

PASTA n°

68018/2016

Fls. 19

Rubrica: *mm*

Transpetro, órgão operacional responsável pela movimentação neste porto.

4. Em nosso procedimento para realização da Operação Piloto, todas as Autoridades envolvidas são convidadas para assistir o evento, e posteriormente, consultadas sobre a possibilidade de implementação da Operação Real. Inicialmente, a PETROBRAS possui a intenção de realizar a Operação Piloto apenas no PP1, com navios da Classe VLCC e Suezmax, e no PP4, um navio de porte médio (Classe Diva) e uma Embarcação de Apoio Marítimo (Supply Boat).

5. Diante do exposto, solicitamos a Autoridade Ambiental informar se existe alguma restrição, e/ou orientações, para prosseguirmos com a realização das "Operações Piloto".

6. Aproveitamos o ensejo para renovarmos os nossos préstimos de elevada estima e consideração.

Atenciosamente


Joselito Guerra de Andrade Camara
Gerente de Eficiência Operacional e Novas Operações

Joselito Câmara
Gerente de Eficiência
Operacional e Novas Operações
PETROBRAS/AB-LO/TM/EO
Matr.: 858219-2

Não há anexo(s)

PASTA n°

68018/2016

Fls.

20

Rubrica:

MOY



Tanque de Provas Numérico

Projeto

Análise de operação a contrabordo no Terminal Aquaviário de São Sebastião - SP (TEBAR)

RELATÓRIO 1: RESULTADOS DE AMARRAÇÃO



PETROBRAS

NOVEMBRO 2014



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



Universidade de São Paulo



Tanque de Provas Numérico

PASTA n°

68018/2016

Fls.

25

Rubrica:

mar

Projeto

Análise de operação a contrabordo no Terminal Aquaviário de
São Sebastião - SP (TEBAR)

RELATÓRIO 1: RESULTADOS DE AMARRAÇÃO

NOVEMBRO 2014



PETROBRAS

PARTICIPANTES



ARGONÁUTICA
ENGENHARIA E PESQUISAS



Tanque de Provas Numérico

PASTA n°

68018/2016

Fis. 22


Rubrica: mes

Projeto

Análise de operação a contrabordo no Terminal Aquaviário de São Sebastião - SP (TEBAR)

RESULTADOS DE AMARRAÇÃO

NOVEMBRO 2014

PROJETO						
Análise de operação a contrabordo no Terminal Aquaviário de São Sebastião - SP (TEBAR)						
	CÓDIGO DO RELATÓRIO			TÍTULO DO RELATÓRIO		
	RT1 - v2			RESULTADOS DE AMARRAÇÃO		
 PETROBRAS	CLIENTE	COORDENADOR CLIENTE	COORDENADOR TPN			
		Eng. Rodrigo Nunes de Oliveira	Prof. Dr. Eduardo Aoun Tannuri <i>Eduardo Aoun Tannuri</i> Coordenador do Projeto			
	EQUIPE ARGONAUTICA					
	Eng. Msc Felipe Ruggeri Eng. Guilherme Feitosa Rosetti Eng. Msc. Rodrigo Sauri Lavieri					
	ORIGINAL	REVISÃO A	REVISÃO B	REVISÃO C	REVISÃO D	REVISÃO E
DATA	13/08/2014	14/11/2014				
EXECUÇÃO	RSL	RSL				
VERIFICAÇÃO	EAT	EAT				
APROVAÇÃO	EAT	EAT				

Sumário

1. Introdução.....	6
2. Dados das embarcações.....	8
2.1. Coeficientes de Vento e Correnteza.....	9
3. Condições ambientais de simulação	14
3.1. Correnteza.....	14
3.2. Vento	16
3.3. Combinações Analisadas.....	18
4. Modelo de Amarração	19
4.1. Premissas e Critérios.....	19
4.2. Dados dos Cabos e Defensas.....	19
4.3. Arranjos de Amarração	27
5. Resultados: Condições Limite.....	31
5.1. VLCC-VLCC - PP1.....	32
5.2. VLCC-VLCC – PP1 (Ambos carregados).....	36
5.3. Suezmax-Suezmax - PP2.....	39
5.4. Suezmax-Suezmax - PP3.....	42
5.5. Suezmax-Suezmax-PP3 (Ambas Carregadas)	45
5.6. Aframax- Aframax - PP3	48
5.7. Panamax-Panamax - PP4.....	51
6. Resultados: Disponibilidade	55
6.1. VLCC-VLCC - PP1.....	55
6.1.1. Ambas Carregadas.....	56
6.2. Suezmax-Suezmax - PP2.....	58
6.3. Suezmax-Suezmax - PP3.....	59
6.3.1. Ambas Carregadas.....	61
6.4. Aframax- Aframax - PP3	62
6.5. Panamax-Panamax - PP4.....	63
7. Conclusões.....	66
8. Referências.....	68
9. Anexo.....	69

1. Introdução

O presente relatório faz parte dos estudos acerca da atracação a contra bordo no Terminal Aquaviário de São Sebastião, SP, Figura 1. Este documento em particular concentra-se nas análises de amarração. O terminal conta com 4 berços de atracação, dispostos 2 ao norte onde atracam embarcações de menor porte e 2 ao sul, preparado para atender navios de maior porte. Atualmente, o píer norte recebe embarcações das classes Panamax e Suezmax, enquanto o píer sul recebe embarcações do tipo VLCC no seu berço externo.



Figura 1 TEBIG (área de estudo) com uma embarcação tipo VLCC atracada no berço externo e outra do tipo Suezmax no berço interno

Planeja-se realizar a atracação a contrabordo em todos os berços, observando-se apenas o porte dos navios típicos de cada um. As combinações a serem estudadas são:

- Berço PP1 - 2 navios de classe VLCC
- Berço PP2 - 2 navios de classe Suezmax
- Berço PP3 - 2 navios de classe Suezmax
- Berço PP3 - 2 navios de classe Aframax
- Berço PP4 - 2 navios de classe Panamax

Em todos os casos, foram avaliadas as combinações *lastro-carregado* e *carregado-lastro*. Além destes, foram avaliadas as situações nas quais ambas as embarcações a contra bordo encontram-se carregadas, no PP1 e PP3.

As análises foram realizadas a partir de arranjos de linhas propostos com base nas recomendações OCIMF[1][2] e [3] e PIANC[5], observando-se práticas e limites seguros.

2. Dados das embarcações

A embarcação de menor porte empregada nas análises foi um representante da classe **Panamax**, cujas dimensões encontram-se resumidas na Tabela 3.

Tabela 1 – Dimensões principais – Navio Panamax - 59.335 TPB

	Lastro	Carregado
Deslocamento (ton)	18000	73000
Calado (m)	7,5	12,5
Comprimento total LOA (m)	207	
Comprimento entre perp. LBP (m)	196	
Boca (m)	32,2	
Pontal (m)	19,5	
Área Vélica Lateral (m ²)	3188,7	2189,0
Área Vélica Longitudinal (m ²)	988,0	825,0

Selecionou-se uma embarcação de porto intermediário, neste caso o **Aframax**.

Tabela 2 – Dimensões principais – Navio Aframax - 105.000 TPB

	Lastro	Carregado
Deslocamento (ton)	82000	145000
Calado (m)	8,0	15,1
Comprimento total LOA (m)	244,7	
Comprimento entre perp. LBP (m)	233,0	
Boca (m)	42	
Pontal (m)	22,5	
Área Vélica Lateral (m ²)	4557,5	2867,15
Área Vélica Longitudinal (m ²)	1101,7	971,5

Chamou-se **Navio Tipo Suezmax** a embarcação do porte e dimensões resumidas na Tabela 3.

Tabela 3 – Dimensões principais – Navio Suezmax - 140.000 TPB

	Lastro	Carregado
Deslocamento (ton)	95945	180570
Calado (m)	9,0	17,0
Comprimento total LOA (m)	274,5	
Comprimento entre perp. LBP (m)	264	
Boca (m)	48	
Pontal (m)	23,6	
Área Vélica Lateral (m ²)	4576,4	2058,0
Área Vélica Longitudinal (m ²)	1096,7	649,6

Da mesma forma, a maior embarcação foi identificada como **Navio Tipo VLCC** e seus dados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Dimensões principais – Navio VLCC - 260.000 TPB

	Lastro	Carregado
Deslocamento (ton)	134771	325225
Calado (m)	10,0	22,3
Comprimento total LOA (m)	326	
Comprimento entre perp. LBP (m)	313	
Boca (m)	56,6	
Pontal (m)	28,6	
Área Vélica Lateral (m ²)	7673,5	3744,5
Área Vélica Longitudinal (m ²)	1833,7	1132,5

2.1. Coeficientes de Vento e Correnteza

Além das dimensões apresentadas nas tabelas anteriores, é necessário conhecer as forças ambientais atuantes sobre as embarcações. Por se tratarem de forças de interação entre fluidos e estruturas, há dependência da geometria dos corpos, no caso dos navios, e esta dependência é traduzida na forma de coeficientes. Nos casos das forças de vento e correnteza, estes coeficientes são comumente obtidos através de ensaios em túnel de vento e tanque de reboque ou, mais recentemente, através de métodos numéricos (CFD - *Computational Fluid Dynamics*).

Neste estudo em particular, as avaliações dos esforços aero e hidrodinâmicos foram realizadas por meio de simulações de CFD, incorporando-se as duas embarcações e os efeitos de sombra entre elas.

Além da distinção entre condições de carregamento, os coeficientes de correnteza foram levantados para diversas incidências (ângulos relativos entre a embarcação e a correnteza) e para inúmeras folgas sob a quilha (UKC - *Under Keel Clearance*). Esta diferenciação é importante, pois os esforços de correnteza são bastante amplificados quando a folga sob a quilha é reduzida.

Foram adotadas profundidades distintas em cada um dos píeres, embora nestas áreas o fundo tenha sido assumido plano (áreas destacadas em vermelho na Figura 2), e com cota correspondente à profundidade mínima. Com base na Figura 2, foram adotados os valores:

- Berço PP1 - 26,3m
- Berço PP2 - 17,9m
- Berço PP3 - 20,0m
- Berço PP4 - 14,0m

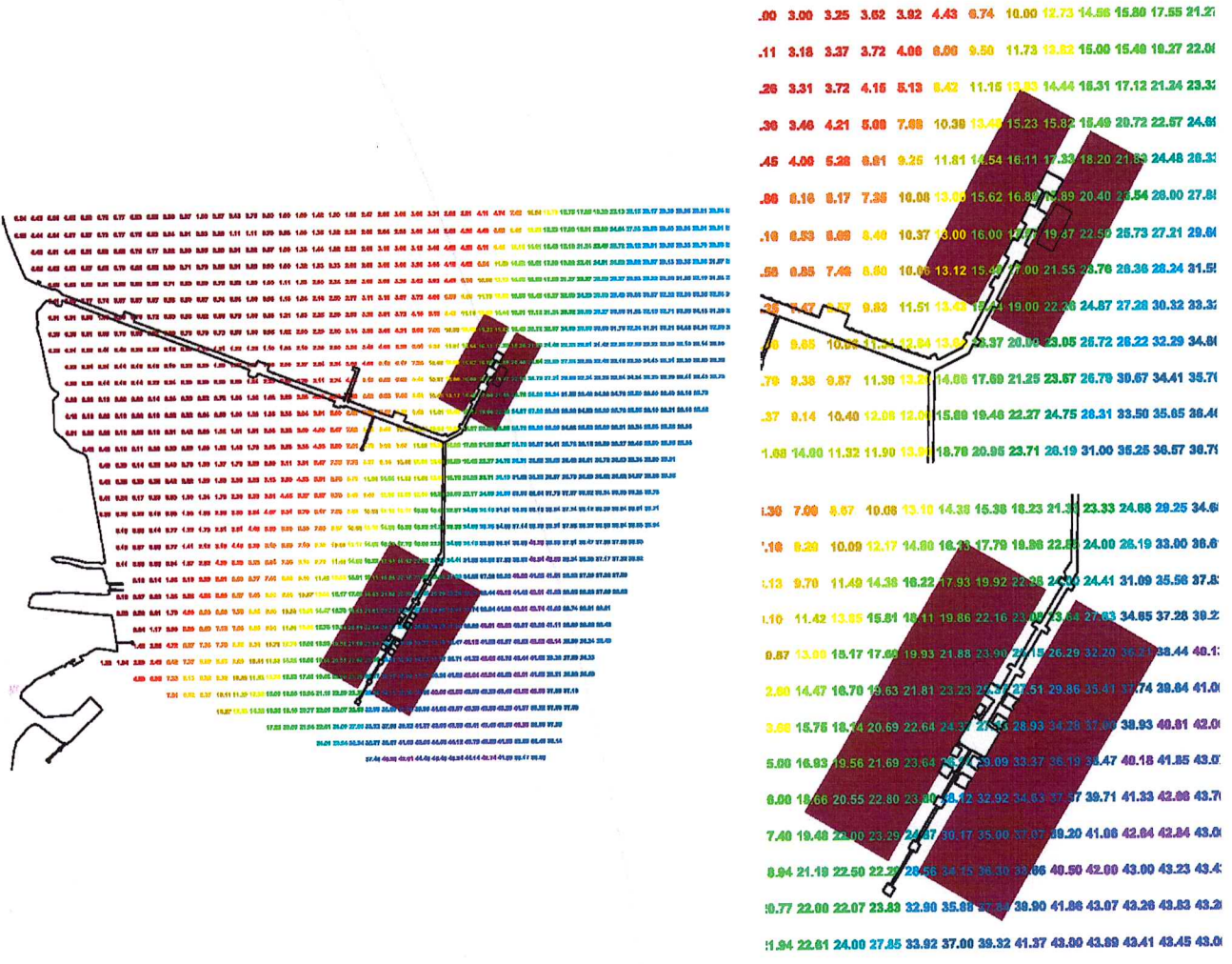


Figura 2 Profundidades aproximadas em cada um dos píeres

Com base neste valor foram calculados os coeficientes de folga sob a quilha e identificadas as respectivas curvas presentes na OCIMF, Tabela 5.

Tabela 5 – Curvas de correnteza consideradas

	T(m)	WD/T - PP1	WD/T - PP2	WD/T - PP3	WD/T - PP4
PANAMAX	7,50	3,51	2,39	2,67	1,87
PANAMAX	12,50	2,10	1,43	1,60	1,12
SUEZMAX L.	9,50	2,77	1,88	2,11	1,47
SUEZMAX C.	17,0	1,55	1,05	1,18	-
VLCC L.	10,60	2,48	1,69	1,89	1,32
VLCC C.	22,3	1,18	-	-	-

A primeira etapa da elaboração dos modelos de CFD consiste na construção das malhas computacionais. Neste processo uma região no entorno das embarcações (volume de controle) é discretizada, como mostra a Figura 3, em pequenos volumes nos quais as equações de balanço de quantidade de movimento e pressão serão resolvidas.

As simulações de vento, correspondente às partes emersas das embarcações, foram realizadas separadamente das simulações de correnteza. Na Figura 3 são apresentadas as duas malhas computacionais associadas a estes conjuntos de simulações.

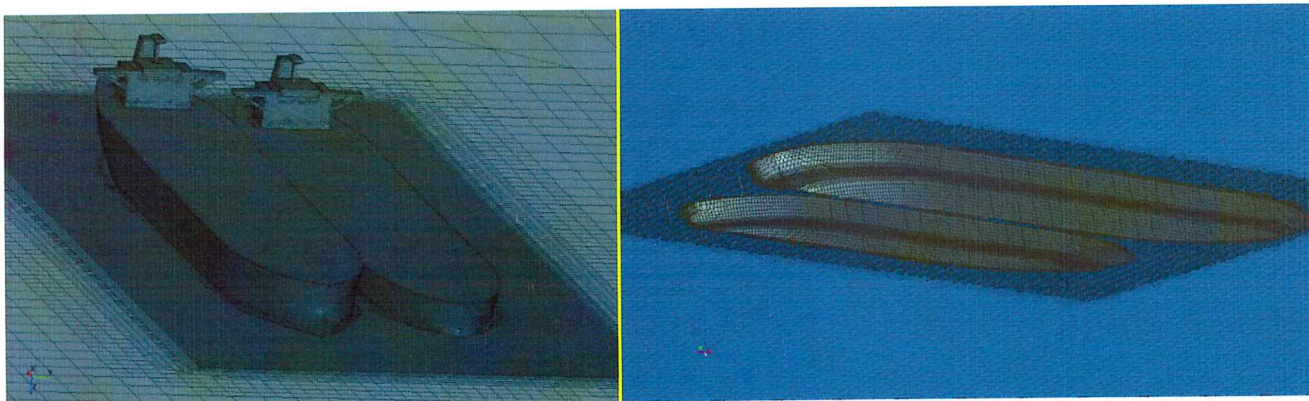


Figura 3 Malhas computacionais adotadas nas simulações de CFD das embarcações Suezmax. À esquerda a malha da parte emersa e à direita da parte submersa

As simulações de correnteza incorporaram o fundo para emular o efeito de águas rasas nos coeficientes hidrodinâmicos. Neste caso, adotaram-se as profundidades médias por berço apresentadas anteriormente.

As forças aero e hidrodinâmicas foram calculadas em ambas as embarcações para cada uma das configurações e para incidências ao longo dos 360°. A Figura 4 ilustra a variação das pressões aerodinâmicas sobre as embarcações conforme varia a incidência do vento no sentido anti-horário. Fica clara a importância do efeito de sombra uma vez que, para a incidência a 60° por boreste, a embarcação à esquerda apresenta áreas vermelhas reduzidas, associadas às pressões aerodinâmicas.

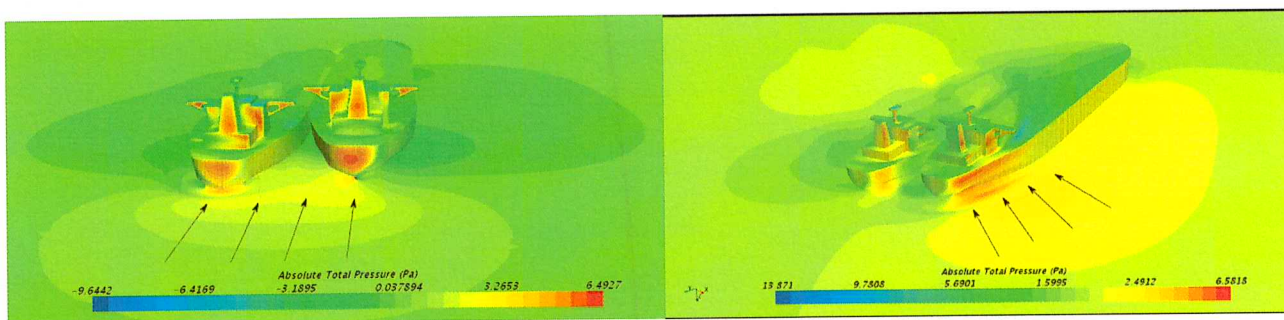


Figura 4 Campo de pressões sobre as embarcações para o arranjo Suezmax carregado e Suezmax em lastro. A figura da esquerda refere-se à incidência pela popa enquanto a da direita representa a incidência a 60° por boreste

A integral das pressões nos cascos produzem as forças, que foram adimensionalizadas empregando-se as expressões apresentadas no final deste item. Cada ângulo de incidência produz coeficientes associados às forças longitudinais (C_x), transversais (C_y) e de momento de guinada (C_m). A convenção de ângulos adotada na descrição dos coeficientes é ilustrada na figura a seguir.

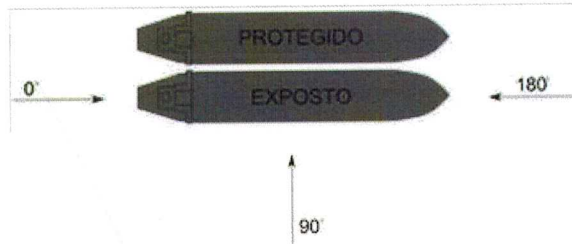


Figura 5 Orientação dos ângulos adotados no caso das simulações com embarcações iguais

Inicialmente são apresentados os resultados das simulações envolvendo as **duas embarcações iguais**, neste caso Suezmax.

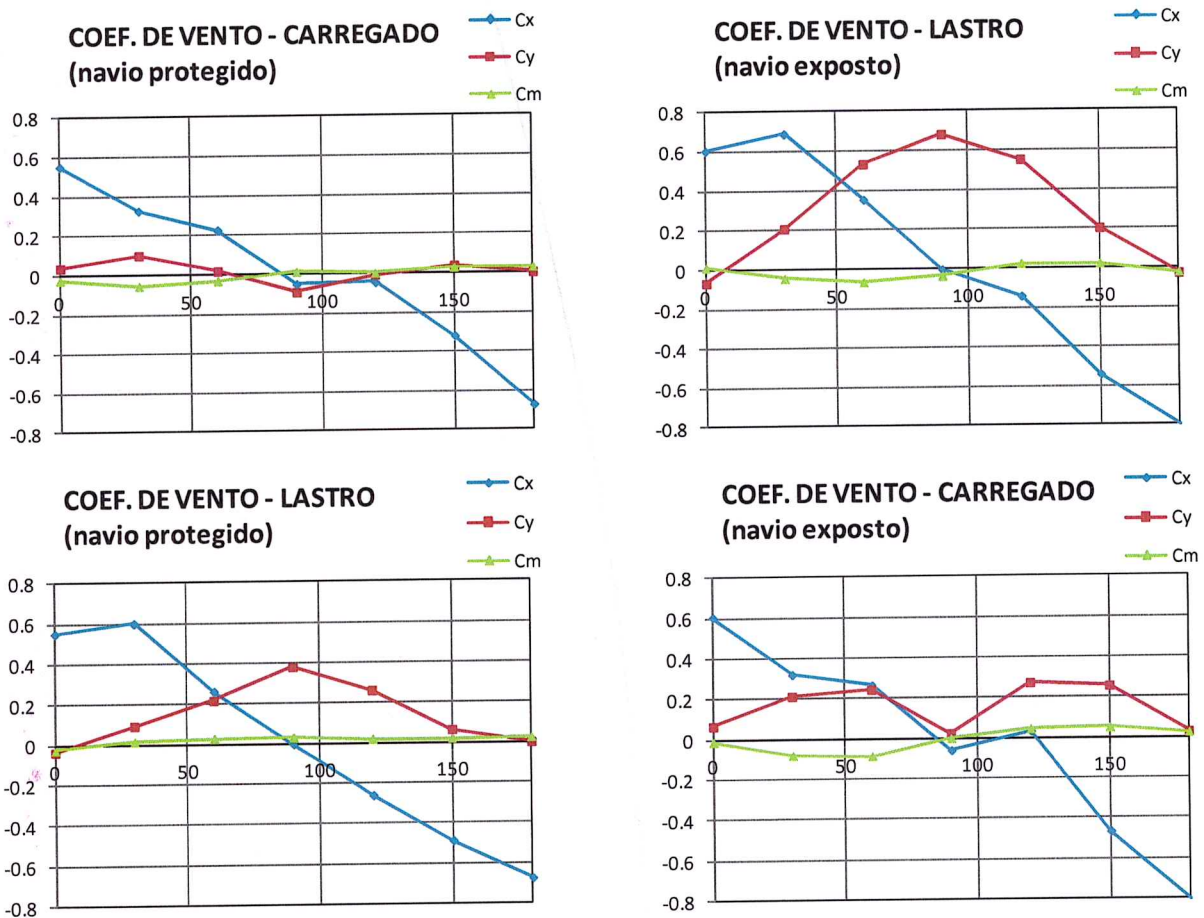


Figura 6 Coeficientes de vento para o arranjo Suezmax nas duas configurações estudadas

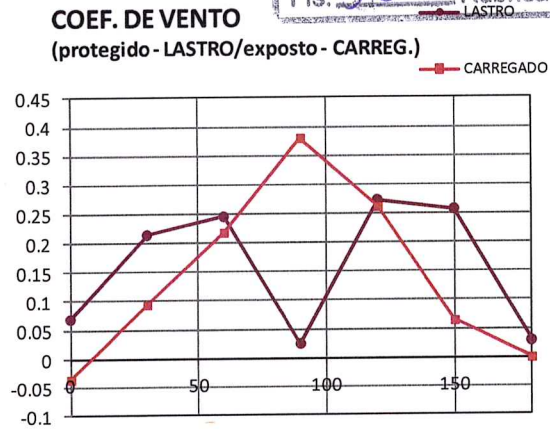
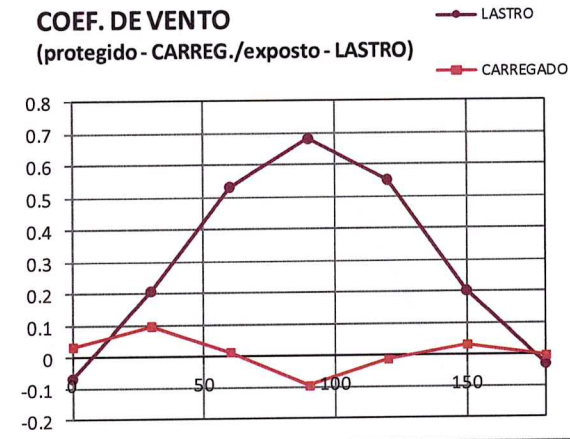


Figura 7 Comparação dos coeficientes de força transversal (C_y) de vento entre a embarcação exposta e protegida (sob o efeito de sombra) para ambas as configurações testadas

Para auxiliar a verificação dos resultados, os gráficos da Figura 7 comparam diretamente os coeficientes associados às forças transversais atuantes nas duas embarcações. Fica clara a expressiva redução nos coeficientes de vento da embarcação a sotavento (protegida), principalmente quando esta se encontra carregada e a de barlavento em lastro.

Onde :

F_v é a força de vento (N)

M_v é o momento produzido pelo vento (N)

F_c é a força produzida pela correnteza (N)

M_c é o momento produzido pela correnteza (N)

S é a área projetada lateral ou área projetada frontal de acordo com a incidência da força em questão (m^2)

V_v é a velocidade do vento (m/s)

V_c é a velocidade da correnteza (m/s)

ρ_{ar} é a densidade do ar (kg/m^3)

$\rho_{\acute{a}gua}$ é a densidade da água (kg/m^3)

T é o calado da embarcação

L é o comprimento da embarcação

$$\frac{F_v}{\frac{1}{2} \rho_{ar} V_v^2 S} = C_w$$

$$\frac{M_v}{\frac{1}{2} \rho_{ar} V_v^2 SL} = C_{mw}$$

$$\frac{F_c}{\frac{1}{2} \rho_{\acute{a}gua} V_c^2 TL} = C_c$$

$$\frac{M_c}{\frac{1}{2} \rho_{\acute{a}gua} V_c^2 TL^2} = C_{mc}$$

3. Condições ambientais de simulação

Inicialmente foram elencadas as condições ambientais críticas, provenientes do estudo hidrodinâmico do Canal de São Sebastião [4], anexado ao presente relatório. Estes valores máximos são empregados para obtenção das cargas máximas nas linhas e demais equipamentos da amarração, diferentemente do estudo de disponibilidade que utiliza registros dia a dia (frutos de simulação) que tendem a apresentar valores mais amenos de ventos e correnteza.

Por se tratarem de manobras particulares, as condições nas quais a atracação a contrabordo ocorrerá devem ser mais amenas que aquelas associadas às atracções convencionais. Sendo assim, estabeleceu-se apenas 1 ano como período para a seleção das condições críticas.

O estudo [4] forneceu tabelas relacionando intensidade e direção para alguns pontos do terminal e para as quatro estações do ano. A seguir, as principais tabelas são apresentadas e os casos selecionados são apresentados.

3.1. Correnteza

A partir de simulações numéricas calibradas com dados de medições locais, o estudo [4] apresentou a Tabela 10 associada ao período de outono, Tabela 11 associada ao inverno, Tabela 12 associada ao verão e Tabela 13 associada ao inverno. Cabe observar que foram levantados dados para 8 pontos distribuídos através dos 4 píeres, porém aqui são apresentados apenas os resultados referentes ao PP1 onde as intensidades da corrente são maiores.

