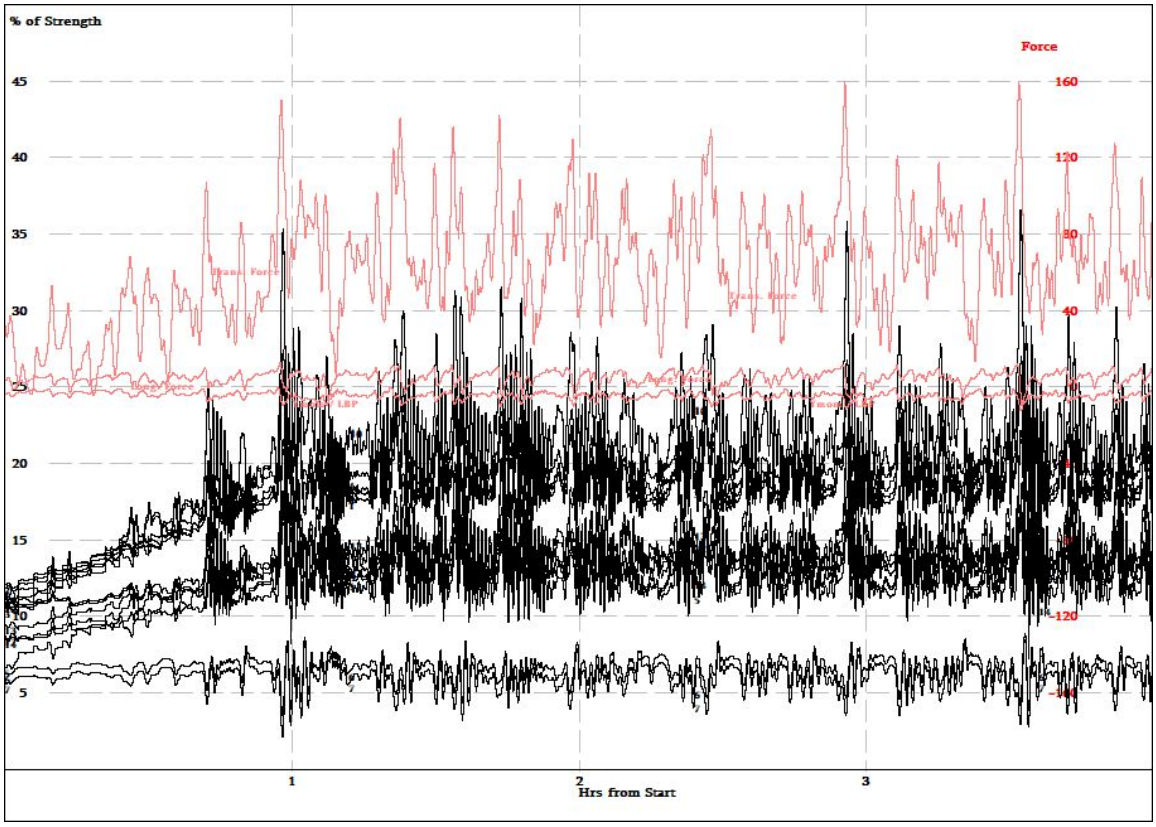
nn 0
oo 0
pp 0
qq 0
rr 0
ss 0
tt 0
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	25.8	45.7			54.7	27%	29°	15.3
B	3.6	54.2			58.9	29%	4°	22.9
C	-9.9	17.3			21.6	11%	-30°	8.4
D	-14.9	2.9			15.5	8%	-79°	3.4
E	34.2	2.2			34.6	17%	86°	4.7
F	-23.3	62.9			71.6	36%	-20°	25.0
G	-24.2	38.8			46.3	23%	-32°	7.1
H	-12.3	13.6			18.5	9%	-42°	2.1

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.058

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	12.9 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	20 knots
Wind Direction from:	350° True -80° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.0	-0.4	0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.6	-12.3	-1.5
Wind Drag Force:	4.4	126.0	-4.3
Total Force:	8.0	113.2	-5.8

Movement of Vessel	-0.43 (aft)	-0.10 (out)	0.0° (stbd)	0.31 (up)
at its Stbd Target	-0.45 (aft)	0.04 (inw)	0.0° (stbd)	-0.31 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 1.8° Pitch: 0.1° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.08	0.20	0.67	0.78	0.03	0.06	0.19	0.23	0.01	0.02	0.06	0.07
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.20	0.91	0.98	0.01	0.06	0.28	0.30	0.01	0.02	0.09	0.10

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.37		16°	30.4	24%
2-A	0.36	42.3	0.36		17°	30.9	25%
3-B	0.34	33.5	0.39		22°	32.3	26%
4-B	0.32	31.8	0.38		24°	33.6	27%
5-C	0.38	32.6	0.33		23°	24.6	19%
6-D	0.90	69.2	0.15		12°	9.4	7%
7-D	0.78	60.1	0.17		13°	9.6	8%
8-E	0.42	63.1	0.15		8°	21.4	17%
9-E	0.43	64.6	0.15		8°	20.9	17%
10-F	0.25	21.8	0.56		22°	65.0	52%
11-F	0.27	23.6	0.53		19°	58.8	47%
12-G	0.50	42.1	0.36		10°	29.0	23%
13-G	0.56	48.2	0.36		8°	28.2	22%
14-H	0.72	58.7	0.31		6°	22.3	18%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	228	0.24$	88.4	0%
hh	267	0.29$	90.7	9%
ii	273	0.30$	56.0	77%
jj	264	0.28$	49.2	100%
kk	256	0.27$	47.7	100%
ll	249	0.26$	46.3	100%
mm	240	0.25$	44.7	100%

nn	232	0.24$	43.2	100%
oo	225	0.23$	41.9	100%
pp	219	0.23$	40.7	100%
qq	213	0.22$	39.6	100%
rr	208	0.21$	46.9	58%
ss	256	0.27$	74.5	23%
tt	295	0.33$	0.0	0%

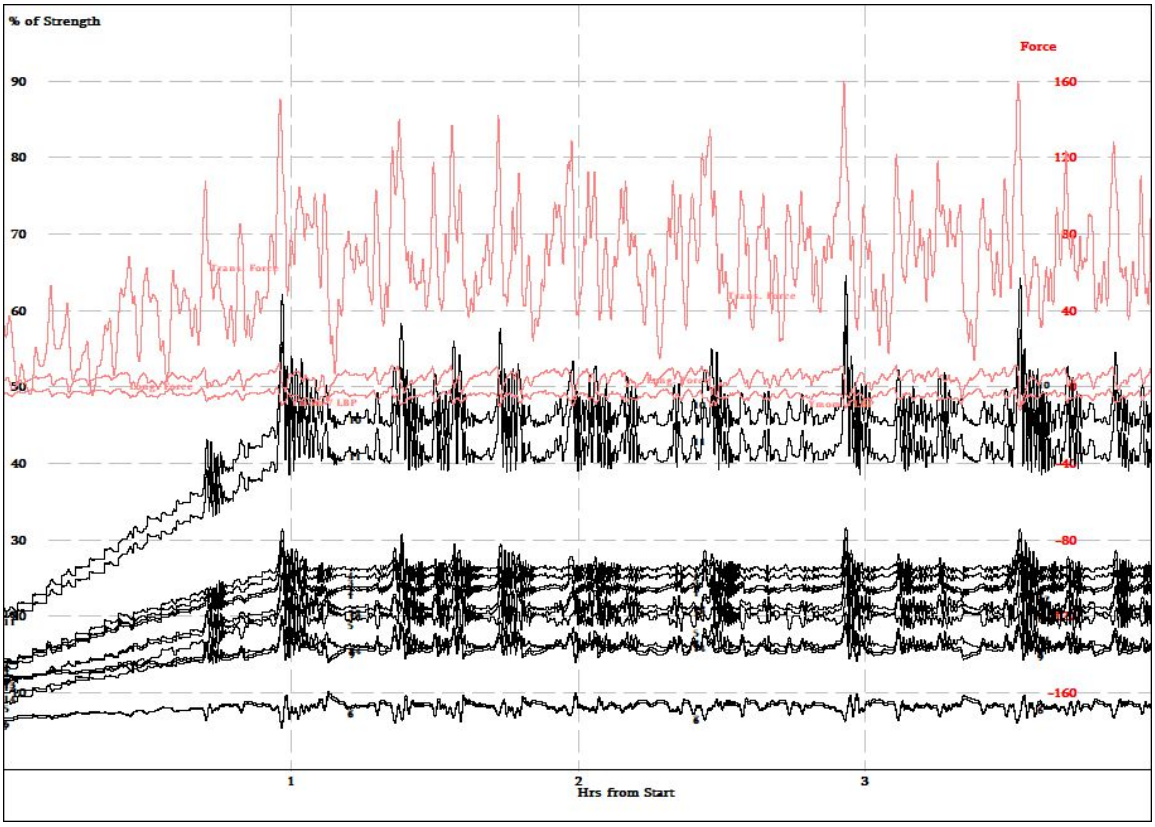
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	29.0	51.1			61.2	31%	30°	17.2
B	4.1	60.5			65.9	33%	4°	25.7
C	-11.3	19.6			24.6	12%	-30°	9.6
D	-18.1	3.5			18.9	9%	-79°	4.2
E	41.9	2.6			42.3	21%	86°	5.7
F	-40.4	108.6			123.7	62%	-20°	43.4
G	-29.9	47.8			57.1	29%	-32°	8.8
H	-14.8	16.5			22.3	11%	-42°	2.5

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.058

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

```
                    Water Level:   3.15 above Datum (initialised at this water level)
                          Draft:  14.00 (initialised at this draft))
                           Trim:   0.00 (initialised at this trim)
                             GM:   3.0
                Bottom Clearance:   4.5
                            LCG:   2.5 from midship (+ve forward)
      Fwd Offset of Vessel Target: -12.6 from Berth Target
             Vessel Stbd Target:  10.4 above Pier
           Significant Wave Ht:   0.29
              Wave Mean Period:   7.1 sec
 True  110° Screen Right solid pier shields Wave
                 Wave Spectrum: Pierson-Moskowitz
                       Current:   1.0 knots
         Current Direction from:   435° True    5° Screen Right
                    Wind Speed:    25 knots
          Wind Direction from:   100° True   30° Screen Right (solid pier shields wind)

       Total End-on Windage Area:  1857
         Total Side Windage Area: 11059

                     Longitudinal  Transverse  Yaw Moment/LBP
  Wave Drift Force:       0.2         -0.2         -0.1 (solid pier shields Wave)
  Fluid Drag Force:      -3.6        -11.0          1.7
   Wind Drag Force:     -41.1        -94.6         13.5
       Total Force:     -44.4       -105.7         15.1

Movement of Vessel  -0.21 (aft)    0.00 (out)   0.0° (stbd)   0.02 (up)
at its Stbd Target  -0.23 (aft)    0.04 (inw)   0.0° (stbd)  -0.02 (down)
        Velocities:   0.00          0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)

Probable Maximum Angles in 3 hours...      Roll: 0.1°      Pitch: 0.0°      Yaw: 0.1°
```

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship from CL	X Fwd	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.05	0.07	0.14	0.02	0.03	0.04	0.08	0.01	0.02	0.02	0.05
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.05	0.05	0.11	0.02	0.03	0.03	0.07	0.01	0.02	0.01	0.04

Line to Bollard	Pull-in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.22		16°	19.1	15%
2-A	0.36	42.3	0.22		17°	19.4	15%
3-B	0.34	33.5	0.25		22°	24.5	19%
4-B	0.32	31.8	0.25		24°	25.1	20%
5-C	0.38	32.6	0.22		23°	23.8	19%
6-D	0.90	69.2	0.08		12°	14.6	12%
7-D	0.78	60.1	0.08		13°	14.7	12%
8-E	0.42	63.1	0.04		8°	9.0	7%
9-E	0.43	64.6	0.04		8°	9.0	7%
10-F	0.25	21.8	0.19		22°	26.6	21%
11-F	0.27	23.6	0.19		20°	26.0	21%
12-G	0.50	42.1	0.18		10°	19.4	15%
13-G	0.56	48.2	0.19		8°	18.9	15%
14-H	0.72	58.7	0.17		6°	17.3	14%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	40	0.05$	13.4	11%
ii	107	0.11$	21.6	79%
jj	88	0.10$	16.4	100%
kk	72	0.08$	13.4	100%
ll	59	0.07$	11.0	100%
mm	53	0.06$	9.9	100%

nn	57	0.06$	10.5	100%
oo	67	0.07$	12.5	100%
pp	82	0.09$	15.3	100%
qq	99	0.11$	18.5	99%
rr	117	0.12$	26.6	57%
ss	74	0.08$	21.7	22%
tt	11	0.01$	4.3	0%

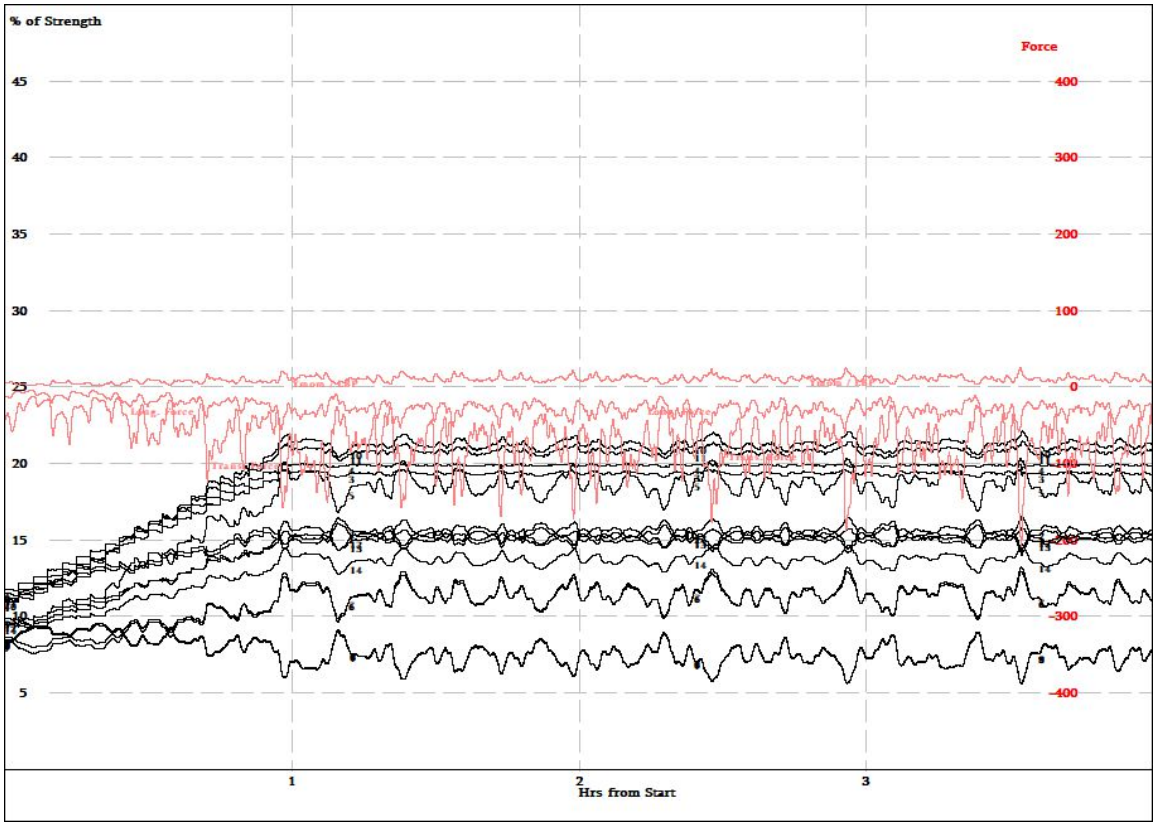
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	17.9	32.3			38.5	19%	29°	10.9
B	2.1	45.6			49.6	25%	3°	19.4
C	-11.3	18.8			23.8	12%	-31°	9.2
D	-28.0	5.3			29.2	15%	-79°	6.4
E	17.8	0.9			18.0	9%	87°	2.5
F	-19.0	45.4			52.6	26%	-23°	18.7
G	-20.5	31.7			38.2	19%	-33°	5.9
H	-11.7	12.6			17.3	9%	-43°	2.0

Approximate natural periods
Surge: 143 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.083

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	12.9 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	435° True 5° Screen Right
Wind Speed:	25 knots
Wind Direction from:	100° True 30° Screen Right (solid pier shields wind)
Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.0	-0.4	0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	-3.6	-10.9	1.7
Wind Drag Force:	-41.0	-94.5	13.5
Total Force:	-44.6	-105.8	15.2

Movement of Vessel	-0.23 (aft)	-0.08 (out)	0.0° (stbd)	0.31 (up)
at its Stbd Target	-0.25 (aft)	0.06 (inw)	0.0° (stbd)	-0.31 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 1.8° Pitch: 0.1° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.08	0.20	0.67	0.78	0.03	0.06	0.19	0.23	0.01	0.02	0.06	0.07
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.20	0.91	0.98	0.01	0.06	0.28	0.30	0.01	0.02	0.09	0.10

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.37		16°	27.0	21%
2-A	0.36	42.3	0.36		17°	27.3	22%
3-B	0.34	33.5	0.39		22°	32.1	26%
4-B	0.32	31.8	0.38		24°	33.0	26%
5-C	0.38	32.6	0.33		23°	29.5	23%
6-D	0.90	69.2	0.14		12°	15.7	12%
7-D	0.78	60.1	0.17		13°	16.9	13%
8-E	0.42	63.1	0.15		8°	13.8	11%
9-E	0.43	64.6	0.15		8°	13.5	11%
10-F	0.25	21.8	0.56		22°	59.4	47%
11-F	0.27	23.6	0.53		19°	52.6	42%
12-G	0.50	42.1	0.36		10°	28.8	23%
13-G	0.56	48.2	0.36		8°	27.0	21%
14-H	0.72	58.7	0.31		6°	23.1	18%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	247	0.26$	95.5	0%
hh	305	0.35$	0.0	11%
ii	324	0.41$	65.8	79%
jj	324	0.41$	60.3	100%
kk	325	0.42$	60.4	100%
ll	325	0.42$	60.5	100%
mm	326	0.43$	60.6	100%

nn	327	0.43$	60.8	100%
oo	328	0.44$	61.0	100%
pp	329	0.45$	61.2	100%
qq	330	0.46$	61.6	99%
rr	330	0.47$	74.8	57%
ss	330	0.45$	96.8	22%
tt	326	0.42$	0.0	0%

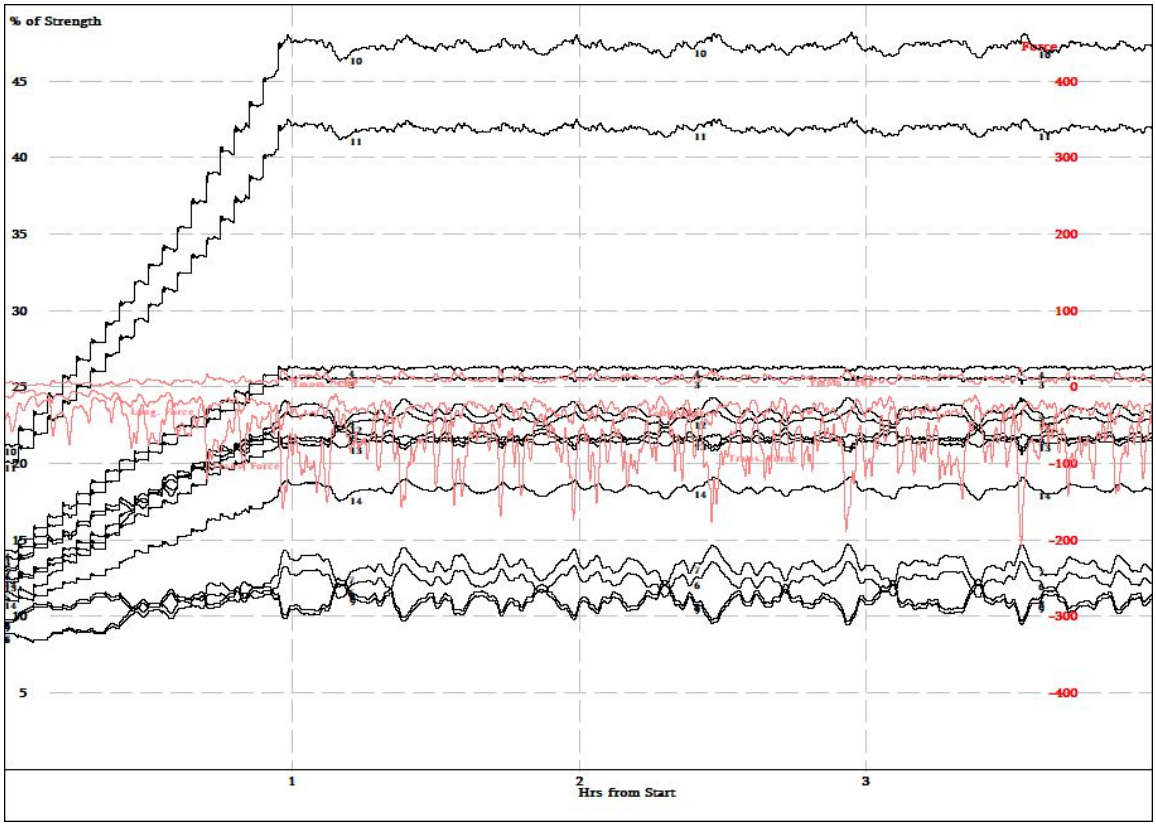
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	25.3	45.6			54.3	27%	29°	15.3
B	3.0	59.9			65.1	33%	3°	25.4
C	-13.9	23.4			29.5	15%	-31°	11.5
D	-31.2	5.9			32.6	16%	-79°	7.1
E	27.0	1.5			27.3	14%	87°	3.7
F	-39.8	96.8			111.9	56%	-22°	39.6
G	-29.8	46.3			55.7	28%	-33°	8.6
H	-15.5	16.9			23.1	12%	-43°	2.6

Approximate natural periods
Surge: 143 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.083

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	7.1 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	25 knots
Wind Direction from:	350° True -80° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.2	-0.2	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	4.0	-13.8	-2.2
Wind Drag Force:	6.7	196.0	-6.9
Total Force:	10.9	182.0	-9.2

Movement of Vessel	-0.42 (aft)	-0.02 (out)	0.0° (stbd)	0.02 (up)
at its Stbd Target	-0.44 (aft)	0.02 (inw)	0.0° (stbd)	-0.02 (down)
Velocities:	0.02	0.01 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.1° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.05	0.07	0.14	0.02	0.03	0.04	0.08	0.01	0.02	0.02	0.05
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.05	0.05	0.11	0.02	0.03	0.03	0.07	0.01	0.02	0.01	0.04

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.22		16°	27.7	22%
2-A	0.36	42.3	0.22		17°	28.3	22%
3-B	0.34	33.5	0.25		21°	29.1	23%
4-B	0.32	31.8	0.25		24°	30.4	24%
5-C	0.38	32.6	0.22		23°	20.9	17%
6-D	0.90	69.2	0.08		12°	7.5	6%
7-D	0.78	60.1	0.08		13°	6.3	5%
8-E	0.42	63.1	0.04		8°	18.4	15%
9-E	0.43	64.6	0.04		8°	18.1	14%
10-F	0.25	21.8	0.19		22°	35.5	28%
11-F	0.27	23.6	0.19		19°	35.4	28%
12-G	0.50	42.1	0.18		10°	22.2	18%
13-G	0.56	48.2	0.19		8°	23.1	18%
14-H	0.72	58.7	0.17		6°	17.9	14%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	0			
jj	0			
kk	0			
ll	0			
mm	0			

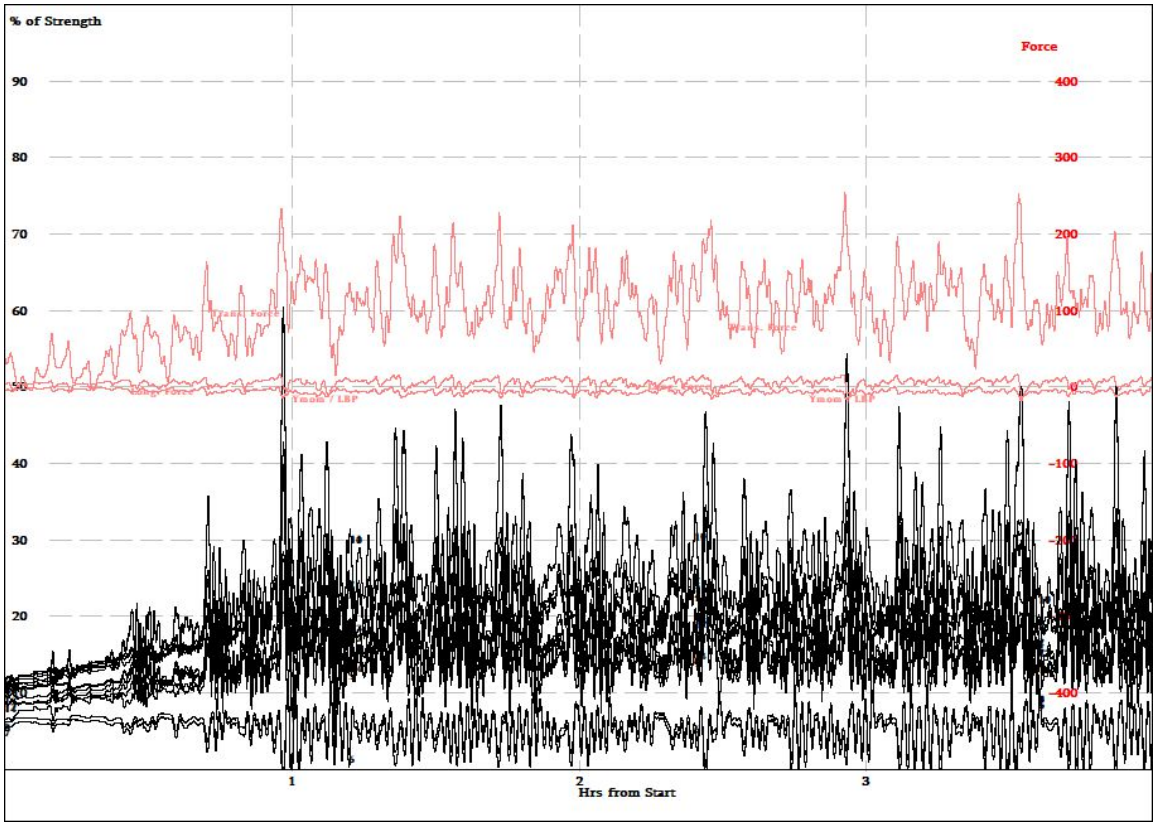
nn 0
oo 0
pp 0
qq 0
rr 0
ss 0
tt 0
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	26.5	46.8			56.0	28%	30°	15.6
B	3.8	54.7			59.5	30%	4°	23.1
C	-9.5	16.8			20.9	10%	-30°	8.2
D	-13.2	2.6			13.8	7%	-79°	3.0
E	36.0	2.3			36.4	18%	86°	4.9
F	-22.9	62.3			70.8	35%	-20°	24.7
G	-23.6	38.0			45.2	23%	-32°	6.9
H	-11.9	13.2			17.9	9%	-42°	2.0

Approximate natural periods
Surge: 143 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.083

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	12.9 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	25 knots
Wind Direction from:	350° True -80° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.0	-0.4	0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.8	-15.2	-2.2
Wind Drag Force:	6.7	196.0	-6.9
Total Force:	10.5	180.4	-9.0

Movement of Vessel	-0.43 (aft)	-0.10 (out)	0.0° (stbd)	0.31 (up)
at its Stbd Target	-0.45 (aft)	0.04 (inw)	0.0° (stbd)	-0.31 (down)
Velocities:	0.01	0.01 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 1.8° Pitch: 0.1° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship from CL	X Fwd	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.08	0.20	0.67	0.78	0.03	0.06	0.19	0.23	0.01	0.02	0.06	0.07
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.20	0.91	0.98	0.01	0.06	0.28	0.30	0.01	0.02	0.09	0.10

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.37		16°	30.9	25%
2-A	0.36	42.3	0.36		17°	31.5	25%
3-B	0.34	33.5	0.39		22°	33.3	26%
4-B	0.32	31.8	0.38		24°	34.7	28%
5-C	0.38	32.6	0.33		23°	25.9	21%
6-D	0.90	69.2	0.15		12°	9.9	8%
7-D	0.78	60.1	0.17		13°	10.1	8%
8-E	0.42	63.1	0.15		8°	21.0	17%
9-E	0.43	64.6	0.15		8°	20.5	16%
10-F	0.25	21.8	0.56		22°	64.1	51%
11-F	0.27	23.6	0.53		19°	58.0	46%
12-G	0.50	42.1	0.36		10°	28.7	23%
13-G	0.56	48.2	0.36		8°	27.9	22%
14-H	0.72	58.7	0.31		6°	22.1	18%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	222	0.23$	86.0	0%
hh	257	0.27$	87.3	9%
ii	260	0.28$	53.3	77%
jj	254	0.27$	47.1	100%
kk	248	0.26$	46.1	100%
ll	241	0.25$	44.9	100%
mm	236	0.25$	43.9	100%

nn	231	0.24$	43.0	100%
oo	228	0.24$	42.3	100%
pp	224	0.23$	41.7	100%
qq	222	0.23$	41.3	100%
rr	220	0.23$	49.6	58%
ss	265	0.28$	76.8	23%
tt	298	0.34$	0.0	0%

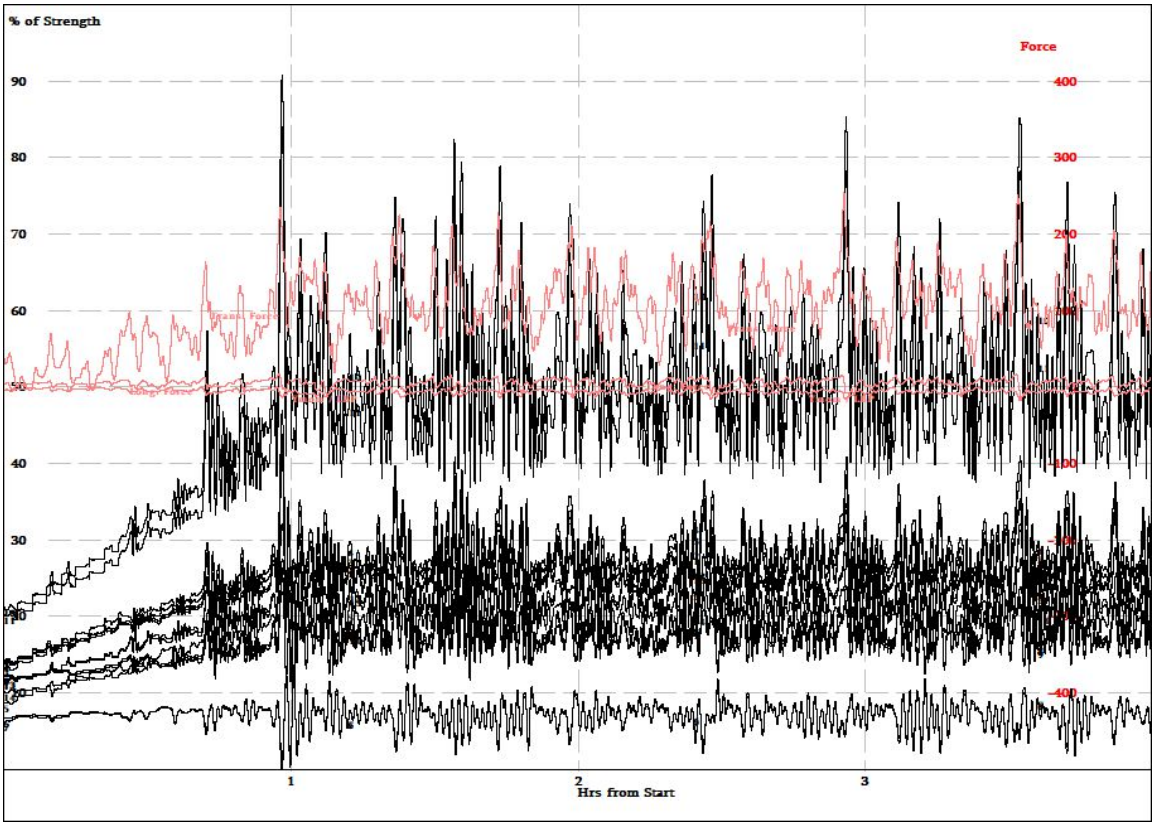
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	29.5	52.1			62.4	31%	30°	17.5
B	4.2	62.5			68.0	34%	4°	26.4
C	-11.9	20.7			25.9	13%	-30°	10.1
D	-19.1	3.7			20.0	10%	-79°	4.4
E	41.0	2.5			41.5	21%	87°	5.6
F	-40.0	107.0			122.0	61%	-21°	42.9
G	-29.6	47.4			56.5	28%	-32°	8.7
H	-14.7	16.3			22.1	11%	-42°	2.5

Approximate natural periods
Surge: 143 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.083

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	7.1 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	435° True 5° Screen Right
Wind Speed:	30 knots
Wind Direction from:	100° True 30° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.2	-0.2	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	-3.6	-10.7	1.6
Wind Drag Force:	-68.3	-182.3	25.2
Total Force:	-71.7	-193.2	26.7

Movement of Vessel	0.22 (fwd)	0.01 (inw)	0.0° (port)	0.02 (up)
at its Stbd Target	0.20 (fwd)	0.05 (inw)	0.0° (port)	-0.02 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.1° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.05	0.07	0.14	0.02	0.03	0.04	0.08	0.01	0.02	0.02 0.05
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.05	0.05	0.11	0.02	0.03	0.03	0.07	0.01	0.02	0.01 0.04

Line to Bollard	Pull-in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.22		16°	18.0	14%
2-A	0.36	42.3	0.22		17°	18.3	15%
3-B	0.34	33.5	0.25		22°	24.7	20%
4-B	0.32	31.8	0.25		24°	25.2	20%
5-C	0.38	32.6	0.22		23°	25.7	20%
6-D	0.90	69.2	0.08		12°	16.3	13%
7-D	0.78	60.1	0.08		13°	16.7	13%
8-E	0.42	63.1	0.04		8°	7.0	6%
9-E	0.43	64.6	0.04		8°	7.0	6%
10-F	0.25	21.8	0.19		22°	27.5	22%
11-F	0.27	23.6	0.19		20°	26.7	21%
12-G	0.50	42.1	0.18		10°	20.6	16%
13-G	0.56	48.2	0.19		8°	19.7	16%
14-H	0.72	58.7	0.17		6°	18.4	15%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	43	0.05$	13.9	12%
ii	109	0.12$	22.1	80%
jj	93	0.10$	17.3	100%
kk	78	0.08$	14.5	100%
ll	66	0.07$	12.4	100%
mm	62	0.07$	11.5	100%

nn	67	0.07$	12.5	100%
oo	80	0.09$	14.9	100%
pp	97	0.10$	18.0	100%
qq	115	0.12$	21.6	99%
rr	135	0.14$	30.7	57%
ss	86	0.09$	25.4	22%
tt	17	0.02$	6.6	0%

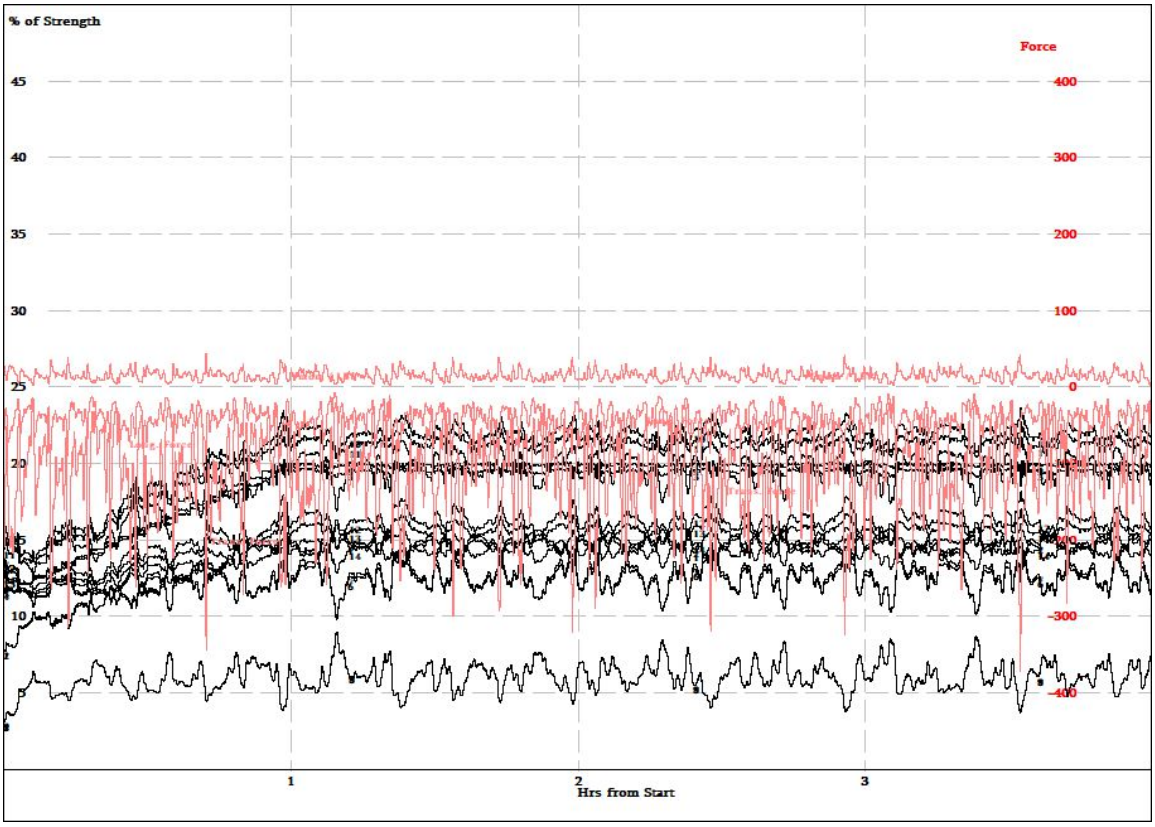
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	16.7	30.5			36.2	18%	29°	10.3
B	1.9	45.9			49.9	25%	2°	19.5
C	-12.3	20.3			25.7	13%	-31°	10.0
D	-31.7	5.9			33.0	17%	-79°	7.2
E	13.9	0.7			14.0	7%	87°	1.9
F	-19.9	46.6			54.2	27%	-23°	19.2
G	-21.7	33.3			40.2	20%	-33°	6.2
H	-12.4	13.4			18.4	9%	-43°	2.1

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.025

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	12.9 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	435° True 5° Screen Right
Wind Speed:	30 knots
Wind Direction from:	100° True 30° Screen Right (solid pier shields wind)
Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.0	-0.4	0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	-3.6	-10.9	1.6
Wind Drag Force:	-68.3	-182.2	25.2
Total Force:	-71.9	-193.6	26.9

Movement of Vessel	0.21 (fwd)	-0.05 (out)	0.0° (port)	0.31 (up)
at its Stbd Target	0.19 (fwd)	0.09 (inw)	0.0° (port)	-0.31 (down)
Velocities:	0.00	0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 1.8° Pitch: 0.1° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship from CL	X Fwd	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.08	0.20	0.67	0.78	0.03	0.06	0.19	0.23	0.01	0.02	0.06	0.07
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.20	0.91	0.98	0.01	0.06	0.28	0.30	0.01	0.02	0.09	0.10

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.37		16°	26.1	21%
2-A	0.36	42.3	0.36		17°	26.5	21%
3-B	0.34	33.5	0.39		22°	32.1	25%
4-B	0.32	31.8	0.38		24°	32.8	26%
5-C	0.38	32.6	0.33		23°	30.7	24%
6-D	0.90	69.2	0.14		12°	17.2	14%
7-D	0.78	60.1	0.17		13°	18.6	15%
8-E	0.42	63.1	0.15		8°	12.1	10%
9-E	0.43	64.6	0.15		8°	11.8	9%
10-F	0.25	21.8	0.56		22°	60.0	48%
11-F	0.27	23.6	0.53		19°	53.0	42%
12-G	0.50	42.1	0.36		10°	29.4	23%
13-G	0.56	48.2	0.36		8°	27.4	22%
14-H	0.72	58.7	0.31		6°	24.0	19%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	249	0.26$	96.3	0%
hh	308	0.36$	0.0	11%
ii	326	0.42$	66.0	79%
jj	326	0.43$	60.6	100%
kk	327	0.43$	60.7	100%
ll	327	0.44$	60.9	100%
mm	328	0.44$	61.0	100%

nn	330	0.45$	61.2	100%
oo	331	0.46$	61.5	100%
pp	329	0.47$	61.2	100%
qq	327	0.48$	61.1	99%
rr	325	0.49$	73.8	57%
ss	329	0.47$	96.6	22%
tt	327	0.43$	0.0	0%

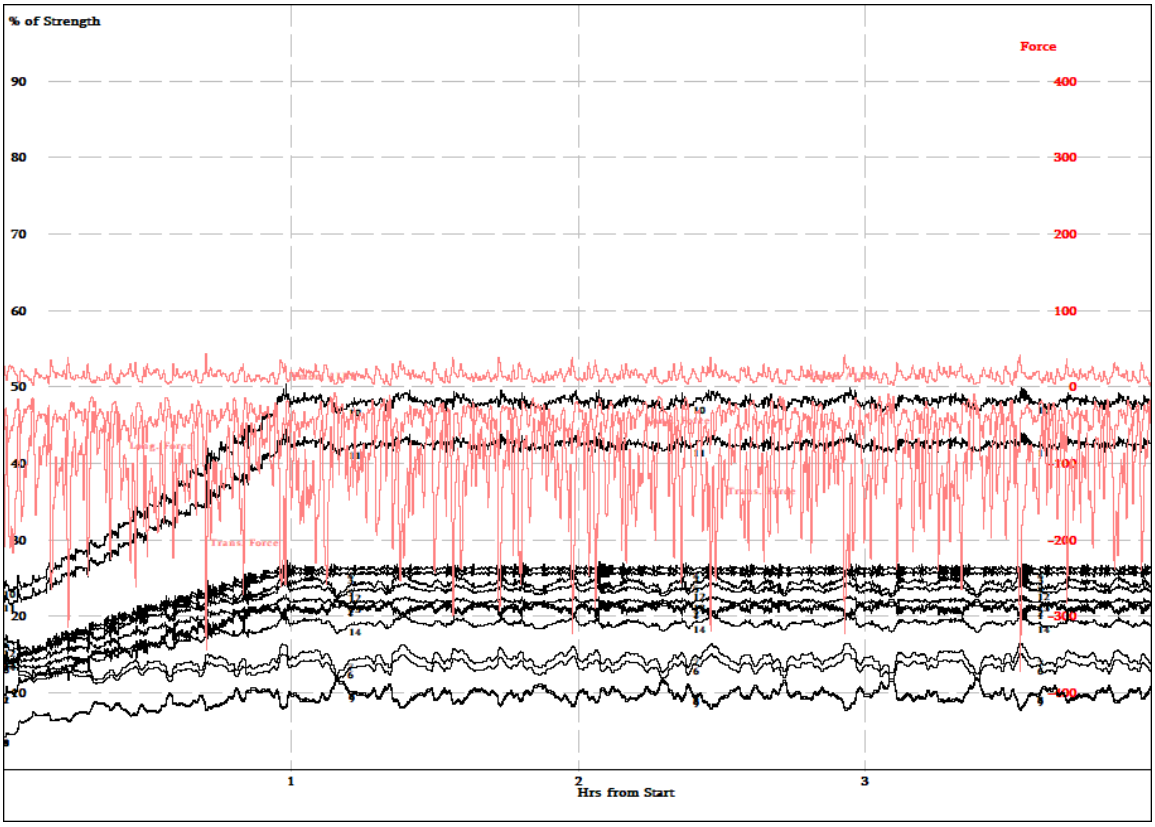
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	24.3	44.2			52.6	26%	29°	14.8
B	2.7	59.7			64.9	32%	3°	25.3
C	-14.5	24.2			30.7	15%	-31°	11.9
D	-34.4	6.5			35.8	18%	-79°	7.8
E	23.6	1.3			23.9	12%	87°	3.3
F	-40.8	97.4			112.9	56%	-23°	39.9
G	-30.6	47.1			56.8	28%	-33°	8.7
H	-16.1	17.5			24.0	12%	-43°	2.7

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.025

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	7.1 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	30 knots
Wind Direction from:	350° True -80° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.3	-0.4	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	2.9	-22.2	-1.0
Wind Drag Force:	13.5	430.8	-15.9
Total Force:	16.7	408.2	-16.9

Movement of Vessel	-0.89 (aft)	-1.06 (out)	-0.1° (stbd)	0.02 (up)
at its Stbd Target	-0.91 (aft)	-1.02 (out)	-0.1° (stbd)	-0.02 (down)
Velocities:	-0.05	0.05 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.1° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.06	0.07	0.14	0.02	0.04	0.04	0.08	0.01	0.02	0.02	0.06
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.06	0.05	0.11	0.02	0.04	0.03	0.07	0.01	0.02	0.01	0.04

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.22		15°	79.4	63%
2-A	0.36	42.3	0.22		16°	82.6	66%
3-B	0.34	33.5	0.25		20°	86.9	69%
4-B	0.32	31.8	0.25		22°	94.5	75%
5-C	0.38	32.6	0.23		22°	47.1	37%
6-D	0.90	69.2	0.09		12°	slack	
7-D	0.78	60.1	0.09		14°	slack	
8-E	0.42	63.1	0.05		8°	41.1	33%
9-E	0.43	64.6	0.05		7°	40.3	32%
11-F	0.27	23.6	0.20		17°	126.3	100%
12-G	0.50	42.1	0.19		9°	47.1	37%
13-G	0.56	48.2	0.20		8°	49.2	39%
14-H	0.72	58.7	0.18		6°	32.1	25%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	0			
jj	0			
kk	0			
ll	0			
mm	0			
nn	0			

oo	0
pp	0
qq	0
rr	0
ss	0
tt	0
uu	0

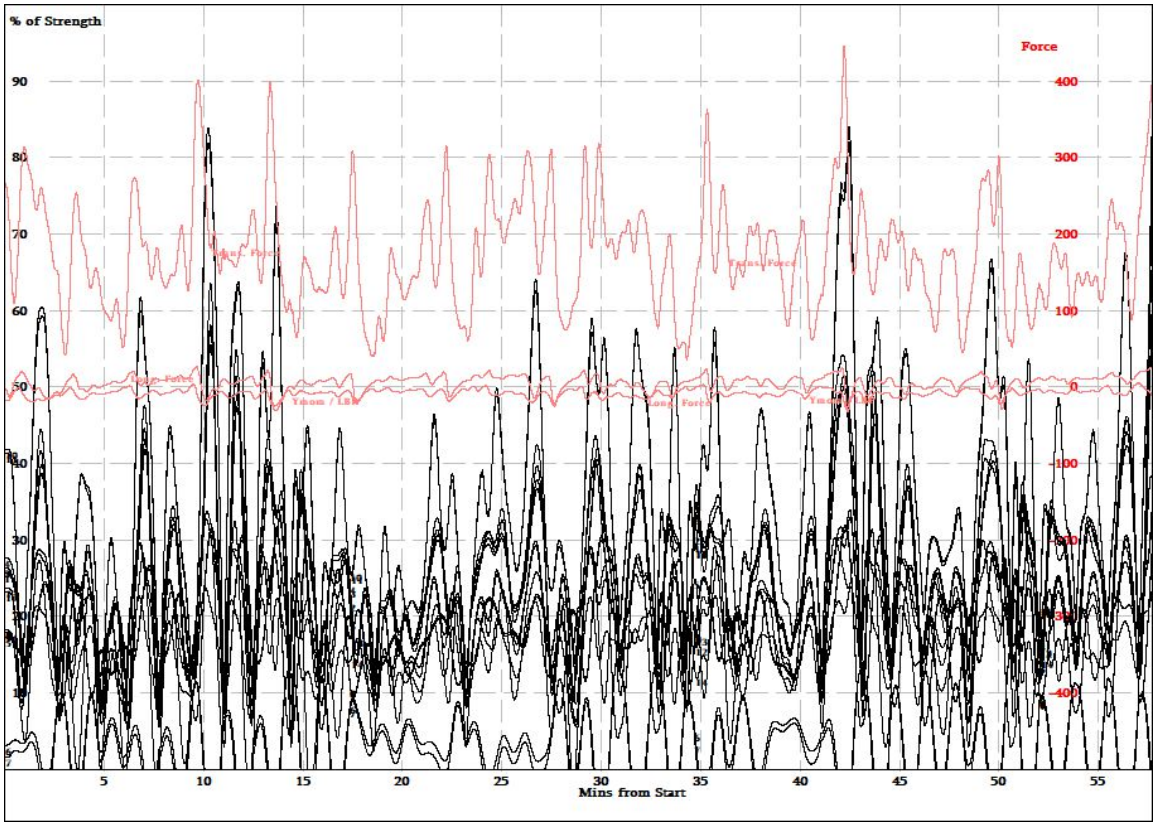
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	78.2	135.4			162.1	81%	30°	42.6
B	20.2	167.9			181.3	91%	7°	65.5
C	-18.1	39.7			47.1	24%	-24°	17.7
D								
E	80.2	9.2			81.4	41%	83°	10.6
F	-25.5	117.8			126.3	63%	-12°	37.7
G	-44.9	83.9			96.2	48%	-28°	14.2
H	-20.1	24.8			32.1	16%	-39°	3.6

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.025

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft)
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	4.5
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	10.4 above Pier
Significant Wave Ht:	0.13
Wave Mean Period:	12.9 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	30 knots
Wind Direction from:	350° True -80° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area:	1857
Total Side Windage Area:	11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.0	-0.1	0.0 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.0	-22.3	-3.5
Wind Drag Force:	-20.4	286.8	-19.9
Total Force:	-17.3	264.3	-23.4

Movement of Vessel	-0.89 (aft)	-1.11 (out)	-0.1° (stbd)	0.31 (up)
at its Stbd Target	-0.91 (aft)	-0.97 (out)	-0.1° (stbd)	-0.31 (down)
Velocities:	-0.05	0.05 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)		

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.8° Pitch: 0.0° Yaw: 0.0°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at Midship	X Fwd from CL	Y Stbd	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Combined
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.03	0.09	0.30	0.50	0.01	0.03	0.08	0.16	0.01	0.01	0.03	0.06
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.01	0.09	0.41	0.56	0.01	0.03	0.12	0.17	0.00	0.01	0.04	0.06

