



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 2019



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



Universidade de São Paulo



Tanque de Provas Numérico

Projeto

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

RESULTADOS DE AMARRAÇÃO

| PROJETO | | | | | | |
|--|--|------------|------------|--------------------------------|-----------|-----------|
| Análise de operação a contrabordo no Terminal Aquaviário de São Sebastião - SP (TEBAR) | | | | | | |
|  | CÓDIGO DO RELATÓRIO | | | TÍTULO DO RELATÓRIO | | |
| | RT1 – revC | | | RESULTADOS DE AMARRAÇÃO | | |
| CLIENTE | COORDENADOR CLIENTE | | | COORDENADOR TPN | | |
|  | Gerência de Eficiência Operacional e Novas Operações | | | Prof. Dr. Eduardo Aoun Tannuri | | |
| | EQUIPE TPN-USP / 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 | 07/04/2015 | 05/11/2019 | | |
| EXECUÇÃO | RSL | RSL | RSL | EAT | | |
| VERIFICAÇÃO | EAT | EAT | EAT | | | |
| APROVAÇÃO | EAT | EAT | EAT | | | |

Sumário

| | |
|---|----|
| SUMÁRIO EXECUTIVO | 5 |
| 1. Introdução | 8 |
| 2. Dados das embarcações..... | 10 |
| 2.1. Coeficientes de Vento e Correnteza..... | 11 |
| 3. Condições ambientais de simulação | 17 |
| 3.1. Correnteza..... | 17 |
| 3.2. Vento | 19 |
| 3.3. Combinações Analisadas..... | 21 |
| 4. Modelo de Amarração | 22 |
| 4.1. Premissas e Critérios | 22 |
| 4.2. Dados dos Cabos e Defensas..... | 22 |
| 4.3. Arranjos de Amarração | 31 |
| 5. Resultados: Condições Limite..... | 35 |
| 5.1. Apresentação dos Resultados | 35 |
| 5.2. VLCC-VLCC - PP1 | 37 |
| 5.1. Suezmax - Suezmax – PP1 | 41 |
| 5.2. VLCC-VLCC – PP1 (Ambas carregadas) | 45 |
| 5.3. Suezmax-Suezmax - PP2..... | 48 |
| 5.4. Suezmax-Suezmax - PP3..... | 51 |
| 5.5. Suezmax-Suezmax-PP3 (Ambas Carregadas) | 54 |
| 5.6. Aframax- Aframax - PP3 | 57 |
| 5.7. Panamax-Panamax - PP4..... | 60 |
| 5.8. Handysize – PSV – PP4 | 64 |
| 6. Resultados: Disponibilidade | 68 |
| 6.1. VLCC-VLCC - PP1 | 69 |
| 6.2. VLCC-VLCC – PP1 (Ambas carregadas) | 71 |
| 6.3. Suezmax – Suezmax – PP1 | 73 |
| 6.4. Suezmax-Suezmax - PP2..... | 75 |
| 6.5. Suezmax-Suezmax - PP3..... | 77 |
| 6.6. Suezmax-Suezmax-PP3 (Ambas Carregadas) | 79 |
| 6.7. Aframax- Aframax - PP3 | 81 |
| 6.8. Panamax-Panamax - PP4..... | 83 |
| 6.9. Handysize – PSV – PP4 | 85 |

| | |
|-------------------------------|----|
| 7. Limites Operacionais | 87 |
| 9. Referências | 91 |
| 10. Anexo..... | 92 |

SUMÁRIO EXECUTIVO

Este relatório avaliou o sistema de amarração e acostagem de navios operando a contrabordo nos diversos berços do Terminal Aquaviário de São Sebastião (TEBAR-SP). Os navios analisados e suas condições de carregamento são apresentados na Tabela 1, e as configurações dos mesmos no terminal em operação a contrabordo são apresentados na Figura 1.

Tabela 1 Características principais dos navios analisados

| Navio | PSV 5000 | Handysize | Panamax | Aframax | Suezmax | VLCC |
|-------------------|----------|-----------|---------|---------|---------|--------|
| DWT (ton) | 5000 | 17700 | 59335 | 105000 | 140000 | 260000 |
| LOA (m) | 93.0 | 161.0 | 207.0 | 244.7 | 274.5 | 326.0 |
| B (m) | 18.0 | 23.4 | 32.2 | 42.0 | 48.0 | 56.6 |
| T Carregado (m) | 7.0 | 8.1 | 12.5 | 15.1 | 17.0 | 22.3 |
| T Lastro (m) | | 7.6 | 7.5 | 8.0 | 9.0 | 10.0 |
| Δ Carregado (ton) | 8700 | 23747 | 73000 | 145000 | 180570 | 325225 |
| Δ Lastro (ton) | | 20200 | 18000 | 82000 | 95945 | 134771 |

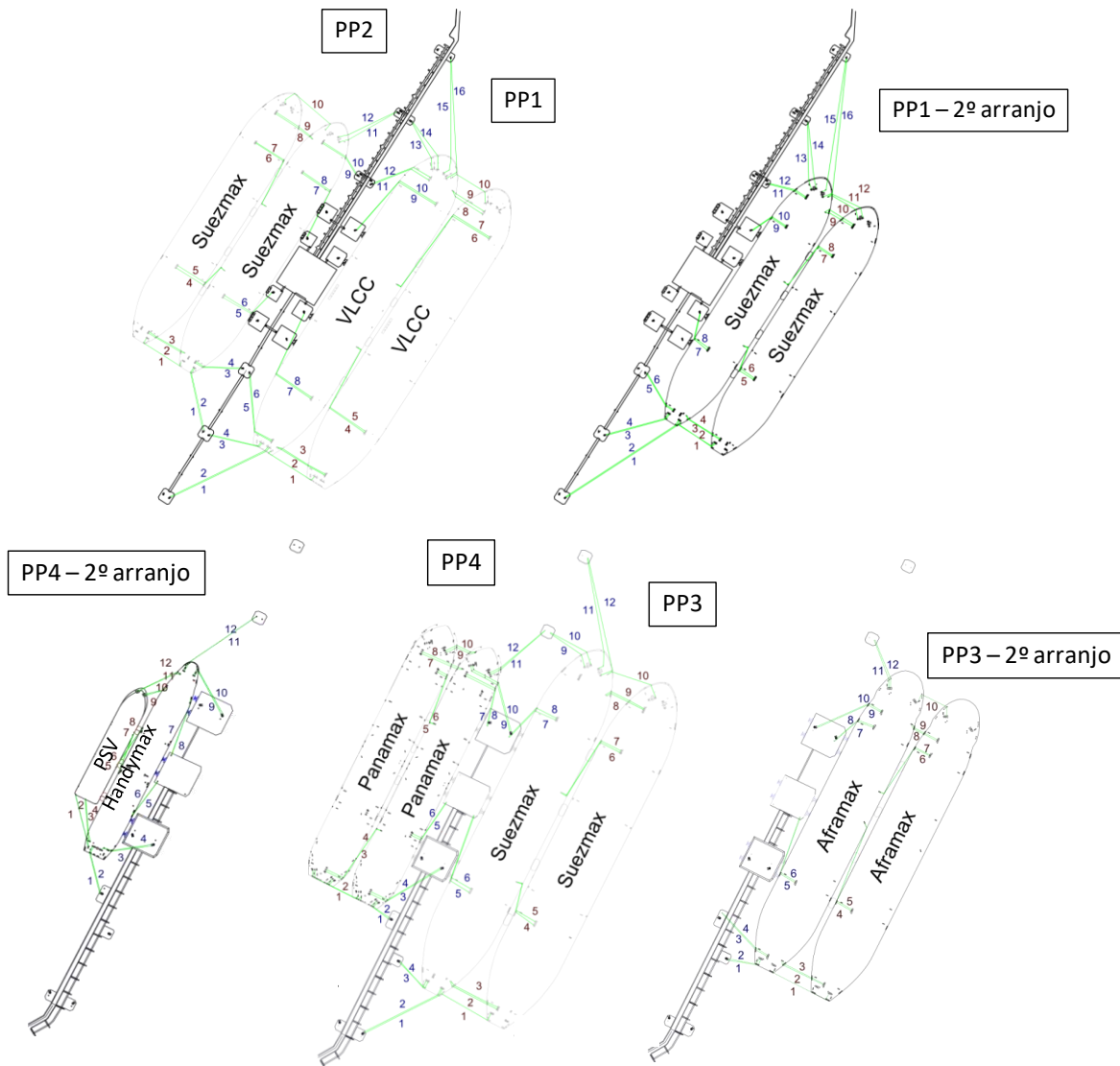


Figura 1 Arrancos de amarração e configurações de navios analisados

A avaliação considerou condições simultâneas de ventos e correntes nos berços, correspondentes a amostras diárias ao longo de 1 ano típico (1992), bem como condições combinadas de vento e correntes extremos anuais. Os dados ambientais foram obtidos a partir de simulações numéricas calibradas [4].

A Tabela 2 mostra os resultados das cargas máximas em cada elemento da amarração, sendo que o limite admitido para os cabos corresponde a 55% do seu Minimum Breaking Load (MBL). Para as defensas e cabeços os valores percentuais são dados em relação ao valor máximo da carga de projeto destes elementos. Estes valores foram obtidos para as condições ambientais diárias ao longo de 1 ano.

Deve-se destacar que quando não indicado, avaliaram-se as situações do navio interno carregado e o navio a contrabordo em lastro, e vice versa. Em alguns casos indicados como “carregado”, consideram-se os dois navios carregados.

Tabela 2 Resultados das cargas máximas nos cabos e defensas para condições vento/corrente simultâneas de 1 ano

| | PP1 | | | PP2 | PP3 | | | PP4 | |
|--|-------------|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| | VLCC / VLCC | VLCC / VLCC carregados | Suezmax / Suezmax | Suezmax / Suezmax | Suezmax / Suezmax | Suezmax / Suezmax carregados | Aframax / Aframax | Panamax / Panamax | Handysize / PSV |
| Carga Máxima Cabos entre navio e pier | 50% MBL | 56% MBL | 85% MBL | 24% MBL | 80% MBL | 100% MBL | 56% MBL | 23% MBL | 38% MBL |
| Carga Máxima Cabos entre navios | 35% MBL | 40% MBL | 75% MBL | 24% MBL | 31% MBL | 100% MBL | 42% MBL | 22% MBL | 18% MBL |
| Carga Máxima Defensas | 14% máx | 18% máx | 8% máx | 10% máx | 18% máx | 51% máx | 10% máx | 8% máx | 3% máx |
| Dias de falha em 1 ano (total 365) | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 6 | 2 | 0 | 0 |

Pode-se verificar que houve situação ambiental dentro das analisadas em que houve possibilidade das cargas nos cabos ultrapassarem os limites de projeto. Estas situações são raras, ocorrendo em até 6 dias ao longo dos 365 dias analisados.

Para a operação de algumas configurações de navios no PP1 e no PP4, avaliaram-se em seguida os limites operacionais, que correspondem às velocidades máximas de vento e/ou corrente que podem atuar no berço mantendo a integridade do sistema de amarração. As figuras a seguir mostram 10.000 combinações de vento/corrente em direções possíveis (corrente até 6 nós, vento até 60 nós), sendo os pontos em verde indicando a viabilidade da operação e os vermelhos o oposto. A linha azul define os limites de segurança. A Tabela 3 apresenta uma proposta de limite ambiental seguro, em que caso o vento e a corrente mantenham-se abaixo destes valores, os navios podem ser mantidos amarrados com segurança. Em caso de condição ambiental de maior intensidade, deve-se definir uma operação de contingência para garantir a segurança.

Deve-se destacar que o arranjo menos simétrico dos cabos do Suezmax no PP1 em relação ao VLCC reduz a eficiência da amarração, fazendo com que a corrente limite para a operação do Suezmax seja inferior, embora os navios possuam menor porte. Devido à constatação que os esforços no PP2 com dois navios de porte Suezmax atracados a contrabordo são menores que no PP1, pode-se adotar, com segurança, os mesmos limites ambientais do PP1 ao PP2.

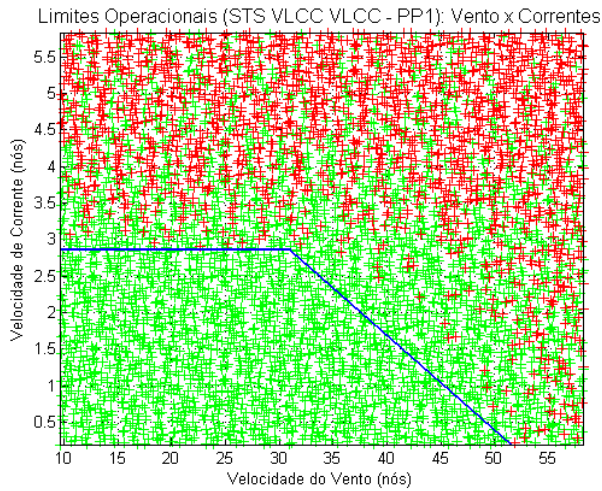


Figura 2 Limite ambiental para VLCC-VLCC no PP1

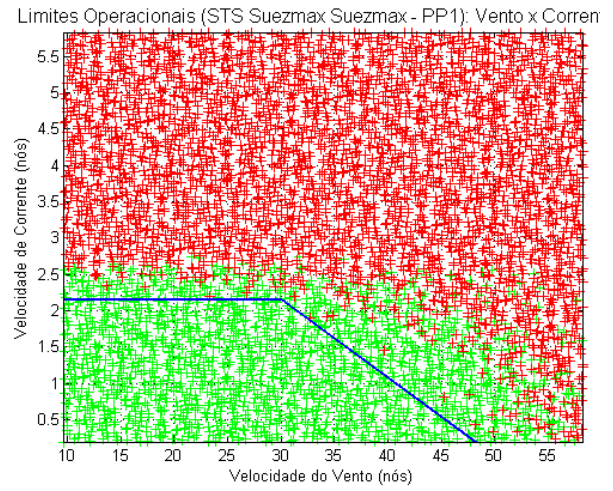


Figura 3 Limite ambiental para Suezmax/Suezmax no PP1

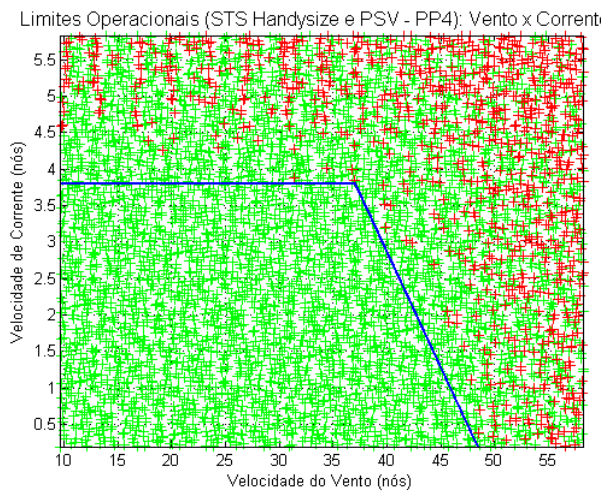


Figura 4 Limite ambiental para Handysize/PSV no PP4

Tabela 3 Limites ambientais (vento/corrente) para operação PP1, PP2 e PP4

| | PP1 | | PP2 | PP4 |
|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | VLCC / VLCC | Suezmax / Suezmax | Suezmax / Suezmax | Handysize / PSV |
| Limite Ambiental | Corrente < 2.8 nós Vento < 30 nós | Corrente < 2.1 nós Vento < 30 nós | Corrente < 2.1 nós Vento < 30 nós | Corrente < 3.7 nós Vento < 37 nós |

1. Introdução

O presente relatório faz parte dos estudos acerca da atracação a contra bordo no Terminal Aquaviário de São Sebastião, SP, Figura 5. 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 e Suezmax no seu berço externo.



Figura 5 TEBIG (área de estudo) com uma embarcação tipo VLCC atracada no berço externo e outra do tipo Suezmax no berço interno

Planeja-se avaliar 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 PP1 - 2 navios de classe Suezmax
- 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
- Berço PP4 – 1 navio do porte Handysize e uma embarcação PSV

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 seguir são apresentadas tabelas descrevendo as dimensões principais das embarcações empregadas nas análises, sendo a menor delas um PSV (*Platform Supply Vessel*) de 5.000 TPB e a maior delas um VLCC de 260.000 TPB.

Tabela 4 – Dimensões principais – PSV– 5.000 TPB

| | |
|---|------|
| Deslocamento (ton) | 8700 |
| Calado (m) | 7,0 |
| Comprimento total LOA (m) | 93,0 |
| Comprimento entre perp. LBP (m) | 82,0 |
| Boca (m) | 18,0 |
| Pontal (m) | 8,2 |
| Área Véllica Lateral (m ²) | 955 |
| Área Véllica Longitudinal (m ²) | 280 |

Tabela 5 – Dimensões principais – Navio Handysize – 17.700 TPB

| | Lastro | Carregado |
|---|--------|-----------|
| Deslocamento (ton) | 20200 | 23750 |
| Calado (m) | 7,6 | 8,1 |
| Comprimento total LOA (m) | 161,0 | |
| Comprimento entre perp. LBP (m) | 153,0 | |
| Boca (m) | 23,4 | |
| Pontal (m) | 12,8 | |
| Área Véllica Lateral (m ²) | 1800 | 1233 |
| Área Véllica Longitudinal (m ²) | 370 | 300 |

Tabela 6 – 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 Véllica Lateral (m ²) | 3188,7 | 2189,0 |
| Área Véllica Longitudinal (m ²) | 988,0 | 825,0 |

Tabela 7 – 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 |

Tabela 8 – 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 |

Tabela 9 – 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 adota-se uma folga sob a quilha e 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 6), e com cota correspondente à profundidade mínima. Com base na Figura 6, foram adotados os valores:

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

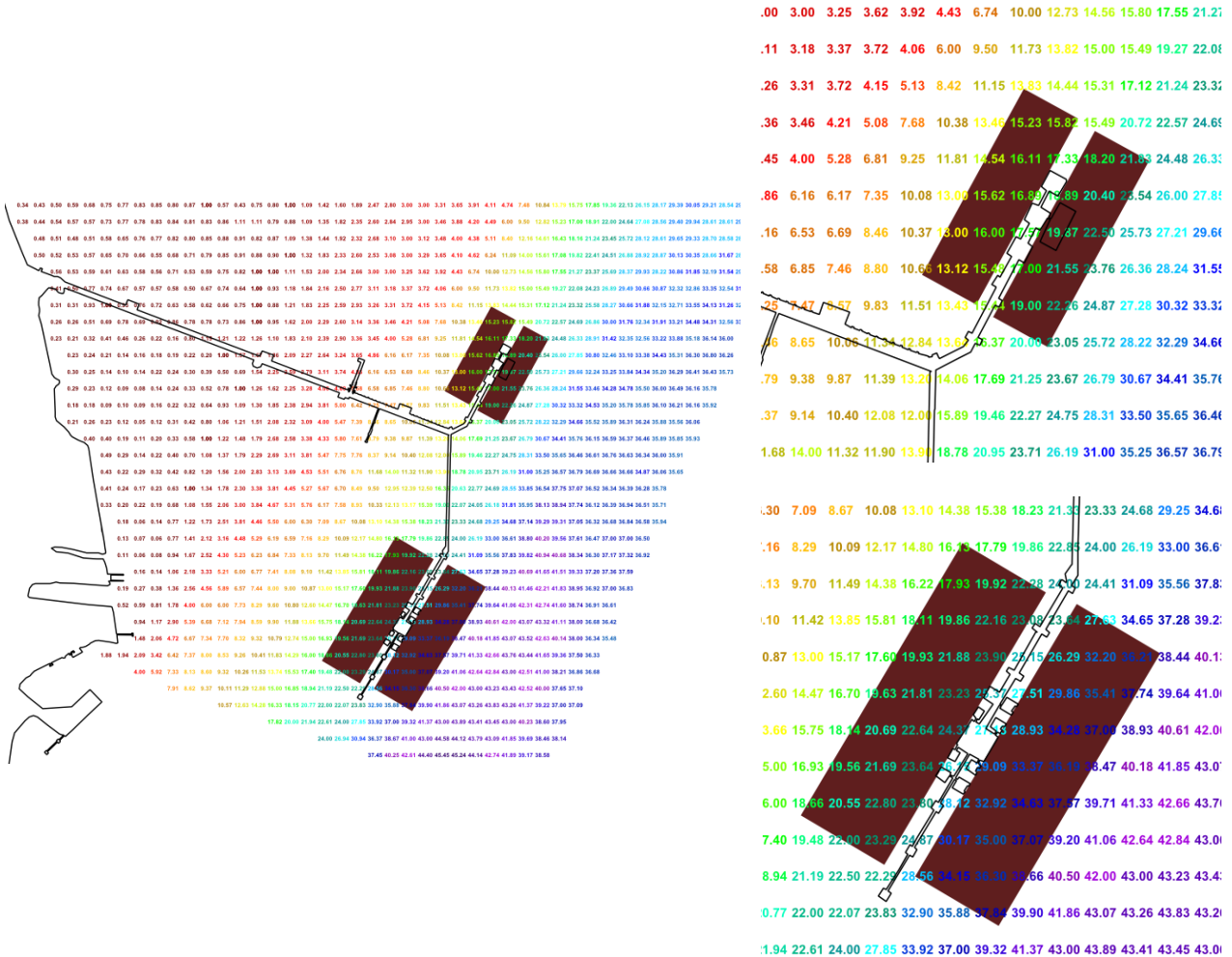


Figura 6 Profundidades de cada um dos píeres

Com base neste valor foram calculados os coeficientes de folga sob a quilha e identificadas as respectivas curvas presentes na OCIMF, Tabela 10.

Tabela 10 – Curvas de correnteza consideradas

| | T(m) | WD/T - PP1 | WD/T - PP2 | WD/T - PP3 | WD/T - PP4 |
|--------------|------|------------|------------|------------|------------|
| PSV | 7,0 | 3,75 | 2,56 | 2,86 | 2,00 |
| HANDYSIZE L. | 7,6 | 3,46 | 2,35 | 2,63 | 1,84 |
| HANDYSIZE C. | 8,1 | 3,25 | 2,21 | 2,47 | 1,72 |
| PANAMAX L. | 7,5 | 3,51 | 2,39 | 2,67 | 1,87 |
| PANAMAX C. | 12,5 | 2,10 | 1,43 | 1,60 | 1,12 |
| SUEZMAX L. | 9,5 | 2,77 | 1,88 | 2,11 | 1,47 |
| SUEZMAX C. | 17,0 | 1,55 | 1,05 | 1,18 | - |
| VLCC L. | 10,6 | 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 7, 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 7 são apresentadas as duas malhas computacionais associadas a estes conjuntos de simulações.

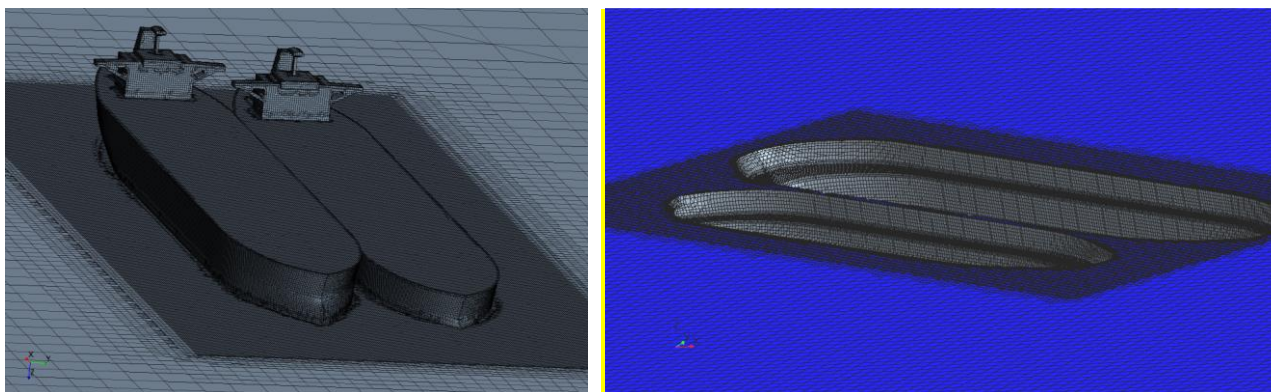


Figura 7 Malhas computacionais adotadas nas simulações de CFD das embarcações Suezmax. À esquerda a malha da parte emersa e à direita da parte submersa

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 8 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.

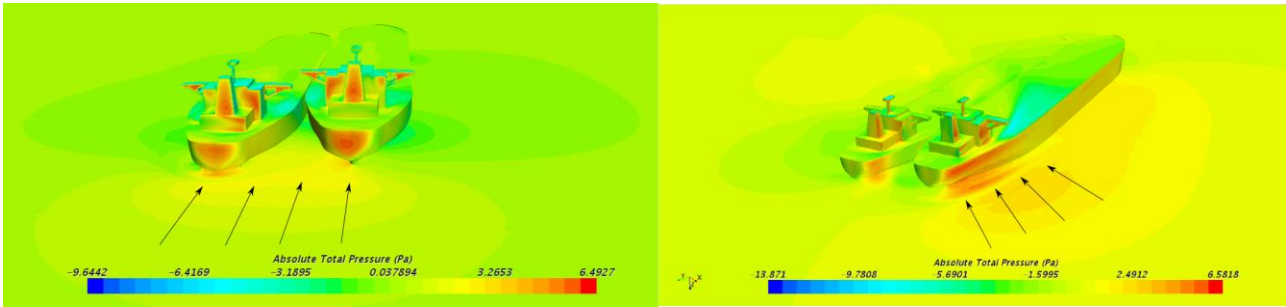


Figura 8 Campo de pressões sobre as embarcações para o arranjo Suezmax carregado e Suezmax em lastro. A figura da esquerda refere-se à incidência pela popa enquanto a da direita representa a incidência a 60° por boreste

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 9.