Tabela 6 Distribuição de correntezas por direção e intensidade para o período de outono

Int\dir	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150	150-160	160-170	170-180	180-190	190-200	200-210	210-220	220-230	230-240	240-250	250-260	260-270	270-280	280-290	290-300	300-310	310-320	320-330	330-340	340-350	350-360	
0.00-0.10	0.45	0.77	0.59	0.91	1.18	2.13	1.81	1.09	1.9	0.23	0.86	0.72	0.82	0.59	0.54	0.77	0.72	1.68	0.68	1.27	1.59	1.36	0.86	0.95	0.72	0.59	0.5	0.05	0.45	0.32	0.23	0.27	0.09	0.18	0.27	0.86	
0.10-0.20	0.18	0.54	1.31	2.81	5.75	2.76	1.54	0.5	0.68	0.14	0.09	0.05	0	0.05	0.14	0.09	0.09	0.59	0.63	1.49	2.81	3.44	4.21	1.31	0.54	0.27	0.09	0.14	0.09	0	0	0	0.05	0	0	0.14	
0.20-0.30	0.09	0.14	0.72	2.67	5.03	1.36	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.32	1.45	3.71	3.85	0.41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.14
0.30-0.40	0.05	0.14	0.18	1.63	3.8	0.32	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.27	2.04	1.77	0.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.40-0.50	0	0	0	0.72	2.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.27	2.04	1.77	0.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.50-0.60	0	0	0	0.14	1.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.27	2.04	1.77	0.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.60-0.70	0	0	0	0.09	0.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.18	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.70-0.80	0	0	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.80-0.90	0	0	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.90-1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.00-1.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.10-1.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.20-1.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.30-1.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.40-1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.50-1.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.60-1.70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.70-1.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0.77	1.59	2.8	8.97	19.5	6.57	3.45	1.59	2.58	0.37	0.95	0.77	0.82	0.64	0.68	0.86	0.81	2.27	1.31	3.08	6.17	12	12.4	2.9	1.26	0.86	0.59	0.19	0.54	0.32	0.23	0.27	0.14	0.18	0.27	1.32	

Tabela 7 Distribuição de correntezas por direção e intensidade para o período de inverno

Int\dir	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150	150-160	160-170	170-180	180-190	190-200	200-210	210-220	220-230	230-240	240-250	250-260	260-270	270-280	280-290	290-300	300-310	310-320	320-330	330-340	340-350	350-360	
0.00-0.10	0.41	0.36	0.54	0.77	1.09	1.4	1.45	0.72	1.59	0.32	0.5	0.23	0.32	0.59	0.41	0.5	0.63	1.59	0.54	1.04	1.18	1.04	1.13	0.91	0.95	0.36	0.63	0.14	0.32	0.36	0.23	0.32	0.14	0.18	0.32	1.36	
0.10-0.20	0.09	0.41	0.77	1.72	3.62	2.54	0.91	0.32	0.23	0	0.05	0.05	0.09	0.09	0	0	0.09	0.5	0.72	1.81	2.17	3.8	3.99	1.77	0.36	0.23	0.14	0	0	0.05	0	0.05	0.14	0.05	0.09	0.27	
0.20-0.30	0	0.18	0.86	2.22	3.4	1.31	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0.05	0.23	1.77	4.71	4.3	0.72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.30-0.40	0	0	0.23	1.77	3.53	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.54	3.76	4.53	0.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.40-0.50	0	0	0	0.54	2.54	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05	2.08	2.13	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.50-0.60	0	0	0.05	0.23	2.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.36	0.72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.60-0.70	0	0	0	0.23	1.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.14	0.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.70-0.80	0	0	0	0.05	0.68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.80-0.90	0	0	0	0	0.32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.90-1.00	0	0	0	0	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.00-1.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.10-1.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.20-1.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.30-1.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.40-1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.50-1.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.60-1.70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.70-1.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0.5	0.95	2.45	7.53	18.4	5.48	2.45	1.04	1.82	0.32	0.55	0.28	0.41	0.68	0.41	0.5	0.72	2.14	1.31	3.08	5.71	16	17	3.72	1.31	0.59	0.77	0.14	0.32	0.41	0.23	0.37	0.28	0.23	0.41	1.63	

Tabela 8 Distribuição de correntezas por direção e intensidade para o período de primavera

Int\dir	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150	150-160	160-170	170-180	180-190	190-200	200-210	210-220	220-230	230-240	240-250	250-260	260-270	270-280	280-290	290-300	300-310	310-320	320-330	330-340	340-350	350-360	
0.00-0.10	0.05	0.46	0.32	0.69	0.64	0.78	0.87	0.55	1.1	0.05	0.5	0.27	0.64	0.5	0.37	0.73	0.5	1.56	0.5	1.19	1.42	1.28	1.05	0.64	0.78	0.5	0.55	0.05	0.09	0.27	0.23	0.27	0.18	0.32	0.5	0.73	
0.10-0.20	0.32	0.32	1.33	1.83	2.15	1.51	0.6	0.27	0.27	0	0.05	0.14	0.05	0	0	0	0.14	0.55	0.82	1.24	2.88	3.53	3.25	1.97	0.87	0.18	0.37	0.09	0.05	0.05	0	0.05	0	0	0	0.09	
0.20-0.30	0.09	0.14	0.41	2.38	3.02	0.78	0.05	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0.27	1.97	5.45	5.4	0.96	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.30-0.40	0	0.05	0.05	1.14	2.56	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.55	4.67	4.85	0.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.40-0.50	0	0	0.05	0.82	1.92	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	3.8	3.66	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.50-0.60	0	0	0	0.27	0.92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05	1.69	2.47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.60-0.70	0	0	0	0	0.73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.46	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.70-0.80	0	0	0	0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.80-0.90	0	0	0	0	0.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.90-1.00	0	0	0	0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.00-1.10	0	0	0	0	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.10-1.20	0	0	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.20-1.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.30-1.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.40-1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.50-1.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.60-1.70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.70-1.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0.46	0.97	2.16	7.13	12.8	3.39	1.52	0.87	1.37	0.05	0.55	0.41	0.69	0.5	0.37	0.73	0.64	2.11	1.37	2.7	6.96	20.9	21.3	3.8	1.7	0.68	0.92	0.14	0.14	0.32	0.23	0.32	0.18	0.32	0.5	0.82	

Tabela 9 Distribuição de correntezas por direção e intensidade para o período de verão

Int\dir	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150	150-160	160-170	170-180	180-190	190-200	200-210	210-220	220-230	230-240	240-250	250-260	260-270	270-280	280-290	290-300	300-310	310-320	320-330	330-340	340-350	350-360
0.00-0.10	0.19	0.23	1.02	0.65	1.2	1.16	1.57	1.11	1.48	0.42	0.88	0.56	0.6	0.46	0.65	0.65	1.11	2.13	0.65	0.97	1.2	1.44	1.48	0.51	0.74	0.28	0.6	0.05	0.28	0.09	0.23	0.19	0.14	0.37	0.42	0.74
0.10-0.20	0.42	0.51	1.57	2.59	5.32	4.21	1.44	0.79	0.23	0.05	0.14	0.05	0	0.05	0.09																					

Visando a determinação de casos críticos, o conjunto de correntezas mais intensas foi selecionado para ser posteriormente combinado aos ventos de maior intensidade. Os conjuntos de interesse em cada estação foram identificados em vermelho nas tabelas e, como pode ser visto, além de corresponderem às maiores intensidades, estão associados as maiores frequências, identificadas na última linha de cada tabela. Os quatro casos de correnteza foram estudados:

- 25° (NNE) com intensidade 0,65m/s (aprox. 1,3nós)
- 35° (NE) com intensidade 0,90m/s (aprox. 1,8nós)
- 45° (NE) com intensidade 1,20m/s (aprox. 2,4nós)
- 205° (SSW) com intensidade 0,60m/s (aprox. 1,2nós)
- 215° (SW) com intensidade 0,80m/s (aprox. 1,6nós)
- 225° (SW) com intensidade 0,90m/s (aprox. 1,8nós)

Nota-se que alguns valores são superiores aos máximos apresentados nas tabelas, nestes casos foram aplicadas correções para que o valor corresponda ao período de retorno de 1 ano.

3.2. Vento

Os ventos, assim como as correntezas, foram extraídos de [4] e são apresentados na Tabela 10, Tabela 11, Tabela 12 e Tabela 13. Os mesmos critérios para a seleção das condições críticas foram aplicados para os ventos e encontram-se destacadas nas tabelas abaixo.

Tabela 10 Distribuição de ventos por direção e intensidade para o período de outono

int.\dir	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150	150-160	160-170	170-180	180-190	190-200	200-210	210-220	220-230	230-240	240-250	250-260	260-270	270-280	280-290	290-300	300-310	310-320	320-330	330-340	340-350	350-360		
0-2	0	0	0,06	0,66	1,27	1,05	0,66	0,66	0,5	0,64	0,5	0,22	0,5	0,41	0,36	0,41	0,47	0,5	0,47	0,69	0,61	0,61	0,5	0,83	0,97	0,75	0,88	1,19	1,05	0,44	0,3	0,06	0,08	0,14	0,06	0,03		
2-4	0	0	0,33	2,49	4,28	4,67	3,56	2,74	1,3	0,86	0,33	0,33	0,08	0,08	0,11	0,22	0,03	0,22	0,17	0,14	0,22	0,25	0,5	0,5	0,75	2,4	2,49	1,63	0,75	0,28	0,08	0,11	0	0,03	0	0		
4-6	0	0	0	0,28	1,19	2,18	2,43	3,84	3,29	0,91	0,41	0	0	0	0,03	0,03	0,08	0	0	0,06	0,03	0,19	0,33	0,75	3,23	2,71	0,33	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0		
6-8	0	0	0	0,03	1,38	0,99	0,91	1,33	2,74	0,99	0,44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,11	0,66	2,79	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8-10	0	0	0	0	0,17	0,66	0,22	0,14	1,8	0,53	0,22	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,44	2,9	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	
10-12	0	0	0	0	0,28	0,14	0	0	0,17	0,08	0,11	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0	0,11	1,82	0,47	0	0	0	0	0	0	0	0	
12-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0,03	0,91	0,19	0	0	0	0	0	0	0	0	
14-16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0	0	0,39	3,45	8,57	9,7	7,79	8,7	9,78	4,01	2,02	0,77	0,58	0,5	0,5	0,66	0,58	0,72	0,64	0,83	0,88	0,91	1,22	1,77	3,7	14,9	9,06	3,15	1,85	0,72	0,39	0,17	0,08	0,17	0,06	0,06		

Tabela 11 Distribuição de ventos por direção e intensidade para o período de inverno

int.\dir	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150	150-160	160-170	170-180	180-190	190-200	200-210	210-220	220-230	230-240	240-250	250-260	260-270	270-280	280-290	290-300	300-310	310-320	320-330	330-340	340-350	350-360			
0-2	0	0	0,37	0,48	0,57	0,6	0,46	0,41	0,23	0,34	0,21	0,34	0,16	0,25	0,16	0,39	0,34	0,34	0,28	0,3	0,34	0,37	0,48	0,69	0,8	0,71	1,24	1,15	1,1	0,69	0,18	0,07	0,11	0	0,02	0,07			
2-4	0	0,02	0,28	0,99	1,97	2,39	2,94	2,8	1,42	0,76	0,23	0,18	0,05	0,07	0,07	0,09	0,16	0,09	0,09	0,09	0,14	0,14	0,23	0,55	1,03	2,62	2,06	1,19	0,67	0,18	0,02	0,02	0,02	0	0,02	0,05			
4-6	0	0	0	0,48	1,88	2,94	3,17	3,62	3,95	1,33	0,41	0,14	0,02	0,02	0	0,07	0,02	0	0	0	0,05	0,05	0,18	0,14	0,62	2,96	1,74	0,18	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6-8	0	0	0	0,16	1,95	2	1,47	1,72	3,26	0,67	0,46	0,07	0	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,02	0,14	0,6	3,83	1,54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8-10	0	0	0	0,02	1,56	0,8	0,25	0,41	2,09	1,06	0,16	0	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,05	0,18	0,55	2,55	1,19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10-12	0	0	0	0	0,71	0,39	0,05	0	0,62	0,41	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,41	1,84	0,62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12-14	0	0	0	0	0,09	0,02	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,05	1,61	0,32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14-16	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,78	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0	0,02	0,64	2,13	8,76	9,13	8,93	8,97	11,6	4,57	1,51	0,73	0,25	0,34	0,25	0,55	0,53	0,44	0,37	0,39	0,53	0,6	0,96	1,74	4,08	17,3	8,95	2,52	1,77	0,87	0,21	0,09	0,14	0	0,05	0,11			

Tabela 12 Distribuição de ventos por direção e intensidade para o período de primavera

Int.\dir	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150	150-160	160-170	170-180	180-190	190-200	200-210	210-220	220-230	230-240	240-250	250-260	260-270	270-280	280-290	290-300	300-310	310-320	320-330	330-340	340-350	350-360		
0-2	0	0.03	0.22	0.51	0.41	0.95	0.67	0.92	0.25	0.32	0.57	0.41	0.25	0.48	0.32	0.41	0.63	0.57	0.73	0.32	0.48	0.48	0.57	0.76	0.76	0.92	0.63	1.24	1.14	0.6	0.35	0	0.03	0.1	0.06	0		
2-4	0	0	0.29	1.17	2.06	1.94	2.35	1.78	1.37	0.63	0.32	0.22	0.16	0.13	0.22	0.1	0.1	0.13	0.13	0.22	0.19	0.19	0.22	0.76	0.89	2.06	2.06	1.21	0.25	0.22	0.03	0	0.03	0	0.03	0		
4-6	0	0	0	0.44	1.84	2.35	2.44	3.27	2.63	0.95	0.29	0.1	0.03	0.03	0	0	0.03	0.03	0.06	0	0.06	0.19	0.16	0.16	0.79	3.14	2.57	0.54	0.1	0.03	0.03	0	0	0	0	0		
6-8	0	0	0	0.06	1.78	3.08	2.13	2.19	3.24	1.02	0.35	0.03	0	0.03	0	0	0	0	0	0	0.03	0.03	0.1	0	0.16	0.44	3.08	1.81	0.16	0	0	0	0	0	0	0		
8-10	0	0	0	0	0.83	1.59	0.98	1.02	2.44	0.63	0.13	0.06	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03	0	0	0.25	1.37	1.17	0.03	0	0	0	0	0	0	0		
10-12	0	0	0	0	0.32	0.44	0.16	0.29	1.33	0.48	0.22	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	1.08	0.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12-14	0	0	0	0	0.38	0.29	0.03	0	0.41	0.1	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03	0.51	1.17	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	
14-16	0	0	0	0	0.03	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	
18-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0	0.03	0.51	2.19	7.65	10.7	8.76	9.46	11.7	4.13	2	0.89	0.48	0.67	0.54	0.51	0.76	0.73	0.92	0.57	0.76	0.98	0.95	1.84	3.27	12.6	9.17	3.17	1.49	0.89	0.6	0.03	0.03	0.13	0.06	0.03		

Tabela 13 Distribuição de ventos por direção e intensidade para o período de verão

Int.\dir	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150	150-160	160-170	170-180	180-190	190-200	200-210	210-220	220-230	230-240	240-250	250-260	260-270	270-280	280-290	290-300	300-310	310-320	320-330	330-340	340-350	350-360		
0-2	0	0	0.21	0.31	0.84	0.86	0.76	0.55	0.55	0.29	0.29	0.29	0.24	0.42	0.44	0.37	0.47	0.31	0.5	0.42	0.52	0.57	0.71	0.76	0.78	0.84	0.47	0.68	0.71	0.47	0.24	0.05	0	0.08	0.03	0.1		
2-4	0	0	0.52	2.19	3.16	3.68	3.24	3.03	1.8	0.84	0.57	0.57	0.18	0.16	0.1	0.26	0.16	0.16	0.13	0.16	0.13	0.29	0.13	0.47	1.04	2.43	1.99	1.15	0.39	0.24	0.03	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03		
4-6	0	0	0.03	0.21	1.33	2.66	2.82	3.08	3.97	1.31	0.42	0.05	0.03	0.08	0	0	0	0.08	0.03	0	0.1	0.03	0.05	0.1	0.24	0.47	3.24	2.85	0.18	0.03	0	0	0	0	0.03	0	0	
6-8	0	0	0	0.03	1.15	2.09	1.41	1.44	3.87	1.75	0.42	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0.03	0	0.03	0.03	0.05	0.1	0.34	3.11	2.48	0.08	0.03	0	0	0	0	0	0	0	
8-10	0	0	0	0	1.25	1.44	0.71	0.39	1.8	0.91	0.26	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	1.1	1.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10-12	0	0	0	0	0.42	0.52	0.08	0.03	0.37	0.21	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03	0	0	0.1	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-14	0	0	0	0	0.34	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-16	0	0	0	0	0.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0	0	0.76	2.74	8.67	11.4	9.01	8.52	12.4	5.3	2.01	0.97	0.44	0.68	0.55	0.63	0.73	0.5	0.63	0.71	0.68	0.97	0.99	1.57	2.74	11.3	10.1	2.09	1.15	0.71	0.26	0.1	0.05	0.13	0.05	0.13		

Um maior número de casos foi selecionado pois os ventos apresentam maior dispersão do ponto de vista da intensidade e da direção. Foram selecionados 17 casos:

- 35° (NE) com intensidade 10m/s (aprox. 20 nós)
- 45° (NE) com intensidade 16m/s (aprox. 32 nós)
- 55° (NE) com intensidade 16m/s (aprox. 32 nós)
- 65° (NNE) com intensidade 14m/s (aprox. 28 nós)
- 75° (NNE) com intensidade 12m/s (aprox. 24 nós)
- 85° (E) com intensidade 14m/s (aprox. 28 nós)
- 95° (E) com intensidade 14m/s (aprox. 28 nós)
- 105° (E) com intensidade 14m/s (aprox. 28 nós)
- 115° (ESE) com intensidade 12m/s (aprox. 24 nós)
- 215° (SSW) com intensidade 14m/s (aprox. 14 nós)
- 225° (SW) com intensidade 10m/s (aprox. 20 nós)
- 235° (SW) com intensidade 14m/s (aprox. 28 nós)
- 245° (WSW) com intensidade 16m/s (aprox. 16 nós)
- 255° (WSW) com intensidade 20m/s (aprox. 40 nós)
- 265° (W) com intensidade 20m/s (aprox. 40 nós)
- 275° (W) com intensidade 10m/s (aprox. 20 nós)
- 285° (WNW) com intensidade 10m/s (aprox. 20 nós)

Neste caso os valores da tabela não foram modificados por já estarem associados ao período de retorno anual.

3.3. Combinações Analisadas

Não tendo sido analisadas correlações diretas entre os três agentes ambientais considerados, foram avaliadas todas as possíveis combinações, totalizando neste caso **106 casos** (6 correntes x 17 ventos).

Cada uma das situações envolvendo combinação de embarcações, píer e calados, foi simulada para as 106 condições ambientais destacadas e os resultados gerais são apresentados na seção 5.

4. Modelo de Amarração

Neste tópico são apresentados os arranjos propostos para as simulações de amarração, assim como os critérios empregados na análise dos resultados. Para garantir a generalidade das análises, foram adotados navios tipo de cada classe com equipamentos de amarração de menor capacidade ou mais escassos.

4.1. Premissas e Critérios

As análises visam a avaliação da viabilidade das manobras a contrabordo e, desta forma, os modelos numéricos foram construídos observando as boas práticas internacionais, consolidadas em guias como OCIMF e PIANC. Da mesma forma e em favor da segurança, os arranjos propostos neste trabalho podem diferir dos praticados atualmente no terminal.

As principais premissas adotadas foram:

- Mesmo material em todas as linhas (aço e calabrotes).
- Linhas com funções análogas devem possuir comprimentos e disposições similares.
- Todas as linhas partem do sarilho dos guinchos e por isso são pré-tracionadas adequadamente (não são empregadas linhas tracionadas por meio do tambor e presas a cabeços). Consequentemente, o número de linhas limita-se ao número de sarilhos nos guinchos a bordo.
- Apenas uma linha é presa a cada unha do gato de desengate rápido (deferentemente do que pode-se ver na Figura 8). O uso de gatos é preferível ao uso de cabeços para garantir a solidariedade do conjunto de linhas.
- Durante a atracação a contrabordo o navio adjacente ao píer dedica todo seu equipamento para a atracação em terra enquanto a embarcação externa emprega seus guinchos para amarrar-se ao navio interno.

Os principais critérios de projeto neste caso referem-se aos limites de tração nas linhas e compressão nas defensas. Neste caso, a Tabela 14 apresenta os principais limites com relação ao MBL (*Minimum Breaking Load*).

Tabela 14 - Principais limites relacionados às linhas

Pré-tração adotada	Tração máxima de trabalho - SWL (OCIMF)	Tração - freio dos guinchos (OCIMF)
10% a 20% do MBL	55% do MBL	60% do MBL

4.2. Dados dos Cabos e Defensas

Para a acostagem entre VLCCs, foram adotados cabos de aço, com 42mm de diâmetro associadas a calabrotes de 11m de nylon (poliamida) com 92mm de diâmetro. Este é o tipo de cabo padrão empregadas no terminal por embarcações da classe VLCC, como mostra a Figura 8.



Figura 8 Cabos de aço de 42mm com calabotes empregadas no TEBAR para amarrar uma embarcação do tipo VLCC.

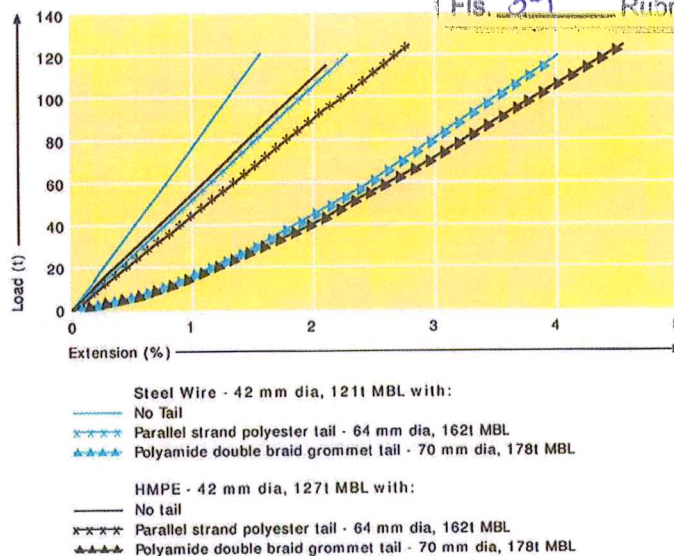


Figura 9 Modificação da rigidez introduzida pelo calabrote

A presença do calabrote atribui maior elasticidade ao conjunto, como mostra a Figura 9 extraída de [1], além de facilitar a manipulação da linha pela equipe de terra.

O MBL adotado para os cabos de aço refere-se ao trecho menos resistente que neste caso é o aço. O valor adotado e os critérios apresentados anteriormente em valores absolutos são consolidados na Tabela 14.

Tabela 15 - Principais limites relacionados aos cabos do VLCC

MBL	Pré-tração	Tração máxima de trabalho - SWL (OCIMF)	Tração - freio dos guinchos (OCIMF)
1187kN	118,7kN a 180,0kN	652,8kN	712,2kN
121tf	12,1tf a 18,3tf	66,5tf	72,6tf

As embarcações de menor porte são equipadas com cabos de menor diâmetro assim como guinchos de menor capacidade. Neste caso, adotou-se para as demais classes cabos de aço com 32mm de diâmetro nominal e calabotes de poliamida com 72mm. Os limites associados a estes cabos são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 - Principais limites relacionados aos cabos do Suezmax, Aframax e Panamax

MBL	Pré-tração	Tração máxima de trabalho - SWL (OCIMF)	Tração - freio dos guinchos (OCIMF)
715kN	71,5kN a 143,0kN	393,2kN	429,0kN
72,9tf	7,3tf a 14,6,1tf	40,0tf	43,7tf

Tendo em vista o comprimento fixo dos calabotes, surgem diferenças nas razões aço/nylon entre os cabos. Para calcular a rigidez exata em cada caso, foram adotadas as propriedades individuais de cada material, apresentadas na Figura 10.

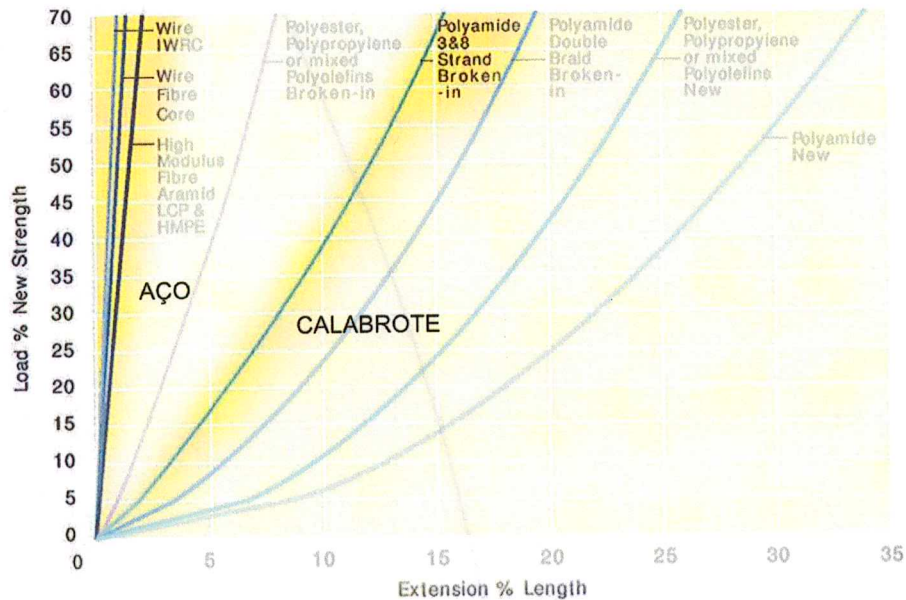


Figura 10 Curvas de tração x deformação de linhas de materiais distintos [1].

Neste caso a rigidez equivalente é calculada através de um arranjo de molas em série. Finalmente, cabe observar que os comprimentos totais são calculados considerando o trecho de cabo no convés da embarcação, ou seja, assume-se que buzinhas e roletas não modificam a rigidez do cabo.

O píer conta com defesas do tipo Pi, ilustrada na Figura 11, fixas sobre uma estrutura de sacrifício e equipadas com um escudo de aço. Cada um dos berços conta com um conjunto distinto de defensas cujas características são descritas da Figura 12 a Figura 17.