Line to Bollard	Pull-in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.8	0.16		15°	60.7	48%
2-A	0.36	42.3	0.16		16°	62.6	50%
3-B	0.34	33.5	0.17		20°	64.3	51%
4-B	0.32	31.8	0.17		23°	68.9	55%
5-C	0.38	32.6	0.15		22°	37.2	30%
6-D	0.90	69.2	0.07		12°	slack	
7-D	0.78	60.1	0.08		14°	slack	
8-E	0.42	63.1	0.07		8°	36.2	29%
9-E	0.43	64.6	0.07		7°	35.5	28%
11-F	0.27	23.6	0.23		18°	120.5	96%
12-G	0.50	42.1	0.17		9°	45.7	36%
13-G	0.56	48.2	0.16		8°	46.4	37%
14-H	0.72	58.7	0.14		6°	31.9	25%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
gg	0			
hh	0			
ii	0			
jj	0			
kk	0			
ll	0			
mm	0			
nn	0			

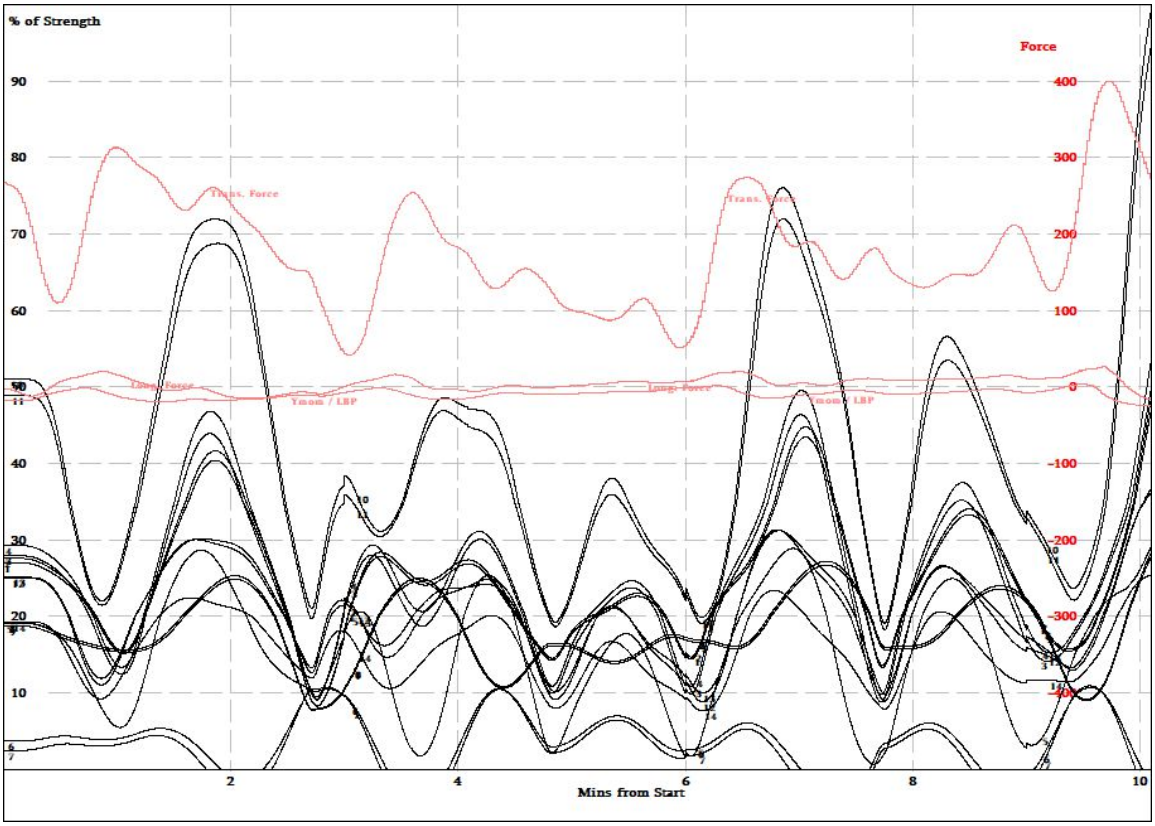
oo 0
pp 0
qq 0
rr 0
ss 0
tt 0
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	59.0	103.1			123.3	62%	30°	32.9
B	13.0	123.2			133.2	67%	6°	48.9
C	-15.0	31.0			37.2	19%	-26°	14.1
D								
E	70.7	7.8			71.7	36%	84°	9.4
F	-27.1	111.7			120.5	60%	-14°	36.3
G	-44.0	79.7			92.0	46%	-29°	13.6
H	-20.2	24.5			31.9	16%	-40°	3.5

Approximate natural periods
Surge: 138 Sway: 57 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Wind Spectrum: Davenport with k = 0.025

ANNEX V: Results. Passing Ships

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	1.3
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	7.2 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	7.1 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	20 knots
Wind Direction from:	350° True -80° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area: 1857
Total Side Windage Area: 11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.2	-0.1	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.6	-12.9	-2.0
Wind Drag Force:	4.4	113.8	-3.9
Total Force:	8.2	100.9	-6.0

Movement of Vessel	-0.39 (aft)	-0.04 (out)	0.0° (stbd)	0.03 (up)
at its Stbd Target	-0.42 (aft)	0.04 (inw)	0.0° (stbd)	-0.03 (down)

Velocities: -0.01 0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)
Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.3° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined Wave+Swell Motions at	X Fwd of Midship	Y Stbd from CL	Z Above Deck	Amplitude Surge	Amplitude Sway	Amplitude Heave	Amplitude Comb.	Velocity Surge	Velocity Sway	Velocity Heave	Velocity Comb.	Acceleration Surge	Acceleration Sway	Acceleration Heave	Acceleration Comb
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.12	0.19	0.29	0.02	0.06	0.10	0.16	0.01	0.04	0.05	0.09
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.12	0.09	0.21	0.02	0.06	0.05	0.11	0.01	0.04	0.02	0.06

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.1	0.25		11°	25.4	20%
2-A	0.35	41.5	0.25		12°	25.9	21%
3-B	0.33	32.6	0.28		15°	27.1	21%
4-B	0.30	30.7	0.28		17°	28.3	22%
5-C	0.37	31.6	0.25		16°	19.6	16%
6-D	0.90	68.7	0.08		8°	8.4	7%
7-D	0.78	59.5	0.08		9°	7.4	6%
8-E	0.42	62.7	0.05		4°	16.9	13%
9-E	0.43	64.3	0.05		4°	16.6	13%
10-F	0.24	20.9	0.24		11°	37.4	30%
11-F	0.26	22.9	0.25		10°	36.8	29%
12-G	0.50	41.7	0.22		5°	23.1	18%
13-G	0.56	47.9	0.24		4°	23.7	19%
14-H	0.71	58.4	0.21		3°	18.7	15%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
ff	0			
gg	0			
hh	14	0.02$	3.0	69%
ii	0			
jj	0			
kk	0			
ll	0			
mm	0			
nn	0			
oo	0			
pp	0			
qq	0			

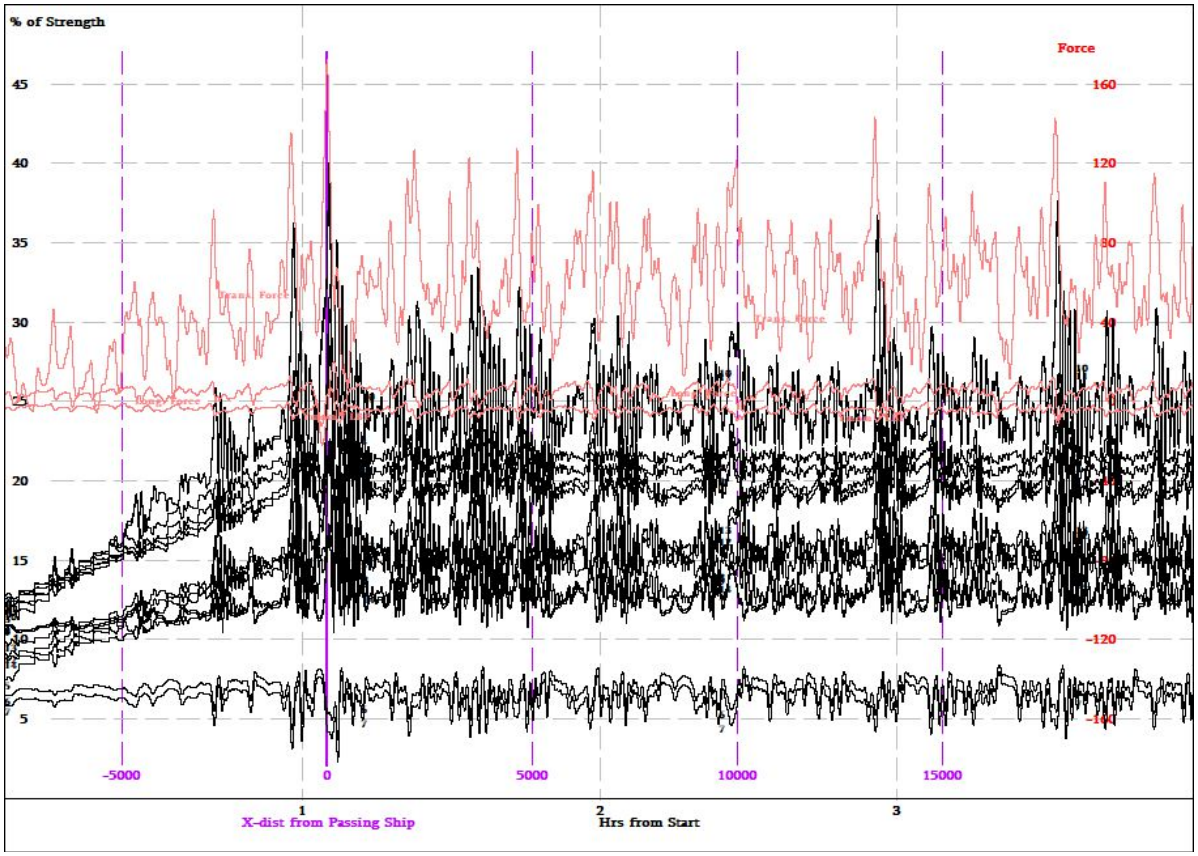
rr 0
ss 0
tt 0
uu 0
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	24.8	43.8			51.4	26%	30°	10.3
B	3.5	53.0			55.3	28%	4°	15.7
C	-9.4	16.3			19.6	10%	-30°	5.5
D	-15.3	2.9			15.8	8%	-79°	2.4
E	33.4	2.0			33.6	17%	87°	2.2
F	-25.8	68.3			74.2	37%	-21°	13.1
G	-24.7	39.5			46.7	23%	-32°	3.5
H	-12.6	13.9			18.7	9%	-42°	1.0

Approximate natural periods
Surge: 136 Sway: 68 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Ship Passing to Port in Same Direction
Passing Ship Speed: 4.0 knots
Clear Gap Between Ship Sides: 80 m
Passing Ship Displacement: 100000
Passing Ship Length: 240 m
Time When Closest: 3900 secs
Forces based on: Flory-Remery Model
Wind Spectrum: Davenport with k = 0.058

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level:	3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft:	14.00 (initialised at this draft))
Trim:	0.00 (initialised at this trim)
GM:	3.0
Bottom Clearance:	1.3
LCG:	2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target:	-12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target:	7.2 above Pier
Significant Wave Ht:	0.29
Wave Mean Period:	7.1 sec
Wave Direction from:	180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum:	Pierson-Moskowitz
Current:	1.0 knots
Current Direction from:	245° True -185° Screen Right
Wind Speed:	20 knots
Wind Direction from:	350° True -80° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area: 1857
Total Side Windage Area: 11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.2	-0.1	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	4.0	-22.8	-3.5
Wind Drag Force:	1.2	97.4	-4.4
Total Force:	-0.5	54.7	-12.1

Movement of Vessel	-0.39 (aft)	-0.04 (out)	0.0° (stbd)	0.03 (up)
at its Stbd Target	-0.42 (aft)	0.04 (inw)	0.0° (stbd)	-0.03 (down)

Velocities: 0.02 0.04 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.3° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined	X Fwd	Y Stbd	Z Above	------ Amplitude -----				------ Velocity ------				---- Acceleration ----			
Wave+Swell Motions at	Midship	from CL	Deck	Surge	Sway	Heave	Comb.	Surge	Sway	Heave	Comb.	Surge	Sway	Heave	Comb
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.12	0.19	0.30	0.02	0.06	0.10	0.16	0.01	0.04	0.05	0.09
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.12	0.09	0.21	0.02	0.06	0.05	0.11	0.01	0.04	0.02	0.06

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.1	0.25		11°	53.4	42%
2-A	0.35	41.5	0.25		11°	55.2	44%
3-B	0.33	32.6	0.28		15°	69.7	55%
4-B	0.30	30.7	0.28		16°	74.9	59%
5-C	0.37	31.6	0.26		16°	54.5	43%
6-D	0.90	68.7	0.10		8°	11.2	9%
7-D	0.78	59.5	0.09		9°	9.7	8%
8-E	0.42	62.7	0.06		4°	22.8	18%
9-E	0.43	64.3	0.06		4°	22.3	18%
11-F	0.26	22.9	0.26		9°	119.5	95%
12-G	0.50	41.7	0.24		4°	51.9	41%
13-G	0.56	47.9	0.25		4°	50.2	40%
14-H	0.71	58.4	0.22		3°	37.1	29%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
ff	0			
gg	0			
hh	0			
ii	0			
jj	0			
kk	0			
ll	0			
mm	0			
nn	0			
oo	0			
pp	0			
qq	0			

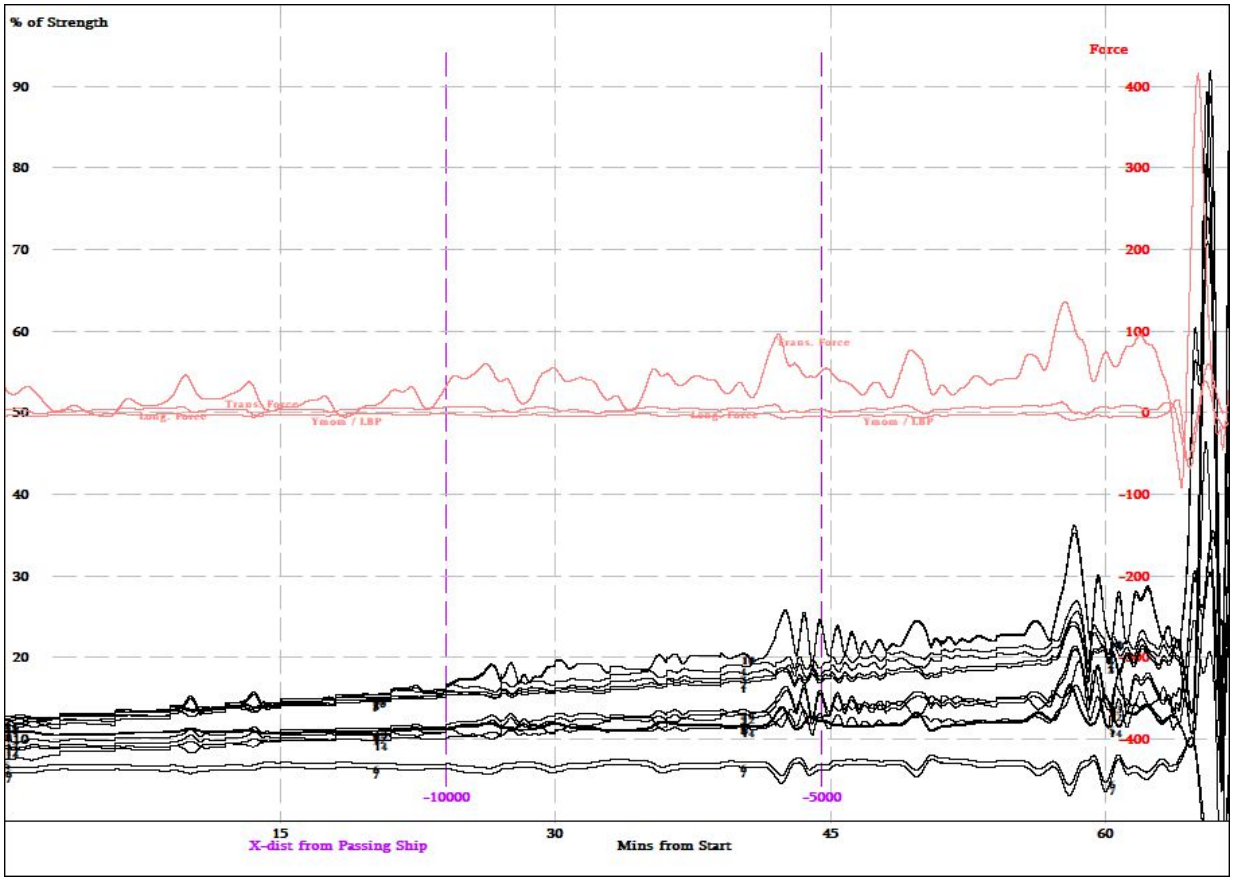
rr 0
ss 0
tt 0
uu 0
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	50.9	93.6			108.6	54%	29°	20.8
B	9.5	138.9			144.5	72%	4°	38.6
C	-24.5	46.3			54.5	27%	-28°	14.7
D	-20.1	4.6			20.9	10%	-77°	3.2
E	44.8	4.5			45.1	23%	84°	2.9
F	-34.4	113.0			119.5	60%	-17°	18.1
G	-51.6	87.6			101.9	51%	-31°	7.3
H	-24.1	28.1			37.1	19%	-41°	2.0

Approximate natural periods
Surge: 136 Sway: 68 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Ship Passing to Port in Same Direction
Passing Ship Speed: 8.0 knots
Clear Gap Between Ship Sides: 80 m
Passing Ship Displacement: 100000
Passing Ship Length: 240 m
Time When Closest: 3900 secs
Forces based on: Flory-Remery Model
Wind Spectrum: Davenport with k = 0.058

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level: 3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft: 14.00 (initialised at this draft))
Trim: 0.00 (initialised at this trim)
GM: 3.0
Bottom Clearance: 1.3
LCG: 2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target: -12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target: 7.2 above Pier
Significant Wave Ht: 0.29
Wave Mean Period: 7.1 sec
Wave Direction from: 180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum: Pierson-Moskowitz
Current: 1.0 knots
Current Direction from: 245° True -185° Screen Right
Wind Speed: 20 knots
Wind Direction from: 350° True -80° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area: 1857
Total Side Windage Area: 11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.2	-0.1	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.6	-12.9	-2.0
Wind Drag Force:	4.4	113.8	-3.9
Total Force:	8.2	100.9	-6.0

Movement of Vessel	-0.39 (aft)	-0.04 (out)	0.0° (stbd)	0.03 (up)
at its Stbd Target	-0.42 (aft)	0.04 (inw)	0.0° (stbd)	-0.03 (down)

Velocities: -0.01 0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.3° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined	X Fwd	Y Stbd	Z Above	Amplitude				Velocity				Acceleration			
Wave+Swell Motions at Midship from CL			Deck	Surge	Sway	Heave	Comb.	Surge	Sway	Heave	Comb.	Surge	Sway	Heave	Comb
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.12	0.19	0.29	0.02	0.06	0.10	0.16	0.01	0.04	0.05	0.09
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.12	0.09	0.21	0.02	0.06	0.05	0.11	0.01	0.04	0.02	0.06

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.1	0.25		11°	25.4	20%
2-A	0.35	41.5	0.25		12°	25.9	21%
3-B	0.33	32.6	0.28		15°	27.1	21%
4-B	0.30	30.7	0.28		17°	28.3	22%
5-C	0.37	31.6	0.25		16°	19.6	16%
6-D	0.90	68.7	0.08		8°	8.4	7%
7-D	0.78	59.5	0.08		9°	7.4	6%
8-E	0.42	62.7	0.05		4°	16.9	13%
9-E	0.43	64.3	0.05		4°	16.6	13%
10-F	0.24	20.9	0.24		11°	37.4	30%
11-F	0.26	22.9	0.25		10°	36.8	29%
12-G	0.50	41.7	0.22		5°	23.1	18%
13-G	0.56	47.9	0.24		4°	23.7	19%
14-H	0.71	58.4	0.21		3°	18.7	15%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
ff	0			
gg	0			
hh	14	0.02$	3.0	69%
ii	0			
jj	0			
kk	0			
ll	0			
mm	0			
nn	0			
oo	0			
pp	0			

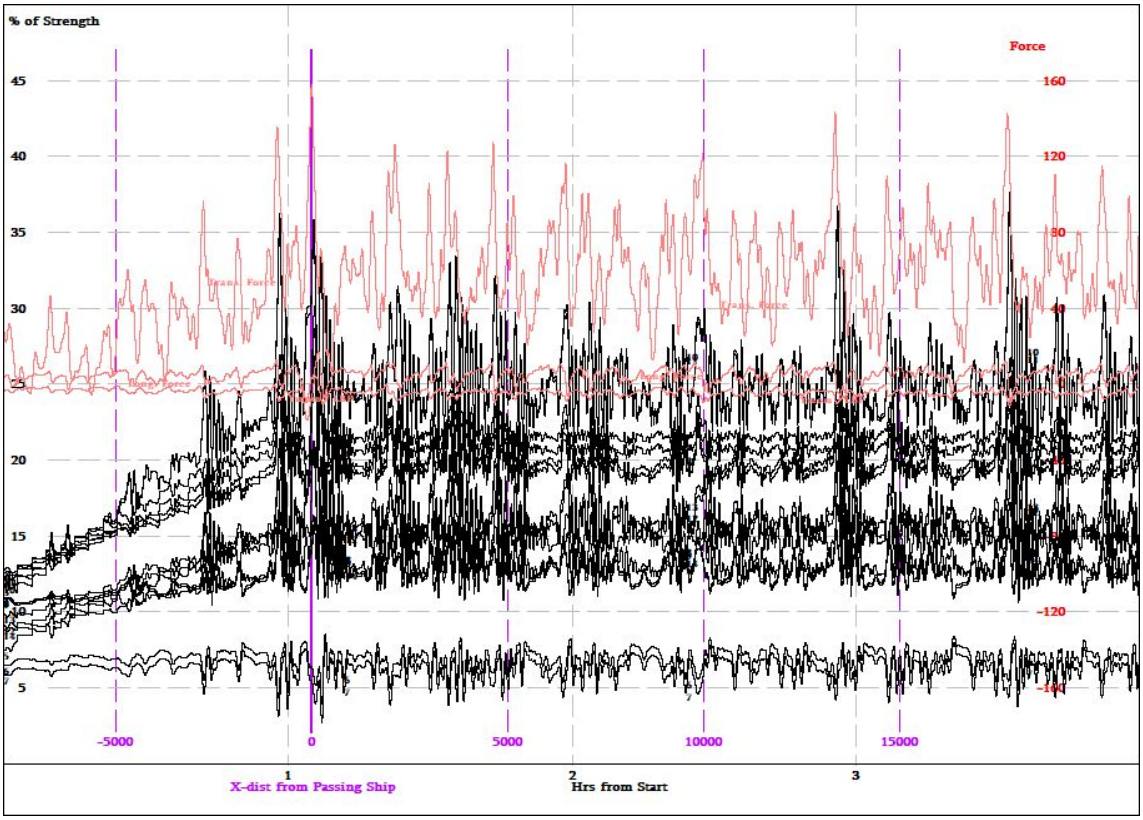
qq 0
rr 0
ss 0
tt 0
uu 0
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	24.8	43.8			51.4	26%	30°	10.3
B	3.5	53.0			55.3	28%	4°	15.7
C	-9.4	16.3			19.6	10%	-30°	5.5
D	-15.3	2.9			15.8	8%	-79°	2.4
E	33.4	2.0			33.5	17%	87°	2.2
F	-25.8	68.3			74.2	37%	-21°	13.1
G	-24.7	39.5			46.7	23%	-32°	3.5
H	-12.6	13.9			18.7	9%	-42°	1.0

Approximate natural periods
Surge: 136 Sway: 68 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Ship Passing to Port in Same Direction
Passing Ship Speed: 4.0 knots
Clear Gap Between Ship Sides: 100 m
Passing Ship Displacement: 100000
Passing Ship Length: 240 m
Time When Closest: 3900 secs
Forces based on: Flory-Remery Model
Wind Spectrum: Davenport with k = 0.058

Dynamic Mooring Response for Containership at Leixões North Container Terminal

Units in m & tonnes
Ref: Containership_Loaded

Water Level: 3.15 above Datum (initialised at this water level)
Draft: 14.00 (initialised at this draft))
Trim: 0.00 (initialised at this trim)
GM: 3.0
Bottom Clearance: 1.3
LCG: 2.5 from midship (+ve forward)
Fwd Offset of Vessel Target: -12.6 from Berth Target
Vessel Stbd Target: 7.2 above Pier
Significant Wave Ht: 0.29
Wave Mean Period: 7.1 sec
Wave Direction from: 180° True 110° Screen Right solid pier shields Wave
Wave Spectrum: Pierson-Moskowitz
Current: 1.0 knots
Current Direction from: 245° True -185° Screen Right
Wind Speed: 20 knots
Wind Direction from: 350° True -80° Screen Right (solid pier shields wind)

Total End-on Windage Area: 1857
Total Side Windage Area: 11059

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Wave Drift Force:	0.2	-0.1	-0.1 (solid pier shields Wave)
Fluid Drag Force:	3.6	-12.8	-2.0
Wind Drag Force:	4.4	113.8	-3.9
Total Force:	8.2	100.9	-6.0

Movement of Vessel	-0.39 (aft)	-0.04 (out)	0.0° (stbd)	0.03 (up)
at its Stbd Target	-0.42 (aft)	0.04 (inw)	0.0° (stbd)	-0.03 (down)

Velocities: -0.01 0.00 m/s (excluding velo of 1st order wave motion)

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.3° Pitch: 0.0° Yaw: 0.1°

3hr Maximum Combined	X Fwd	Y Stbd	Z Above	Amplitude				Velocity				Acceleration			
Wave+Swell Motions at Midship from CL			Deck	Surge	Sway	Heave	Comb.	Surge	Sway	Heave	Comb.	Surge	Sway	Heave	Comb
Port Target	0.0	-24.2	0.0	0.04	0.12	0.19	0.30	0.02	0.06	0.10	0.16	0.01	0.04	0.05	0.09
Stbd Target	0.0	24.2	0.0	0.03	0.12	0.09	0.21	0.02	0.06	0.05	0.11	0.01	0.04	0.02	0.06

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slip	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.37	43.1	0.25		11°	25.5	20%
2-A	0.35	41.5	0.25		12°	26.0	21%
3-B	0.33	32.6	0.28		15°	27.2	22%
4-B	0.30	30.7	0.28		17°	28.4	23%
5-C	0.37	31.6	0.25		16°	19.8	16%
6-D	0.90	68.7	0.08		8°	8.4	7%
7-D	0.78	59.5	0.08		9°	7.4	6%
8-E	0.42	62.7	0.05		4°	17.0	13%
9-E	0.43	64.3	0.05		4°	16.7	13%
10-F	0.24	20.9	0.25		11°	37.7	30%
11-F	0.26	22.9	0.25		10°	37.0	29%
12-G	0.50	41.7	0.23		5°	23.2	18%
13-G	0.56	47.9	0.25		4°	23.7	19%
14-H	0.71	58.4	0.22		3°	18.8	15%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Flatside Contact
ff	0			
gg	0			
hh	12	0.01$	2.5	69%
ii	0			
jj	0			
kk	0			
ll	0			
mm	0			
nn	0			
oo	0			
pp	0			

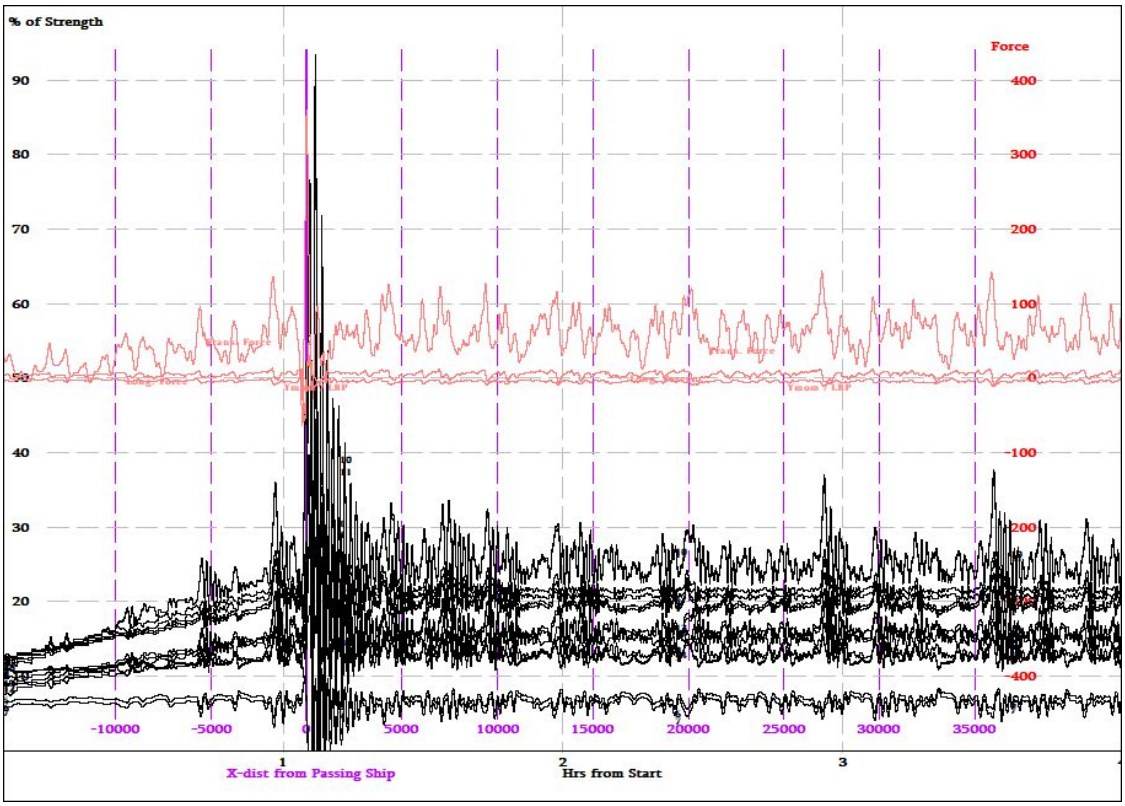
qq 0
rr 0
ss 0
tt 0
uu 0
Fenders all assumed to carry thrust uniformly over contact area

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	24.9	43.9			51.4	26%	30°	10.3
B	3.5	53.2			55.6	28%	4°	15.7
C	-9.5	16.5			19.8	10%	-30°	5.6
D	-15.2	2.9			15.7	8%	-79°	2.4
E	33.5	2.0			33.7	17%	87°	2.2
F	-26.0	68.8			74.7	37%	-21°	13.2
G	-24.8	39.6			46.9	23%	-32°	3.5
H	-12.6	13.9			18.8	9%	-42°	1.0

Approximate natural periods
Surge: 136 Sway: 68 Roll: 18 secs

OPTIMOOR Licence 1957 Version 60804 Tension Technology International © 18 June 2022

Plot Results



Ship Passing to Port in Same Direction
Passing Ship Speed: 8.0 knots
Clear Gap Between Ship Sides: 100 m
Passing Ship Displacement: 100000
Passing Ship Length: 240 m
Time When Closest: 3900 secs
Forces based on: Flory-Remery Model
Wind Spectrum: Davenport with k = 0.058

ANEXO III

ANÁLISE COMPARATIVA DE SOLUÇÕES COM RECURSO A MODELAÇÃO MATEMÁTICA

APDL
ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DO DOURO, LEIXÕES E VIANA DO CASTELO

APDL – ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DO DOURO, LEIXÕES E VIANA DO CASTELO, SA

ESTUDO PRÉVIO PARA A AMPLIAÇÃO E REORGANIZAÇÃO DO TERMINAL DE CONTENTORES NORTE DO PORTO DE LEIXÕES E RESPETIVO ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL

CLPQ Nº003/2022

ANÁLISE COMPARATIVA DE SOLUÇÕES COM RECURSO A MODELAÇÃO MATEMÁTICA

RELATÓRIO

JULHO, 2023

EMPRESA CERTIFICADA
eiC
ISO 9001 Qualidade
certificação acreditada IPAC

CONSULMAR
Projectistas e Consultores, Lda.

Av. António Augusto de Aguiar, 19–2ºEsq.º●1050-012 LISBOA●PORTUGAL●Tel.(+)351 21 382 66 30●Fax (+)351 21 386 26 79●e-mail: geral@consulmar.pt ●Webpage: www.consulmar.pt

CONSULMAR

ESTUDO PRÉVIO PARA A AMPLIAÇÃO E REORGANIZAÇÃO DO TERMINAL DE CONTENTORES NORTE DO PORTO DE LEIXÕES E RESPETIVO ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL

CLPQ Nº003/2022

ANÁLISE COMPARATIVA DE SOLUÇÕES COM RECURSO A MODELAÇÃO MATEMÁTICA

RELATÓRIO

(O.1826.00)

CONTROLO

VERSÃO INICIAL

Data do documento	**Autor** *(sigla)*	**Responsável pela revisão** *(sigla)*	**Responsável pela verificação e aprovação** *(sigla)*
JUL. 2023	SCF/JCO/JMB	LAL	LAL

ALTERAÇÕES

Versão n.º	**Data**	**Responsável pela alteração** *(sigla)*	**Responsável pela revisão** *(sigla)*	**Responsável pela verificação e aprovação** *(sigla)*	**Observações**
01	07/09/2023	SCF	LAL	LAL	Introdução da análise dos resultados obtidos no porto de pesca

ÍNDICE DO TEXTO

1 - INTRODUÇÃO 1

1.1 - Âmbito 1
1.2 - Conteúdo e metodologia 1

2 - DESCRIÇÃO DAS CONFIGURAÇÕES ENSAIADAS 3

2.1 - Descrição da composição do Porto Atual 3
2.2 - Situação de Referência 13
2.3 - Soluções Propostas 15

3 - SÍNTESE DAS CONDIÇÕES DE AGITAÇÃO MÉDIAS LOCAIS 18

4 - IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO 25

4.1 - Domínio de cálculo 25
4.2 - Condições de fronteira 29
4.3 - Desempenho do modelo 31

5 - ANÁLISE DE RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES 33

5.1 - Análise global 33
5.2 - Análise quantitativa 35
5.3 - Análise do porto de pesca 39

6 - RESUMO E RECOMENDAÇÕES 42

ANEXO I – RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

ANEXO II – DESCRIÇÃO DO MODELO MIKE21 BW

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Planta Geral do Porto de Leixões (Fonte: APDL) 4
Figura 2 – Secção Tipo do prolongamento do Quebra-Mar Exterior do Porto de Leixões (Fonte: CONSULMAR, 2019) 4
Figura 3 – Secção Tipo do Quebra-Mar Exterior do Porto de Leixões (Fonte: APDL) 4
Figura 4 – Secção Tipo do Posto A do Terminal Petroleiro do Porto de Leixões (Fonte: APDL) 5
Figura 5 – Secção Tipo do Molhe Norte e Sul (Fonte: APDL) 5
Figura 6 – Planta do Porto de Leixões (Exterior) (Fonte: APDL) 6
Figura 7 – Perfil Tipo do Posto B do Terminal de Petroleiros do Porto de Leixões (Fonte: APDL) 7
Figura 8 – Perfil Tipo do Posto C do Terminal de Petroleiros do Porto de Leixões (Fonte: APDL) 7
Figura 9 – Perfis Tipo das Estruturas a Oeste da Marina (Fonte: APDL) 8
Figura 10 – Perfis Tipo dos Cais do TCN (Oeste e Sul) e da Doca Nº1 Norte (Fonte: APDL) 9
Figura 11 – Perfis Tipo das Pontes Cais de apoio à Pesca e dos Cais do Terminal Multiusos (Fonte: APDL) 9
Figura 12 – Perfis Tipo das estruturas do Terminal de Cruzeiros (Fonte: APDL) 10
Figura 13 – Planta do Porto de Leixões - Interior (Fonte: APDL) 11
Figura 14 – Perfis Tipo das estruturas de acostagem das Docas nº1, nº2 e nº4 (Fonte: APDL) 13
Figura 15 – Planta geral com a proposta do novo terminal de Contentores Sul Situação de Referência (incluindo as novas áreas a verde, rosa e azul) 14
Figura 16 – Perfis Tipo do novo Terminal de Contentores Sul – Situação de Referência 15
Figura 17 – Alternativa A e B propostas para a ampliação do Terminal de Contentores Norte 16
Figura 18 – Perfil Tipo da Solução 1 – Ampliação do Terminal de Contentores Norte 17
Figura 19 – Perfil Tipo da Solução 2 – Ampliação do Terminal de Contentores Norte 17
Figura 20 – Localização dos pontos referentes às fontes de dados A e B 18
Figura 21 – Localização do ponto PL na fronteira do modelo local MIKE21 BW 19
Figura 22 – Distribuição das alturas significativas e períodos de pico da agitação em PL segundo o rumo (Fonte A) 20
Figura 23 – Distribuição das alturas significativas e períodos de pico da agitação em PL segundo o rumo (Fonte B) 20
Figura 24 – Domínio de Cálculo – Situação Atual 26
Figura 25 – Domínio de Cálculo – Situação Original 26

Figura 26 – Domínio de Cálculo – Situação de Referência 27
Figura 27 – Domínio de Cálculo – Situações de projeto ensaiadas..... 28
Figura 28 – Domínio de Cálculo – Troços da fronteira terrestre 31
Figura 29 – Índices de agitação na Situação de Projeto A1 33
Figura 30 – Áreas de análise/registo de resultados..... 36
Figura 31 – Resultados do índice de agitação médio registado na condição 1 (O, Tp=14s e NM=1,67 m (ZHL) 37
Figura 32 – Resultados do índice de agitação médio registado na condição 2 (S5°O, Tp=10s e NM=3,70 m ZHL)..... 37
Figura 33 – Áreas de análise/registo de resultados no porto de pesca 39
Figura 34 – Resultados do índice de agitação médio registado na condição 1 (O, Tp=14s e NM=1,67 m (ZHL) 40
Figura 35 – Resultados do índice de agitação médio registado na condição 2 (S5°O, Tp=10s e NM=3,70 m ZHL)..... 40

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Distribuições conjuntas de direções/períodos/alturas ponto PL – Fonte A..... 21
Quadro 2 – Distribuições conjuntas de direções/períodos/alturas ponto PL – Fonte B..... 22
Quadro 3 – Distribuição de frequências de ocorrência de vento com rumos entre SSE e SSO..... 24
Quadro 4 – Coeficientes de reflexão (Kr) para as várias estruturas e condições 30
Quadro 5 – Índices de Agitação Médios obtidos nas áreas de registo 38
Quadro 6 – Índices de Agitação Médios obtidos nas áreas de registo do porto de pesca.... 41

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Âmbito

Refere-se o presente documento ao Estudo de Modelação Matemática, a elaborar no âmbito do "Estudo Prévio para a Ampliação e Reorganização do Terminal de Contentores Norte do Porto de Leixões e respetivo Estudo de Impacte Ambiental", com vista a identificar qual a melhor solução de layout e estrutural do ponto de vista hidráulico, de acordo com o efeito que esta ampliação do terminal terá nas atuais condições de tranquilidade do porto (alterações devido à agitação gerada por ondas curtas), estendendo-se esta avaliação aos contornos de toda a bacia onde possam ocorrer alterações.

Esta avaliação baseia-se na caracterização da agitação marítima no interior da bacia portuária, para a situação atual (estruturas existentes e em execução à data deste relatório) e para uma situação de referência (incluindo estruturas do Novo Terminal de Leixões) e para as diversas configurações propostas para a ampliação e reorganização do Terminal de Contentores Norte.

Por motivos de referência e para comparação, também se inclui a situação original, situação que corresponde ao layout do porto antes das intervenções que agora se encontram em curso, nomeadamente o prolongamento do quebra-mar exterior, o aprofundamento dos fundos do canal e bacia e a remoção da cabeça do molhe norte.

1.2 - Conteúdo e metodologia

A análise de qual o melhor tipo de layout e estrutura a adotar para a ampliação e reorganização do Terminal de Contentores Norte, será feita com base na modelação matemática da propagação da agitação para o interior da bacia portuária implicando, a descrição da propagação da ondulação, e a sua caracterização no interior da bacia para análise e comparação entre as várias configurações alternativas analisadas.

No presente estudo de modelação matemática da propagação da agitação em domínio local foi aplicado o modelo MIKE21 BW, desenvolvido pelo Danish Hydraulic Institute (DHI). Este modelo simula a propagação da agitação marítima, incluindo os processos de empolamento, refração, difração, reflexão parcial, transmissão e rebentação, bem como a dissipação por atrito no fundo, interações não lineares entre ondas, dispersão na frequência e dispersão direcional. O modelo calcula a sobre-elevação da superfície livre e as componentes da velocidade do escoamento integradas na vertical, num domínio bidimensional, através da resolução das equações de Boussinesq modificadas.

Como condições de fronteira oceânica, o modelo permite a especificação de ondas regulares ou irregulares, unidirecionais ou não. Para a condição de fronteira de terra o modelo permite

a especificação de condições de reflexão parcial, através da inclusão do efeito de dissipação em meio poroso, em função da especificação da porosidade do meio.

Este modelo é especialmente bem-adaptado à simulação da agitação em bacias portuárias, onde o fenómeno de difração pelas estruturas assume maior importância (ver descrição no final do documento – Anexo II).

Este estudo comparativo baseia-se nos dados da agitação ao largo e da sua transposição para a envolvente exterior do porto, tendo este estudo de agitação (propagação do largo para a aproximação à costa) sido apresentado no Estudo Prévio e realizado com base quer em dados obtidos através de modelos meteorológicos de "*Hindcast*" quer em registos da boia ondógrafo existente na aproximação ao Porto de Leixões.

A descrição das várias estruturas existentes, em construção e das soluções estruturais propostas para a ampliação do Terminal de Contentores Norte será apresentada no capítulo seguinte (Cap. 2). No Cap. 3 apresenta-se uma síntese das condições de agitação obtidas na fronteira do modelo e no Cap. 4 uma descrição do modelo implementado e das condições de agitação simuladas para cada configuração avaliada.

No Cap. 5 são apresentados e comparados os resultados obtidos para as várias simulações e configurações no que respeita às condições de tranquilidade. Os resultados das simulações são apresentados sob forma gráfica no Anexo I. Apresenta-se no Cap. 6, uma síntese do estudo e recomendações em relação à solução de layout e estrutural a adotar do ponto de vista hidráulico.

2 - DESCRIÇÃO DAS CONFIGURAÇÕES ENSAIADAS

2.1 - Descrição da composição do Porto Atual

O Porto de Leixões caracteriza-se por ser do tipo artificial, cujo abrigo é conseguido por dois molhes, tendo o de Norte cerca de 1 500 m e o de Sul perto de 950 m. Cada um destes molhes tem um troço perpendicular à linha de costa e outro sensivelmente paralelo à mesma linha, ligados por curvas de grande raio e delimitando uma bacia quase quadrada.

Um terceiro molhe ou quebra-mar nasce na curva do Molhe N (Quebra-Mar Exterior) e avança pelo mar cerca de 700 m na direção SSE protegendo a entrada do porto dos temporais de O e NO. A largura do canal de entrada no porto, entre as cabeças dos molhes de abrigo é de 220 m. No anteporto o canal alarga até 500 m.

Atualmente encontra-se em execução a "Empreitada do Prolongamento do Quebra-Mar Exterior e Acessibilidades Marítimas do Porto de Leixões" (CONSULMAR, 2019), cujo objetivo se centra na criação das condições necessárias para o posterior desenvolvimento do Novo Terminal de Contentores de Leixões, as quais se concretizam nas seguintes empreitadas:

- Prolongamento do Quebra-Mar Exterior com 300 m de comprimento, segundo um alinhamento que forma um ângulo de 20° para Oeste com o alinhamento do existente;
- Melhoria das Acessibilidades Marítimas no canal de acesso e anteporto do porto de Leixões, que incluem:
    - Aprofundamento dos fundos no canal de acesso a -16,85 m (ZHL);
    - Alargamento da largura do canal na barra do porto, envolvendo a demolição da cabeça do Molhe Norte;
    - Aprofundamento dos fundos do anteporto e bacia de rotação a -15,50 m (ZHL), que se estende à reentrância de acesso ao atual Terminal Multiusos.

Descrevem-se sucintamente as infraestruturas portuárias que compõem o porto, cuja planta e perfis tipo se apresentam nas figuras seguintes (fonte: www.apdl.pt).

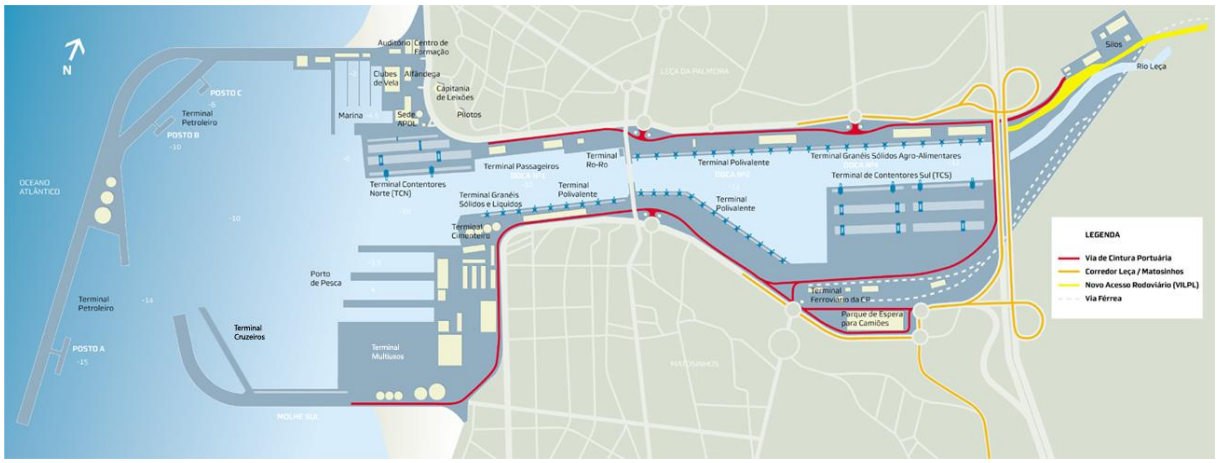


Figura 1 – Planta Geral do Porto de Leixões (Fonte: APDL)

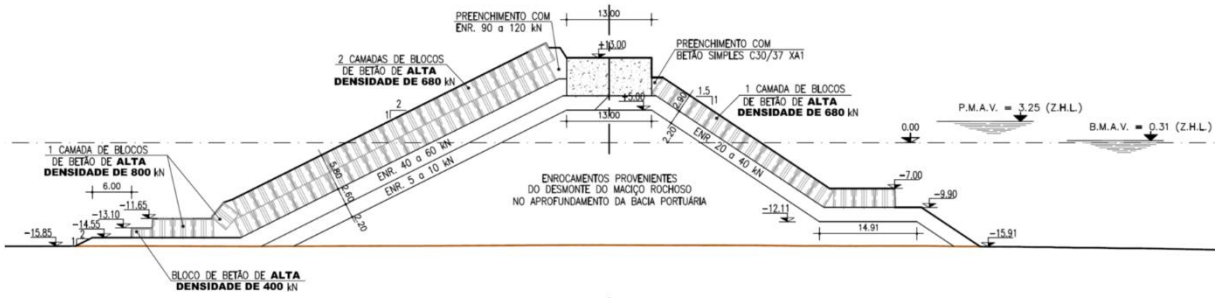


Figura 2 – Secção Tipo do prolongamento do Quebra-Mar Exterior do Porto de Leixões (Fonte: CONSULMAR, 2019)

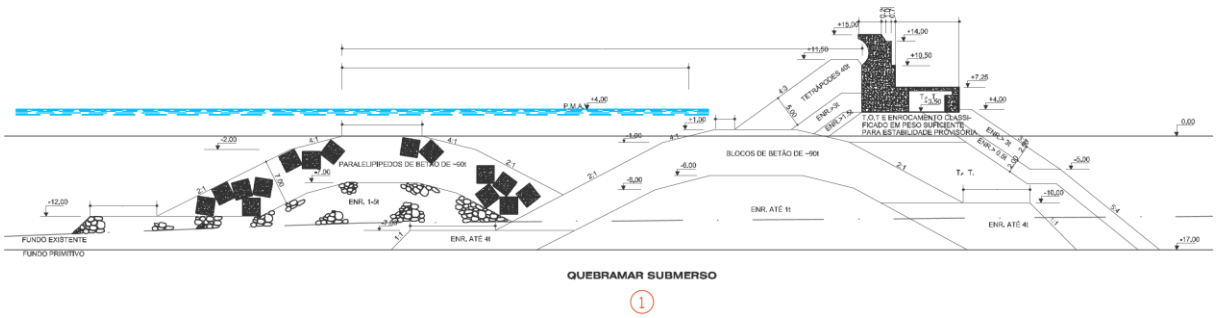


Figura 3 – Secção Tipo do Quebra-Mar Exterior do Porto de Leixões (Fonte: APDL)

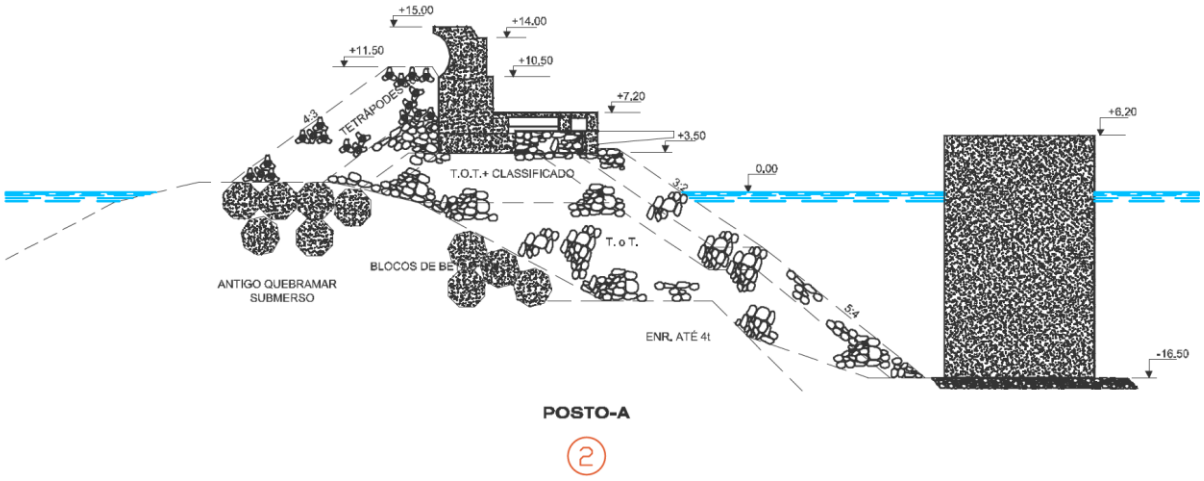


Figura 4 – Secção Tipo do Posto A do Terminal Petroleiro do Porto de Leixões (Fonte: APDL)

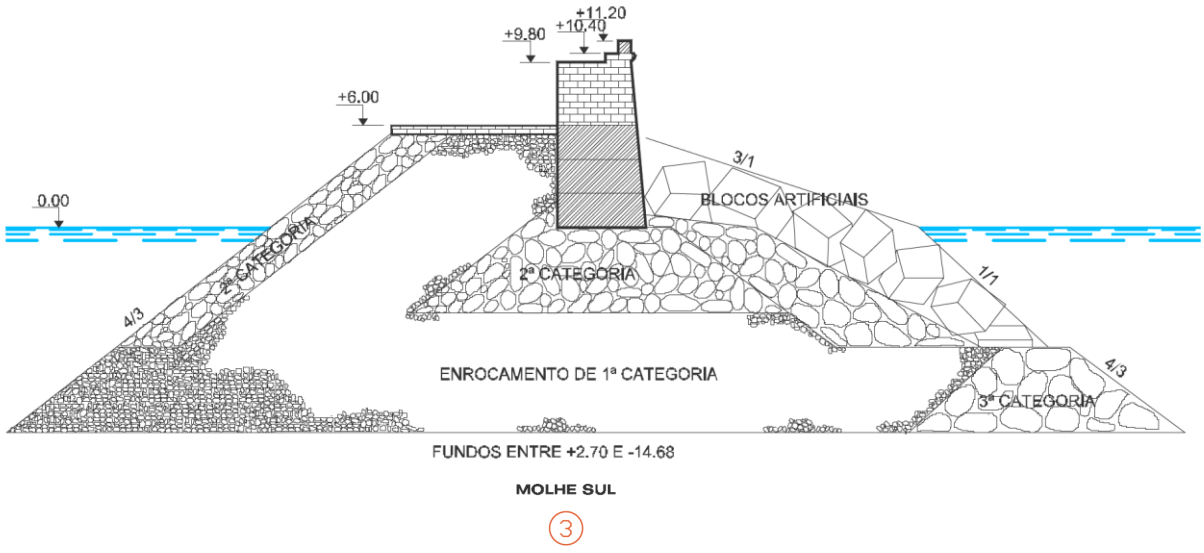


Figura 5 – Secção Tipo do Molhe Norte e Sul (Fonte: APDL)

Segundo os elementos disponibilizados pela APDL, com os perfis das estruturas existentes, verifica-se que o intradorso do molhe Norte é composto por um talude em enrocamentos a 3:2 (H:V) e 5:4 (H:V), com a plataforma de circulação à cota 7,25/7,20 m (ZHL) – Posto A. Em relação à zona da curva, o intradorso é composto por um talude em enrocamentos a 4:3 (H:V), tal como o molhe Sul, tendo este último a fundação a cotas variáveis, com valor máximo +2,70 m (ZHL), onde o molhe foi construído sobre os leixões rochosos.