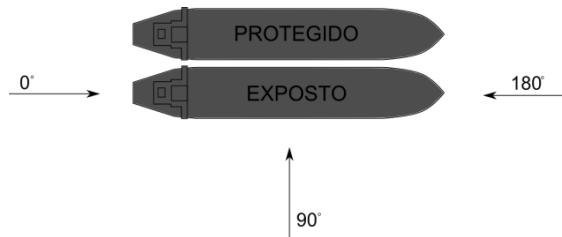


Figura 9 Orientação dos ângulos adotados no caso das simulações com embarcações iguais

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

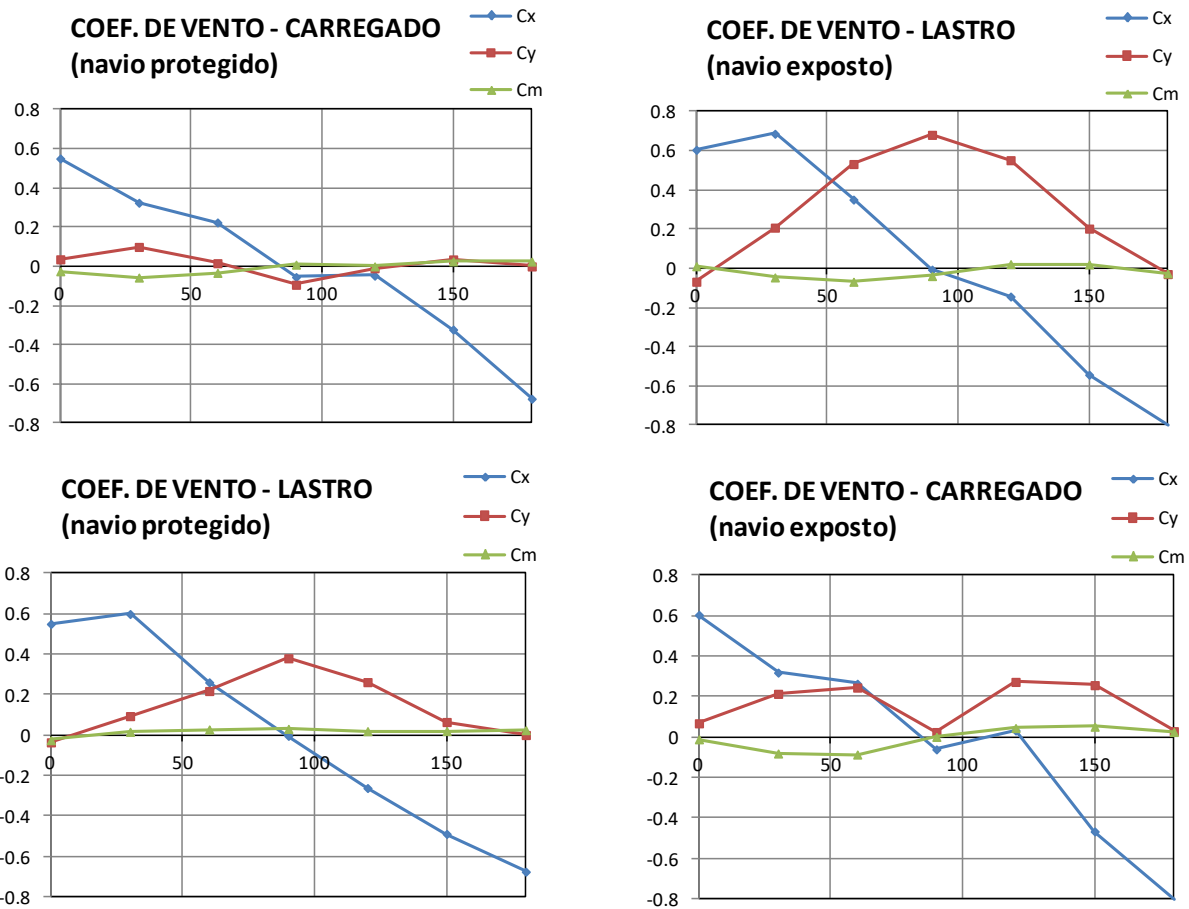


Figura 10 Coeficientes de vento para o arranjo Suezmax nas duas configurações estudadas

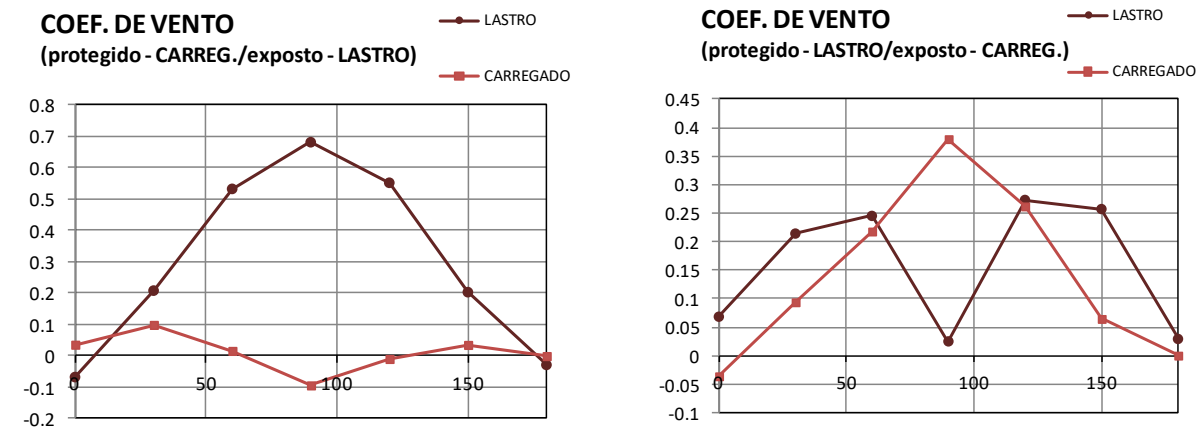


Figura 11 Comparação dos coeficientes de força transversal (C_y) de vento entre a embarcação exposta e protegida (sob o efeito de sombra) para ambas as configurações testadas

Para auxiliar a verificação dos resultados, os gráficos da Figura 11 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 (m²)

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/m³)

$\rho_{\acute{a}gua}$ é a densidade da água (kg/m³)

T é o calado da embarcação

L é o comprimento da embarcação

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

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

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

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

3. Condições ambientais de simulação

Inicialmente foram elencadas as condições ambientais críticas, provenientes do estudo meta oceanográfico do Canal de São Sebastião [4], anexado ao presente relatório. Estes valores máximos são empregados para obtenção das cargas máximas nos cabos 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 de retorno 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] produziu-se a Tabela 15 associada ao período de outono, Tabela 16 associada ao inverno, Tabela 17 associada ao verão e Tabela 18 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 mostraram-se críticas.

Tabela 11 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 | 0.32 | |
| 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 | 0.05 | 1.04 | 1.22 | 0.05 | 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 | 0.27 | 0.27 | 0 | 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 | |

Visando à 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 às maiores frequências, identificadas na última linha de cada tabela. Os casos de correnteza estudados são:

- 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.

Na seção 7, que versa sobre a definição dos limites operacionais ambientais de algumas operações selecionadas, foram também avaliados valores mais elevados de corrente. Nestes estudos foram consideradas correntes até 3,0m/s (6,0 nós).

3.2. Vento

Os ventos, assim como as correntezas, foram extraídos de [4] e são apresentados na Tabela 15, Tabela 16, Tabela 17 e Tabela 18. Os mesmos critérios para a seleção das condições críticas foram aplicados para os ventos e encontram-se destacadas nas tabelas abaixo.

Tabela 15 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 | 0,14 | 0,06 | 0,03 | 0 | 0 | | |
| 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 | 0,03 | | |
| 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 | 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 | 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 | 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 | 0,44 | 2,9 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 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 | 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 | 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 | 0,03 | 0 | 0,03 | 0,91 | 0,19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 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 | 0,06 | 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 | 0,03 | 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 | 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 | 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 16 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 | 0,05 | 0,05 | 0,18 | 0,14 | 0,62 | 2,96 | 1,74 | 0,18 | 0 | 0 | 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 | 0,02 | 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 | 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 | 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 | 0,41 | 1,84 | 0,62 | 0 | 0 | 0 | 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 | 0,05 | 0,05 | 1,61 | 0,32 | 0 | 0 | 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 | 0,02 | 0,78 | 0,14 | 0 | 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 | 0,3 | 0,05 | 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 | 0,07 | 0,05 | 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 | 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 | 8,33 | 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 17 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 | 0.57 | 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 | |
| 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 | |
| 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 | |
| 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 | 0.03 | 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 | 0.1 | 1.08 | 0.63 | 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 | 0.03 | 0.51 | 0.16 | 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 | 0.35 | 0.1 | 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 | 0.03 | 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 | 0.03 | 0.03 | 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 | |
| 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 |
| 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 18 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 | 0.03 | 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 | 0.05 | 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 | 0.03 | 0 | 0 | 0.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 1.1 | 1.57 | 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 | 0 | 0 | 0.37 | 0.65 | 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 | 0.03 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 0.08 | 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 | 0.08 | 0.03 | 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 | 0.03 | 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 | |
| 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 | 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.

Assim como no caso das correntes, para o levantamento dos limites ambientais de algumas operações selecionadas, foram consideradas todas as direções de vento entre NE (35°) e NW (325°) com intensidades chegando a 30m/s (60 nós). Desta forma espera-se abranger todos os eventos possíveis na área.

3.3. Combinações Analisadas

Na seção 5 (**Condições Limites**), como não há correlação direta entre os agentes ambientais considerados, foram avaliadas todas as possíveis combinações, totalizando neste caso **102 casos** (6 correntes x 17 ventos). Cada uma das situações envolvendo combinação de embarcações, píer e calados, foi simulada para as 102 condições ambientais destacadas.

Na seção 6 (**Análise de Disponibilidade**) foram analisadas as condições ambientais simultâneas em cada instante de tempo ao longo de um intervalo de tempo de 1 ano, discretizado diariamente e as condições de vento e correnteza simultâneas provêm de simulações numéricas, devidamente calibradas, descrita em [4].

Para o **levantamento dos Limites Operacionais (seção 7)**, foram criadas condições adicionais em torno dos valores apresentados. Como mencionado, as intensidades máximas tanto de corrente como vento foram extrapoladas a fim de incorporarem eventos extremos e atípicos. Ao todo foram criadas **10000 combinações compreendendo ventos de até 60 nós e correntes de até 6 nós**, permitindo a definição dos limites ambientais da operação.

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 todos os cabos (aço e calabrotes).
- Cabos com funções análogas devem possuir comprimentos e disposições similares.
- Todos os cabos partem do sarilho dos guinchos e por isso são pré-tracionadas adequadamente (não são empregados cabos tracionados por meio do tambor e presos a cabeços). Consequentemente, o número de cabos limita-se ao número de sarilhos nos guinchos a bordo.
- Apenas um cabo é preso a cada unha do gato de desengate rápido (deferentemente do que se pode ver na Figura 12). O uso de gatos é preferível ao uso de cabeços para garantir a solidariedade do conjunto de cabos.
- 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 nos cabos e compressão nas defensas. Neste caso, a Tabela 19 apresenta os principais limites com relação ao MBL (*Minimum Breaking Load*).

Tabela 19 - Principais limites relacionados aos cabos

| 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 associados a calabrotes de 11m de nylon (poliamida) com 92mm de diâmetro. Este é o tipo de cabo padrão empregado no terminal por embarcações da classe VLCC, como mostra a Figura 12.



Figura 12 Cabos de aço de 42mm com calabrotos empregados no TEBAR para amarrar uma embarcação do tipo VLCC.

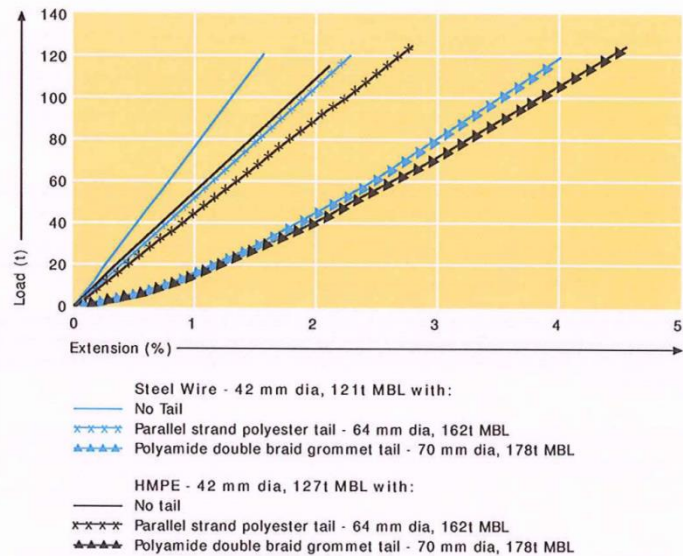


Figura 13 Modificação da rigidez introduzida pelo calabrote

A presença do calabrote atribui maior elasticidade ao conjunto, como mostra a Figura 13 extraída de [1], além de facilitar a manipulação do cabo 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 20.

Tabela 20 - 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 calabrotos de poliamida com 72mm. Os limites associados a estas linhas são apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 - Principais limites relacionados aos cabos do Suezmax, Aframax e Panamax

| MBL | Pré-tração | Tração máxima de trabalho - SWL (OCIMF) | Tração - freio dos guinchos (OCIMF) |
|--------|------------------|---|-------------------------------------|
| 843kN | 84,3kN a 168,6kN | 463,7kN | 505,8kN |
| 86,0tf | 8,6tf a 17,2tf | 47,3tf | 51,6tf |

Para a atracação do Handysize foram considerados cabos de nylon (poliamida) de 48mm de diâmetro. Os mesmos cabos foram adotados na amarração entre o PSV e o Handysize embora tenham sido assumidos valores menores de pré tração já que a maior parte dos cabos que partem do PSV não estarão nos sarilhos dos guinchos.

Tabela 22 - Principais limites relacionados aos cabos do Handysize e PSV

| MBL | Pré-tração | Tração máxima de trabalho - SWL (OCIMF) | Tração - freio dos guinchos (OCIMF) |
|--------|------------------------------|---|-------------------------------------|
| 322kN | 32,2kN a 64,4kN (PSV – 15kN) | 177,1 | 193,2kN |
| 32,8tf | 3,3tf a 6,6tf (PSV – 1,5tf) | 18,1tf | 19,7tf |

Tendo em vista o comprimento fixo dos calabrote, nos arranjos que incluem estes elementos, surgem diferenças nas razões aço/nylon entre as linhas. Para calcular a rigidez exata em cada caso, foram adotadas as propriedades individuais de cada material, apresentadas na Figura 14.

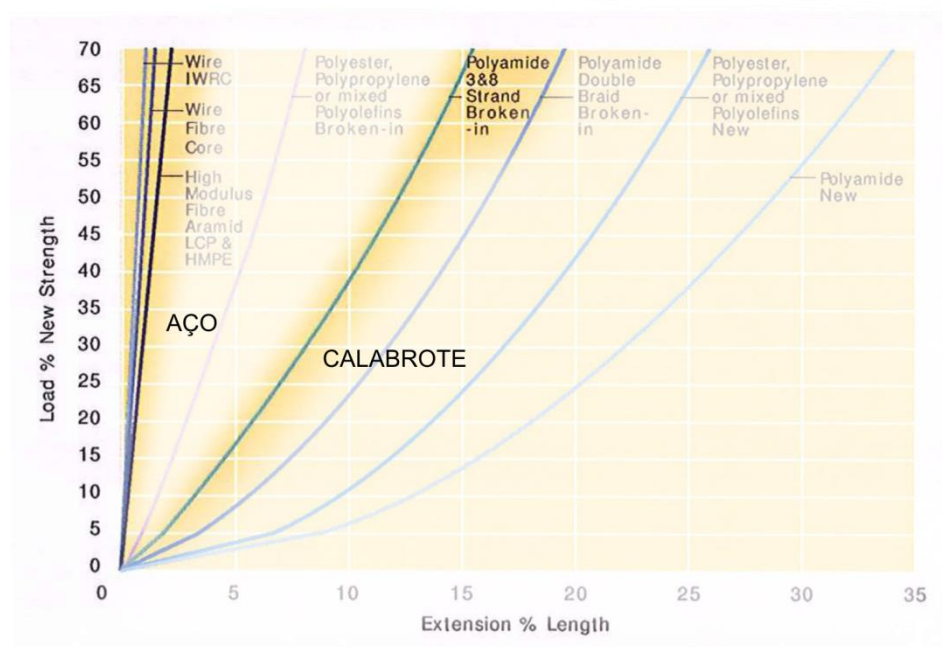


Figura 14 Curvas de tração x deformação de linhas de materiais distintos [1].

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 buzinas e roletes não modificam a rigidez do cabo.

O píer conta com defesas do tipo PI, ilustrada na Figura 15, fixas sobre uma estrutura de sacrifício e equipadas com um escudo de aço. Cada um dos berços conta com um conjunto distinto de defesas cujas características são descritas da Figura 16 a Figura 21.



Figura 15 Defensas tipo Pi instaladas no PP4

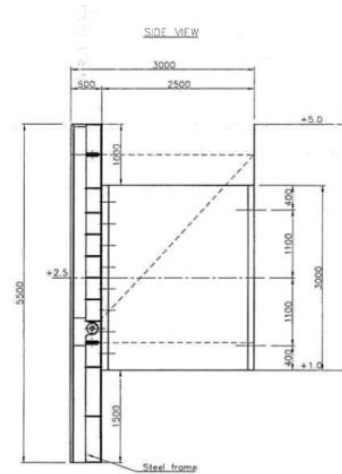
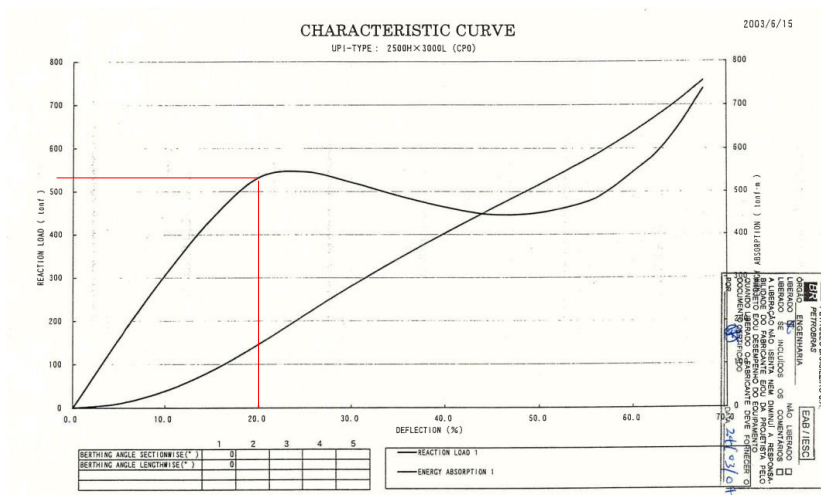


Figura 16 (Esquerda) Curvas de reação e energia das defensas presentes nos dolfin 5 e 10 do pier 1. (Direita) dimensões da defesa

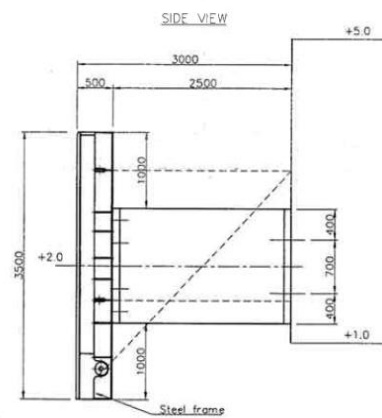
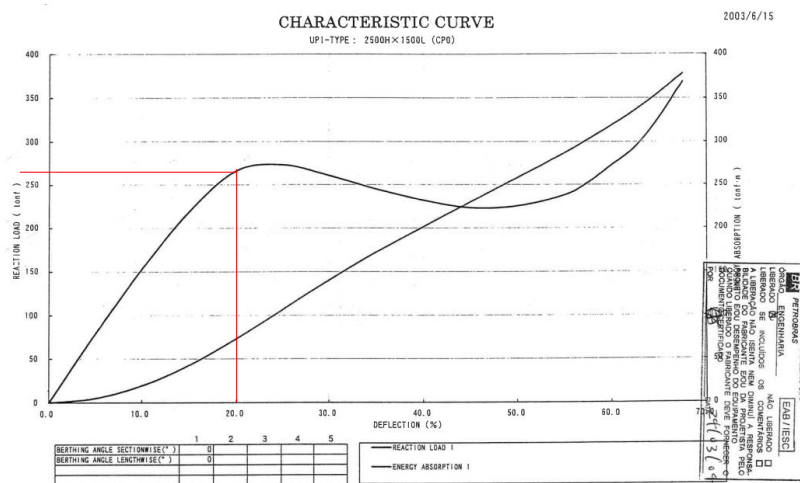


Figura 17(Esquerda) Curvas de reação e energia das defensas presentes nos dolfin 6 e 9 do pier 1. (Direita) dimensões da defesa

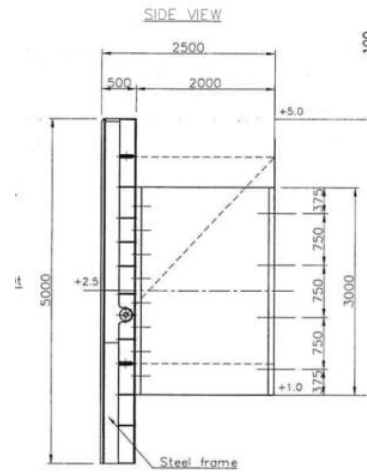
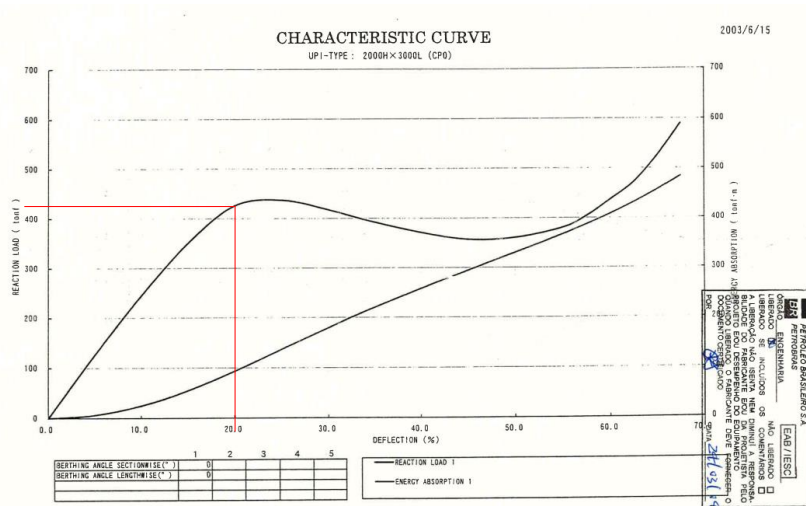


Figura 18 (Esquerda) Curvas de reação e energia das defensas presentes nos dolphins 4 e 11 do píer 2. (Direita) dimensões da defesa

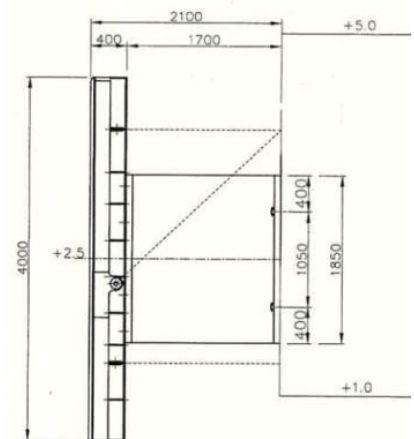
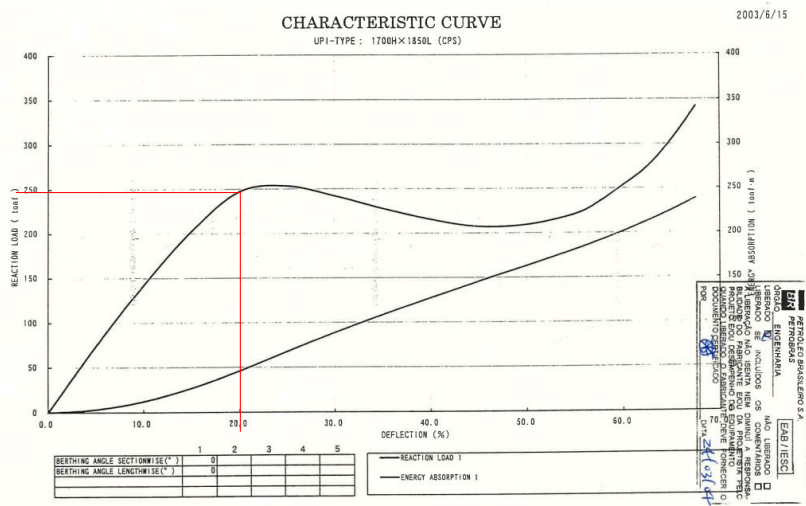


Figura 19 (Esquerda) Curvas de reação e energia das defensas presentes nos dolphins 7 e 8 do píer 2. (Direita) dimensões da defesa

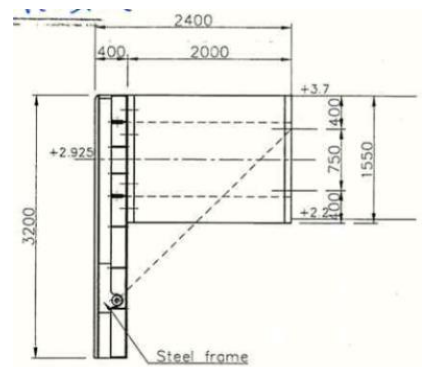
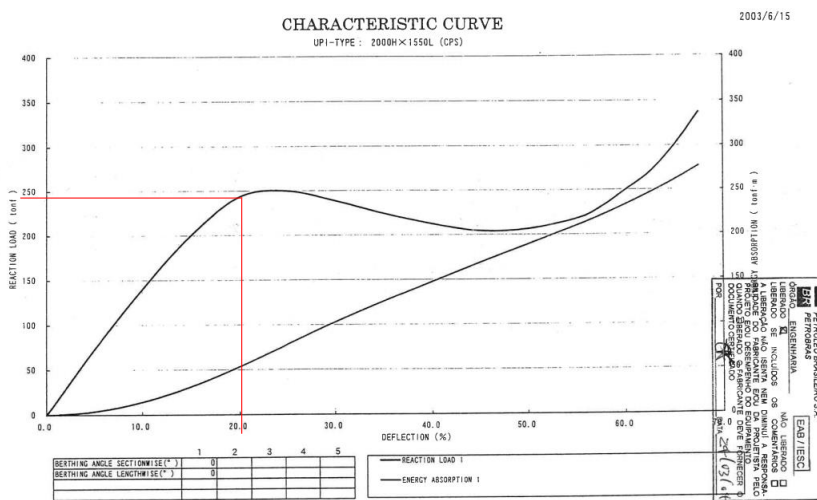


Figura 20 (Esquerda) Curvas de reação e energia das defensas presentes nas plataformas A, B e C do píer 3. (Direita) dimensões da defesa

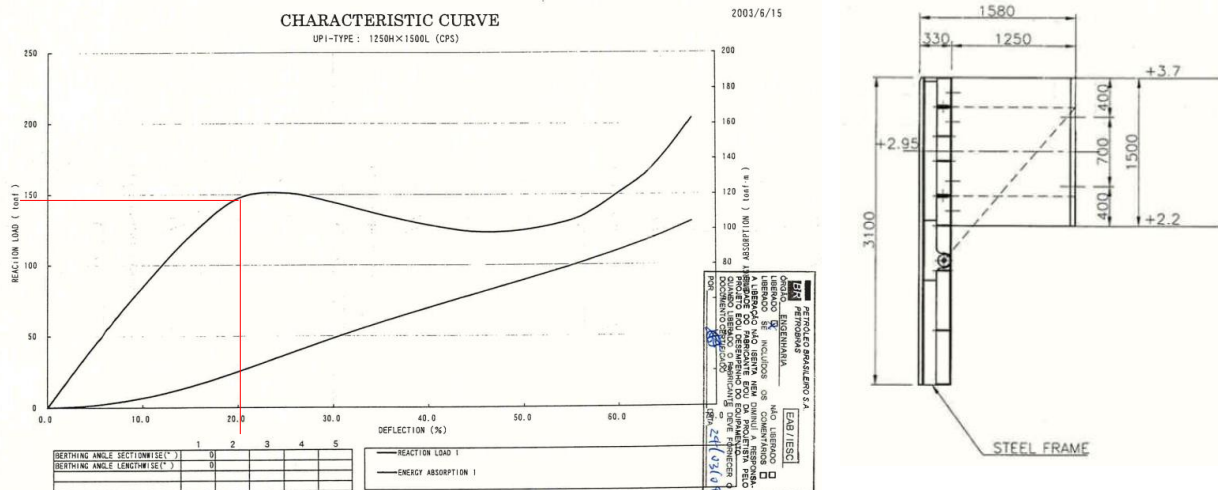


Figura 21 (Esquerda) Curvas de reação e energia das defensas presentes nas plataformas A, B e C do píer 4. (Direita) dimensões da defesa

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 23 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 23.