Figura 11 Defensas tipo Pi instaladas no PP4

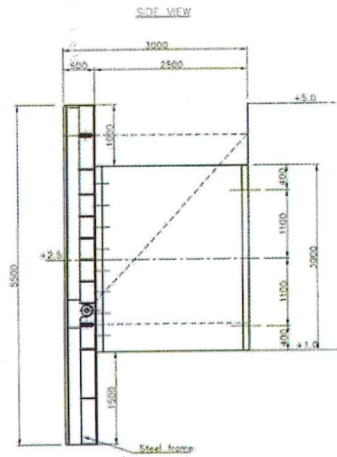
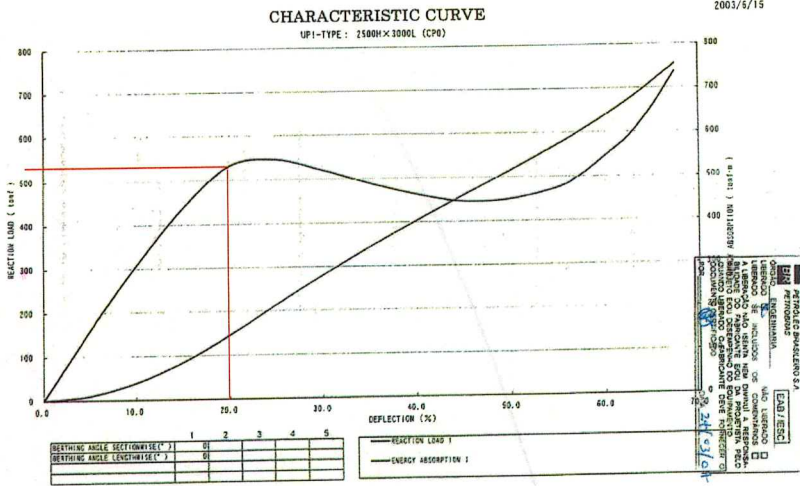


Figura 12 (Esquerda) Curvas de reação e energia das defensas presentes nos dolfinos 5 e 10 do pier 1. (Direita) dimensões da defesa

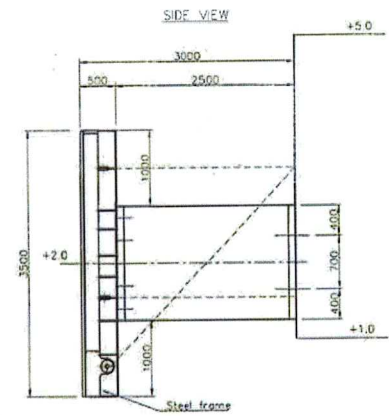
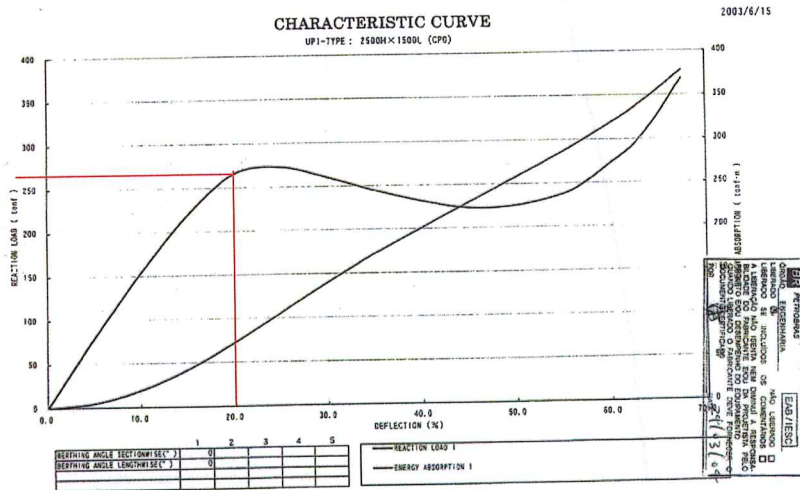


Figura 13(Esquerda) Curvas de reação e energia das defensas presentes nos dolfinos 6 e 9 do pier 1. (Direita) dimensões da defesa

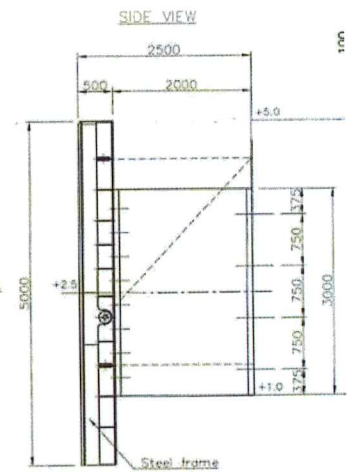
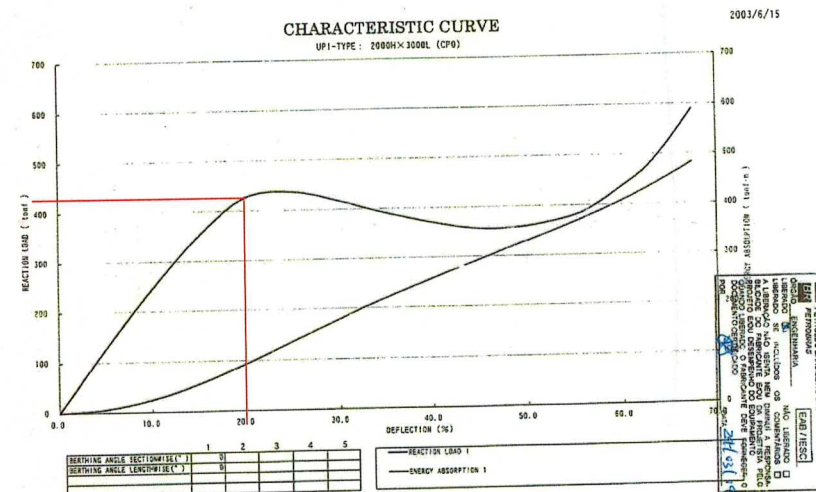


Figura 14 (Esquerda) Curvas de reação e energia das defensas presentes nos dolfinos 4 e 11 do pier 2. (Direita) dimensões da defesa

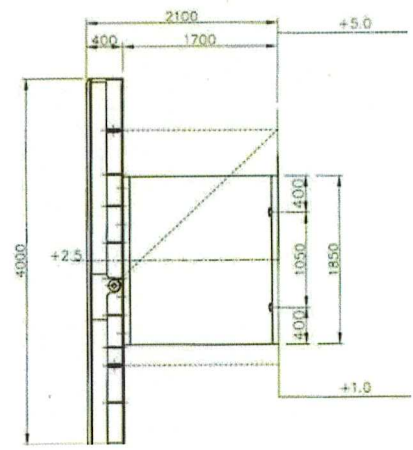
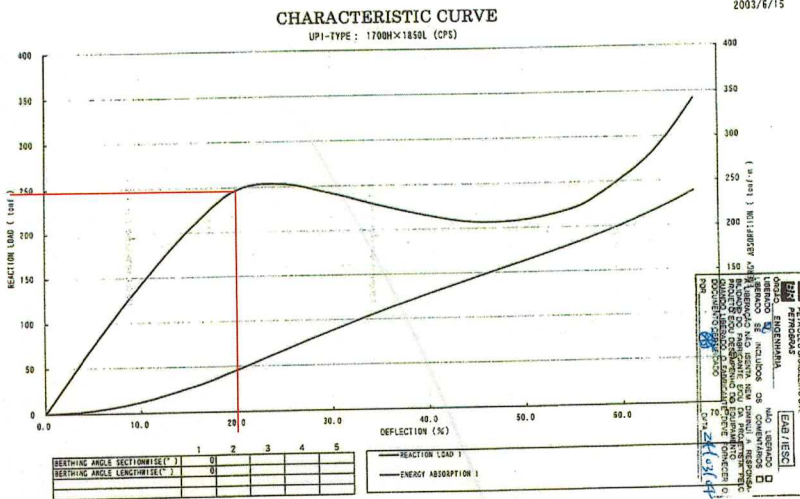


Figura 15 (Esquerda) Curvas de reação e energia das defensas presentes nos dolphins 7 e 8 do pier 2. (Direita) dimensões da defesa

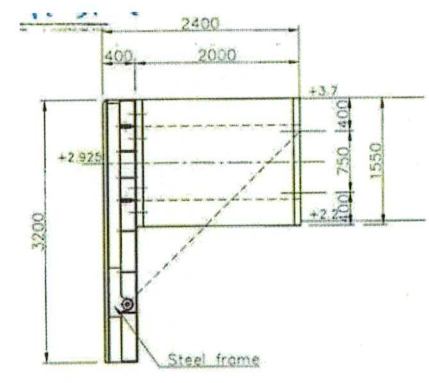
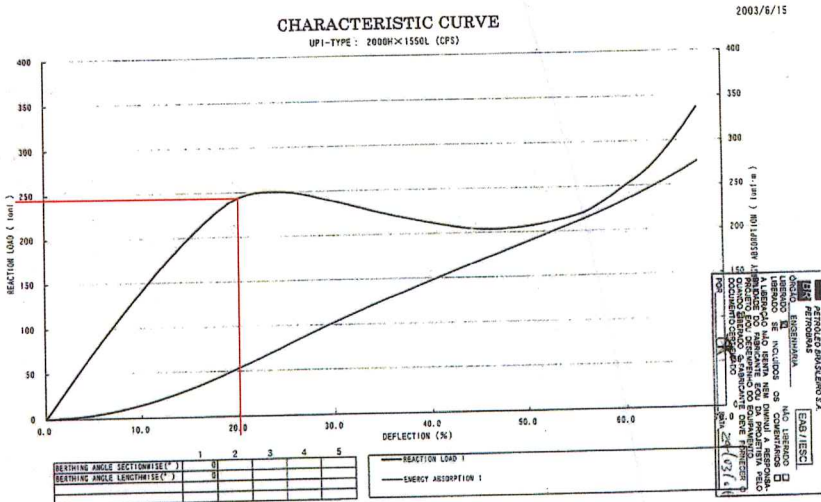


Figura 16 (Esquerda) Curvas de reação e energia das defensas presentes nas plataformas A, B e C do pier 3. (Direita) dimensões da defesa

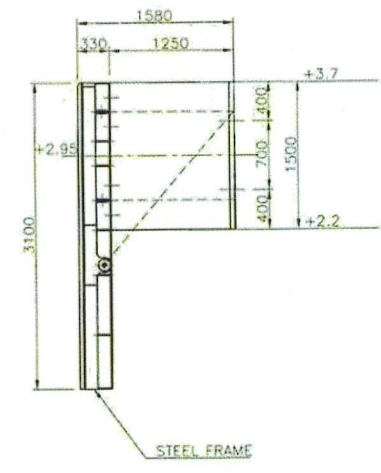
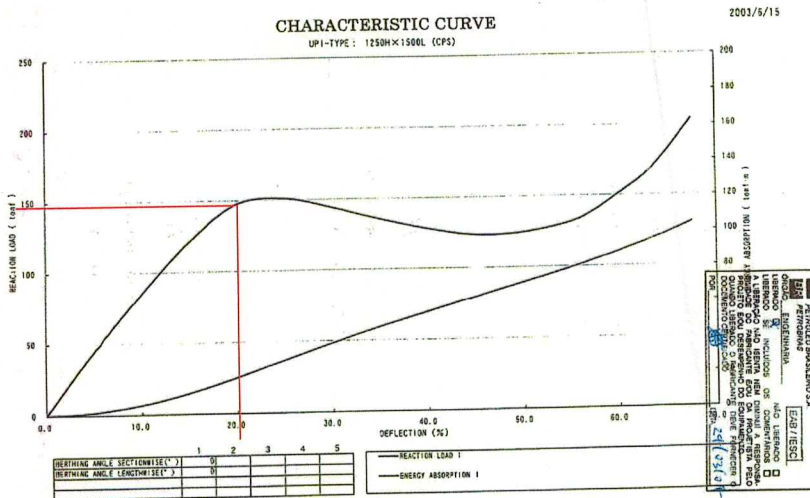


Figura 17 (Esquerda) Curvas de reação e energia das defensas presentes nas plataformas A, B e C do pier 4. (Direita) dimensões da defesa

A seleção das defensas posicionadas entre as embarcações segue a recomendação PIANC [5] enumera os seguintes elementos a serem considerados:

- Distância entre embarcações
- Capacidade de absorção de energia
- Tipo do fender
- Considerações sobre a operação

Dentre estes itens, a distância entre embarcações é preponderante. Isso se deve ao fato de que as defensas atuais (pneumáticas ou de espuma) têm grande capacidade de absorção de energia mesmo em dimensões menores.

A distância entre embarcações deve ser suficientemente grande para garantir, com alguma margem de segurança, que os cascos ou os elementos da superestrutura não se toquem durante a operação. A Tabela 17 apresenta as distâncias adequadas em função dos deslocamentos das embarcações. Nela, o porte das duas embarcações é condensado em um único valor médio, calculado segundo a expressão (1).

$$C = \frac{2AB}{A + B} \quad (1)$$

Onde A e B são os deslocamentos em toneladas das duas embarcações e o parâmetro C corresponde ao tamanho da embarcação a ser considerado na Tabela 17.

Tabela 17 Distâncias mínimas entre embarcações

Table 6.5.1: Fender Stand Off Distance	
VESSEL SIZE DISPLACEMENT Tonnes	FENDERS STAND OFF DISTANCE
500	0.9-1.0 m
1000	0.9-1.4 m
3000	1.2-1.7 m
6000	1.2-2.0 m
10,000	1.5-2.2 m
25,000	1.5-2.2 m
50,000	1.8-2.5 m
100,000	2.4-3.3 m
200,000	2.4-3.7 m
330,000	3.3-4.0 m
470,000	4.0-4.5 m
790,000	4.2-4.5 m

Considerando-se atracções de embarcações do mesmo porte e, supondo ambas com o mesmo carregamento¹, o coeficiente C é igual ao deslocamento em massa de cada uma das embarcações. No caso da atracção entre dois VLCCs, $C = 325.000t$ e por isso a distância recomendada está entre 3,3m e 4,0m. Para a acostagem entre as embarcações do tipo Suezmax, $C = 180.570t$ e a distância recomendada está entre 2,4m e 3,7m. Não há menção na bibliografia sobre a condição na qual esta distância deve ser mantida, ou seja, se os valores apresentados na Tabela 17 referem-se ao diâmetro nominal da defesa ou após certa deformação. Sendo assim, estes valores serão assumidos como correspondentes a 80% do diâmetro nominal da defesa (já havendo compressão).

Do ponto de vista da energia de atracção, equação (2), adotou-se o método de cálculo padrão aplicável à atracção em berços fixos, apresentado na PIANC.

$$E_c = 0,5M_1v^2C_mC_eC_rFs \quad (2)$$

Os parâmetros empregados no cálculo encontram-se descritos na Tabela 18.

Tabela 18 - Parâmetros empregados no cálculo da energia de atracção para a embarcação VLCC

Termo	Identificação	Quantificação (VLCC)
M_1	Massa deslocada da embarcação	325225 t
C_m	Coeficiente de Massa Adicional	1,8
v	Velocidade de atracção	0,1 m/s
C_e	Coeficiente de excentricidade	0,95
C_r	Coeficiente de rigidez	1,00
Fs	Fator de Seguranças	1,25
E_c	Energia de Atracção	3475,8kJ

Tabela 19 - Parâmetros empregados no cálculo da energia de atracção para a embarcação Suezmax

Termo	Identificação	Quantificação (Suezmax)
M_1	Massa deslocada da embarcação	180570 t
C_m	Coeficiente de Massa Adicional	1,8
v	Velocidade de atracção	0,1 m/s ²
C_e	Coeficiente de excentricidade	0,92
C_r	Coeficiente de rigidez	1
Fs	Fator de Seguranças	1,25
E_c	Energia de Atracção	1756,7kJ

¹ Ambas as embarcações foram assumidas carregadas, contemplando uma situação atípica porém em favor da segurança.

² Velocidade típica para atracções STS de navios do porte do Suezmax, PIANC[7].

Tabela 20 - Parâmetros empregados no cálculo da energia de atracação para a embarcação Panamax

Termo	Identificação	Quantificação (Panamax)
M_1	Massa deslocada da embarcação	73000 t
C_m	Coefficiente de Massa Adicional	1,8
v	Velocidade de atracação	0,15 m/s ³
C_e	Coefficiente de excentricidade	0,85
C_r	Coefficiente de rigidez	1
F_S	Fator de Seguranças	1,25
E_c	Energia de Atracção	1619,3kJ

Os resultados acima consideram um fator de segurança de 1,25, sugerido pela PIANC para contemplar situação adversas de atracção.

Tabela 21 Tabela de defensas pneumáticas disponíveis no mercado

Initial Pressure >	0.5kgf/cm ² (7.1psi)			
	Size	Energy (kJNm)	Reaction (kN)	Pressure (kN/m ²)
	300 x 500	1.3	22.6	189
	300 x 600	1.5	26.5	180
	500 x 800	5.7	58.9	187
	500 x 1000	7.2	73.6	179
	800 x 1200	21.6	141	188
	800 x 1500	27.5	186	191
	1000 x 1500	40.2	222	190
	1000 x 2000	54.0	295	180
	1200 x 1800	69.7	320	190
	1200 x 2000	77.5	354	185
	1350 x 2500	125	496	181
	1500 x 2500	152	554	186
	1500 x 3000	182	658	178
	2000 x 3000	324	883	189
	2000 x 3500	378	1030	183
	2000 x 6000	647	1766	171
	2500 x 4000	675	1481	188
	2500 x 5500	928	2037	178
	3000 x 5000	1226	2207	185
	3300 x 4500	1324	2197	194
	3300 x 6500	1913	3169	181
	3300 x 10600	3090	5121	171
	4500 x 7000	3816	4660	186
	4500 x 9000	4954	6004	152

Observando-se o valor de energia de atracção e a manutenção da distância, foram adotadas defensas pneumáticas de 4,5mx7,0m cuja energia absorvida máxima é de 3816kJ (adotou-se como referência o catálogo do fabricante [8]). Do ponto de vista do modelo de amarração, as defensas operam como molas e a principal característica a ser observada é a rigidez. As defensas de menor porte, adequadas às acostagens envolvendo as embarcações Suezmax, Aframax e Panamax, possuem rigidez muito similar àquela apresentada acima. Sendo assim, a mesma defesa foi assumida para todos os arranjos.

A curva de reacção e absorção de energia deste tipo de defesa é apresentada no gráfico da esquerda na Figura 18. Diferentemente dos cabos, as defensas foram modeladas como molas não lineares.

³ Velocidade típica para atracções STS de navios do porte do Suezmax, PIANC[7].

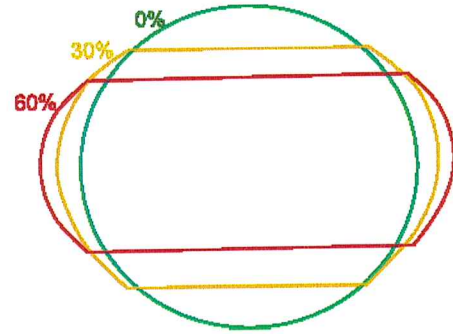
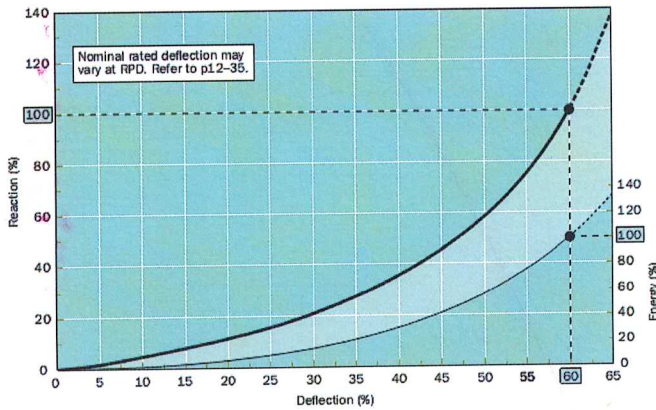


Figura 18 (esquerda) curva de reação da defesa pneumática empregada; (direita) deformação da defesa Yokohama

As defensas em questão devem operar em deformações inferiores a 60% (Figura 18, direita). Desta forma, estabeleceu-se como limite de referência o valor de **reação 4660kN** para as defensas.

Finalmente, cabe observar que a energia obtida acima é inferior ao limite admissível pelas defensas instaladas no píer e, por tanto, sob a hipótese de que toda a energia cinética da embarcação que atraca a contrabordo é transmitida para o berço, a defesa lá instalada é capaz de suportar este impacto.

4.3. Arranjos de Amarração

Os arranjos de amarração foram baseados nas recomendações OCIMF, cujos princípios associados ao arranjo são resumidos na Figura 19.

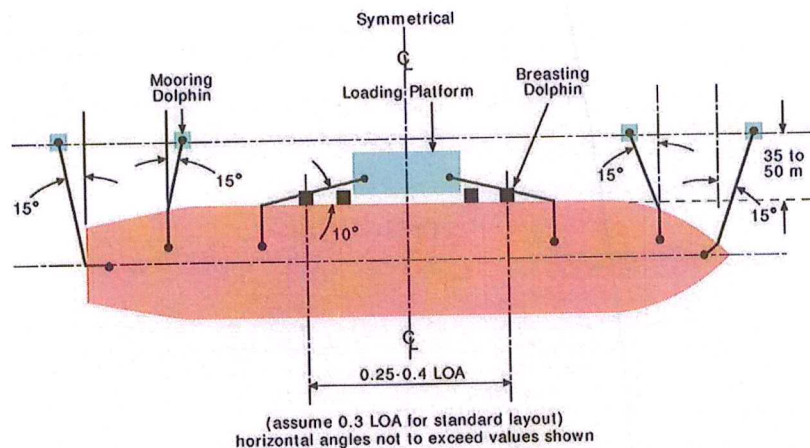


Figura 19 Recomendação de comprimentos e orientações das linhas de amarração

O arranjo divide-se basicamente em linhas responsáveis por resistirem aos esforços longitudinais que devem estar dispostas, dentro do possível, paralelas à embarcação, e outro conjunto responsável por contrapor as forças transversais que devem estar dispostas o mais transversalmente possível à

embarcação. Os chamados lançantes, por serem linhas dispostas obliquamente com relação ao eixo da embarcação não são efetivos em nenhuma direção. Mesmo assim, neste documento serão chamados lançantes as linhas que partem das extremidades (proa e popa) da embarcação. Evidentemente, o arranjo das linhas depende da disposição dos equipamentos de amarração, tanto a bordo quanto em terra, e por isso não atendem necessariamente os limites apresentados na Figura 19. Mesmo assim, estas diretrizes guiaram a elaboração dos arranjos simulados no presente estudo.

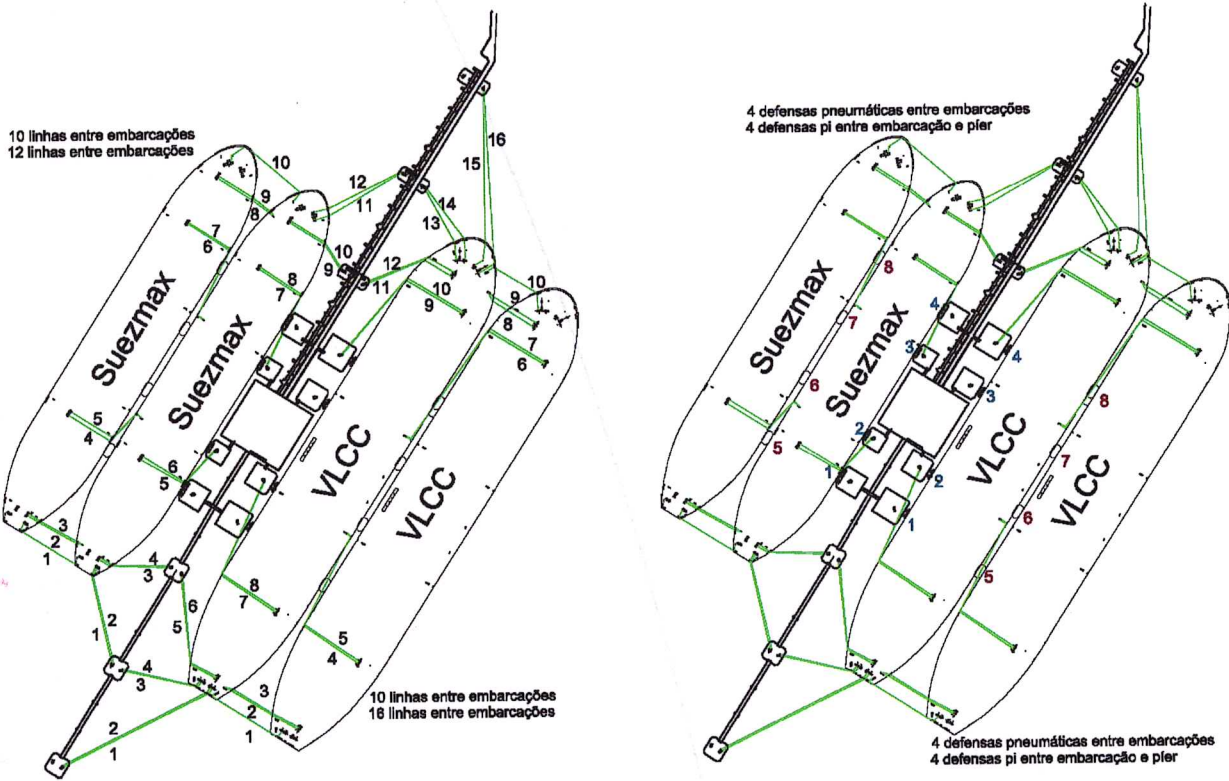


Figura 20 Arranjo de linhas das embarcações no berço sul; à esquerda são apresentadas as linhas identificadas numericamente; à direita as defensas identificadas numericamente

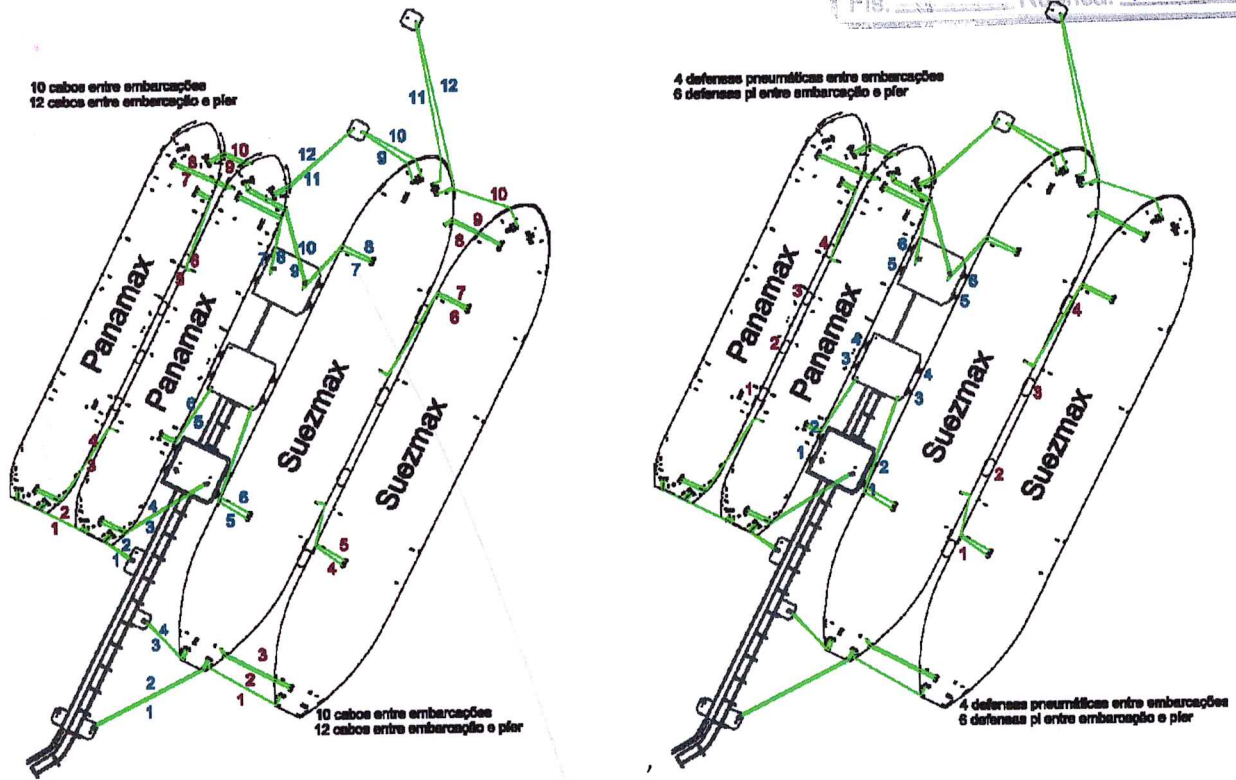


Figura 21 Arranjo de linhas das embarcações no berço norte; À esquerda são apresentadas as linhas identificadas numericamente; À direita as defensas identificadas numericamente

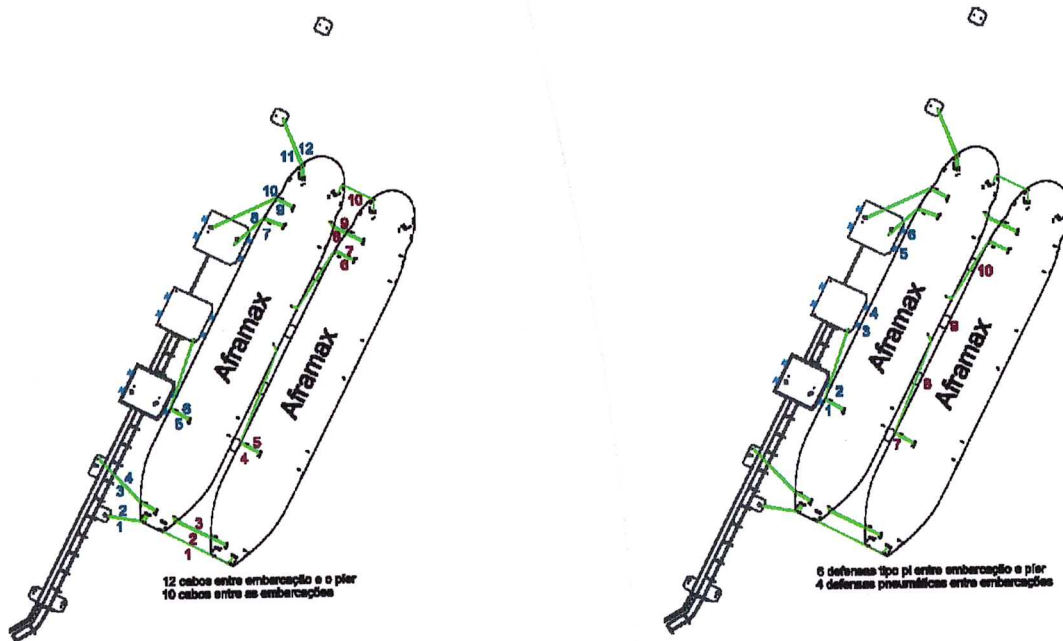


Figura 22 Arranjo de linhas das embarcações Aframax (alternativa) no berço norte; A esquerda são apresentadas as linhas identificadas numericamente; A direita as defensas identificadas numericamente

No PP1, foram empregados 16 cabos entre a embarcação interna e o píer e 10 cabos entre ambas as embarcações, Figura 20. Na parte interna do berço, PP2, foram analisadas duas embarcações do tipo Suezmax empregando 12 cabos entre o navio interno e o píer e 10 cabos entre embarcações, Figura 20.