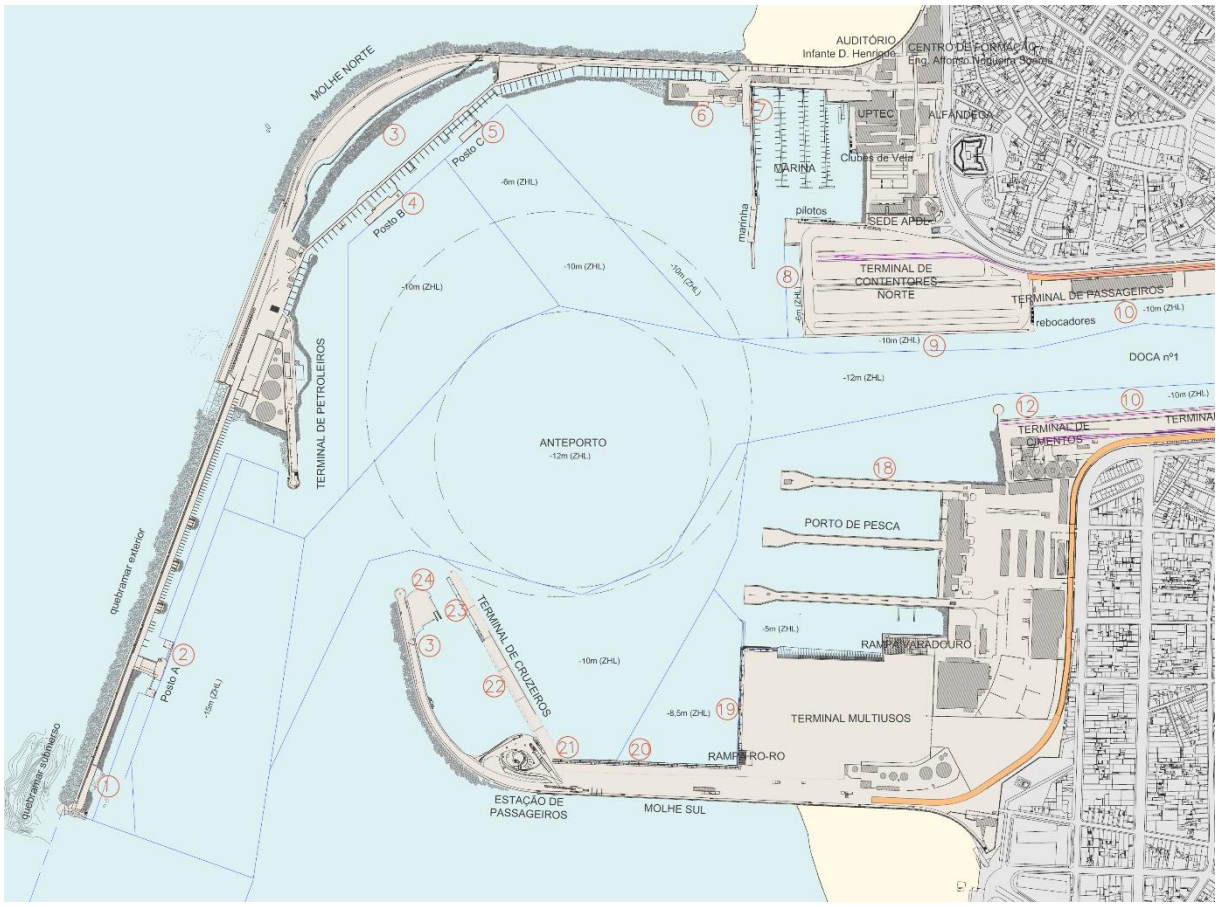


Figura 6 – Planta do Porto de Leixões (Exterior) (Fonte: APDL)

O Porto de Leixões dispõe de cerca de 5 km de cais, 50 ha de terraplenos e 120 ha de área molhada.

Ainda no intradorso do Molhe Norte, na zona da curva, encontram-se o Posto B e C do terminal Petroleiro, caracterizados por duas estruturas de acostagem em caixotões, com fundação à cota -10,00 e -6,00 m (ZHL), respetivamente sobre um prisma de enrocamentos com espessura total estimada em 1 m, que se encontram conectadas à plataforma de circulação do molhe Norte por estruturas metálicas fundadas em estacas tubulares seladas no fundo rochoso, conforme se apresenta nas figuras seguintes.

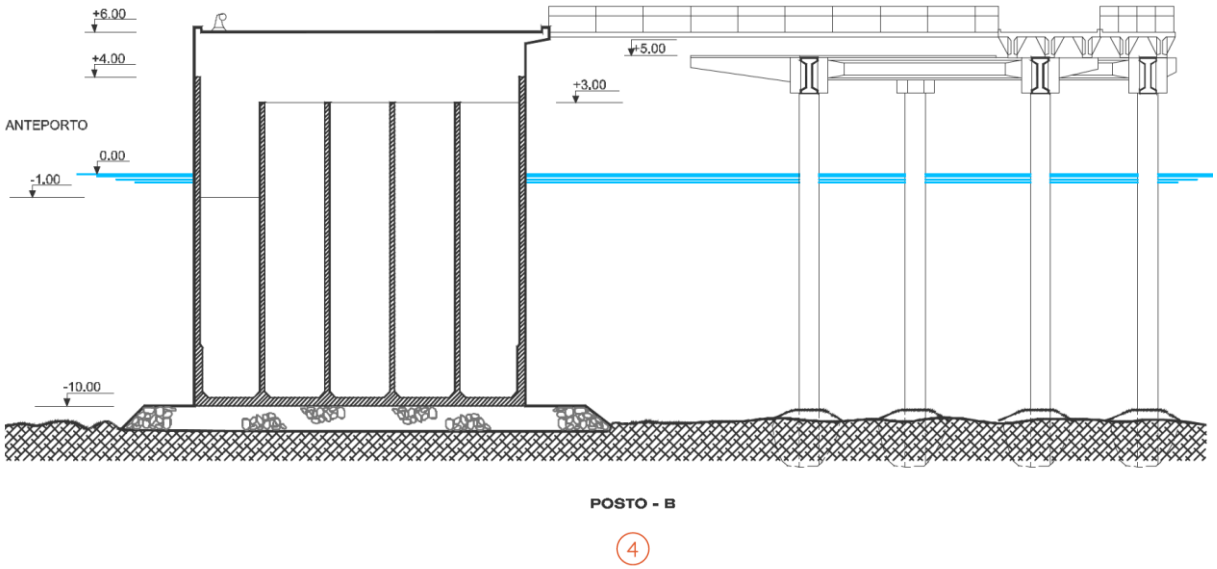


Figura 7 – Perfil Tipo do Posto B do Terminal de Petroleiros do Porto de Leixões (Fonte: APDL)

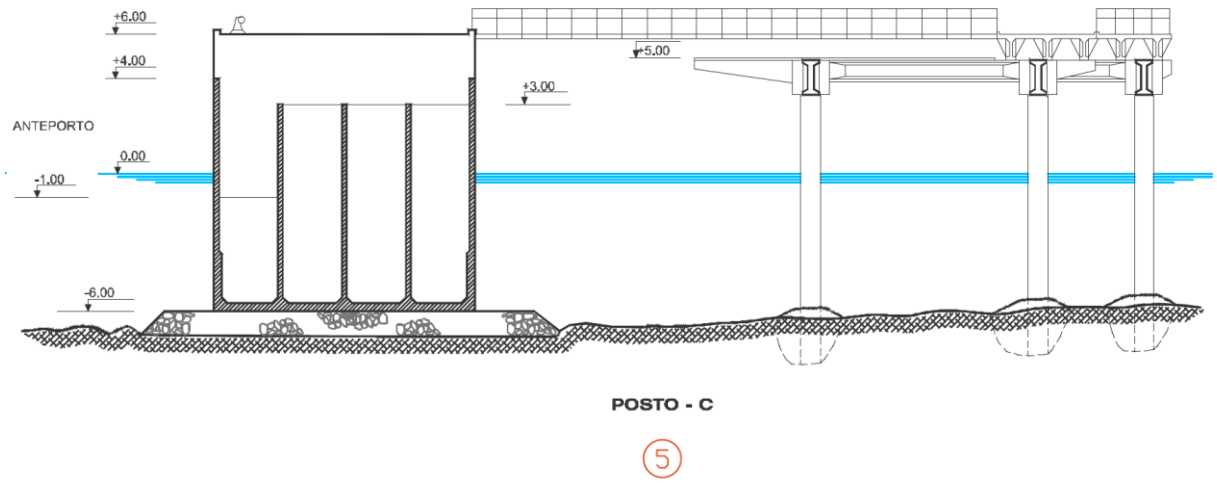


Figura 8 – Perfil Tipo do Posto C do Terminal de Petroleiros do Porto de Leixões (Fonte: APDL)

Apresentam-se no conjunto de figuras seguintes os perfis transversais tipo das estruturas fixas existentes na área entre o Posto C do Terminal Petroleiro e a Doca nº 1 Norte.

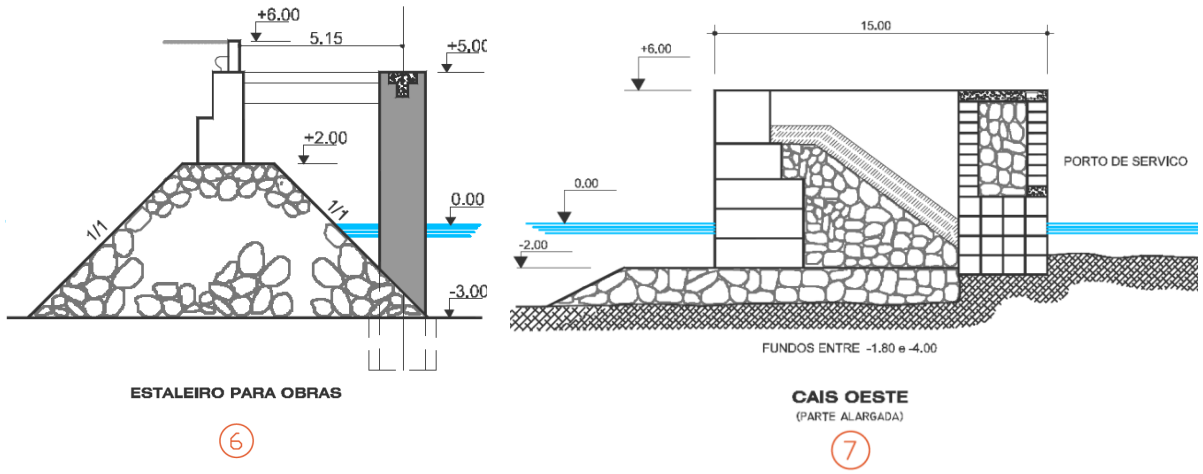


Figura 9 – Perfis Tipo das Estruturas a Oeste da Marina (Fonte: APDL)

As anteriores estruturas fixas delimitam a Oeste a bacia da Marina Porto Atlântico. A primeira destas, designada “Estaleiro para Obras” pela APDL, caracteriza-se por um tabuleiro de cerca de 5,15 m com topo à cota + 6,00 m (ZHL), o qual se encontra apoiado sobre vigas com topo à cota + 5,00 m (ZHL). Estas vigas encastram no seu extremo interior numa estrutura de betão colocada sobre um prisma de enrocamento no seu bordo interior e, pelo seu extremo exterior, sobre uma estrutura porticada composta por estacas tubulares seladas no fundo rochoso, cujo topo se encontra à cota -3,00 m (ZHL) (fundos comuns à fundação do prisma de enrocamento pelo interior).

A segunda destas estruturas consiste na parte fixa da estrutura de abrigo da Marina Porto Atlântico, que se caracteriza por uma estrutura vertical composta com cerca de 65 m de comprimento e 15 m de largura. Esta é contida no bordo exterior por um cais de blocos de betão fundado à cota -2,00 m (ZHL) sobre um prisma de enrocamentos, e pelo bordo interior por um muro composto pelo que parecem ser aduelas fundadas sobre uma base em blocos de betão empilhados.

De seguida, apresentam-se os perfis transversais tipo dos cais de blocos de betão que definem o perímetro de contenção a Oeste e Sul do terrapleno do atual Terminal de Contentores Norte e da Doca nº 1 Norte. Estes cais têm fundos respetivamente de -6,00 m (ZHL), -10,00 m (ZHL) e -12,00 m (ZHL).

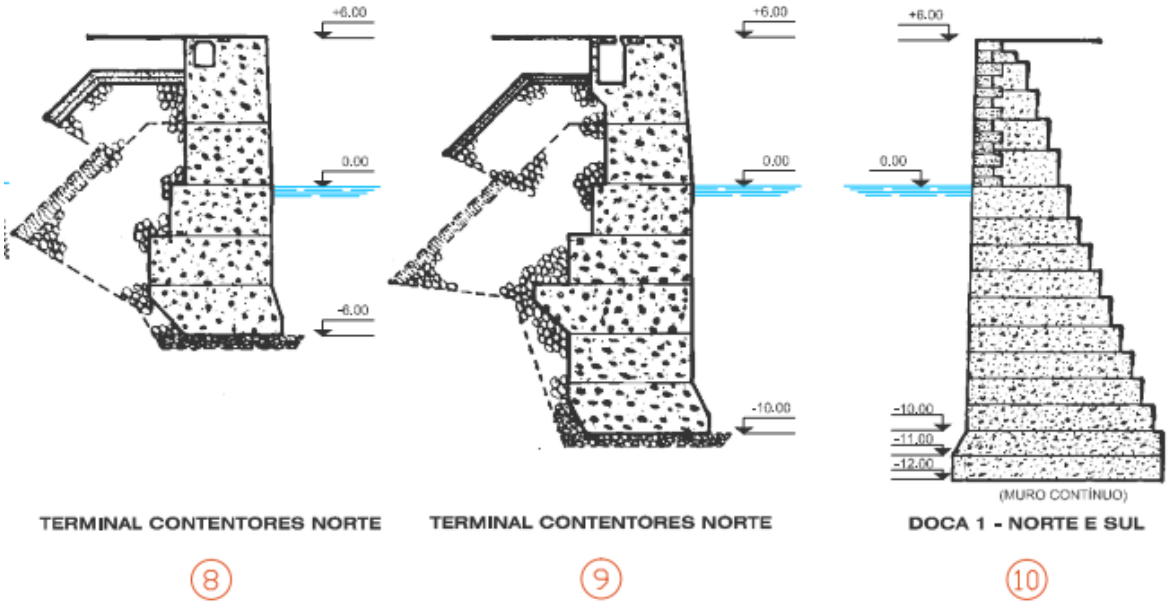


Figura 10 – Perfis Tipo dos Cais do TCN (Oeste e Sul) e da Doca Nº1 Norte (Fonte: APDL)

O Terminal de Contentores Norte dispõe de um cais acostável com 360 m de comprimento e fundos a -10,00 m (ZHL), para 2 a 3 postos de navios de contentores até 25 000 DWT. Na extremidade SO deste Terminal existe ainda um cais com 145 m de comprimento, com fundos a -6,00 m (ZHL), que não integra a concessão do terminal de contentores. A estrutura destes cais composta por blocos, forma uma frente acostável em paramento vertical.

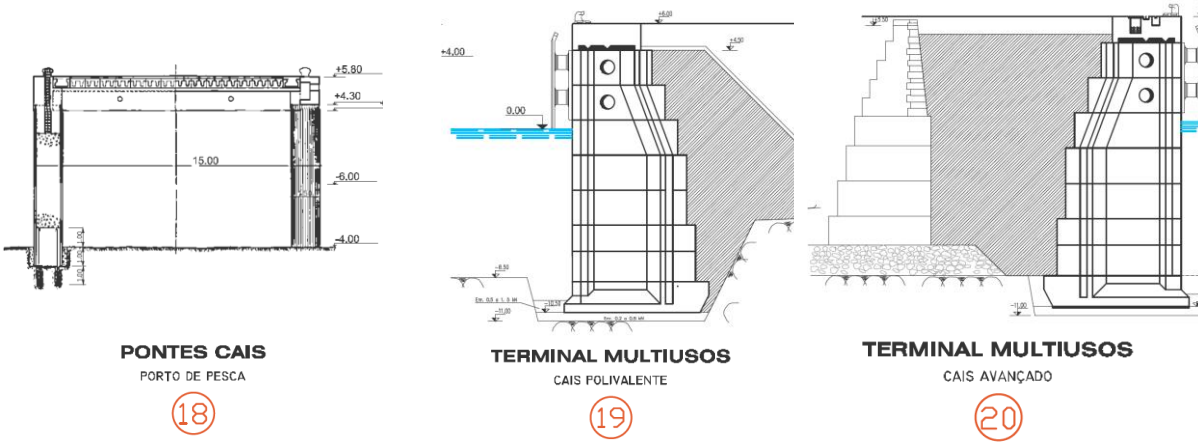


Figura 11 – Perfis Tipo das Pontes Cais de apoio à Pesca e dos Cais do Terminal Multiusos (Fonte: APDL)

O porto de pesca, concessionado à DOCAPESCA – Portos e Lotas, S.A., dispõe de três pontes-cais com um total de 1890 m de comprimento e fundos a -4,00 m (ZHL), onde podem

acostar simultaneamente, 46 traineiras e 20 arrastões. Existem ainda instaladas plataformas flutuantes para embarcações de pesca artesanal.

O Terminal Multiusos destina-se essencialmente ao tráfego Ro-Ro, e situa-se no intradorso do Molhe Sul do Porto de Leixões. Dispõe de um cais avançado com 310 m de comprimento, de uma rampa Ro-Ro com 26 m de largura, fundos a -10,00 m (ZHL) e capacidade para movimentação de equipamento com 360 toneladas. Dispõe ainda de um cais perpendicular ao Molhe Sul com 155 m de comprimento e fundos a -10,00 m (ZHL), de um outro cais com 50 m de comprimento e de uma rampa varadouro. Este terminal destina-se essencialmente ao TMCD (Transporte Marítimo de Curta Distância), quer para Ro-Ro quer para Lo-Lo. O Terminal dispõe de uma área de terrapleno com cerca de 8 ha que serve de área de apoio.

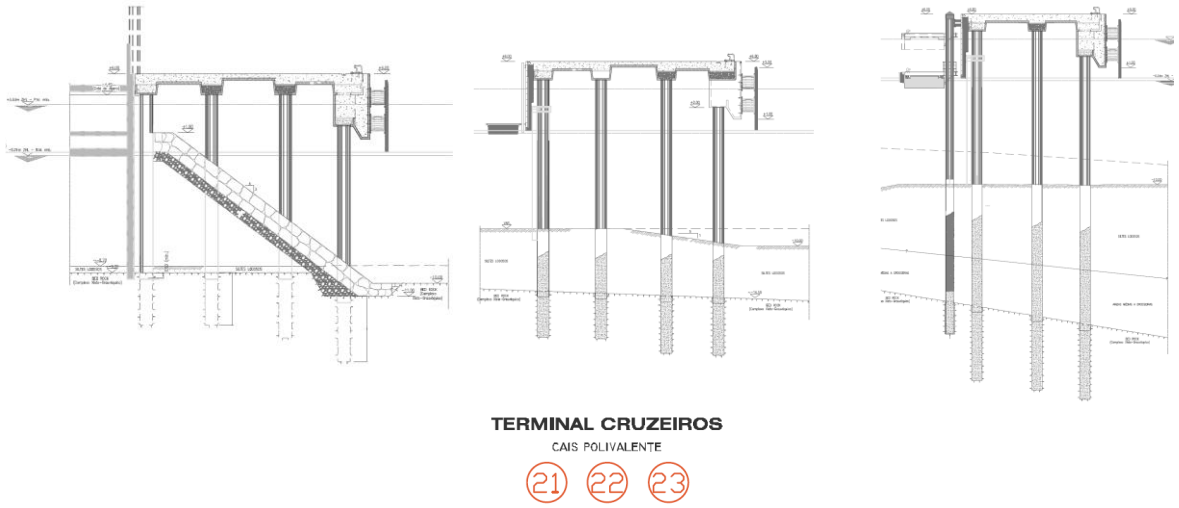


Figura 12 – Perfis Tipo das estruturas do Terminal de Cruzeiros (Fonte: APDL)

O Terminal de Cruzeiros localizado a SE do anteporto, apresenta um cais de 340 m que enraíza no início do trecho final do molhe Sul, com fundos à cota -10,00 m (ZHL), capaz de permitir a atracagem de navios de passageiros até 300 m de comprimento, bem como um cais fluvio-marítimo. No plano de água entre este cais e o molhe Sul desenvolve-se um porto de recreio para 170 embarcações.

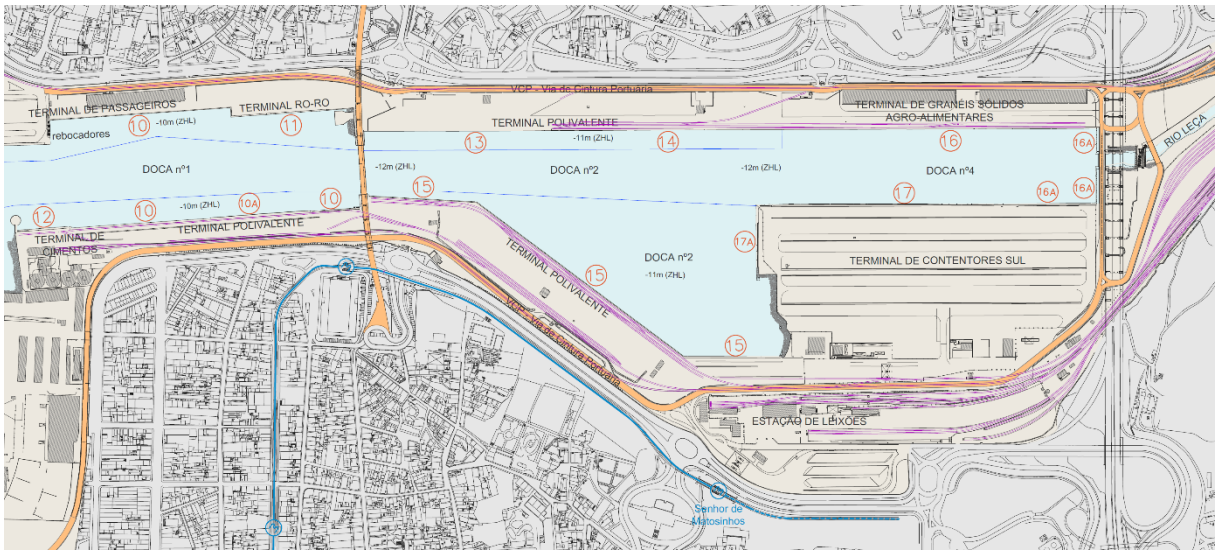


Figura 13 – Planta do Porto de Leixões - Interior (Fonte: APDL)

No interior do porto localizam-se as Docas nº 1, nº 2 e nº 4, em que a Doca nº 1 Norte se situa entre o Terminal de Contentores Norte e a ponte móvel. Esta dispõe de um cais com cerca de 455 m de comprimento e fundos a -10,00 m (ZHL). Localiza-se no extremo N desta um Terminal Ro-Ro, composto por uma plataforma fixa com 21 m de comprimento, largura máxima de 22 m e mínima de 11 m e com inclinação de 7,7%, com fundos a -10,00 m (ZHL) e permite a transposição horizontal de mercadorias.

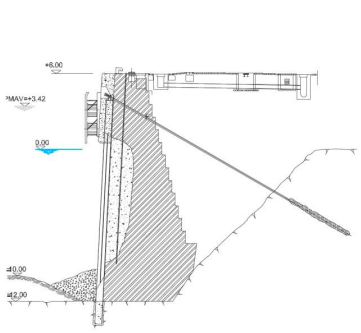
A Doca nº 1 Norte integra ainda o Terminal de Cruzeiros Norte. Este terminal utiliza 300 m de cais acostável do total da Doca n.º 1 Norte, com fundos a -10,00 m (ZHL), com capacidade para receber navios com um comprimento máximo de 250 m.

A Doca nº 1 Sul localiza-se em Matosinhos entre a testa da Cabeça Sul da entrada da Doca nº1 e a ponte móvel. Tem um cais com 520 m de comprimento, fundos a -10,00 m (ZHL) e destina-se à movimentação de carga convencional. Todos estes cais a Norte e Sul da Doca correspondem a estruturas de paramento vertical.

A Doca nº 2 Norte localiza-se em Leça da Palmeira entre a ponte móvel e a Doca n.º 4 Norte. Tem um cais com cerca de 670 m de comprimento com fundos a -11,00 m (ZHL), onde são habitualmente movimentadas cargas diversificadas.

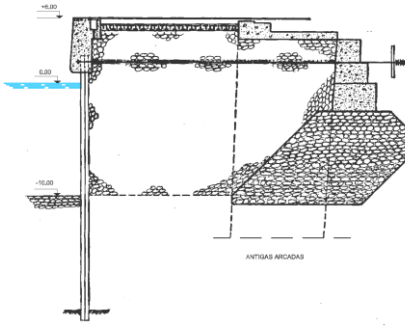
A Doca nº 2 Sul situa-se em Matosinhos entre a ponte móvel e o Terminal de Contentores Sul. Dispõe de um cais com 690 m de comprimento com fundos a -11,00 m (ZHL), e movimenta igualmente carga diversificada.

Na figura seguinte apresentam-se os perfis tipo das várias estruturas acostáveis das Docas nº 1, nº 2 e nº 4.



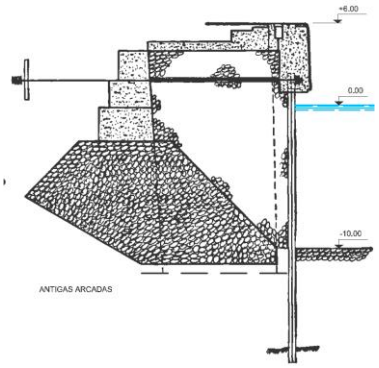
DOCA 1 - SUL

10A



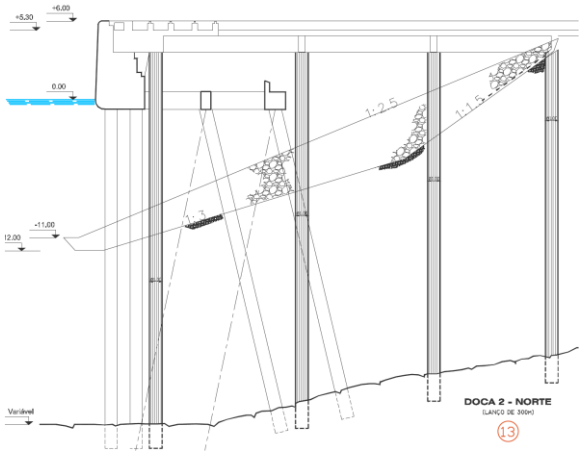
DOCA 1 - NORTE
(PARTE AVANÇADA)

11



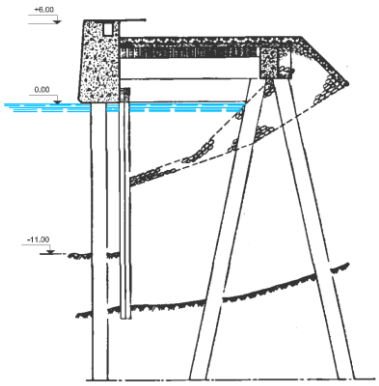
DOCA 1 - SUL
(PARTE AVANÇADA)

12



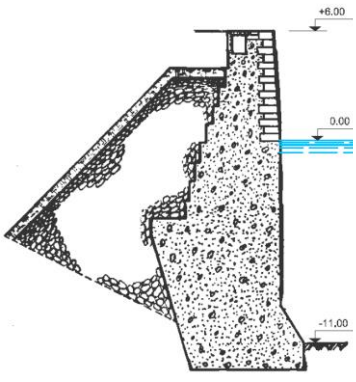
DOCA 2 - NORTE
(LANÇO DE 300M)

13



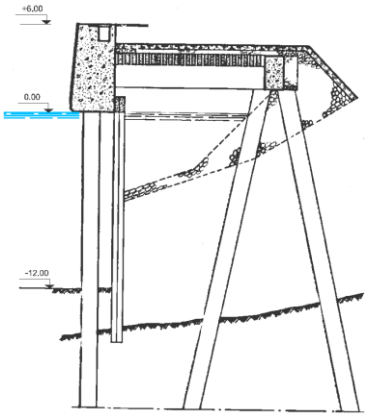
DOCA 2 - NORTE
(LANÇO DE 370M)

14



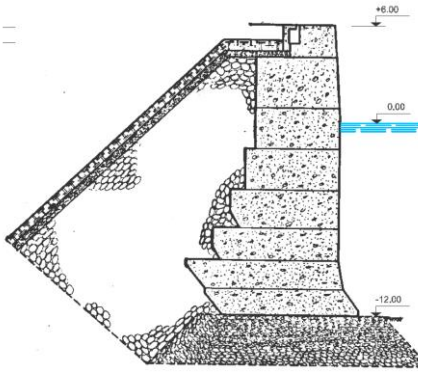
DOCA 2 - SUL

15



DOCA 4 - NORTE

16



DOCA 4 - SUL

17

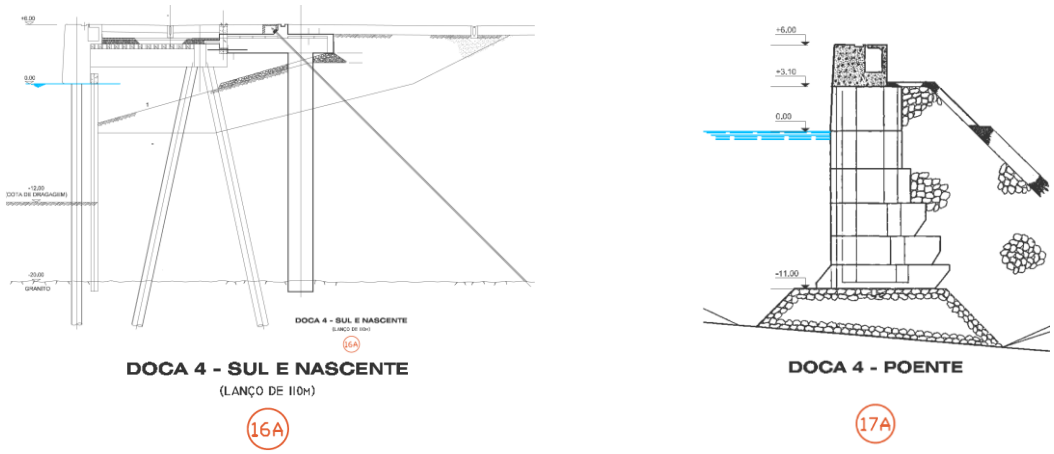


Figura 14 – Perfis Tipo das estruturas de acostagem das Docas nº1, nº2 e nº4 (Fonte: APDL)

A Doca nº 4 Norte localiza-se em Leça da Palmeira a Nascente da Doca nº 2 Norte. Tem um cais com cerca de 400 m de comprimento, fundos a -12,00 m (ZHL) e é por excelência um dos terminais especializados do Porto de Leixões.

A Doca nº 4 Sul situa-se em Matosinhos entre a Doca nº 2 e o viaduto da A28. Dispõe de um cais acostável, Terminal de Contentores Sul, com 540 m de comprimento e fundos a -12,00 m (ZHL) para 2 a 3 postos de navios de contentores até 25 000 DWT.

2.2 - Situação de Referência

Ao longo dos últimos anos a APDL tem vindo a desenvolver vários estudos e projetos com o objetivo de expandir e adequar o porto às novas exigências do transporte marítimo, estando nesse sentido prevista a criação de um **novo terminal de contentores no anteporto a sul** (área a verde, ver na figura seguinte) e uma **nova zona de apoio à pesca** (área a rosa, ver na figura seguinte), esta como contrapartida devido à perda de parte do plano de água atualmente destinado à pesca. Estas novas estruturas em complemento à situação atual, compreendem a Situação de Referência.

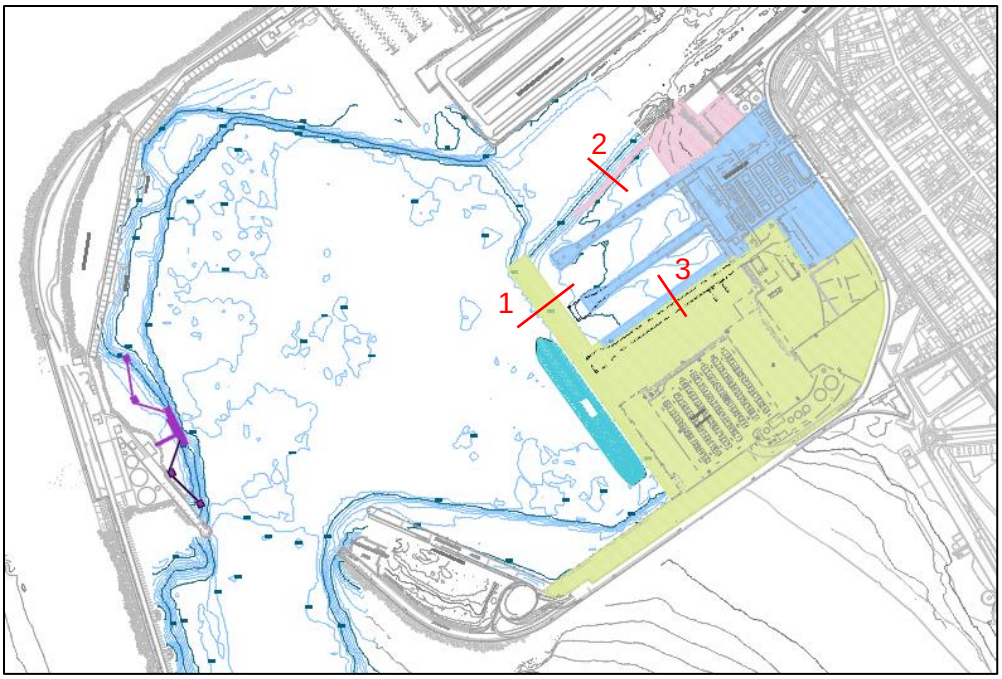


Figura 15 – Planta geral com a proposta do novo terminal de Contentores Sul Situação de Referência (incluindo as novas áreas a verde, rosa e azul)

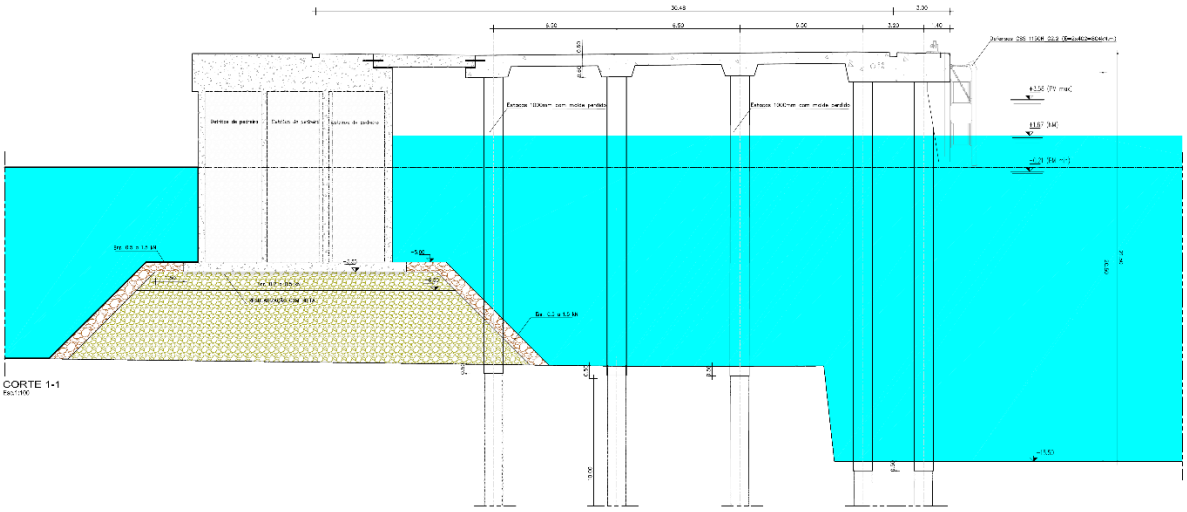
O Terminal de Contentores Sul, com uma superfície aproximadamente retangular, apresentará uma área de cerca de 14,2 ha na fase final de desenvolvimento, com uma frente acostável de aproximadamente 490 m de comprimento e uma profundidade média do terrapleno da ordem de 465 m.

O Terminal Ro-Ro a este associado, passará a dispor de uma área de terrapleno com cerca de 2,5 ha e de um cais com 252 m de comprimento e fundos a -10 m, situado no intradorso do Molhe Sul do Porto de Leixões, dotado de rampa Ro-Ro com 35 m de largura.

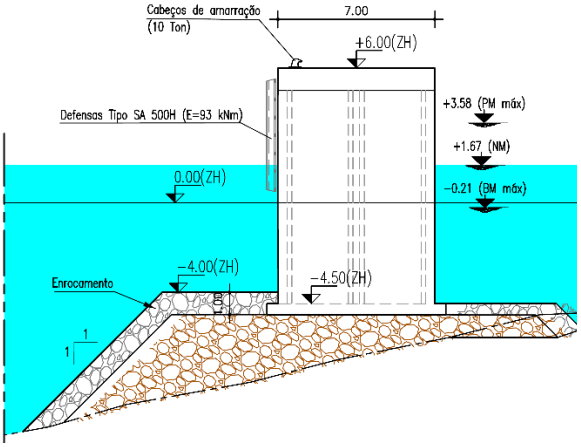
As intervenções previstas para o Porto de Pesca, compreendem dois núcleos de infraestruturas portuárias:

- Um núcleo situado entre a Ponte-cais 1 e o canal interior de navegação do porto;
- Um outro núcleo situado entre a Ponte-cais 2 e o limite a Norte do terrapleno do Novo Terminal.

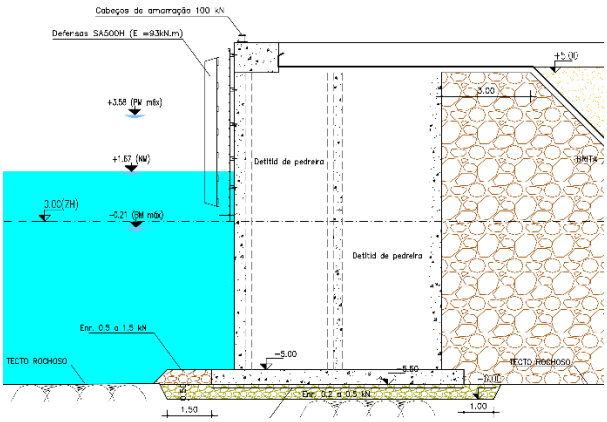
Para que o alargamento do troço da extremidade norte do cais do terminal de contentores não comprometa as margens de segurança fixadas para o acesso marítimo à frente sul da ponte-cais 2 da pesca, encontra-se prevista a demolição de 26 m da ponte-cais 2 e a reconstrução da cabeça com uma configuração idêntica à que apresenta atualmente.



Perfil Tipo 1



Perfil Tipo 2

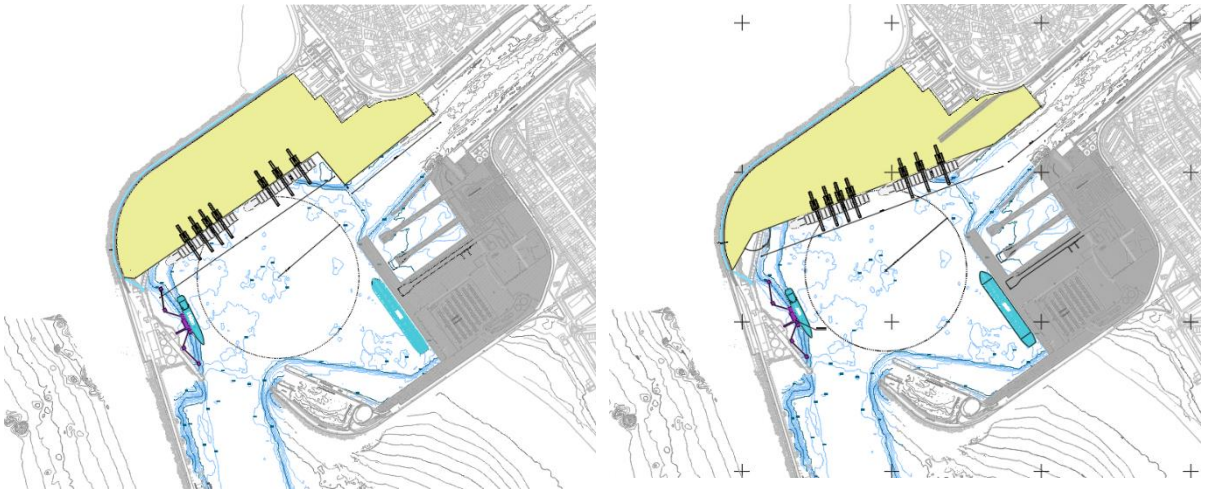


Perfil Tipo 3

Figura 16 – Perfis Tipo do novo Terminal de Contentores Sul – Situação de Referência

2.3 - Soluções Propostas

O presente relatório visa identificar qual a melhor solução estrutural para a ampliação do Terminal de Contentores Norte do ponto de vista hidráulico, de acordo com o efeito que esta nova estrutura terá nas atuais condições de tranquilidade do porto.



Alternativa A Alternativa B

Figura 17 – Alternativa A e B propostas para a ampliação do Terminal de Contentores Norte

Encontra-se prevista a ampliação do Terminal de Contentores Norte (TCN) do Porto de Leixões, de acordo com duas implantações/layouts, Alternativa A e B apresentadas na figura anterior:

- **Alternativa de layout A** – Esta alternativa apresenta uma área de terrapleno de 27,0 ha e comprimentos de cais, de 710 m a -15,50 m (ZHL) com um alinhamento paralelo ao primeiro troço do Molhe Norte aproximadamente perpendicular a terra e de 380 m a -10,00 m (ZHL) com o mesmo alinhamento (terminal de contentores norte atual com um acréscimo de aproximadamente 24 m), aproximadamente 140 m avançado em relação ao novo alinhamento;
- **Alternativa de layout B** – Esta alternativa apresenta uma área de terrapleno de 25,5 ha e comprimentos de cais, de 860 m a -15,50 m (ZHL) com um alinhamento que apresenta uma rotação de aproximadamente 14º para Sul, em relação ao alinhamento da Alternativa A e de 200 m a -10,00 m (ZHL) com uma rotação de 18º para Norte em relação ao alinhamento anterior (últimos 200 m do cais do terminal de contentores norte atual).

Para cada uma das alternativas foram consideradas duas soluções estruturais tipo em perfil:

- **Solução estrutural 1** – Cais construído em caixotões com um comprimento de 32,20 m e uma largura de 14,70 m no tronco e 16,30 m na base;
- **Solução estrutural 2** – Cais em tabuleiro com aproximadamente 34 m de largura assente em cinco estacas com diâmetro 1,2 m espaçadas de 7,5 m ao longo do alinhamento e terrapleno do tardoz contido através de talude composto por manto de proteção em enrocamento da gama 10 a 30kN;

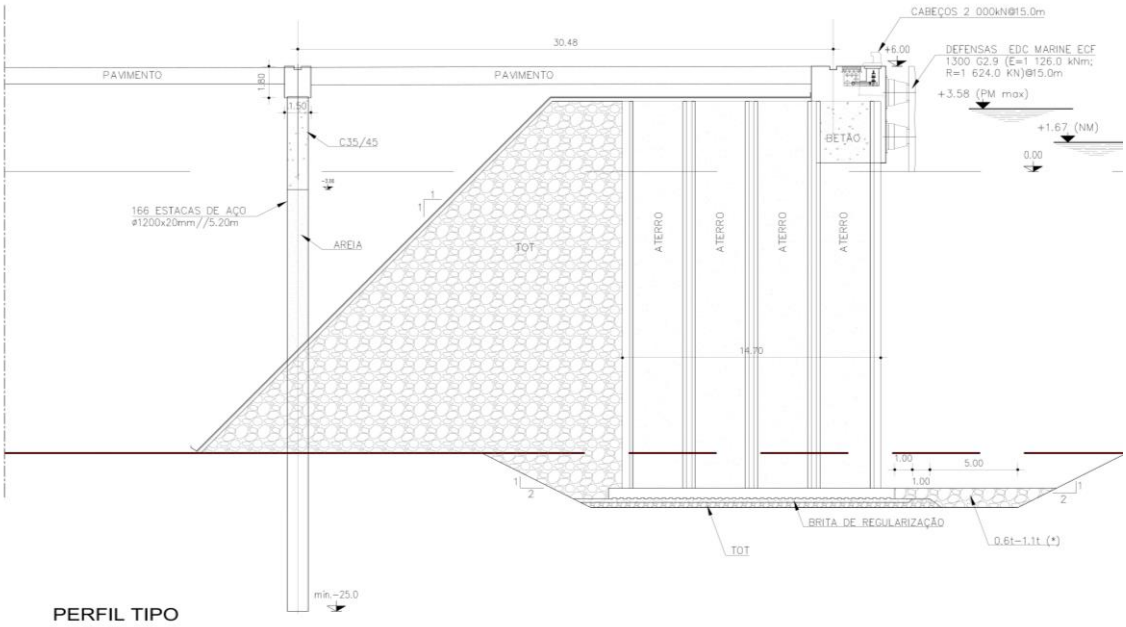


Figura 18 – Perfil Tipo da Solução 1 – Ampliação do Terminal de Contentores Norte

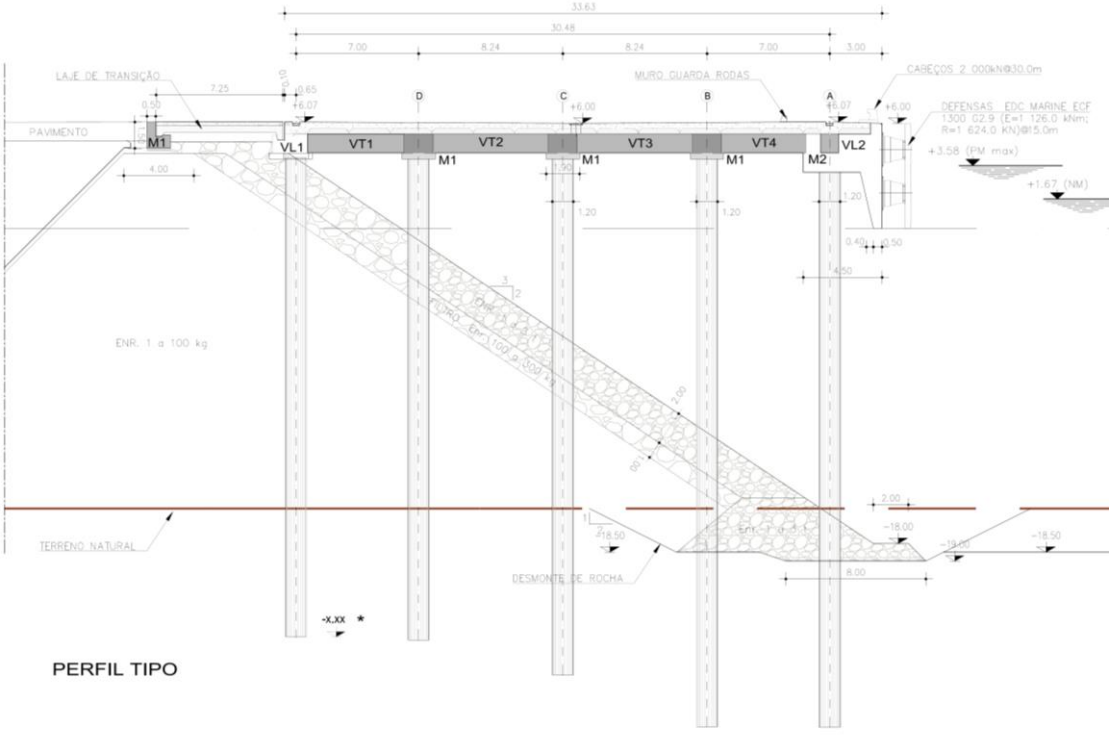


Figura 19 – Perfil Tipo da Solução 2 – Ampliação do Terminal de Contentores Norte

3 - SÍNTESE DAS CONDIÇÕES DE AGITAÇÃO MÉDIAS LOCAIS

A caracterização do regime médio da agitação ao largo e na aproximação ao porto é apresentada no Cap. 5.6 (Agitação Marítima) do Estudo Prévio. Aqui pretende-se apenas incluir uma síntese dessa caracterização na aproximação ao porto de Leixões, que corresponde a um ponto na fronteira do modelo local aplicado.