Tabela 23 Distâncias mínimas entre embarcações

| 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 23 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 24.

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

Tabela 24 - Parâmetros empregados no cálculo da energia de atracação 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 atracação | 0,1 m/s |
| C_e | Coeficiente de excentricidade | 0,95 |
| C_r | Coeficiente de rigidez | 1,00 |
| F_S | Fator de Seguranças | 1,25 |
| E_C | Energia de Atracção | 3475,8kJ |

Tabela 25 - Parâmetros empregados no cálculo da energia de atracação 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 atracação | 0,1 m/s ² |
| C_e | Coeficiente de excentricidade | 0,92 |
| C_r | Coeficiente de rigidez | 1 |
| F_S | Fator de Seguranças | 1,25 |
| E_C | Energia de Atracção | 1756,7kJ |

Tabela 26 - 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 | Coeficiente de Massa Adicional | 1,8 |
| v | Velocidade de atracação | 0,15 m/s ³ |
| C_e | Coeficiente de excentricidade | 0,85 |
| C_r | Coeficiente 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 adversa de atracação.

As tabelas a seguir mostram exemplos de defensas pneumáticas disponíveis no mercado.

² Velocidade típica para atracções STS de navios do porte do Suezmax, PIANC[5].

³ Velocidade típica para atracções STS de navios do porte do Suezmax, PIANC[5].

Tabela 27 Exemplo 1 de tabela de defensas pneumáticas disponíveis no mercado [8]

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

Tabela 28 Exemplo 2 de tabela de defensas pneumáticas disponíveis no mercado [9]

Table 6-2 (b) Pneumatic 80 Popular Non Standard Sizes

| Nominal Size Diameter × Length (mm × mm) | Initial Internal Pressure (kPa) | Guarantee Energy Absorption (GE) (kNm) | Reaction Force at GEA (kN) | Hull Pressure at GEA (kPa) | Safety Valve Setting pressure (kPa) | Testing Pressure (kPa) | Weight of Net Type (Type I) | | | Weight of Sling Type II (kg) |
|--|------------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|--|---------------------------|-----------------------------|---------------|--------------------------|---------------------------------|
| | | | | | | | Approx. Weight of Net | | | |
| | | | | | | | Chain Net (kg) | Wire Net (kg) | Synthetic Fiber Net (kg) | |
| 400 × 1500 | 80 | 9 | 114 | 199 | - | 250 | 24 | - | - | 34 |
| 600 × 1200 | 80 | 14 | 122 | 174 | - | 250 | 30 | - | - | 41 |
| 800 × 1200 | 80 | 23 | 153 | 180 | - | 250 | 50 | 240 | - | 60 |
| 1200 × 1800 | 80 | 77 | 344 | 160 | - | 250 | 127 | 310 | - | 152 |
| 1350 × 3500 | 80 | 218 | 842 | 185 | - | 250 | 251 | 800 | - | 301 |
| 1500 × 2500 | 80 | 171 | 610 | 166 | - | 250 | 244 | 440 | - | 284 |
| 2000 × 3000 | 80 | 356 | 955 | 160 | - | 250 | 375 | 900 | - | 435 |
| 2000 × 4500 | 80 | 584 | 1580 | 179 | - | 250 | 488 | 1210 | - | 548 |
| 2500 × 7700 | 80 | 1884 | 3878 | 206 | 230 | 300 | 1550 | 3030 | - | 1780 |
| 3300 × 8600 | 80 | 3410 | 5437 | 202 | 230 | 300 | 2620 | 3710 | - | 3110 |
| 4500 × 8400 | 80 | 4518 | 4988 | 174 | 230 | 300 | 3760 | 3910 | - | - |

Note: 1. Figures on the table comply with requirements of ISO17357.
2. Weight of fender body and net may vary ±10%.
3. Special sizes are available upon request.

Observando-se o valor de energia de atração e a manutenção da distância, verifica-se que as defensas pneumáticas de **4,5mx7,0m** da Tabela 27 (cuja **energia absorvida máxima é de 3816kJ**) poderia ser utilizada, assim como a defesa pneumáticas de **4,5mx6,4m** (cuja **energia absorvida máxima é de 4518kJ**) da Tabela 28. A fim de garantir maior generalidade nas análises, adotou-se como referência o catálogo do fabricante [8] por possuir menor capacidade de energia absorvida e força de reação. 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 reação e absorção de energia deste tipo de defesa é apresentada no gráfico da esquerda na Figura 22. Diferentemente dos cabos, as defensas foram modeladas como molas não lineares.

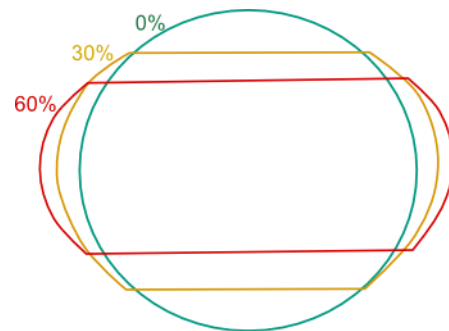
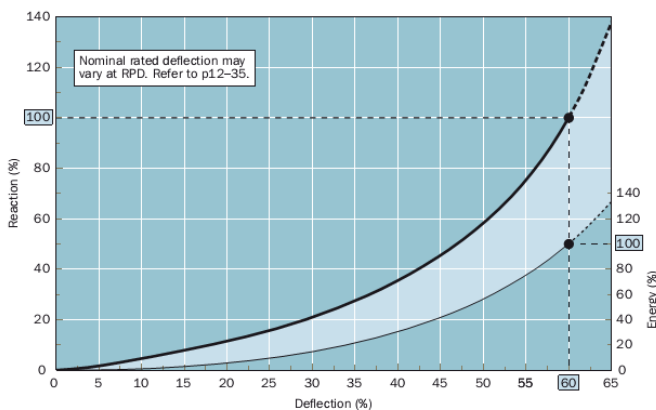


Figura 22 (esquerda) curva de reação da defesa pneumática empregada; (direita) deformação da defesa Yokohama

As defensas em questão devem operar em deformações inferiores a 60% (Figura 22, 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 23.

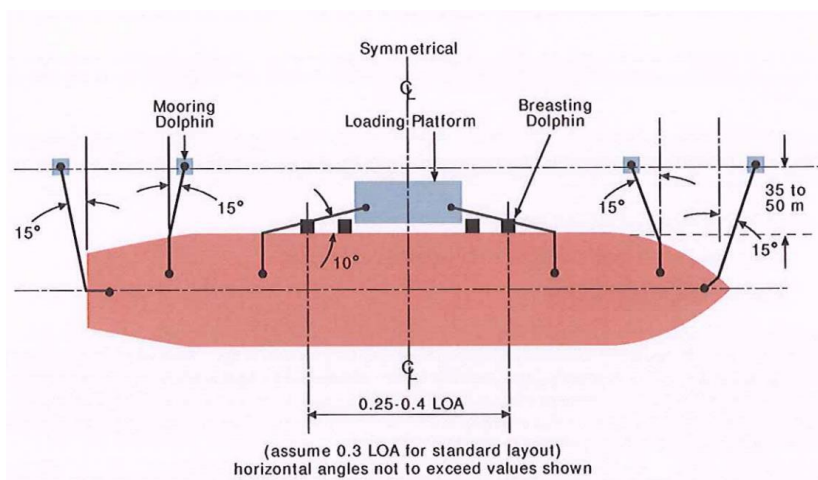


Figura 23 Recomendação de comprimentos e orientações das linhas de amarração

O arranjo divide-se basicamente em cabos responsáveis por resistirem aos esforços longitudinais que devem estar dispostos, dentro do possível, paralelos à embarcação, e outro conjunto responsável por contrapor as forças transversais que devem estar dispostos o mais transversalmente possível à embarcação. Os chamados lançantes, por serem cabos dispostos obliquamente com relação ao eixo da embarcação não são efetivos em nenhuma direção. Mesmo assim, neste documento serão chamados lançantes os cabos que partem das extremidades (proa e popa) da embarcação. Evidentemente, o arranjo depende da disposição dos equipamentos de amarração, tanto a bordo quanto em terra, e por isso não atendem necessariamente os limites apresentados na Figura 23. Mesmo assim, estas diretrizes guiaram a elaboração dos arranjos simulados no presente estudo.

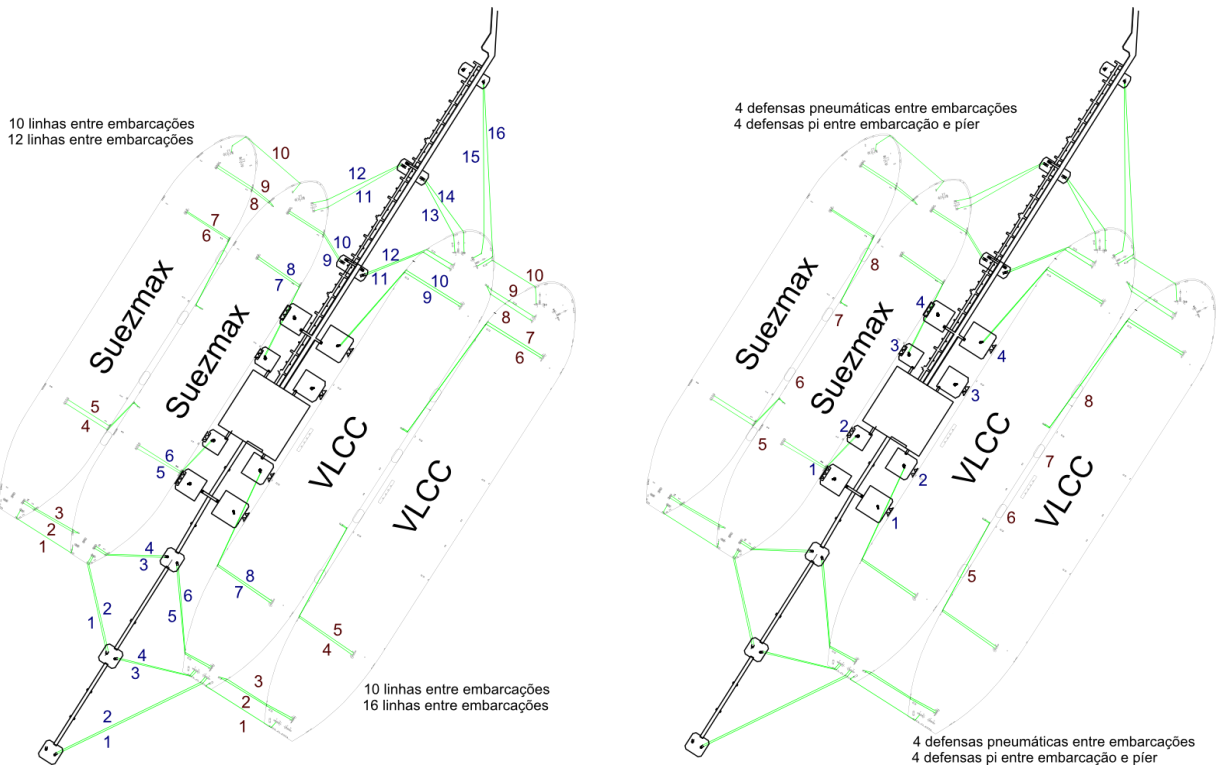


Figura 24 Arranjo das embarcações no berço sul; à esquerda são apresentados os cabos identificados numericamente; à direita as defensas identificadas numericamente

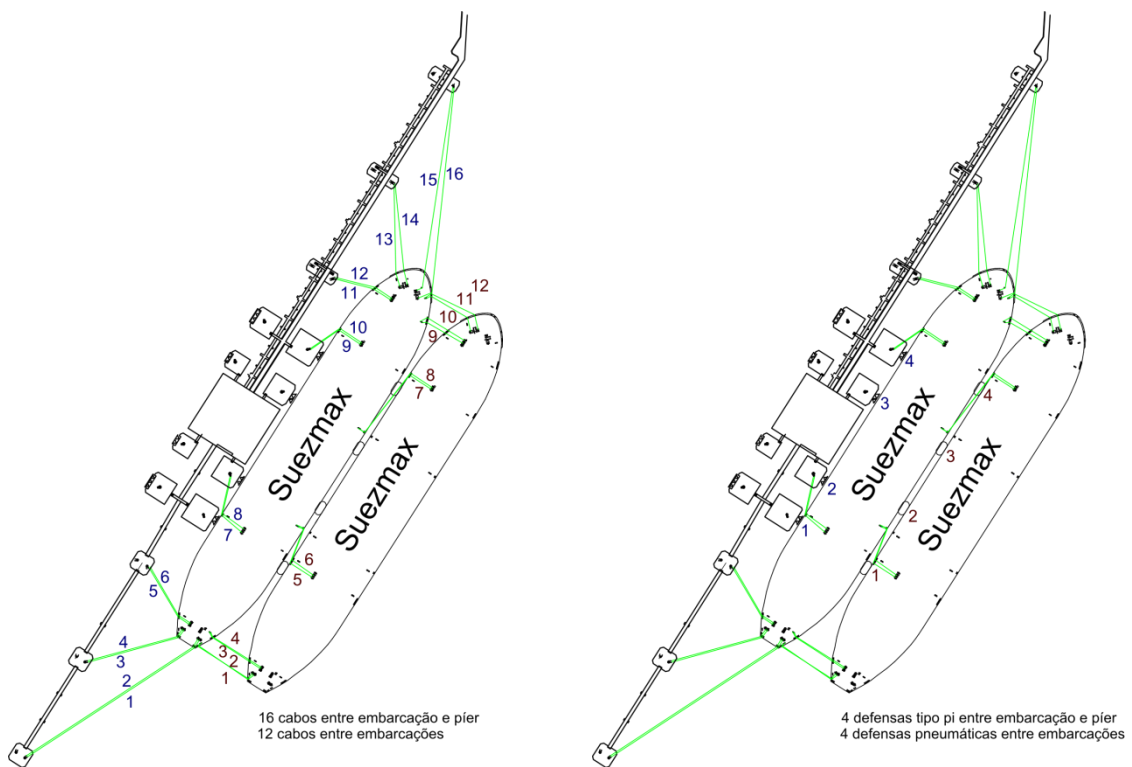


Figura 25 Arranjo das embarcações Suezmax no berço Sul; à esquerda são apresentados os cabos identificados numericamente; à direita as defensas identificadas numericamente

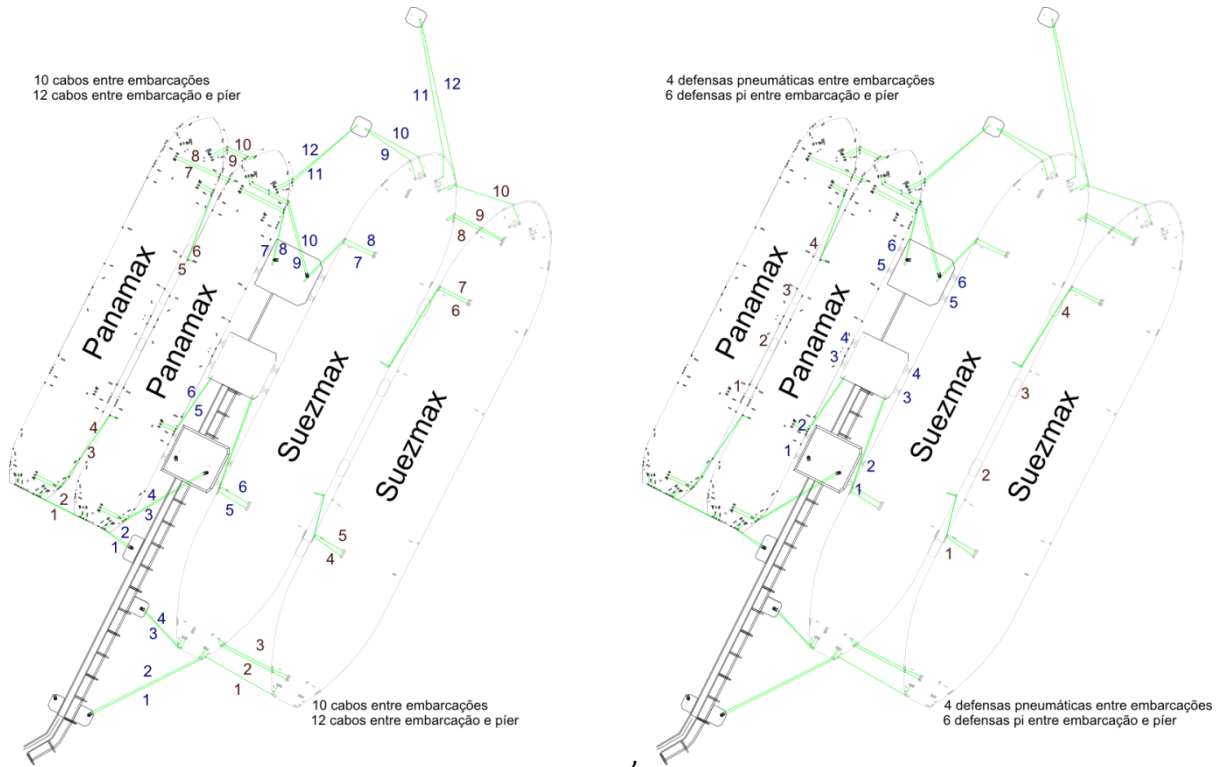


Figura 26 Arranjo de cabos das embarcações no berço norte; à esquerda são apresentados os cabos identificados numericamente; à direita as defensas identificadas numericamente

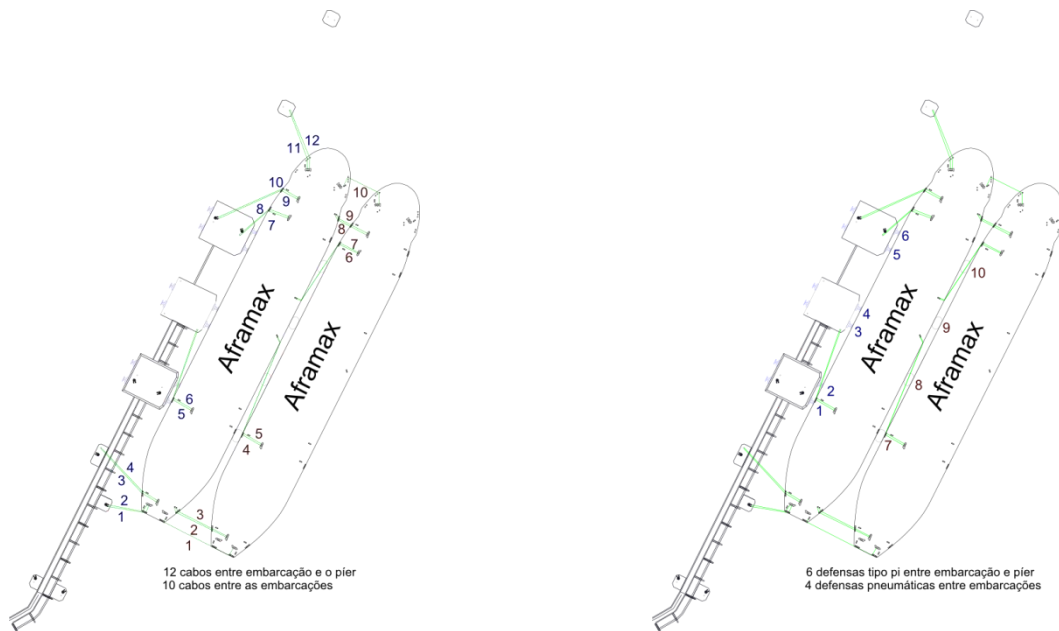


Figura 27 Arranjo de cabos das embarcações Aframax (alternativa) no berço norte; à esquerda são apresentados os cabos identificados numericamente; à direita as defensas identificadas numericamente

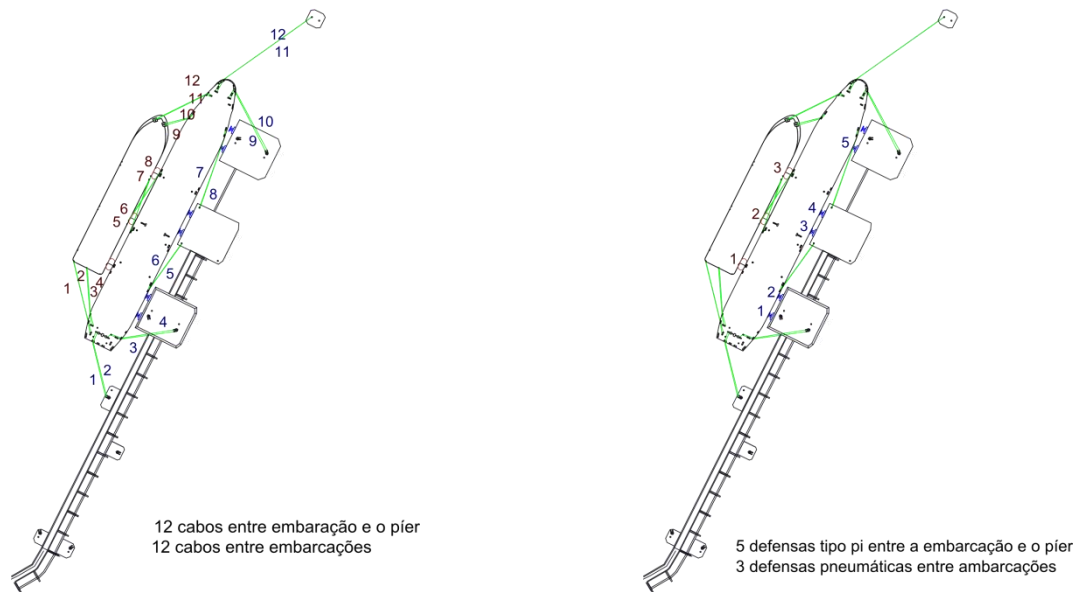


Figura 28 Arranjo de cabos das embarcações Handysize e PSV (alternativa) no PP4; à esquerda são apresentados os cabos identificados numericamente; à direita as defensas identificadas numericamente

No PP1, foram empregados 16 cabos entre a embarcação interna e o píer e 10 cabos entre ambas as embarcações, Figura 24. No caso da amarração entre dois navios Suezmax, a disposição de guinchos e buzinas permitiu a passagem de 12 cabos, tendo sido assumido este arranjo. 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 24.

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 26. 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 26 e, como alternativa, a atracação entre uma embarcação do tipo Handysize e um PSV. Este último arranjo empregou 12 cabos entre a embarcação e o píer e 12 cabos entre embarcações. Destaca-se que, graças ao menor comprimento da embarcação Handysize, foram adotadas apenas 5 defensas efetivas no píer. A defesa da extremidade norte foi desconsiderada. Entre as embarcações foram assumidas apenas 3 defensas pneumáticas como mostra a Figura 28.

5. Resultados: Condições Limite

Neste tópico são apresentados os resultados das análises considerando as condições ambientais limites, observadas em [4], combinando-se indistintamente ventos extremos anuais com correntes extremas anuais. Logicamente, esta combinação de extremos pode não ocorrer na prática, e o objetivo nesta análise é traçar um panorama geral dos elementos críticos da amarração de cada caso. Não se avaliam com isso a disponibilidade operacional ou condições ambientais limites. Estas análises serão feitas nas seções seguintes (seção 6 e 7).

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 especificadas as linhas nas quais a máxima tração ocorre.

5.1. Apresentação dos Resultados

Dois tipos de gráficos são apresentados. O primeiro deles (Figura 29) apresenta os 102 casos avaliados, sendo que para cada caso a barra vertical indica o maior esforço verificado em algum elemento (cabo ou defesa). Caso a barra vertical atinja a região vermelha do gráfico, indica-se que para esta condição ambiental o limite de segurança do cabo ou defesa foi ultrapassado. Na parte superior do gráfico, apresentam-se figuras mostrando a direção de incidência dos casos que levaram aos maiores esforços.

Este tipo de gráfico é em seguida separado entre os diversos elementos que compõe o sistema de amarração, a saber:

- cabos que conectam a embarcação interna ao pier
- cabos entre embarcações
- nível de compressão das defensas

No segundo tipo de gráfico (Figura 30), apresenta-se a carga máxima em cada elemento de amarração (cabo ou defesa, cujo número identificador é explicado em uma figura anterior ao gráfico).

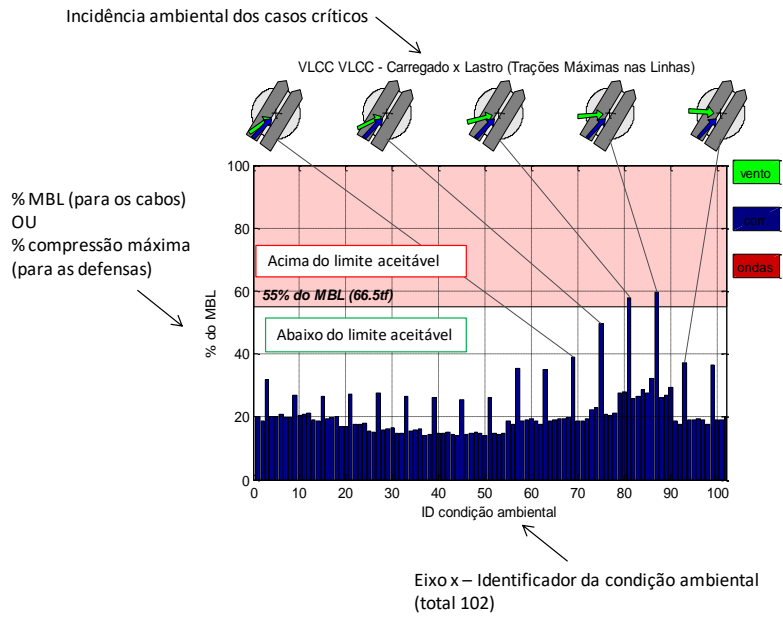


Figura 29 Explicação sobre gráfico de carga máxima por condição ambiental.