Na porção externa do berço norte, PP3, foram analisadas duas embarcações Suezmax amarradas entre si por meio de 10 cabos e conectadas ao píer através de 12 cabos, Figura 21. Finalmente, no píer interno do berço norte, foram analisadas duas embarcações Panamax com 12 cabos entre o navio e o píer e 10 cabos entre as elas, Figura 21.

5. Resultados: Condições Limite

Neste tópico são apresentados os resultados das análises considerando as condições ambientais limites, observadas em [4].

Cada um dos casos foi simulado para as 102 combinações de condições ambientais destacadas e os resultados são apresentados de modo a exibir os níveis de tração e compressão dos elementos da amarração para cada uma destas combinações. As trações nos gráficos são apresentadas em função do MBL e, quando necessário, foram destacados os limites de operação em vermelho. Deve-se destacar que não são especificados os cabos nas quais a máxima tração ocorre.

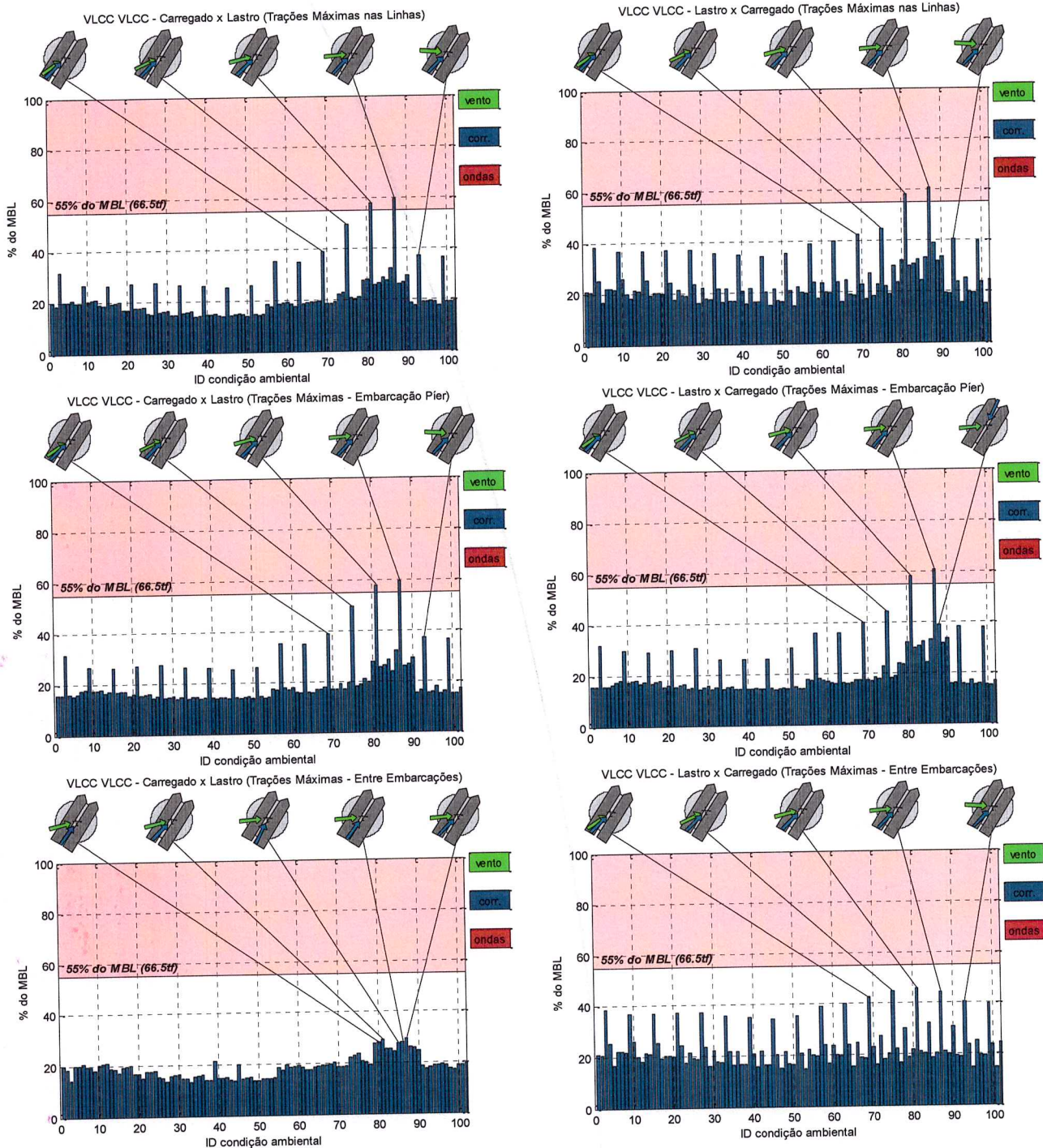
São apresentados inicialmente gráficos das trações máximas observadas para cada uma das combinações de condições ambientais, quaisquer que sejam os cabos. Em seguida, o mesmo resultado é separado entre os cabos que conectam a embarcação interna e os cabos entre embarcações. O mesmo tipo de gráfico foi criado para o nível de compressão das defensas.

Após os gráficos contendo o panorama das trações e compressões máximas ao longo do conjunto de condições ambientais são apresentadas as trações máximas em cada um dos cabos. Neste caso, as identificações numéricas de cada um dos elementos dos arranjos de amarração (cabos e defensas) são apresentadas na Figura 20, Figura 21 e Figura 22. Para tornar as comparações expeditas, as mesmas figuras foram apresentadas sobre os gráficos de resultados.

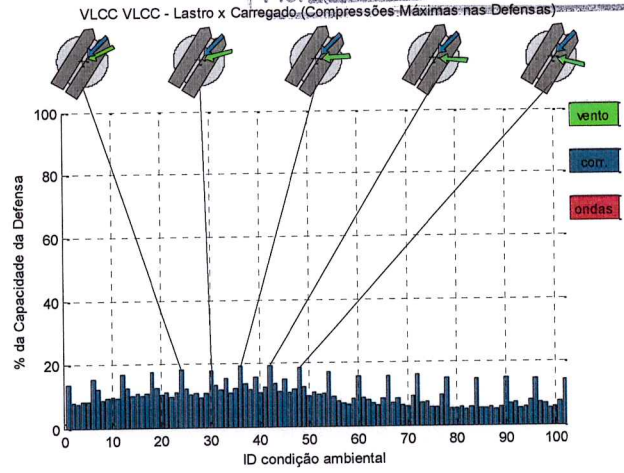
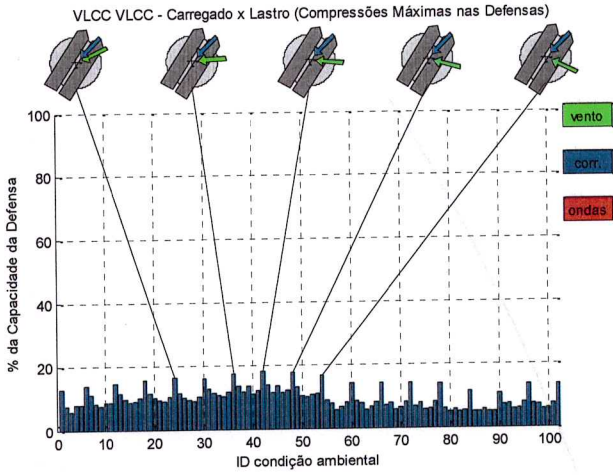
Foram avaliadas também as atracções STS entre VLCCs carregados no PP1 e Suezmax carregados no PP3. Além disso, destaca-se que para o píer 3, foi avaliada a possibilidade de atracção entre duas embarcações da classe Aframax.

5.1. VLCC-VLCC - PP1

Neste tópico são apresentados os resultados para a acostagem STS entre 2 VLCCs no píer 1.

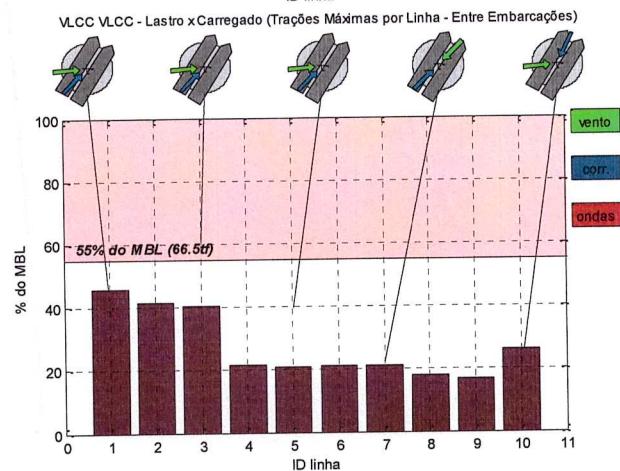
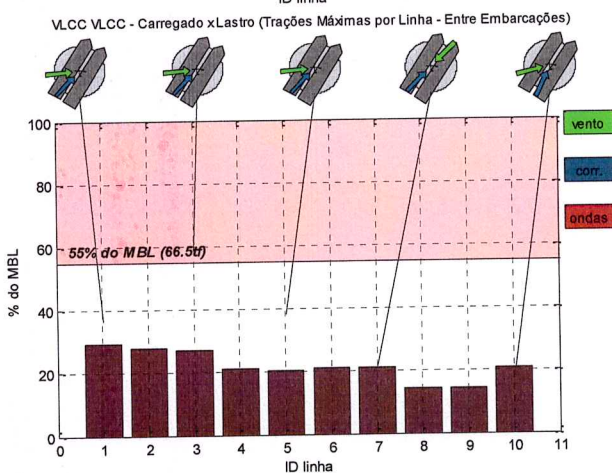
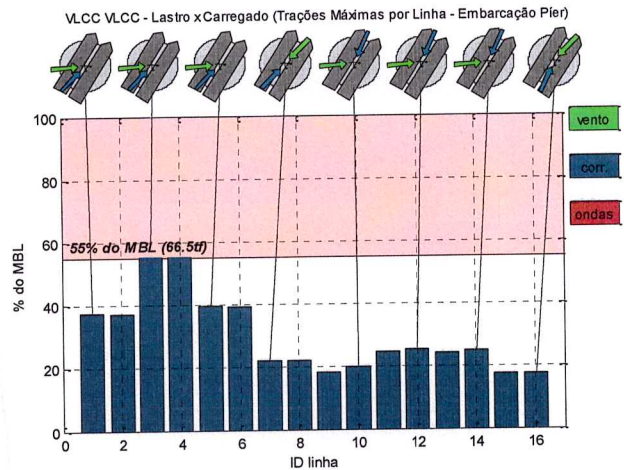
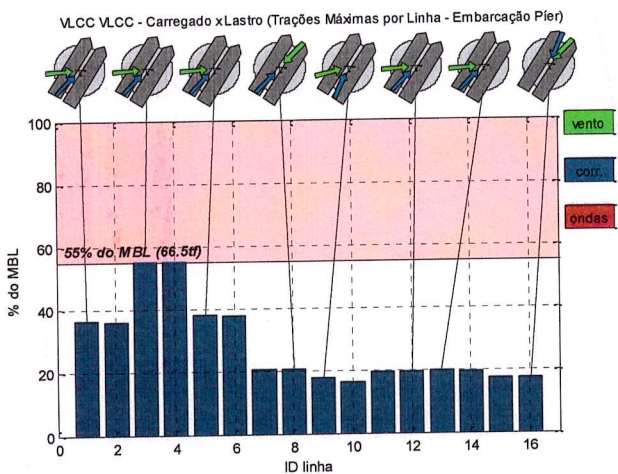
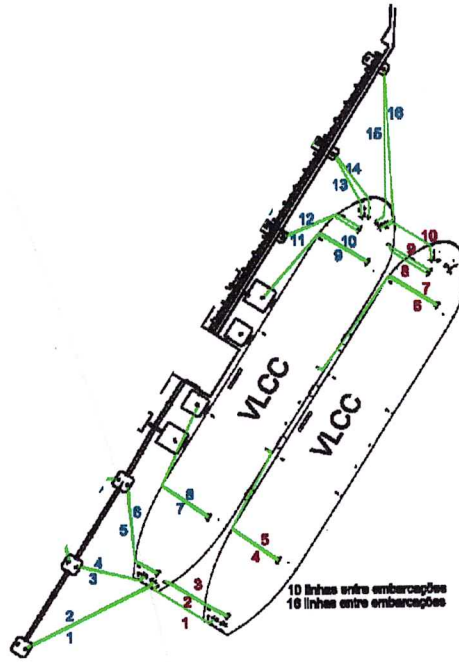


Fica evidente que as trações máximas nas linhas surgem, na maioria dos casos, para a corrente indo para o setor NE cuja intensidade adotada foi de 1,2m/s (2,4nós). Esta corrente além de possuir intensidade máxima tem a tendência de afastar a embarcação do píer e por isso solicita as linhas. Foram observados apenas 2 casos nos quais as trações nos cabos excederam o critério de 55% do MBL definido. Os cabos entre embarcações, entretanto, mantiveram-se com trações abaixo do critério.

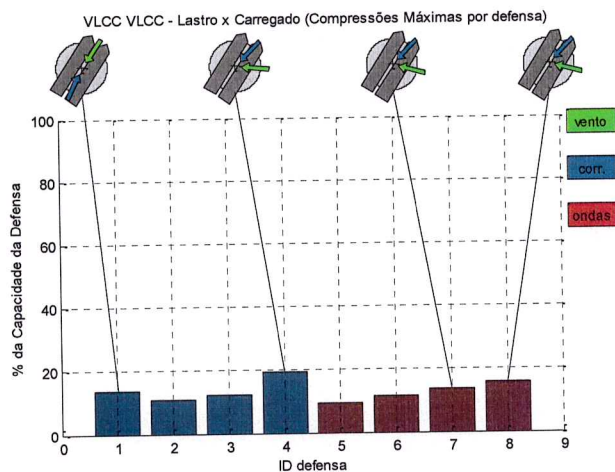
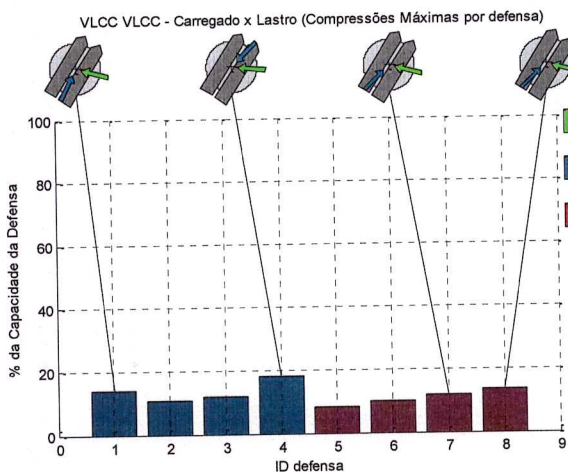
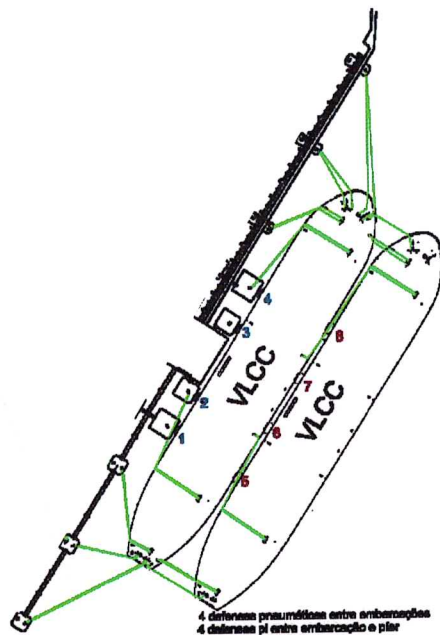


Os níveis de solicitação das defensas foram baixos para todas as condições simuladas.

A seguir são apresentados os resultados de tração máxima por cabo. O arranjo de cabos é ilustrado novamente para facilitar a identificação dos elementos.



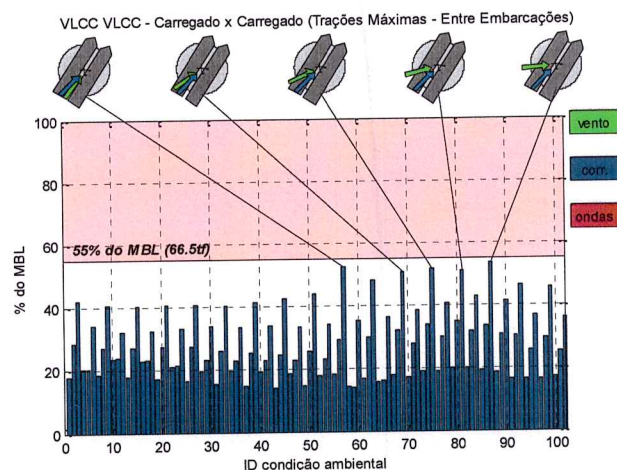
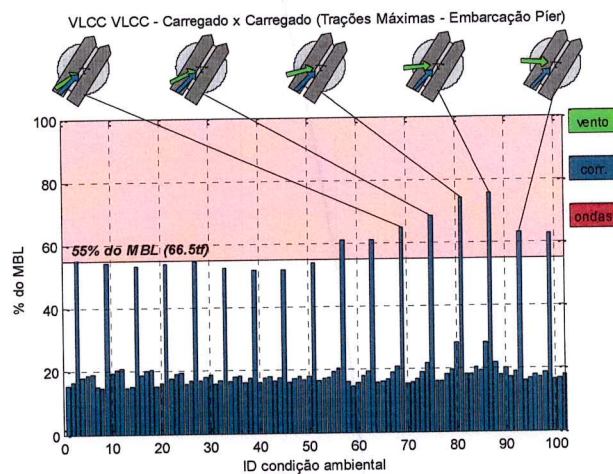
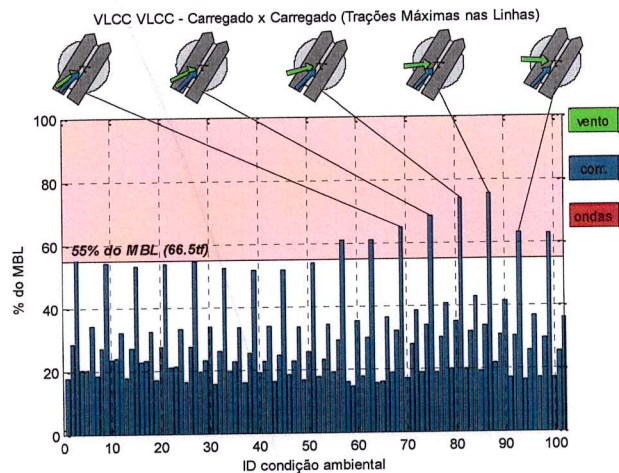
As maiores trações são observadas nos travesses da popa (cabos 3 e 4) que conectam a embarcação interna ao píer. Estes cabos apresentaram trações correspondentes a 60% do MBL, excedendo em 5% o critério estabelecido.



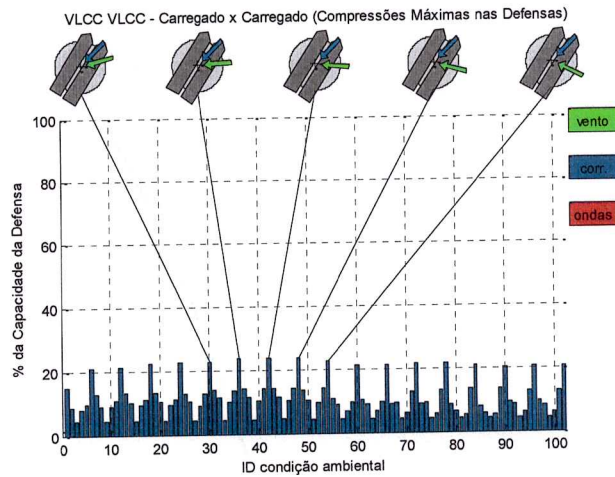
Acima são discriminadas as compressões máximas nas defensas entre a embarcação e o píer, em azul, e entre embarcações, em vermelho. Há homogeneidade na distribuição de esforços entre as defensas.

5.2. VLCC-VLCC – PP1 (Ambos carregados)

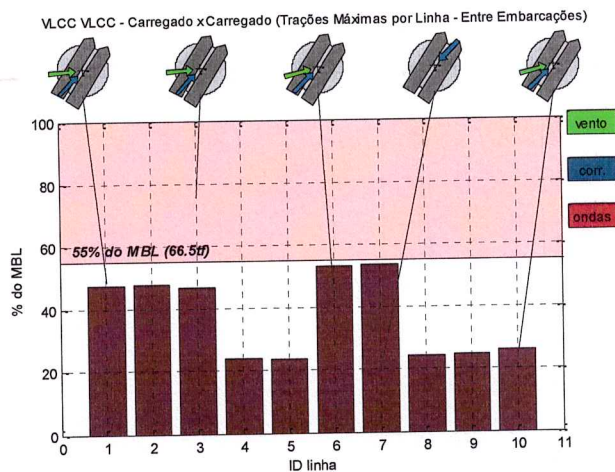
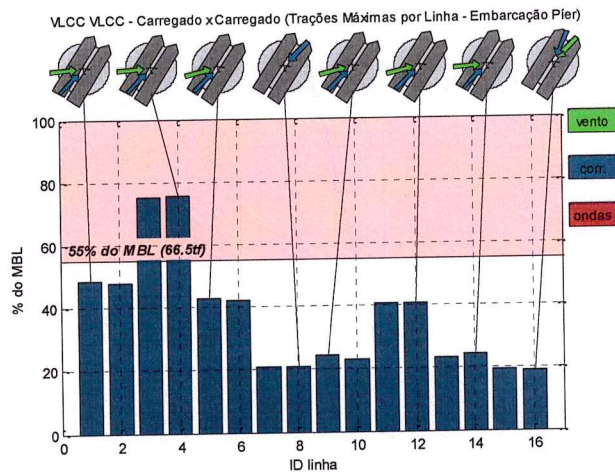
Foi avaliada a situação na qual ambos os VLCCs encontram-se carregados no PP1. Os resultados de trações nos cabos e compressões nas defensas são apresentados a seguir, de forma análoga ao tópico anterior.



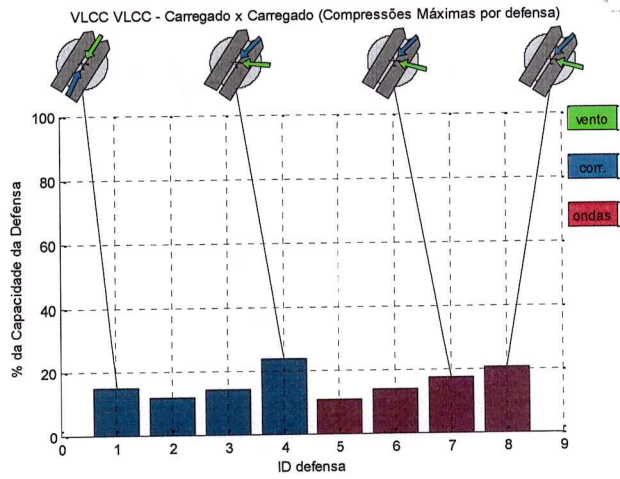
Foram observados mais casos nos quais as trações excederam o critério, assim como valores de tração absoluta mais elevados, alcançando cerca de 75% do MBL.



Embora tenham apresentado compressões mais elevadas, a solicitação sobre as defensas permaneceu baixa. A seguir são apresentados os resultados de tração máxima por cabo.

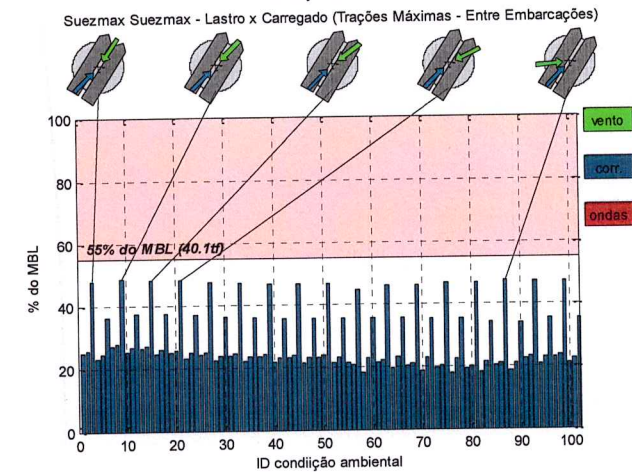
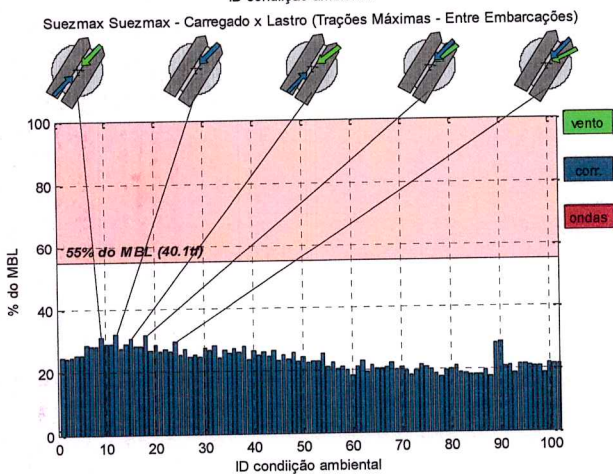
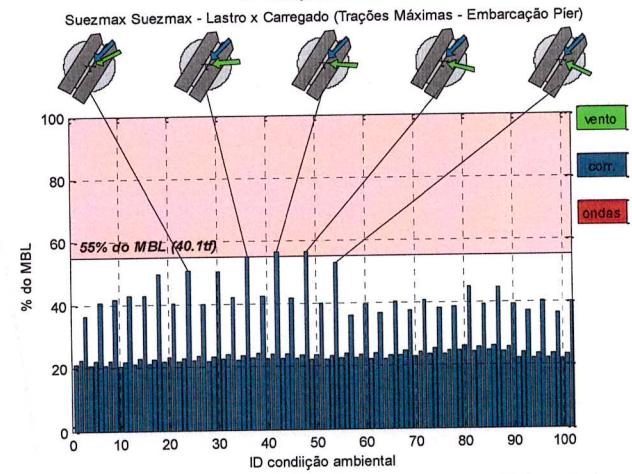
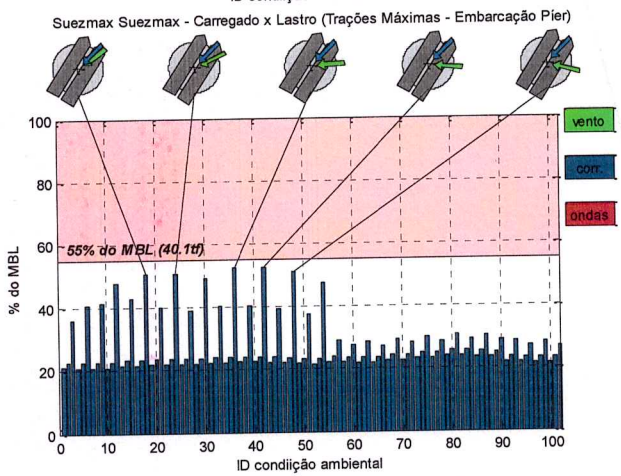
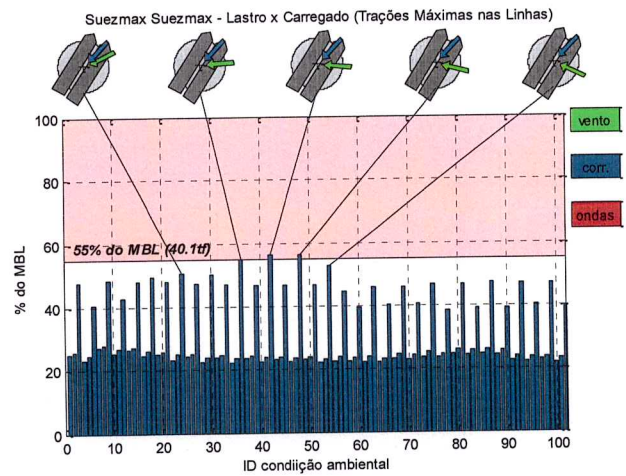
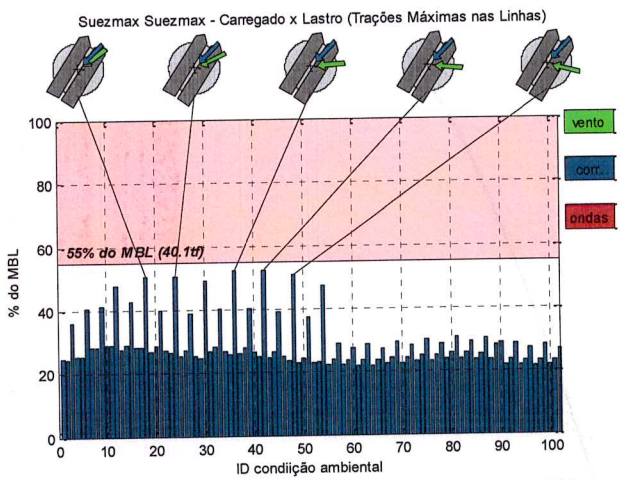


Assim como nos casos anteriormente apresentados, os cabos mais solicitados são os traveses da popa, linhas 3 e 4, que são os mais curtos do conjunto.