Os dados de base considerados na caracterização do regime de agitação marítima ao largo, correspondem a séries de dados de agitação possíveis de serem analisadas com métodos estatísticos. Estas fontes são, respetivamente:

- **Fonte A**: Corresponde aos registos tri-horários da boia ondógrafo direcional de Leixões, localizada à profundidade de 83 m, cobrindo um período de cerca de 11 anos de dados (1 de abril de 2004 a 18 de dezembro de 2015), num total de 37161 observações válidas, com 30777 observações tri-horárias válidas num universo de 34 953 possíveis, complementadas por 6 384 observações em períodos de tempestade.

  A duração de cada registo da boia ondógrafo é de 30 minutos, sendo estes obtidos a intervalos de 3 horas, exceto em situação de tempestade (altura significativa acima de 5 m), em que o intervalo passa, em geral, a 1/2 hora.

- **Fonte B**: Corresponde aos resultados do modelo de reconstituição da agitação ("*hindcast*") do projeto europeu ERA-Interim (ECMWF), para o período compreendido entre 1 de janeiro de 1979 e 31 de dezembro de 2016, num total de 38 anos.

  O registo de dados foi realizado a partir de uma malha de 9 pontos com resolução de 0,75°, num intervalo temporal de 6 em 6 horas, a partir do qual se selecionaram os registos correspondentes ao ponto P6, de coordenadas (41,25° N, 9° W).

  Apresenta-se na figura seguinte a localização dos pontos de registo das duas fontes de dados.



Figura 20 – Localização dos pontos referentes às fontes de dados A e B

A exposição atlântica do Porto de Leixões leva a que esta esteja sujeita ao impacto das grandes tempestades que se geram ao largo da costa portuguesa. A agitação ao largo foi transposta para as proximidades deste através de um programa de cálculo automático de refração espectral, desenvolvido pela CONSULMAR (modelo SPECTR – propagação de espectros de energia direcionais, que tem em conta o empolamento não linear das ondas e a sua rebentação), foram propagadas individualmente todas as ondas da base de "*hindcast*" ao largo, de vaga e de ondulação, desde o largo até ao ponto local PL, representativo dos fundos na aproximação ao porto de Leixões, tais como os registos da boia.

O ponto selecionado, PL e apresentado na figura seguinte, localiza-se em profundidades de -20,0 m (ZH)/-19,674 m (ZHL) e situa-se na fronteira do modelo de propagação das ondas local, MIKE21 BW, utilizado neste estudo.

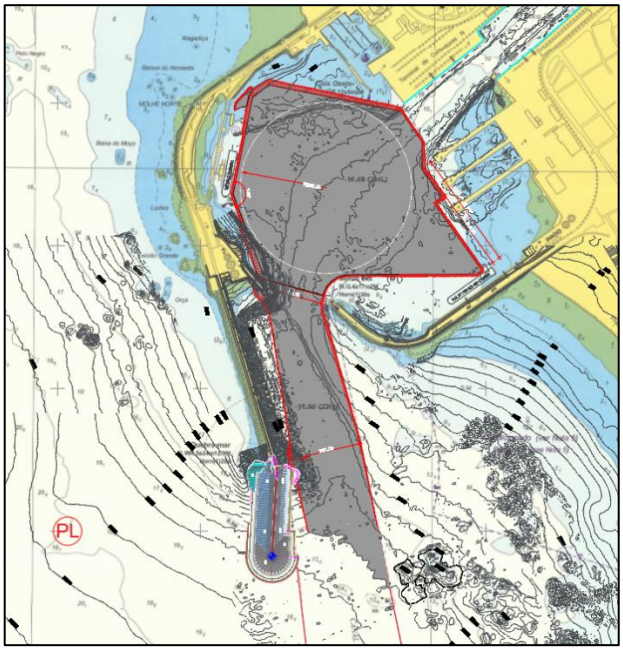


Figura 21 – Localização do ponto PL na fronteira do modelo local MIKE21 BW

A caraterização estatística de todos os resultados obtidos permitiu definir o regime médio no local, a partir do qual se selecionou as condições de agitação representativas a propagar na aproximação imediata e interior do Porto, conforme indicado no Cap. 4.

Apresentam-se nas figuras seguintes os resultados obtidos do tratamento dos dados obtidos pelas Fontes A e B, em termos das distribuições de rumos, alturas significativas (Hs) e períodos de pico (Tp) das ondas no ponto PL (valores médios anuais), em escalões de 22,5º, 0,5 m e 2 s, respetivamente.

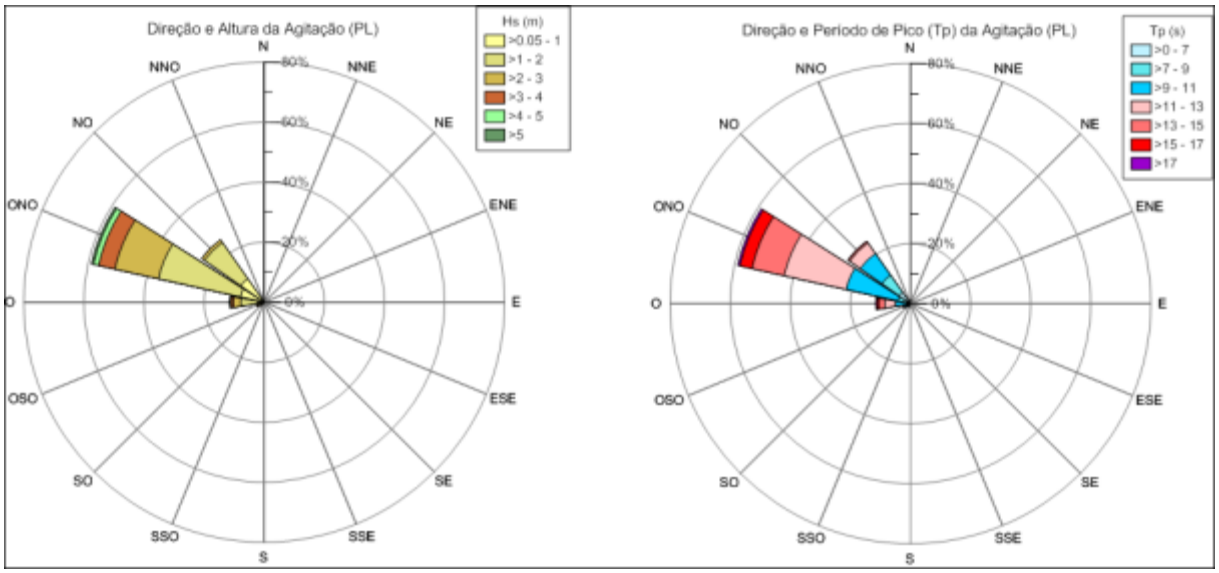


Figura 22 – Distribuição das alturas significativas e períodos de pico da agitação em PL segundo o rumo (Fonte A)

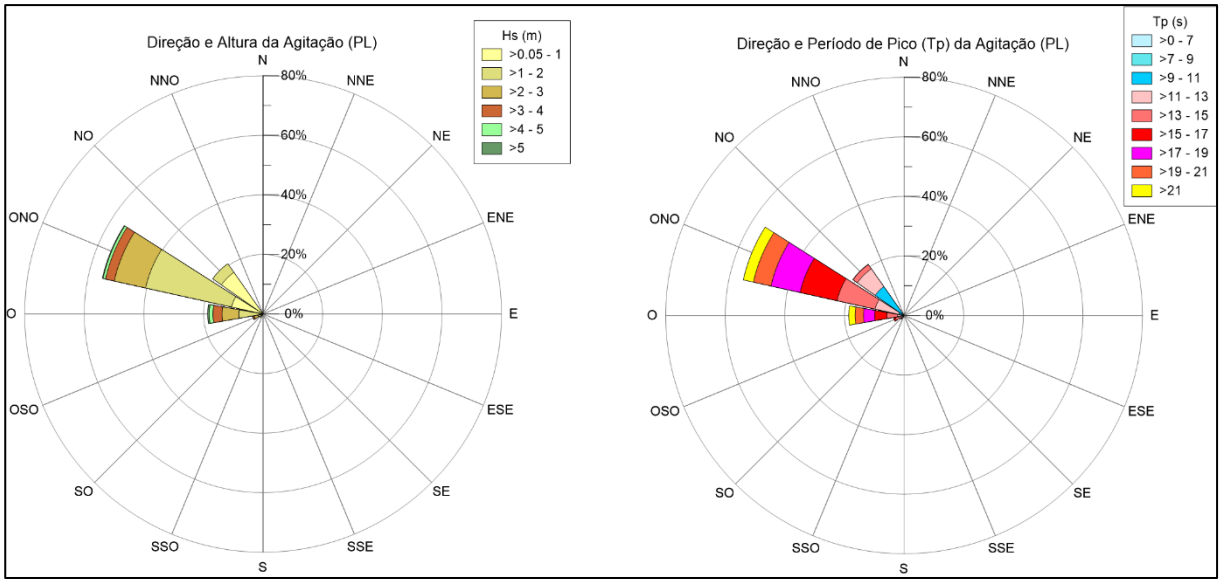


Figura 23 – Distribuição das alturas significativas e períodos de pico da agitação em PL segundo o rumo (Fonte B)

Nos quadros seguintes apresentam-se as distribuições conjuntas de altura / período por direção obtidas no ponto local PL.

Quadro 1 – Distribuições conjuntas de direções/períodos/alturas ponto PL – Fonte A

Rumo		Alt	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
202,5		0,25	0,013%	0,003%								
202,5	SSO	0,75	0,020%	0,023%								
202,5		1,25		0,013%								0,072%
			0,033%	0,039%								
225		0,25	0,003%					0,003%	0,013%			
225		0,75	0,007%	0,052%	0,055%	0,013%						
225		1,25	0,007%	0,124%	0,120%	0,075%						
225	SO	1,75		0,091%	0,140%	0,075%						
225		2,25		0,039%	0,185%	0,052%	0,003%					
225		2,75		0,003%	0,107%	0,065%	0,003%					
225		3,25			0,055%	0,013%						
225		3,75			0,010%	0,007%						1,320%
			0,016%	0,309%	0,673%	0,299%	0,007%	0,003%	0,013%			
247,5		0,25	0,007%	0,010%	0,003%							
247,5		0,75		0,059%	0,185%	0,111%	0,020%	0,003%				
247,5		1,25		0,055%	0,289%	0,241%	0,055%	0,010%				
247,5		1,75		0,026%	0,137%	0,198%	0,036%					
247,5		2,25		0,007%	0,156%	0,189%	0,065%					
247,5	OSO	2,75		0,003%	0,068%	0,140%	0,094%	0,013%				
247,5		3,25			0,029%	0,153%	0,065%					
247,5		3,75			0,016%	0,081%	0,039%					
247,5		4,25				0,046%	0,010%					
247,5		4,75			0,003%	0,016%	0,010%					
247,5		5,25				0,003%						
247,5		5,75				0,003%						2,652%
			0,007%	0,159%	0,887%	1,180%	0,393%	0,026%				
270		0,25	0,003%		0,010%	0,042%		0,007%				
270		0,75		0,046%	0,358%	0,657%	0,468%	0,117%	0,042%	0,010%		
270		1,25		0,062%	0,439%	1,287%	0,920%	0,367%	0,114%	0,062%	0,007%	
270		1,75		0,036%	0,250%	0,907%	0,803%	0,507%	0,195%	0,111%	0,013%	
270		2,25		0,003%	0,101%	0,374%	0,523%	0,371%	0,117%	0,036%	0,003%	
270		2,75		0,003%	0,046%	0,195%	0,312%	0,250%	0,065%	0,020%		
270		3,25			0,013%	0,117%	0,182%	0,114%	0,059%	0,020%		
270	O	3,75			0,003%	0,075%	0,130%	0,072%	0,059%	0,023%		
270		4,25				0,023%	0,049%	0,062%	0,026%	0,013%		
270		4,75				0,013%	0,036%	0,062%	0,016%	0,003%		
270		5,25				0,007%	0,026%	0,010%	0,007%	0,026%		
270		5,75				0,003%	0,013%	0,010%	0,003%	0,007%		
270		6,25				0,003%	0,003%	0,003%	0,007%	0,016%		
270		6,75					0,003%	0,003%		0,003%		
270		7,25					0,003%	0,003%	0,007%	0,010%		11,598%
			0,003%	0,150%	1,219%	3,702%	3,472%	1,957%	0,715%	0,358%	0,023%	
292,5		0,25	0,007%	0,007%	0,072%	0,101%	0,059%	0,020%	0,007%			
292,5		0,75		0,085%	1,547%	3,735%	1,931%	0,471%	0,120%	0,016%	0,016%	
292,5		1,25		0,098%	1,596%	6,680%	4,895%	1,092%	0,322%	0,062%	0,007%	
292,5		1,75		0,046%	0,533%	4,346%	5,822%	1,908%	0,445%	0,065%		
292,5		2,25		0,010%	0,163%	1,733%	4,411%	2,184%	0,471%	0,068%		
292,5		2,75			0,088%	0,676%	2,318%	2,149%	0,540%	0,055%		
292,5		3,25			0,023%	0,234%	1,004%	1,570%	0,647%	0,046%		
292,5		3,75			0,003%	0,117%	0,406%	0,848%	0,562%	0,068%		
292,5	ONO	4,25				0,026%	0,189%	0,426%	0,364%	0,075%		
292,5		4,75				0,003%	0,068%	0,185%	0,328%	0,068%		
292,5		5,25				0,003%	0,023%	0,065%	0,156%	0,062%		
292,5		5,75					0,010%	0,039%	0,072%	0,052%		
292,5		6,25					0,003%	0,023%	0,046%	0,042%		
292,5		6,75					0,007%	0,007%	0,020%	0,020%		
292,5		7,25						0,010%	0,010%	0,020%		
292,5		7,75							0,003%	0,010%		
292,5		8,25							0,003%			58,936%
			0,007%	0,244%	4,024%	17,654%	21,145%	10,997%	4,115%	0,728%	0,023%	
315		0,25	0,007%	0,130%	0,289%	0,241%	0,133%	0,003%			0,003%	
315		0,75	0,137%	1,459%	2,639%	3,062%	1,160%	0,218%	0,055%	0,003%	0,007%	
315		1,25	0,029%	2,275%	2,561%	3,410%	1,440%	0,185%	0,016%	0,010%		
315	NO	1,75		0,598%	1,245%	1,694%	1,128%	0,130%	0,010%			
315		2,25		0,059%	0,185%	0,328%	0,410%	0,029%	0,010%			
315		2,75			0,013%	0,042%	0,042%	0,013%	0,003%			
315		3,25				0,007%						25,419%
			0,172%	4,522%	6,933%	8,783%	4,313%	0,579%	0,094%	0,013%	0,010%	
337,5	NNO	0,25	0,003%									
		Totais	0,241%	5,422%	13,737%	31,618%	29,330%	13,561%	4,938%	1,099%	0,055%	100,00%

Quadro 2 – Distribuições conjuntas de direções/períodos/alturas ponto PL – Fonte B

Rumo		Alt	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	
202,5	SSO	0,25	0,002%	0,020%										
202,5		0,75	0,002%											0,024%
			0,004%	0,020%										
225	SO	0,25		0,058%	0,129%	0,072%	0,005%							
225		0,75	0,011%	0,139%	0,141%	0,038%								
225		1,25	0,007%	0,148%	0,197%	0,038%								
225		1,75		0,054%	0,190%	0,024%								
225		2,25		0,007%	0,105%	0,018%								
225		2,75			0,013%									1,396%
			0,018%	0,407%	0,775%	0,190%	0,005%							
247,5	OSO	0,25					0,005%							
247,5		0,75	0,007%	0,109%	0,085%	0,013%	0,004%							
247,5		1,25	0,002%	0,150%	0,339%	0,148%	0,020%							
247,5		1,75		0,087%	0,498%	0,277%	0,051%	0,004%						
247,5		2,25		0,013%	0,286%	0,315%	0,080%							
247,5		2,75			0,094%	0,322%	0,121%	0,009%						
247,5		3,25			0,014%	0,174%	0,134%	0,004%						
247,5		3,75				0,047%	0,078%	0,018%						
247,5		4,25				0,005%	0,033%	0,009%						
247,5		4,75					0,011%	0,016%						
247,5		5,25					0,004%	0,004%						
247,5		5,75						0,004%						
247,5		6,25						0,002%	0,002%					3,596%
			0,009%	0,359%	1,316%	1,302%	0,540%	0,069%	0,002%					
270	O	0,25		0,002%		0,005%								
270		0,75	0,005%	0,203%	0,543%	0,337%	0,091%	0,007%	0,004%					
270		1,25	0,002%	0,177%	0,788%	1,101%	0,818%	0,368%	0,092%	0,013%				
270		1,75		0,034%	0,415%	0,835%	1,036%	0,840%	0,384%	0,107%	0,009%			
270		2,25			0,127%	0,666%	0,802%	0,643%	0,645%	0,273%	0,029%	0,004%		
270		2,75			0,029%	0,395%	0,612%	0,569%	0,473%	0,284%	0,067%	0,005%		
270		3,25				0,134%	0,400%	0,512%	0,440%	0,210%	0,092%	0,011%		
270		3,75				0,033%	0,237%	0,386%	0,333%	0,194%	0,107%	0,011%		
270		4,25				0,004%	0,085%	0,223%	0,208%	0,143%	0,074%	0,016%		
270		4,75					0,024%	0,134%	0,150%	0,118%	0,054%	0,009%		
270		5,25					0,002%	0,040%	0,072%	0,067%	0,045%	0,002%	0,002%	
270		5,75						0,009%	0,045%	0,038%	0,033%	0,005%		
270		6,25						0,007%	0,016%	0,018%	0,024%	0,011%		
270		6,75						0,002%		0,014%	0,022%	0,002%		
270		7,25							0,002%	0,004%	0,014%	0,002%		
270		7,75								0,002%	0,007%	0,004%		
270		8,25								0,002%				
270		8,75								0,002%				
270		9,25										0,002%		
270		9,75									0,002%			18,696%
			0,007%	0,416%	1,901%	3,509%	4,106%	3,739%	2,864%	1,488%	0,579%	0,083%	0,002%	
292,5	ONO	0,25		0,042%	0,120%	0,060%	0,024%							
292,5		0,75	0,016%	1,271%	3,866%	3,721%	1,463%	0,293%	0,020%					
292,5		1,25		0,500%	3,433%	6,207%	4,957%	2,204%	0,464%	0,049%	0,004%			
292,5		1,75		0,024%	0,636%	2,328%	3,594%	3,458%	1,582%	0,241%	0,016%			
292,5		2,25		0,004%	0,078%	0,650%	1,697%	2,169%	1,704%	0,670%	0,062%			
292,5		2,75			0,016%	0,176%	0,646%	1,043%	1,099%	0,708%	0,105%	0,004%		
292,5		3,25				0,033%	0,255%	0,476%	0,596%	0,444%	0,130%	0,004%		
292,5		3,75				0,004%	0,083%	0,244%	0,317%	0,299%	0,139%	0,011%		
292,5		4,25					0,022%	0,114%	0,177%	0,183%	0,105%	0,013%		
292,5		4,75					0,002%	0,027%	0,074%	0,072%	0,051%	0,007%		
292,5		5,25						0,011%	0,031%	0,049%	0,022%	0,009%		
292,5		5,75						0,004%	0,014%	0,029%	0,014%			
292,5		6,25					0,002%	0,002%	0,011%	0,025%	0,007%	0,002%		
292,5		6,75							0,002%	0,002%	0,002%	0,005%		
292,5		7,75									0,002%			55,546%
			0,016%	1,840%	8,148%	13,178%	12,745%	10,045%	6,091%	2,770%	0,659%	0,054%		
315	NO	0,25	0,109%	2,721%	2,202%	0,353%	0,009%							
315		0,75	0,817%	6,621%	3,440%	0,871%	0,025%							
315		1,25	0,020%	1,510%	1,429%	0,386%	0,007%							
315		1,75		0,018%	0,118%	0,080%	0,004%							
315		2,25			0,002%	0,002%								20,742%
			0,945%	10,871%	7,190%	1,691%	0,045%							
		Totais	0,999%	13,913%	19,330%	19,870%	17,442%	13,853%	8,957%	4,259%	1,238%	0,138%	0,002%	100,00%

Com base nos resultados obtidos, verifica-se:

a) Rumos

A agitação que atinge o ponto PL tem maioritariamente direção média segundo ONO para ambas as fontes, com cerca de 59% e 55% das observações para, respetivamente, a Fonte A e Fonte B. Segue-se NO com cerca de 25% e 21% e O com cerca de 12% e 19%, igualmente segundo as Fontes A e B respetivamente.

b) Alturas

Tendo em conta a totalidade dos rumos (360º), as alturas inferiores a 1 m têm uma ocorrência média de cerca de 20% segundo a Fonte A e de 30% para a Fonte B.

As maiores frequências correspondem a ondas com alturas entre 1 e 2 m, com aproximadamente 50% das ocorrências segundo a Fonte A e 42% segundo a Fonte B. As ondas com alturas superiores a 3 e 5 m representam aproximadamente 10% e inferior a 1% das ocorrências, respetivamente para ambas as fontes.

c) Períodos

Relativamente à Fonte A, em que se apresentam os períodos de pico registados pela boia ondógrafo, verifica-se a predominância dos escalões entre os 9 e os 13 s, com a maioria (61%) das ocorrências registadas. Os períodos mais frequentes pertencem ao escalão dos 10 s, com cerca de 32% das ocorrências a registarem em cada um destes, seguidos pelo escalão dos 12 s com cerca de 29% e pelo escalão dos 14 s com sensivelmente 14%.

Os períodos inferiores a 9 s têm uma frequência média anual de cerca de 19%, registando os períodos superiores a 17 s similarmente uma frequência média anual inferior a 2%.

Relativamente à Fonte B, verifica-se a predominância dos escalões entre os 9 e os 15 s, com cerca de 53% das ocorrências (20% para o escalão 13 a 15 s).

Verifica-se ainda que os períodos inferiores a 9 s representam cerca de 1% das observações e que os superiores a 17 s representam cerca de 28% do total.

Para além da agitação incidente proveniente do largo na zona de interesse, tem-se conhecimento que existe agitação gerada pelos ventos locais que penetra na bacia portuária e que causa perturbação, principalmente na atual Doca de Recreio.

Com base na análise do regime de ventos local e na identificação do "*fetch*" máximo associado a cada direção, foi no âmbito do Estudo Prévio estimada a agitação que incide na bacia do porto de Leixões, apresentando-se no quadro seguinte, a frequência de ventos na proximidade de Leixões provenientes dos rumos entre SSE e SSO.

Quadro 3 – Distribuição de frequências de ocorrência de vento com rumos entre SSE e SSO

Escalões Vel. Média Vento (km/h)	Rumo		
	SSE	S	SSO
0 - 10	0,680%	0,770%	0,740%
10 - 20	1,300%	1,250%	1,660%
20 - 30	0,870%	1,440%	1,830%
30 - 40	0,500%	1,180%	1,430%
40 - 50	0,250%	0,510%	0,620%
50 - 60	0,070%	0,180%	0,180%
60 - 70	0,011%	0,027%	0,036%
70 - 80	-	0,002%	0,004%
Total	**3,670%**	**5,360%**	**6,490%**

Analisando em conjunto os resultados determinados com a distribuição de frequências, estima-se que:

- A ocorrência de ventos locais dos octantes de S e SSE poderá gerar agitação com pelo menos 1,0 m de altura, em média, e que ocorrerá na ordem de, pelo menos, 4 dias/ano;
- A frequência média de agitação com altura igual ou superior a 1,5 m seja na ordem de, pelo menos, 2 dias/ano;
- Admite-se que a altura de onda máxima gerada pelos ventos locais possa atingir valores na ordem dos 2,4 m, embora se estime uma frequência muito reduzida para a sua ocorrência.

4 - IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO

4.1 - Domínio de cálculo

Na construção do domínio de cálculo foram utilizados como informação de base os seguintes elementos:

- Carta Hidrográfica 26402 “Aproximações a Leixões e à barra do Rio Douro” do Instituto Hidrográfico, na escala 1:30 000, incluindo pormenor “Porto de Leixões e Barra do Rio Douro”, na escala 1:10 000;
- Levantamento Multifeixes da envolvente exterior e interior do Porto de Leixões e Barra do Douro, realizado pelo IH entre junho e julho de 2009, na escala 1:1 500;
- Levantamento Topo-Hidrográfico com Varrimento Laser do Manto de Proteção Exterior do Quebra-Mar de Leixões, realizado por Artescan/AtlanticLand em setembro de 2015, na escala 1:1 000;
- Levantamento Hidrográfico da Área a Sul do Porto de Leixões – Praia de Matosinhos, realizado por L.H.T. entre 18 e 21 de março de 2016, na escala 1:2 500;
- Levantamento Hidrográfico de apoio ao levantamento geofísico realizado por GEOSUB de 27 de julho a 4 de agosto 2017;
- Levantamento batimétrico final de referência – acessibilidades marítimas – bacia de manobra, realizado pela Dredging International em dezembro de 2022.

A informação de base descrita foi utilizada para criar o modelo de escala local, em que se representa o porto de Leixões na sua totalidade e incluindo a envolvente exterior.

A representação do domínio de cálculo do modelo do porto de Leixões foi construída sobre uma malha regular quadrada de 1000 x 1000 células, a qual se encontra orientada a norte, sendo a dimensão das células de 3 x 3 m, estendendo-se até profundidades da ordem dos -25 m (ZH).

Não foram representadas as estruturas de fundações indiretas e as estruturas flutuantes existentes devido à sua posição superficial ou mesmo acima do plano de água, já que o modelo considerado é um modelo bidimensional (MIKE21 BW).

O modelo foi inicialmente estabelecido para a configuração atual do porto (configuração incluindo as intervenções da empreitada a decorrer), designada de Situação Atual e igualmente para uma Situação Original, correspondente à situação sem as obras do prolongamento do quebra-mar exterior, nem as intervenções relativas às melhorias das acessibilidades marítimas, como pode ser observado nas figuras seguintes. Esta última para haver termo de comparação com as restantes, principalmente por a Situação Atual ainda se encontrar em fase de implementação/construção.

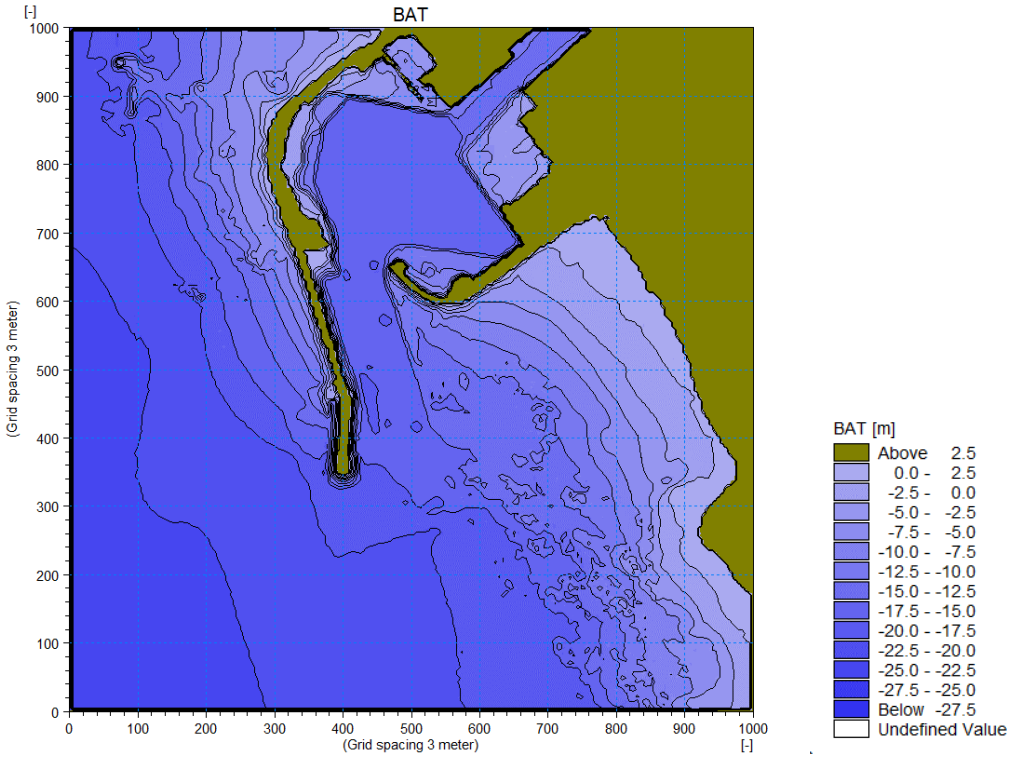


Figura 24 – Domínio de Cálculo – Situação Atual

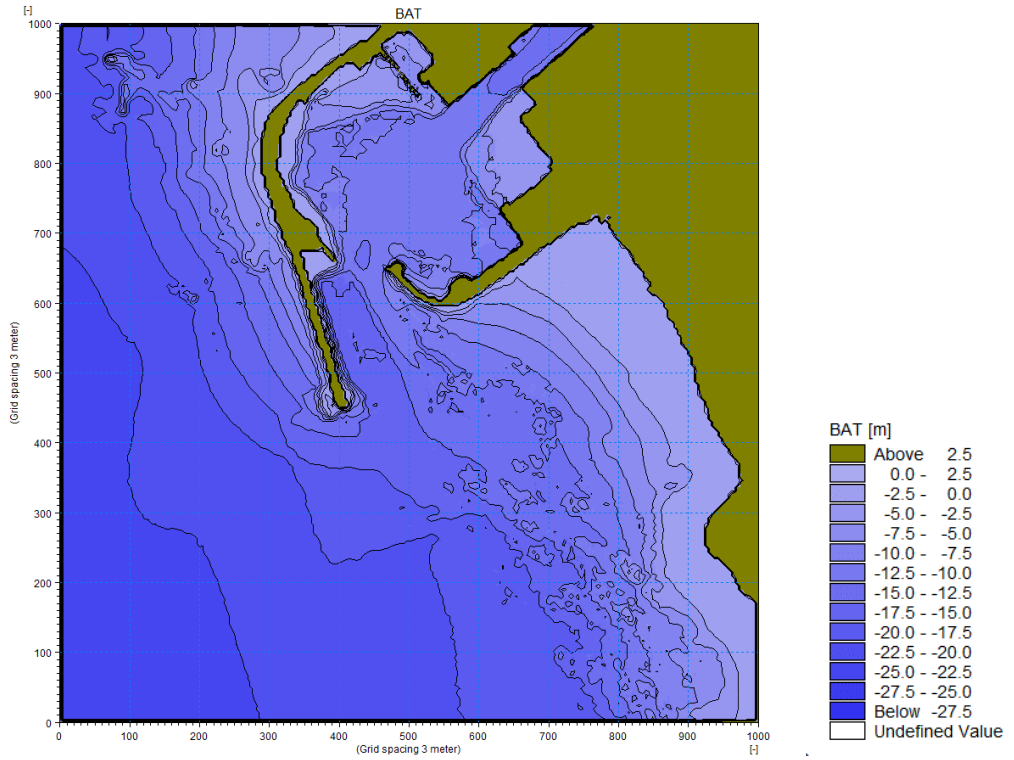


Figura 25 – Domínio de Cálculo – Situação Original

De acordo com informação recebida da APDL em relação às novas estruturas previstas para o interior da bacia portuária, foi igualmente estabelecida uma configuração, intitulada de Situação de Referência (ver Cap. 2.2), que inclui em relação à Situação Atual, o novo Terminal de Contentores Sul e novo Terrapleno e Molhe-Cais de apoio à Pesca, que se apresenta na Figura 26.

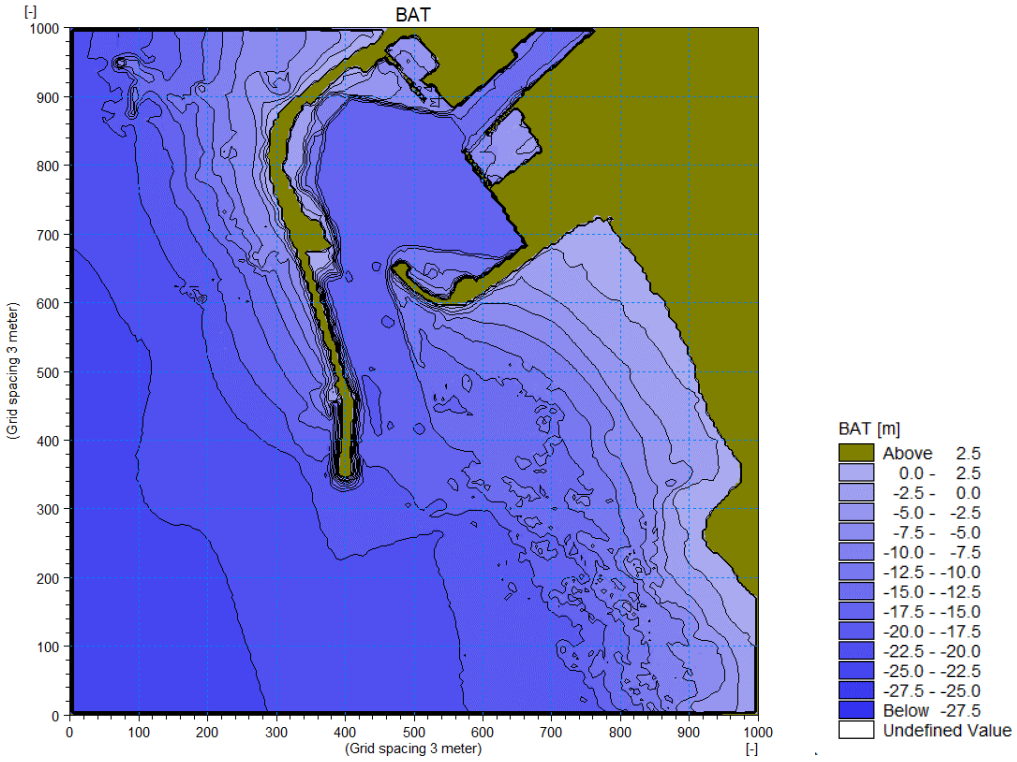
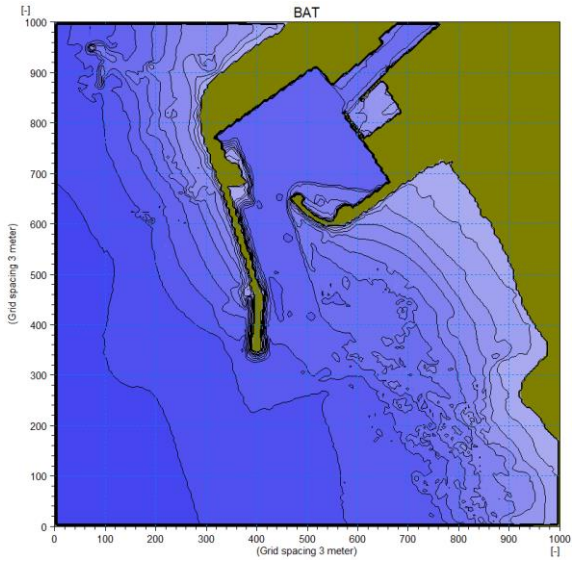
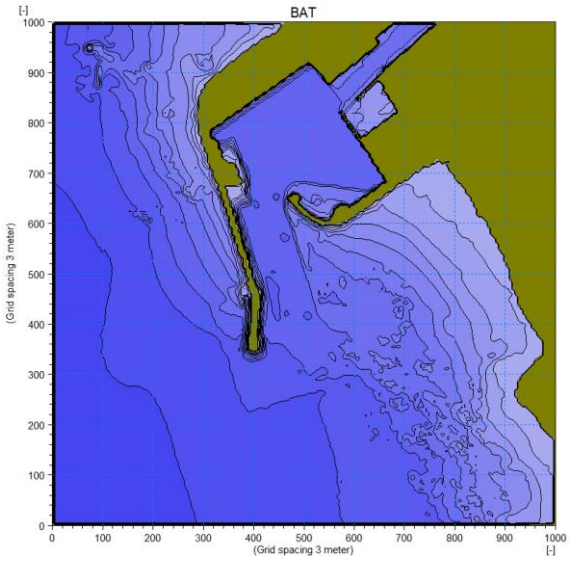


Figura 26 – Domínio de Cálculo – Situação de Referência

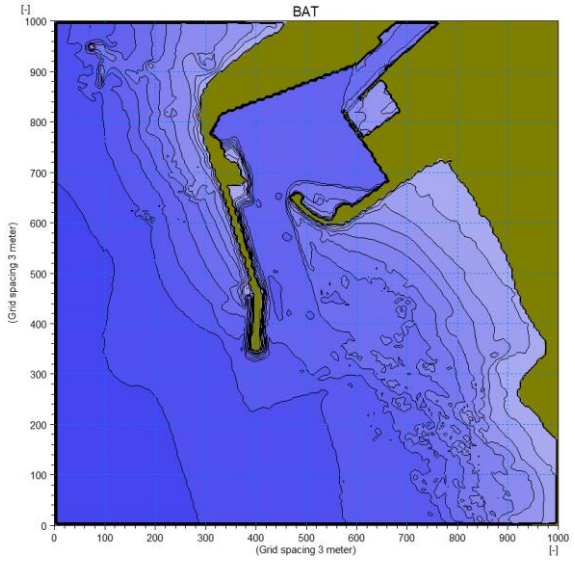
Como anteriormente referido, o objetivo do presente relatório é identificar/analisar qual a melhor solução estrutural para o Terminal de Contentores Norte do ponto de vista hidráulico, de acordo com o efeito que esta nova estrutura terá nas atuais condições de tranquilidade no interior da bacia portuária. Assim para esse efeito foram consideradas as seguintes opções de projeto (anteriormente descritas no Cap. 2.3) implementadas sobre a situação de referência.



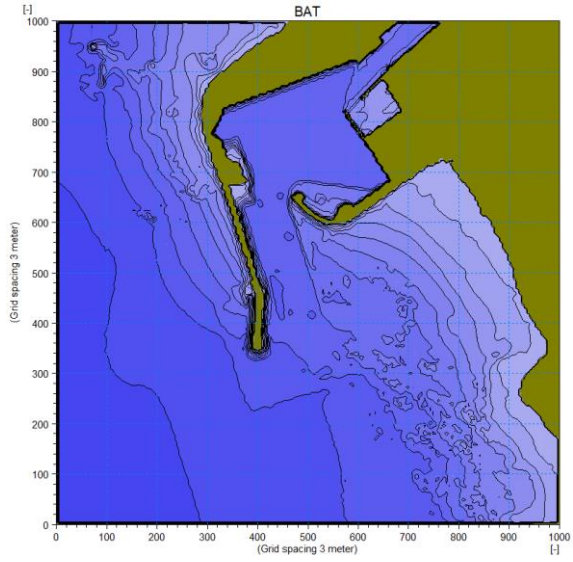
Alternativa A com Solução 1
(Situação de Projeto A1)



Alternativa A com Solução 2
(Situação de Projeto A2)



Alternativa B com Solução 1
(Situação de Projeto B1)



Alternativa B com Solução 2
(Situação de Projeto B2)

Figura 27 – Domínio de Cálculo – Situações de projeto ensaiadas

Apesar de na figura anterior as soluções 1 e 2 de cada alternativa parecerem iguais, salienta-se que a diferença reside no tipo de estrutura, ou seja, no coeficiente de reflexão adotado (mais ou menos refletora) e no limite da fronteira terrestre considerado associado à variação dos fundos na vizinhança desse limite. Nas soluções 2 o limite situa-se 34 m atrás em relação ao limite das soluções 1 e nesses 34 m a batimetria reproduzida corresponde ao talude de enrocamento sob o tabuleiro do cais.

4.2 - Condições de fronteira

Todas as fronteiras abertas do modelo foram definidas como de absorção de energia e definiram-se condições de fronteira de geração da agitação nos limites a Sul e Oeste do modelo. Com base na caracterização da agitação na aproximação ao porto, cuja síntese foi apresentada no Cap. 3, foram definidas as seguintes condições de agitação, de acordo com um espectro empírico JONSWAP unidirecional:

- **Condição 1:** Rumo O, Tp=14s e Hm0=1,0 m, com $N_{maré}$ = + 1,67 m (ZHL), correspondente à condição mais frequente e intensa.

A esta condição está associada uma ocorrência de 89,9% de acordo com os registos da boia ondógrafo. A esta frequência correspondem as condições de Tp≤14s e rumos para norte do Oeste, incluindo o Oeste, sendo que para estes casos as condições serão sempre melhores ou iguais aos resultados obtidos.

- **Condição 2:** Rumo S5°O, Tp=10s e Hm0=1,0 m, com $N_{maré}$ = + 3,70 m (ZHL), correspondente à condição menos frequente e intensa, mas que penetra no porto com mais facilidade.

Para esta condição selecionada com base na agitação gerada localmente, estima-se uma frequência de ocorrência inferior a 1% ao ano.

Refere-se que no âmbito deste estudo por questões de simplificação, as simulações foram efetuadas sem inclusão do fenómeno de rebentação da onda. Esta opção em nada condiciona o estudo efetuado, já que para os casos considerados e nas áreas analisadas este fenómeno não ocorre.

Para além disso, este modelo não considera a geração de ondas de vento, encontrando-se a análise deste efeito fora do âmbito deste estudo.

Relativamente às condições de fronteira fechada, foi ainda definida a condição de fronteira de terra, tendo esta sido especificada como de reflexão total ou parcial, através da inclusão do efeito de dissipação em camadas de porosidade variável e ajustável. Relembra-se que todas as estruturas com fundações indiretas, ou seja, assentes em estacas, ou estruturas flutuantes não foram introduzidas no modelo, (não se considerando o seu pouco efeito dissipativo), adotando-se assim uma aproximação conservativa.

Os valores dos coeficientes de reflexão adotados para cada estrutura de acordo com a condição de fronteira ensaiada, foram estimados com base nas formulações da bibliografia da especialidade e apresentam-se no quadro seguinte.

Quadro 4 – Coeficientes de reflexão (Kr) para as várias estruturas e condições

Parte da Estrutura (tipo de estrutura) / Identificação do troço		Kr	
		T = 10s	T = 14s
Situação Atual e de Referência			
Extradorso do enraizamento do Molhe Norte (estrutura em taludes, manto do extradorso em blocos cúbicos)	A	0,45	0,60
Extradorso do Molhe Norte (estrutura vertical/afloramento rochoso)	B	0,80	0,86
Extradorso do Molhe Exterior (estrutura em taludes, manto do extradorso em blocos tetrápodes)	C	0,45	0,60
Extradorso do Molhe Exterior - prolongamento (estrutura em taludes, manto do extradorso em blocos Antifer)	D	0,50	0,65
Intradorso do Molhe Exterior – prolongamento (estrutura em taludes, manto do intradorso em camada única de blocos Antifer)	E	0,55	0,70
Intradorso do Molhe Exterior (estrutura em taludes, manto do intradorso em enrocamentos)	F	0,50	0,65
Pequena praia na frente de terrapleno protegido com talude de enrocamento	G	0,29	0,36
Intradorso do Molhe Norte (estrutura em taludes, manto do intradorso em enrocamentos)	H	0,51	0,67
Pequena praia	I	0,10	0,13
Intradorso do Molhe Norte (estrutura em taludes, manto do intradorso em enrocamentos)	J	0,51	0,67
Intradorso do Molhe Norte (estrutura vertical)	K	0,90	0,90
Molhe de proteção da Doca de Recreio (estrutura vertical)		0,90	0,90
Cais das Docas nº1, 2 e 4 (estrutura vertical)		0,90	0,90
Novo molhe de proteção na entrada da bacia de apoio à Pesca (estrutura vertical)		0,90	0,90
Contorno interior da bacia da Pesca (estrutura vertical)		0,90	0,90
Novo Terminal de Contentores Sul – troço de 305 m (estrutura vertical, caixotões e plataforma na frente assente sobre estacas)		0,90	0,90
Novo Terminal de Contentores Sul – troço de 185 m (estrutura vertical, estrutura em blocos NOREF e plataforma na frente assente sobre estacas)	L	0,70	0,70
Terminal Multiusos (estrutura vertical, estrutura em blocos NOREF)		0,70	0,70
Retenção do terrapleno do Terminal de Cruzeiros (estrutura em taludes, manto de proteção em enrocamentos)	M	0,47	0,51
Intradorso do Molhe Sul (estrutura em taludes, manto do intradorso em enrocamentos)	N	0,53	0,66
Cabeça do Molhe Sul	K	0,90	0,90
Extradorso do Molhe Sul (estrutura de taludes, manto do extradorso em blocos paralelepipédicos)	O	0,45	0,60
Praia de Matosinhos	P	0,20	0,27
Limite terrestre rochoso	Q	0,80	0,86
Situação de Projeto A1 e B1			
Novo Terminal de Contentores Norte (estrutura vertical, caixotões)	K	0,90	0,90
Situação de Projeto A2 e B2			
Novo Terminal de Contentores Norte (estrutura em taludes, manto de proteção do terrapleno em enrocamentos e plataforma na frente assente sobre estacas)	M	0,47	0,51

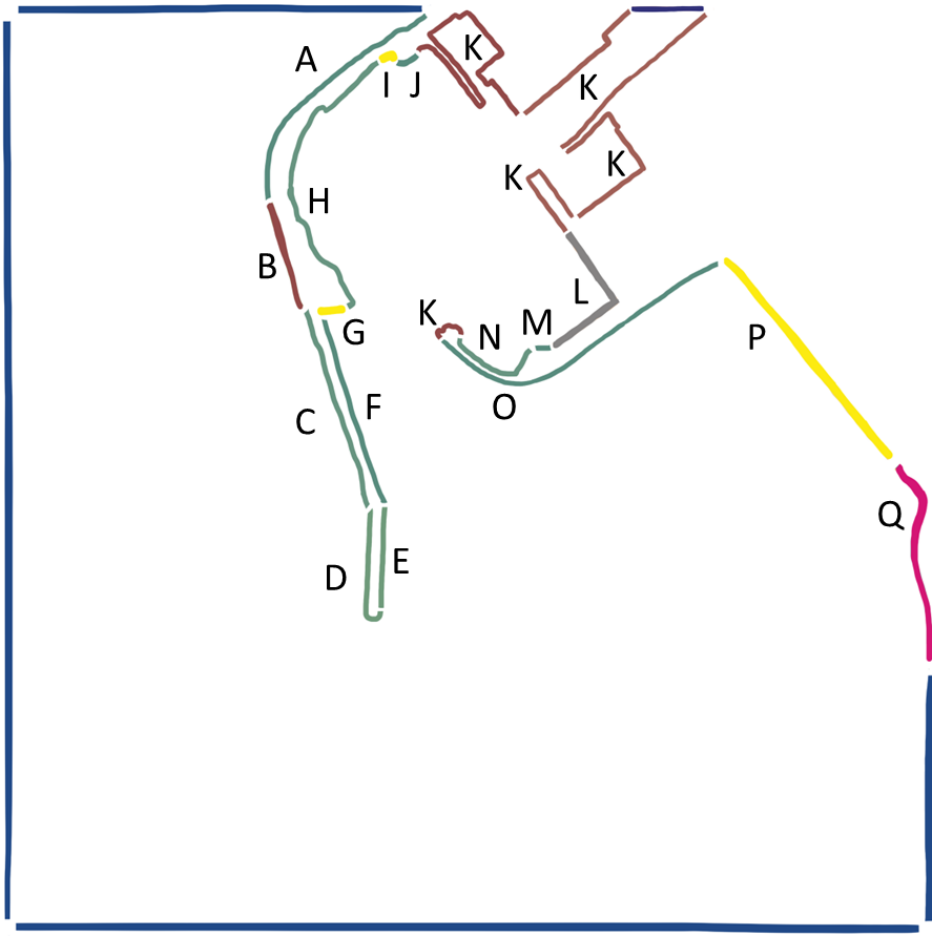


Figura 28 – Domínio de Cálculo – Troços da fronteira terrestre

4.3 - Desempenho do modelo

Não se dispõe de registos de agitação no interior e exterior do porto de forma a permitir calibrar o modelo utilizado na transferência da agitação do exterior da bacia portuária para o interior, no entanto, foram feitas comparações com resultados de estudos anteriores e foram adotados os mesmos coeficientes de reflexão e a mesma formulação de cálculo para os quebra-mares de talude, de acordo com a referência Seelig e Ahrens, 1995[1].

Para garantia de um bom desempenho do modelo, foram previamente analisados todos os estudos com recurso a modelação matemática sobre o Porto de Leixões, nomeadamente,

[1] Seelig e Ahrens, 1995 – Wave reflection and energy dissipation by coastal structures. Wave forces on inclined and vertical wall structures, ASCE, pp. 28-55.

IHRH, 2013[2] e Pinheiro, L. *et al*, 2017[3], por serem os mais recentes e com as configurações mais próximas das agora ensaiadas, tal como os estudos correspondentes com recurso a modelo físico tridimensional, Lemos, R. *et al*, 2018[4].

Desta forma e na ausência de registos de caracterização da agitação no interior da bacia, foi possível concluir, dada a semelhança nos resultados, que o modelo MIKE21 BW reproduz de forma satisfatória o processo de propagação das ondas desde a zona exterior ao porto até ao interior da bacia portuária.