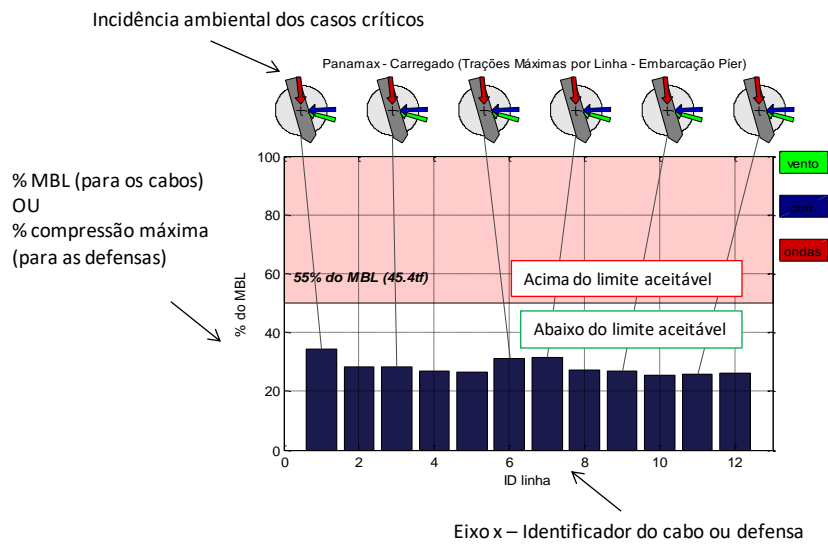
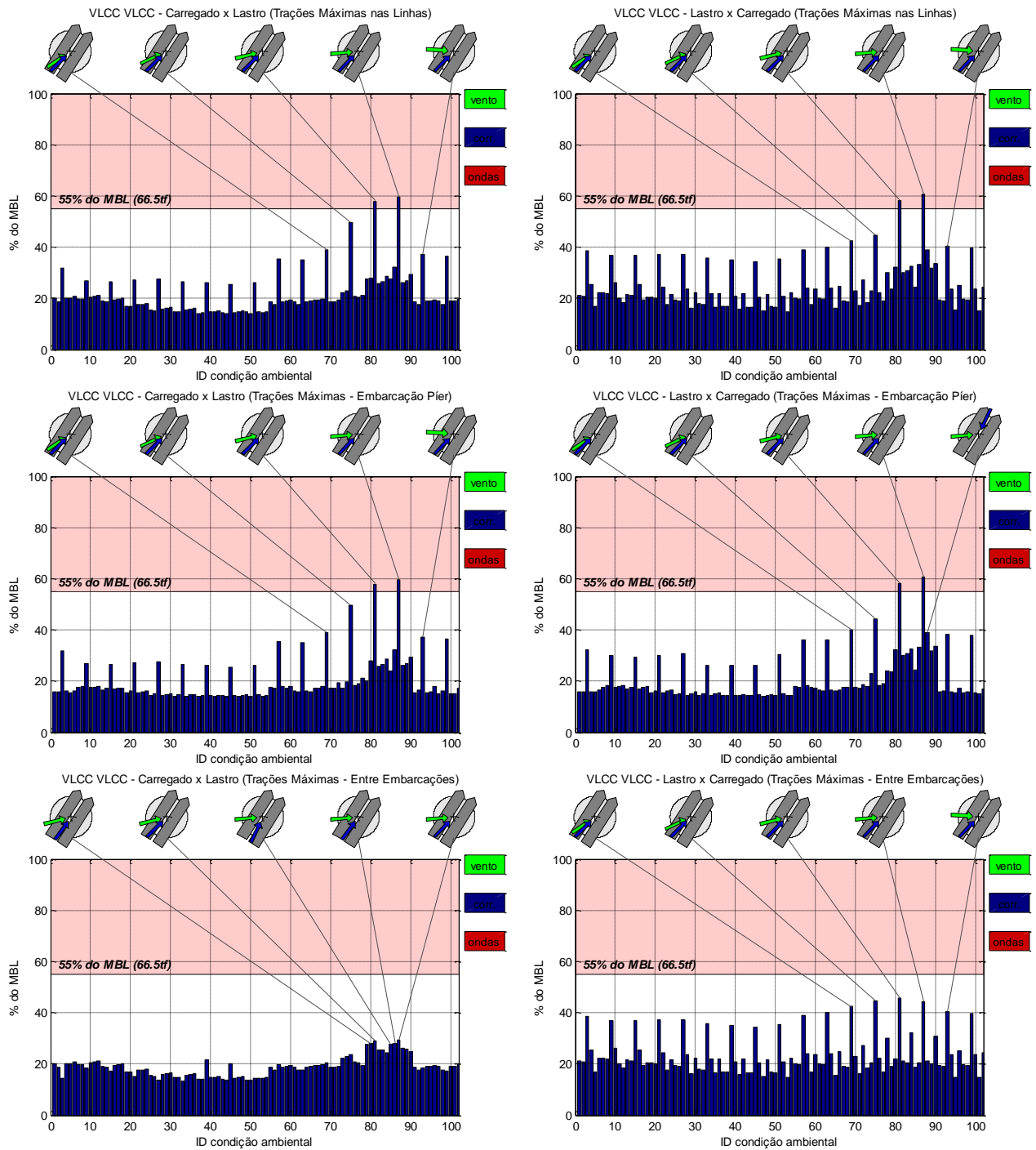


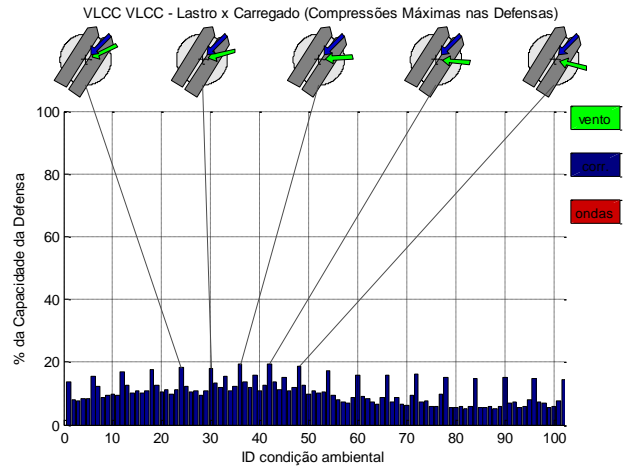
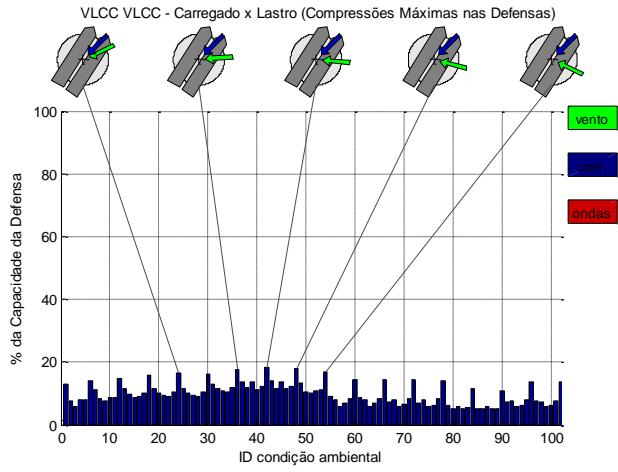
Figura 30 Explicação sobre gráfico de carga máxima por cabo e defesa.

5.2. VLCC-VLCC - PP1

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

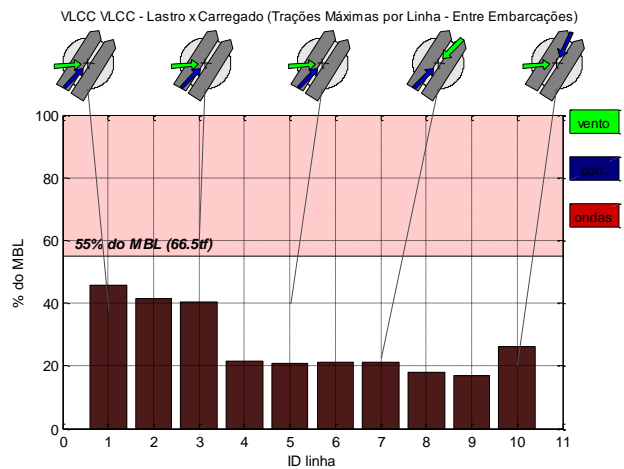
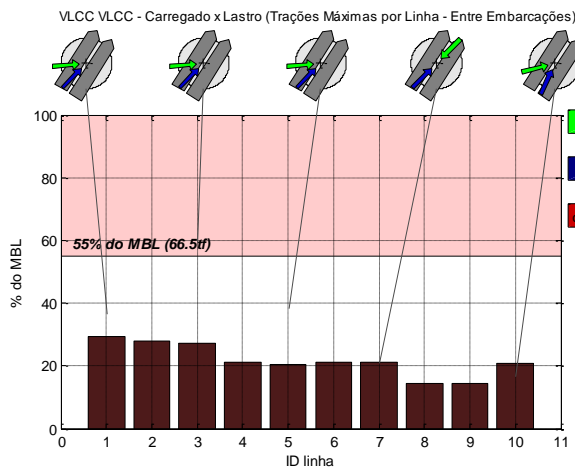
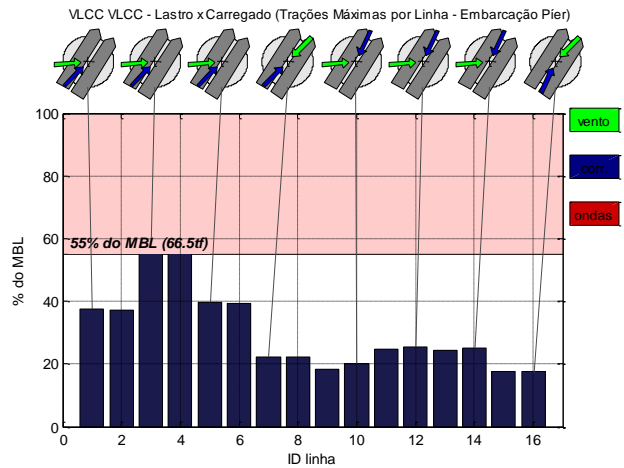
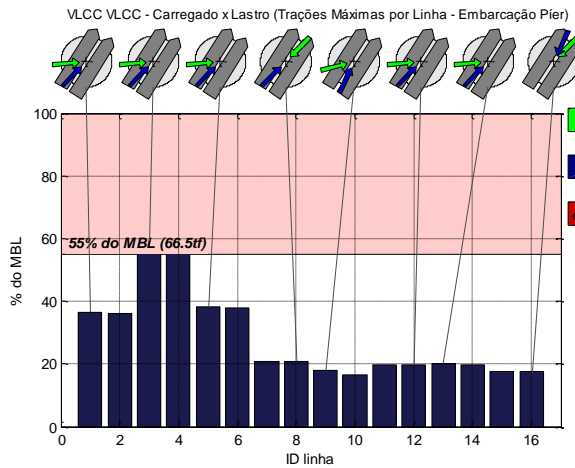
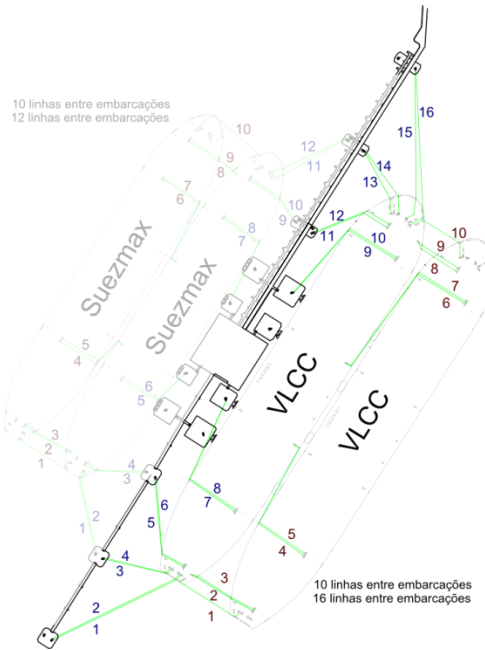


Fica evidente que as trações máximas nos cabos surgem, na maioria dos casos, para a corrente indo para o setor NE cuja intensidade adotada foi de 1,2m/s. Esta corrente além de possuir intensidade máxima tem a tendência de afastar a embarcação do píer e por isso solicita os cabos. Foram observados apenas 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.

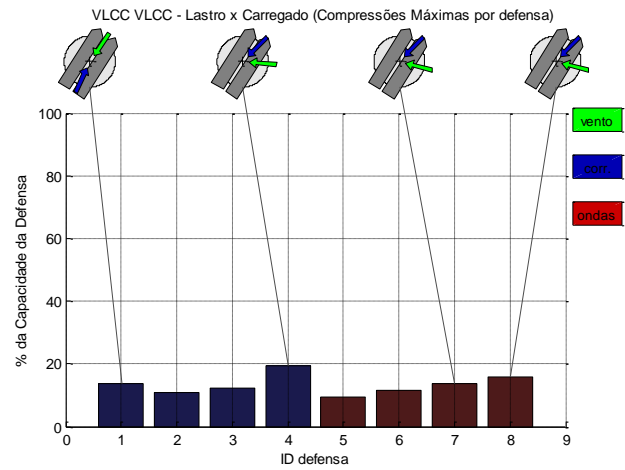
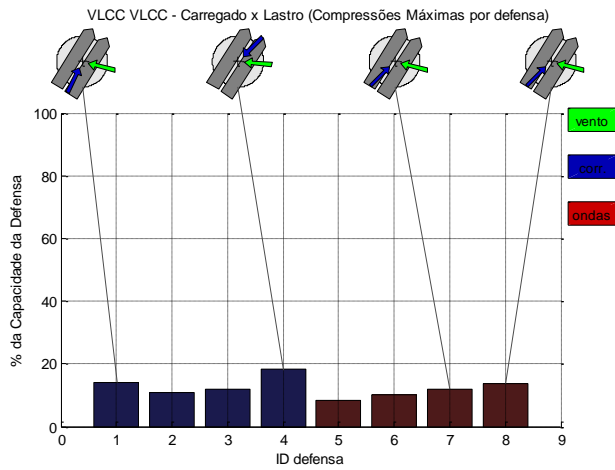
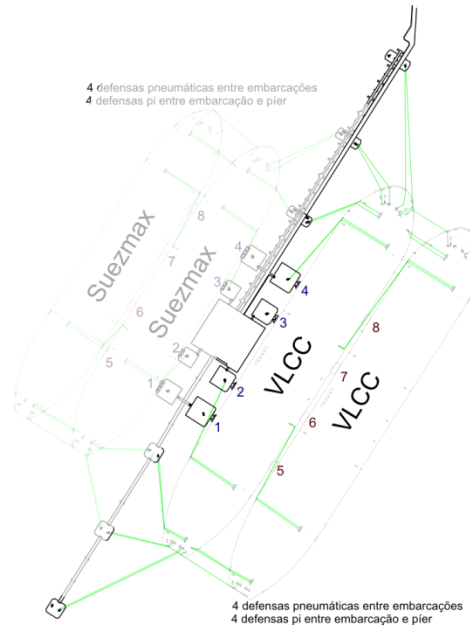


Os níveis de solicitação das defensas foram baixos para todas as condições simuladas.

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



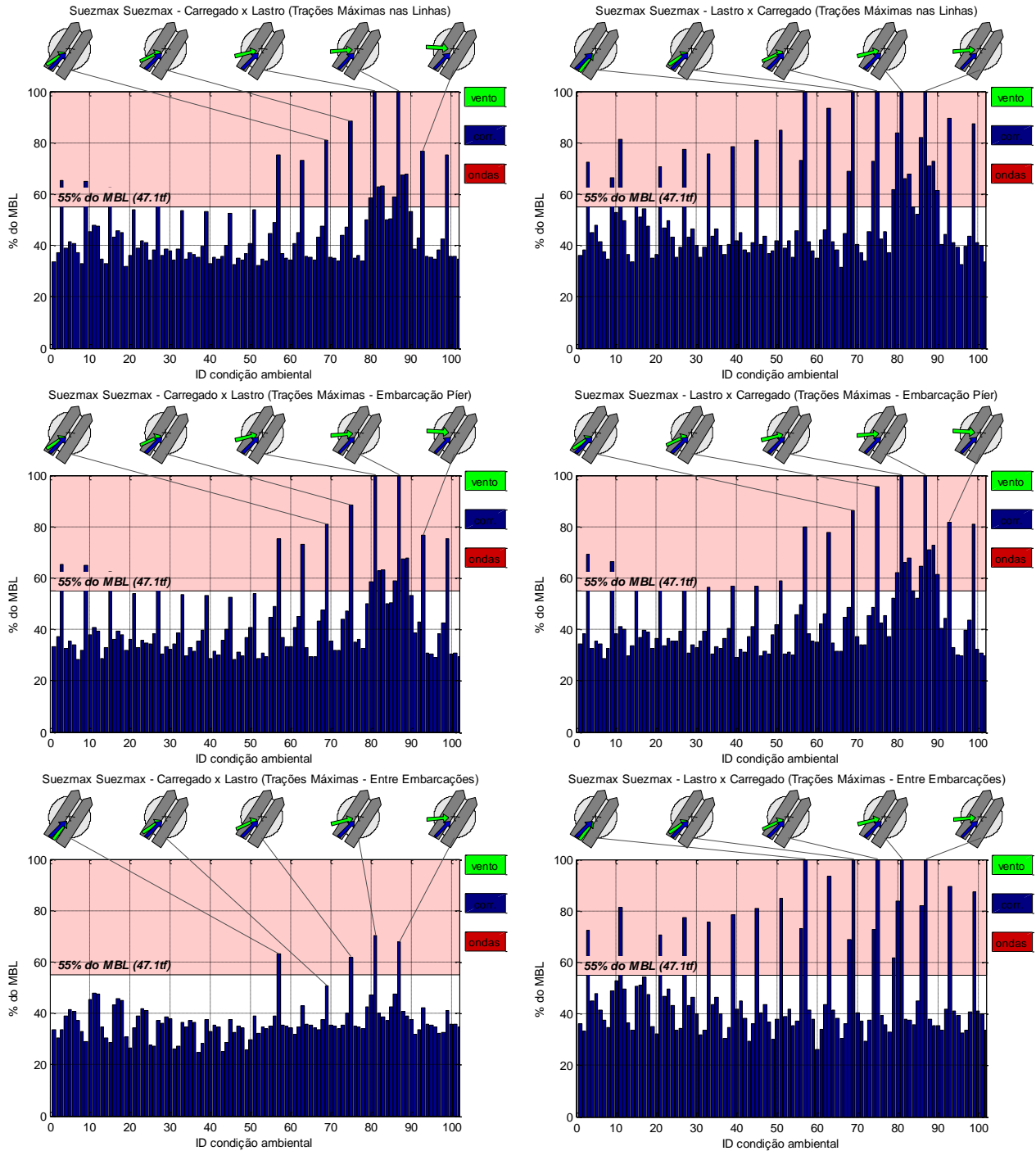
As maiores trações são observadas nos traveses da popa (linhas 3 e 4) que conectam a embarcação interna ao píer. Estes cabos apresentaram trações correspondentes a 60% do MBL, excedendo em 5% o critério estabelecido.



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.

5.1. Suezmax - Suezmax – PP1

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



Embora se tratem de embarcações menores, a amarração STS entre 2 Suezmax apresentou um maior número de casos nos quais o critério de tração foi excedido. Este resultado deve-se, principalmente, ao arranjo dos cabos. Como ilustra a Figura 31, a amarração da popa do VLCC no PP1 pode ser feita com três pares de cabos, dispostos simetricamente e com ângulos transversais menores, se comparados aos cabos do Suezmax na mesma posição. Os resultados apresentados acima são esperados pois a maior capacidade dos cabos do VLCC é também superior comparada às do Suezmax.

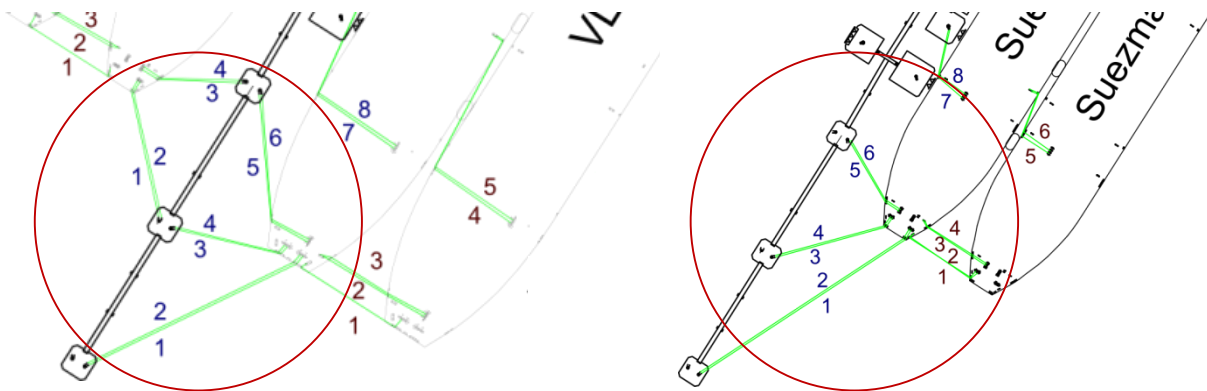
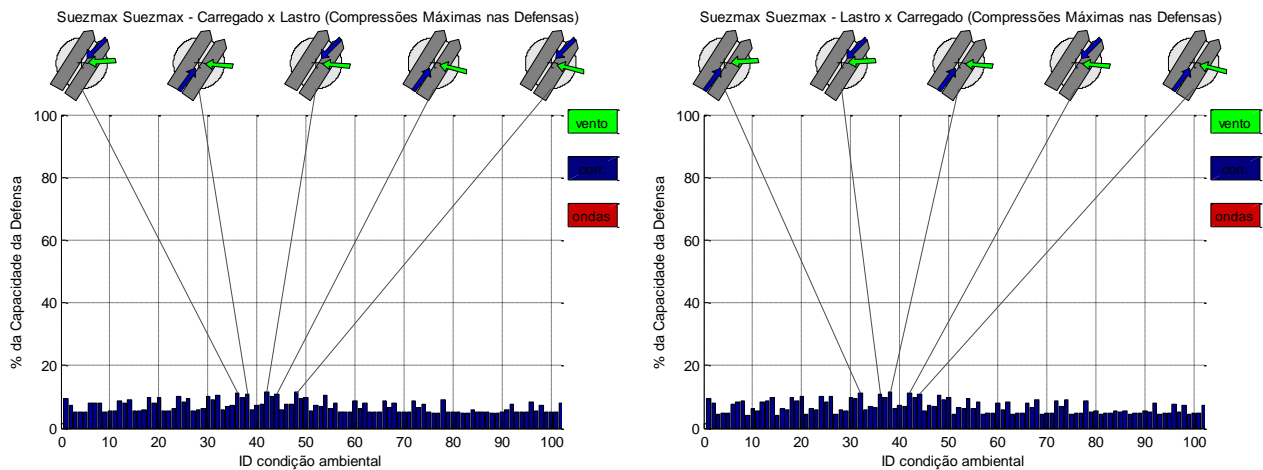


Figura 31 (Esquerda) Detalhe da amarração da popa do VLCC;(direita) detalhe da amarração da popa do Suezmax

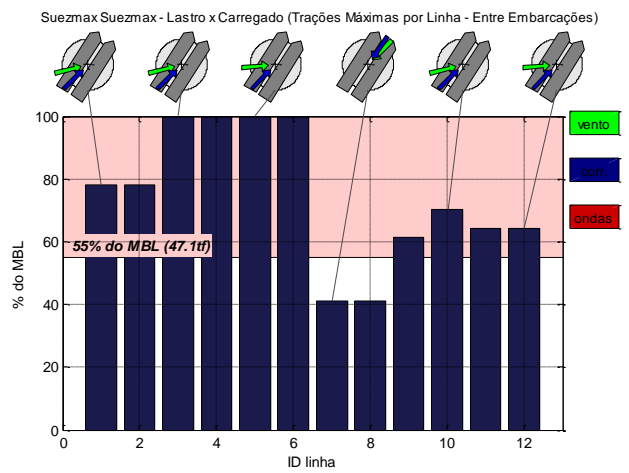
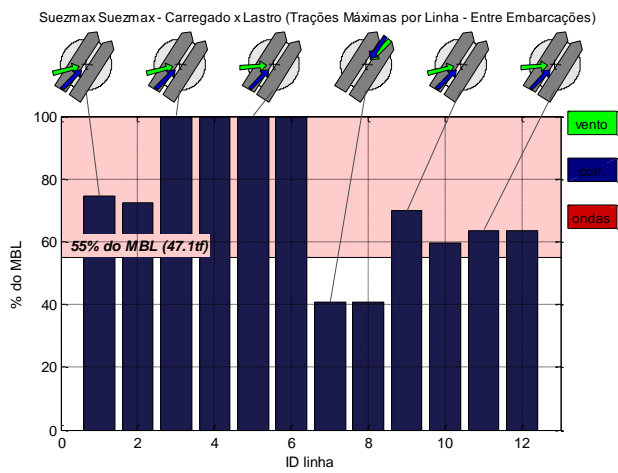
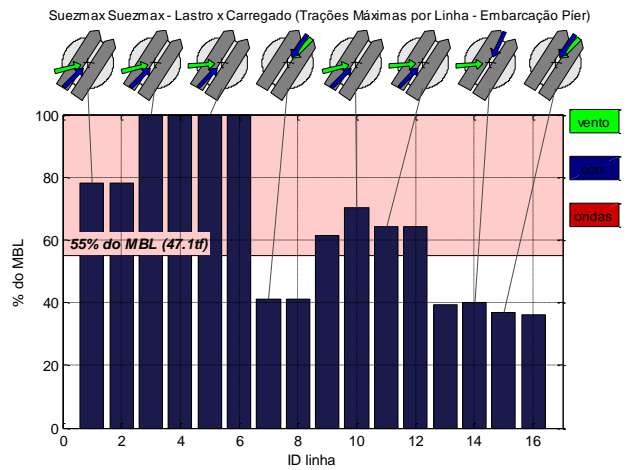
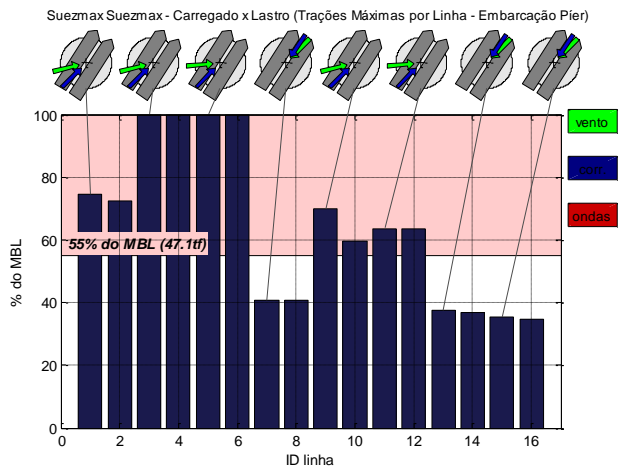
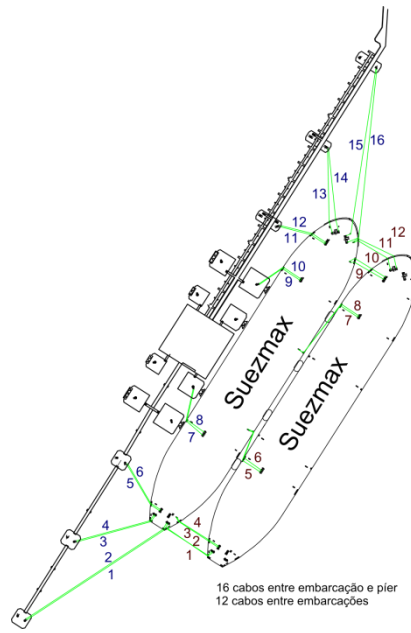
Posteriormente são apresentadas em detalhes as trações nos cabos de 1 a 6 do arranjo STS entre Suezmax no PP1, evidenciando as conclusões apresentadas.