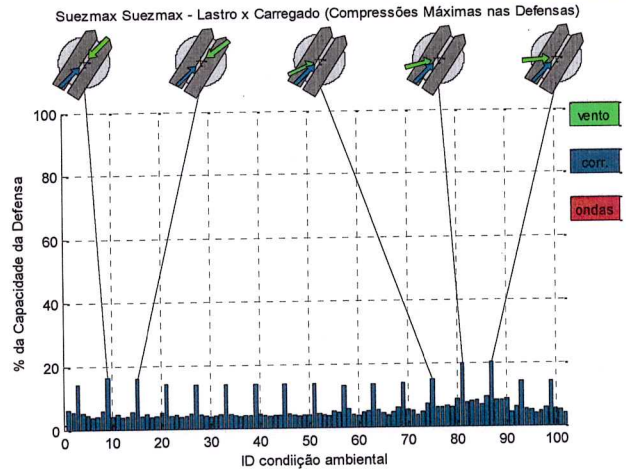
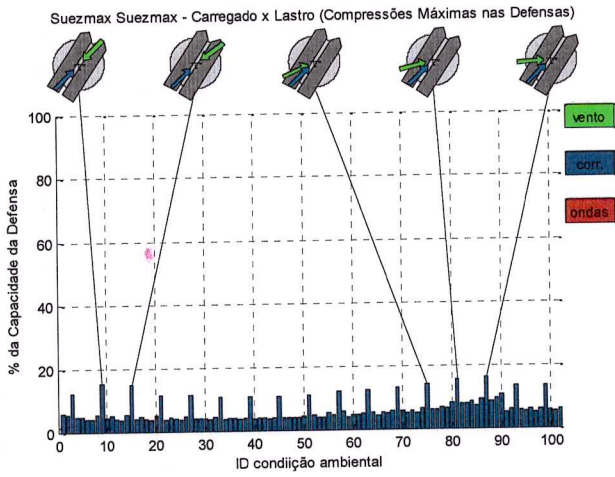


5.3. Suezmax-Suezmax - PP2

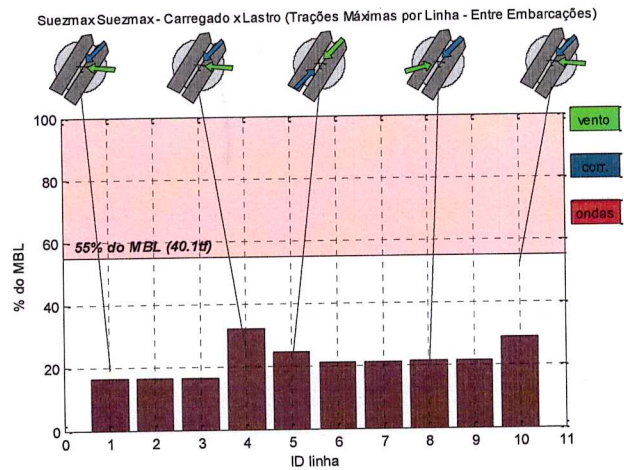
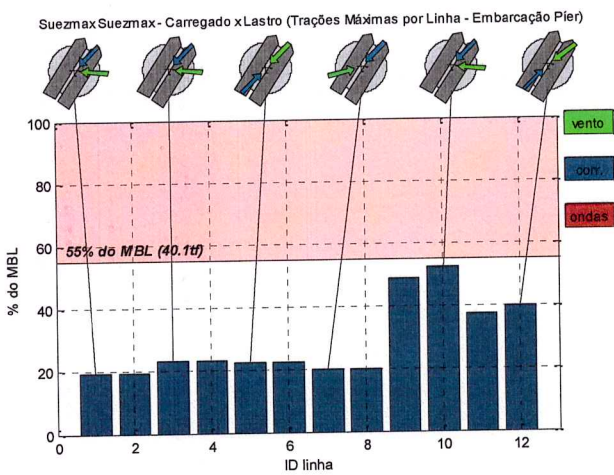
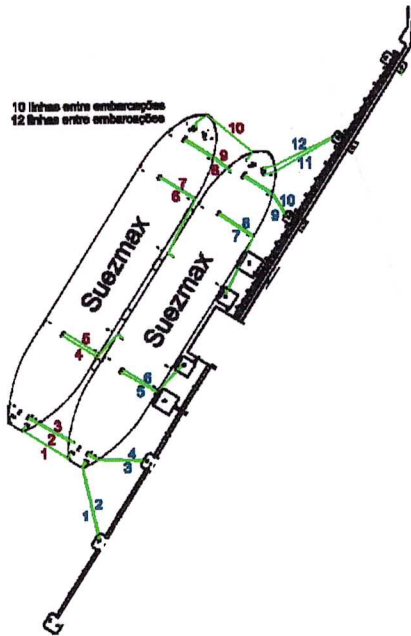
Neste tópico são apresentados os resultados para a acostagem STS entre 2 Suezmax no píer 2.

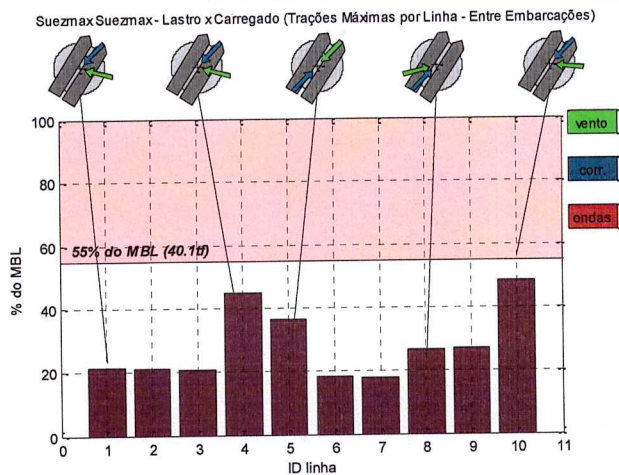
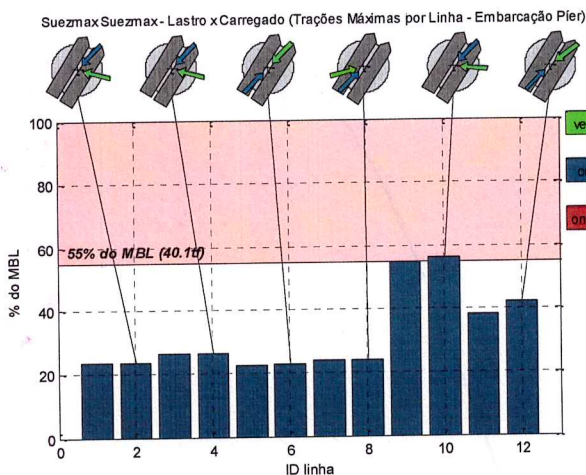


Neste casos foram observadas trações próximas ao critério de projeto. Isto se deve ao fato da intensidade de correntezas ser mais elevada na direção SSW, alcançando 0,9m/s e esta direção produzir o afastamento das embarcações atracadas ao píer 2.

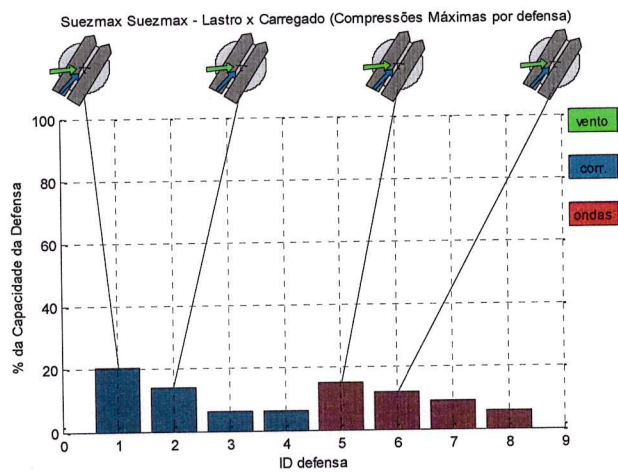
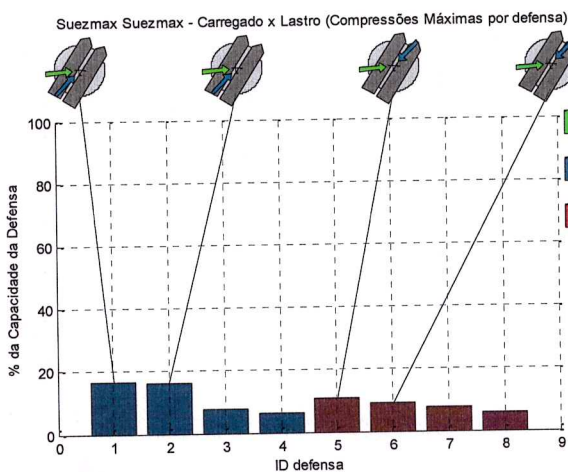
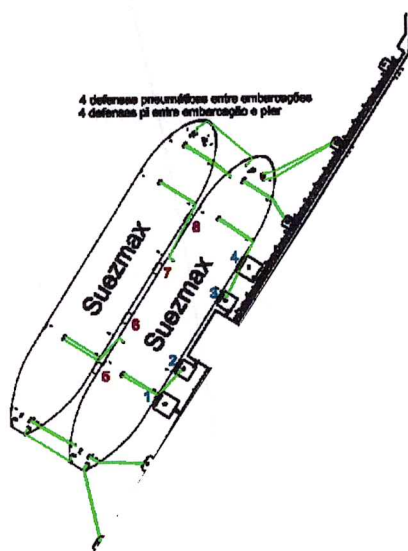


O nível de compressão nas defensas manteve-se baixo, inferior a 20%.



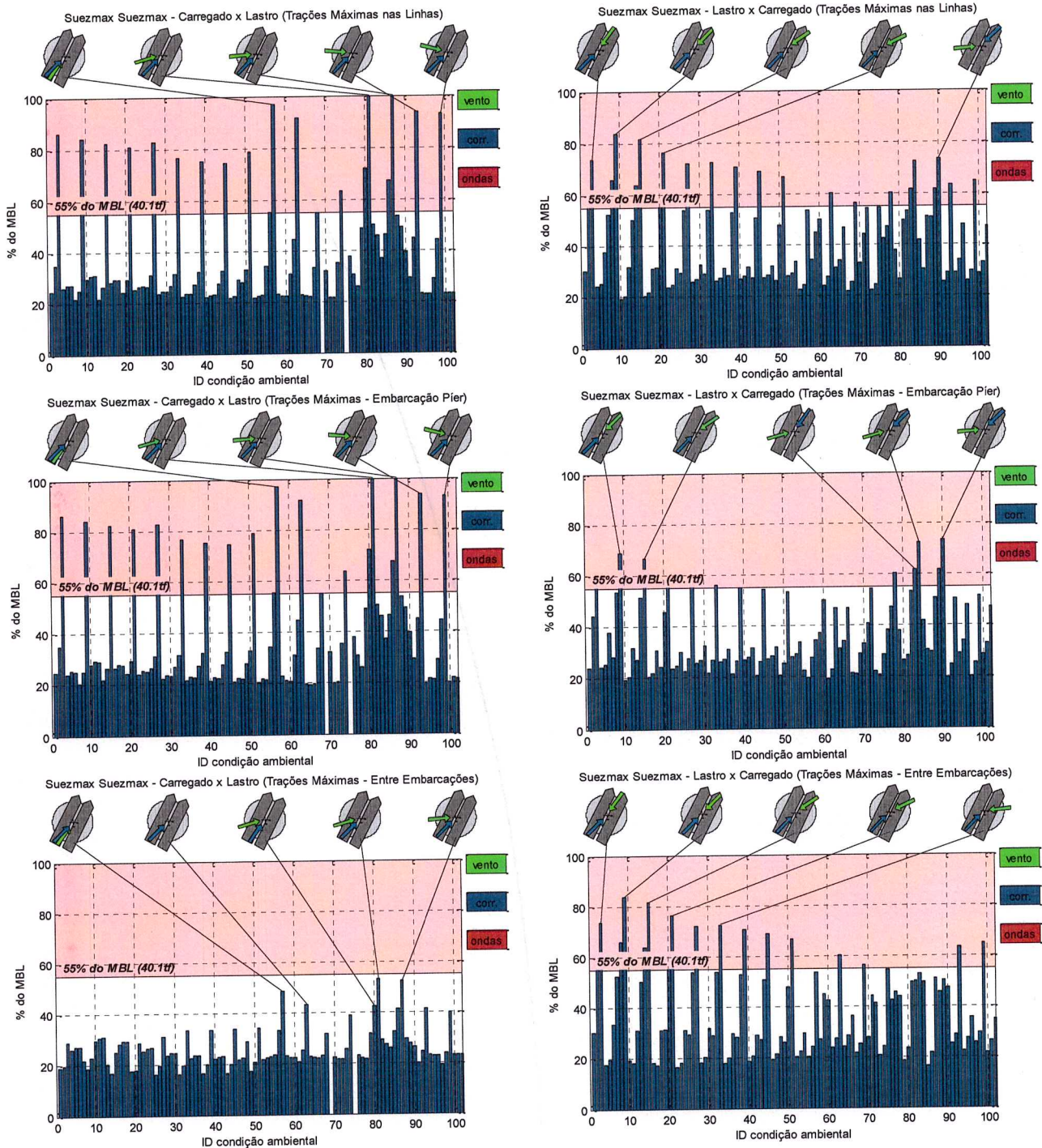


Assim como no caso anterior, as maiores trações são observadas nos traveses mais curtos, entretanto, neste caso situados na proa da embarcação. Este resultado reflete a simetria entre o píer interno e externo com relação às correntes locais.

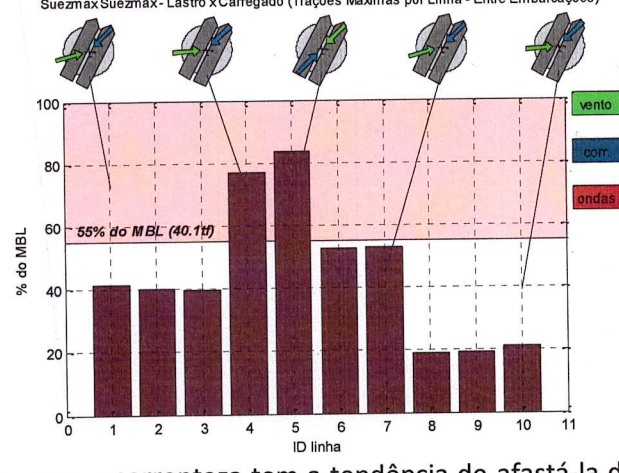
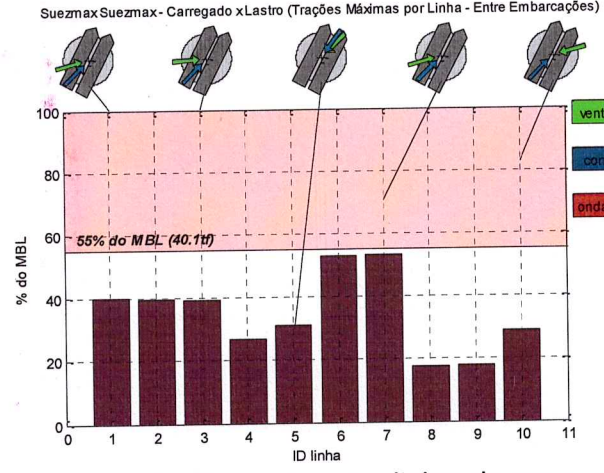
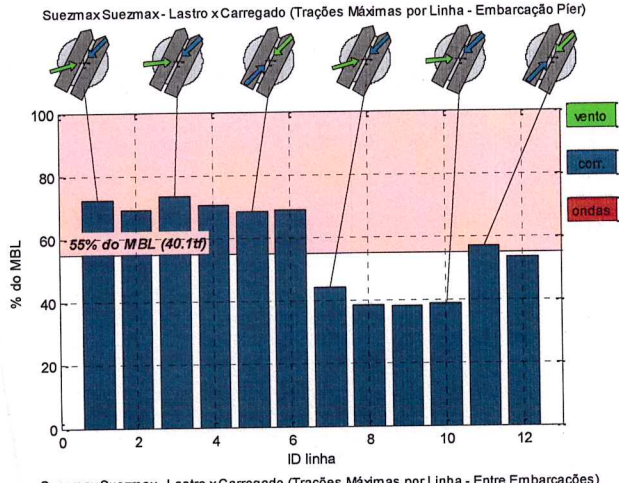
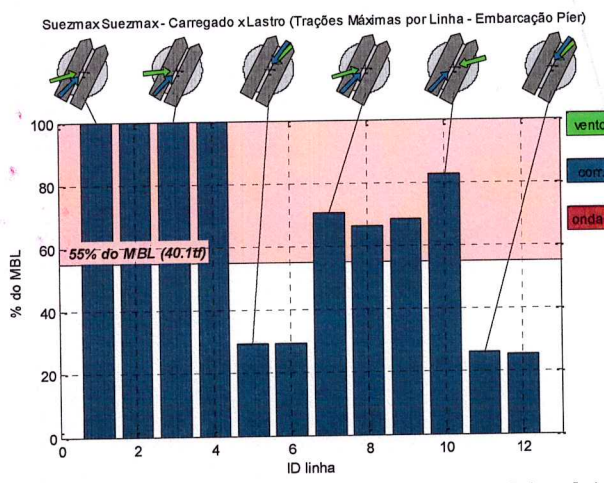
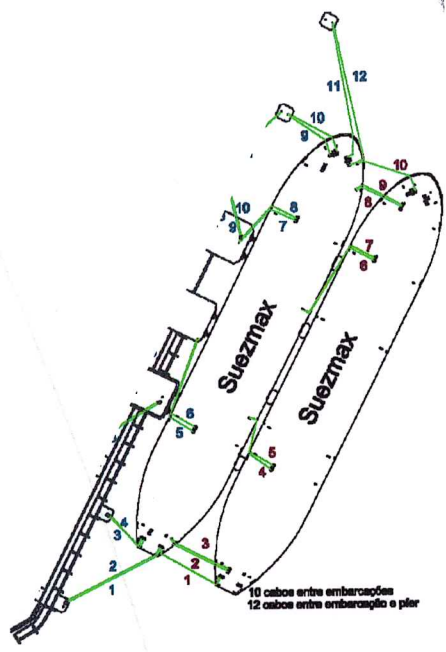


5.4. Suezmax-Suezmax - PP3

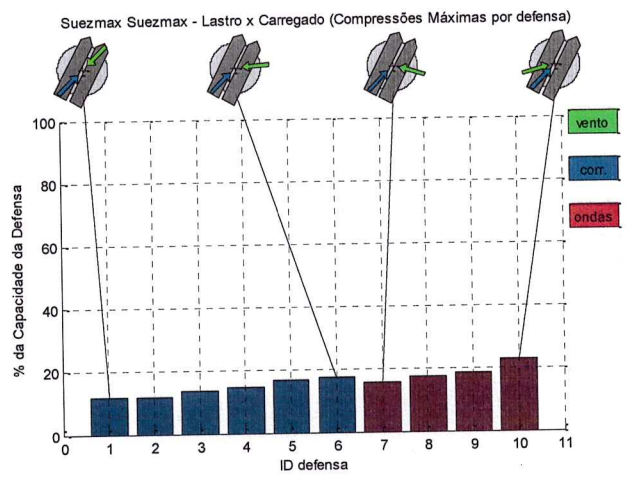
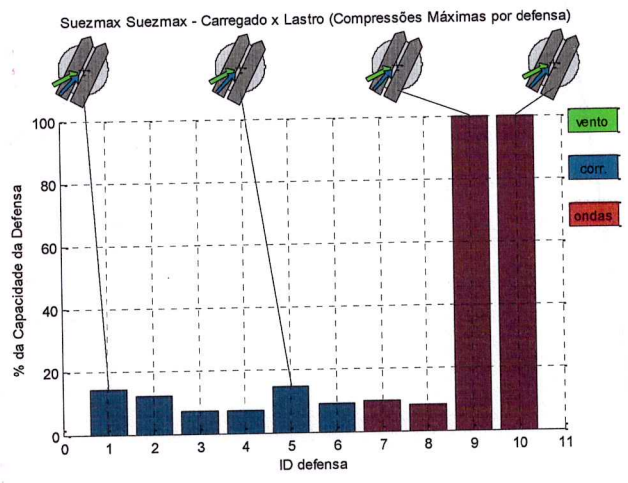
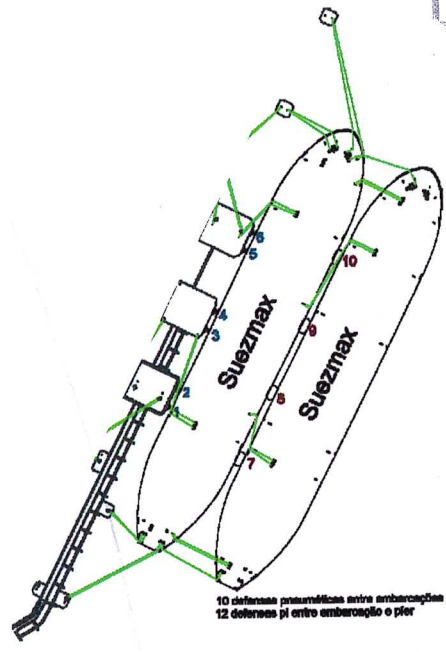
Neste tópico são apresentados os resultados para a acostagem STS entre 2 Suezmax no píer 3.



Neste conjunto de simulações, diversos casos excederam os critérios estabelecidos. Embora as condições ambientais sejam as mesmas e as embarcações possuam porte inferior as VLCCs estudados no PP1, a disposição dos dólfin, guinchos e cabeços impossibilita o emprego de um arranjo ideal, ou seja, com travessés suficientemente longos e dispostos transversalmente à embarcação. Desta forma, em vários casos as trações nos cabos atingiram a carga mínima de ruptura.



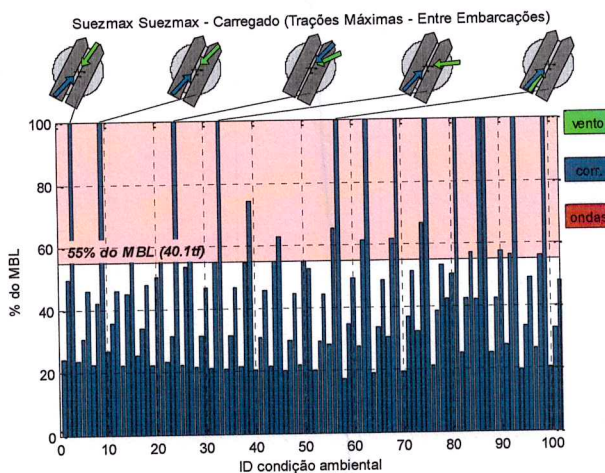
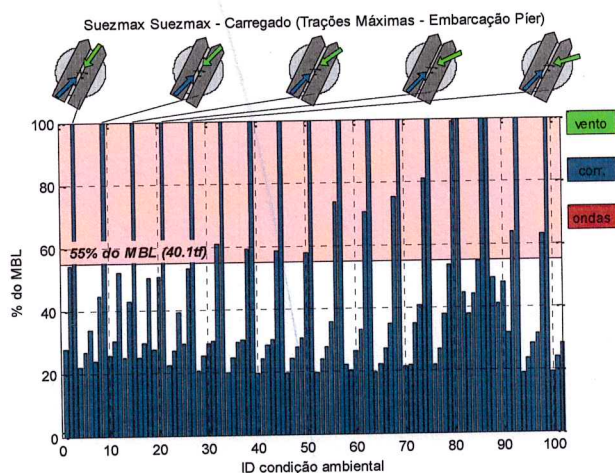
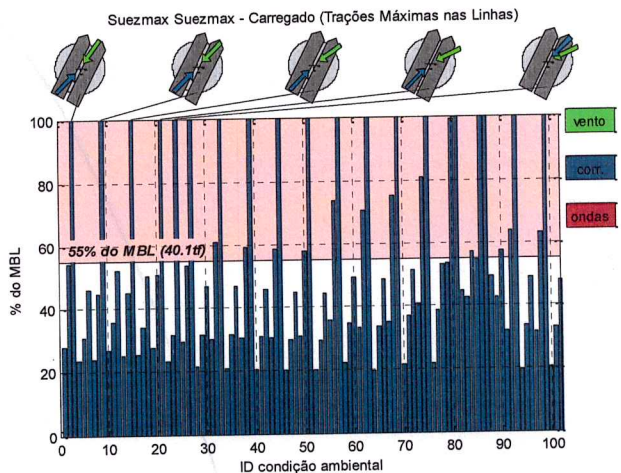
As maiores trações surgem nas linhas da popa, uma vez que a correnteza tem a tendência de afastá-la do pier.



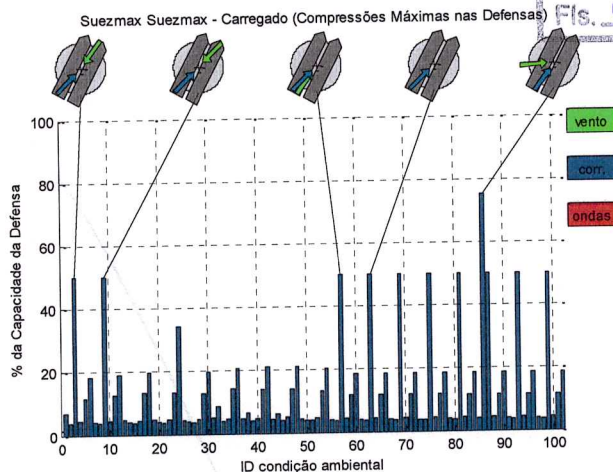
Foram observados elevados níveis de solicitação nas defensas entre as embarcações (colunas vermelhas) para o caso em que a embarcação junto ao píer encontra-se carregada e a externa em lastro.