Salienta-se que o modelo matemático agora adotado, corresponde a um modelo não-linear, no qual foram impostas como condições de agitação na fronteira de mar, ondas irregulares (espectro JONSWAP) unidirecionais, estando por isso os seus resultados bastante mais próximos do que ocorrerá na realidade, quando comparando com resultados de modelos lineares de ondas regulares.

Para além disso, o presente estudo pretende apoiar a escolha e validação da melhor solução estudada a nível de estudo prévio, da qual depende principalmente uma análise relativa e não absoluta (comparação de resultados entre as várias soluções).

[2] IHRH (2013). Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Projeto de criação de um novo terminal para contentores no porto de Leixões. Relatório final.

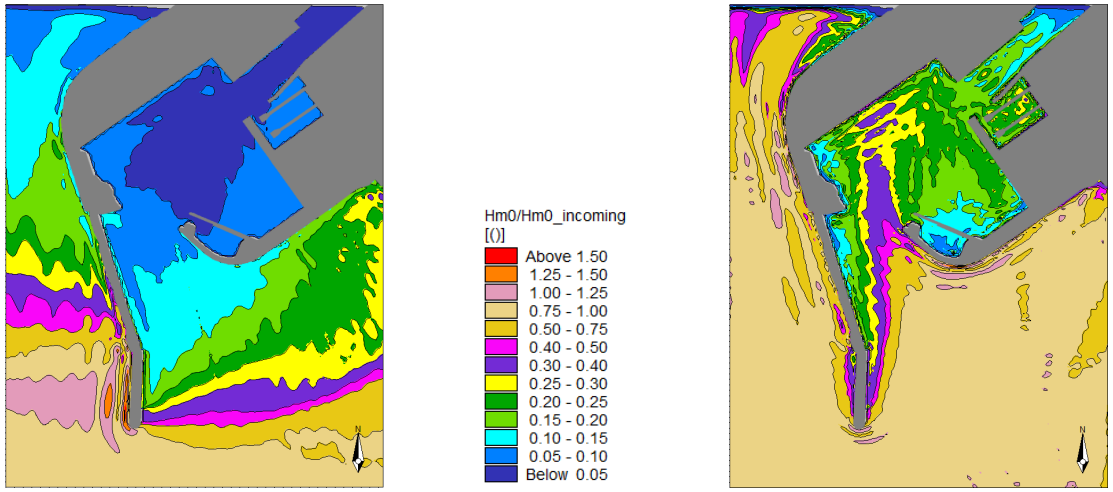
[3] Pinheiro, L.; Neves, M.G.; Fortes, C.J.E.M. (2017). Estudos em Modelo Físico e Numérico do Prolongamento do Quebra-mar Exterior e das Acessibilidades Marítimas do Porto de Leixões. Estudo II – Avaliação dos impactes do prolongamento do quebra-mar exterior do Porto de Leixões nas condições de agitação da praia de Matosinhos. LNEC - Proc. 0603/121/20692. Relatório Final 306/2017 – DHA/NPE.

[4] Lemos, R.; Neves, M.G.; Fortes, C.J.E.M. (2018). Estudos em Modelo Físico e Numérico do Prolongamento do Quebra-mar Exterior e das Acessibilidades Marítimas do Porto de Leixões. Estudo I - Ensaios tridimensionais de agitação e de estabilidade e galgamentos. LNEC - Proc. 0603/121/20692. Relatório Final 296/2018 – DHA/NPE.

5 - ANÁLISE DE RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

5.1 - Análise global

Os resultados obtidos pelo modelo em cada simulação correspondem a campos de índices de agitação (altura significativa normalizada pela altura incidente na fronteira do modelo) e são apresentados no Anexo I. A título de exemplo apresentam-se os resultados obtidos para ambas as condições de agitação (1 e 2) na Situação de Projeto A1.



Condição 1: O, Hm0=1,0, Tp=14 s Condição 2: S5ºO, Hm0=1,0, Tp=10 s

Figura 29 – Índices de agitação na Situação de Projeto A1

A observação dos resultados apresentados nas Figuras I-1 a I-6 (Anexo I) permite verificar que existe uma maior penetração de energia quanto mais rodada a Sul for a agitação incidente, observando-se índices de agitação mais elevados em toda a bacia. Tendo em conta que as maiores tempestades e a agitação mais frequente provêm do setor O-NO, pode-se concluir que o porto de Leixões apresenta uma configuração adequada ao abrigo necessário.

Da observação dos resultados das simulações relativas às várias situações analisadas, constata-se o seguinte:

- Relativamente à condição 1 associada ao rumo de Oeste, verifica-se que no canal de entrada no porto os índices apresentam-se para qualquer umas das configurações ensaiadas no intervalo dos 0,05 a 0,10, excetuando na situação original em que os índices são ligeiramente superiores registando-se no intervalo 0,10 a 0,15. Essa diferença resulta diretamente do abrigo proporcionado pelo prolongamento do quebra-mar.

  Na situação atual e de referência na zona central do anteporto os índices de agitação passam a ser inferiores a 0,05, mantendo-se no intervalo dos 0,05 a 0,10 no contorno, zonas de menores profundidades e junto às estruturas de acostagem. A Doca de

recreio é a única exceção, apresentando valores dos índices ligeiramente superiores, no intervalo de 0,10 a 0,15, devendo este aumento estar associado às menores profundidades nesta bacia, à sua localização em relação à entrada do porto e ao seu confinamento e contorno interior quase na sua totalidade em paramento vertical (quase totalmente refletor). Em comparação com a situação original, apesar destas configurações apresentarem a remoção da cabeça do molhe norte, o prolongamento do quebra-mar exterior sobrepõe-se à proteção por esta estrutura perdida, sendo os resultados sempre melhores nestas configurações em qualquer zona.

Nas configurações das situações de projeto os valores dos índices obtidos no interior do porto correspondem sempre a valores nos intervalos <0,05 e 0,05 a 0,10.

Com base nos valores dos índices obtidos na bacia, valores entre 0 e 0,10, podemos inferir que os valores de altura de onda serão maioritariamente inferiores a 50 cm, de acordo com uma altura significativa máxima de 5 m à qual estão associados 99% das ocorrências desta condição de rumo e Tp≤14 s, podendo-se afirmar que em qualquer das situações o plano de água estará razoavelmente tranquilo.

As diferenças identificadas entre as situações de projeto A1 e A2 e B1 e B2, correspondem a diferenças na dimensão das áreas onde se registam índices no intervalo de 0,05 a 0,10 ou no intervalo de valores inferiores a 0,05. Nas situações A1 e B1 a área com valores inferiores a 0,05 é menor quando comparada com a registada nas situações A2 e B2, o que se deve ao tipo de estrutura considerada para este terminal, sendo nestas últimas uma estrutura menos refletora.

É evidente que a introdução de novas estruturas no anteporto, vão conduzir a um agravamento da tranquilidade que atualmente aí se faz sentir, no entanto, como se pode verificar, os intervalos de valores do índice de agitação vão manter-se para esta condição, não havendo registo de valores nos escalões superiores.

Já comparando entre as situações A2 e B2, verifica-se que a área de índices entre 0,05 e 0,10, é maior para a situação de projeto A2, em que o alinhamento do cais do terminal é paralelo ao Molhe Norte e com topo perpendicular no extremo NE, o que termina por criar um canto onde se concentra e intensifica a agitação, que depois se irá estender às zonas adjacentes.

- Para a condição 2 (condição que ocorre menos de 1% ao ano), no canal de entrada no porto, os índices de agitação registam sempre valores entre 0,20 e 0,50 para qualquer uma das configurações ensaiadas, excetuando a situação original, na qual se registam valores até 0,75. Já na zona do anteporto e bacia interior (Docas nº1, 2 e 4) os valores do índice variam de acordo com a situação ensaiada.

  Entre a situação original e a atual e de referência, apesar de para este rumo a entrada se encontrar bastante exposta é visível o efeito do abrigo proporcionado pelo prolongamento do quebra-mar, principalmente na zona do porto de recreio e da pesca.

  Entre as situações atual e de referência a zona do anteporto não apresenta diferenças relevantes. Apenas se identifica para a situação de referência um ligeiro aumento dos índices na zona do intradorso do Molhe Sul, ou seja, ao longo do cais do terminal Multiusos e depois na zona do terminal de Cruzeiros. Os índices que na situação atual se verificam no intervalo de valores menores que 0,05, na situação de referência passam a registar valores entre 0,05 e 0,10, o que significa valores de altura de onda sempre inferiores a 25 cm, de acordo com a altura máxima a que poderá estar

associada esta condição (2,4 m), podendo-se considerar que em qualquer uma das situações o plano de água nesta zona é bastante tranquilo.

Em relação à bacia interior, na situação atual apresentam-se valores do índice que variam entre 0 e 0,10 e na situação de referência junto ao anteporto estima-se valores que podem chegar aos 0,15, ao longo do terminal de contentores norte existente e na zona da pesca.

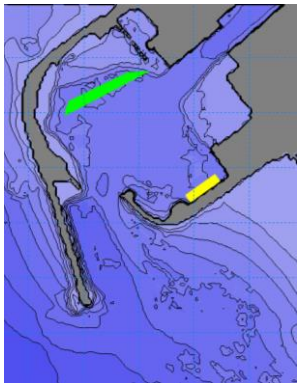
Para as situações de projeto A1 e B1, verifica-se que os índices de agitação do intervalo 0,30 a 0,40 que se registam na entrada, se mantêm ao longo duma faixa até à zona da ampliação do cais do terminal de contentores norte. Este intervalo registado de valores apresenta uma extensão que se traduz em aproximadamente 1/3 do cais em A1 e 1/4 do cais em B1.

Nas situações A2 e B2, os valores dos índices de agitação estimados na frente acostável da ampliação do terminal de contentores são menores, com os valores máximos no intervalo entre 0,25 e 0,30.

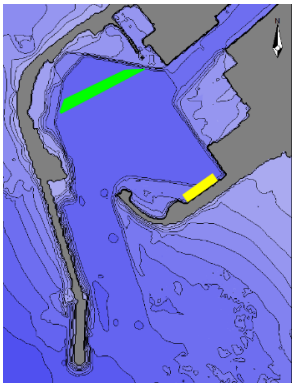
Na situação de projeto A, verificam-se valores ligeiramente superiores dos índices quando comparando com a alternativa de projeto B, o que pode ser justificado pelas reflexões que ocorrem no topo NE resultante da ampliação do novo terminal. Este paramento não existe na situação de projeto B, já que o alinhamento do novo terminal vai encaixar no alinhamento do cais do terminal de contentores norte existente, estando prevista a demolição de parte do canto SO do terminal de contentores norte existente.

5.2 - Análise quantitativa

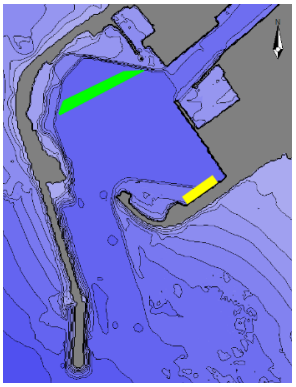
Para uma análise quantitativa das condições junto aos diferentes cais foram extraídos do modelo os valores dos resultados dos índices de agitação médios. As áreas analisadas são apresentadas na figura seguinte.



Situação Original



Situação Atual



Situação de Referência

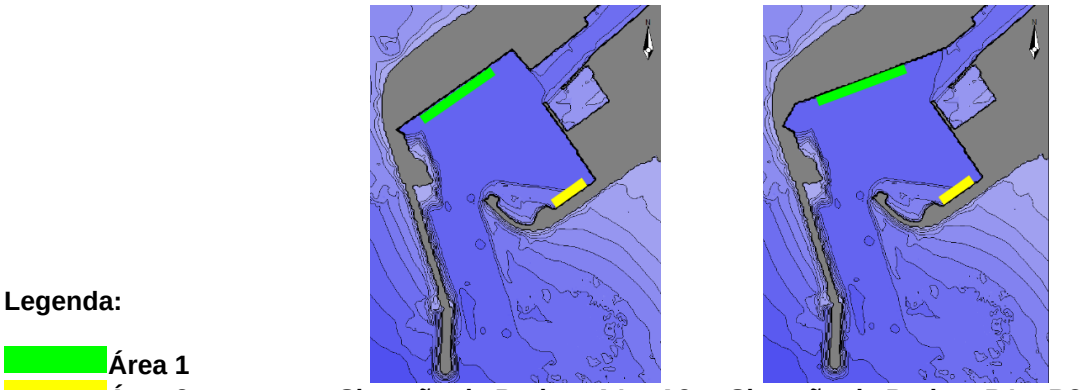


Figura 30 – Áreas de análise/registo de resultados

Estes resultados foram extraídos para a situação original, situação atual, situação de referência e para as quatro soluções alternativas, para além de se ter considerado a área 1 (a verde), nova área de cais resultante da ampliação do terminal de contentores norte, foi igualmente analisada em maior detalhe a área 2 (a amarelo), por ser a área que sofre diretamente mais alterações devidas à ampliação do terminal de contentores a norte.

Nos gráficos seguintes apresentam-se os índices de agitação médios estimados ao longo das zonas de acostagem analisadas. Os gráficos são apresentados por condição, com os valores dos índices para as diferentes áreas, e para as sete (7) configurações simuladas (situação original, situação atual, situação de referência e as quatro soluções alternativas de projeto apresentadas). A escala vertical dos gráficos foi mantida constante nas diferentes condições, de modo a facilitar a comparação dos valores dos índices entre condições e entre áreas.

Os gráficos seguintes permitem confirmar a análise global apresentada no ponto anterior, de que a ampliação do terminal de contentores norte (ampliação das estruturas existentes no interior da bacia portuária), produz sempre um ligeiro aumento dos índices de agitação na generalidade do porto (redução da tranquilidade). No entanto, em relação à situação original isso já não acontece, sendo os resultados equivalentes e para a condição de rumo O, o seu efeito é desprezável, não se prevendo quaisquer perturbações na operação ou permanência nos cais durante esta condição.

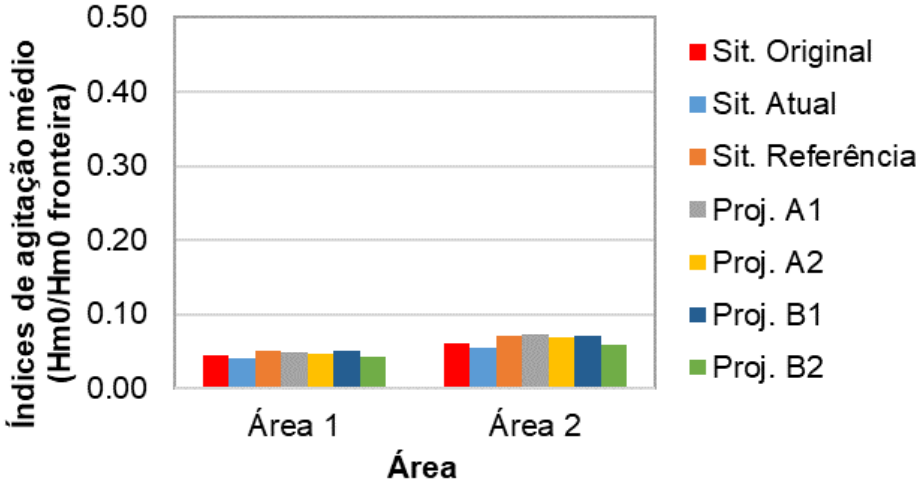


Figura 31 – Resultados do índice de agitação médio registado na condição 1 (O, Tp=14s e NM=1,67 m (ZHL)

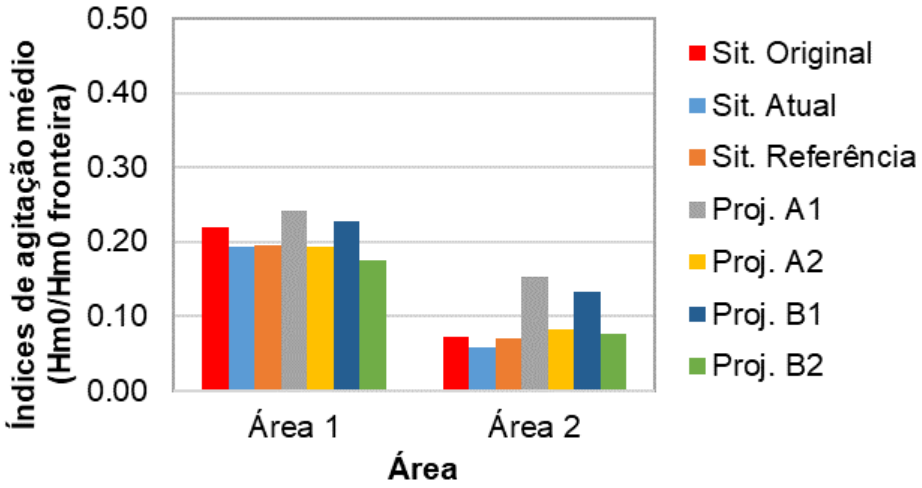


Figura 32 – Resultados do índice de agitação médio registado na condição 2 (S5°O, Tp=10s e NM=3,70 m ZHL)

Com base nos resultados obtidos nas áreas de registo, é visível que para a condição 1 (Rumo: O, Hm0=1m e Tp=14s), os valores dos índices estimados, que se situam sempre abaixo dos 0,10, são sempre bastante inferiores aos estimados para a condição 2, cujos valores podem no máximo atingir 0,25, o que confirma o bom abrigo proporcionado pelos Molhes Norte, Sul e Quebra-Mar Exterior que protegem o porto de Leixões.

Para além disso confirma-se que a ampliação do terminal de contentores norte vai conduzir a uma ligeira diminuição da tranquilidade nos terminais Multiusos e de Cruzeiros (principalmente para as situações de projeto A1 e B1 em que o novo cais é considerado vertical em estrutura de gravidade). Esta já será condicionada pela introdução do terminal de contentores sul

(situação de referência), verificando-se uma diferença muito menor em relação a esta situação, para as soluções de projeto A2 e B2.

Comparando as situações de projeto A1/B1 com A2/B2, as alternativas 2 são as que apresentam menor agravamento das condições, como seria de esperar, pois o cais proposto para a ampliação do terminal é composto por uma estrutura menos refletora (plataforma sobre estacas, com remate do terrapleno em talude de enrocamento classificado). Assim sendo, considera-se que a ampliação do terminal de contentores norte de acordo com as alternativas 2, não deve influenciar de forma significativa a tranquilidade no anteporto e bacia interior, devendo na generalidade das condições as alturas significativas máximas manter-se sempre inferiores às que condicionam as várias utilizações dos cais.

No quadro seguinte apresentam-se os valores dos índices médios obtidos nas duas áreas de registo.

Quadro 5 – Índices de Agitação Médios obtidos nas áreas de registo

Condição	1 - Rumo O, Hm0=1, Tp=14s		2 - Rumo S5O, Hm0=1, Tp=10s	
Áreas	A1	A2	A1	A2
Sit. Original	0.044	0.062	0.220	0.073
Sit. Atual	0.041	0.054	0.194	0.059
Sit. Ref.	0.050	0.070	0.195	0.069
Proj. A1	0.050	0.074	0.243	0.153
Proj. A2	0.047	0.070	0.194	0.083
Proj. B1	0.050	0.071	0.227	0.132
Proj. B2	0.043	0.060	0.175	0.076

Seria de prever que para a condição 1 as configurações de projeto (situação A1 e B1) apresentassem valores do índice médio superiores ao obtido na situação de referência, contudo, as diferenças obtidas para esta condição entre configurações, são da ordem de grandeza do erro do modelo.

Entre as situações de projeto A2 e B2, como referido na análise global, confirma-se que a alternativa de projeto B, conduz aos menores valores do índice de agitação, apresentando valores médios de 0,043 e 0,060 para a condição 1, respetivamente nas áreas 1 e 2 e para a condição 2 os valores de 0,175 e 0,076, igualmente para as áreas 1 e 2, respetivamente.

A condição 2 ensaiada, encontra-se associada a uma frequência de ocorrência inferior a 1%, não sendo por isso relevante para uma análise da operacionalidade portuária. Já a condição 1, como referido anteriormente, pode ser associada a um grande conjunto de condições que incidem no porto.

Com base nos índices médios apresentados no quadro anterior para a condição 1 e situação de projeto B2, admitindo um valor de altura significativa máxima admissível nos cais (área 1 e 2) de 0,5 m, pode-se concluir extrapolando que:

- na área 1, apenas as ondas superiores a 11 m na fronteira do modelo podem condicionar a operacionalidade no novo cais do terminal de contentores;
- na área 2, apenas as ondas superiores a 8 m na fronteira do modelo podem condicionar a operacionalidade no cais do terminal Multiusos.

Para este rumo e período (rumo O e Tp=14 s) da condição 1, não há registos na boia de alturas significativas da onda superiores a 7,5 m.

5.3 - Análise do porto de pesca

Para uma análise quantitativa e pormenorizada das condições na zona do porto de pesca foram extraídos do modelo os valores dos resultados dos índices de agitação médios, em três áreas do referido porto. As áreas analisadas apresentam-se na figura seguinte.

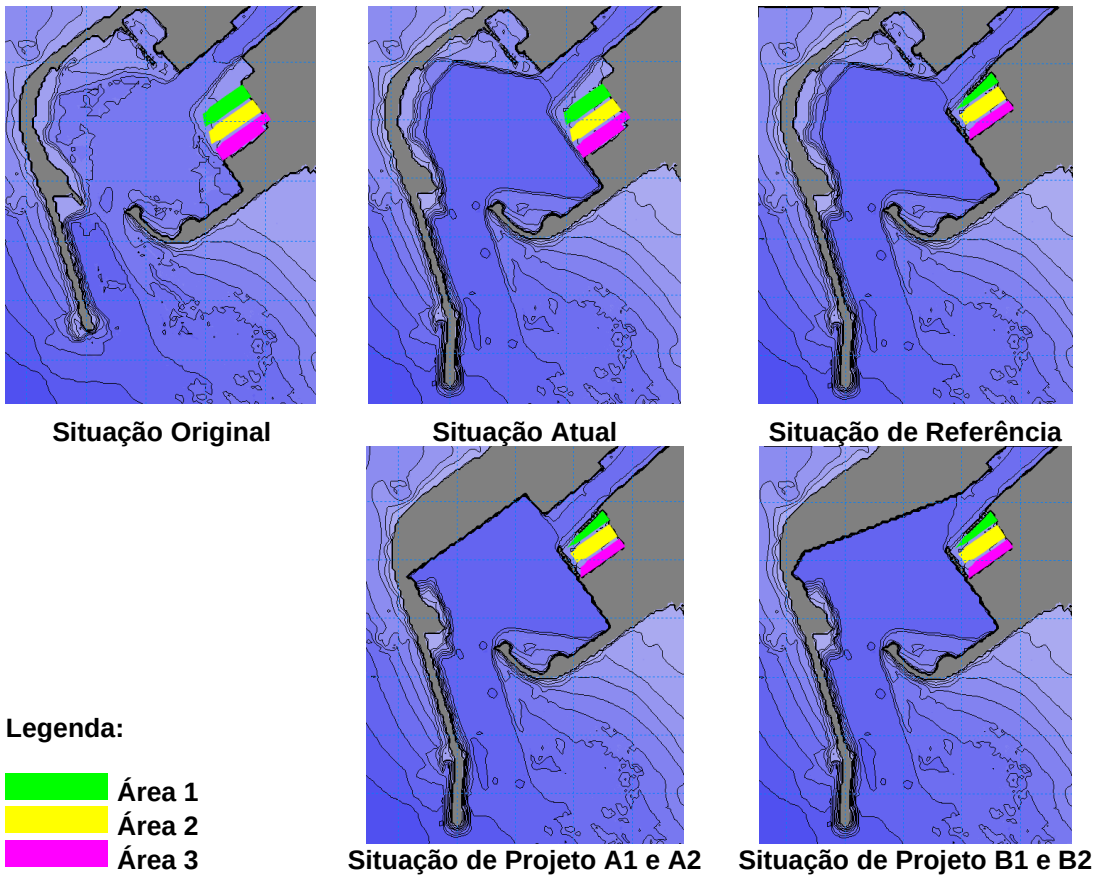


Figura 33 – Áreas de análise/registo de resultados no porto de pesca

Verifica-se com base nos resultados obtidos para a condição 1 (Rumo: O, Hm0=1m e Tp=14s), que os valores dos índices estimados, se situam sempre abaixo dos 0,10, e são sempre inferiores aos obtidos para a condição 2 (Rumo: S5°O, Hm0=1m e Tp=10s), cujos valores podem no máximo atingir 0,25, o que confirma as análises anteriores.

De todas as configurações a situação atual é a que apresenta os menores índices. No entanto, e para a condição de simulação 1, as diferenças registadas entre configurações são mínimas e da ordem de grandeza do erro do modelo, como se pode visualizar através da figura seguinte.

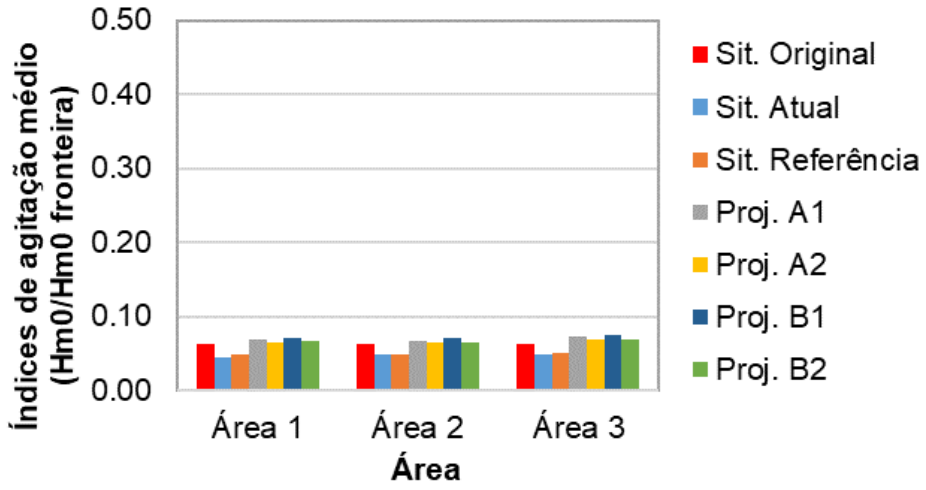


Figura 34 – Resultados do índice de agitação médio registado na condição 1 (O, Tp=14s e NM=1,67 m (ZHL)

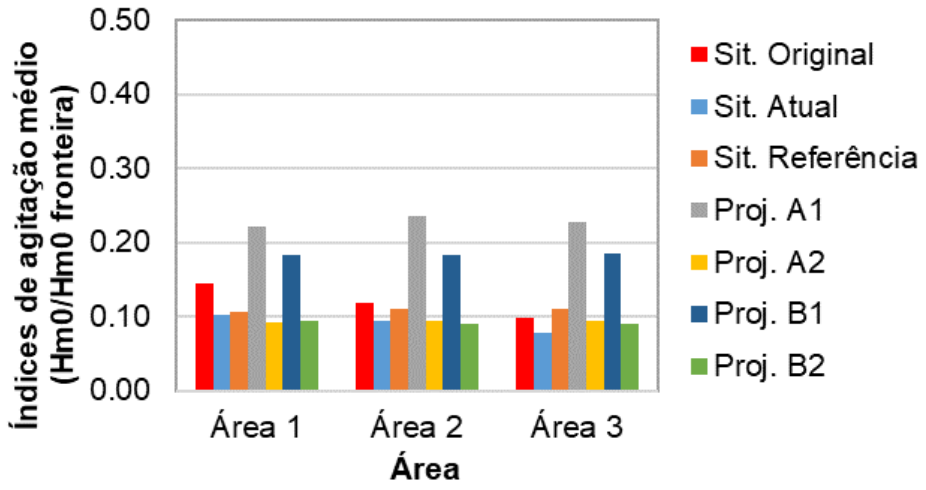


Figura 35 – Resultados do índice de agitação médio registado na condição 2 (S5°O, Tp=10s e NM=3,70 m ZHL)

Para a condição 2 (cujo rumo incide mais diretamente no anteporto e bacia) e situações de projeto A2 e B2 verifica-se uma ligeira melhoria da tranquilidade, principalmente face às restantes situações de projeto e à situação original. Apesar dessas melhorias, em relação às situações atual e de referência serem pouco significativas.

No quadro seguinte apresentam-se os valores dos índices médios obtidos nas três áreas de registo.

Quadro 6 – Índices de Agitação Médios obtidos nas áreas de registo do porto de pesca

Condição	1 - Rumo O, Hm0=1, Tp=14s			2 - Rumo S5O, Hm0=1, Tp=10s		
Áreas	**A1**	**A2**	**A3**	**A1**	**A2**	**A3**
Sit. Original	0.063	0.064	0.064	0.144	0.119	0.099
Sit. Atual	0.045	0.049	0.049	0.103	0.094	0.078
Sit. Ref.	0.049	0.048	0.051	0.107	0.11	0.11
Proj. A1	0.069	0.067	0.072	0.222	0.236	0.228
Proj. A2	0.066	0.064	0.069	0.093	0.094	0.093
Proj. B1	0.071	0.07	0.074	0.184	0.184	0.186
Proj. B2	0.066	0.065	0.07	0.095	0.089	0.091

Com base nos índices médios apresentados no quadro anterior para a condição 1 e situação de projeto A2 ou B2 (situações cujos resultados são muito idênticos ao da situação original), e admitindo um valor de altura significativa máxima admissível na bacia e cais correspondentes (áreas 1, 2 e 3) de 0,3 m, pode-se concluir extrapolando, que apenas as ondas superiores a 5 m na fronteira do modelo podem condicionar a operacionalidade na bacia da pesca. Para este rumo e período (rumo O e Tp=14 s) da condição 1, há apenas 1% dos resultados das alturas significativas da onda superiores a 5 m na fronteira do modelo com base nos registos da boia.

Fazendo o mesmo tipo de extrapolação para a condição 2, verifica-se que nunca se registarão valores de altura significativa superiores a 0,3 m na bacia da pesca, exceto nas configurações A1 e B1, embora esta condição ocorra menos de 1% ao ano e por isso não seja relevante para uma análise de operacionalidade.

6 - RESUMO E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo tem por objetivo apresentar a comparação entre as soluções de projeto e permitir selecionar a melhor solução de layout e estrutural do ponto de vista hidráulico a adotar na construção da ampliação e reorganização do terminal de contentores norte do porto de Leixões, tal como avaliar de forma qualitativa as alterações na tranquilidade da bacia, devido à introdução desta nova estrutura.

Para tal, recorreu-se à utilização de um modelo matemático de escala local (MIKE21 BW), bem como aos resultados obtidos na fronteira do modelo (ponto PL), calculados e apresentados no âmbito da caracterização das condições naturais do Estudo Prévio. Os resultados do modelo são apresentados sob a forma de planos de distribuição dos índices de agitação em toda a bacia portuária (Anexo I), e em várias áreas do interior do porto (anteporto e porto de pesca) onde se registou o valor médio dos índices de agitação.

Com base nos resultados obtidos, estima-se que a ampliação do terminal de contentores norte não terá a si associado um agravamento significativo das condições de operacionalidade no próprio cais, nem de alguma das estruturas adjacentes, nomeadamente o terminal Multiusos, o terminal de contentores Sul e o terminal de Cruzeiros, principalmente porque este porto já se encontra bastante bem abrigado.

Em relação ao porto de pesca confirma-se a mesma situação, ou seja, a ampliação do terminal de contentores norte, não irá condicionar as condições de operacionalidade nessa zona, prevendo-se que se mantenham as atuais condições, ou seja as condições analisadas na situação original.

Na avaliação da melhor solução de projeto, conclui-se que a solução estrutural 2, é a que introduz menores perturbações. Já em relação ao layout, a alternativa B é a melhor, já que o alinhamento do cais permite um encontro com o cais do terminal de contentores norte existente sem criar nenhuma perturbação extra à incidência da onda. Em termos de conclusões, e no âmbito do presente estudo, considera-se que a solução mais adequada à ampliação e reorganização do terminal de contentores norte é a Situação de Projeto B2.

As conclusões apresentadas quanto à avaliação das soluções de projeto propostas para a ampliação do terminal de contentores norte foram baseadas nos valores dos índices de agitação obtidos para as características de agitação marítima de ondas curtas e irregulares, não se tendo em conta os possíveis efeitos de eventuais galgamentos das estruturas de proteção marítima, fenómenos de ressonância e a ação do vento local.

ANEXO I

RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I-1 – Índices de Agitação – Hm0=1 m, Tp=14 s, Rumo O, NM=+1,67 m (ZHL) Situação Original, Atual e de Referência A.1

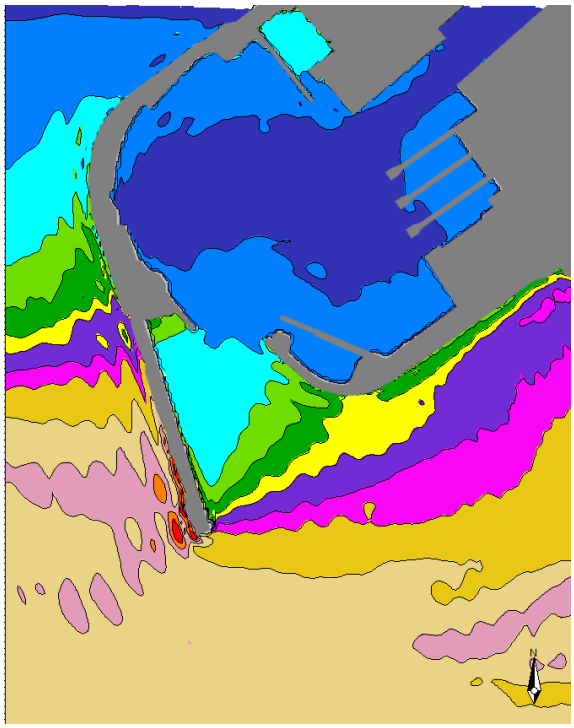
Figura I-2 – Índices de Agitação – Hm0=1 m, Tp=14 s, Rumo O, NM=+1,67 m (ZHL) Situação de Projeto A1 e A2 .....A.2

Figura I-3 – Índices de Agitação – Hm0=1 m, Tp=14 s, Rumo O, NM=+1,67 m (ZHL) Situação de Projeto B1 e B2 .....A.3

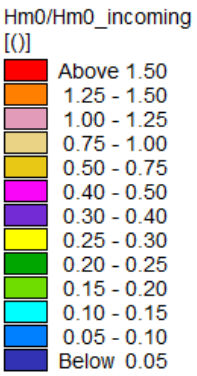
Figura I-4 – Índices de Agitação – Hm0=1 m, Tp=10 s, Rumo S5°O, NM=+3,70 m (ZHL) Situação Original, Atual e de Referência A.4

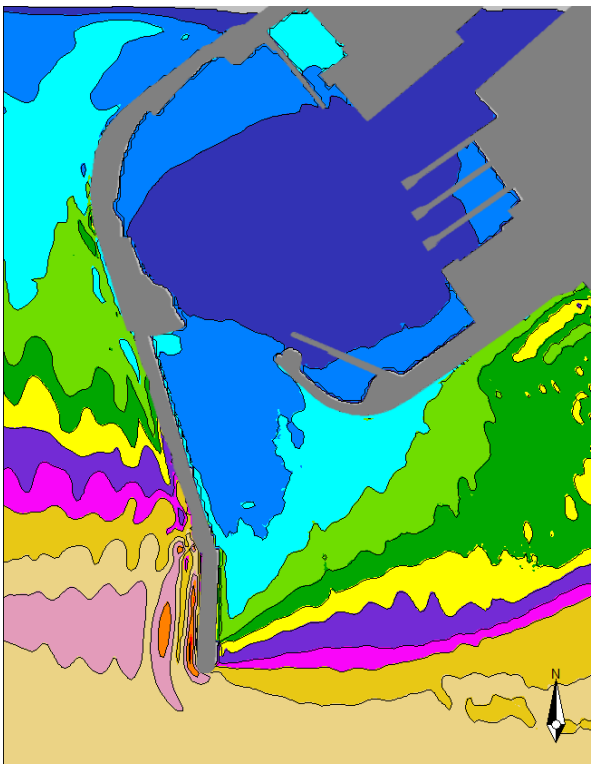
Figura I-5 – Índices de Agitação – Hm0=1 m, Tp=10 s, Rumo S5°O, NM=+3,70 m (ZHL) Situação de Projeto A1 e A2 .....A.5

Figura I-6 – Índices de Agitação – Hm0=1 m, Tp=10 s, Rumo S5°O, NM=+3,70 m (ZHL) Situação de Projeto B1 e B2 .....A.6

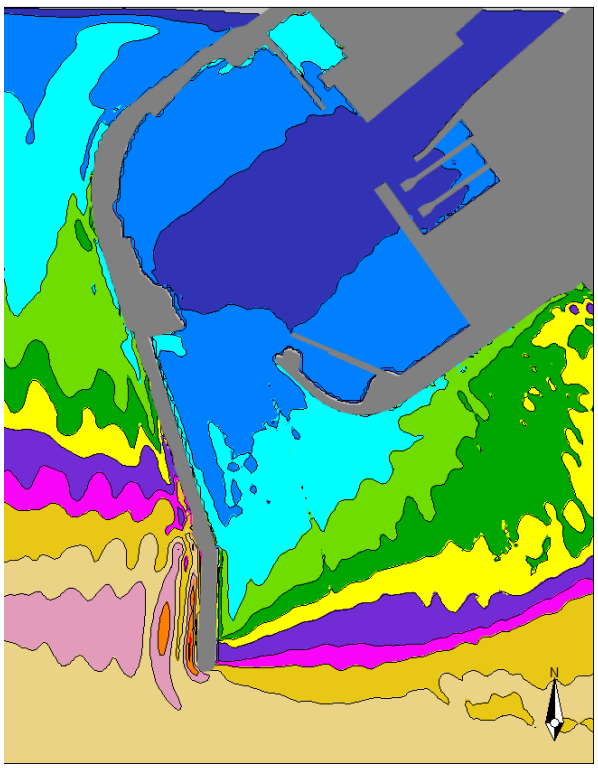


Situação Original



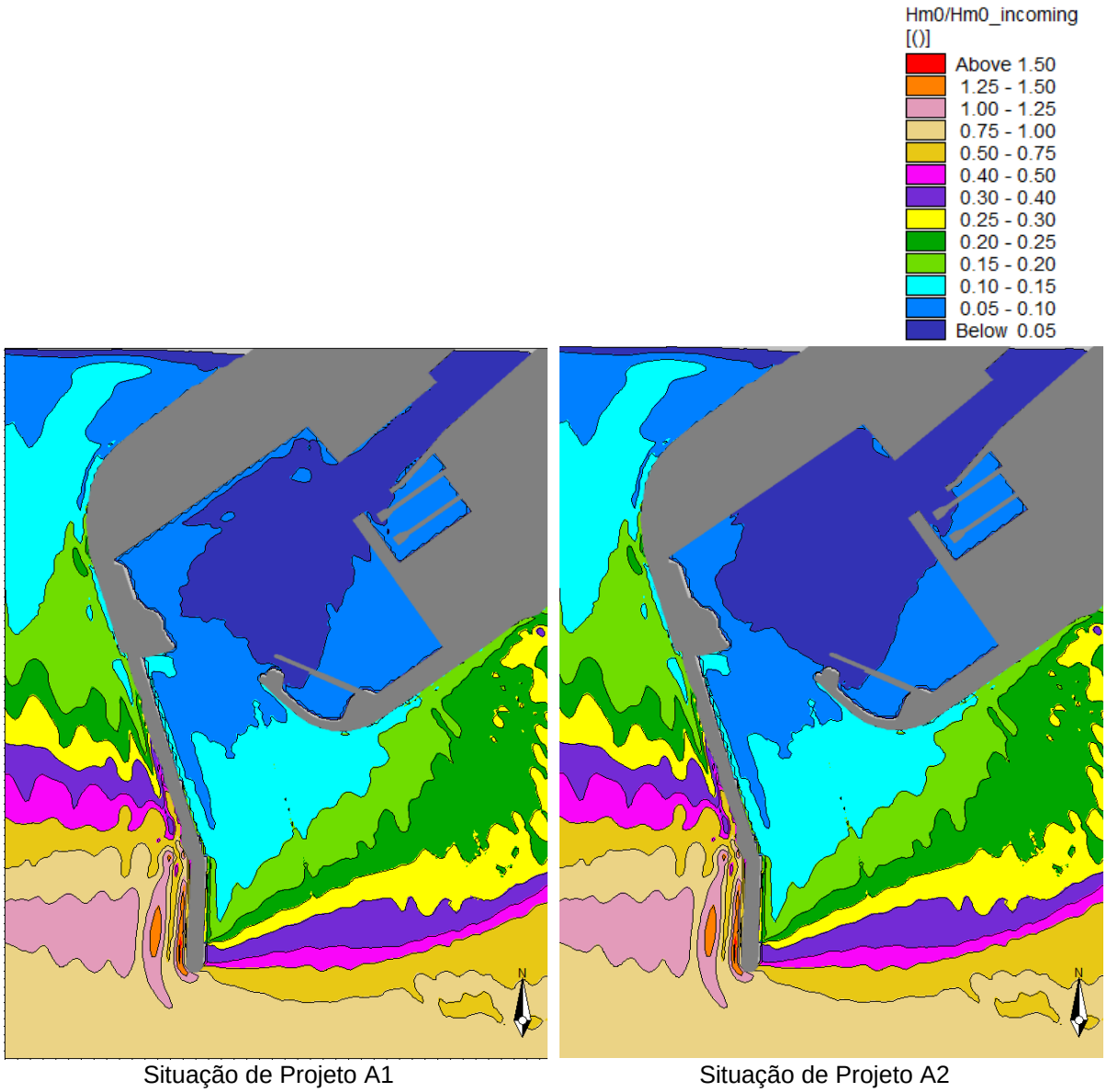


Situação Atual



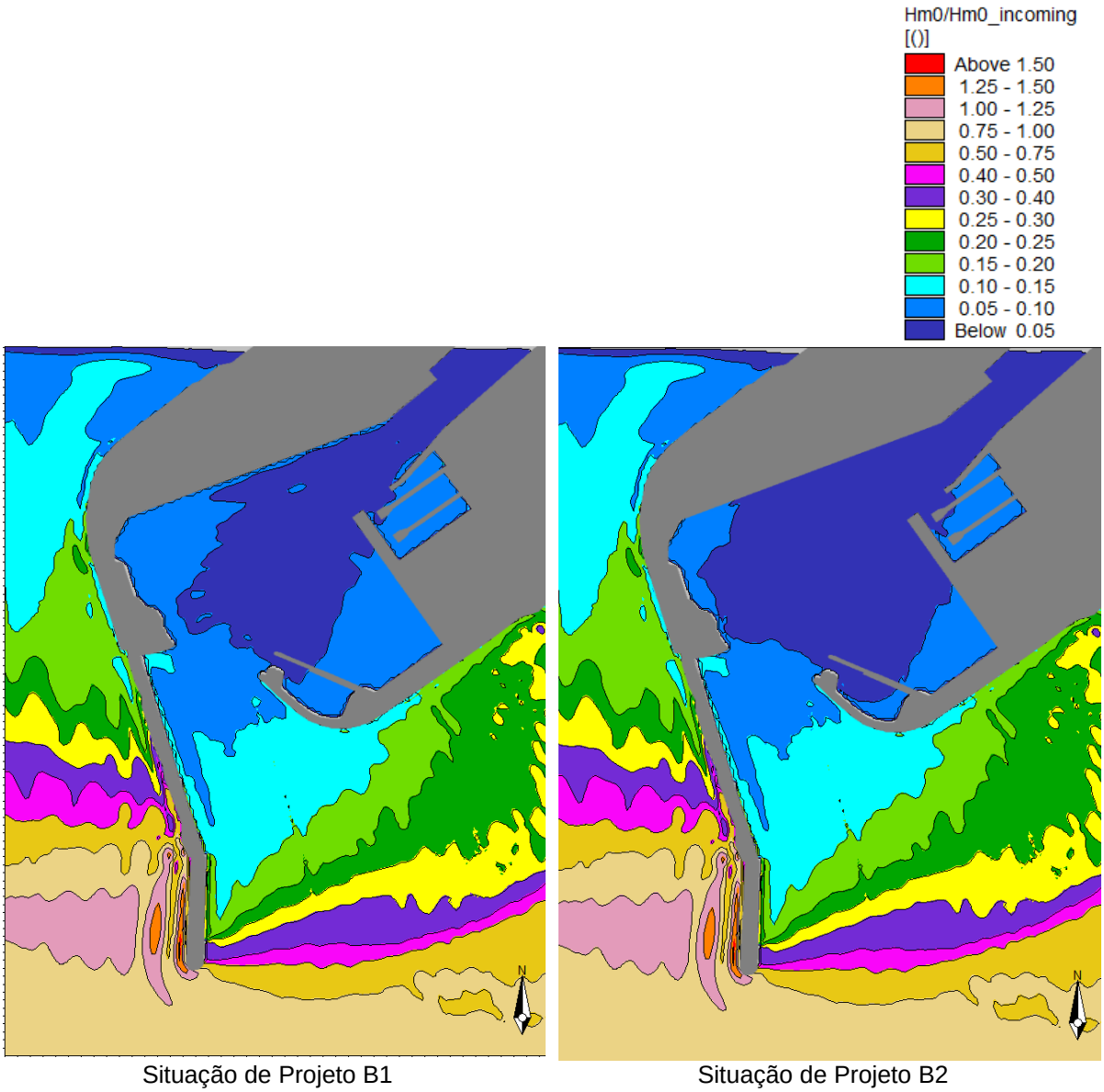
Situação de Referência

Figura I-1 – Índices de Agitação – Hm0=1 m, Tp=14 s, Rumo O, NM=+1,67 m (ZHL)
Situação Original, Atual e de Referência



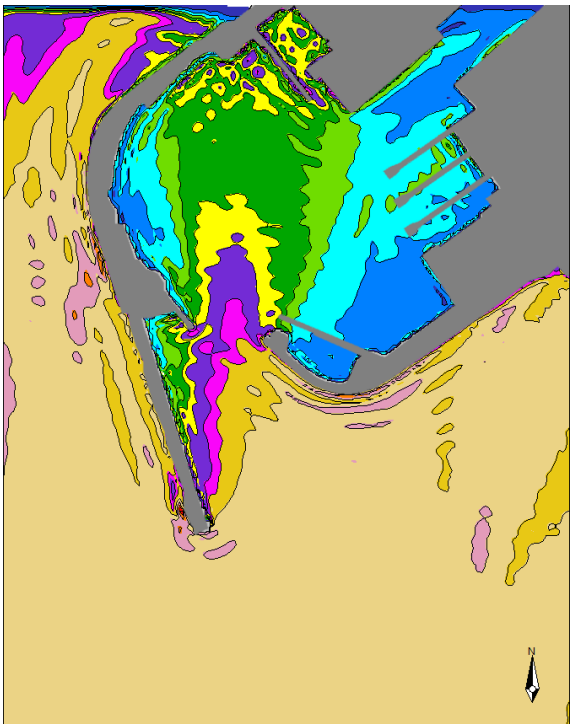
Situação de Projeto A1 Situação de Projeto A2

Figura I-2 – Índices de Agitação – Hm0=1 m, Tp=14 s, Rumo O, NM=+1,67 m (ZHL)
Situação de Projeto A1 e A2

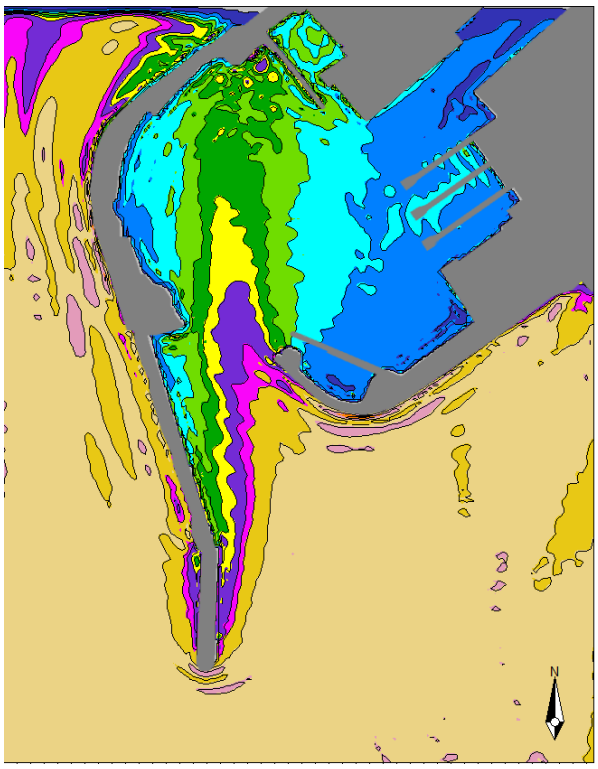


Situação de Projeto B1 Situação de Projeto B2

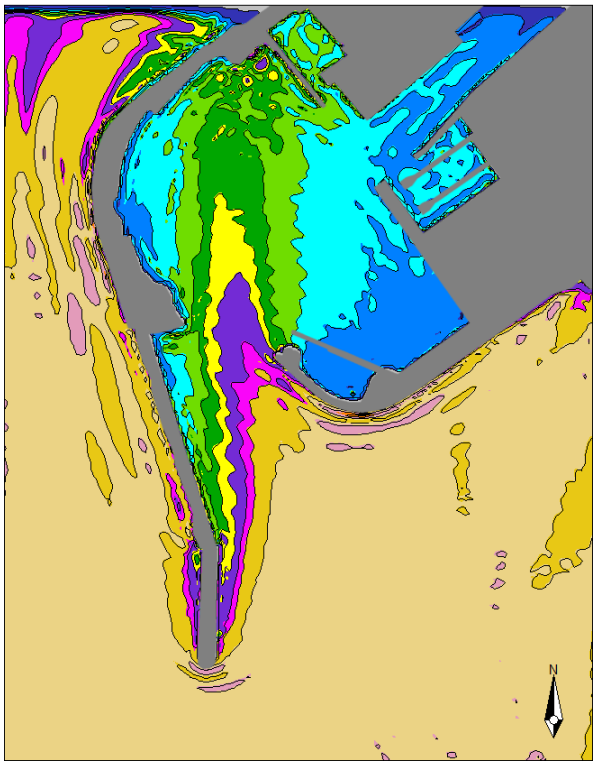
Figura I-3 – Índices de Agitação – Hm0=1 m, Tp=14 s, Rumo O, NM=+1,67 m (ZHL)
Situação de Projeto B1 e B2