A seguir são apresentadas as compressões máximas nas defensas.

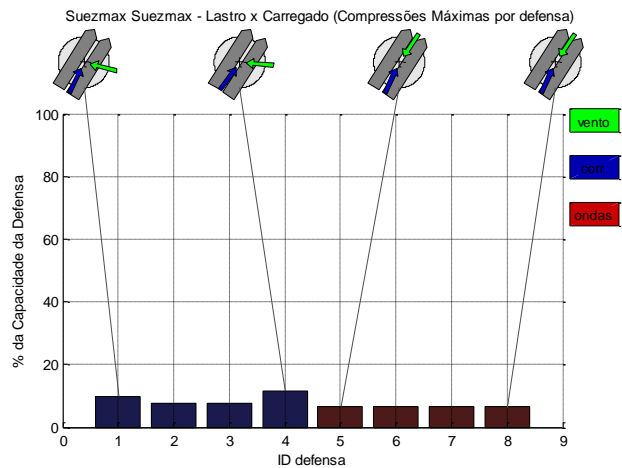
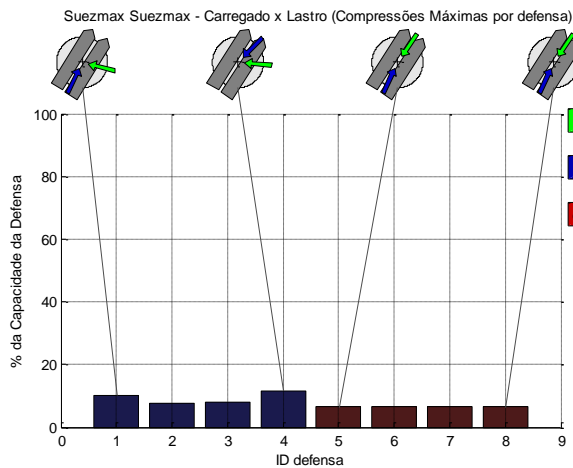
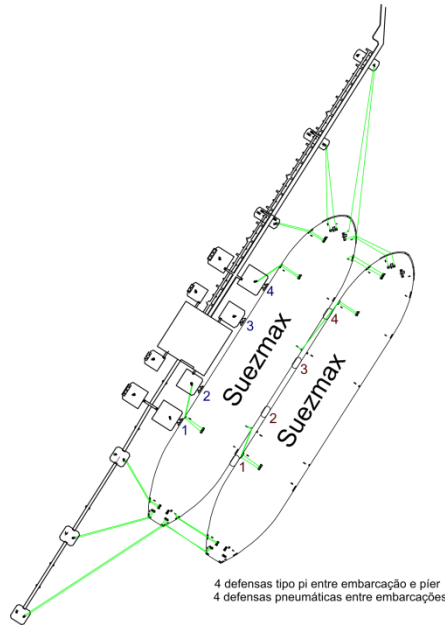


Os níveis de compressão mantiveram-se baixos, fruto da diminuição dos portes das embarcações e níveis de pré tração inicial.

A seguir são apresentadas as cargas por cabo, segundo a numeração apresentada na figura que antecede os gráficos.

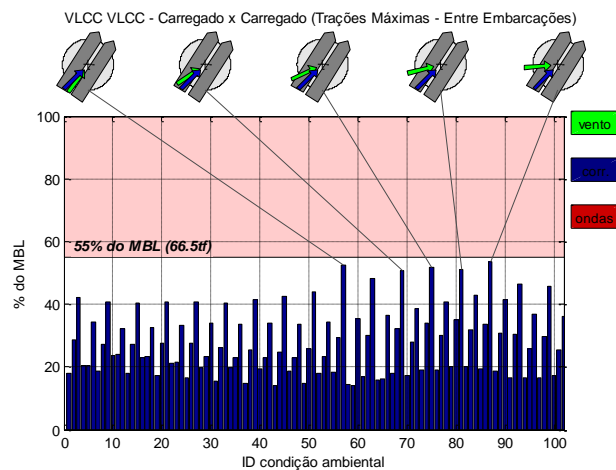
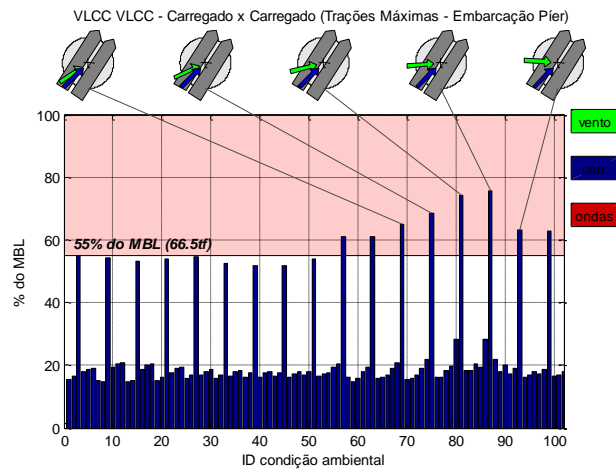
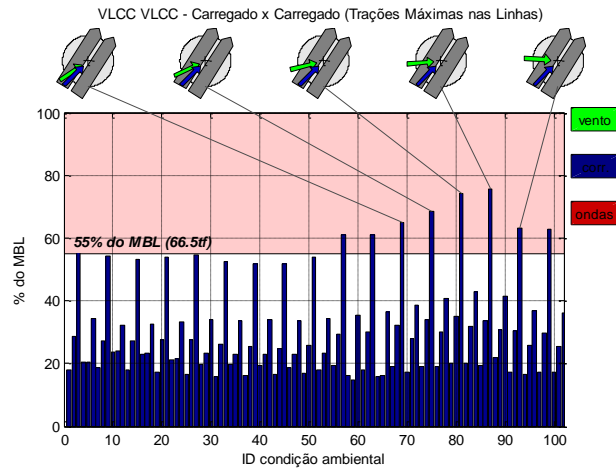


Como mencionado anteriormente, fica clara a sobrecargas dos cabos 3 a 6. Estes apresentam os menores comprimentos e dispõem-se mais transversalmente que os demais cabos, assumindo grande parte das forças laterais das embarcações. Os cabos 1 e 2 são demasiadamente longos e possuem orientação mais paralela ao píer, contribuindo preferencialmente com os esforços longitudinais. Sendo assim, diferentemente do arranjo do VLCC, neste caso a carga transversal não é igualmente distribuída entre os 6 cabos.

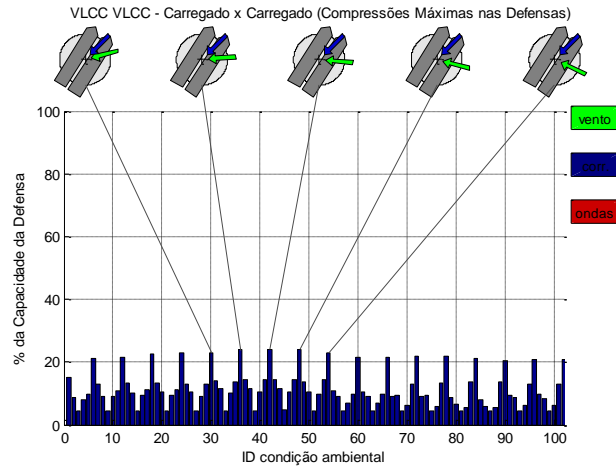


5.2. VLCC-VLCC – PP1 (Ambas carregadas)

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

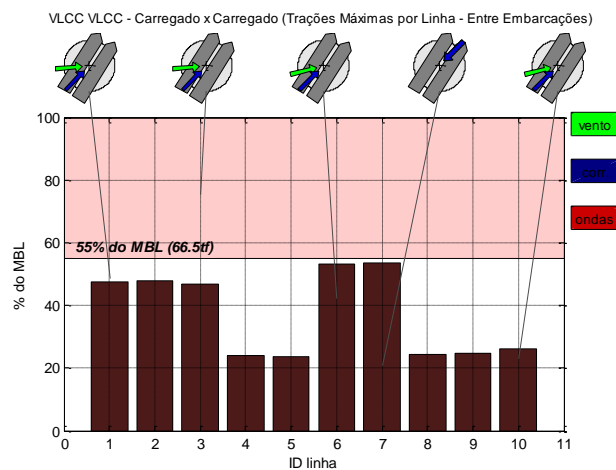
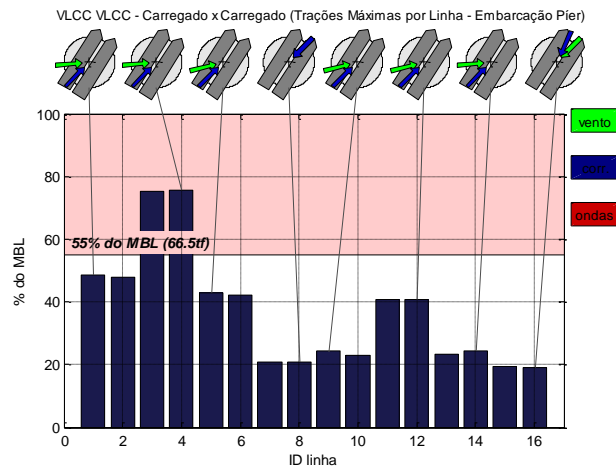


Foram observados mais casos nos quais as trações excederam o critério, assim como valores de tração absoluta mais elevados, alcançando cerca de 75% do MBL.

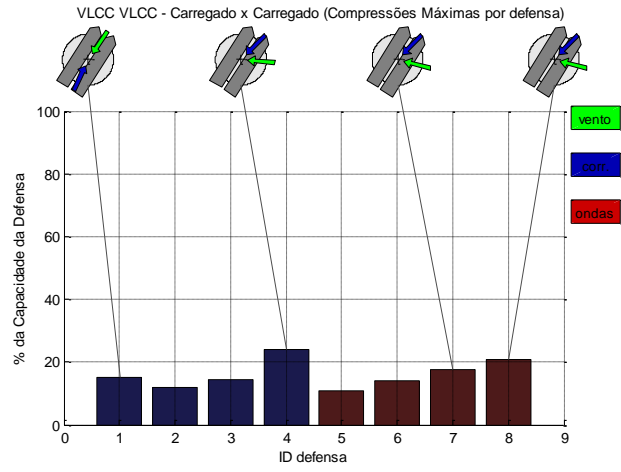


Embora tenham apresentado compressões mais elevadas, a solicitação sobre as defensas permaneceu baixa.

A seguir são apresentados os resultados de tração máxima por cabo.

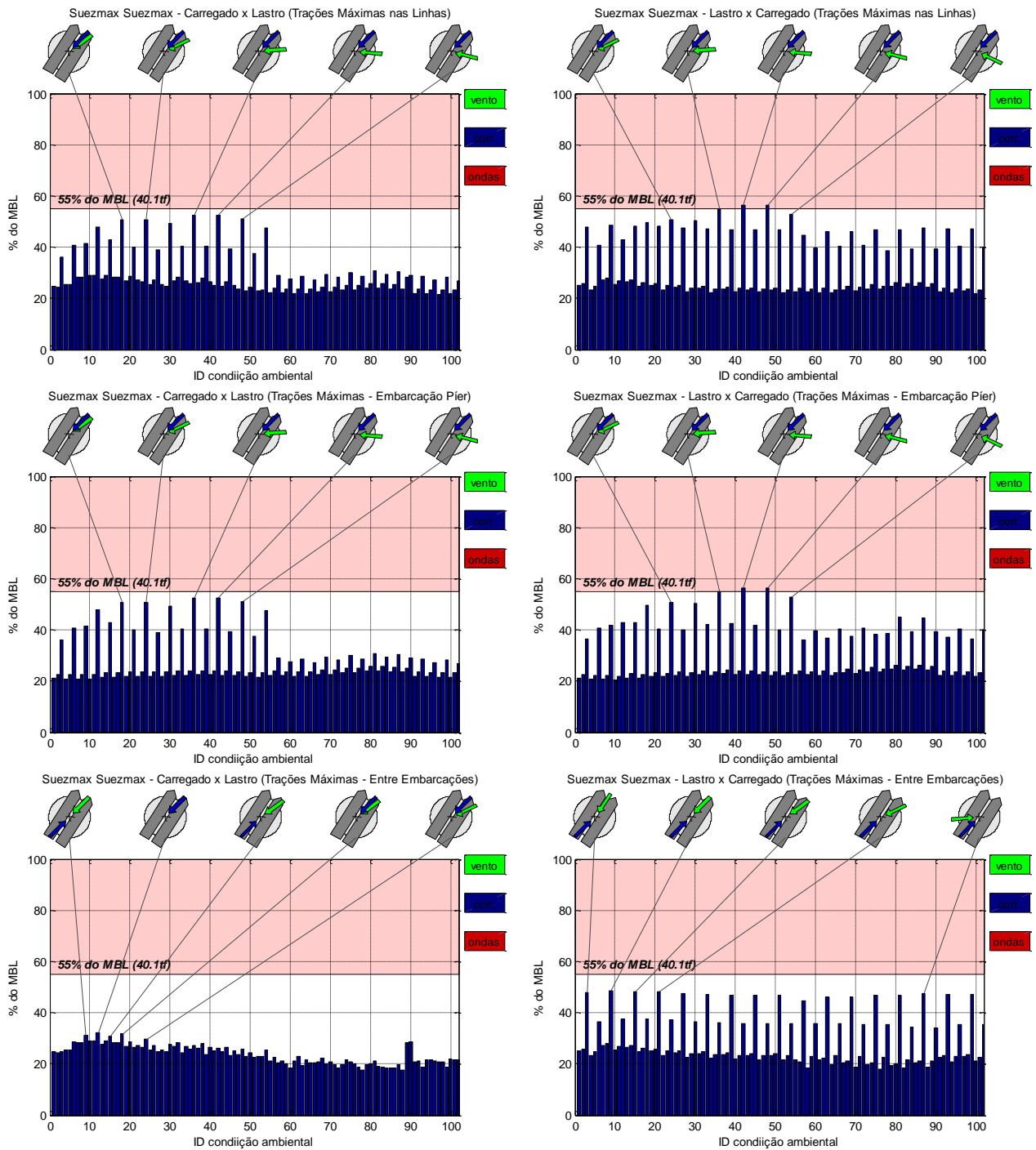


Assim como nos casos anteriormente apresentados, os cabos mais solicitados são os traveses da popa, linhas 3 e 4, que são os mais curtos do conjunto.

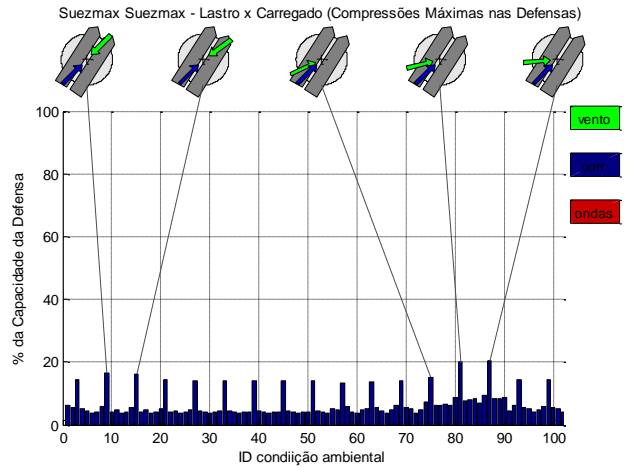
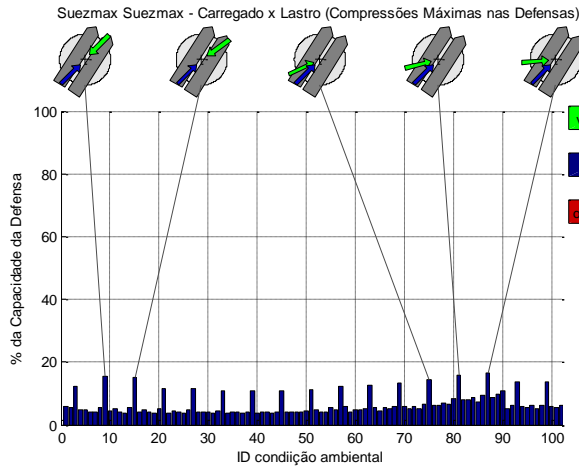


5.3. Suezmax-Suezmax - PP2

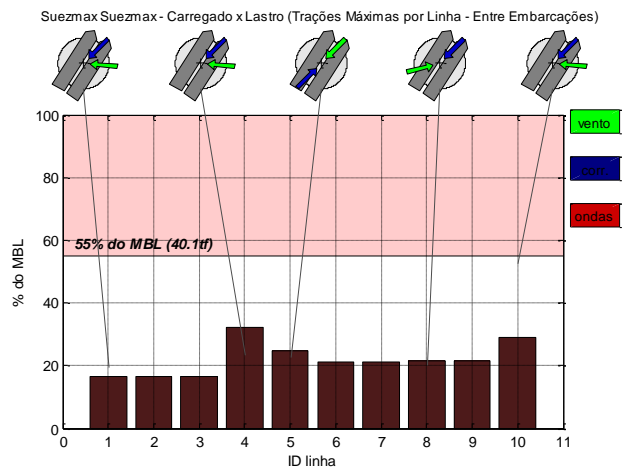
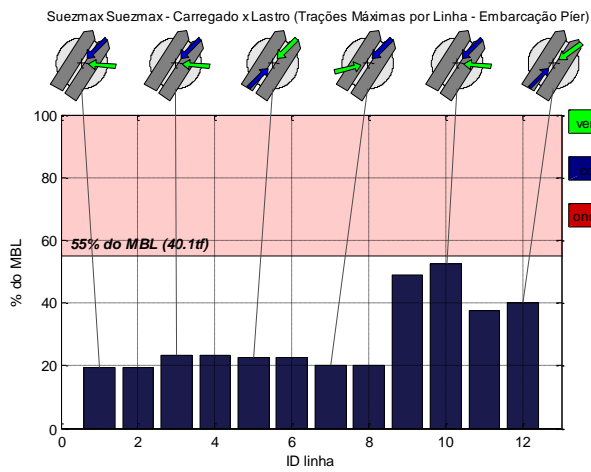
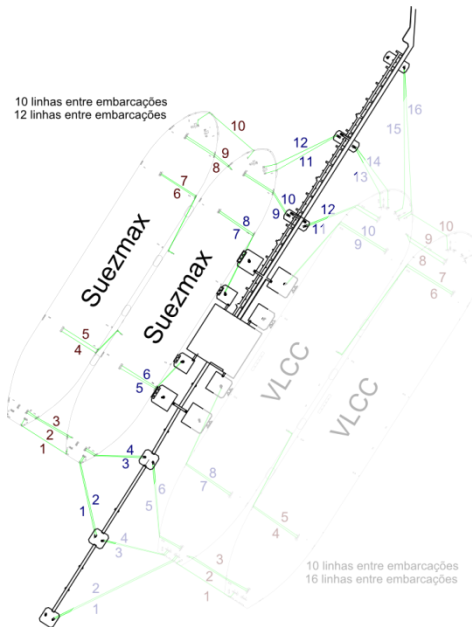
Neste tópico são apresentados os resultados para a acostagem STS entre 2 Suezmax no píer 2.

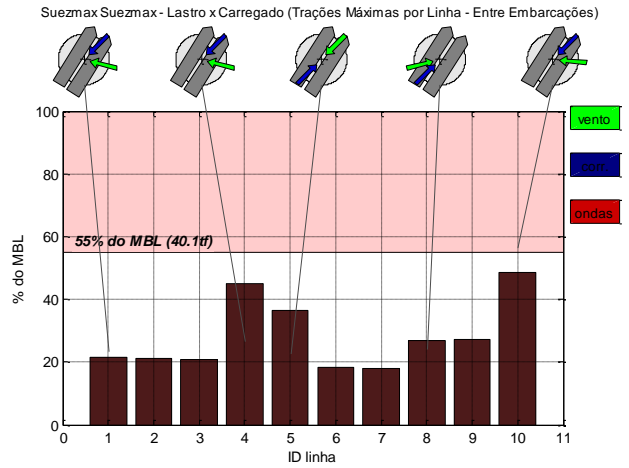
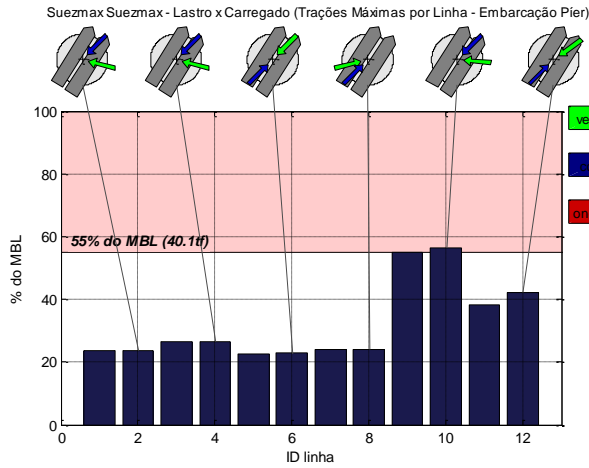


Neste casos foram observadas trações próximas ao critério de projeto. Isto se deve ao fato da intensidade de correntezas ser mais elevada na direção SSW, alcançando 0,9m/s e esta direção produzir o afastamento das embarcações atracadas ao píer 2.

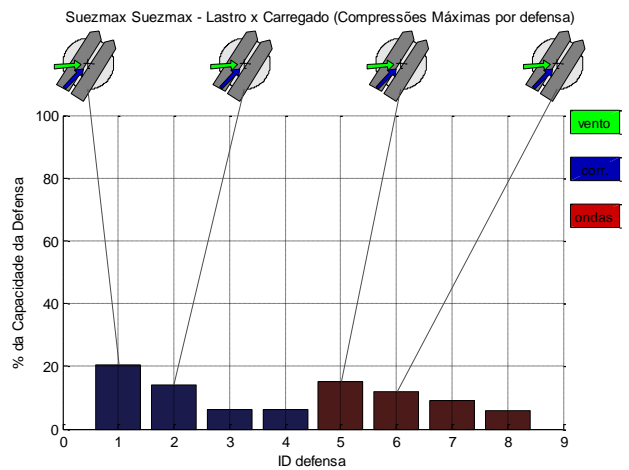
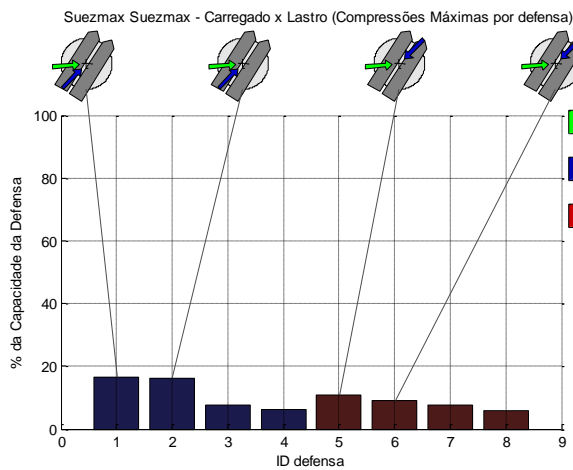
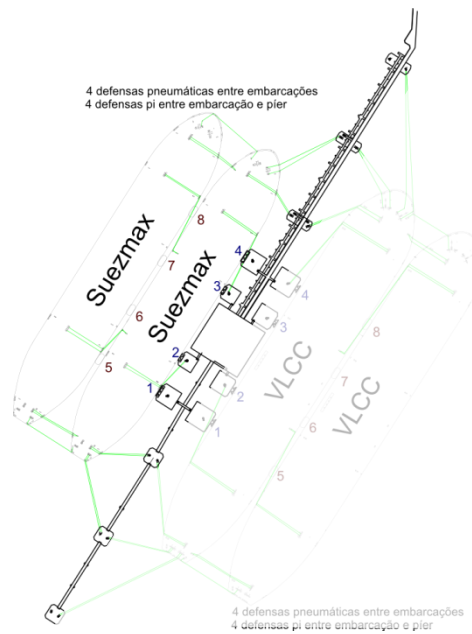


O nível de compressão nas defensas manteve-se baixo, inferior a 20%.