5.5. Suezmax-Suezmax-PP3 (Ambas Carregadas)

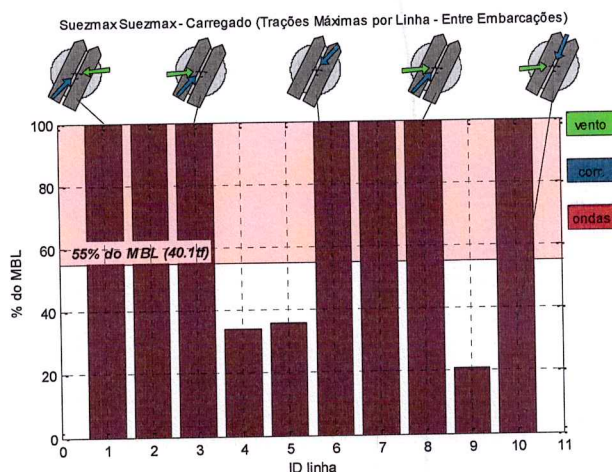
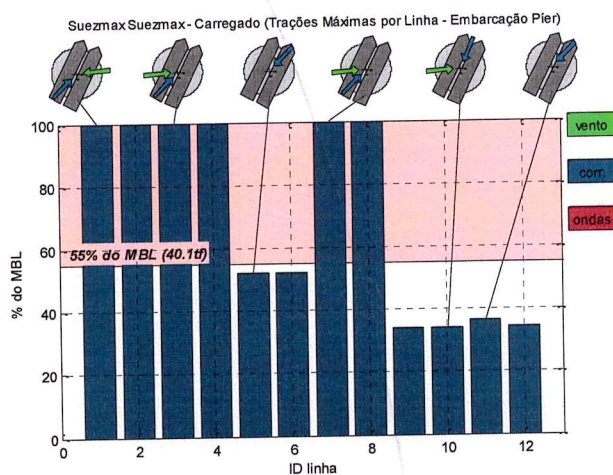
Foi analisada a atracação de dois Suezmax carregados no PP3 e os resultados são apresentados a seguir.



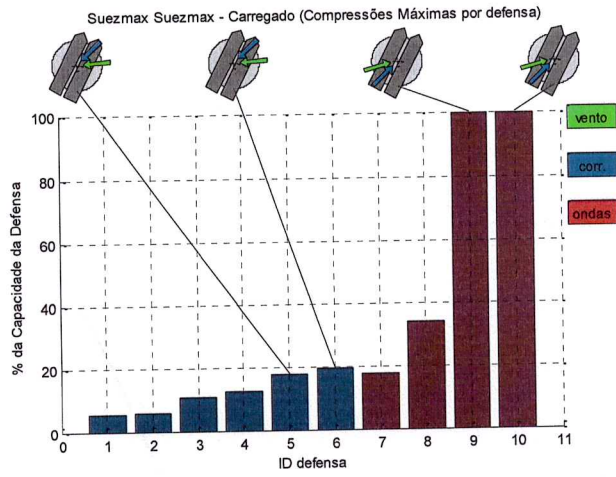
Nos casos anteriores onde uma das embarcações encontrava-se em lastro foram observados diversos casos nos quais as trações excederam os critérios. Nos resultados para ambas as embarcações carregadas a situação agravou-se e um numero maior de casos de falha foram observados, tanto nas linhas que conectam o conjunto ao píer quanto aquelas entre embarcações.



Nestes casos foram observadas elevadas solicitações nas defensas, em particular naquelas entre embarcações como ilustram as figuras a seguir.

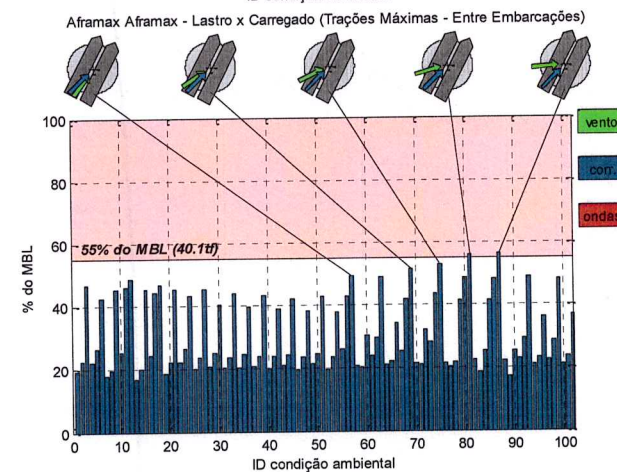
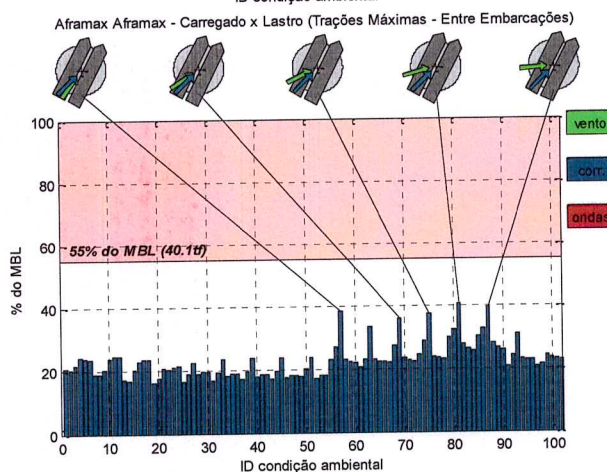
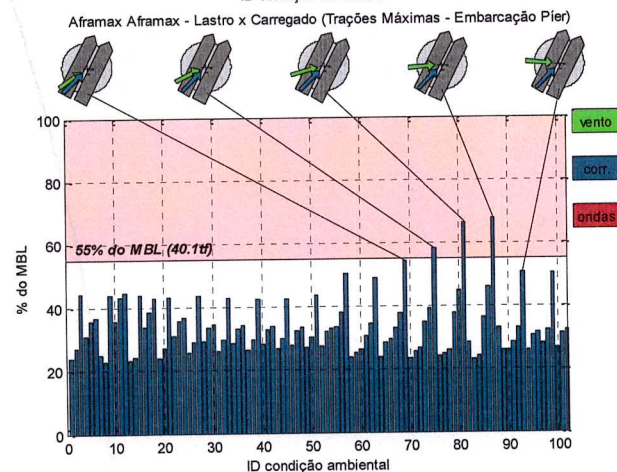
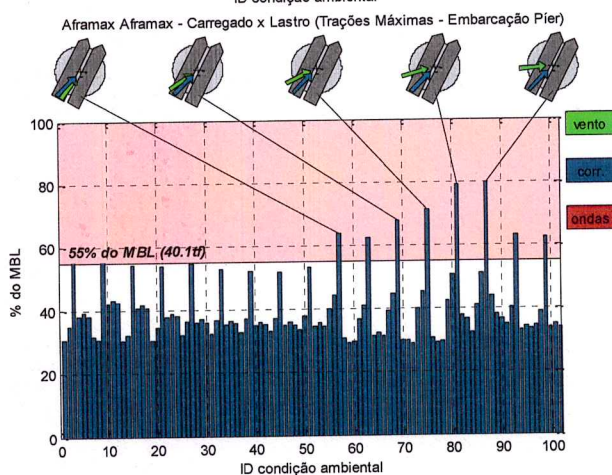
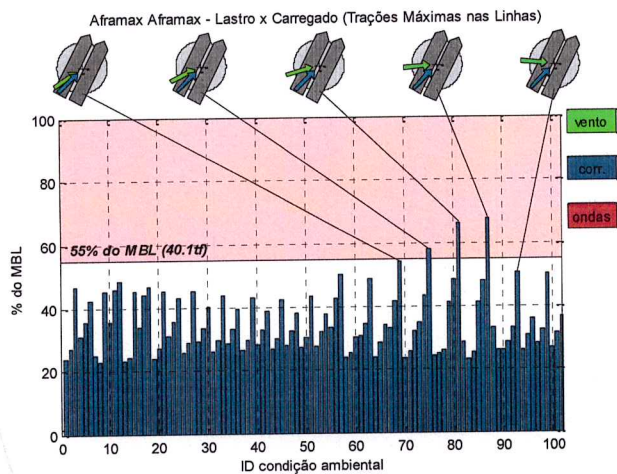
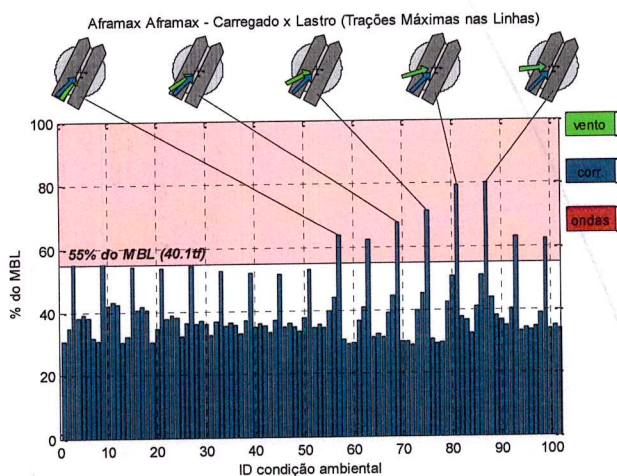


Observam-se falhas de todas os cabos do conjunto da popa assim como dos springs de proa, indicando que os esforços longitudinais, empurrando as embarcações para NNE são muito elevados.

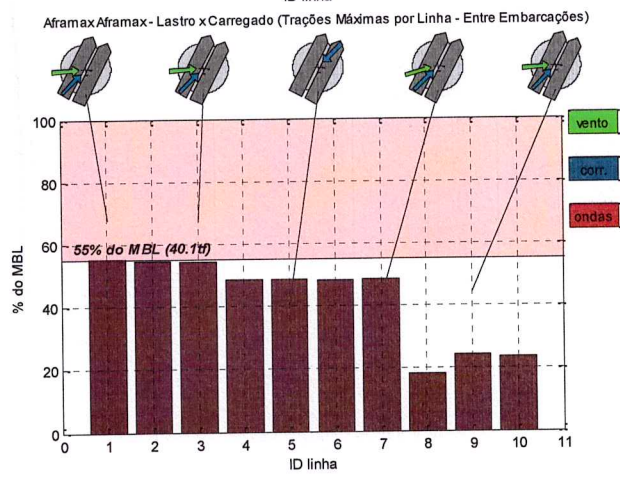
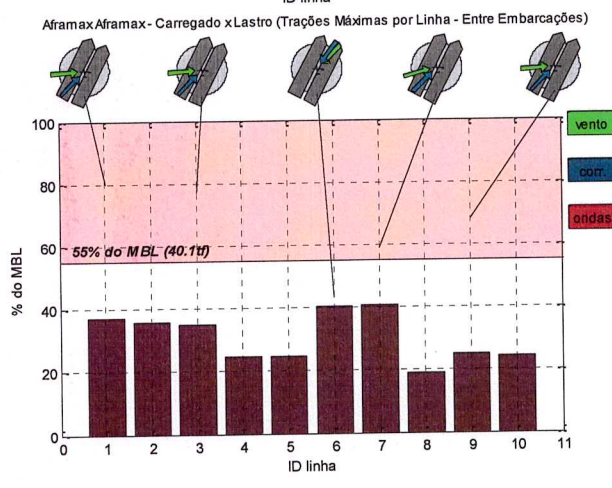
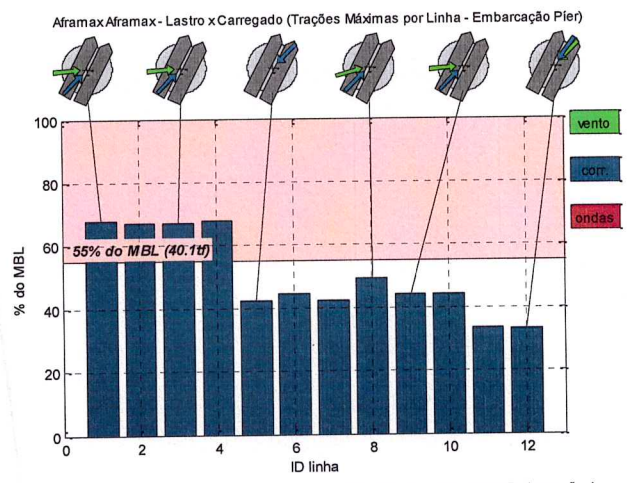
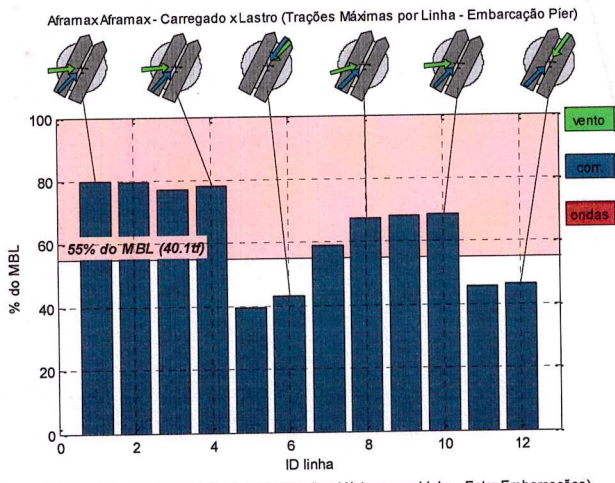
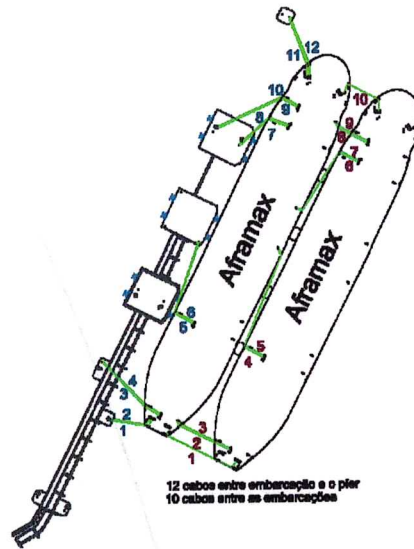


5.6. Aframax- Aframax - PP3

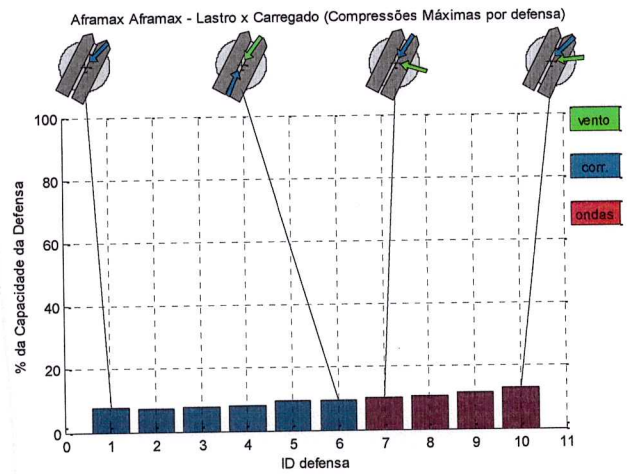
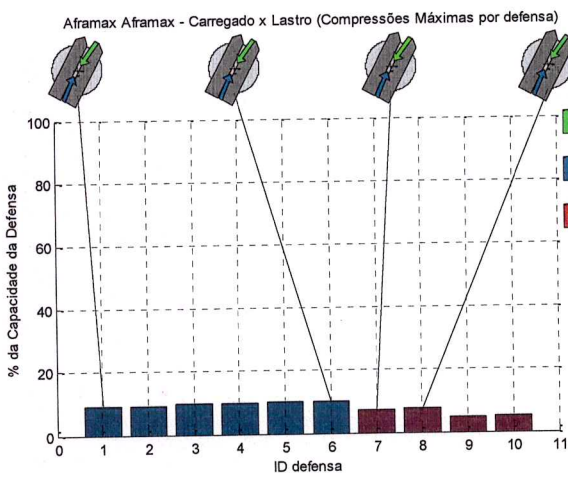
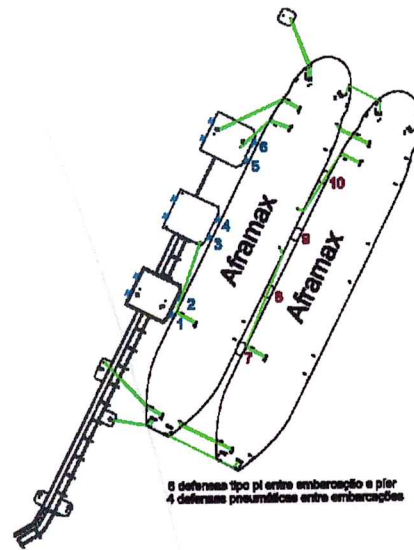
Neste tópico são apresentados os resultados para a acostagem STS entre 2 Aframax no pier 3.



Ao se reduzir o porte das embarcações no PP3, as trações máximas apresentaram diminuição, entretanto alguns casos excederam o critério de projeto.



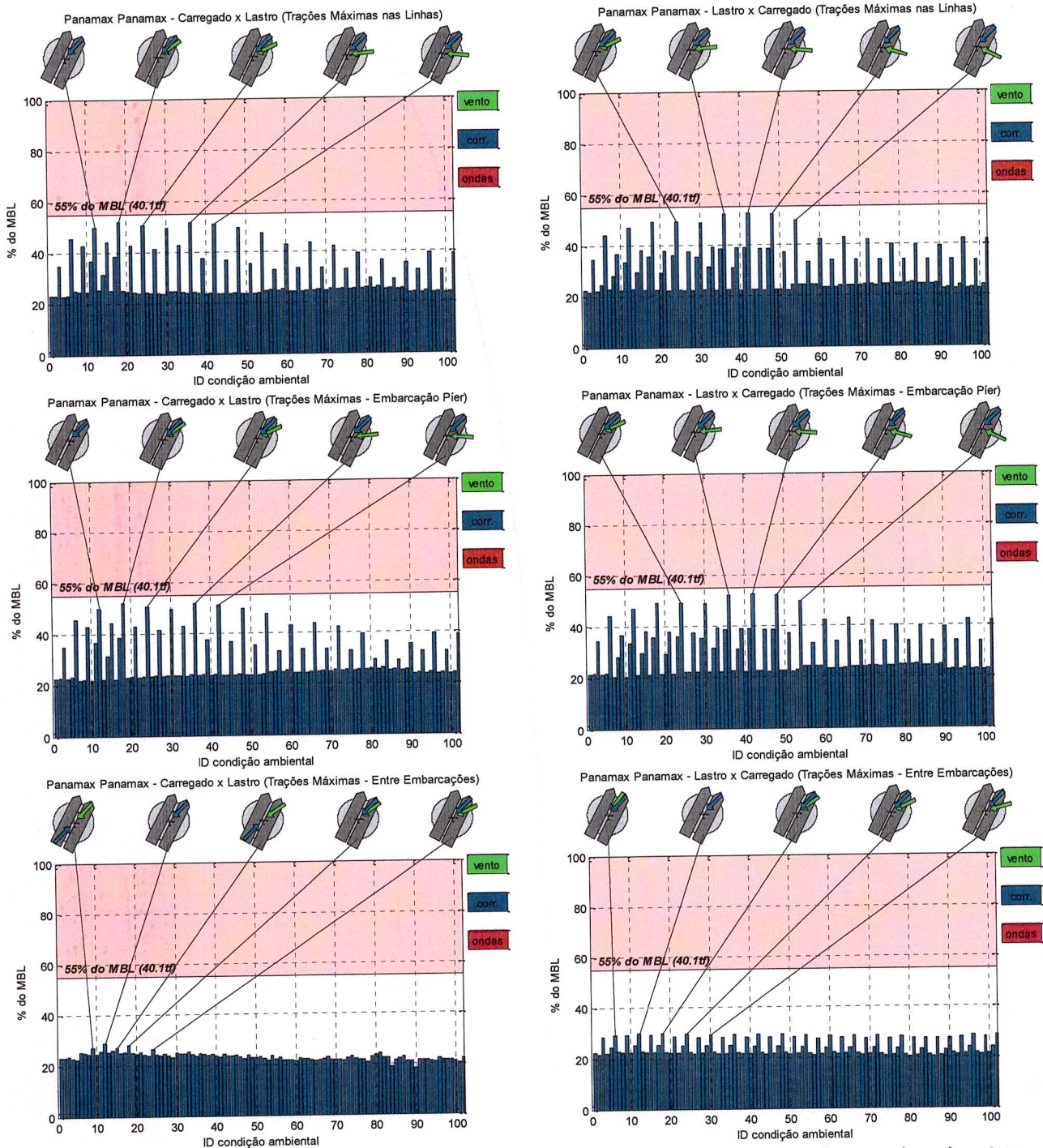
* A distribuição de cargas entre os cabos nas simulações com o Aframax é similar aquelas observadas para o Suezmax, apresentadas no típico anterior. As trações mais elevadas concentram-se nos cabos transversais da popa, ligando a embarcação interna ao pier. Foram observadas trações elevadas no springs de proa, indicando forças longitudinais elevadas na direção NNE.



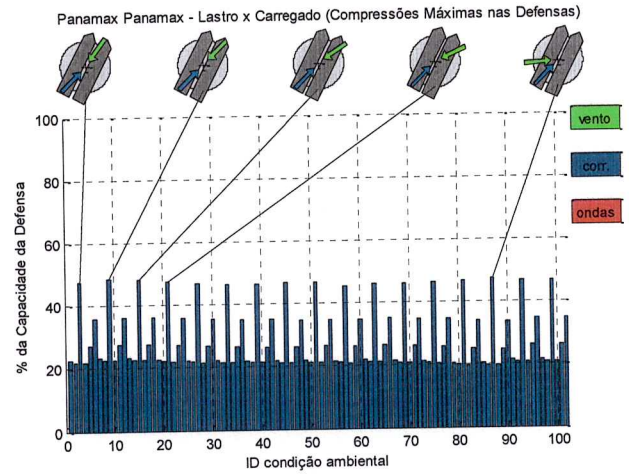
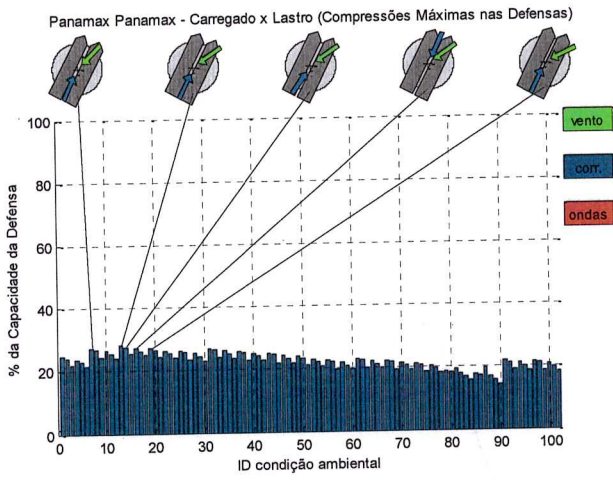
O nível de solicitação das defensas mostrou-se baixo, diferentemente dos casos com o Suezmax.

5.7. Panamax-Panamax - PP4

Neste tópico são apresentados os resultados para a acostagem STS entre 2 Panamax no píer 4.

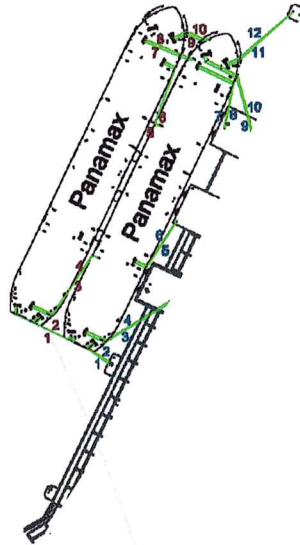


Embora seja a menor dentre as embarcações estudadas, as trações observadas foram elevadas. Isto se deve, assim como nos casos anteriores, à disponibilidade e disposição dos pontos de fixação dos cabos que não permitem a elaboração de um arranjo otimizado. Destaca-se, ainda, que o PP4 possui a menor profundidade dentre os píeres, não permitindo grande folga sob a quilha, mesmo para a embarcação de menor porte. Mesmo assim, as trações mantiveram-se abaixo do critério de falha.

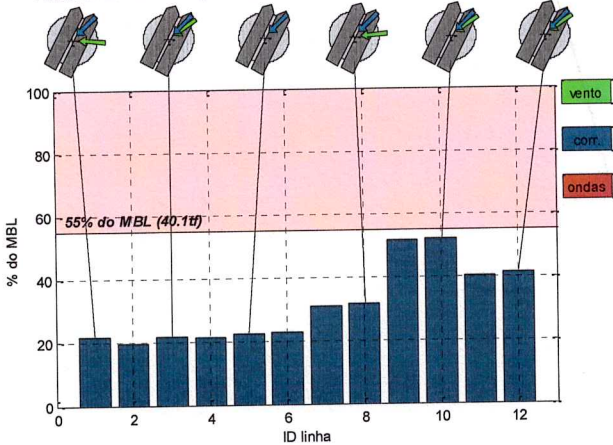


As compressões máximas nas defensas mantiveram-se baixas.

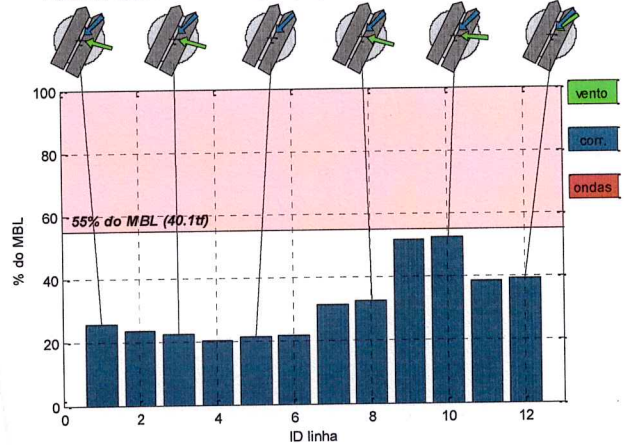
10 cabos entre embarcações
12 cabos entre embarcação e pier



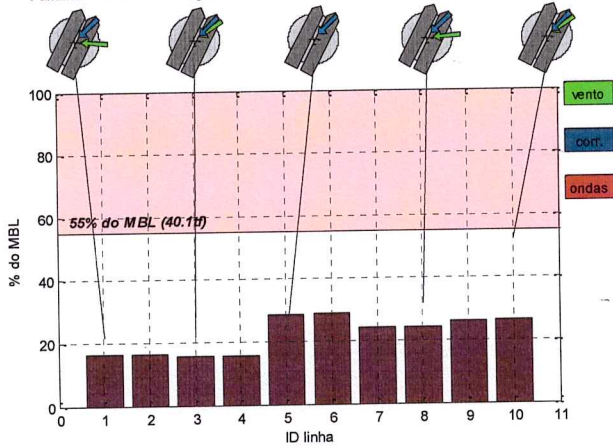
PanamaxPanamax - Carregado xLastro (Trações Máximas por Linha - Embarcação Pier)



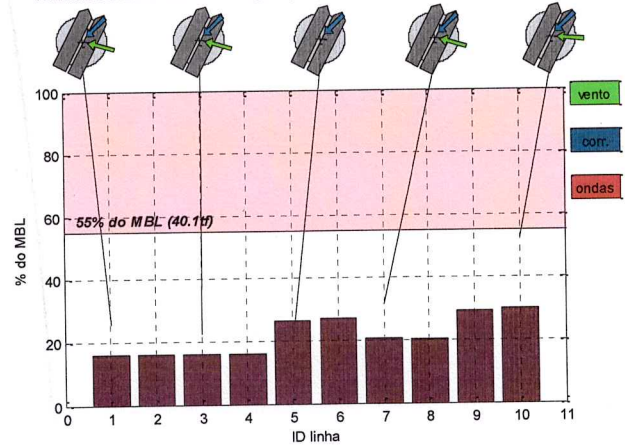
PanamaxPanamax - Lastro xCarregado (Trações Máximas por Linha - Embarcação Pier)



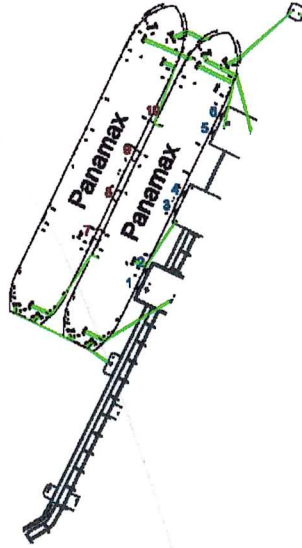
PanamaxPanamax - Carregado xLastro (Trações Máximas por Linha - Entre Embarcações)



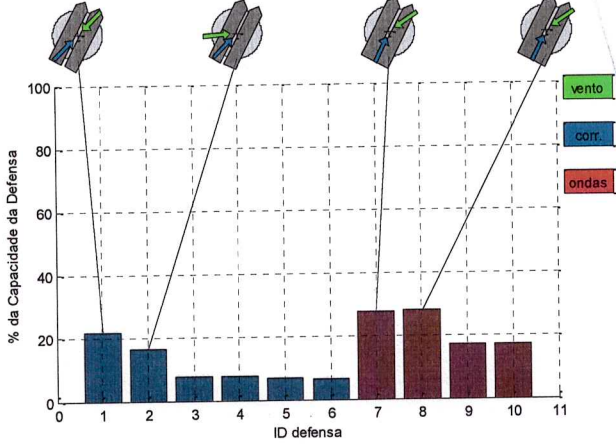
PanamaxPanamax - Lastro xCarregado (Trações Máximas por Linha - Entre Embarcações)



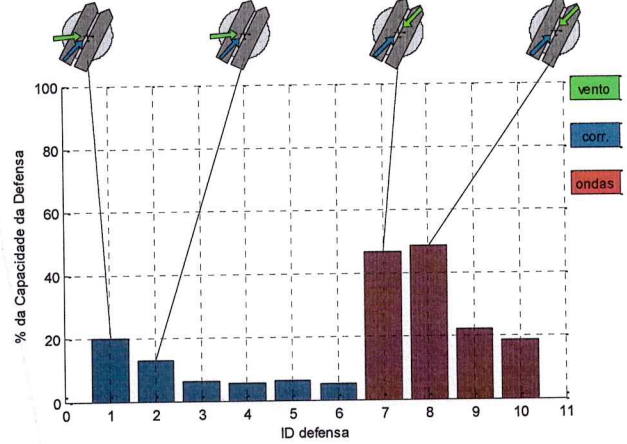
10 defensas pneumáticas entre embarcações
12 defensas pt entre embarcação e pílar



Panamax Panamax - Carregado x Lastro (Compressões Máximas por defesa)



Panamax Panamax - Lastro x Carregado (Compressões Máximas por defesa)



As compressões máximas nas defensas mantiveram-se baixas.