Situação Original



Situação Atual



Situação de Referência

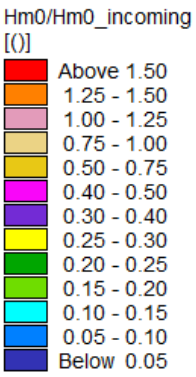
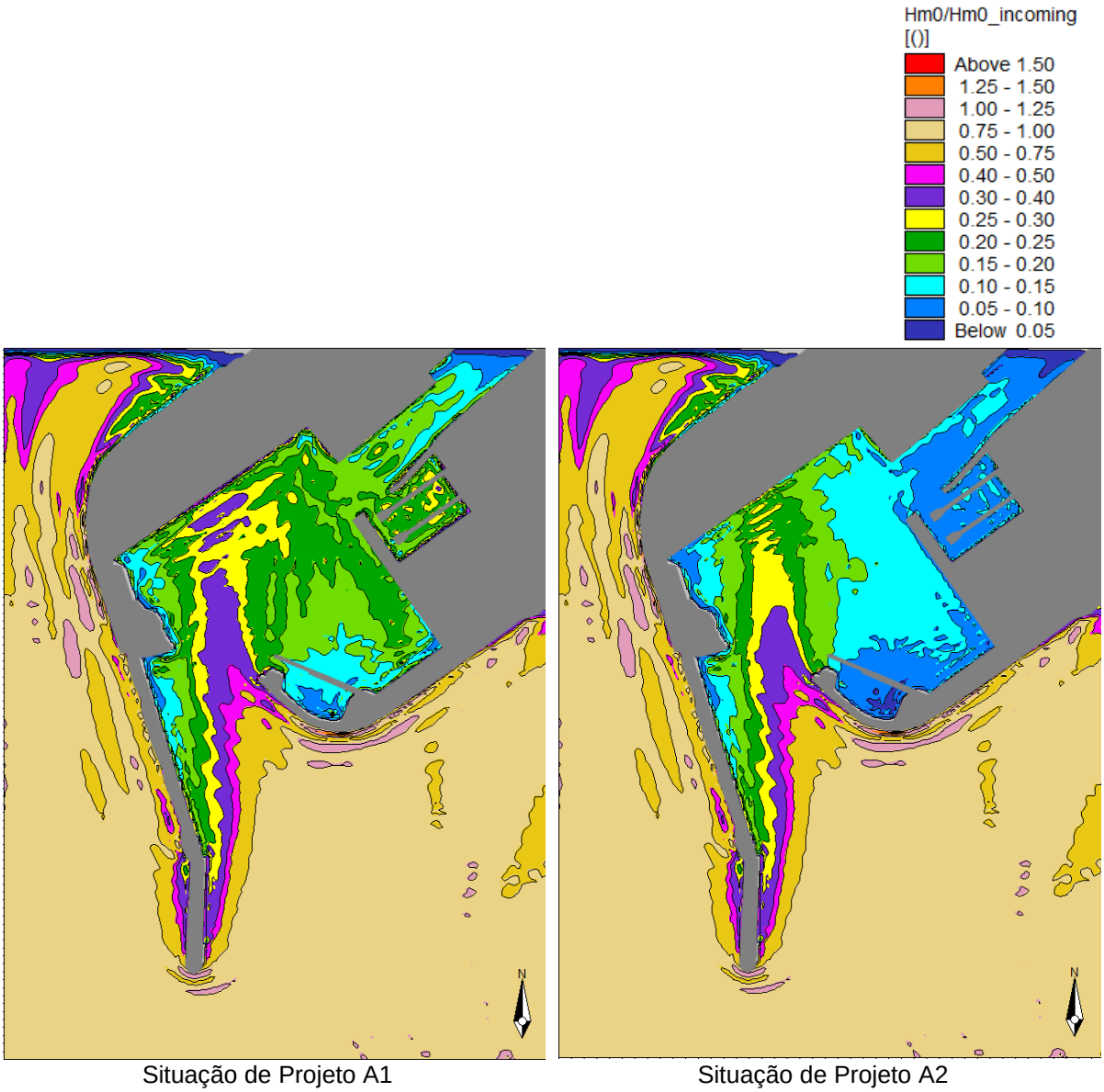
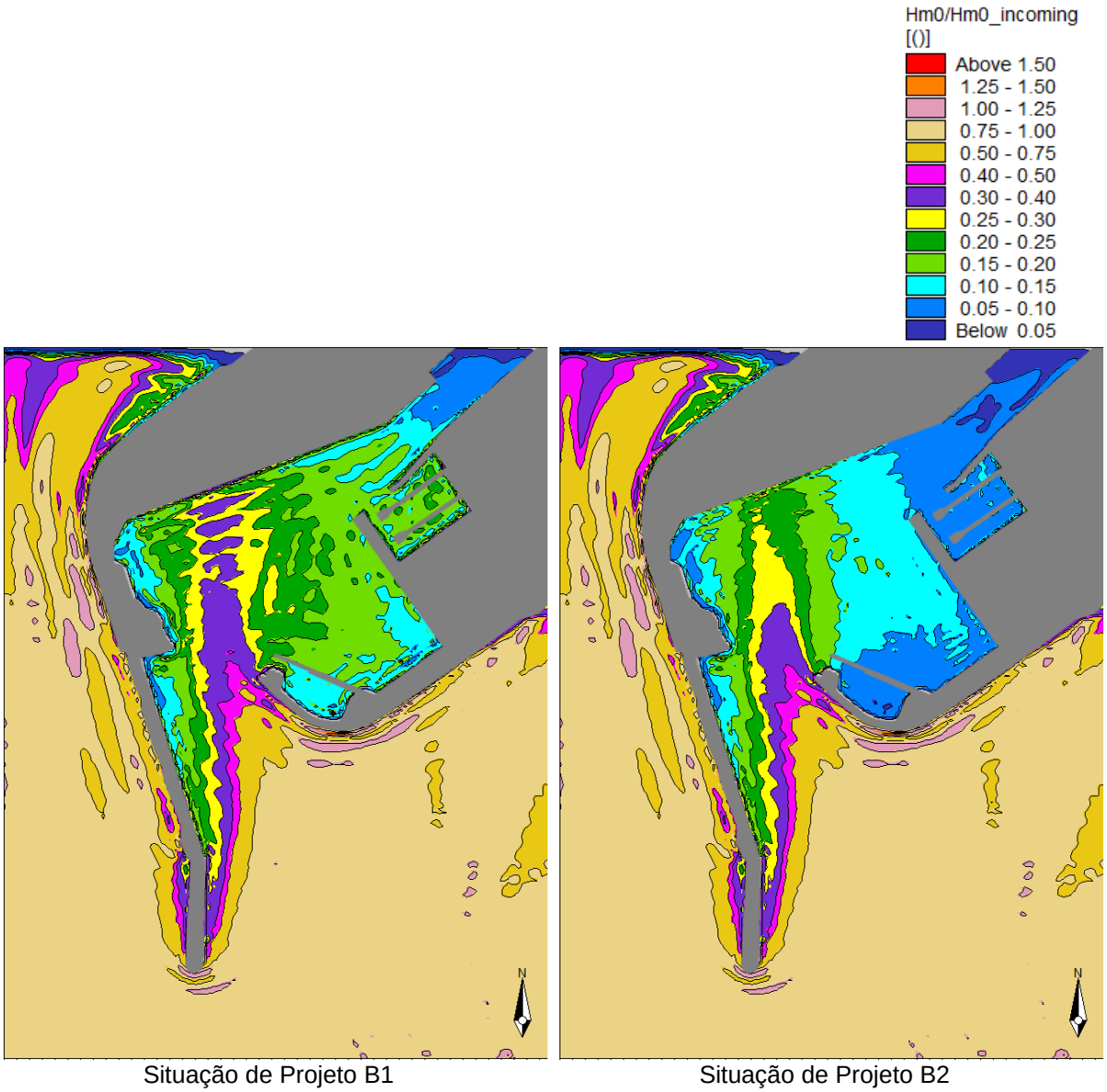


Figura I-4 – Índices de Agitação – Hm0=1 m, Tp=10 s, Rumo S5°O, NM=+3,70 m (ZHL)
Situação Original, Atual e de Referência



Situação de Projeto A1 Situação de Projeto A2

Figura I-5 – Índices de Agitação – Hm0=1 m, Tp=10 s, Rumo S5°O, NM=+3,70 m (ZHL)
Situação de Projeto A1 e A2



Situação de Projeto B1 Situação de Projeto B2

Figura I-6 – Índices de Agitação – Hm0=1 m, Tp=10 s, Rumo S5°O, NM=+3,70 m (ZHL)
Situação de Projeto B1 e B2

ANEXO II

DESCRIÇÃO DO MODELO MIKE21 BW

MODELO MIKE21 BW*: BOUSSINESQ WAVE MODULE*

Descrição do modelo

O modelo MIKE21 BW simula a propagação da agitação marítima incluindo os processos de empolamento, refração, difração, reflexão parcial e transmissão, na ausência de rebentação. Simula também a dissipação por atrito no fundo, interações não lineares entre ondas, dispersão na frequência, dispersão direcional.

O modelo simula a sobre-elevação da superfície livre e as componentes da velocidade do escoamento integradas na vertical, num domínio bidimensional. O modelo calcula, com base nos valores da sobre-elevação da superfície livre ao longo do período de simulação, a altura significativa (Hm0) e o índice de agitação, que corresponde a uma altura significativa normalizada pela altura especificada, como condição de fronteira ou num ponto da malha.

É constituído pelas equações de Boussinesq modificadas, de acordo com as referências, por forma a simular, no domínio do tempo, a propagação de ondas de superfície de amplitude finita, em domínio bidimensional sobre batimetria complexa, apresentando declives suaves, desde condições de águas profundas até águas pouco profundas.

Como condições de fronteira oceânica, o modelo permite a especificação de ondas regulares ou irregulares unidirecionais ou não. Como condição de fronteira de terra, o modelo permite a especificação de condições de reflexão parcial, através da inclusão do efeito de dissipação em meio poroso, em função da especificação da porosidade do meio.

As equações de Boussinesq correspondem às equações do movimento e da Continuidade do Volume, numa formulação bidimensional no plano horizontal. Nas equações do movimento são retidos os termos não lineares e termos de terceira ordem. Estes últimos traduzem o efeito das acelerações verticais na distribuição de pressão e é através das suas diferentes formulações que são introduzidas, nas equações, diferentes formas da relação de dispersão, permitindo um melhor comportamento da solução em águas profundas.

O método numérico de resolução dos sistemas de equações é de diferenças finitas, implícito, não iterativo, de duplo varrimento e direções alternantes (ADI). Nele são utilizadas grades deslocadas ("*staggered*") no espaço e no tempo. As derivadas são aproximadas por diferenças finitas centradas no espaço e no tempo, com exceção dos termos de advecção, não lineares, cuja discretização está descrita nas referências.

Equações de base do modelo:

Equação da continuidade:

$$n\frac{\partial \xi}{\partial t}+\frac{\partial P}{\partial x}+\frac{\partial Q}{\partial y}=0$$

Equação de balanço da quantidade de movimento segundo x:

$$n\frac{\partial P}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{P^2}{h}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{PQ}{h}\right)+n^2gh\frac{\partial \xi}{\partial x}$$
$$+n^2P\left[\alpha+\beta\frac{\sqrt{P^2+Q^2}}{h}\right]+\frac{gP\sqrt{P^2+Q^2}}{h^2C^2}-\Omega Q+n\Psi_1=0$$

Equação de balanço da quantidade de movimento segundo y:

$$n\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{Q^2}{h}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{PQ}{h}\right)+n^2gh\frac{\partial \xi}{\partial y}$$
$$+n^2Q\left[\alpha+\beta\frac{\sqrt{P^2+Q^2}}{h}\right]+\frac{gQ\sqrt{P^2+Q^2}}{h^2C^2}-\Omega P+n\Psi_2=0$$

Onde os termos de dispersão de Boussinesq, Ψ_1 e Ψ_2 são definidos por:

$$\Psi_1=-\left(B+\frac{1}{3}\right)d^2\left(P_{xxt}+Q_{xyt}\right)-nBgd^3\left(\xi_{xxx}+\xi_{xyy}\right)$$
$$-dd_x\left(\frac{1}{3}P_{xt}+\frac{1}{6}Q_{yt}+nBgd\left(2\xi_{xx}+\xi_{yy}\right)\right)$$
$$-dd_y\left(\frac{1}{6}Q_{xt}+nBgd\xi_{xy}\right)$$

$$\Psi_2=-\left(B+\frac{1}{3}\right)d^2\left(Q_{yyt}+P_{xyt}\right)-nBgd^3\left(\xi_{yyy}+\xi_{xxy}\right)$$
$$-dd_y\left(\frac{1}{3}Q_{yt}+\frac{1}{6}P_{xt}+nBgd\left(2\xi_{yy}+\xi_{xx}\right)\right)$$
$$-dd_x\left(\frac{1}{6}P_{yt}+nBgd\xi_{xy}\right)$$

Os símbolos representam as seguintes grandezas:

P densidade de fluxo na direção x, m³/m/s

Q densidade de fluxo na direção y, m³/m/s

B fator de dispersão de Boussinesq

x, y coordenadas cartesianas, m

t tempo, s

h profundidade total da água = $(d + \xi)$, m

d nível da superfície livre em repouso, m

g aceleração da gravidade= (9,8 m/s^2)

n porosidade

C coeficiente de Chezy, m$^{1/2}$/s

α coeficiente de atrito para o escoamento laminar em meio poroso

β coeficiente de atrito para o escoamento turbulento em meio poroso

ξ nível da superfície livre acima do nível de referência, m

Ω parâmetro de Coriolis, 1/s

Referências:

DHI Software, 2009. MIKE21: Waves – Boussinesq Wave Module. Scientific Documentation.

Madsen, P. A. and Sorensen, O. R., 1992. A New Form of the Boussinesq Equations with Improved Linear Dispersion Characteristics, Part 2: A Slowly – varying Bathymetry. Coastal Engineering, 18, pp 183-204.

Madsen, P. A., Murray, R. and Sorensen, O. R., 1991. A New Form of the Boussinesq Equations with Improved Linear Dispersion Characteristics, Part 1. Coastal Engineering, 15, pp 371-388.

Madsen, P. A., 1983. Wave reflection from a Vertical Permeable Wave Absorber. Coastal Engineering, 7, pp 381-396.

ANEXO IV

ESTUDO DE TRÁFEGO DO TERMINAL DE CONTENTORES NORTE (TCN) DO PORTO DE LEIXÕES – RELATÓRIO FINAL

CONSULMAR Projectistas e Consultores, Lda

ESTUDO DE TRÁFEGO DO TERMINAL DE CONTENTORES NORTE (TCN) DO PORTO DE LEIXÕES

Relatório Final

10 DE OUTUBRO 2023

PROJECTO 108/2022

DELIVERING DISTINCTIVE SOLUTIONS

Este documento foi produzido para ser impresso em frente e verso,
e assim reduzir o seu impacte no consumo de recursos do planeta.

DISCLAIMER

Este documento foi preparado pela VTM na sua qualidade de consultores da CONSULMAR - Projectistas e Consultores, Lda. (o Cliente), em conformidade com os termos e condições do contrato assinado entre as partes acordadas entre elas. Tais termos e condições devem ser tidos em conta ao considerar e/ou basear-se neste documento. Nenhuma parte deste documento pode ser copiada ou reproduzida por qualquer meio sem autorização prévia por escrito da VTM.

Qualquer conselho, opinião ou recomendação contida neste documento (a) deve ser lida e considerada exclusivamente no contexto do documento como um todo, (b) não se destina, de forma alguma, a incluir qualquer conselho ou opinião jurídica, (c) baseia-se em informações disponibilizadas à VTM e em práticas profissionais de consultoria atuais e normais à data da preparação deste documento. Deve ser notado e declarado expressamente que não foi feita qualquer verificação independente de nenhum dos documentos ou informações que nos foram fornecidos ou obtidos por nós em apoio das nossas opiniões. A VTM não aceita qualquer responsabilidade pela utilização deste documento, exceto para os fins para os quais foi originalmente preparado e entregue.

Este documento foi preparado para uso exclusivo do Cliente e a menos que a VTM concorde em contrário por escrito, nenhuma outra parte pode utilizar, confiar ou utilizar o conteúdo deste documento. Se o Cliente desejar partilhar este documento com um terceiro, a VTM pode, a seu critério, concordar com tal partilha desde que (a) seja obtido um acordo escrito da VTM antes da partilha, (b) após a partilha do documento com um terceiro, esse terceiro não adquira quaisquer direitos, contratuais ou outros, contra a VTM e a VTM, portanto, não assume qualquer dever, responsabilidade ou obrigação perante tal terceiro e (c) a VTM não será responsável por qualquer perda ou dano incorrido pelo Cliente ou por qualquer conflito de interesses da VTM decorrente da divulgação deste documento pelo Cliente a tal terceiro.

Finalmente, solicitar que, caso tenha recebido este documento por engano, destrua todas as cópias do mesmo na sua posse ou sob o seu controlo e notifique a VTM.

ÍNDICE

1 Enquadramento 7

2 Caracterização do Empreendimento 8

3 Caracterização da Procura de Tráfego 10

3.1 Trabalhos de Campo 10

3.1.1 Posto 1-A 11

3.1.2 Posto 1-B 12

3.1.3 Posto 2-A 14

3.1.4 Posto 2-B 15

3.1.5 Posto 3 17

4 Cenários de Análise 19

5 Análises de Capacidade 24

5.1 Postos de Análise e Quantitativos de tráfego 24

5.2 Níveis de Serviço 33

6 Modelo de Microssimulação 36

6.1 Desenvolvimento do modelo 36

6.2 Analises de Desempenho 37

7 Considerações finais 39

ANEXOS DIGITAIS

ANEXO DIGITAL AD1 - RESULTADOS DOS TRABALHOS DE CAMPO

ANEXO DIGITAL AD2 - VÍDEO MICROSSIMULAÇÃO 2023

ANEXO DIGITAL AD3 - VÍDEO MICROSSIMULAÇÃO 2030 S/ TCN

ANEXO DIGITAL AD4 - VÍDEO MICROSSIMULAÇÃO 2030 C/TCN

ANEXO DIGITAL AD5 - VÍDEO MICROSSIMULAÇÃO 2040 S/TCN

ANEXO DIGITAL AD6 - VÍDEO MICROSSIMULAÇÃO 2040 C/TCN

ANEXO DIGITAL AD7 – NÍVEIS DE SERVIÇO

ANEXO DIGITAL AD8 – ESTIMATIVAS DE TRÁFEGO EM SECÇÃO

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Cenários de análise 19

Tabela 2 - Geração de tráfego de veículos pesados na hora de ponta no acesso de entrada ao Porto de Leixões20

Tabela 3 – Tráfego gerado pelo Porto de Leixões com ampliação do TCN – período da manhã.....22

Tabela 4 – Tráfego gerado pelo Porto de Leixões com ampliação do TCN – período da tarde 22

Tabela 5 - Períodos horários dos cenários de análise 23

Tabela 6 – Níveis de Serviço – HPM e HPT de Dia Útil 33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do Terminal de Contentores Norte do Porto de Leixões 7

Figura 2 - Movimentação de TEUs no Porto de Leixões.....9

Figura 3 - Número de camiões no Porto de Leixões 9

Figura 4 – Localização do posto de contagem de tráfego.....10

Figura 5 - Posto 1-A - Quantitativos por movimento e hora de ponta 11

Figura 6 – Posto P1-A: volumes de tráfego no período de ponta da manhã 11

Figura 7 - Posto P1-A: volumes de tráfego no período de ponta da tarde 12

Figura 8 - Posto 1-B - Quantitativos por movimento e hora de ponta 12

Figura 9 – Posto P1-B: volumes de tráfego no período de ponta da manhã 13

Figura 10 - Posto P1-B: volumes de tráfego no período de ponta da tarde 13

Figura 11 - Posto 2-A - Quantitativos por movimento e hora de ponta 14

Figura 12 – Posto P2-A: volumes de tráfego no período de ponta da manhã 14

Figura 13 - Posto P2-A: volumes de tráfego no período de ponta da tarde 15

Figura 14 - Posto 2-B - Quantitativos por movimento e hora de ponta 15

Figura 15 – Posto P2-B: volumes de tráfego no período de ponta da manhã 16

Figura 16 - Posto P2-B: volumes de tráfego no período de ponta da tarde 16

Figura 17 - Posto 3 - Quantitativos por movimento e hora de ponta.....17

Figura 18 – Posto P3: volumes de tráfego no período de ponta da manhã 17

Figura 19 - Posto P3: volumes de tráfego no período de ponta da tarde....18
Figura 20 - Fatores de crescimento de tráfego para o período 2025-2040 [Base 100 – 2023] 19
Figura 21 - Número de veículos nos *gates* de acesso ao Porto de Leixões....20
Figura 22 – Tempos de atendimento nos *gates* de entrada no Porto de Leixões 21
Figura 23 – Postos de análise de capacidade....24
Figura 24 – Detalhe do Posto 2-A nas análises de capacidade 25
Figura 25 – Detalhe do Posto 2-B nas análises de capacidade 25
Figura 26 - VRI: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2023]....26
Figura 27 – P2-A: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2023]....26
Figura 28 –P2-B: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2023]....27
Figura 29 – P3: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2023] 27
Figura 30 - VRI: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2030 sem ampliação TCN] 27
Figura 31 – P2-A: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2030 sem ampliação TCN] 28
Figura 32 –P2-B: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2030 sem ampliação TCN] 28
Figura 33 – P3: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2030 sem ampliação TCN]....28
Figura 34 - VRI: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2030 com ampliação TCN]....29
Figura 35 – P2-A: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2030 com ampliação TCN]....29
Figura 36 –P2-B: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2030 com ampliação TCN]....29
Figura 37 – P3: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2030 com ampliação TCN] 30
Figura 38 - VRI: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2040 sem ampliação TCN] 30
Figura 39 – P2-A: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2040 sem ampliação TCN] 30
Figura 40 –P2-B: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2040 sem ampliação TCN] 31
Figura 41 – P3: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2040 sem ampliação TCN]....31
Figura 42 - VRI: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2040 com ampliação TCN]....31
Figura 43 – P2-A: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2040 com ampliação TCN]....32
Figura 44 –P2-B: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2040 com ampliação TCN]....32
Figura 45 – P3: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2040 com ampliação TCN] 32

Figura 46 - Modelo de microssimulação desenvolvido.....36

Figura 47 - Pontos de referência considerados para a extensão das filas de espera 37

Figura 48 – Extensões média e máxima das filas de espera [HP-DU] 38

1 ENQUADRAMENTO

A tendência global de crescimento no movimento de carga contentorizada tem-se vindo a refletir-se no Porto de Leixões, pressionando a infraestrutura existente a adaptar-se a esta procura crescente do mercado. No seguimento da estratégia de desenvolvimento estabelecida pela APDL, bem como da sua Missão e Visão, é crucial dotar o Porto de Leixões de uma oferta de terminais eficientes, avançados tecnologicamente e integrados, numa perspetiva de sustentabilidade de toda a cadeia logística

O Terminal de Contentores Norte (TCN) do Porto de Leixões apresenta-se como uma infraestrutura com potencial significativo, atendendo à sua localização estratégica, acessibilidade e integração. Contudo, é necessária uma reorganização e otimização, de forma a aumentar a sua eficiência e competitividade, garantindo simultaneamente uma integração sustentável e adequada com o ambiente envolvente.



Figura 1 - Localização do Terminal de Contentores Norte do Porto de Leixões

Neste sentido, A CONSULMAR – Projetistas e Consultores, Lda. solicitou à VTM o desenvolvimento de um Estudo de Tráfego que servirá de suporte ao Estudo Prévio e Estudo de Impacto Ambiental para a Ampliação e Reorganização do Terminal de Contentores Norte do Porto de Leixões, com o intuito de abordar as seguintes componentes:

- Realização de trabalhos de campo com o objetivo de quantificar os volumes de tráfego na área em estudo e identificar possíveis restrições à circulação;
- Avaliação do impacto da ampliação e reorganização do TCN na rede viária envolvente através de análises de capacidade;
- Desenvolvimento de um modelo de microssimulação dos movimentos de acesso ao Porto de Leixões permitindo a medição de extensão das filas de espera nos *gates* de entrada;
- Apresentação de vídeos em 3D das microssimulações realizadas.

2 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Situado estrategicamente no Norte de Portugal, o Porto de Leixões é uma das infraestruturas mais polivalentes e competitivas na sua área de atuação. A sua localização na foz do rio Leça, em Matosinhos, oferece uma vantagem natural em termos de acesso marítimo. Além disso, sendo o segundo maior porto artificial de Portugal, e com a densidade económica e industrial das empresas localizadas no seu *hinterland*, torna-se um centro crucial para o comércio, desempenhando um papel vital na infraestrutura marítima do país. Esta combinação de fatores faz do Porto de Leixões uma referência nas cadeias logísticas da fachada atlântica da Península Ibérica.

A acessibilidade é, sem dúvida, um dos pontos fortes do Porto de Leixões. Este encontra-se bem conectado à rede rodoviária nacional e internacional, com uma via exclusivamente dedicada ao porto [VILPL], tornando-o facilmente acessível através da autoestrada A28 que percorre a costa norte de Portugal, da autoestrada A4, que liga Matosinhos a Amarante, e da Via Regional Interior [VRI] que permite um acesso rápido ao Aeroporto Francisco Sá Carneiro, conectando a A41 à A4 em Custóias. Além disso, o porto está diretamente ligado à rede ferroviária nacional através da Linha de Leixões, com uma extensão de cerca de 19 quilómetros, dedicada ao transporte de mercadorias, o que facilita a movimentação de cargas para dentro e fora do porto. O acesso marítimo também é altamente eficiente, com o canal principal de acesso ao porto a ter uma profundidade de 14 metros abaixo do zero hidrográfico

No ano de 2022, o Porto de Leixões registou a movimentação de aproximadamente 713 mil TEUs, correspondendo a um tráfego total de 468 mil camiões. Atualmente, estão em estudo dois possíveis *lay-outs* para a ampliação e reorganização do TCN, prevendo-se para ambos a movimentação de cerca de 1 milhão de TEUs por ano.

As projeções para a movimentação de TEUs no Porto de Leixões foram fornecidas pela APDL. Para o cenário tendencial (i.e., sem intervenção no TCN) foram assumidas as capacidades atuais do TCN e TCS de 200 mil e 500 mil TEUs respectivamente. A figura subsequente apresenta a movimentação de TEUs histórica (2018-2022) e projetada (2030/2035/2040) para o Porto de Leixões em ambos os cenários de análise.

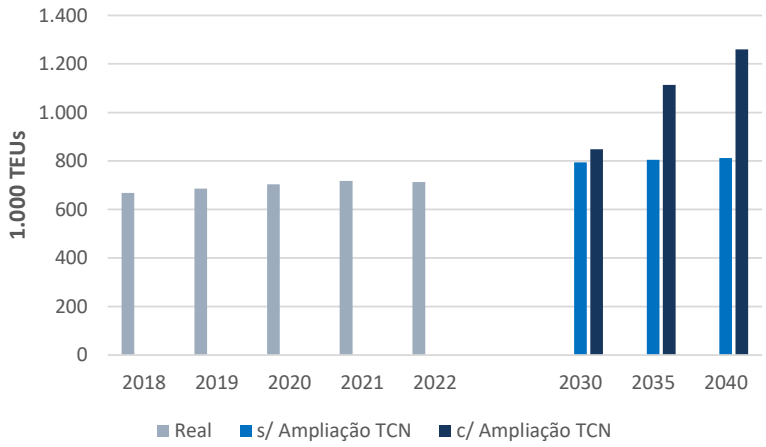


Figura 2 - Movimentação de TEUs no Porto de Leixões

Relativamente ao número de camiões no Porto de Leixões, a Figura 3 ilustra tanto o histórico como as previsões com e sem a ampliação do TCN. Importa salientar que, devido à ampliação e modernização do TCN, estima-se um CAGR (Taxa Anual Composta de Crescimento) de 3% para o período de 2022 a 2040, comparativamente a um CAGR de 1% se for considerado apenas o crescimento tendencial,

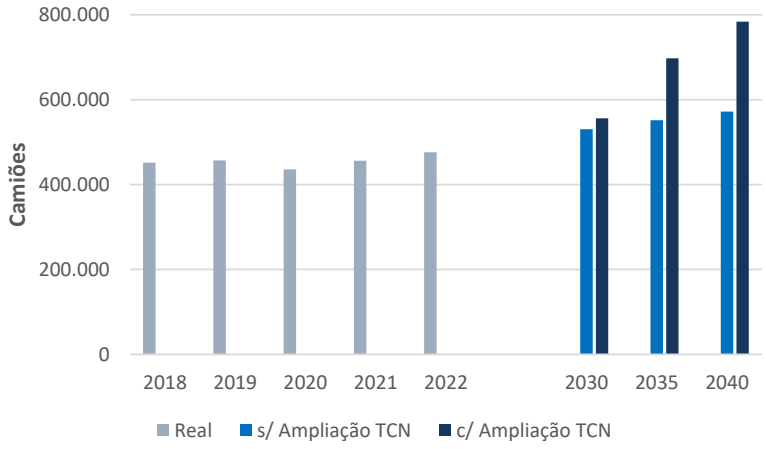


Figura 3 - Número de camiões no Porto de Leixões

3 CARACTERIZAÇÃO DA PROCURA DE TRÁFEGO

No contexto do desenvolvimento deste estudo, foi realizada a caracterização da procura de tráfego na área sob análise. Para tal, foi devidamente planeada e executada uma campanha de trabalhos de campo com o objetivo de quantificar os volumes de tráfego atuais.

3.1 TRABALHOS DE CAMPO

Os trabalhos de campo decorreram nos dias 6 e 7 de junho de 2023, terça e quarta-feira respectivamente, durante um período de quatro horas no período da manha compreendido entre as 7h00 às 11h00, e de quatro horas no período da tarde, compreendido entre as15h00 às 19h00, registados em intervalos de quinze minutos.

As contagens de tráfego foram realizadas em três postos, identificados na figura abaixo. Devido à complexidade dos movimentos contabilizados nos postos 1 e 2, procedeu-se à sua desagregação conforme se detalha de seguida:

- Posto 1-A – Nó da VRI/VILPL;
- Posto 1-B – Nó da VRI/A4;
- Posto 2-A – Nó da VILPL/Terminal TIR;
- Posto 2-B – Nó da VILPL/Terminal TIR;
- Posto 3 – Via interna do Porto de Leixões.

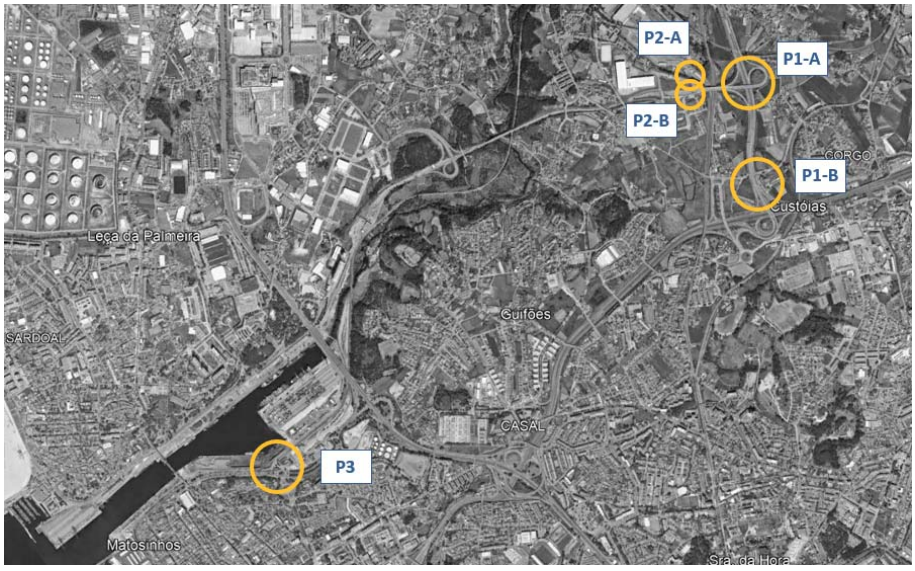


Figura 4 – Localização do posto de contagem de tráfego

3.1.1 POSTO 1-A

O Posto 1-A refere-se ao nó da VRI/VILPL. As contagens foram realizadas no dia 07 de Junho, quarta-feira.



Figura 5 - Posto 1-A - Quantitativos por movimento e hora de ponta

As figuras que se seguem apresentam a evolução dos volumes de tráfego ao longo dos períodos da manhã e tarde para a totalidade dos movimentos contabilizados desagregados por categoria.

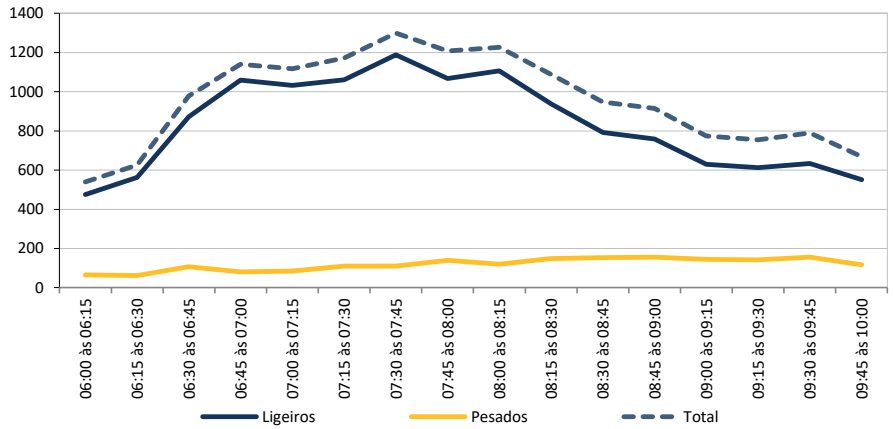


Figura 6 – Posto P1-A: volumes de tráfego no período de ponta da manhã

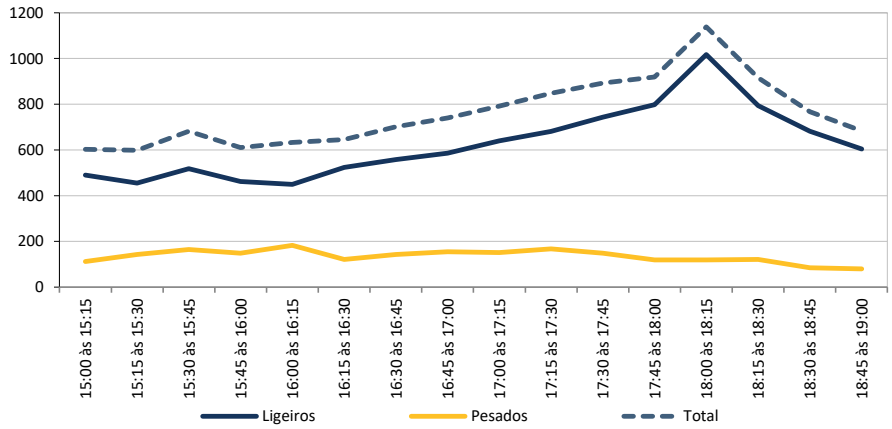


Figura 7 - Posto P1-A: volumes de tráfego no período de ponta da tarde

Regista-se que o horário de ponta da manhã (HPM) ocorre no período entre as 08h15 e as 09h15, enquanto o horário de ponta da tarde (HPT) tem lugar no período compreendido entre as 17h30 e as 18h30.

3.1.2 POSTO 1-B

O Posto 1-B refere-se ao nó da VRI/A4. As contagens neste local foram igualmente realizadas no dia 07 de Junho, quarta-feira.

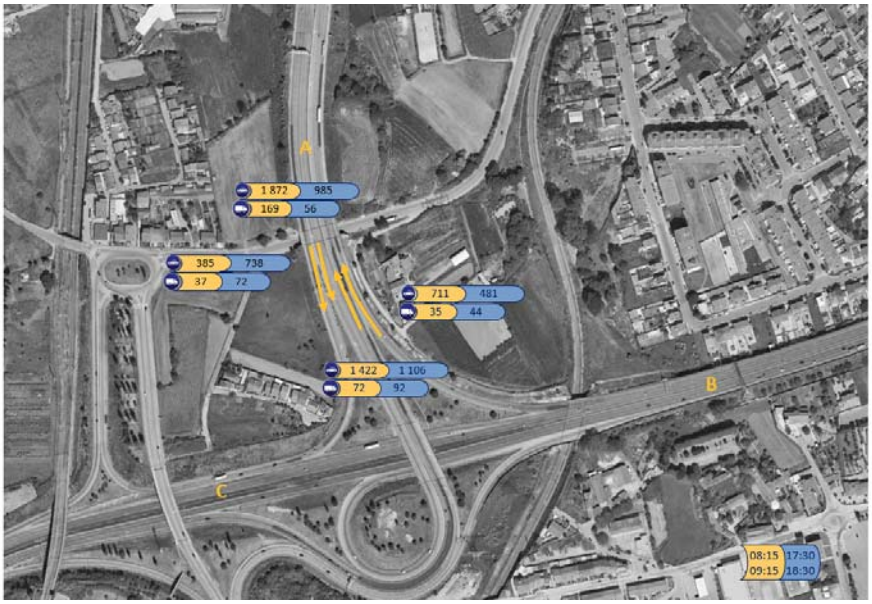


Figura 8 - Posto 1-B - Quantitativos por movimento e hora de ponta

As figuras que se seguem apresentam a evolução dos volumes de tráfego ao longo dos períodos da manhã e tarde para a totalidade dos movimentos contabilizados desagregados por categoria.

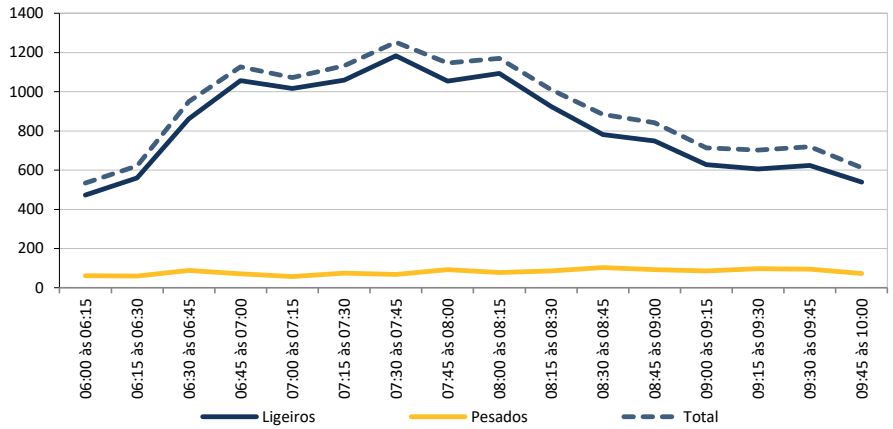


Figura 9 – Posto P1-B: volumes de tráfego no período de ponta da manhã

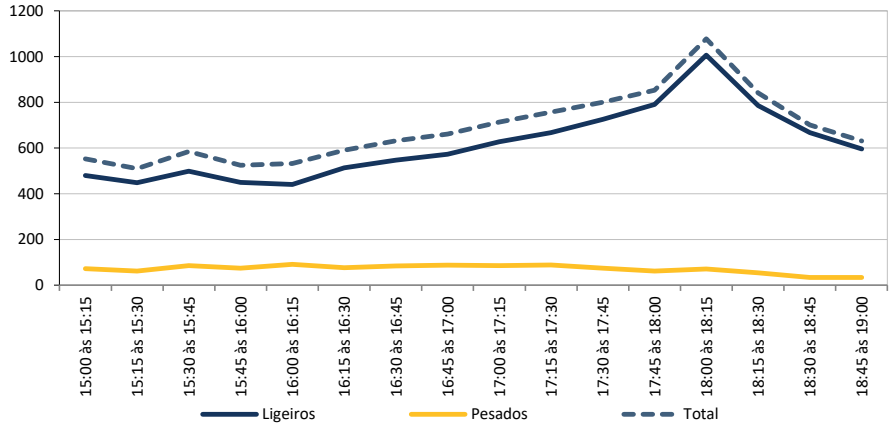


Figura 10 - Posto P1-B: volumes de tráfego no período de ponta da tarde

De modo semelhante ao posto anterior, verifica-se que o horário de ponta da manhã (HPM) ocorre no período entre as 08h15 e as 09h15, enquanto o horário de ponta da tarde (HPT) se regista no período entre as 17h30 e as 18h30.

3.1.3 POSTO 2-A

O Posto 2-A diz respeito ao cruzamento da VLIPL com o acesso ao Terminal TIR. As contagens neste local foram realizadas no dia 07 de Junho, quarta-feira.

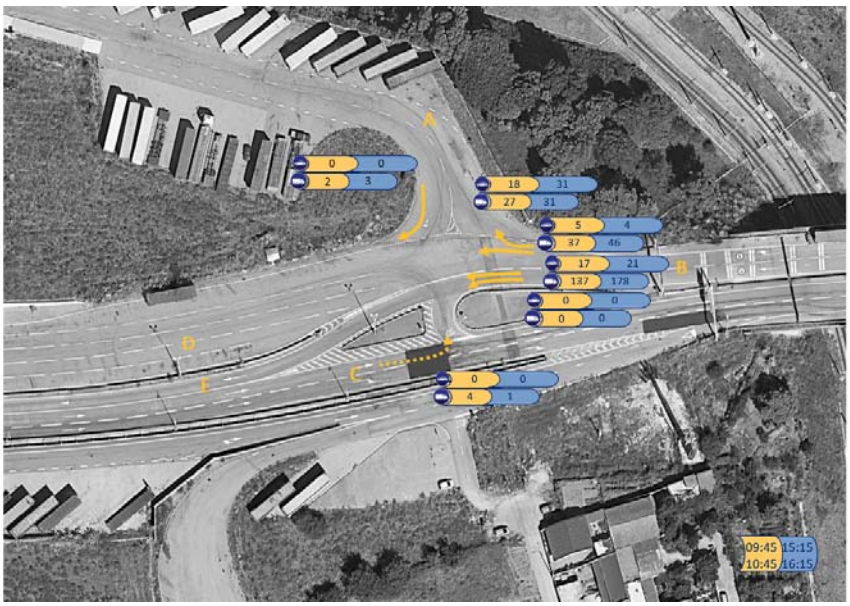


Figura 11 - Posto 2-A - Quantitativos por movimento e hora de ponta

As figuras que se seguem apresentam a evolução dos volumes de tráfego ao longo dos períodos da manhã e tarde para a totalidade dos movimentos contabilizados desagregados por categoria.

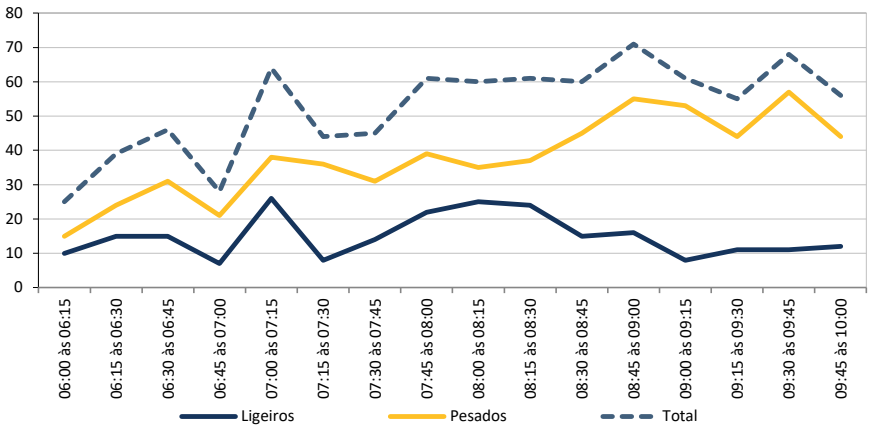


Figura 12 – Posto P2-A: volumes de tráfego no período de ponta da manhã

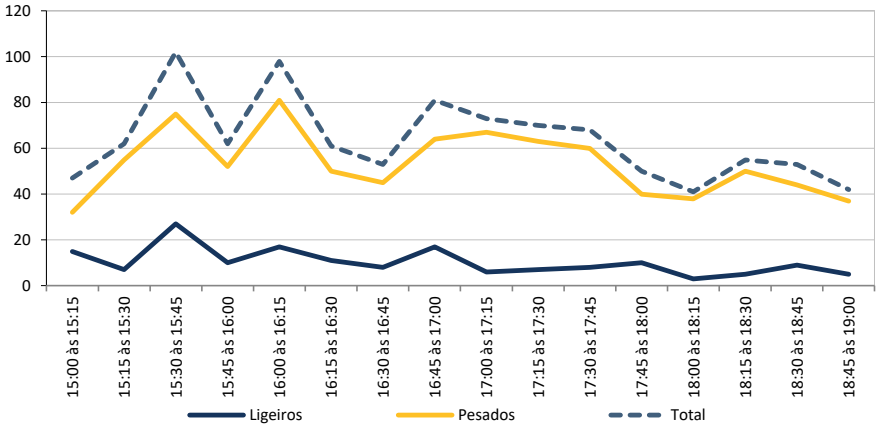


Figura 13 - Posto P2-A: volumes de tráfego no período de ponta da tarde

Neste local, observa-se uma predominância de veículos pesados em comparação com o tráfego de veículos ligeiros. Regista-se que o horário de ponta da manhã (HPM) ocorre no período entre as 09h45 e as 10h45, enquanto o horário de ponta da tarde (HPT) decorre no período entre as 15h15 e as 16h15.

3.1.4 POSTO 2-B

O Posto 2-B corresponde igualmente ao cruzamento da VLIPL com o acesso ao Terminal TIR. As contagens neste local foram realizadas no dia 07 de Junho, quarta-feira.



Figura 14 - Posto 2-B - Quantitativos por movimento e hora de ponta

As figuras que se seguem apresentam a evolução dos volumes de tráfego ao longo dos períodos da manhã e tarde para a totalidade dos movimentos contabilizados desagregados por categoria.

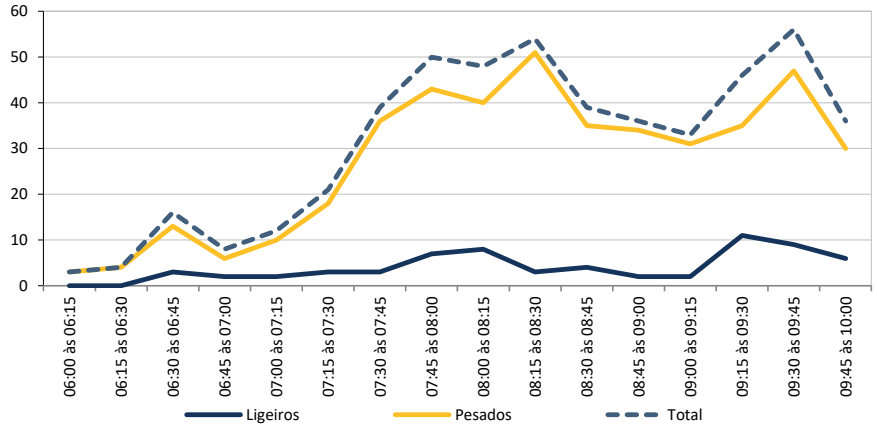


Figura 15 – Posto P2-B: volumes de tráfego no período de ponta da manhã

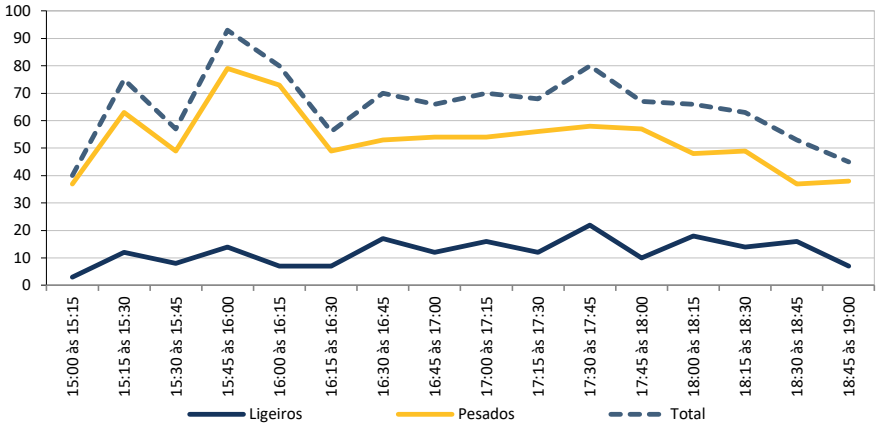


Figura 16 - Posto P2-B: volumes de tráfego no período de ponta da tarde

Também neste local se constata uma predominância de veículos pesados em relação ao tráfego de veículos ligeiros. O horário de ponta da manhã (HPM) ocorre no período entre as 08h30 e as 09h30, enquanto o horário de ponta da tarde (HPT) ocorre no período entre 15h15 às 16h15.

3.1.5 POSTO 3

O Posto 3 refere-se à intersecção nas vias internas do Porto de Leixões. As contagens foram realizadas no dia 06 de Junho, terça-feira.

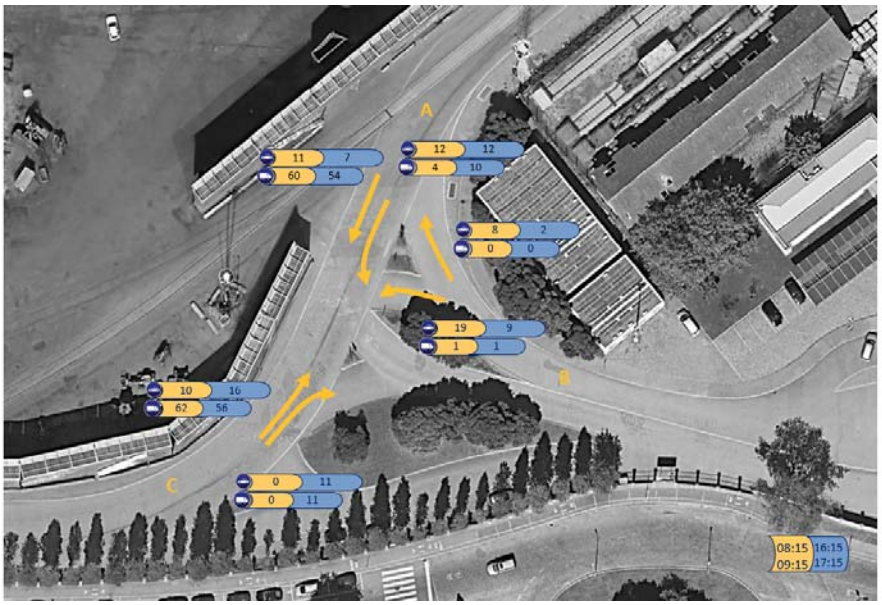


Figura 17 - Posto 3 - Quantitativos por movimento e hora de ponta

As figuras que se seguem apresentam a evolução dos volumes de tráfego ao longo dos períodos da manhã e tarde para a totalidade dos movimentos contabilizados desagregados por categoria.