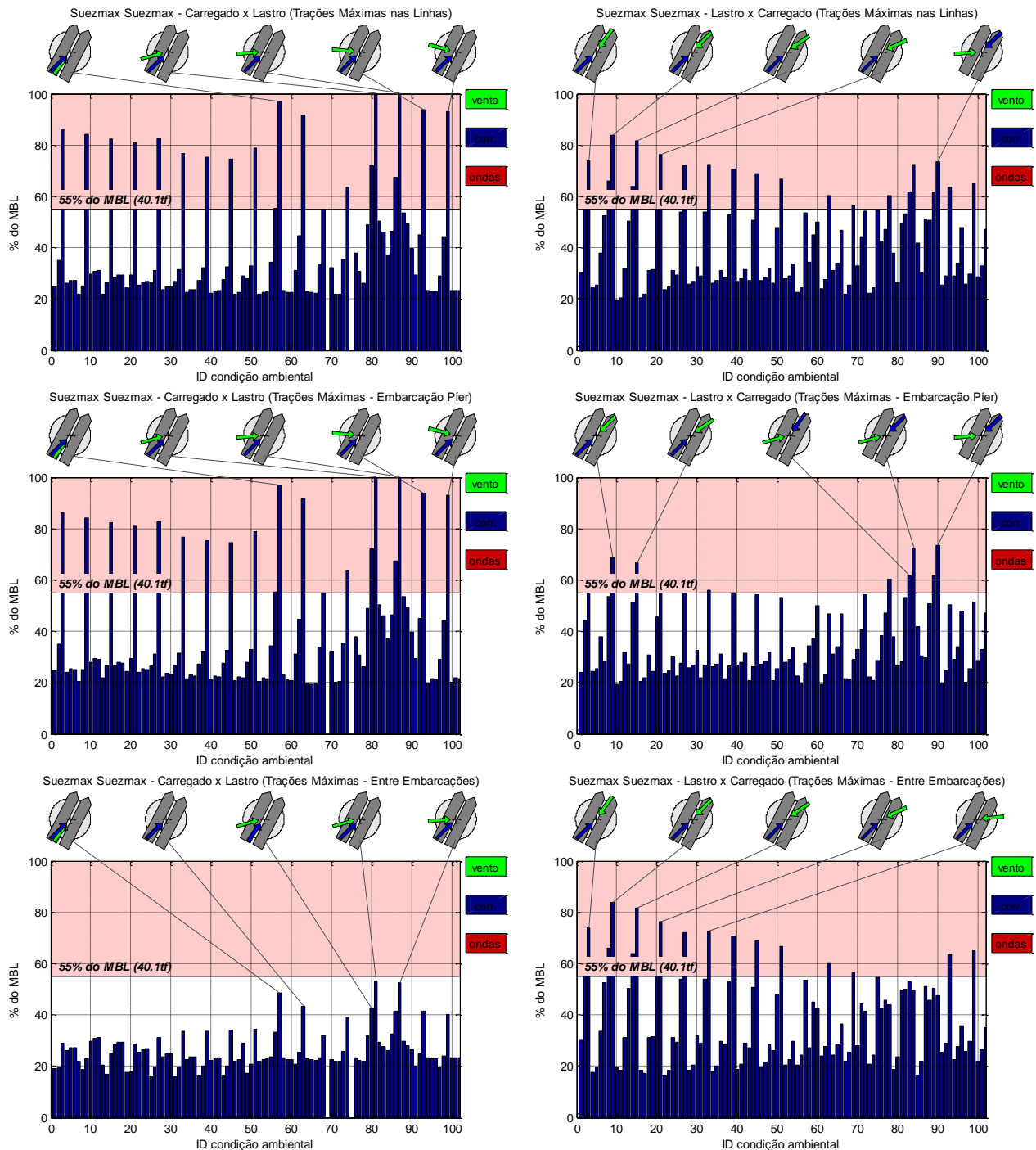


Assim como no caso anterior, as maiores trações são observadas nos traveseis mais curtos, entretanto, neste caso situados na proa da embarcação. Este resultado reflete a simetria entre o píer interno e externo com relação às correntes locais.

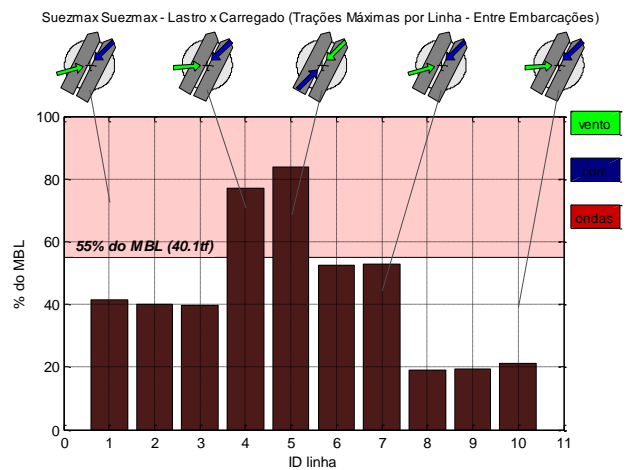
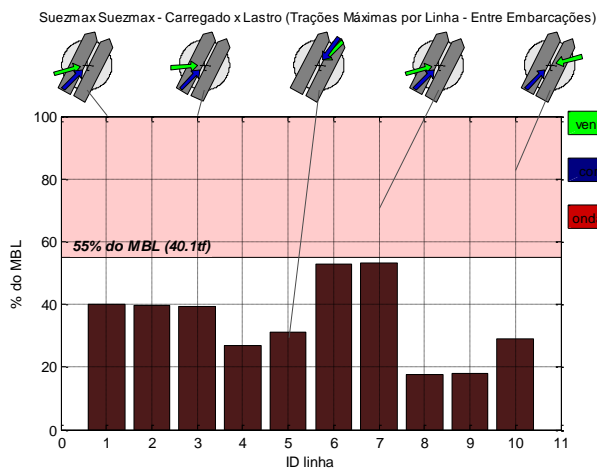
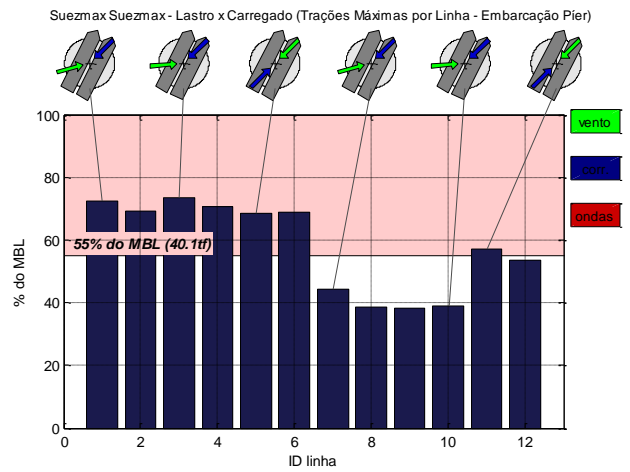
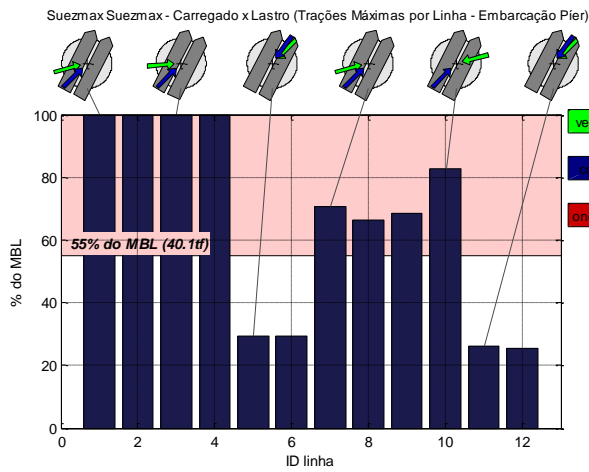
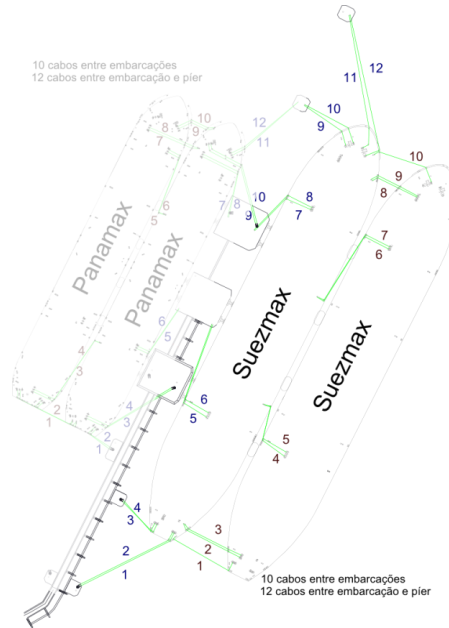


5.4. Suezmax-Suezmax - PP3

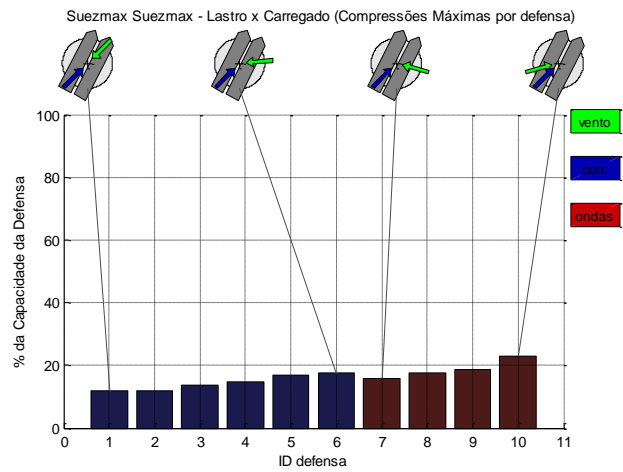
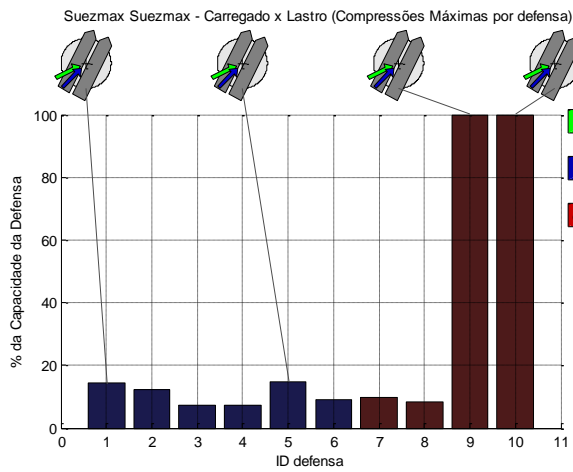
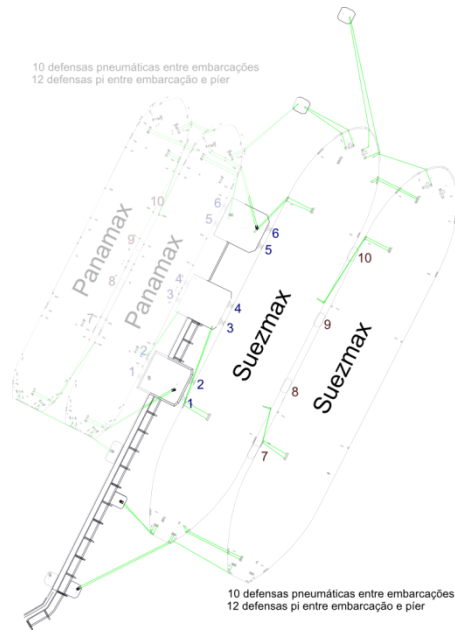
Neste tópico são apresentados os resultados para a acostagem STS entre 2 Suezmax no píer 3.



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 dólfins, guinchos e cabeços impossibilita o emprego de um arranjo ideal, ou seja, com traveses suficientemente longos e dispostos transversalmente à embarcação. Desta forma, em vários casos as trações nos cabos atingiram a carga mínima de ruptura.



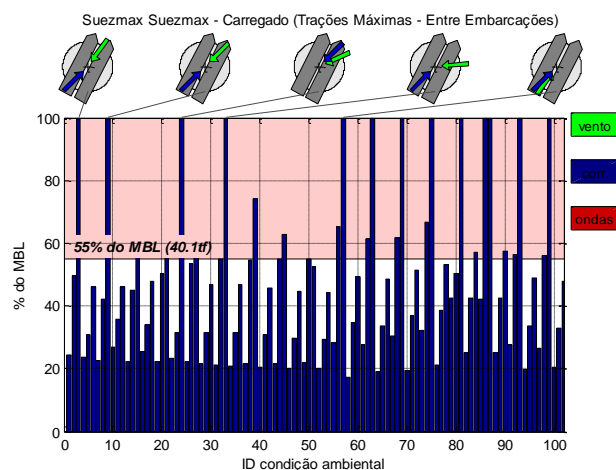
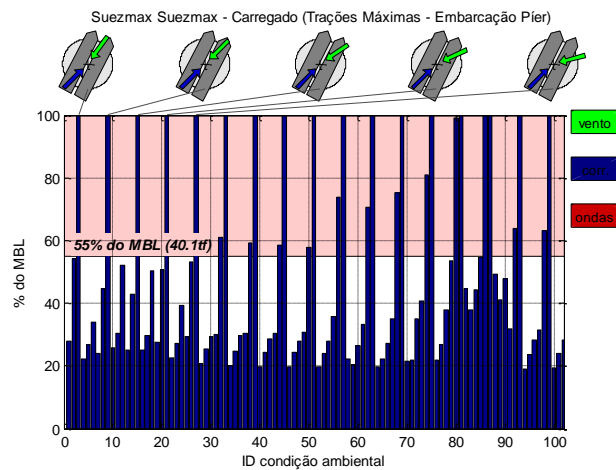
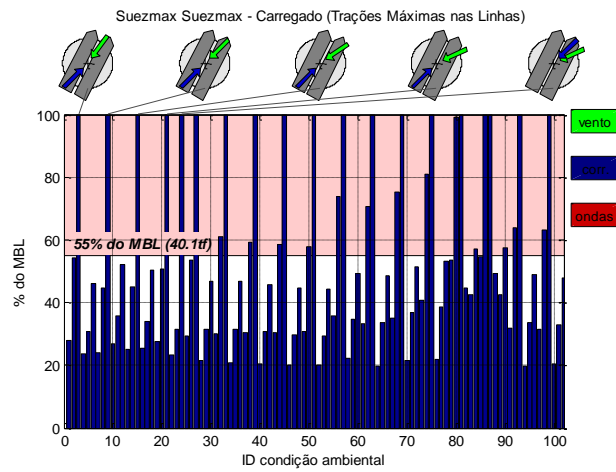
As maiores trações surgem nas linhas da popa, uma vez que a correnteza tem a tendência de afastá-la do píer.



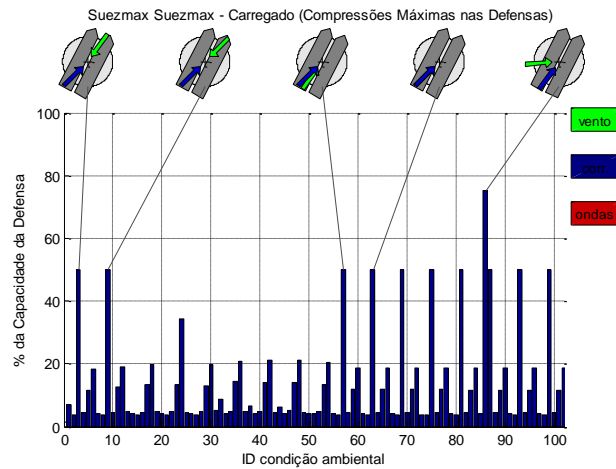
Foram observados elevados níveis de solicitação nas defensas entre as embarcações (colunas vermelhas) para o caso em que a embarcação junto ao píer encontra-se carregada e a externa em lastro.

5.5. Suezmax-Suezmax-PP3 (Ambas Carregadas)

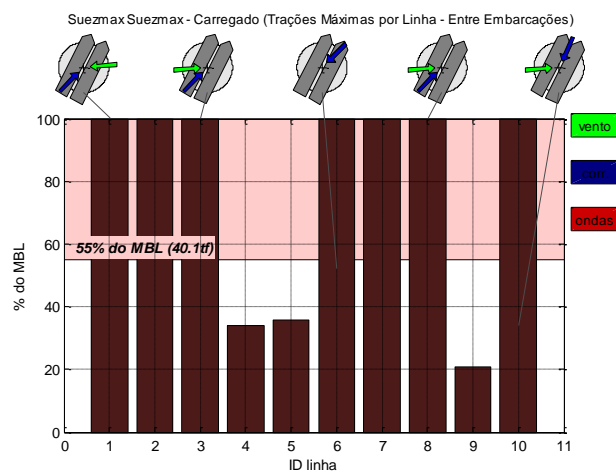
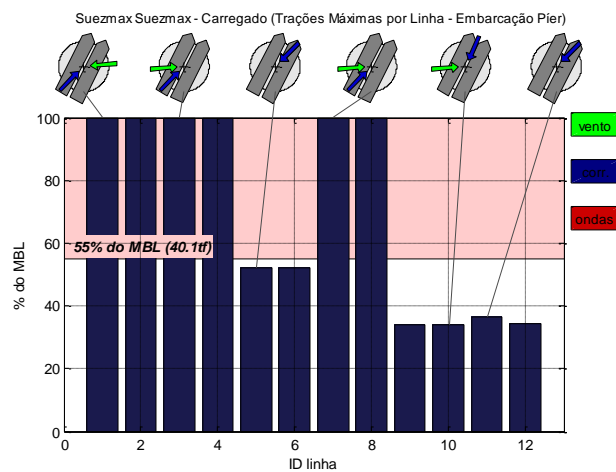
Foi analisada a atracação de dois Suezmax carregados no PP3 e os resultados são apresentados a seguir.



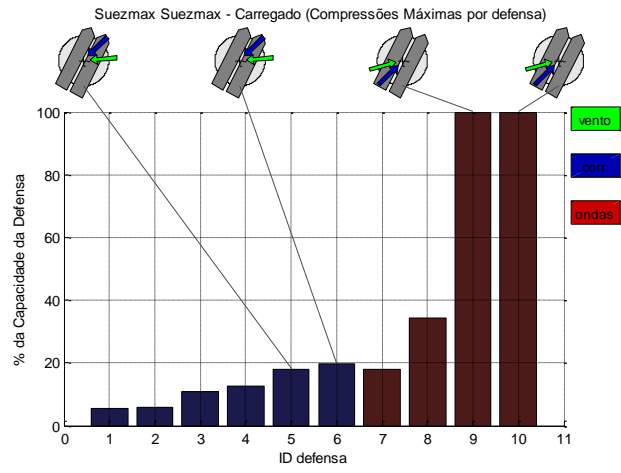
Nos casos anteriores onde uma das embarcações encontrava-se em lastro foram observados diversos casos nos quais as trações excederam os critérios. Nos resultados para ambas as embarcações carregadas a situação agravou-se e um numero maior de casos de falha foram observados, tanto nas linhas que conectam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

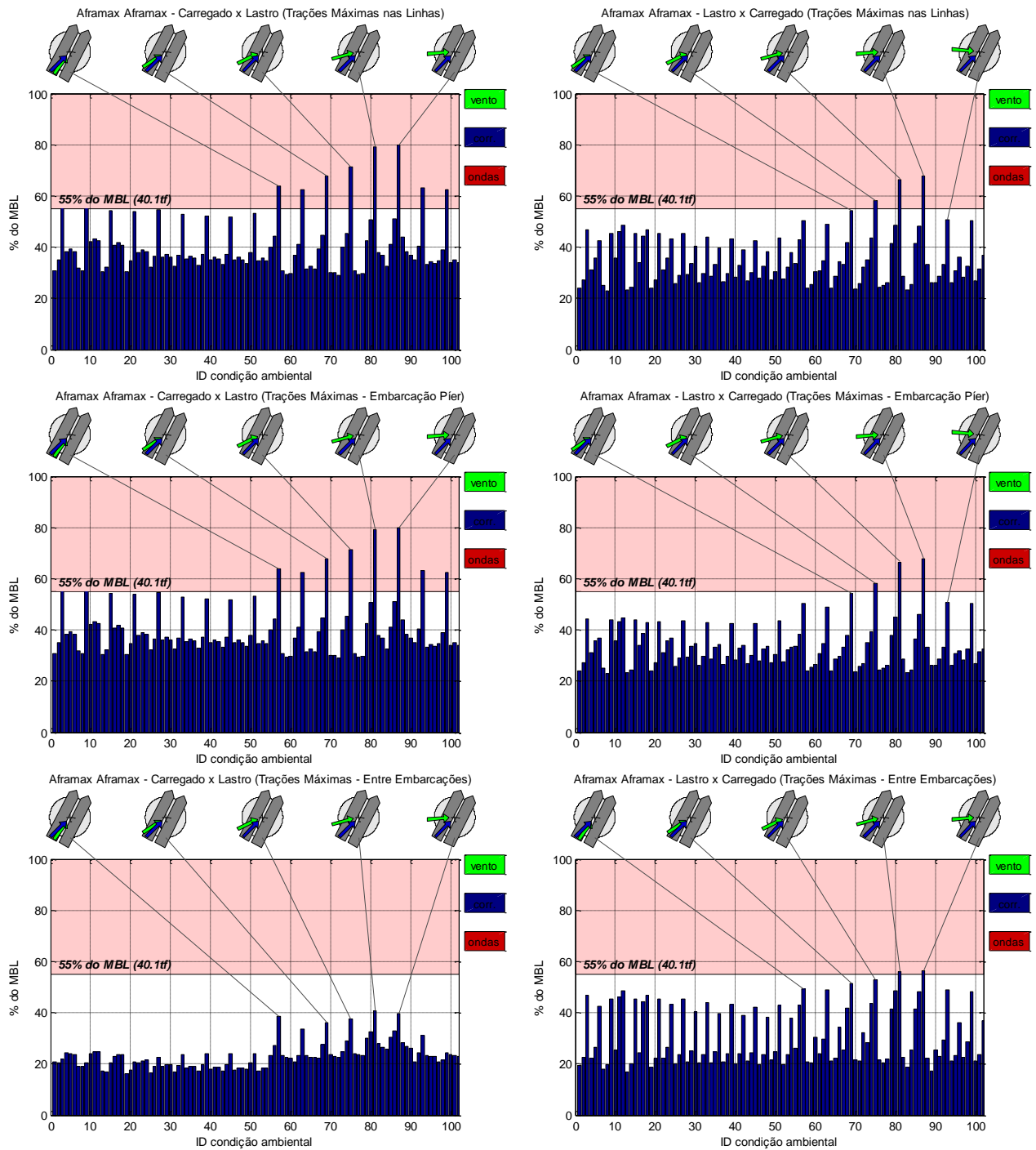


Observam-se falhas de todas as linhas do conjunto da popa assim como dos springs de proa, indicando que os esforços longitudinais, empurrando as embarcações para NNE são muito elevados.

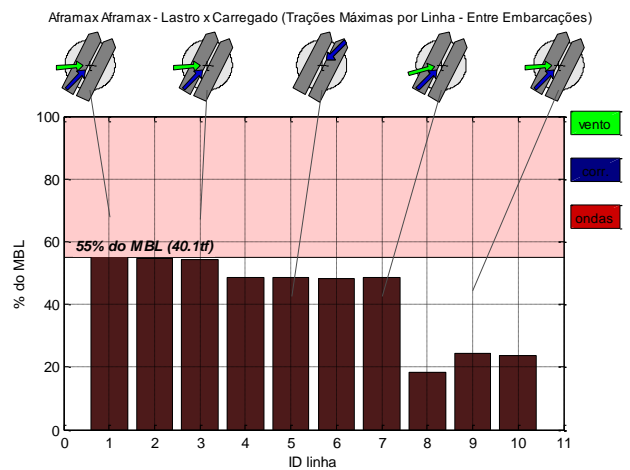
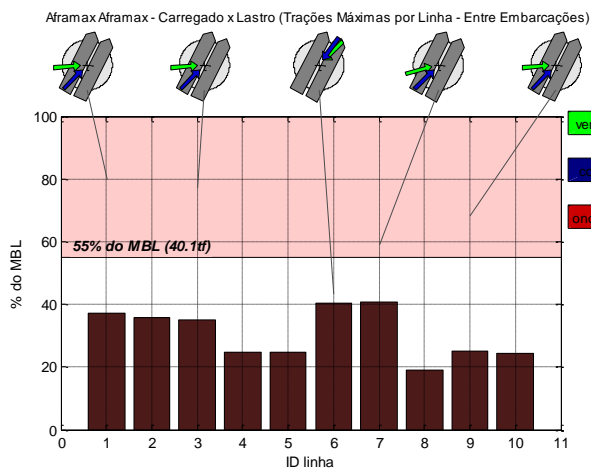
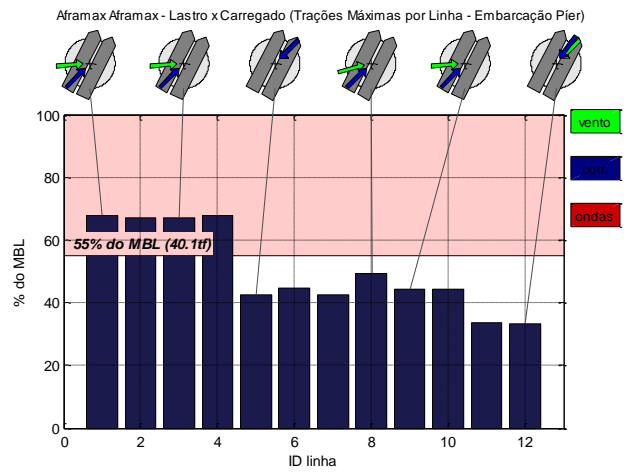
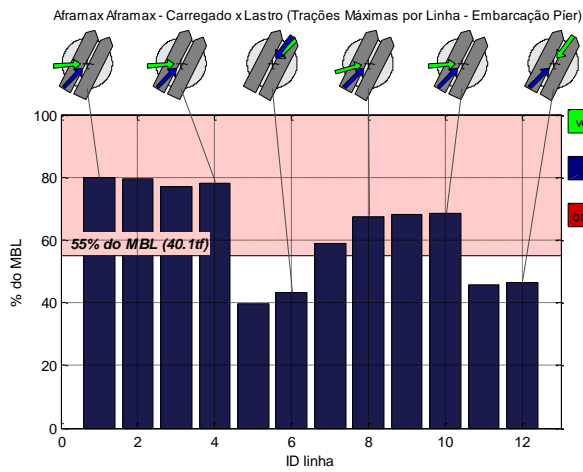
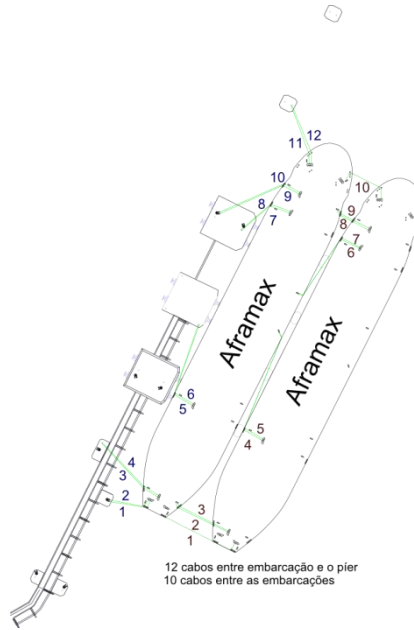


5.6. Aframax- Aframax - PP3

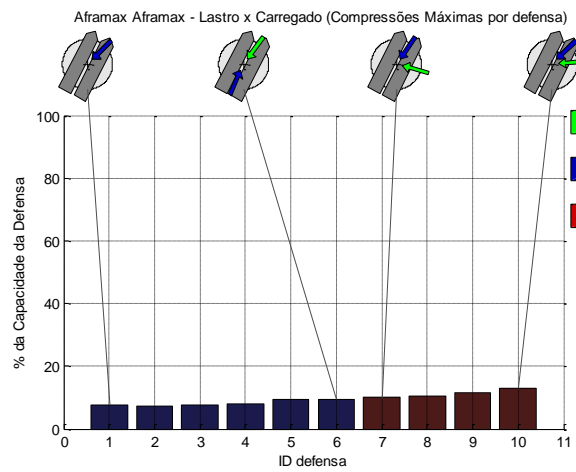
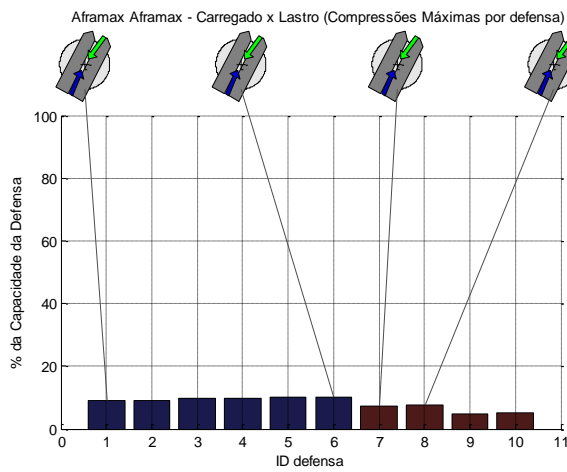
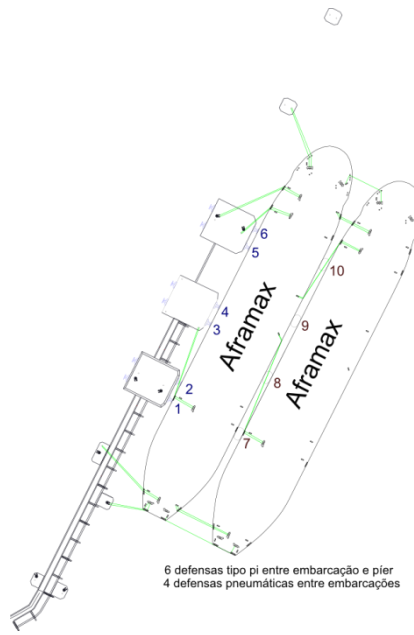
Neste tópico são apresentados os resultados para a acostagem STS entre 2 Aframax no píer 3.