6. Resultados: Disponibilidade

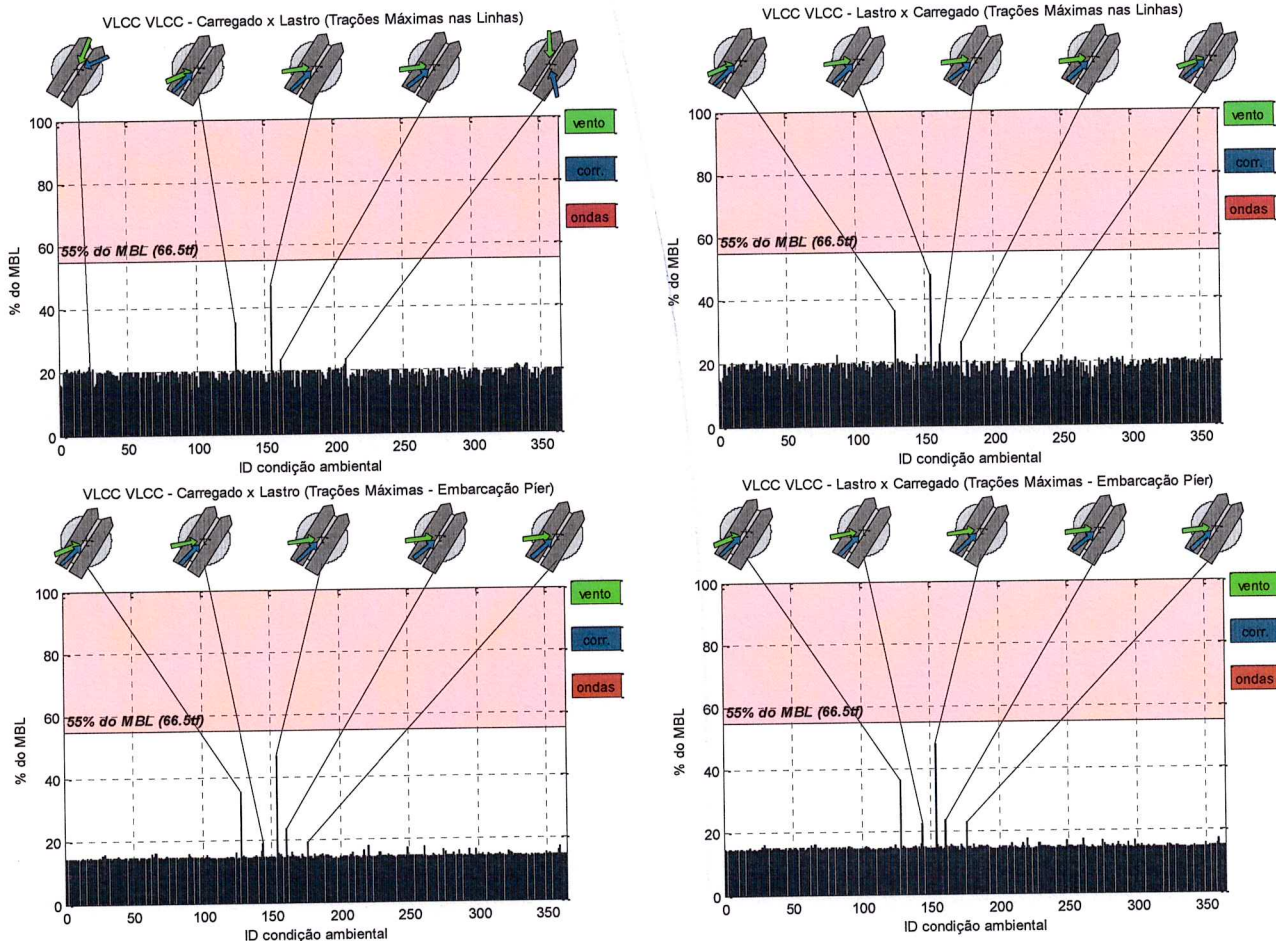
O nível de disponibilidade reflete o percentual do tempo no qual certa operação será possível. Neste caso, esta possibilidade corresponde a níveis de tração ou compressões inferiores aos critérios de projeto. Para avaliar a disponibilidade é importante conhecer as condições ambientais simultâneas em cada instante de tempo ao longo de um dado intervalo.

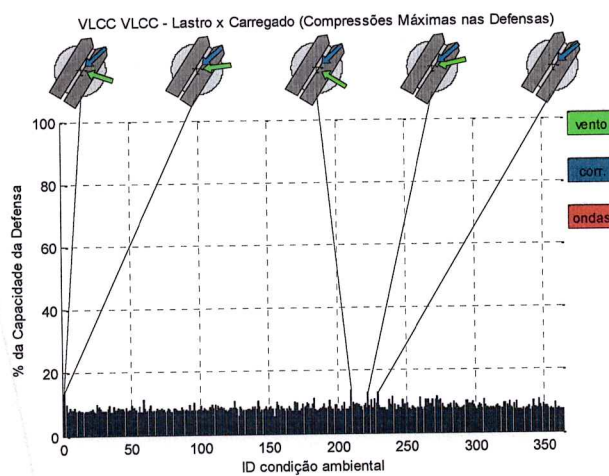
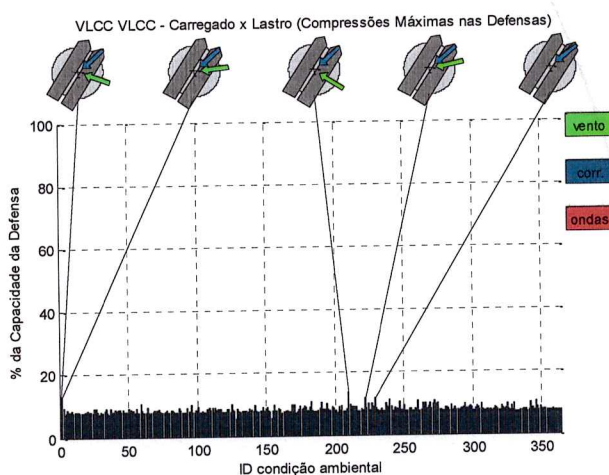
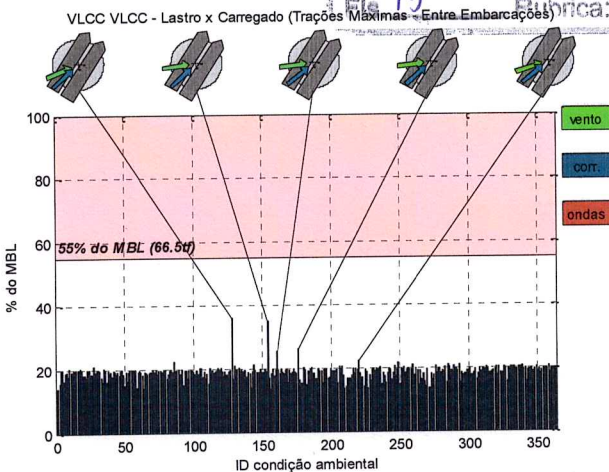
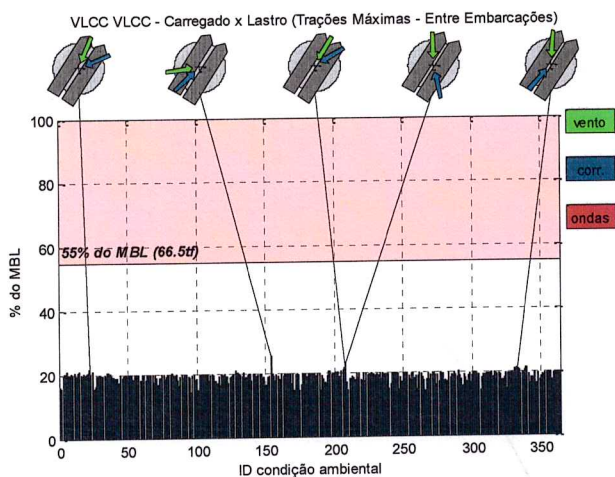
O intervalo de tempo utilizado foi 1 ano, discretizado diariamente e as condições de vento e correnteza simultâneas provêm de simulações numéricas, devidamente calibradas, descrita em [4].

As intensidades observadas no registro de um ano são inferiores às selecionadas para o estudo de casos limite apresentados no tópico anterior. Sendo assim, é esperado que configurações cujas trações máximas mantiveram-se abaixo dos critérios de projeto possuam níveis elevados de disponibilidade.

6.1. VLCC-VLCC - PP1

A seguir são apresentadas as trações máximas observadas ao longo dos 365 dias de ações ambientais sobre o conjunto de 2 VLCCs atracados STS.

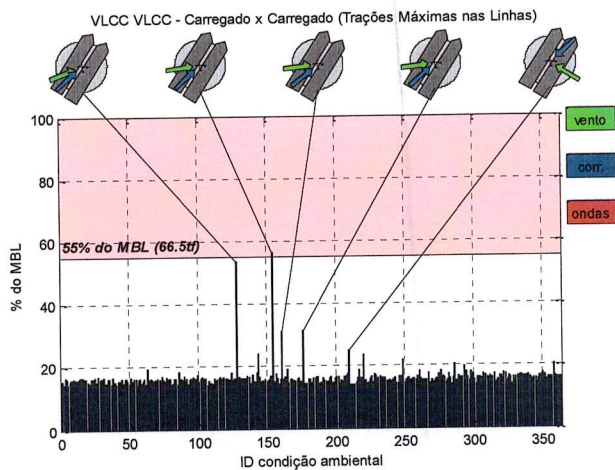


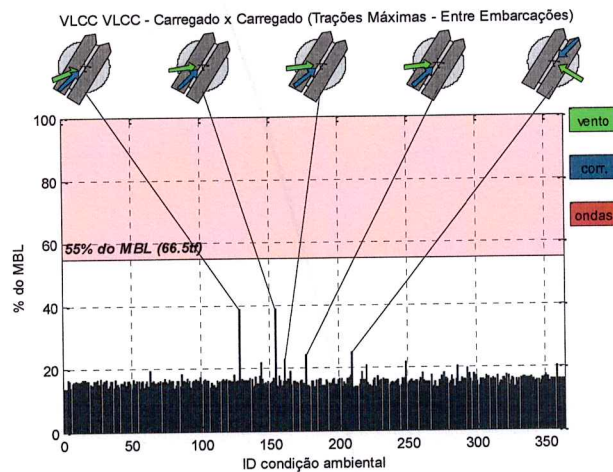
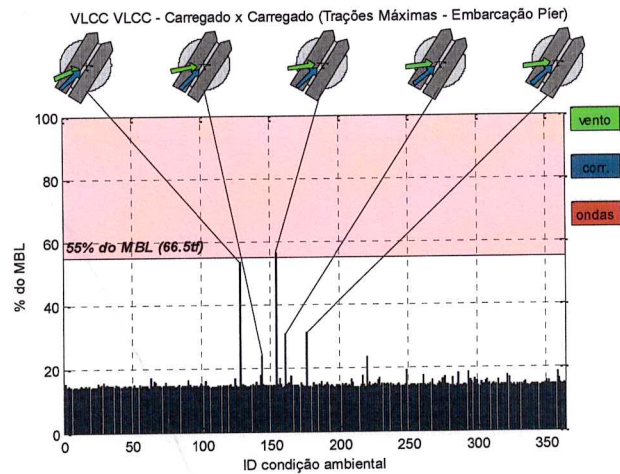


No período analisado o nível de disponibilidade foi de 100% para operação.

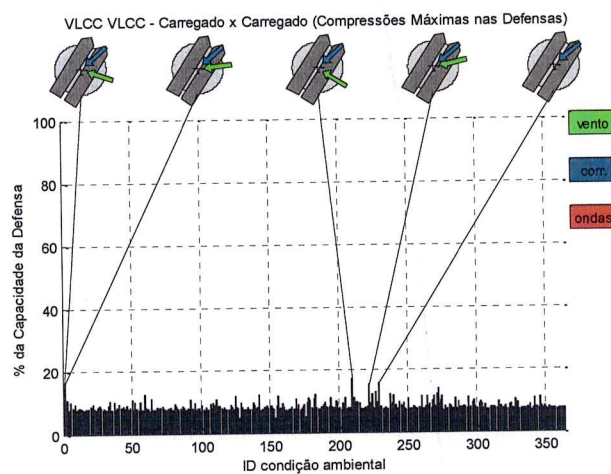
6.1.1. Ambas Carregadas

Foram estudadas as trações e compressões máximas associadas a atracação STS entre duas embarcações do porte VLCC carregadas. Os resultados são apresentados graficamente a seguir.





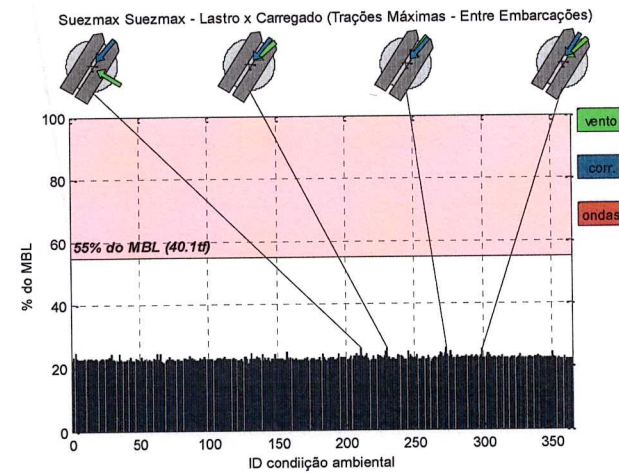
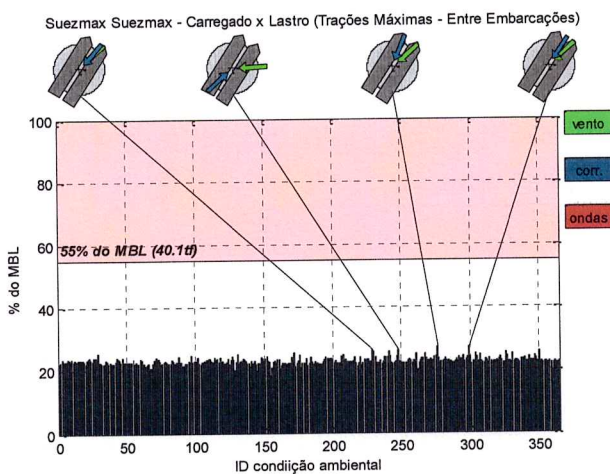
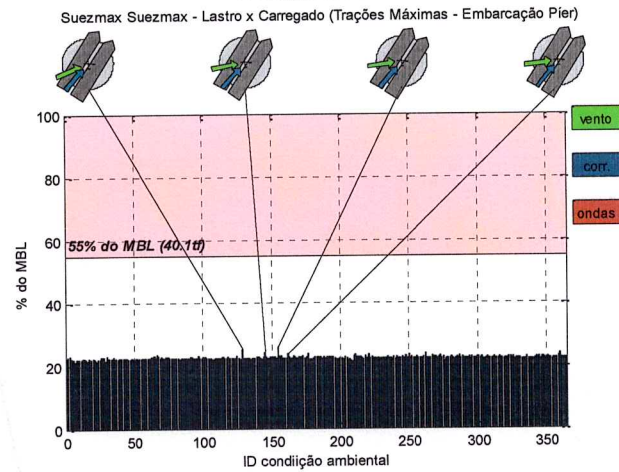
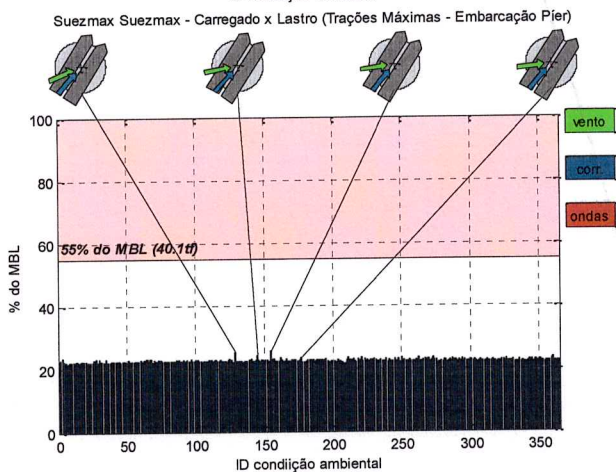
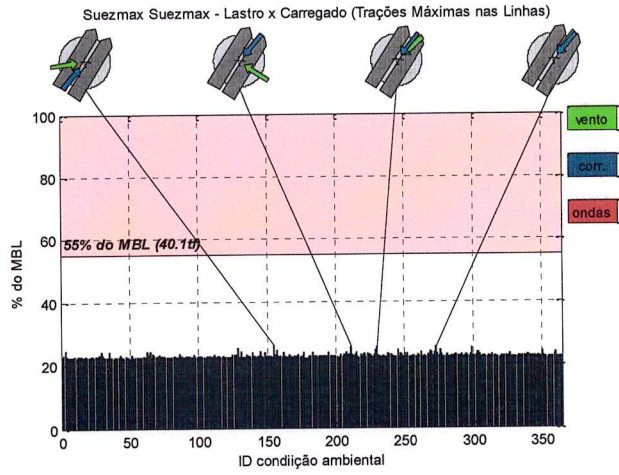
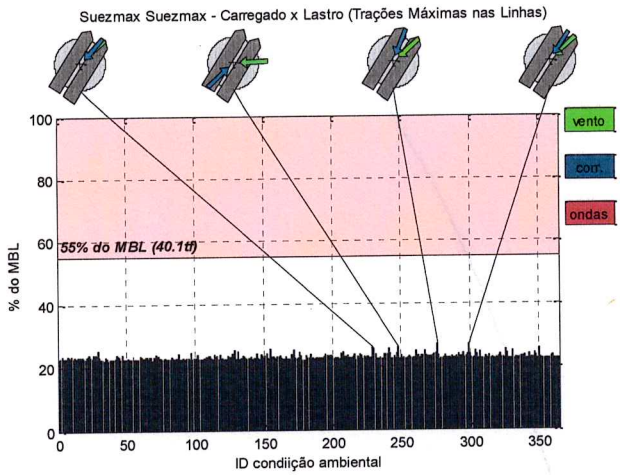
Em média os valores mantiveram-se baixos, inferiores a 20% do MBL, tendo sido registrado apenas 1 caso no qual o critério de projeto foi excedido, o que corresponde a 99,72% de disponibilidade. Em termos absolutos o pico observado é coerente com o estudo de cargas limite, apresentado nos tópicos anteriores.



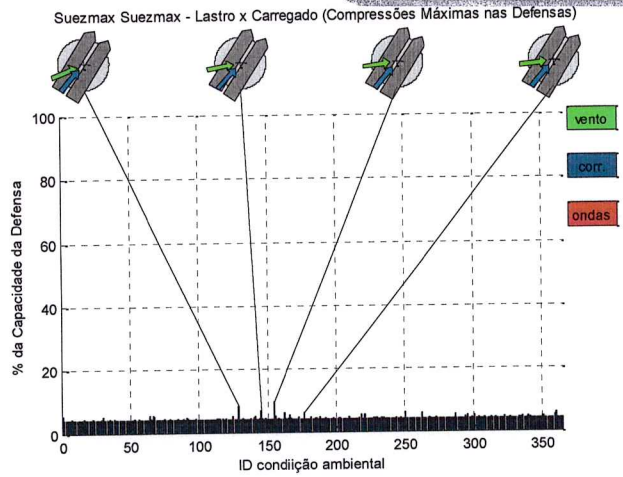
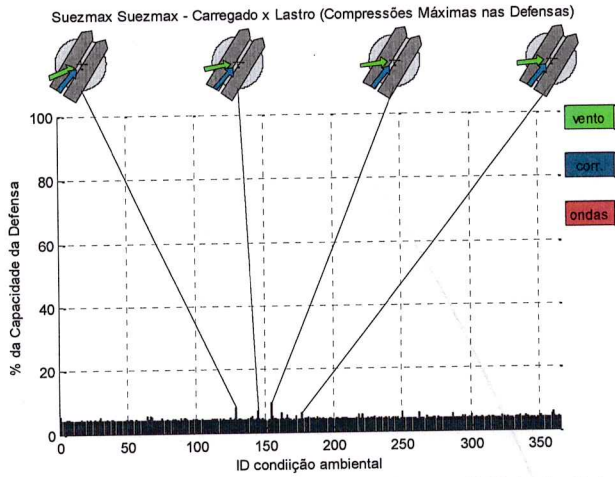
A compressão nas defensas manteve-se inferior a 30% da capacidade das mesmas.

6.2. Suezmax-Suezmax - PP2

A seguir são apresentadas as trações máximas observadas ao longo dos 365 dias de ações ambientais sobre o conjunto de 2 Suezmax atracados STS.



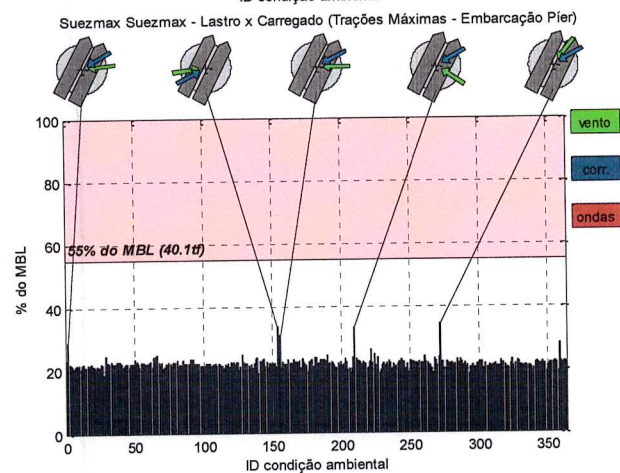
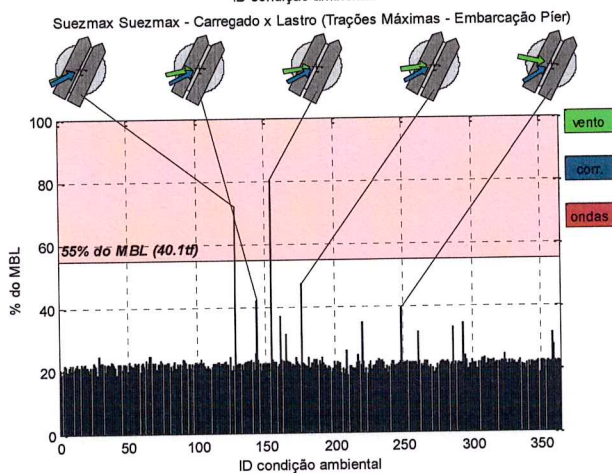
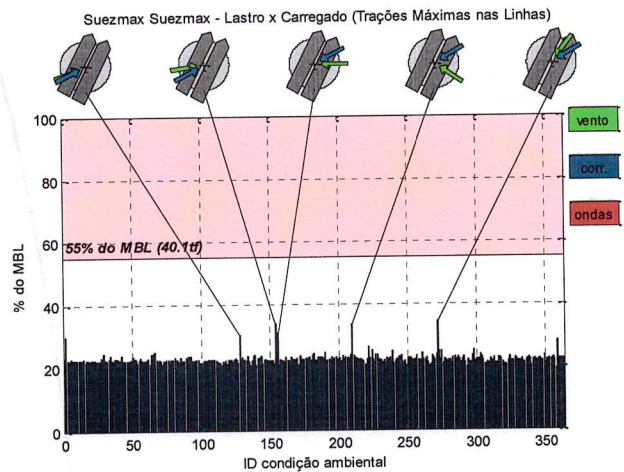
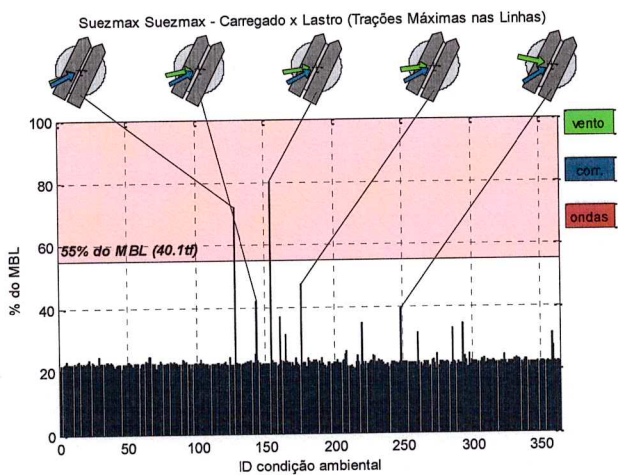
As trações distribuíram-se de modo uniforme, próximas a 20% do MBL, não tendo sido registrados picos e garantindo 100% de disponibilidade.