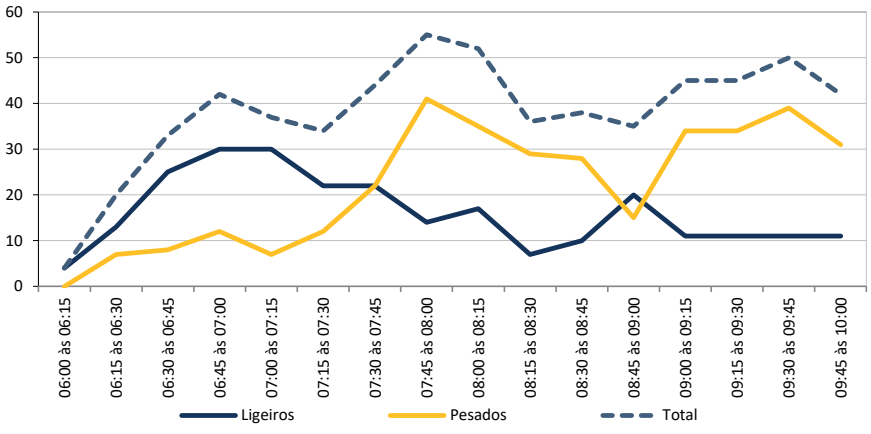


Figura 18 – Posto P3: volumes de tráfego no período de ponta da manhã

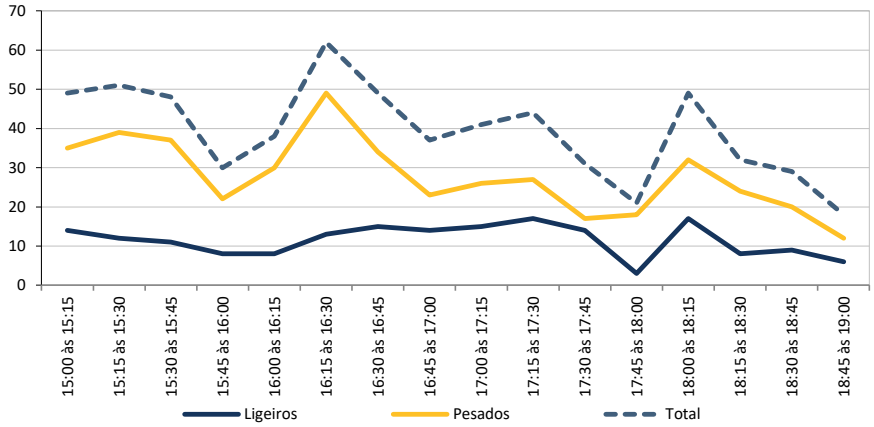


Figura 19 - Posto P3: volumes de tráfego no período de ponta da tarde

De igual modo, e como seria de esperar, o movimento de veículos pesados apresenta-se mais expressivo neste posto comparativamente ao movimento de veículos leves. Verifica-se que a hora de ponta da manhã (HPM) ocorre entre as 08h15 e as 09h15, enquanto a hora de ponta da tarde (HPT) é identificada no intervalo das 17h30 às 18h30.

4 CENÁRIOS DE ANÁLISE

No âmbito do presente estudo são analisados cinco cenários correspondentes a distintas combinações de geração de tráfego e horizontes temporais, conforme detalhado na Tabela 1.

Cenário	Horizonte	Período	TCN
C2023 Base	2023	HPM / HPT	-
C2030 s/TCN	2030	HPM / HPT	Sem ampliação
C2030 c/TCN	2030	HPM / HPT	Com ampliação
C2040 s/TCN	2040	HPM / HPT	Sem ampliação
C2040 c/TCN	2040	HPM / HPT	Com ampliação

Tabela 1 - Cenários de análise

Por forma a estimar os volumes de tráfego futuro para veículos ligeiros e veículos pesados não associados à atividade do Porto de Leixões, considera-se um crescimento natural do tráfego com elasticidade unitária ao Produto Interno Bruto (PIB). A Figura 20 exibe os aumentos de tráfego projetados com base nas projeções do PIB para Portugal fornecidas pela *The Economist Intelligence Unit* em agosto de 2023. Com base nestes dados, prevê-se um aumento global de tráfego de aproximadamente 12,1% em 2030 e 27,5% em 2040, comparativamente a 2023.

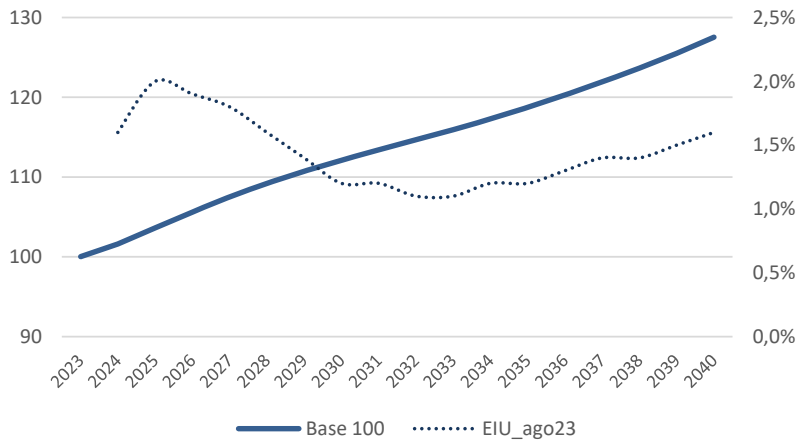


Figura 20 - Fatores de crescimento de tráfego para o período 2025-2040 [Base 100 – 2023]

No que diz respeito à procura de tráfego associada à geração de veículos pesados no Porto de Leixões, são assumidos os aumentos apresentados no Capítulo 2. Assim, para cenários sem ampliação do TCN, considera-se um crescimento tendencial de aproximadamente 9,9% em 2030 e 18,5% em 2040. Para cenários que incluem a ampliação e modernização do TCN, prevê-se um aumento de 14,5% em 2030 e 61,2% em 2040.

No contexto deste estudo, é também desenvolvido um microssimulação *ad hoc*, com o objetivo de estimar a extensão das filas de espera nos *gates* de entrada. O desenvolvimento deste modelo tem em consideração dados horários fornecidos pela APDL, relativos à circulação de veículos no acesso ao Porto no dia 29 de setembro de 2023, quinta-feira.

Atualmente, o acesso ao Porto é feito através de sete *gates* de entrada, dois para carga geral e cinco para contentores. A Figura 21 apresenta os dados horários referentes ao número de veículos atendidos e ao número de *gates* em funcionamento, com base em dados disponibilizados pela APDL. De acordo com a mesma, é possível observar que o período mais crítico de operação ocorre entre as 16h00 e as 17h00, ao serem atendidos 193 veículos, com a totalidade dos sete *gates* operacionais.

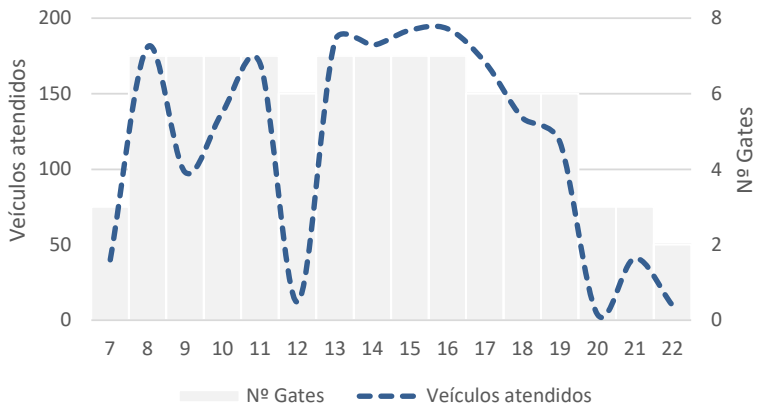


Figura 21 - Número de veículos nos *gates* de acesso ao Porto de Leixões

Para os horizontes futuros, em cenários tanto sem como com a proposta de ampliação e modernização do TCN, os crescimentos mencionados anteriormente foram levados em conta. A Tabela 2 detalha a geração de tráfego de veículos pesados em cada um dos cenários de análise no modelo de microssimulação.

Horizonte	s/ TCN	c/ TCN
2023	193	193
2030	212	221
2040	229	311

Tabela 2 - Geração de tráfego de veículos pesados na hora de ponta no acesso de entrada ao Porto de Leixões

A definição dos tempos de atendimento dos veículos nos *gates* de entrada é de elevada importância para garantir a consistência e integridade dos resultados do modelo de microssimulação. Para este fim foi utilizado um extenso

conjunto de dados composto por mais de 5.900 observações que abrangem a totalidade do mês de julho de 2023, disponibilizado pela APDL. A partir destes dados foi derivado um histograma que representa a distribuição dos tempos de atendimento, conforme apresentado na Figura 22, o qual foi considerado no modelo de microssimulação. É possível verificar que aproximadamente metade dos veículos atendidos apresentam tempos inferiores a 2 segundos, enquanto 5% registam tempos superiores a 5 segundos.

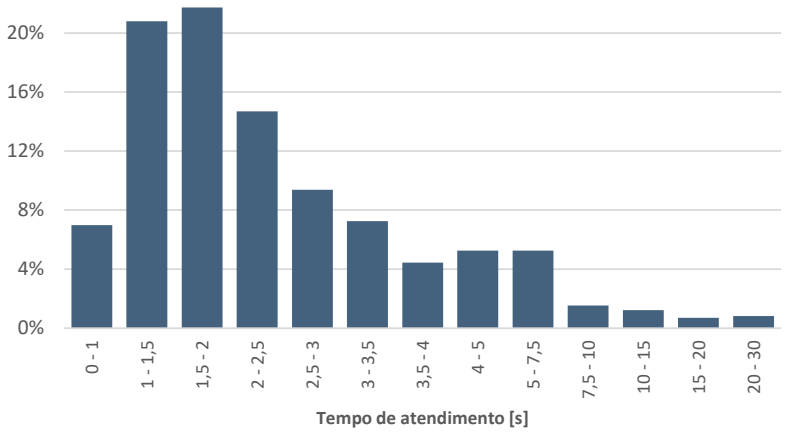


Figura 22 – Tempos de atendimento nos *gates* de entrada no Porto de Leixões

Para apoio às análises de capacidade da rede viária envolvente, e considerando que o tráfego atraído e produzido pelo Porto de Leixões concentra a sua acessibilidade pela ligação da Via de Ligação ao Porto de Leixões e a VRI, e assumindo os crescimentos percentuais acima referidos ao longo de todo o período do dia, é possível estimar – com base nos dados obtidos dos trabalhos de campo, em particular os movimentos estudados no posto 1-A de entrada e saída no Porto – os volumes atraídos e gerados no cenário com ampliação e modernização do TCN ao longo do dia.

	2023		2030		2040	
	Atração	Produção	Atração	Produção	Atração	Produção
07:00 às 07:15	15	3	17	3	24	5
07:15 às 07:30	24	4	27	5	39	6
07:30 às 07:45	31	13	35	15	50	21
07:45 às 08:00	21	6	24	7	34	10
08:00 às 08:15	37	10	42	11	60	16
08:15 às 08:30	36	18	41	21	58	29
08:30 às 08:45	29	36	33	41	47	58
08:45 às 09:00	37	43	42	49	60	69
09:00 às 09:15	35	40	40	46	56	64
09:15 às 09:30	36	51	41	58	58	82
09:30 às 09:45	44	35	50	40	71	56
09:45 às 10:00	54	34	62	39	87	55
10:00 às 10:15	50	31	57	35	81	50
10:15 às 10:30	43	35	49	40	69	56
10:30 às 10:45	56	47	64	54	90	76
10:45 às 11:00	42	30	48	34	68	48

Tabela 3 – Tráfego gerado pelo Porto de Leixões com ampliação do TCN – período da manhã

	2023		2030		2040	
	Atração	Produção	Atração	Produção	Atração	Produção
15:00 às 15:15	32	37	37	42	52	60
15:15 às 15:30	55	63	63	72	89	102
15:30 às 15:45	74	49	85	56	119	79
15:45 às 16:00	52	79	60	90	84	127
16:00 às 16:15	78	73	89	84	126	118
16:15 às 16:30	49	49	56	56	79	79
16:30 às 16:45	45	53	52	61	73	85
16:45 às 17:00	63	54	72	62	102	87
17:00 às 17:15	67	54	77	62	108	87
17:15 às 17:30	63	56	72	64	102	90
17:30 às 17:45	59	58	68	66	95	94
17:45 às 18:00	39	57	45	65	63	92
18:00 às 18:15	36	48	41	55	58	77
18:15 às 18:30	50	49	57	56	81	79
18:30 às 18:45	42	37	48	42	68	60
18:45 às 19:00	37	38	42	44	60	61

Tabela 4 – Tráfego gerado pelo Porto de Leixões com ampliação do TCN – período da tarde

A Tabela 5 resume os períodos horários analisados nos vários postos de contagem e no acesso ao Porto de Leixões.

Posto	HPM	HPT
P1-A	08:15 às 09:15	17:30 às 18:30
P1-B	08:15 às 09:15	17:30 às 18:30
P2-A	09:45 às 10:45	15:15 às 16:15
P2-B	08:30 às 09:30	15:15 às 16:15
P3	08:30 às 09:30	16:15 às 17:15
Acesso Porto	16:00 às 17:00	

Tabela 5 - Períodos horários dos cenários de análise

5 ANÁLISES DE CAPACIDADE

5.1 POSTOS DE ANÁLISE E QUANTITATIVOS DE TRÁFEGO

As análises de capacidade visam aferir a fluidez de circulação na rede viária imediatamente afetada pelo aumento de tráfego associada à ampliação e modernização do TCN. Nesse sentido, a campanha de trabalhos de campo foi estruturada de forma a apoiar as análises nos pontos de conflito considerados relevantes, não correspondendo os postos dos trabalhos de campo necessariamente aos postos de análise de capacidade. Assim, da perspetiva das análises de capacidade, foram analisados os seguintes conflitos:

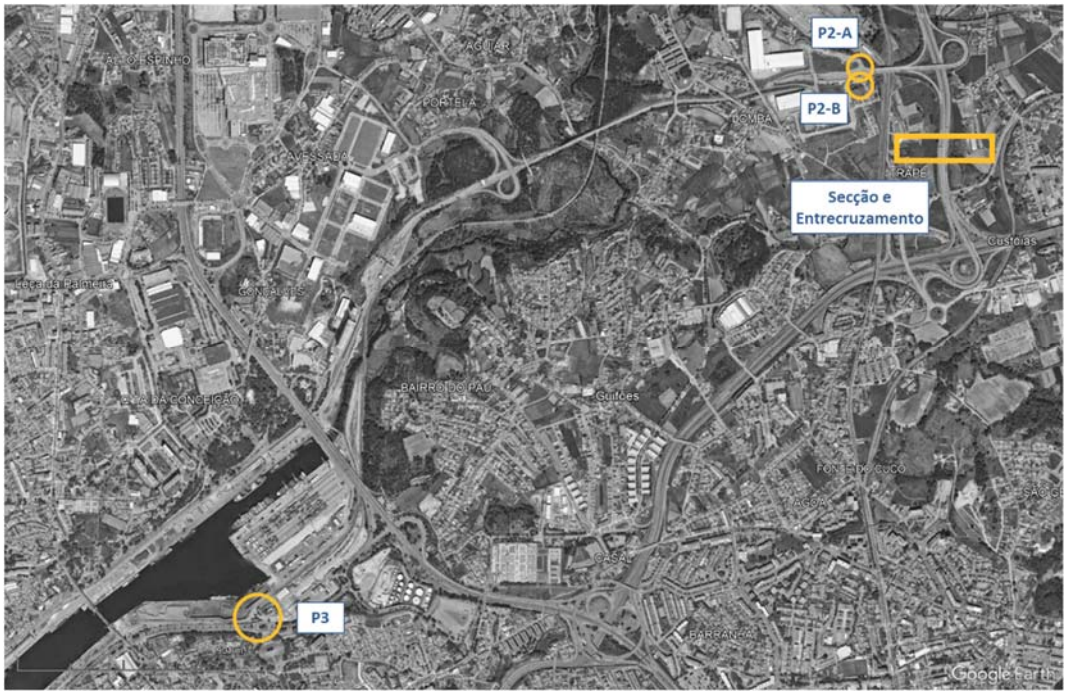


Figura 23 – Postos de análise de capacidade

Os postos 1-A e 1-B dos trabalhos de campo permitem a caracterização dos tráfegos na VRI e, consequentemente, permitem a realização de análises de níveis de serviço no entrecruzamento e em secção no troço assinalado (análises realizadas para os sentidos Norte-Sul e Sul-Norte).

Importa ainda notar que no Posto 2, em particular os Postos 2-A e 2-B, foram considerados os movimentos que efetivamente geram pontos de conflito, como se identifica nas figuras seguintes. No Posto 2-A foi analisado o conflito entre os movimentos provenientes de norte (ramo A) que se deslocam em direção às gates e os movimentos provenientes de B que efetivamente interagem ou conflituam com os ramos norte e poente. Não foram

considerados os movimentos provenientes de B que se desloquem para poente pela via a sul, visto que esta não conta com pontos de conflito face aos movimentos provenientes de A. Os movimentos de inversão de marcha provenientes de poente são residuais e são executados de forma contrária ao previsto pela organização viária. Assim, os fluxos provenientes de B representam o fluxo prioritário, e os fluxos provenientes de A o fluxo não prioritário na deslocação para poente, na vertente norte da via de ligação ao Porto de Leixões.



Figura 24 – Detalhe do Posto 2-A nas análises de capacidade

No Posto 2-B os movimentos indicados a tracejado foram devidamente contabilizados por forma a analisar o conflito entre os dois movimentos que se deslocam para o ramo B. Os movimentos do ramo A representam o fluxo prioritário, e os movimentos provenientes do ramo C – compostos pelos movimentos a tracejado – representam o fluxo não prioritário.

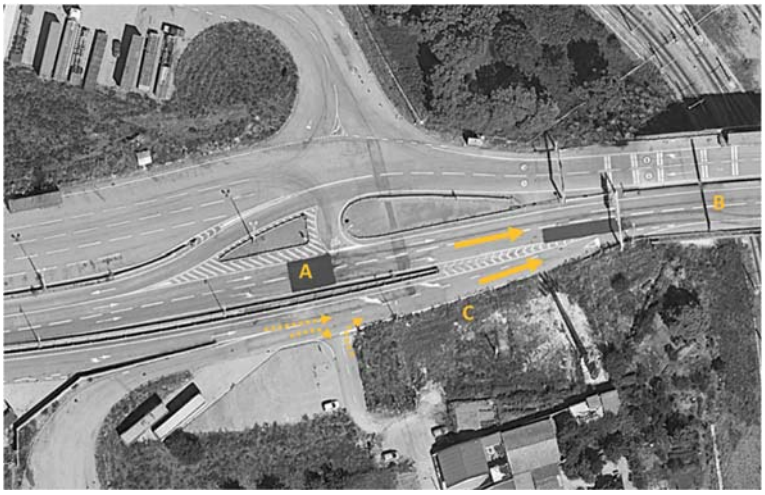


Figura 25 – Detalhe do Posto 2-B nas análises de capacidade

As análises de níveis de serviço na secção da VRI foram realizadas segundo a metodologia *Basic Freeway Segments* preconizada pelo manual HCM, com apoio do software HCS2023. As análises de níveis de serviço no entrecruzamento seguiram a metodologia *Weaving Segments*, do mesmo manual. Ambas as metodologias medem o nível de serviço de diferentes segmentos duma infraestrutura viária de acordo com a densidade de veículos que nela circula.

As análises de níveis de serviço dos Postos 2-A, 2-B e 3 seguiram a metodologia *Two-Way-Stop-Controllled Intersection*, também preconizada pelo manual HCM, com apoio do software HCS2023. Esta metodologia estima o nível de serviço de cada ramo de uma intersecção de acordo com o tempo médio de espera dos movimentos não prioritários. O nível de serviço da intersecção é dado pelo tempo médio de espera do ramo mais condicionante.

Foi feita uma uniformização para veículos ligeiros equivalentes aplicando um fator de 2 aos pesados. As figuras seguintes apresentam os volumes de tráfego considerados nas análises de níveis de serviço.

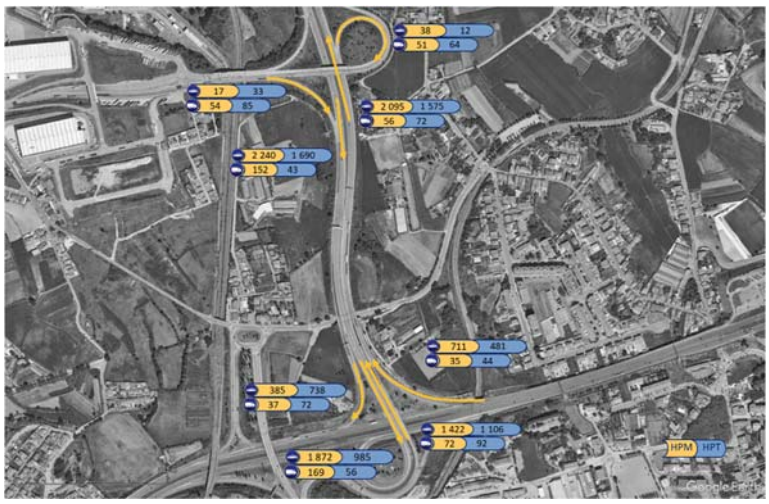


Figura 26 - VRI: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2023]



Figura 27 – P2-A: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2023]



Figura 28 –P2-B: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2023]

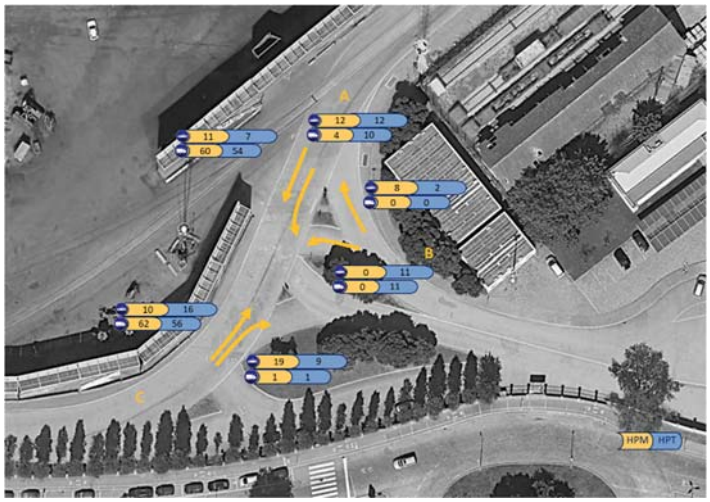


Figura 29 – P3: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2023]

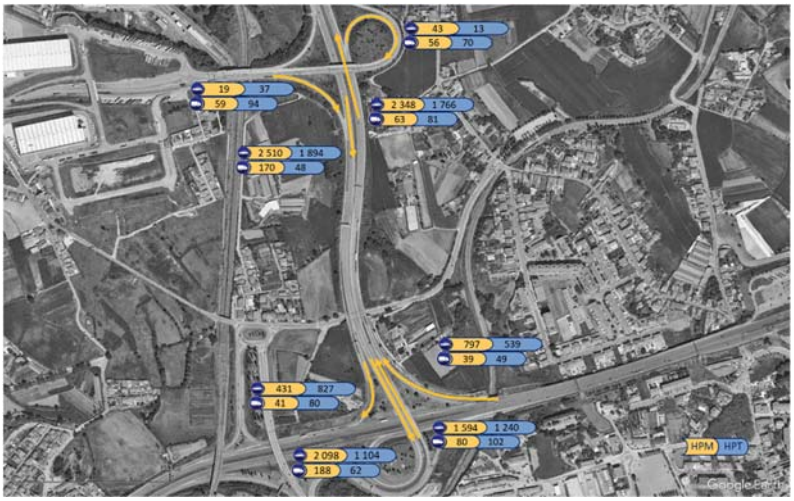


Figura 30 - VRI: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2030 sem ampliação TCN]



Figura 31 – P2-A: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2030 sem ampliação TCN]



Figura 32 –P2-B: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2030 sem ampliação TCN]

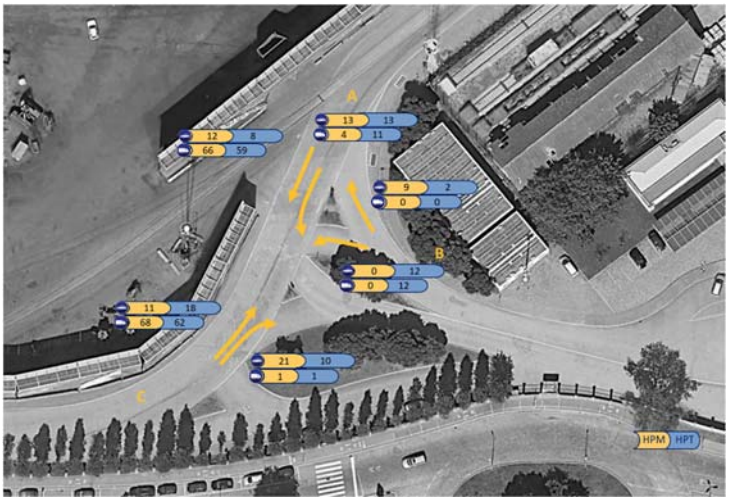


Figura 33 – P3: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2030 sem ampliação TCN]

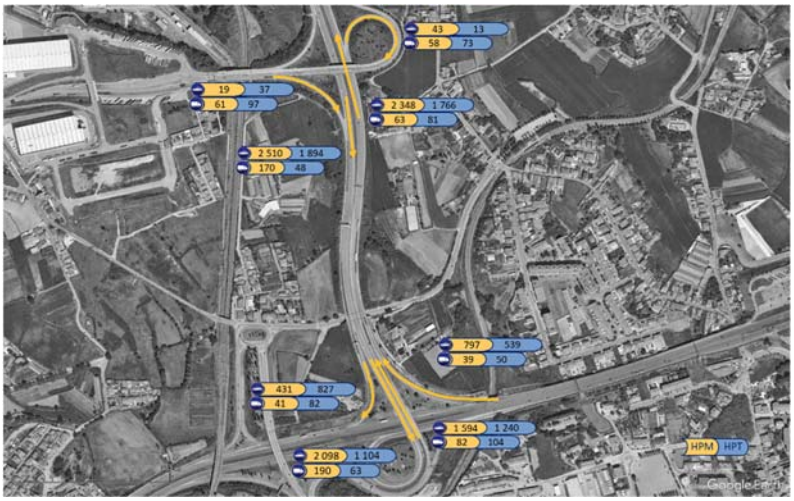


Figura 34 - VRI: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2030 com ampliação TCN]



Figura 35 – P2-A: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2030 com ampliação TCN]



Figura 36 –P2-B: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2030 com ampliação TCN]

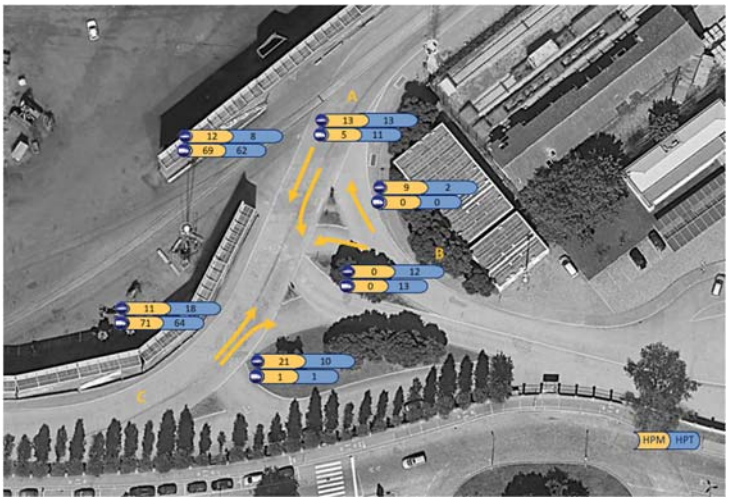


Figura 37 – P3: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2030 com ampliação TCN]

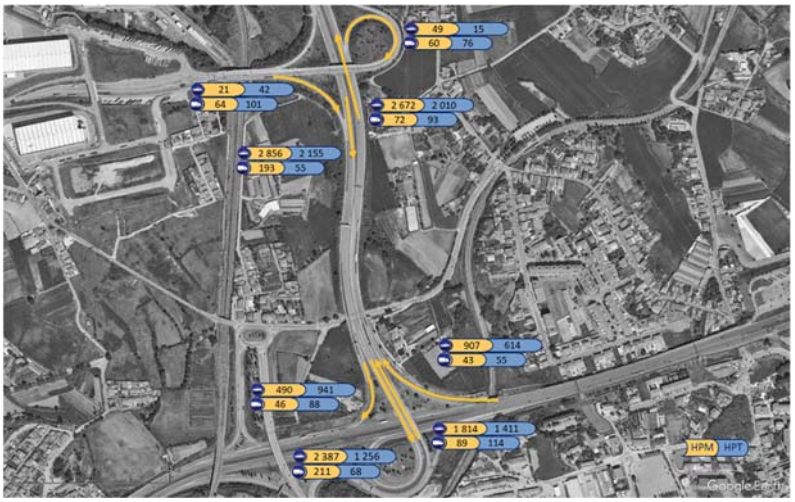


Figura 38 - VRI: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2040 sem ampliação TCN]



Figura 39 – P2-A: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2040 sem ampliação TCN]



Figura 40 –P2-B: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2040 sem ampliação TCN]

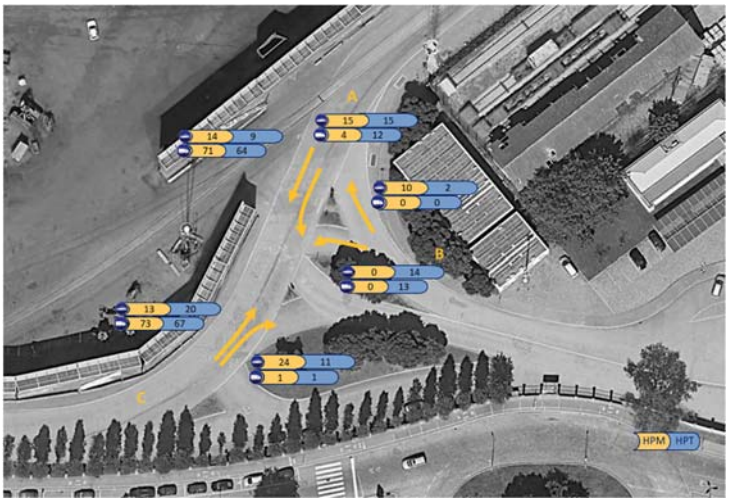


Figura 41 – P3: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2040 sem ampliação TCN]

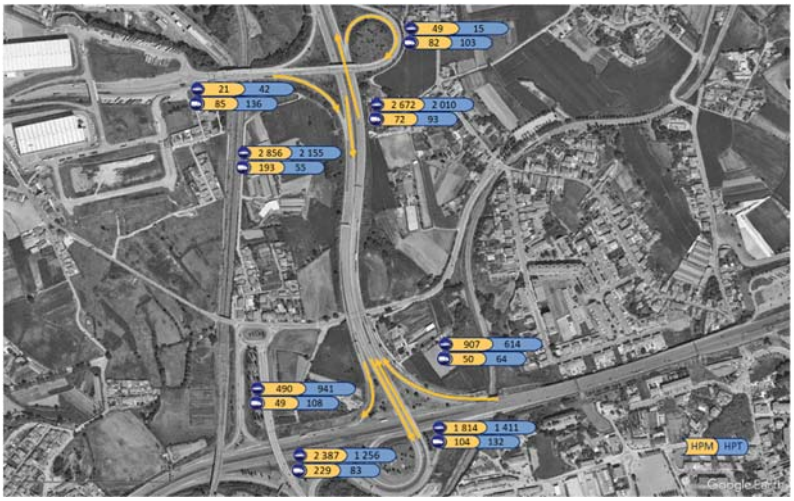


Figura 42 - VRI: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2040 com ampliação TCN]



Figura 43 – P2-A: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2040 com ampliação TCN]



Figura 44 –P2-B: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2040 com ampliação TCN]

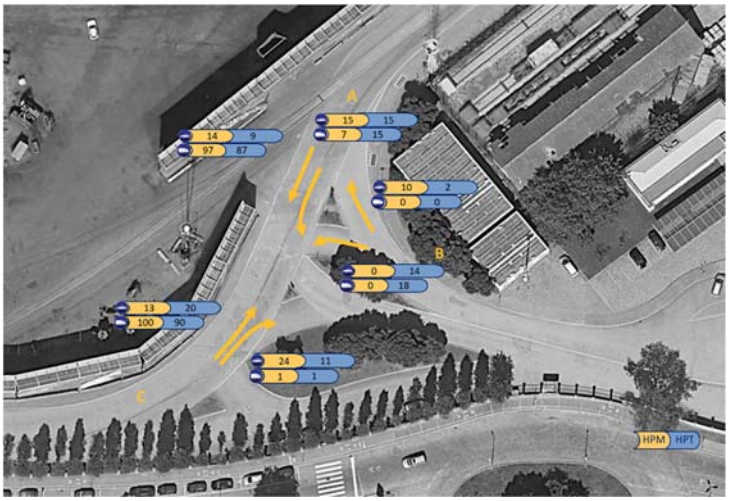


Figura 45 – P3: Estimativas de Tráfego, HPM-DU e HPT-DU [2040 com ampliação TCN]

5.2 NÍVEIS DE SERVIÇO

A Tabela 6 apresenta os resultados das análises de capacidade efetuadas, em termos de níveis de serviço, baseado no tempo médio de atraso no ramo mais condicionado nos Postos 2 e 3, e nas densidades de circulação na secção e no entrecruzamento da VRI.

	2023		2030				2040			
	Cenário Base		s/ TCN		c/ TCN		s/ TCN		c/ TCN	
	HPM	HPT	HPM	HPT	HPM	HPT	HPM	HPT	HPM	HPT
P2-A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	8,8	*9,0*	*8,9*	*9,0*	*8,9*	*9,1*	*8,9*	*9,1*	*9,1*	*9,4*
P2-B	A	B	A	B	A	B	A	B	B	B
	9,4	*10,4*	*9,6*	*10,7*	*9,6*	*10,9*	*9,7*	*11,1*	*10,4*	*12,8*
P3	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	9,0	*10,6*	*9,1*	*10,9*	*9,1*	*11,0*	*9,2*	*11,2*	*9,5*	*12,4*
Secção N-S	B	A	B	B	B	B	B	B	C	B
	14,1	*10,5*	*15,8*	*11,7*	*15,8*	*11,7*	*17,9*	*13,2*	*18,1*	*13,6*
Secção S-N	B	A	B	A	B	A	B	B	B	B
	12,4	*9,8*	*13,9*	*11,0*	*13,9*	*11,0*	*15,8*	*12,5*	*16,0*	*12,8*
Entrecruzamento N-S	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B
	24,2	*16,9*	*26,6*	*19,1*	*26,6*	*19,1*	*30,7*	*21,8*	*31,4*	*22,7*
Entrecruzamento S-N	B	B	B	B	B	B	C	B	C	B
	20,2	*15,8*	*22,9*	*17,8*	*22,9*	*17,9*	*26,3*	*20,4*	*26,9*	*21,1*

Tabela 6 – Níveis de Serviço – HPM e HPT de Dia Útil

Com base nos resultados do quadro anterior, tecem-se os seguintes comentários:

- **Situação atual**
  - Na situação atual, de forma generalizada, os níveis de serviço são elevados em todos os pontos de análise. Os três nós analisados (P2-A, P2-B e P3) contam com baixos volumes de tráfego, tanto nos movimentos prioritários como não prioritários, pelo que seria expectável a existência de baixos tempos médios de espera. Note-se que, estando estas intersecções situadas na via interna de ligação ao Porto de Leixões, são esperadas velocidades de circulação mais reduzidas, sendo mais importante a garantia de segurança rodoviária do que um elevado volume de escoamento.
  - Na VRI estimam-se níveis de serviço entre A e B, com apenas um nível de serviço C na hora de ponta da manhã do Entrecruzamento no sentido Norte-Sul. Note-se que para as análises de secção foi assumido que o tráfego que tipicamente circula no troço analisado circularia numa secção de 3 vias.
- **Cenários futuros**
  - Nos cenários futuros é possível identificar o impacte viário da expansão do TCN através da comparação entre os cenários sem ampliação e com ampliação. Em 2030 identificam-se poucas diferenças em termos de níveis de serviço entre o cenário com e sem expansão do terminal de

contentores norte, sendo que não se estimam alterações da categoria de nível de serviço, apenas aumentos residuais dos tempos médios de espera nas intersecções e da densidade nas análises da VRI.

- Em 2040 as diferenças entre os dois cenários são mais evidentes, sem que os níveis de serviço desçam significativamente. Os tempos médios de espera nas intersecções mantêm-se reduzidos, atingindo o seu máximo no cenário com ampliação do TCN, no Posto 2-B, durante a hora de ponta da tarde. Note-se que este tempo médio de espera é sentido por um número reduzido de veículos. A estimativa dos tempos médios de espera é também influenciada pela utilização de um fator de equivalência de veículos pesados igual a 2, tornando-se esta penalização tanto mais elevada quanto maior a percentagem de pesados. Desta forma, um tempo médio de espera de 12,8 segundos não deverá suscitar preocupações significativas, considerando que os cálculos foram feitos com pressupostos bastante conservativos.
- Na VRI estimam-se níveis de serviço relativamente estáveis ao longo do horizonte de análise, situando-se entre A e B nas secções Norte-Sul e Sul-Norte e entre B e C nos movimentos de entrecruzamento.

Face aos resultados apresentados, conclui-se que a entrada em funcionamento do empreendimento terá um impacte não desprezível na rede viária, mas que este não deteriorará significativamente as condições de circulação, estimando-se níveis de serviço entre A e C na generalidade das análises efetuadas, não suscitando particular preocupação. Note-se que os cálculos foram feitos com base em pressupostos conservadores e durante os períodos de ponta da rede viária. O cálculo detalhado dos níveis de serviço pode ser consultado no Anexo Digital 7.

Por fim, no Anexo Digital 8 são apresentadas as estimativas de volume (em Tráfego Médio Diário Anual e Tráfego Médio Horário) para a secção da Via Interna de Ligação ao Porto de Leixões (a poente do Posto 2). As estimativas dos tráfegos de pesados foram estimadas com base nas estimativas de movimentos de pesados providenciadas pela APDL previamente apresentadas no Capítulo 2, bem como nos perfis horários da Figura 21. As estimativas diárias e horárias do tráfego de ligeiros foram calculadas com base nos volumes contabilizados nos trabalhos de campo, em particular os movimentos entre a VRI e a Via Interna de Ligação ao Porto de Leixões (que caracterizaram o ano de 2023, tendo sido extrapolados com base no crescimento do PIB para os cenários de 2030 e 2040). A extrapolação destes volumes para TMDA foi efetuada segundo os passos abaixo.

1. Apurou-se o tráfego que circula desde a VRI para a Via Interna de Ligação ao Porto de Leixões durante o período de contagem (07:00 – 11:00 e 15:00 – 19:00). Este tráfego foi extrapolado para 2030 e 2040 com base no crescimento do PIB, tal como na construção dos cenários de análise de capacidade.
2. Apurou-se, de acordo com os dados de registo diário horário de uma via de natureza equiparável a que a VTM tem acesso, o peso do período de contagem dos trabalhos de capmo no tráfego total de um dia útil médio, para ligeiros e pesados. Isto resultou num peso de 54% para os veículos ligeiros em DU;

3. Estes pesos foram aplicados aos volumes de tráfego apurados em [1] para cada um dos cenários, por forma a obter uma estimativa do volume diário em DU. Para tal, dividiram-se os volumes apurados em [1] pelos pesos correspondentes apurados em [2]. Para estimar o tráfego de fim-de-semana, foram utilizados dados provenientes desta mesma fonte para identificar a relação entre volumes diários de ligeiros em DU e FS, traduzindo-se numa proporção de 56% (FS/DU);
4. Foram também apurados fatores de conversão que traduzem a relação entre os níveis médios de tráfego diário no mês em que foram feitos os trabalhos de campo (junho) e a média diária anual, que correspondem a 1,01 para veículos ligeiros;
5. De acordo com a mesma fonte de [2], foram apurados fatores de relação entre os volumes médios diários de DU e FS e os volumes médios horários nos períodos Diurno, Entardecer e Noturno em DU e FS.
6. Aos valores obtidos em [3] aplicaram-se os fatores obtidos em [4], obtendo-se os volumes médios diários anuais para dia útil e fim-de-semana. Através de uma ponderação de 5/7 para DU e 2/7 para FS, obteve-se uma estimativa dos **volumes de tráfego médio diário anual para cada cenário**.
7. Aos valores de [6] (volumes médios diários anuais em DU e FS), foram aplicados os fatores de [5], bem como a ponderação de 5/7 para DU e 2/7 para FS, obtendo **os volumes de tráfego médio horário anual** para os períodos Diurno, Entardecer, e Noturno.

6 MODELO DE MICROSSIMULAÇÃO

6.1 DESENVOLVIMENTO DO MODELO

O modelo de microssimulação foi desenvolvido no *software* VISSIM da *PTV Group*[1]. Este *software* permite a simulação de interações de veículos a um nível microscópico tendo por base as características da rede viária e os parâmetros comportamentais dos condutores. Os vídeos das microssimulações em 3D para os cenários de análise são disponibilizados em anexo digital.

O desenvolvimento do modelo de microssimulação considerou não apenas os dados de procura de tráfego apresentados no Capítulo 4 mas também as características das infraestruturas viárias na área em estudo, restrições de velocidade, regras de prioridade existentes e pontos de controlo no acesso de entrada no Porto de Leixões. A Figura 46 apresenta o modelo da rede viária desenvolvido.

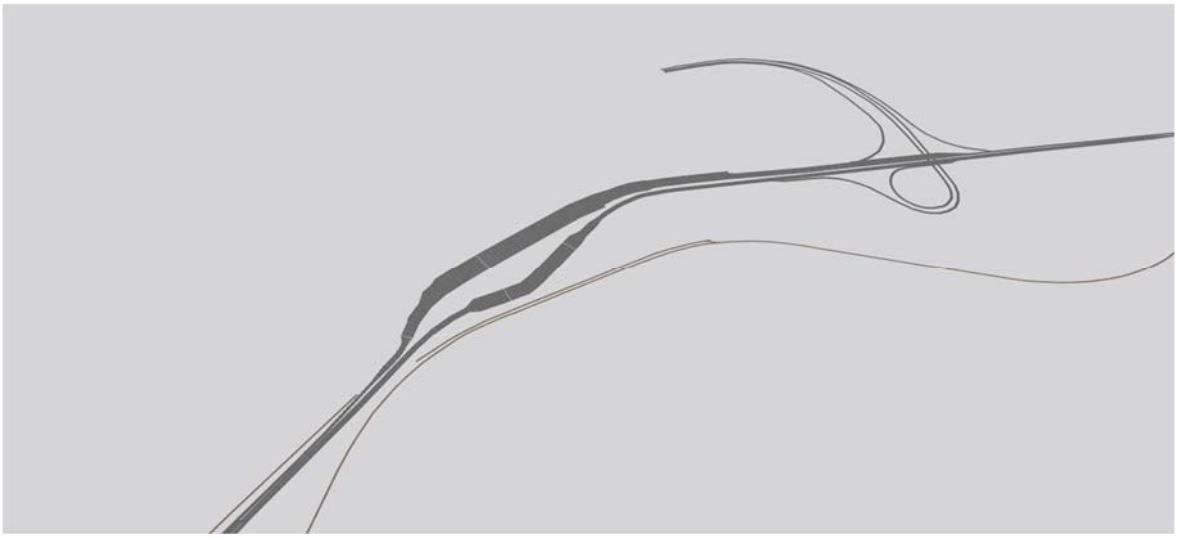


Figura 46 - Modelo de microssimulação desenvolvido

Por forma a incorporar o efeito de aleatoriedade existente nas correntes de tráfego, para cada cenário de análise foram realizadas dez afetações de tráfego considerando a variação dos parâmetros probabilísticos do modelo, sendo que os resultados apresentados correspondem ao valor médio obtido para a totalidade das simulações. Adicionalmente foi ainda considerado um período de *warm-up* de 15 minutos nos modelos de forma a assegurar o pré-preenchimento da rede viária no período anterior ao cálculo dos indicadores de desempenho. Desta forma, as

[1] https://www.ptvgroup.com/en/solutions/products/ptv-vissim/

análises de desempenho são realizadas para o período de uma hora de simulação compreendida entre os minutos 15 e 75 no modelo.

6.2 ANALISES DE DESEMPENHO

As análises de desempenho realizadas consistem no cálculo da extensão média e máxima das filas de espera nos *gates* de entrada para a hora crítica de operação. Para efeitos de medição, considera-se que a fila terá início quando o tráfego circular a uma velocidade inferior a 5 km/h e terminará quando o tráfego circular a uma velocidade superior a 10 km/h ou quando a distância entre veículos consecutivos for superior a 20 metros.

Por forma a observar o impacto da extensão das filas de espera nos *gates* de acesso ao Porto de Leixões, foi utilizado como ponto de referência a localização da canópia, representada na Figura 47, que se encontra a aproximadamente 545 metros dos gates. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 48.



Figura 47 - Pontos de referência considerados para a extensão das filas de espera

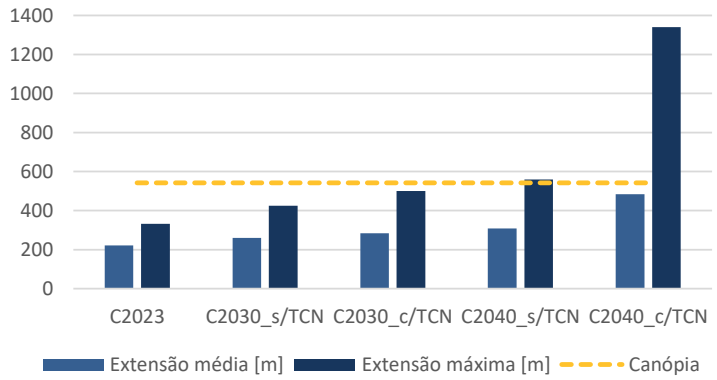


Figura 48 – Extensões média e máxima das filas de espera [HP-DU]

É importante destacar que a totalidade dos cenários de análise consideraram a utilização plena dos sete *gates* em operação, situação que já se verifica atualmente durante os horários críticos de atividade portuária. Dessa forma, assumindo a manutenção da capacidade e tempos de atendimento atuais, observa-se o aumento da extensão das filas de espera nos cenários futuros. Em particular, no cenário de 2040 considerando a ampliação do TCN, são estimadas filas de espera com extensão máxima superior a mil metros, o que poderá impactar o desempenho do viaduto a montante. Para este cenário em concreto, pode ser necessário prever a ampliação da capacidade de atendimento nos *gates* de entrada, seja por meio da expansão do número de *gates* ou pela otimização dos tempos médios de atendimento.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo visou atender à solicitação da CONSULMAR – Projetistas e Consultores, Lda. para a realização de um Estudo de Tráfego que servirá de suporte ao Estudo Prévio e Estudo de Impacte Ambiental para a Ampliação e Reorganização do Terminal de Contentores Norte (TCN) do Porto de Leixões. O objetivo principal deste trabalho foi avaliar os possíveis impactos da referida ampliação e reorganização do TCN na rede viária envolvente, através de análises de capacidade.

No ano de 2022, o Porto de Leixões registou a movimentação de aproximadamente 713 mil TEUs, correspondendo a um tráfego total de 468 mil camiões. Atualmente, estão em estudo dois possíveis *lay-outs* para a ampliação e reorganização do TCN, prevendo-se para ambos a movimentação de cerca de 1 milhão de TEUs por ano. As previsões de crescimento tendencial para o Porto de Leixões apontam para um CAGR de 1% para o período de 2022 a 2040. Considerando o projeto de ampliação e reorganização do TCN, foi estimado um CAGR de 3% para o mesmo período.

Por forma a caracterizar a procura de tráfego na rede viária em análise, foi inicialmente delineada e conduzida uma campanha de recolha de dados em campo. Esta decorreu ao longo de dois dias úteis consecutivos em junho de 2023, em três postos distintos, durante dois intervalos de quatro horas, nomeadamente das 7h00 às 11h00 e das 15h00 às 19h00. Adicionalmente, foram utilizados dados cedidos pela APDL, que se referem aos movimentos de acesso ao Porto de Leixões e aos respetivos indicadores de desempenho.

Foi neste enquadramento que a VTM analisou o impacto da ampliação e reorganização do Terminal de Contentores Norte. O estudo assentou numa abordagem metodológica dual com base no cálculo do Nível de Serviço de acordo com a metodologia proposta pelo HCM [*Highway Capacity Manual*. Adicionalmente, foi desenvolvido um modelo de microssimulação que permitiu a medição da extensão das filas de espera nos *gates* de entrada.

Da análise dos níveis de serviço, segundo as metodologias preconizadas pelo HCM, concluiu-se que a ampliação do terminal de contentores norte terá um impacte palpável na rede viária da envolvente face ao acréscimo de tráfego de veículos pesados, mas este não será suficiente para deteriorar significativamente as condições de circulação tanto nas intersecções avaliadas como na fluidez em secção e de entrecruzamento na VRI. Na situação atual estimam-se níveis de serviço entre A e B nas intersecções e entre A e C na VRI. Também na situação futura mais penalizadora – 2040 com ampliação do terminal de contentores norte – estão previstos níveis de serviço entre A e B nas intersecções e entre B e C na VRI. Desta feita, os resultados desta análise não suscitam preocupações significativas quanto aos níveis de serviço futuros na rede viária imediatamente influenciada pelo Porto de Leixões.