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



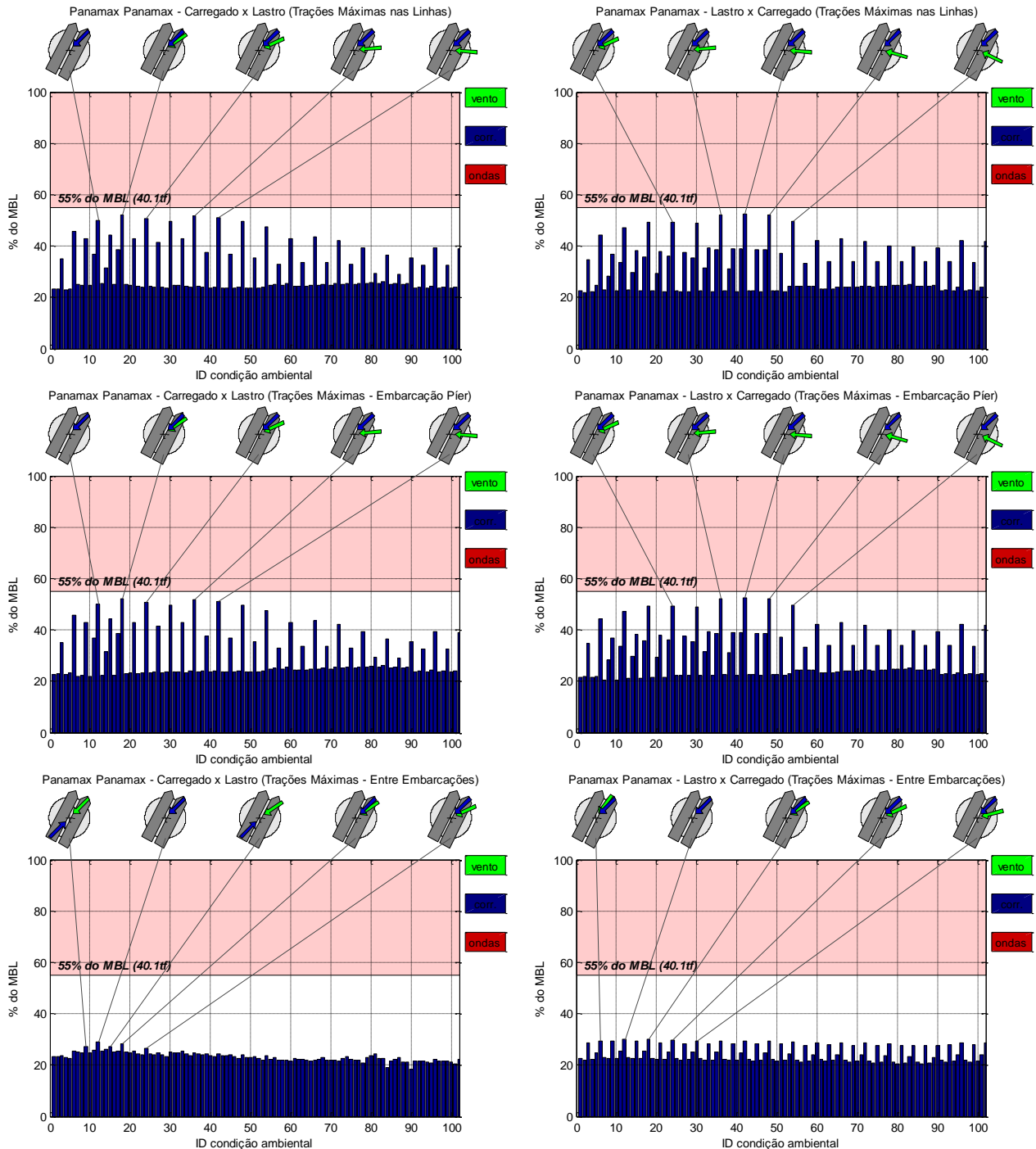
A distribuição de cargas entre as linhas nas simulações com o Aframax é similar aquelas observadas para o Suezmax, apresentadas no típico anterior. As trações mais elevadas concentram-se nas linhas transversais da popa, ligando a embarcação interna ao píer. Foram observadas trações elevadas no springs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



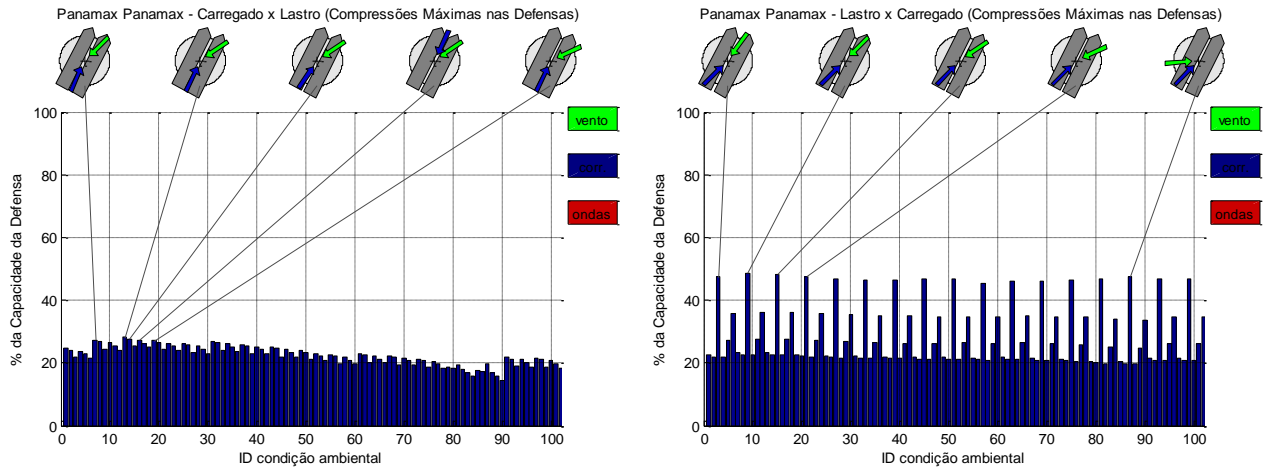
O nível de solicitação das defensas mostrou-se baixo, diferentemente dos casos com o Suezmax.

5.7. Panamax-Panamax - PP4

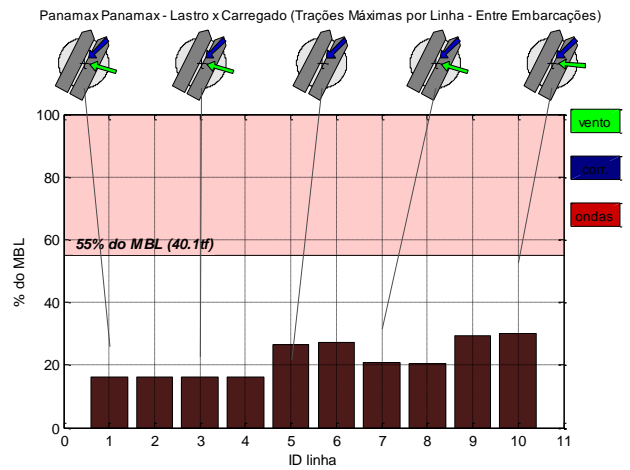
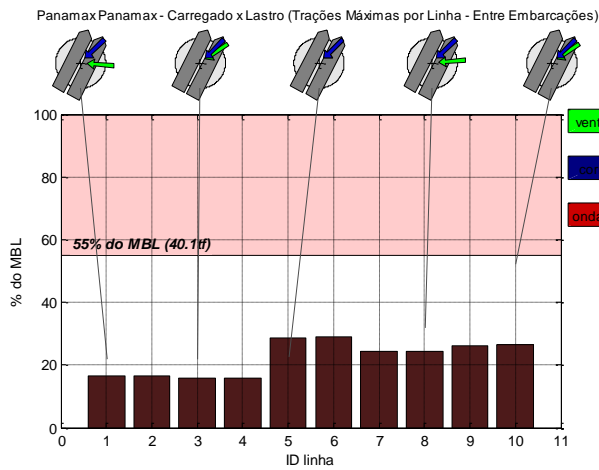
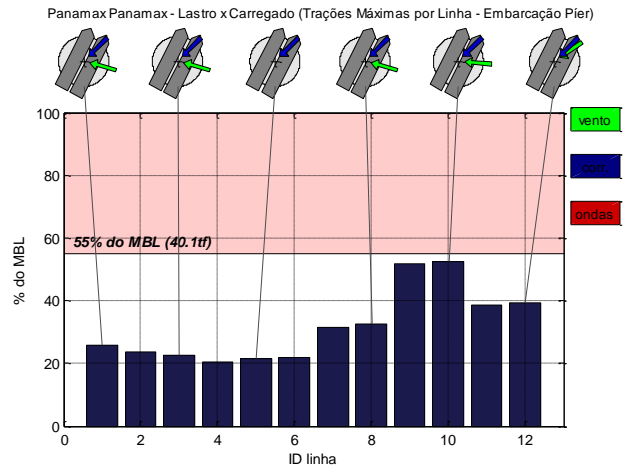
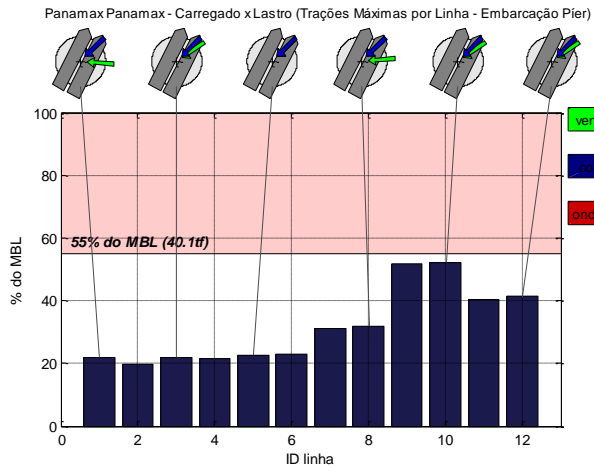
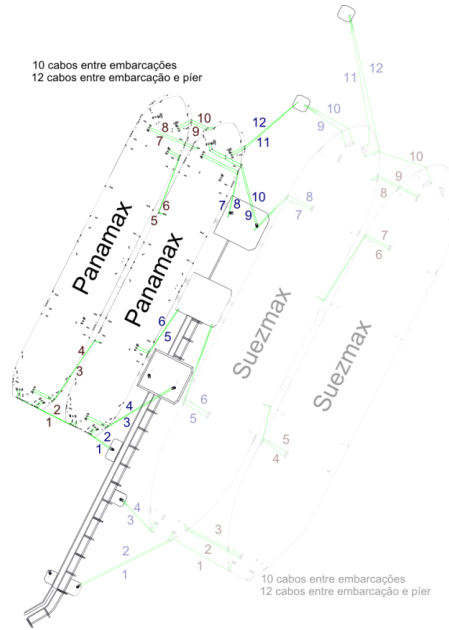
Neste tópico são apresentados os resultados para a acostagem STS entre 2 Panamax no píer 4.

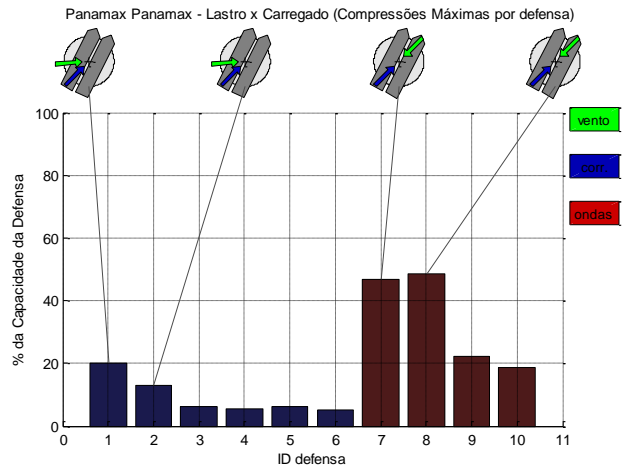
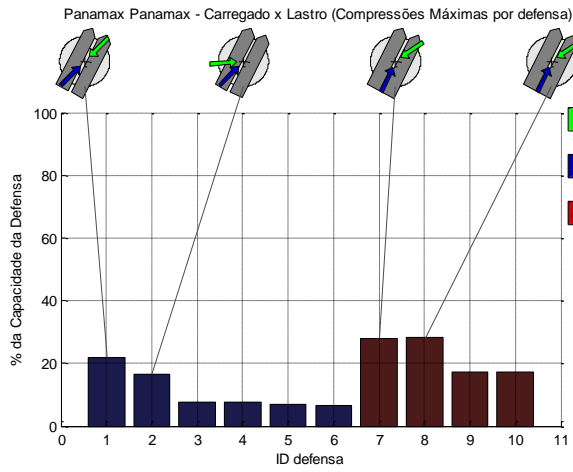
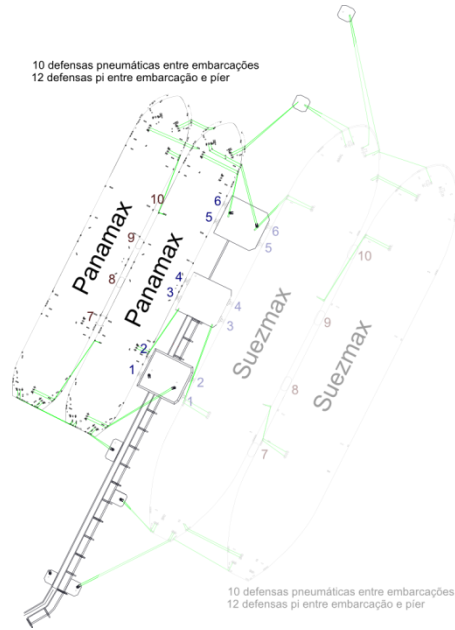


Embora seja a menor dentre as embarcações estudadas, as trações observadas foram elevadas. Isto se deve, assim como nos casos anteriores, à disponibilidade e disposição dos pontos de fixação dos cabos que não permitem a elaboração de um arranjo otimizado. Destaca-se, ainda, que o PP4 possui a menor profundidade 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.

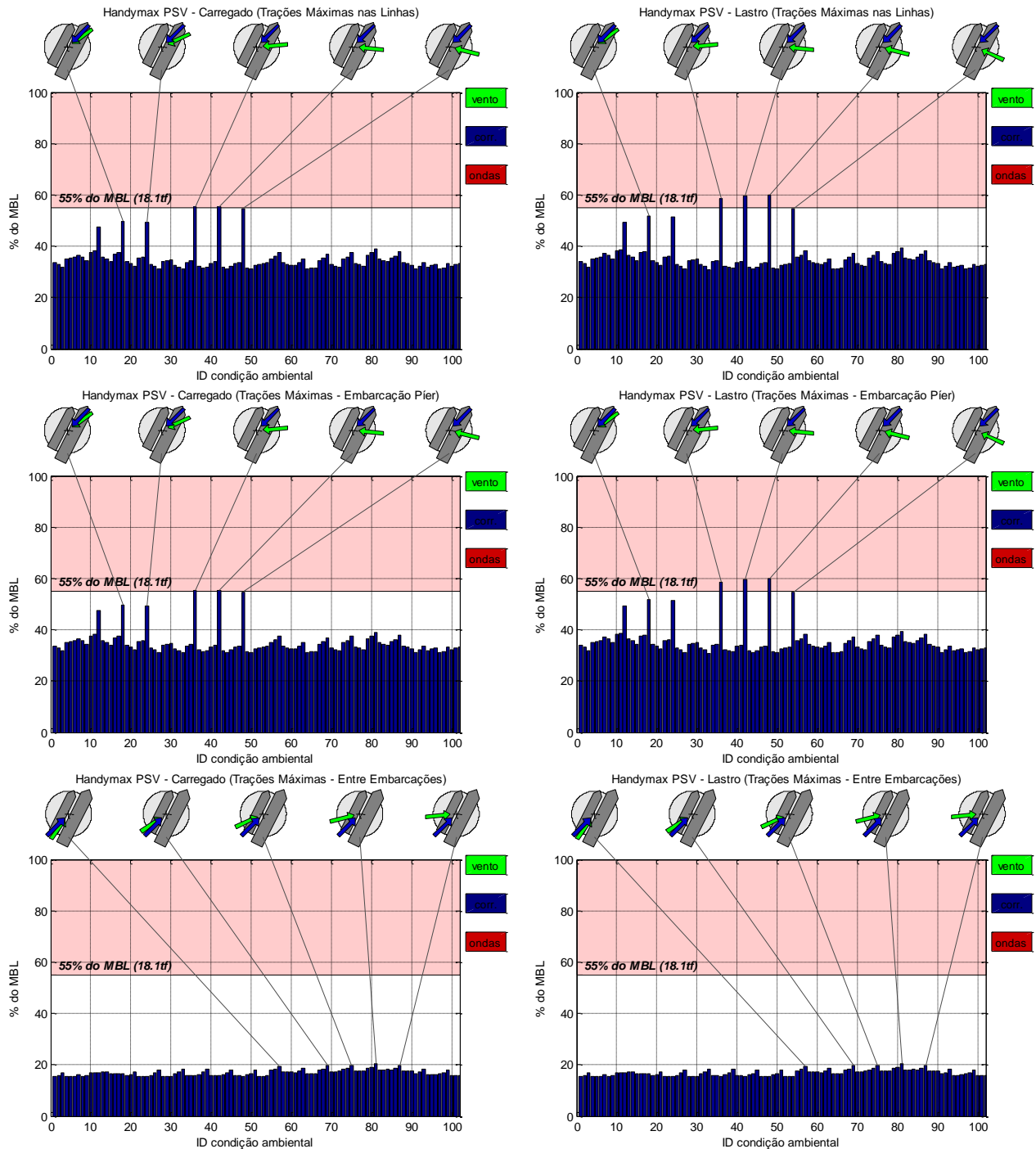


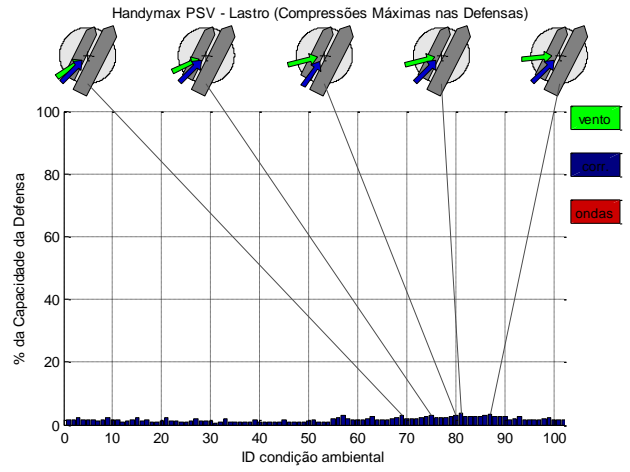
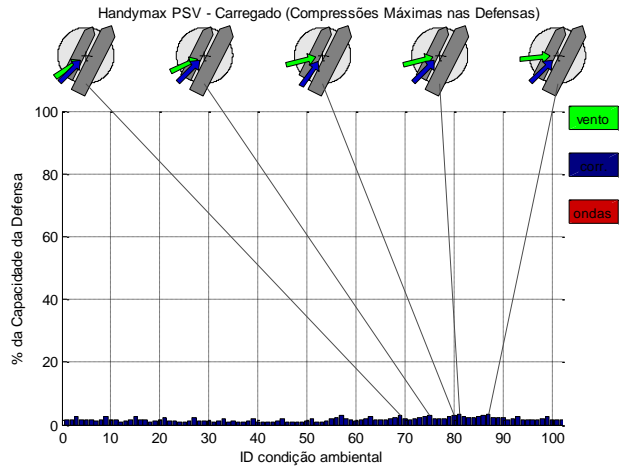


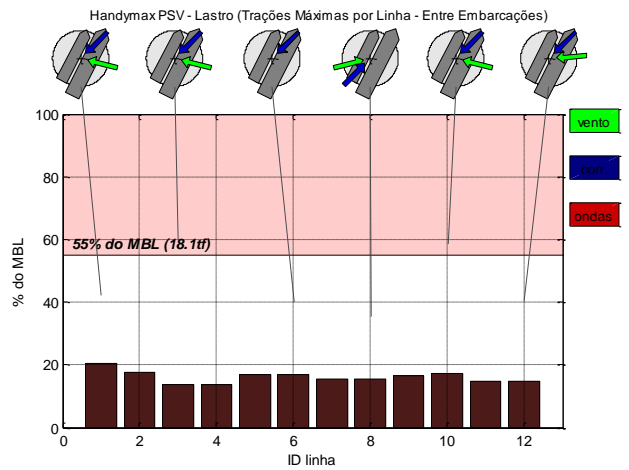
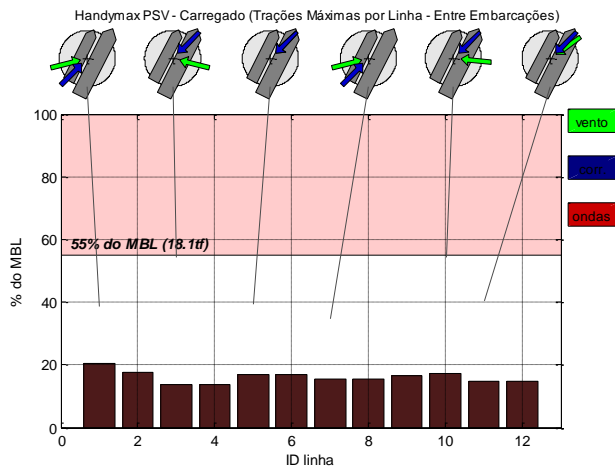
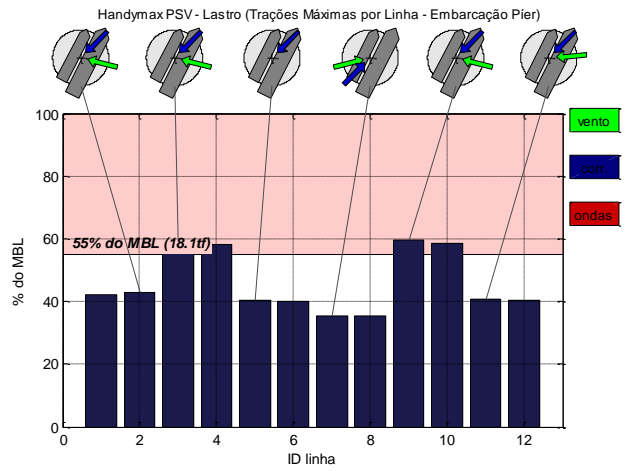
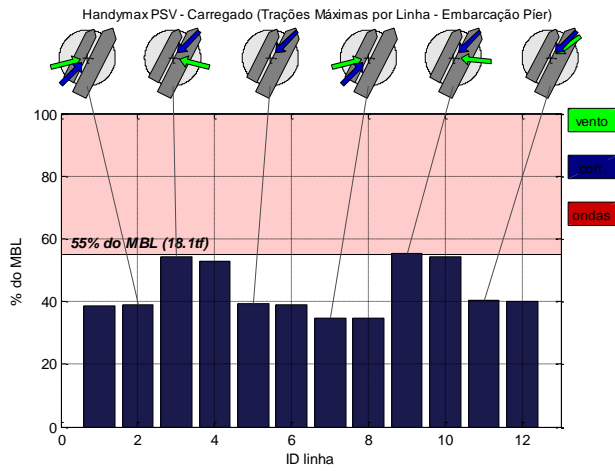
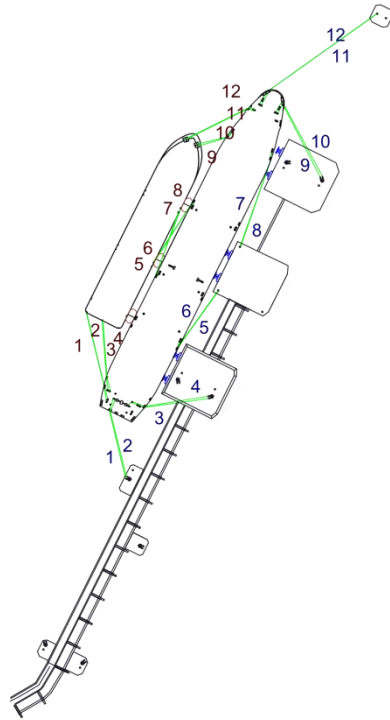
As compressões máximas nas defensas mantiveram-se baixas.