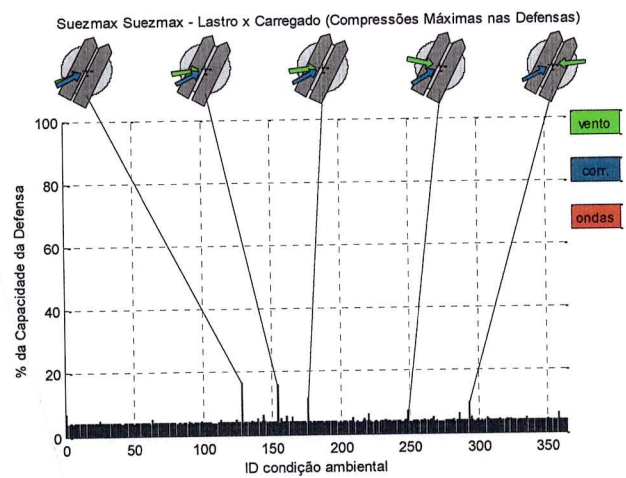
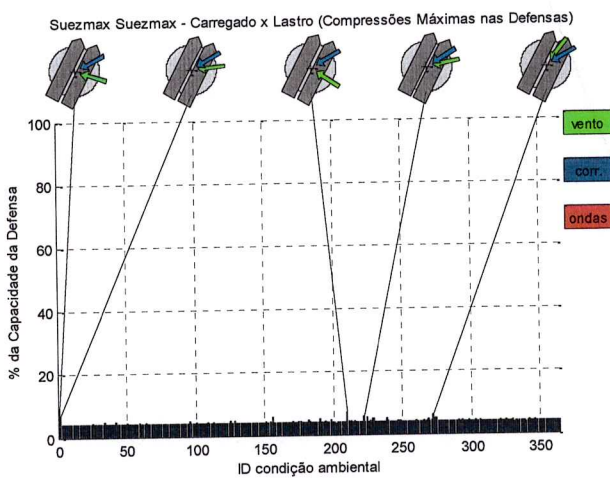
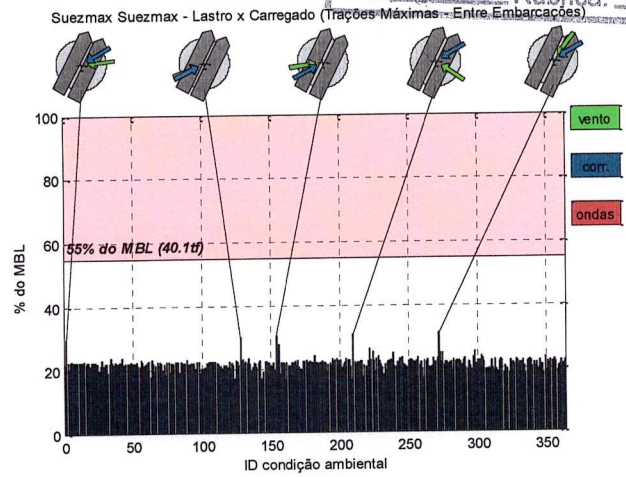
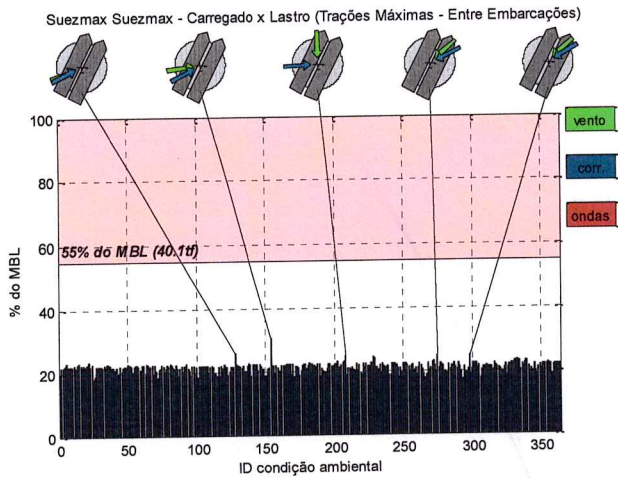


No período analisado o nível de disponibilidade foi de 100% para operação.

6.3. Suezmax-Suezmax - PP3

A seguir são apresentadas as trações máximas observadas ao longo dos 365 dias de ações ambientais sobre o conjunto de 2 Suezmax atracados STS.

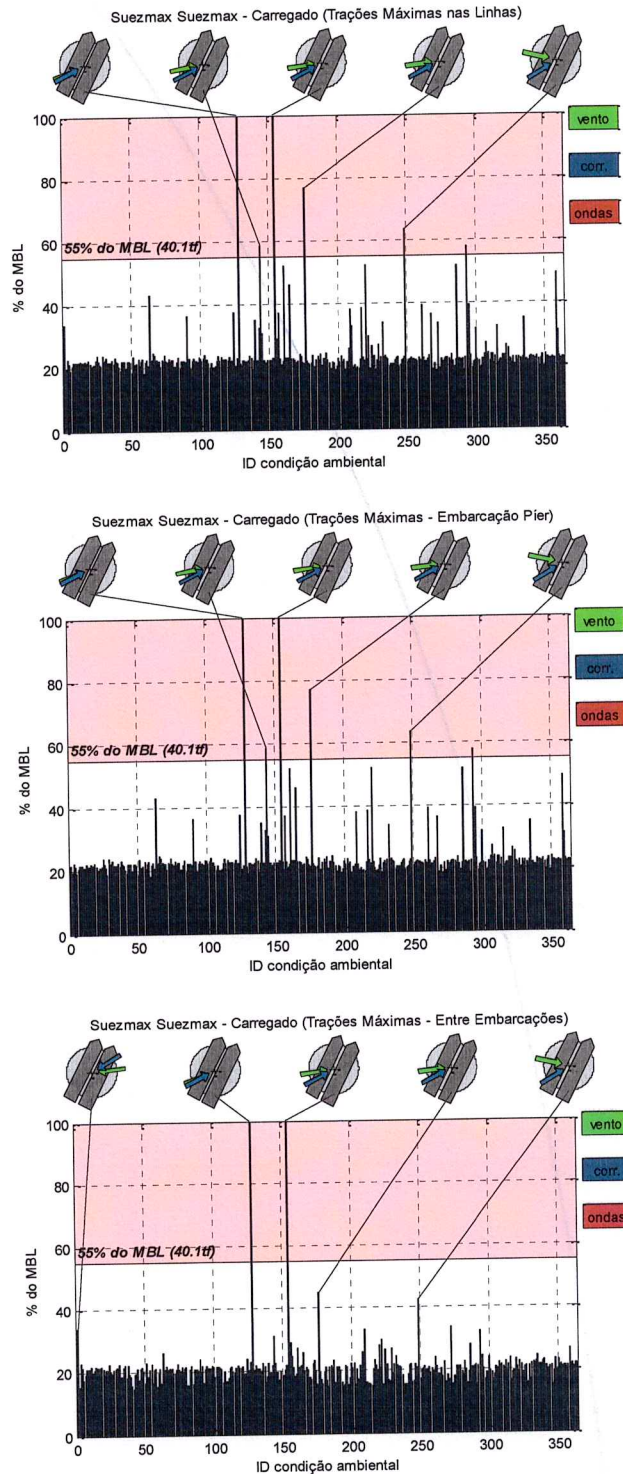




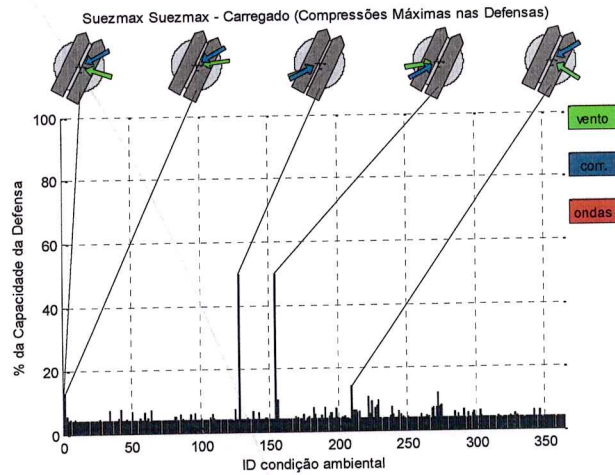
Assim como refletido nos estudos de cargas máximas, certas condições no ano produziram cargas que excederam o critério de 55% do MBL. Neste caso foram 2 situações nas quais as cargas nas linhas alcançou cerca de 80% do MBL. A disponibilidade neste caso foi de 99,45%.

6.3.1. Ambas Carregadas

A seguir são apresentados os resultados de trações e compressões máximas para o registro anual considerando-se duas embarcações tipo Suezmax atracadas ao píer PP3.

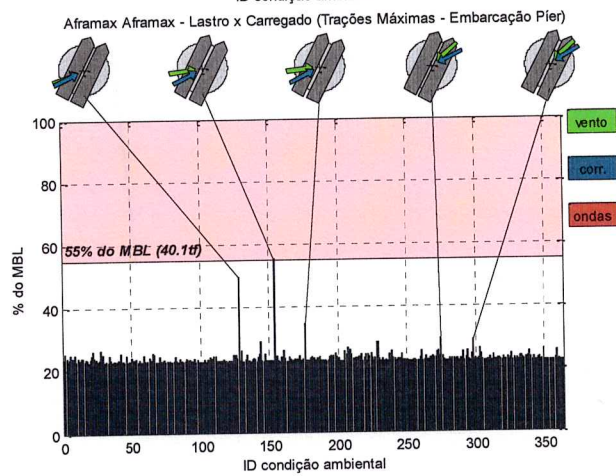
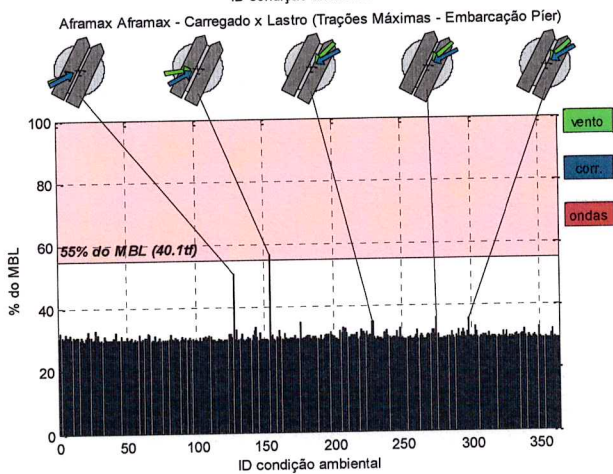
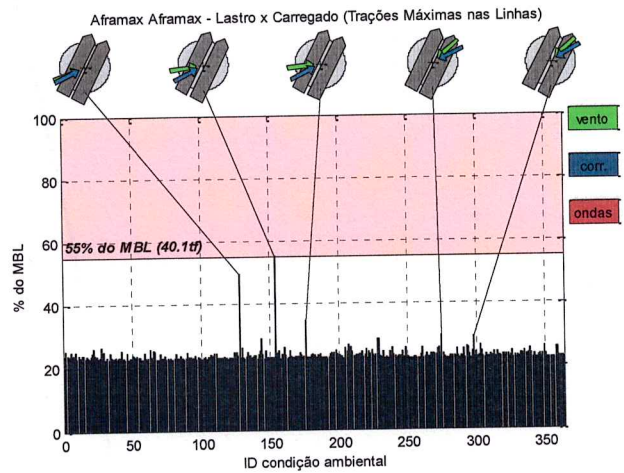
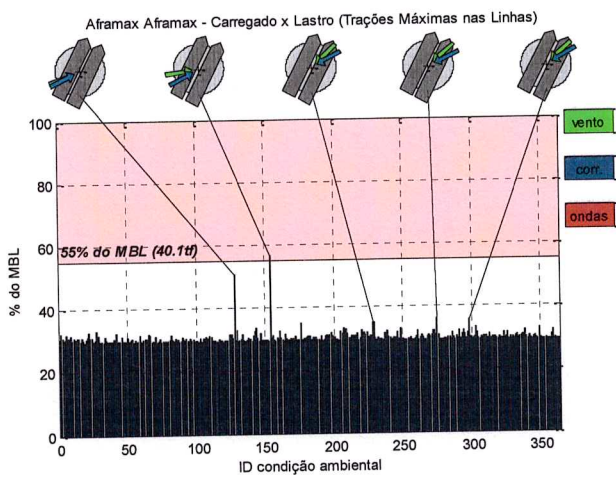


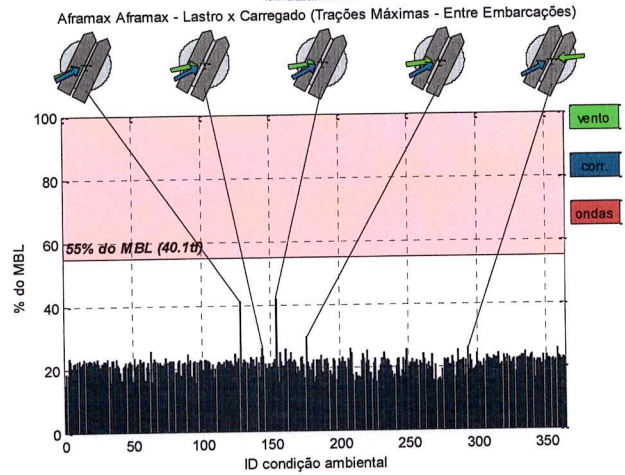
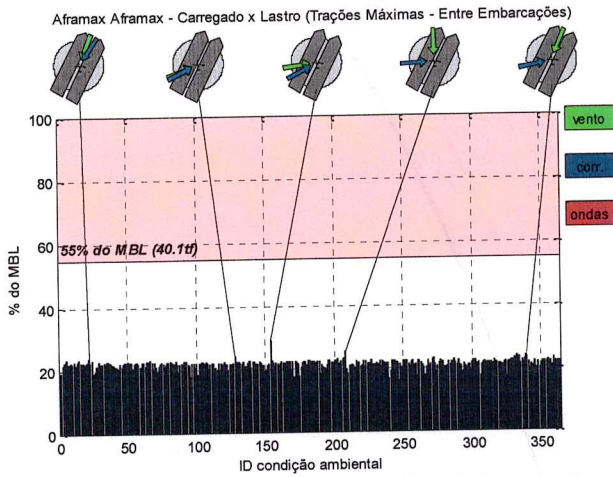
Nestes casos um maior número de casos críticos foi verificado, incluindo situações nas quais a carga de ruptura foi alcançada. Estes resultados são coerentes com o estudo de cargas críticas apresentados anteriormente. O nível de diponibilidade foi de 98,35% ao longo do ano.



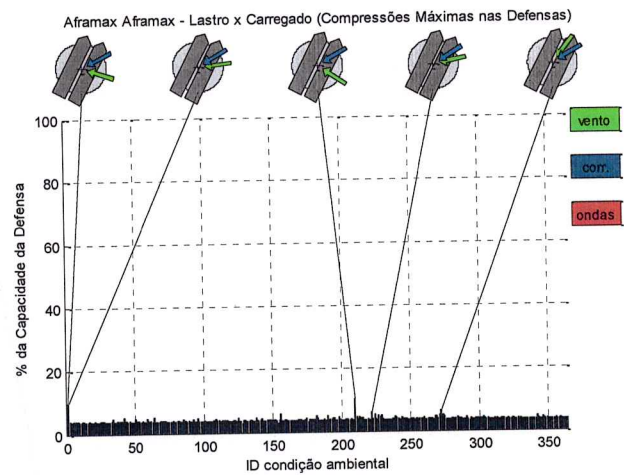
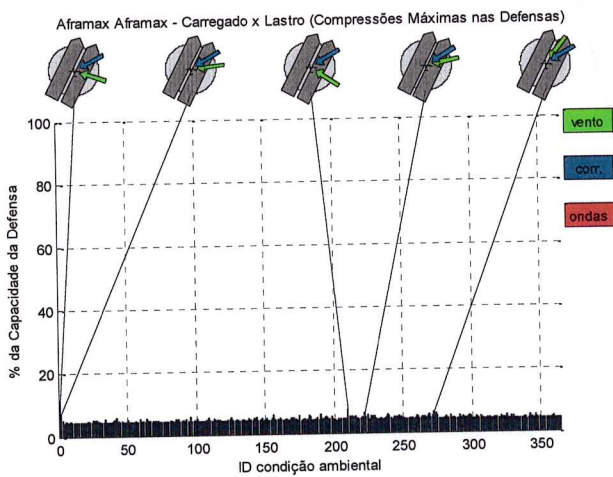
6.4. Aframax- Aframax - PP3

A seguir são apresentados os resultados dos estudos de disponibilidade referentes à atracação das embarcações do porte Aframax no PP3.





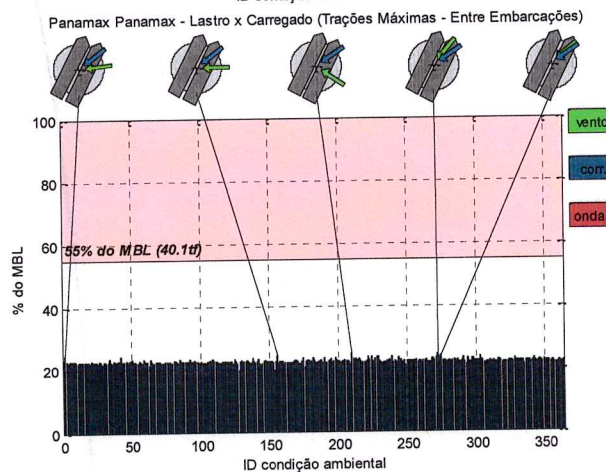
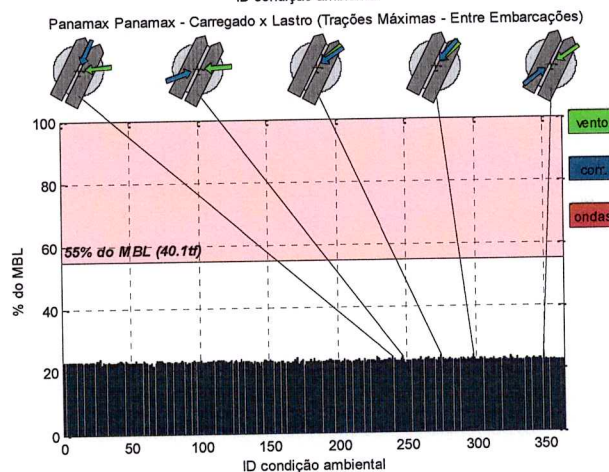
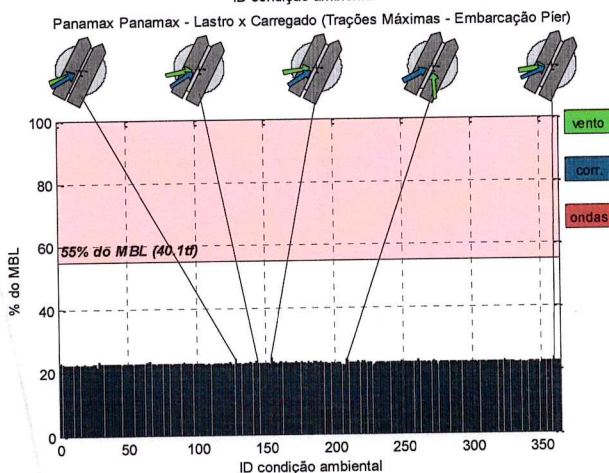
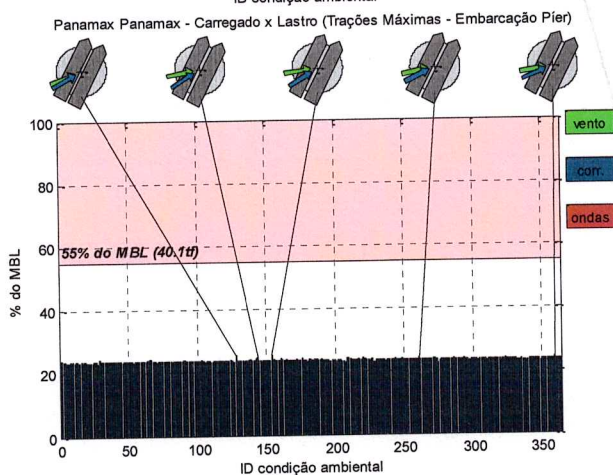
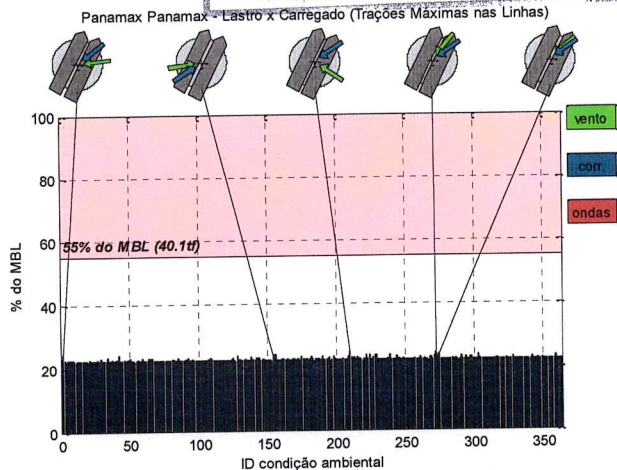
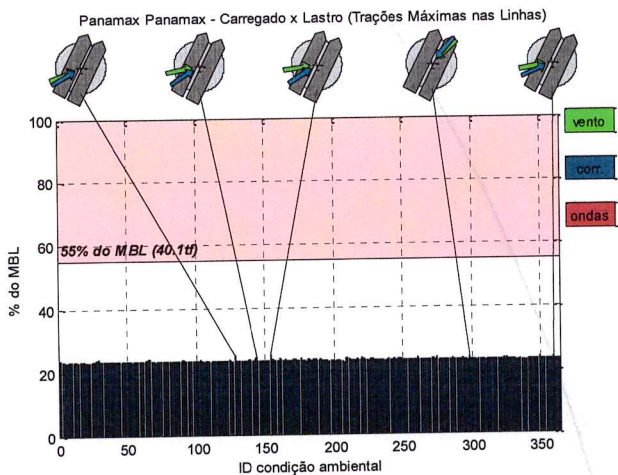
Foram verificados valores de tração máxima ao longo do caso correspondentes a cerca de 20% do MBL na grande maioria dos casos. Apenas duas ocorrências produziram trações superiores ao critério de projeto, de forma que o nível de disponibilidade foi 99,45%.



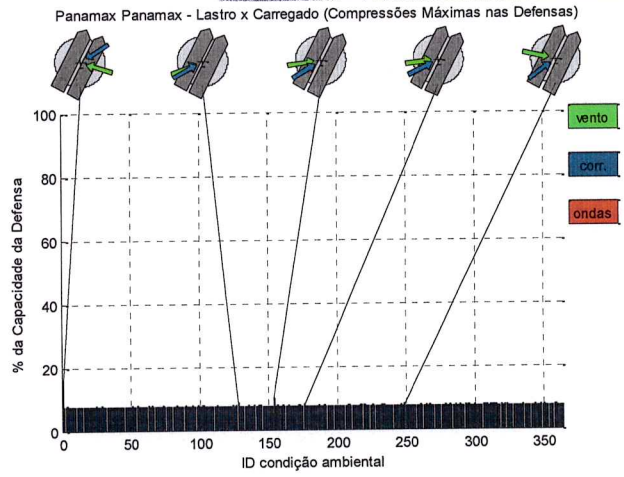
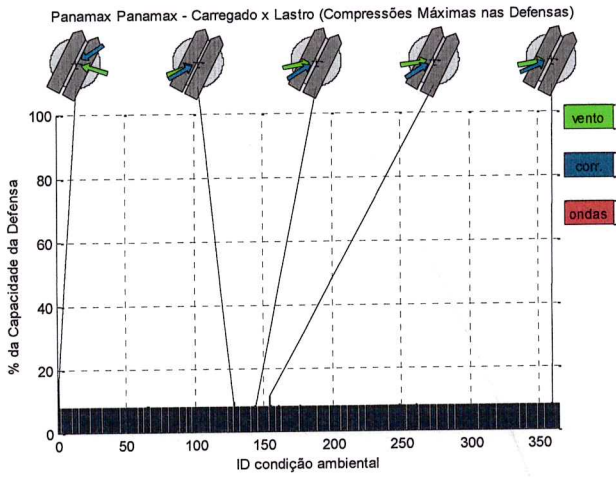
Os níveis de compressão nas defensas mantiveram-se baixos.

6.5. Panamax-Panamax - PP4

A seguir são apresentados os resultados dos estudos de disponibilidade referentes à atracação STS entre dois navios tipo Panamax no PP4.



As trações máximas mantiveram-se próximas de 20% do MBL, muito inferiores ao critério de projeto. Sendo assim a disponibilidade neste caso foi 100%.



7. Conclusões

Visando-se a garantir a abrangência dos resultados, foram criados dois conjuntos de condições ambientais, um combinando-se extensivamente os casos extremos observados nos estudos ambientais, chamado aqui **Cargas Limite**, e outro contendo registros simultâneos de ventos ondas e correntes referentes ao período de um ano, este empregado no estudo de **Disponibilidade**. Como esperado, o primeiro conjunto produziu muitos casos onde as cargas foram elevadas, excedendo os critérios de projeto. Isto se deve ao estudo de Cargas Limite não discriminar a probabilidade de ocorrência dos eventos e incorporar apenas situações extremas. O estudo de Disponibilidade refletiu alguns casos com as mesmas magnitudes máximas observadas no estudo de Cargas Limite, entretanto em um número muito pequeno de ocorrências ao longo do ano. Sendo assim, todos os casos apresentaram níveis elevados de disponibilidade. Entretanto, o estudo de disponibilidade restringe-se ao horizonte de um ano, de modo que é imprudente considerar apenas estes resultados.

Destaca-se que o arranjo de linhas depende das dimensões e disposição de guinchos, buzinas e rodets nas embarcações de modo que reduzir as dimensões da embarcação não necessariamente garante a segurança da operação. Esta afirmação fica clara quando são comparados os resultados referentes ao berço sul com aqueles associados ao berço norte. Foram observadas trações equivalentes entre embarcações de distinto porte, VLCC e Aframax, graças ao arranjo desfavorável de pontos de fixação das linhas no píer. Neste sentido, o píer sul, embora sujeito a correntes mais elevadas, é mais bem preparado para receber operações STS.

Em particular a atracação STS entre dois Suezmax no PP3 mostrou-se crítica, pois apresentou inúmeras situações nas quais as trações nas linhas atingem o limite de ruptura das linhas, tanto no estudo de cargas limite quanto de disponibilidade. A redução das embarcações para o porte Aframax produziu redução nas cargas, porém estas ainda mostraram-se superiores ao critério de projeto, indicando que o layout do píer norte é desfavorável à amarração e por isso limita as operações STS.

A situação em que as duas embarcações encontram-se carregadas mostrou-se mais críticas, uma vez que a intensa correnteza é o agente ambiental mais importante nesta situação. A amarração entre Suezmax no PP3, que já havia se mostrado inviável, apresentou mais casos de falha nos cabos. No caso dos VLCCs no berço sul, a elevação nas cargas fez com que um maior número de cabos excedesse o critério de 55% do MBL.

O resumo das trações máximas nos cabos e compressões máximas nas defensas é apresentado na Tabela 22. Os resultados são apresentados em termos das capacidades de cada elemento, ressaltando que o critério de falha para os cabos é 55% do MBL e no caso das defensas é 100% da sua capacidade nominal.

Tabela 22 Resumo das cargas máximas em termos da capacidade de cada elemento

RESUMO DAS CARGAS NO SISTEMA DE AMARRAÇÃO	Tração Max. Cabos	Compressão Max. Defensas
<i>VLCC Carregado x VLCC Lastro no PP1</i>	59.6%	18.2%
<i>VLCC Lastro x VLCC Carregado no PP1</i>	60.6%	19.3%
<i>VLCC Carregado x VLCC Carregado no PP1</i>	75.6%	24.2%
<i>Suezmax Carregado x Suezmax Lastro PP2</i>	52.4%	16.7%
<i>Suezmax Lastro x Suezmax Carregado PP2</i>	56.5%	20.5%
<i>Suezmax Carregado x Suezmax Lastro PP3</i>	100.0%	50.0%
<i>Suezmax Lastro x Suezmax Carregado PP3</i>	83.8%	23.1%
<i>Suezmax Carregado x Suezmax Carregado PP3</i>	100.0%	75.3%
<i>Aframax Carregado x Aframax Lastro PP3</i>	79.9%	10.2%
<i>Aframax Lastro x Aframax Carregado PP3</i>	67.8%	13.1%
<i>Panamax Carregado x Panamax Lastro PP4</i>	52.0%	21.8%
<i>Panamax Lastro x Panamax Carregado PP4</i>	52.4%	22.1%

Os resultados aqui apresentados devem ser interpretados sempre à luz do conjunto de hipóteses feitas no presente estudo. Além disso, sabe-se que as cargas nos elementos da amarração são dependentes do arranjo adotado e, assim sendo, os resultados obtidos referem-se a arranjos iguais ou próximos àqueles adotados, sempre observando as recomendações OCIMF.



8. Referências

- [1] OCIMF, " Oil Companies International Marine Forum , Mooring Equipments Guideline", 3ª edição, 2008
- [2] OCIMF, "Oil Companies International Marine Forum, Prediction of wind and current loads on VLCCs", 1982.
- [3] OCIMF, "Oil Companies International Marine Forum, Ship to Ship Transfer Guide for Petroleum, Chemicals and Liquefied Gases", First Edition, 2013
- [4] Castro, B., Pereira, A. F. Estudo Hidrodinâmico do Canal de São Sebastião, Junho 2014
- [5] PIANC, "Guidelines for Design of Fenders Systems: 2002", International Navigation Association, 2002
- [6] P_er Sul REV A.dwg (Desenhos do píer Sul)
- [7] P_er Norte.dwg (Desenhos do píer Norte)

ATA n°
68018/2016
Fls. 88 Rubrica: *moj*

9. Anexo

Castro, B., Pereira, A. F. Estudo Hidrodinâmico do Canal de São Sebastião, Junho 2014