As avaliações de desempenho efetuadas através do modelo de microssimulação foram também realizadas para os horizontes de 2030 e 2040, nos cenários com e sem ampliação e modernização do TCN, no horário crítico de

operação do Porto de Leixões e admitindo a operação da totalidade dos sete *gates* de acesso ao porto, uma condição já atualmente observada nos horários de maior atividade portuária. Assumindo a manutenção da capacidade e tempos de atendimento atuais, observa-se o aumento expetável da extensão das filas de espera nos cenários futuros. Em particular, no cenário de 2040 considerando a ampliação do TCN, são estimadas filas de espera com extensão máxima superior a mil metros, o que poderá impactar o desempenho do viaduto a montante. Para este cenário em concreto, poderá ser necessário prever a ampliação da capacidade de atendimento nos *gates* de entrada, seja por meio da expansão do número de *gates* ou pela otimização dos tempos médios de atendimento.

Lisboa
Ed. Central Plaza - Av. 25 de Abril de 1974, 23 - 2ºA
2795 - 197 Linda-a-Velha - Portugal
Tel. (+351) 21 415 96 00
Fax. (+351) 21 415 96 08
geral@vtm-global.com
www.vtm-global.com

Madrid
Edificio Cuzco III
Paseo de la Castellana, 135. Planta 6. Oficina 615
28046 Madrid - España
Móv. (+34) 654 647 121
geral@vtm-global.com
www.vtm-global.com

Milano
Galleria Vittorio Emanuele II
Via Mengoni 4
20121 Milano - Italia
Mobile (+39) 347 807 1144
geral@vtm-global.com
www.vtm-global.com

ANEXO V

ESTUDO DE MICROSSIMULAÇÃO DO TERMINAL DE CONTENTORES NORTE DO PORTO DE LEIXÕES – ANÁLISE DA REDE VIÁRIA INTERNA

CONSULMAR Projectistas e Consultores, Lda

ESTUDO DE MICROSSIMULAÇÃO DO TERMINAL DE CONTENTORES NORTE DO PORTO DE LEIXÕES | ANÁLISE DA REDE VIÁRIA INTERNA

Relatório Final

3 DE NOVEMBRO DE 2023

PROJECTO 108/2022

DELIVERING DISTINCTIVE SOLUTIONS

Este documento foi produzido para ser impresso em frente e verso,
e assim reduzir o seu impacte no consumo de recursos do planeta.

DISCLAIMER

Este documento foi preparado pela VTM na sua qualidade de consultores da CONSULMAR - Projetistas e Consultores, Lda. (o Cliente), em conformidade com os termos e condições do contrato assinado entre as partes acordadas entre elas. Tais termos e condições devem ser tidos em conta ao considerar e/ou basear-se neste documento. Nenhuma parte deste documento pode ser copiada ou reproduzida por qualquer meio sem autorização prévia por escrito da VTM.

Qualquer conselho, opinião ou recomendação contida neste documento (a) deve ser lida e considerada exclusivamente no contexto do documento como um todo, (b) não se destina, de forma alguma, a incluir qualquer conselho ou opinião jurídica, (c) baseia-se em informações disponibilizadas à VTM e em práticas profissionais de consultoria atuais e normais à data da preparação deste documento. Deve ser notado e declarado expressamente que não foi feita qualquer verificação independente de nenhum dos documentos ou informações que nos foram fornecidos ou obtidos por nós em apoio das nossas opiniões. A VTM não aceita qualquer responsabilidade pela utilização deste documento, exceto para os fins para os quais foi originalmente preparado e entregue.

Este documento foi preparado para uso exclusivo do Cliente e a menos que a VTM concorde em contrário por escrito, nenhuma outra parte pode utilizar, confiar ou utilizar o conteúdo deste documento. Se o Cliente desejar partilhar este documento com um terceiro, a VTM pode, a seu critério, concordar com tal partilha desde que (a) seja obtido um acordo escrito da VTM antes da partilha, (b) após a partilha do documento com um terceiro, esse terceiro não adquira quaisquer direitos, contratuais ou outros, contra a VTM e a VTM, portanto, não assume qualquer dever, responsabilidade ou obrigação perante tal terceiro e (c) a VTM não será responsável por qualquer perda ou dano incorrido pelo Cliente ou por qualquer conflito de interesses da VTM decorrente da divulgação deste documento pelo Cliente a tal terceiro.

Finalmente, solicitar que, caso tenha recebido este documento por engano, destrua todas as cópias do mesmo na sua posse ou sob o seu controlo e notifique a VTM.

ÍNDICE

1 Enquadramento 5

2 Caracterização da Procura de Tráfego 6

2.1 Trabalhos de Campo 6

2.2 *Gates* de Acesso 8

3 Cenarização 10

4 Modelo de Microssimulação 13

5 Análises de Desempenho 14

5.1 Análise de Secções 14

5.2 Tempos de Percurso 17

5.3 *Gates* de Acesso 18

6 Considerações finais 20

ANEXOS DIGITAIS

ANEXO DIGITAL AD1 - RESULTADOS DOS TRABALHOS DE CAMPO

ANEXO DIGITAL AD2 - VÍDEO MICROSSIMULAÇÃO C2023

ANEXO DIGITAL AD3 - VÍDEO MICROSSIMULAÇÃO C2030

ANEXO DIGITAL AD4 - VÍDEO MICROSSIMULAÇÃO C2030 – COMBOIO 375M

ANEXO DIGITAL AD5 - VÍDEO MICROSSIMULAÇÃO C2030 – COMBOIO 750M

ANEXO DIGITAL AD6 - VÍDEO MICROSSIMULAÇÃO C2040

ANEXO DIGITAL AD7 - VÍDEO MICROSSIMULAÇÃO C2040 – COMBOIO 375M

ANEXO DIGITAL AD8 – VÍDEO MICROSSIMULAÇÃO C2040 – COMBOIO 750M

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Cenários de análise 10

Tabela 2 - Percursos em análise....17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do posto de contagem de tráfego....6

Figura 2 – Volumes de tráfego no período da manhã 7

Figura 3 - Volumes de tráfego no período da tarde....7

Figura 4 - Quantitativos de tráfego por movimento na hora de ponta [HP] 8

Figura 5 - Número de veículos nos *gates* de entrada do Porto de Leixões....8

Figura 6 – Tempos de atendimento nos *gates* de entrada no Porto de Leixões 9

Figura 7 - Número de veículos nos *gates* de saída do Porto de Leixões....9

Figura 8 – Movimentação diária de pesados no Porto de Leixões 10

Figura 9 – *Share* de movimentação de contentores no TCN e TCS....11

Figura 10 - Repartição dos pesados na VCPN 12

Figura 11 - Fatores de crescimento de tráfego de ligeiros para o período 2023-2040 [Base 100 – 2023] 12

Figura 12 - Modelo de microssimulação desenvolvido....13

Figura 13 – Secções de análise da placa circular....14

Figura 14 - Secção A1: extensão máxima de filas de espera ao longo da HP 15

Figura 15 - Secção A2: extensão máxima de filas de espera ao longo da HP 16

Figura 16 - Secção A3: extensão máxima de filas de espera ao longo da HP 16

Figura 17 – Tempos de percurso: secções de início e fim....17

Figura 18 – Percurso P1: *gates* de entrada >> TCN....18

Figura 19 - Percurso P2: TCN >> *gates* de saída....18

Figura 20 – *Gates* de saída: extensão das filas de espera ao longo da HP....19

Figura 21 - *Gates* de entrada: extensão das filas de espera ao longo da HP 19

1 ENQUADRAMENTO

Na sequência do Estudo de Tráfego realizado para apoiar o Estudo Prévio e Estudo de Impacto Ambiental associados à proposta de ampliação e reorganização do Terminal de Contentores Norte (TCN) do Porto de Leixões, a APDL – Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo, SA, requereu uma avaliação detalhada do impacto deste desenvolvimento na infraestrutura viária interna do porto.

Neste sentido, a CONSULMAR solicitou à VTM o desenvolvimento de um Estudo de Microssimulação com os seguintes objetivos:

- Realizar trabalhos de campo para determinar os volumes de tráfego na área em estudo e identificar potenciais constrangimentos à fluidez do tráfego;
- Desenvolver modelos de microssimulação para avaliar o desempenho da rede viária interna no acesso ao TCN, tendo em conta o cenário de referência de 2023 e três cenários futuros alternativos de repartição modal para a movimentação de contentores no TCN, projetados para 2030 e 2040;
- Cálculo de indicadores-chave de desempenho viário, incluindo a extensão de filas de espera e a medição dos tempos de percurso;
- Elaboração de Relatório Final com apresentação dos principais resultados obtidos.
- Apresentação de vídeos em 3D das microssimulações desenvolvidas.

As análises de desempenho consideram a procura de tráfego observada na hora de ponta — período de maior intensidade operacional do porto — sendo expandida para contemplar dois horizontes temporais futuros [2030 e 2040], prevendo o aumento do volume de tráfego inerente ao crescimento natural e à nova geração associada à ampliação e reorganização do TCN. Serão ainda examinados distintos cenários operativos para estes períodos, considerando em especial o impacto da transferência modal do transporte rodoviário para o ferroviário na movimentação de contentores no TCN.

2 CARACTERIZAÇÃO DA PROCURA DE TRÁFEGO

No contexto do desenvolvimento deste estudo, foi realizada a caracterização da procura de tráfego na rede viária interna do Porto de Leixões. Para tal, foi planeada e executada uma campanha de trabalhos de campo visando quantificar os volumes de tráfego atuais e identificar potenciais pontos de congestionamento. Foram ainda considerados dados dos *gates* de entrada e saída do porto disponibilizados pela APDL.

2.1 TRABALHOS DE CAMPO

Os trabalhos de campo decorreram no dia 28 de Setembro de 2023, quinta-feira, em dois períodos de quatro horas [matinal e vespertino], com o objetivo de:

- Realizar contagens direcionais classificadas e acumuladas por ¼ de hora no período de ponta de um dia útil representativo;
- Captar imagens fotográficos dos fluxos de tráfego existente, e;
- Aferir a ocorrência de congestionamentos e formação de filas.

As contagens de tráfego foram realizadas na placa circular de acesso aos terminais norte e sul, conforme identificado na figura seguinte.



Figura 1 – Localização do posto de contagem de tráfego

A placa circular interna do Porto de Leixões permite circular entre os terminais Norte e Sul e efetua a ligação ao acesso de entrada/saída do porto. Os volumes de tráfego registados nos trabalhos de campo são apresentados nas

figuras seguintes de acordo com os períodos da manhã e da tarde, respetivamente. Com base nos resultados foi possível identificar que a hora de ponta (HP) ocorreu no período compreendido entre as 15h30 e as 16h30.

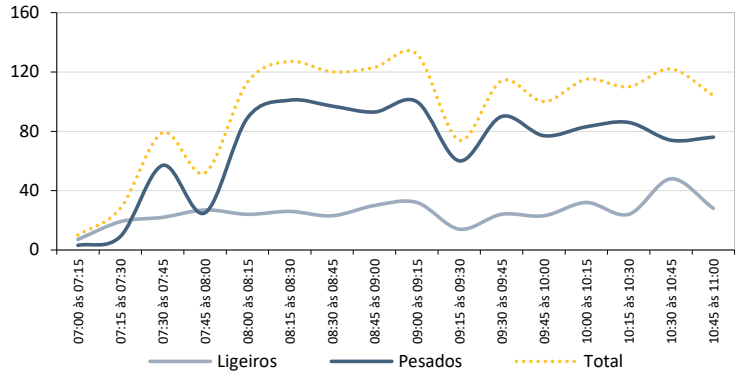


Figura 2 – Volumes de tráfego no período da manhã

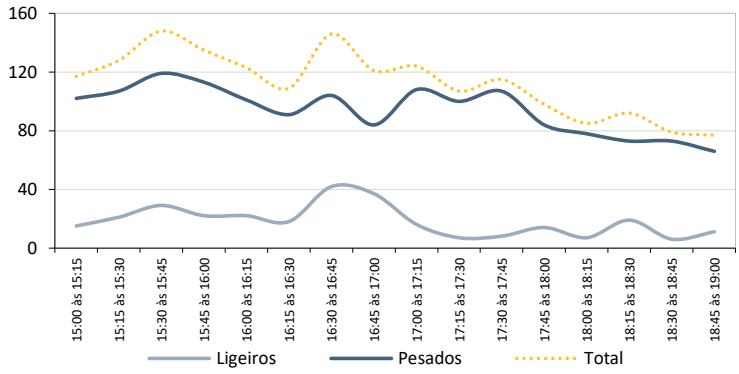


Figura 3 - Volumes de tráfego no período da tarde

Os movimentos preponderantes ocorreram no tráfego entre a zona sul do porto e as via de entrada / saída do porto, conforme representado nos quantitativos de tráfego por movimento na hora de ponta. A figura que se segue apresenta a identificação dos volumes de tráfego na hora de ponta para a totalidade dos movimentos por categoria de veículos.

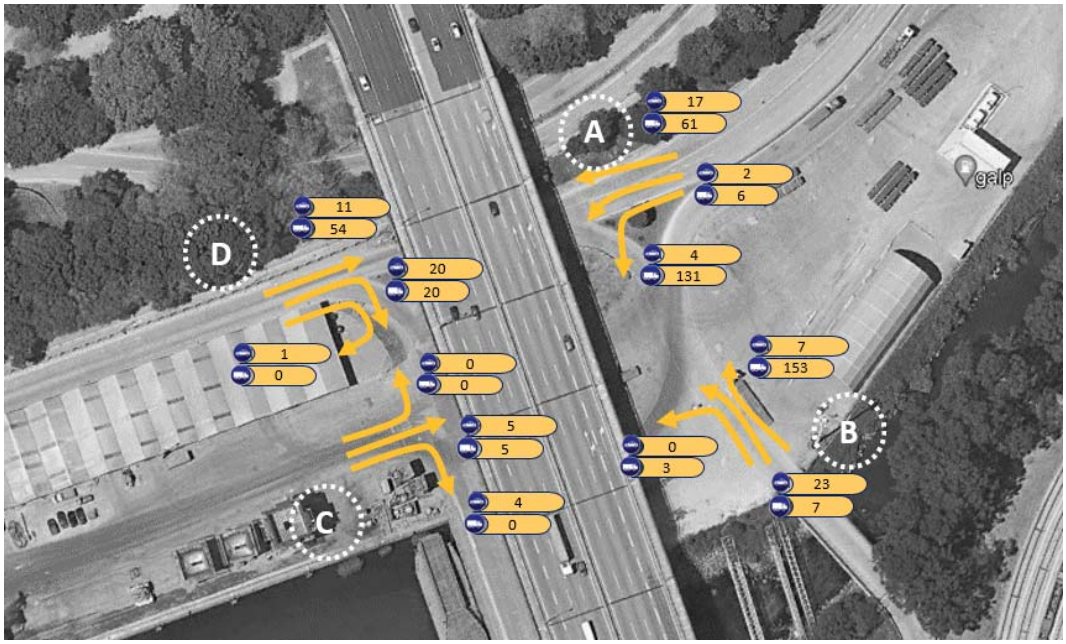


Figura 4 - Quantitativos de tráfego por movimento na hora de ponta [HP]

2.2 *GATES* DE ACESSO

O acesso ao Porto de Leixões é realizado através de sete *gates* de entrada, dois para carga geral e cinco para contentores. A Figura 5 apresenta os dados horários referentes ao número de veículos atendidos e ao número de *gates* em funcionamento, com base em dados disponibilizados pela APDL para o mesmo dia dos trabalhos de campo, 28 de Setembro de 2023.

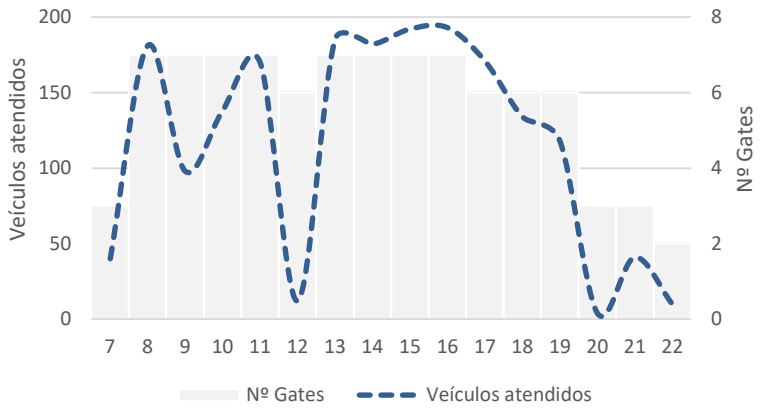


Figura 5 - Número de veículos nos *gates* de entrada do Porto de Leixões

A definição dos tempos de atendimento dos veículos nos *gates* de entrada é de elevada importância para garantir a consistência e integridade dos resultados do modelo de microssimulação. Para este fim foi utilizado um extenso conjunto de dados composto por mais de 5.900 observações que abrangem a totalidade do mês de julho de 2023, disponibilizado pela APDL. A partir destes dados foi derivado um histograma que representa a distribuição dos tempos de atendimento, o qual foi considerado no modelo de microssimulação. É possível verificar que aproximadamente metade dos veículos atendidos apresentam tempos inferiores a 2 minutos, enquanto 5% registam tempos superiores a 5 minutos.

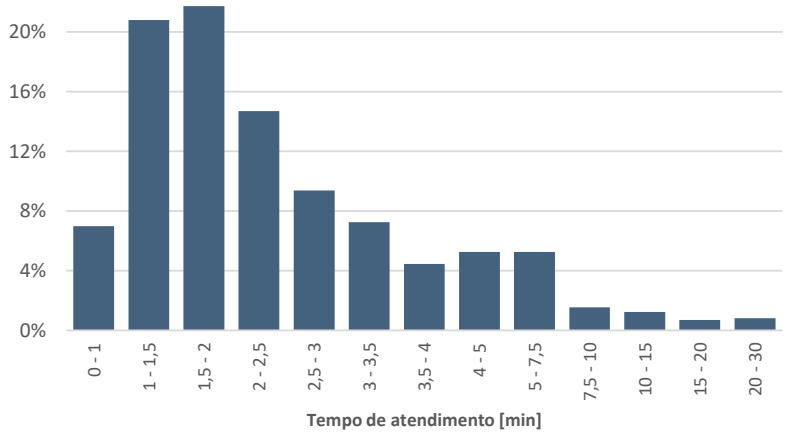


Figura 6 – Tempos de atendimento nos *gates* de entrada no Porto de Leixões

A saída do porto é efetuada através de quatro *gates*. Para estes *gates* de saída, foram analisados dados relativos à totalidade do mês de Setembro de 2023, disponibilizados pela APDL. Para este mês, o valor horário máximo de veículos atendidos registou-se no período compreendido entre as 16h e as 17h correspondendo a um tempo médio de atendimento de aproximadamente 75 segundos por *gate*.

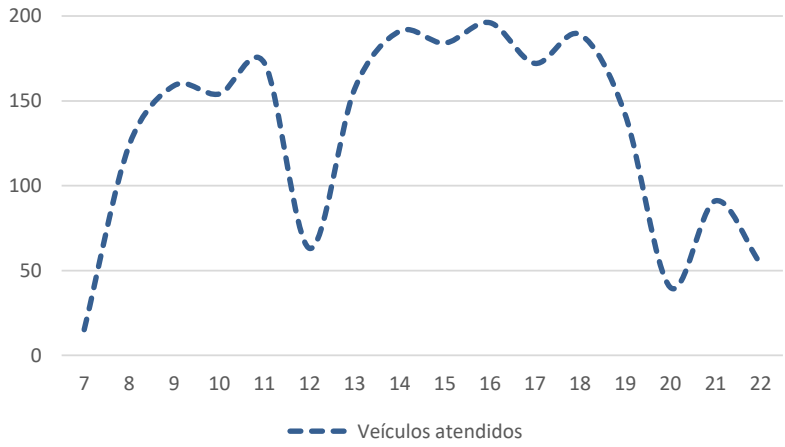


Figura 7 - Número de veículos nos *gates* de saída do Porto de Leixões

3 CENARIZAÇÃO

No âmbito do presente estudo foram analisados sete cenários correspondentes a distintas combinações de procura de tráfego e de quota modal na movimentação de contentores no TCN, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Cenários de análise

Cenário	Horizonte	Quota Modal TCN
C2023	2023	-
C2030_T0	2030	Rodoviário
C2030_T1	2030	Rodoviário + Ferroviário [375m]
C2030_T2	2030	Rodoviário + Ferroviario [750m]
C2040_T0	2040	Rodoviário
C2040_T1	2040	Rodoviário + Ferroviario [375m]
C2040_T2	2040	Rodoviário + Ferroviario [750m]

As projeções para a movimentação de veículos pesados no Porto de Leixões foram fornecidas pela APDL e permitem antever a tendência de crescimento, como apresentado na Figura 8. Esta apresenta tanto a movimentação histórica [2018-2022] quanto as previsões até 2040, sublinhando-se a expectativa de um crescimento anual [CAGR] de 8% no TCN, face ao crescimento de 3% projetado para a totalidade das operações portuárias.

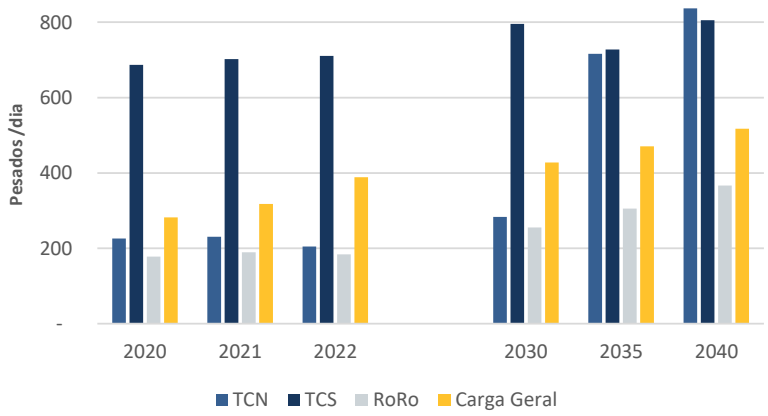


Figura 8 – Movimentação diária de pesados no Porto de Leixões

Com a ampliação e modernização do TCN, antecipa-se um reequilíbrio na distribuição de movimentação de contentores entre o TCN e o Terminal de Contentores Sul (TCS). Atualmente, o TCN é responsável por aproximadamente 22% da movimentação total de contentores do Porto de Leixões, estimando-se que este valor aumente para 57% em 2040.

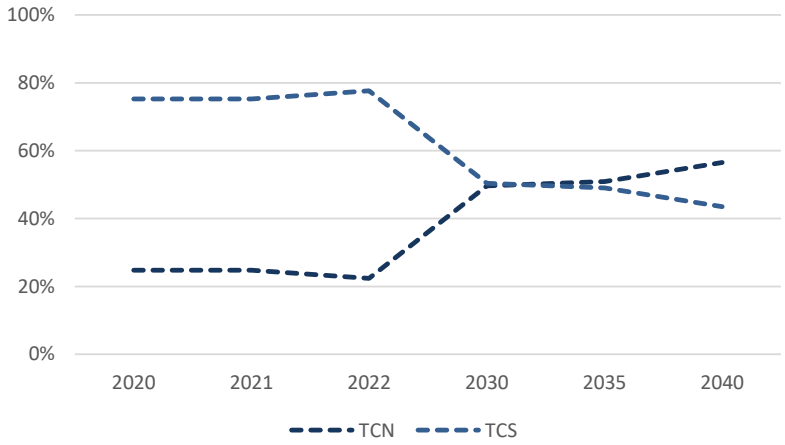


Figura 9 – *Share* de movimentação de contentores no TCN e TCS

Para a definição dos cenários futuros, consideraram-se três hipóteses de quota modal, projetando a transferência do transporte de contentores do modo rodoviário para o ferroviário. Um dos cenários avalia a operação de um comboio de 375 metros e outro de 750 metros, em alinhamento com as orientações do Plano Ferroviário Nacional (PFN) e do Plano Nacional de Investimentos 2030 (PNI 2030), que preveem a adaptação e uniformização da Rede Ferroviária Nacional a esta tipologia de comboios. Segundo estimativas da APDL, um comboio de 375 metros poderá suprimir cerca de 25 veículos pesados, enquanto um comboio de 750 metros poderá reduzir em até 50 veículos pesados o tráfego de e para o TCN.

Adicionalmente a Via de Cintura Portuária Norte (VCPN), de acesso ao TCN, possibilita ainda acesso ao Terminal Polivalente (TP) e ao Terminal de Granéis Sólidos Agro-Alimentadores (TGSA). O volume de tráfego do TCN é exclusivamente destinado ao movimento de carga contentorizada [14%] pelo que a movimentação de carga geral nesta via foi distribuída por estes dois terminais, conforme a distribuição apresentada na figura seguinte.

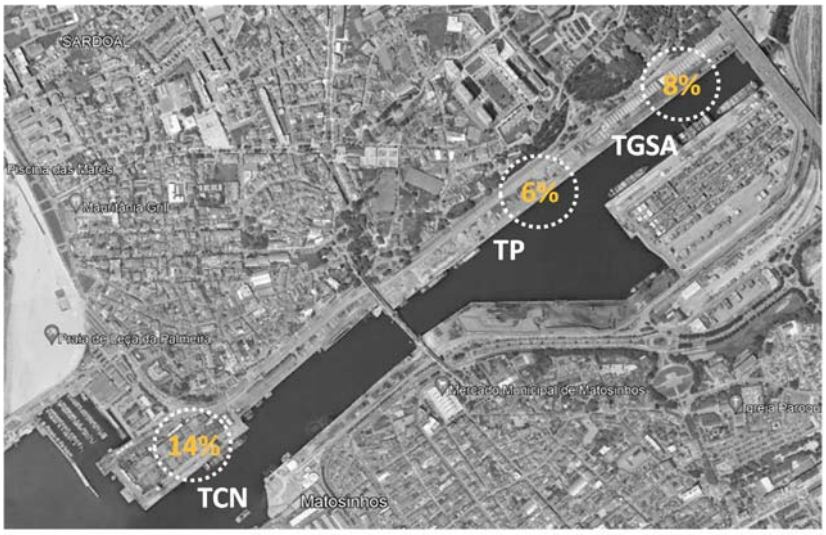


Figura 10 - Repartição dos pesados na VCPN

Para estimar o crescimento do tráfego de veículos ligeiros no interior do Porto de Leixões, assumiu-se uma elasticidade unitária em relação ao Produto Interno Bruto (PIB). A figura seguinte apresenta o aumento projetado do tráfego de ligeiros com base nas projeções do PIB para Portugal disponibilizadas pela *The Economist Intelligence Unit* em agosto de 2023. Estes dados preveem um aumento global de tráfego de veículos ligeiros de aproximadamente 12,1% em 2030 e 27,5% em 2040, comparativamente a 2023.

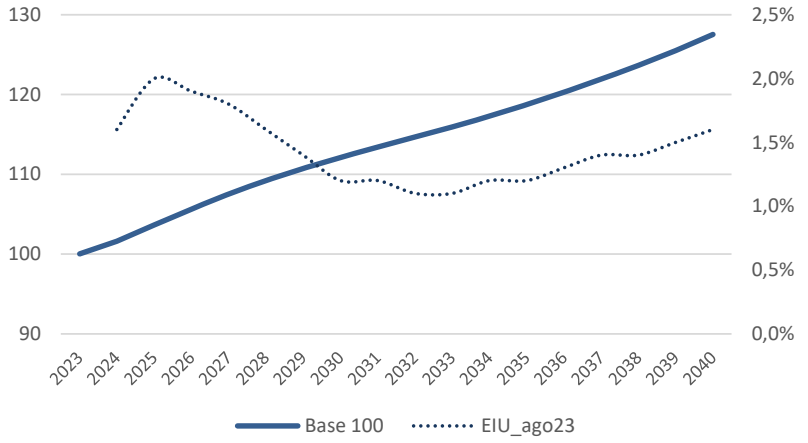


Figura 11 - Fatores de crescimento de tráfego de ligeiros para o período 2023-2040 [Base 100 – 2023]

4 MODELO DE MICROSSIMULAÇÃO

O modelo de microssimulação foi desenvolvido no *software* VISSIM da *PTV Group*[1]. Este *software* permite a simulação de interações de veículos a um nível microscópico tendo por base as características da rede viária e os parâmetros comportamentais dos condutores. Para permitir uma visualização detalhada, os vídeos em 3D das microssimulações correspondentes aos diferentes cenários de análise são disponibilizados em anexo digital.

No desenvolvimento do modelo de microssimulação foram considerados não só os dados de procura de tráfego apresentados anteriormente, mas também as características das infraestruturas viárias, restrições de velocidade, velocidade dos comboios[2], tempos de paragem de veículos para o trânsito do comboio de mercadorias, regras de prioridade existentes e pontos de controlo nos *gates* de entrada e saída no Porto de Leixões. A Figura 12 apresenta o modelo da rede viária desenvolvido.

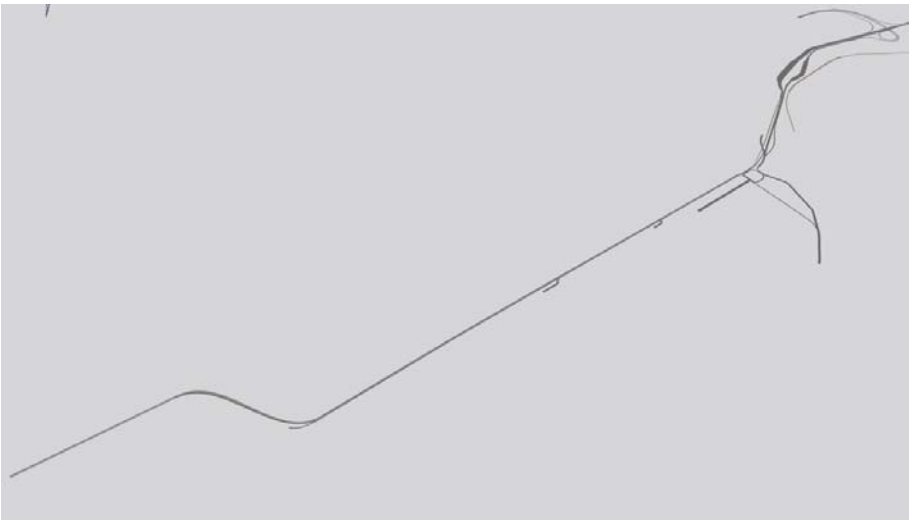


Figura 12 - Modelo de microssimulação desenvolvido

Para refletir o efeito de aleatoriedade inerente ao fluxo de tráfego, para cada cenário de análise foram realizadas dez afetações de tráfego, com variações nos parâmetros estocásticos do modelo. Os resultados apresentados correspondem à média dessas simulações. Adicionalmente foi ainda considerado um período de *warm-up* de 15 minutos nos modelos de forma a assegurar a saturação adequada da rede viária no período anterior ao cálculo dos indicadores de desempenho. Desta forma, as análises de desempenho são realizadas para o período de uma hora de simulação compreendida entre os minutos 15 e 75 no modelo.

[1] https://www.ptvgroup.com/en/solutions/products/ptv-vissim/

[2] Assumida uma velocidade de circulação de 10 km/h

5 ANÁLISES DE DESEMPENHO

As análises de desempenho realizadas no modelo de microssimulação consistiram no cálculo dos seguintes indicadores-chave para cada um dos cenários de análise:

- Análise de secções: foram calculadas as extensões máximas de fila de espera, em intervalos de cinco minutos, em três acessos da placa circular localizada no interior do Porto de Leixões;
- Tempos de percurso: foram calculados os tempos para os percursos entre os *gates* de acesso ao porto e o TCN;
- *Gates* de acesso: foram calculadas as extensões máximas das filas de espera nos *gates* de entrada e de saída do porto.

Refira-se ainda que para efeitos de medição, considera-se que as filas de espera terão início quando o tráfego circular a uma velocidade inferior a 5 km/h e terminarão quando o tráfego circular a uma velocidade superior a 10 km/h ou quando a distância entre veículos consecutivos for superior a 20 metros.

5.1 ANÁLISE DE SECÇÕES

A análise de secções foi realizada para a placa circular, a principal confluência de tráfego no interior do Porto de Leixões, onde foram realizados os trabalhos de campo. A Figura 13 apresenta as distintas secções de análise: o ramo de entrada no porto [A1], o ramo de acesso ao TCS [A2] e o ramo de acesso ao TCN [A3].

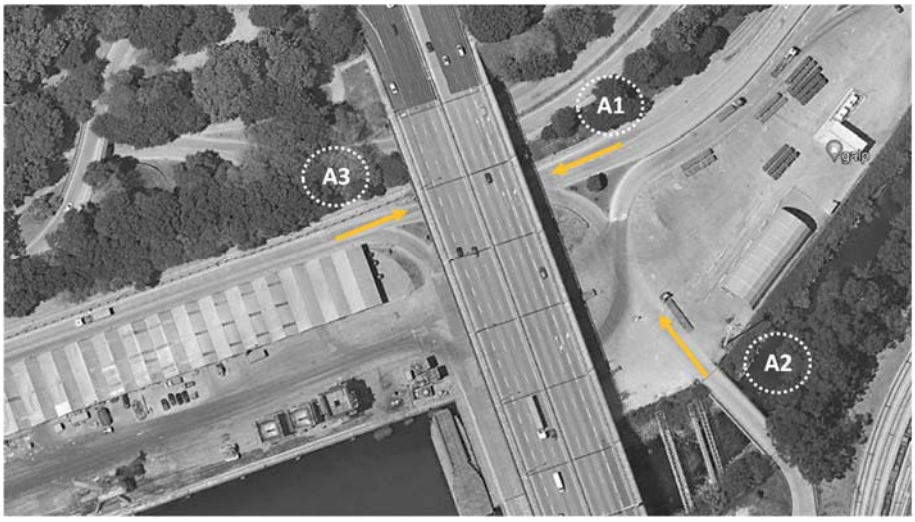


Figura 13 – Secções de análise da placa circular

A secção A1 corresponde ao acesso do tráfego que entra no Porto de Leixões. Antecipa-se que os cenários projetados para 2030 não apresentem constrangimentos significativos. Já para o horizonte de 2040, nos cenários com circulação ferroviária, observa-se que a interrupção de veículos pesados pela circulação do comboio resulta em filas de espera: inferior a 10 metros para composições de 375 metros e acima de 50 metros para as de 750 metros. No entanto, prevê-se a normalização do fluxo de tráfego em até 10 minutos após a passagem do comboio, indicando que as filas geradas podem ser acomodadas sem comprometer a operação dos *gates* de entrada do Porto de Leixões [Figura 14].

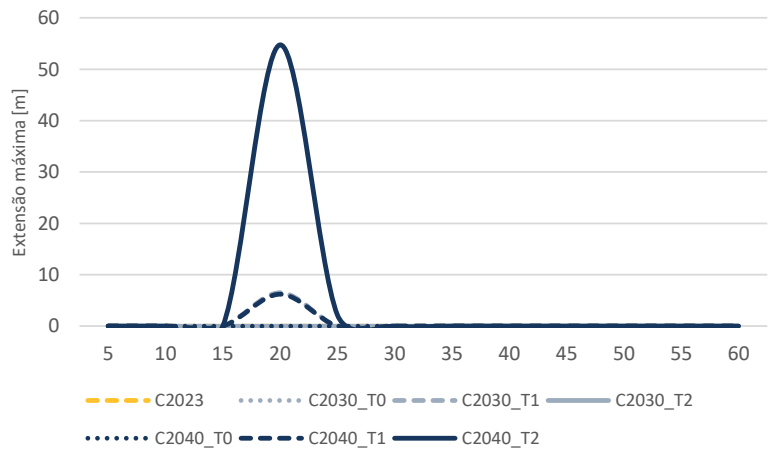


Figura 14 - Secção A1: extensão máxima de filas de espera ao longo da HP

A secção A2 está associada ao tráfego que percorre a Via de Cintura Portuária Sul. No cenário base, assim como nos cenários onde não ocorre circulação ferroviária, não são registadas filas de espera. Esta dinâmica de tráfego é alterada com a circulação do comboio. Nestes cenários, prevendo a circulação de um comboio de mercadorias de 375 metros, identifica-se a formação de filas de espera com aproximadamente 18 metros no ano de 2030 e superiores a 20 metros em 2040. Com a circulação de comboios de 750 metros, as filas de espera agravam-se, apresentando extensões de aproximadamente 35 metros em 2030 e 40 metros em 2040 [Figura 15].

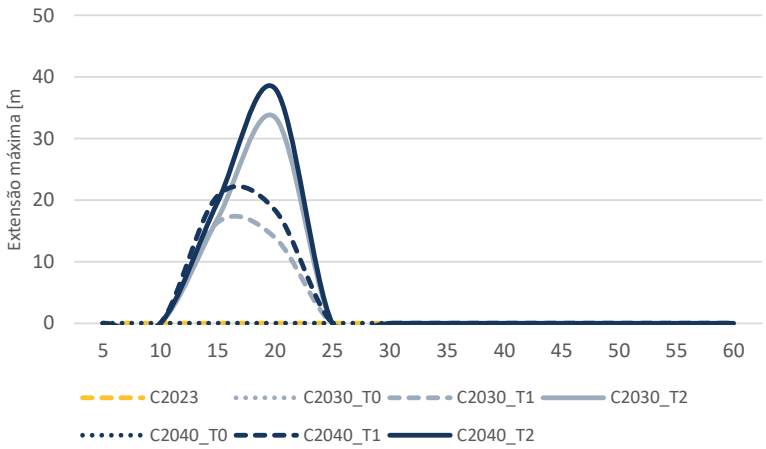


Figura 15 - Secção A2: extensão máxima de filas de espera ao longo da HP

A secção A3 diz respeito ao tráfego proveniente da Via de Cintura Portuária Norte. Para esta secção não são registadas filas de espera significativas, estimando-se extensões máximas de aproximadamente 10 metros para a totalidade dos cenários de análise [Figura 16].

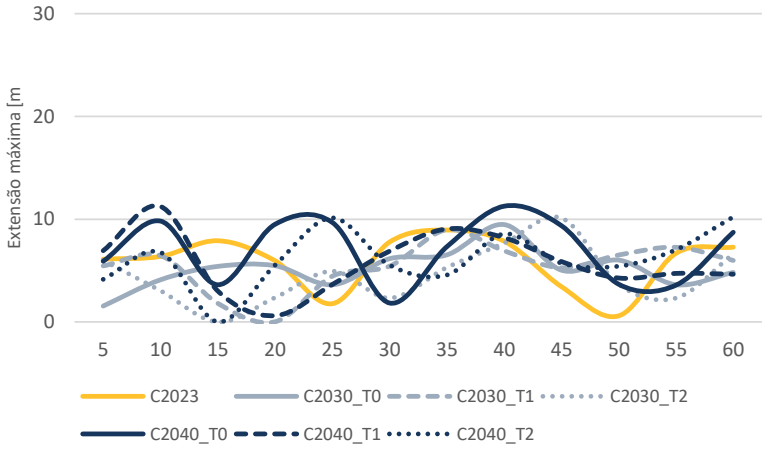


Figura 16 - Secção A3: extensão máxima de filas de espera ao longo da HP

5.2 TEMPOS DE PERCURSO

A avaliação dos tempos de percurso foi realizada para dois itinerários estratégicos na rede viária que correspondem aos trajetos entre o TCN e pontos de acesso do Porto de Leixões, conforme apresentado na figura e tabela seguintes.

Tabela 2 - Percursos em análise

Percurso	Início	Fim
P1	*Gates* de Entrada [S1]	TCN [S2]
P2	TCN [S2]	*Gates* de Saida [S1]

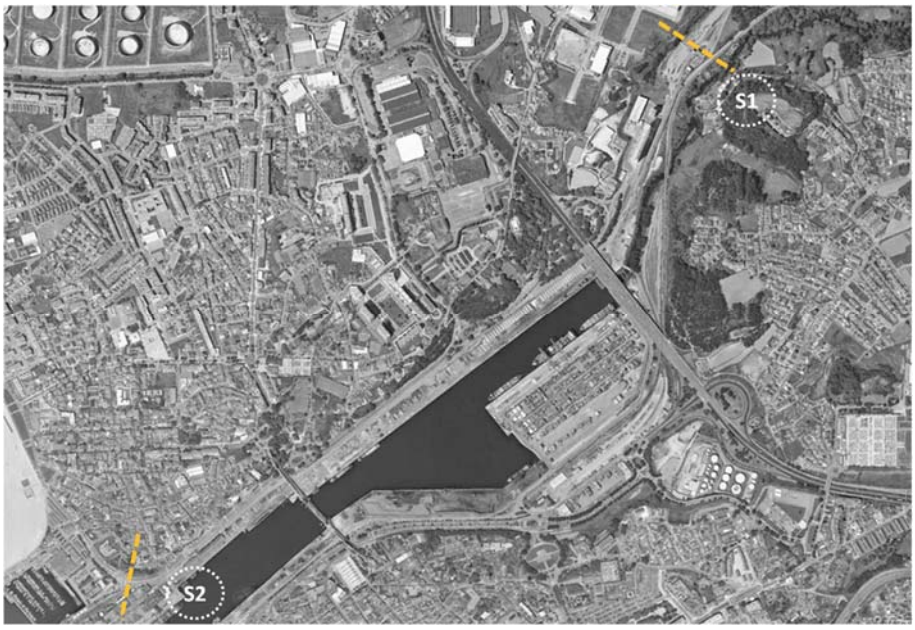


Figura 17 – Tempos de percurso: secções de início e fim

Para o percurso P1, entre os *gates* de entrada e o TCN, observa-se que os cenários que incluem a circulação do comboio de mercadorias de 750 metros apresentam tempos de percurso superiores podendo alcançar até 13 e 14 minutos nos anos de 2030 e 2040, respectivamente. Estes tempos comparam-se com uma média aproximada de 7 minutos para os cenários sem circulação ferroviária [Figura 18]. No percurso inverso, P2, a tendência mantém-se nos cenários com o comboio de 750 metros, onde os tempos de percurso pode atingir um máximo de 19 e 20 minutos para 2030 e 2040, respectivamente, em contraste com o tempo médio de aproximadamente 5 minutos dos cenários sem ferrovia [Figura 19].

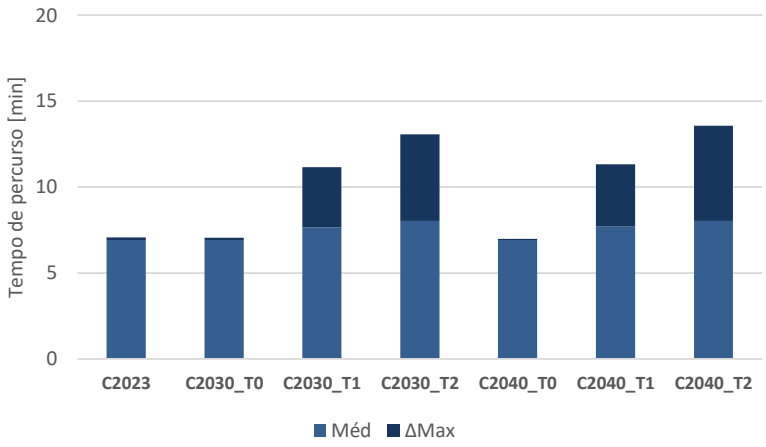


Figura 18 – Percurso P1: *gates* de entrada >> TCN

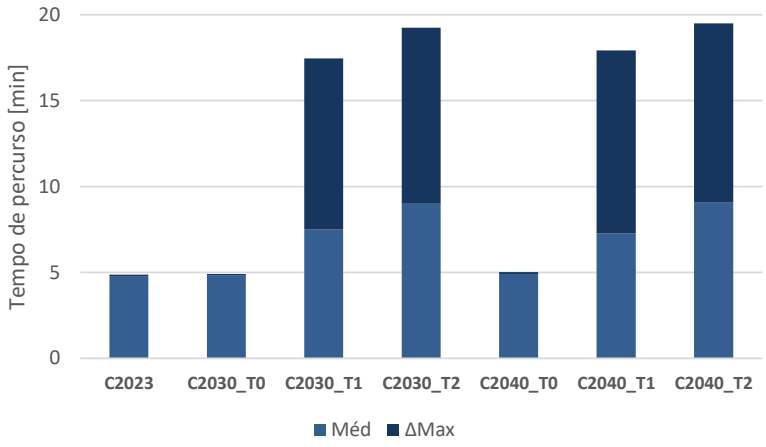


Figura 19 - Percurso P2: TCN >> *gates* de saída

5.3 *GATES* DE ACESSO

Foram ainda calculadas as extensões das filas de espera nos *gates* de acesso ao Porto de Leixões. Para o movimento de saída do porto foi considerada a utilização plena dos quatro *gates* atualmente em operação não sendo expectável a formação de filas de espera significativas para a totalidade dos cenários de análise [Figura 20].

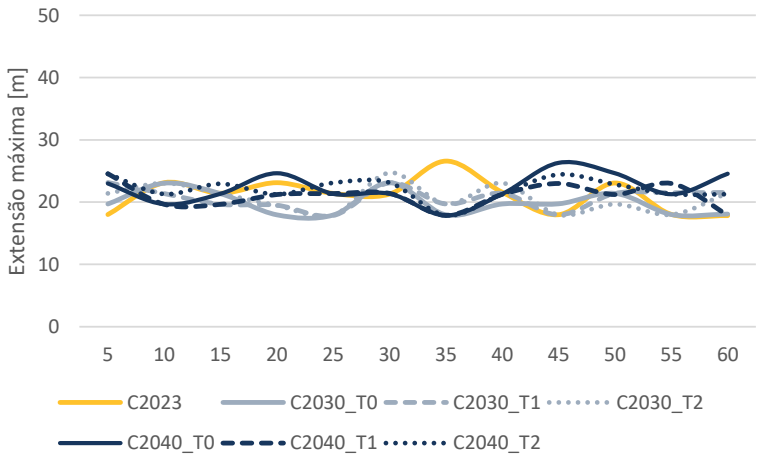


Figura 20 – *Gates* de saída: extensão das filas de espera ao longo da HP

Para os movimentos de entrada no porto foi considerada a utilização plena dos sete *gates* de entrada em operação, situação que já se verifica atualmente durante os horários críticos de atividade portuária. Dessa forma, assumindo a manutenção da capacidade e tempos de atendimento atuais, observa-se o aumento da extensão das filas de espera nos cenários futuros. Em particular, nos cenários de 2040, são estimadas filas que ultrapassam a canópia e poderão impactar o desempenho do viaduto a montante. Ainda assim, destaca-se o impacto positivo da transferência modal para a ferrovia com potencial para a redução destas filas de espera. Para este horizonte em concreto, pode ser necessário prever a ampliação da capacidade de atendimento nos *gates* de entrada, seja por meio da expansão do número de *gates* ou pela otimização dos tempos médios de atendimento [Figura 21].

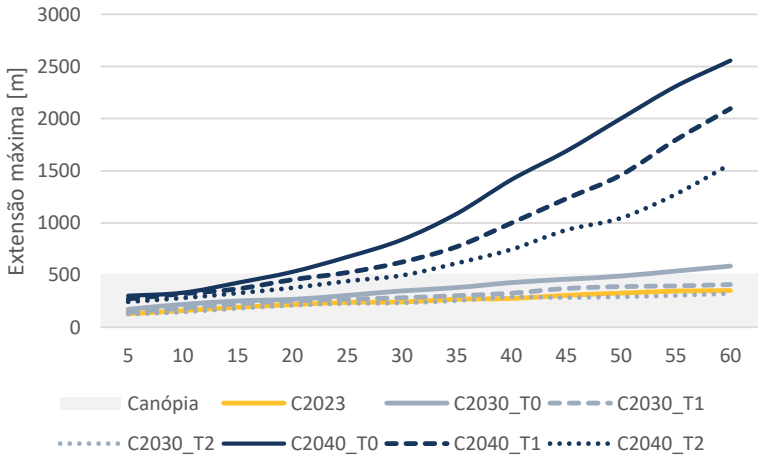


Figura 21 - *Gates* de entrada: extensão das filas de espera ao longo da HP

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo visou atender à solicitação da CONSULMAR para a realização de um Estudo de Microssimulação com o objetivo de avaliar o impacto da ampliação e reorganização do Terminal de Contentores Norte (TCN) na infraestrutura viária interna do Porto de Leixões.

Para caracterizar adequadamente a procura de tráfego na rede viária em análise, foi executada uma campanha de trabalhos de campo que decorreu no dia 28 de setembro de 2023, complementada por dados cedidos pela APDL, pertinentes aos movimentos de acesso ao Porto de Leixões e respetivos indicadores de desempenho.

O estudo assentou no desenvolvimento de um modelo de microssimulação *fit-for-purpose* no *software* PTV VISSIM que revelou um cenário onde a ampliação e reorganização do TCN podem ser catalisadores para melhorias significativas na eficiência do tráfego portuário, condicionadas pela implementação de estratégias adequadas de gestão de tráfego. A otimização dos processos nos *gates* de entrada e a adaptação das vias de acesso podem ser críticas para suportar o crescimento antecipado do volume de tráfego, evitando assim possíveis gargalos operacionais.

Foi constatado que as intervenções planeadas na rede viária e nas operações ferroviárias têm o potencial de influenciar significativamente os padrões de tráfego. Em particular, a circulação de comboios de mercadorias de maior comprimento exerce um efeito notável sobre os tempos de percurso e sobre as filas de espera nas secções e nos *gates* de acesso ao porto. Observou-se, também, que as estratégias de gestão atual são suficientes para o tráfego no curto prazo, mas poderão não acomodar eficientemente o aumento da procura antecipado para 2040.

A implementação de uma abordagem multimodal, em particular a transferência modal para a ferrovia, surgiu como uma estratégia promissora para aliviar a pressão sobre as infraestruturas rodoviárias. Esta transição não apenas tem o potencial de melhorar a eficiência do transporte de mercadorias mas também de reforçar a sustentabilidade do Porto de Leixões, em linha com procura crescente por alternativas de transporte mais verdes.

Lisboa
Ed. Central Plaza - Av. 25 de Abril de 1974, 23 - 2ºA
2795 - 197 Linda-a-Velha - Portugal
Tel. (+351) 21 415 96 00
Fax. (+351) 21 415 96 08
geral@vtm-global.com
www.vtm-global.com

Madrid
Edificio Cuzco III
Paseo de la Castellana, 135. Planta 6. Oficina 615
28046 Madrid - España
Móv. (+34) 654 647 121
geral@vtm-global.com
www.vtm-global.com

Milano
Galleria Vittorio Emanuele II
Via Mengoni 4
20121 Milano - Italia
Mobile (+39) 347 807 1144
geral@vtm-global.com
www.vtm-global.com

ANEXO VI

AVALIAÇÃO DE COMPATIBILIDADE DE LOCALIZAÇÃO

Devido à sua dimensão, o Anexo VI é apresentado em pasta autónoma.