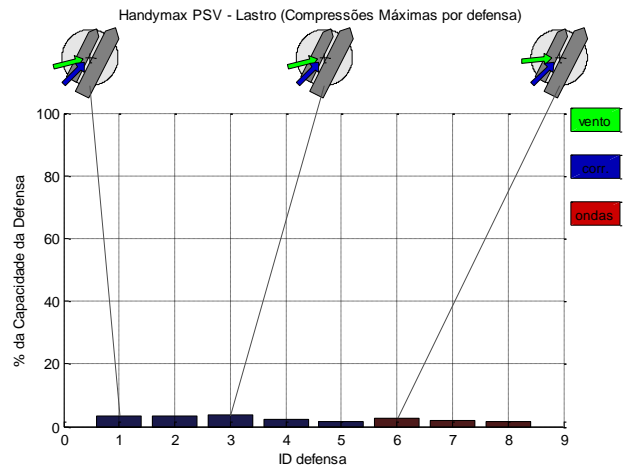
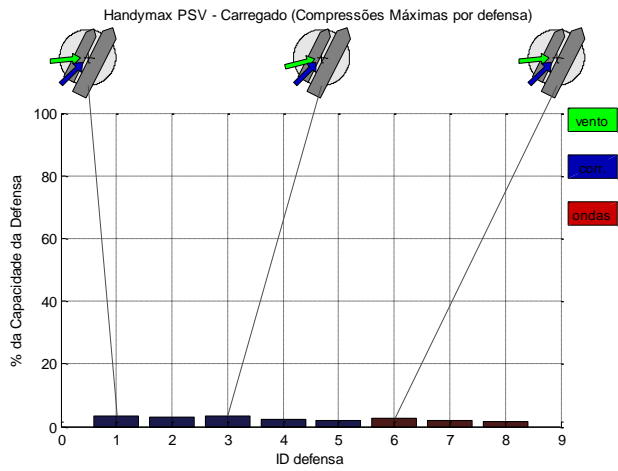
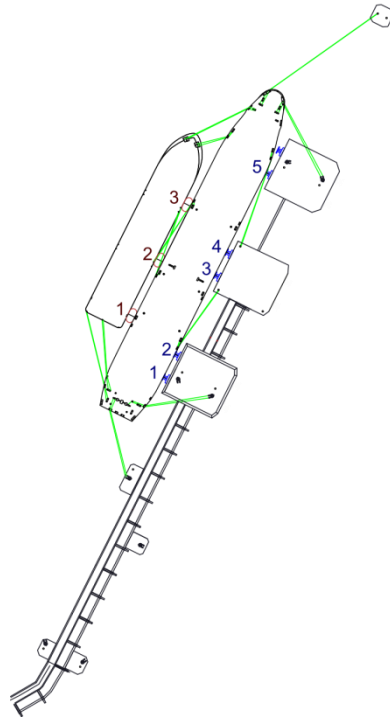
5.8. Handysize – PSV – PP4

Neste tópico são apresentados os resultados para a acostagem STS entre um navio Handysize e um PSV no PP4. Pode-se ver que em quase todos os casos a solicitação dos cabos e defensas estão abaixo dos limites operacionais.









6. Resultados: Disponibilidade

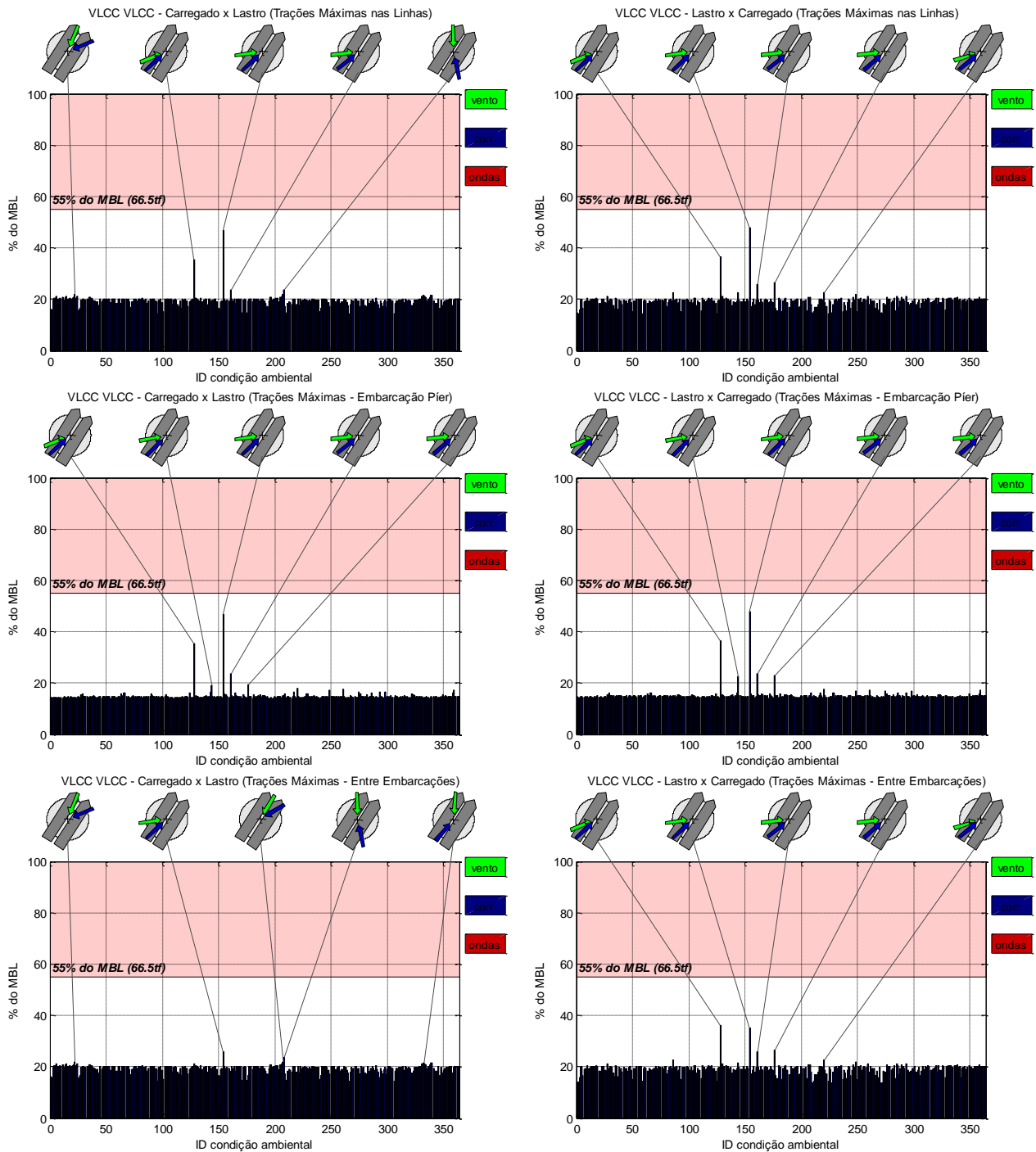
O nível de disponibilidade reflete o percentual do tempo no qual certa operação será possível. Neste caso, esta possibilidade corresponde a níveis de tração ou compressões inferiores aos critérios de projeto. Para avaliar a disponibilidade é importante conhecer as condições ambientais simultâneas em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

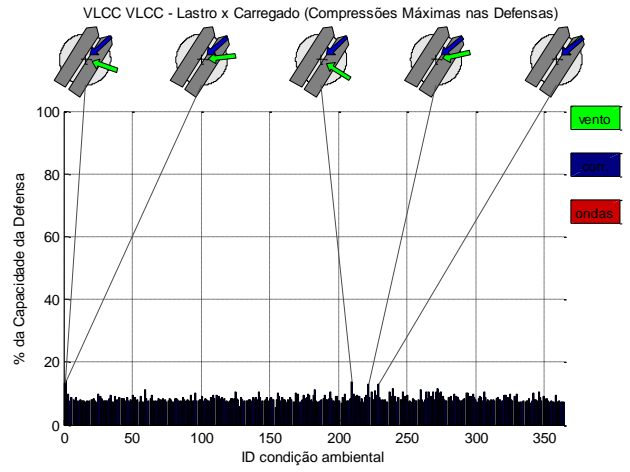
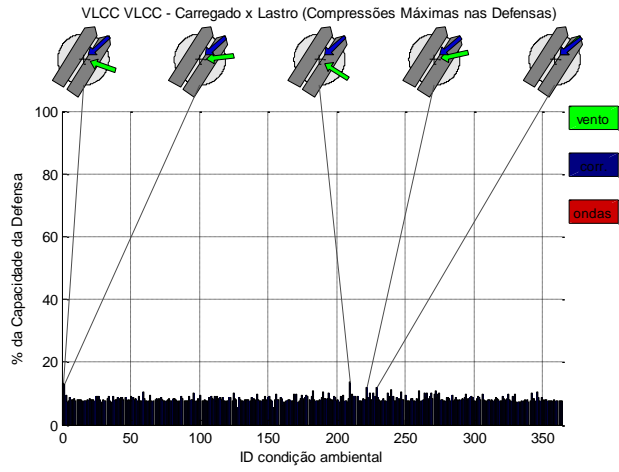
O intervalo de tempo utilizado foi 1 ano, discretizado diariamente e as condições de vento e correnteza simultâneas provêm de simulações numéricas, devidamente calibradas, descrita em [4].

As intensidades observadas no registro de um ano são inferiores àquelas 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.

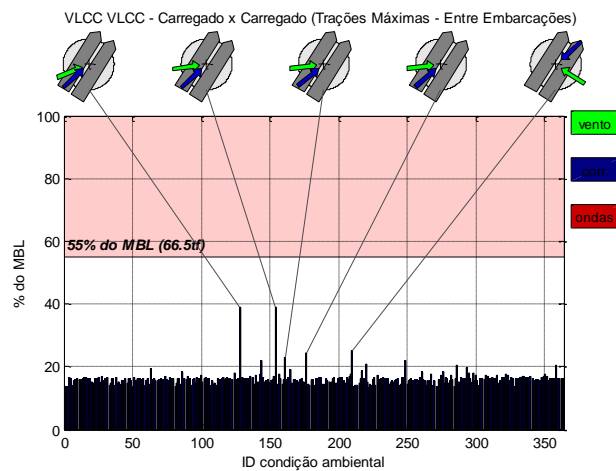
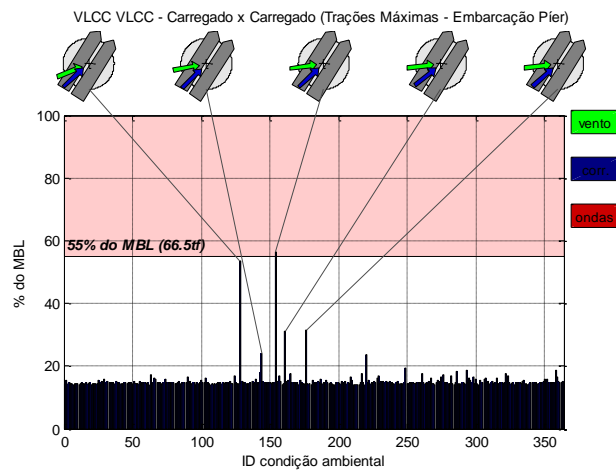
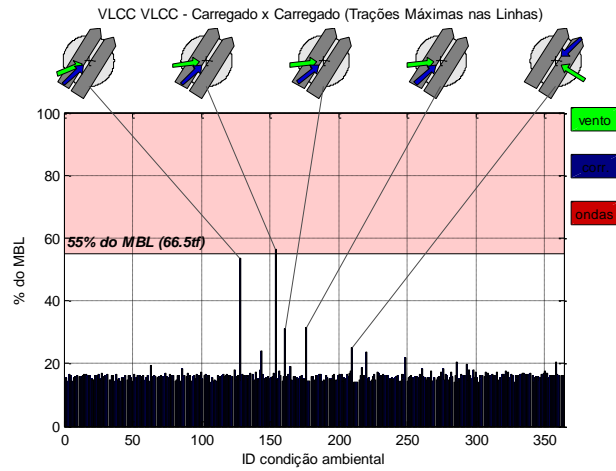




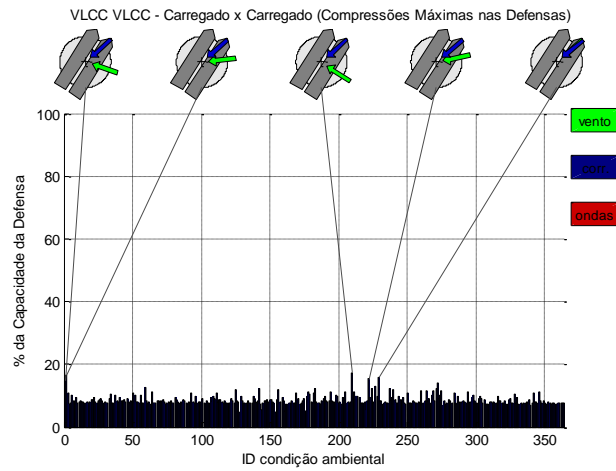
No período analisado o nível de **disponibilidade** foi de **100%** para operação.

6.2. VLCC-VLCC – PP1 (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.



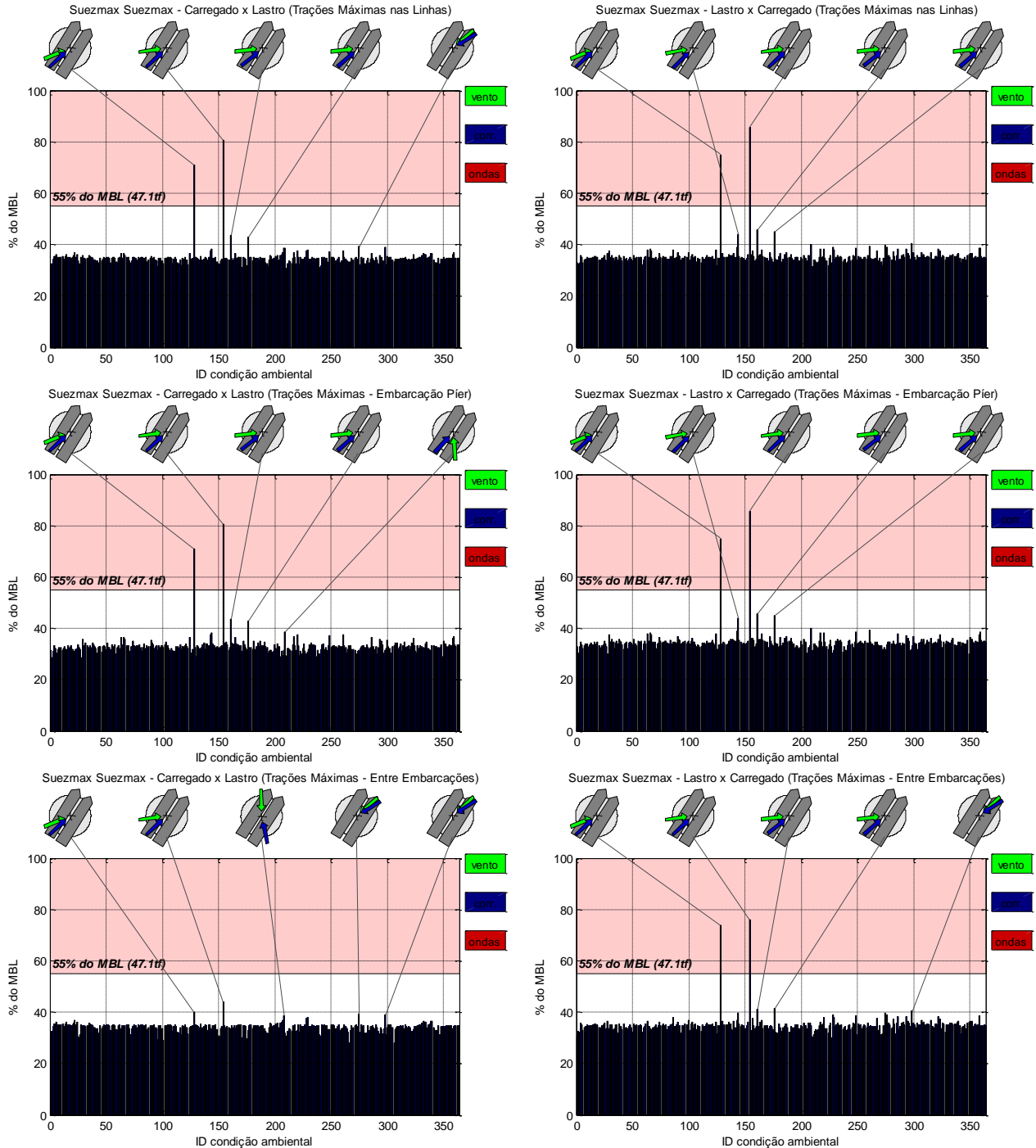
Em média os valores mantiveram-se baixos, inferiores a 20% do MBL, tendo sido registrado apenas 1 caso no qual o critério de projeto foi excedido, o que corresponde a **99,72% de disponibilidade**. Em termos absolutos o pico observado é coerente com o estudo de cargas limite, apresentado nos tópicos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



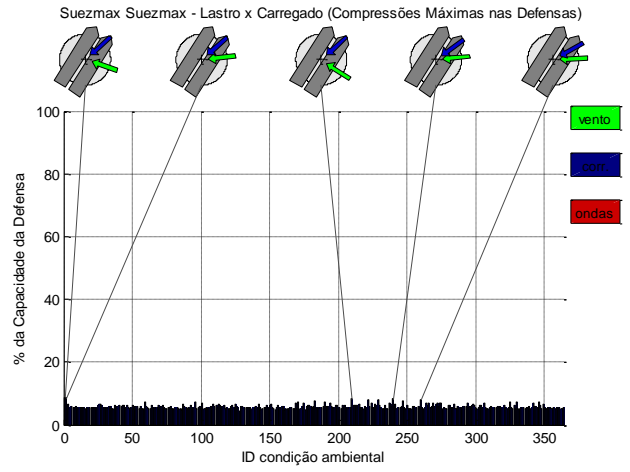
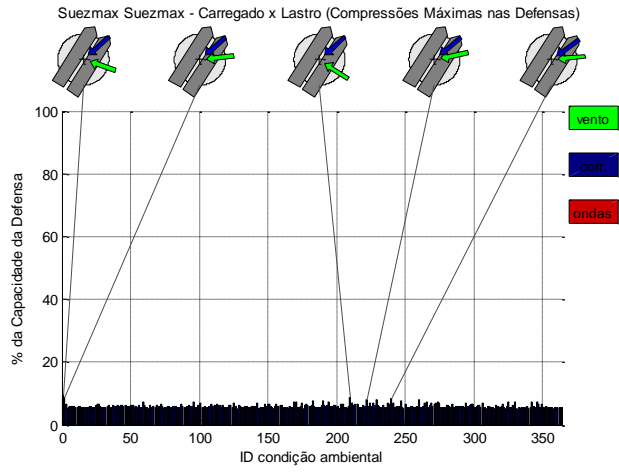
A compressão nas defensas mantiveram-se inferiores a 30% da capacidade das mesmas.

6.3. Suezmax – Suezmax – PP1

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



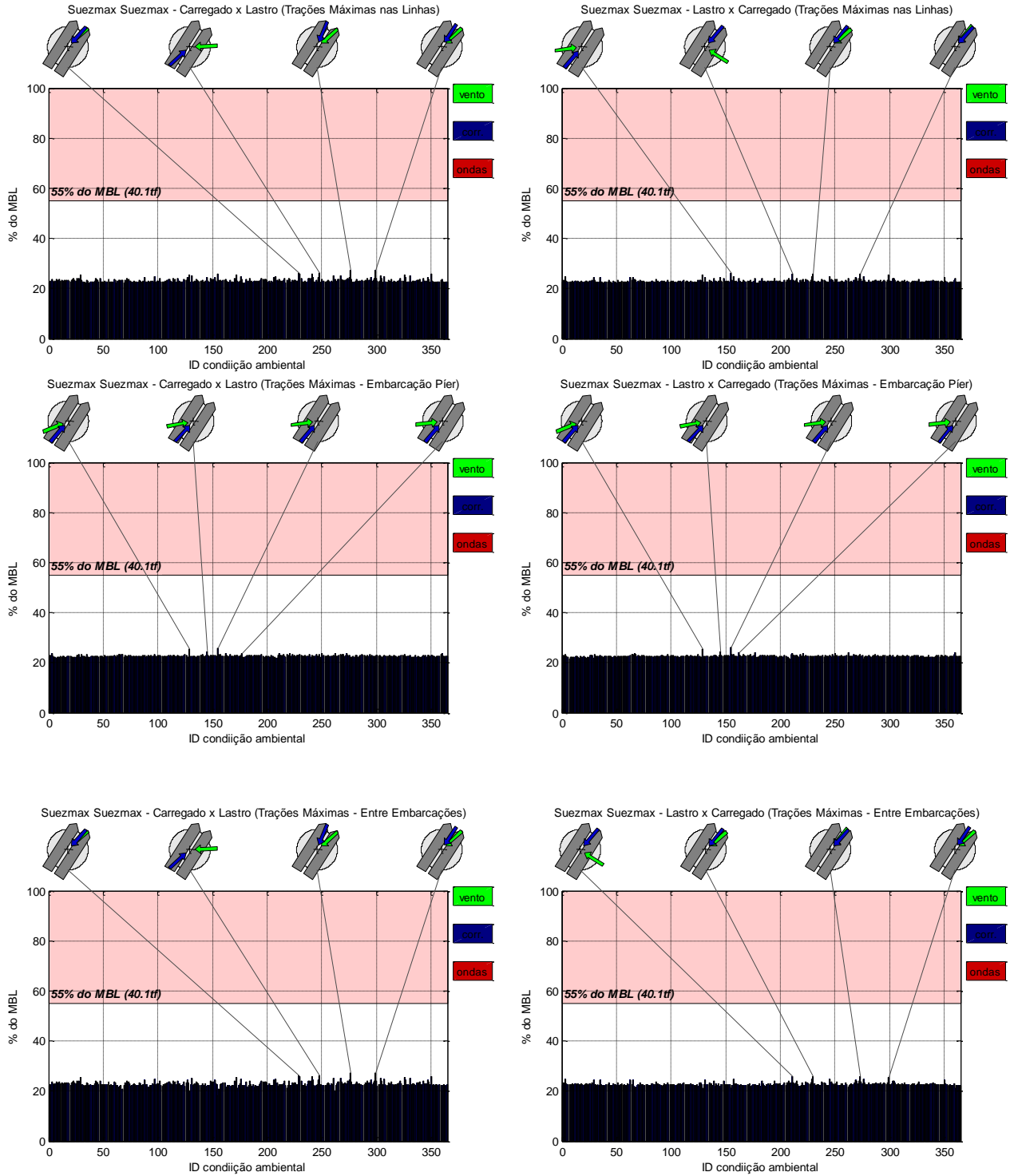
Foram observadas 2 ocorrências nas quais o critério de tração foi excedido, correspondendo a uma **disponibilidade de 99,45%**. Da mesma forma, a seguir são apresentadas as compressões máximas observadas no sistema de defensas.



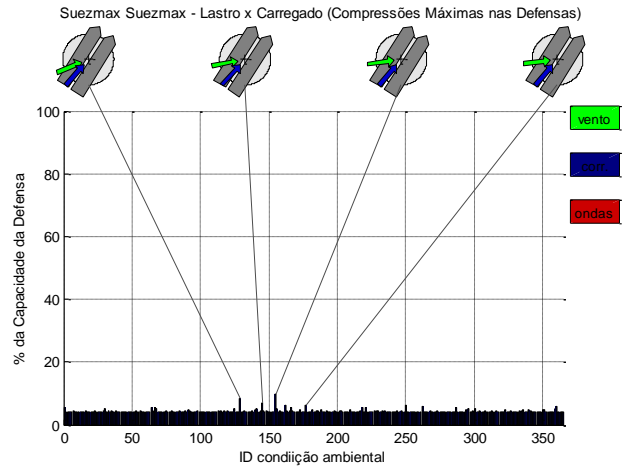
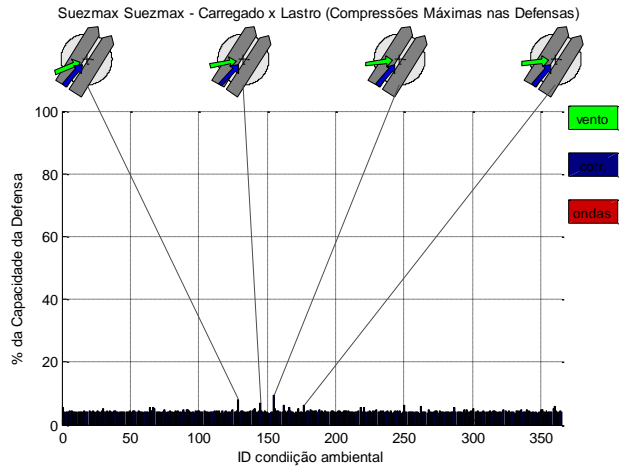
Neste caso, nenhuma ocorrência de falha nas defensas foi observada.

6.4. 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.



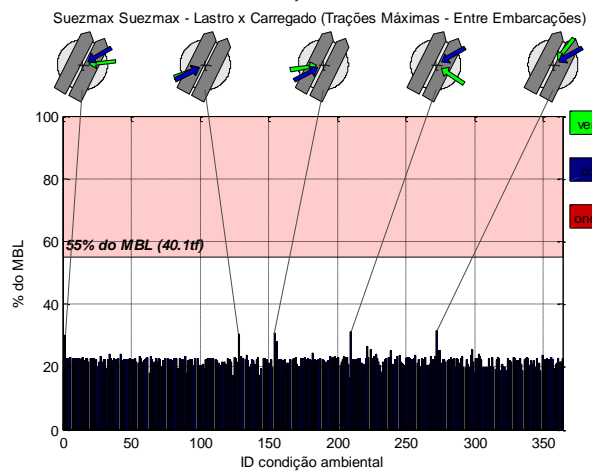
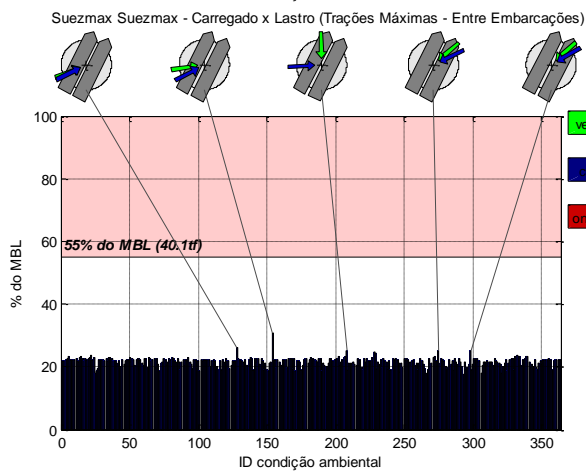
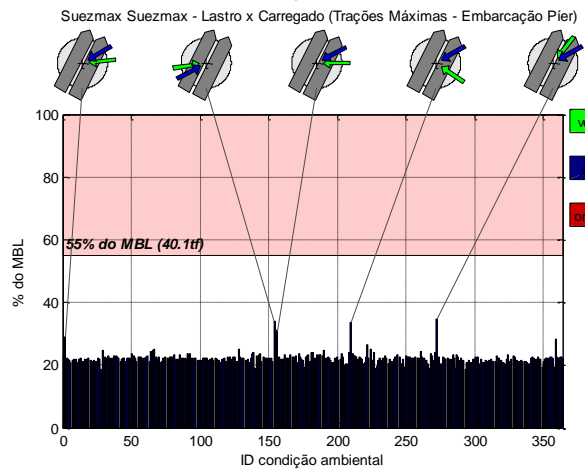
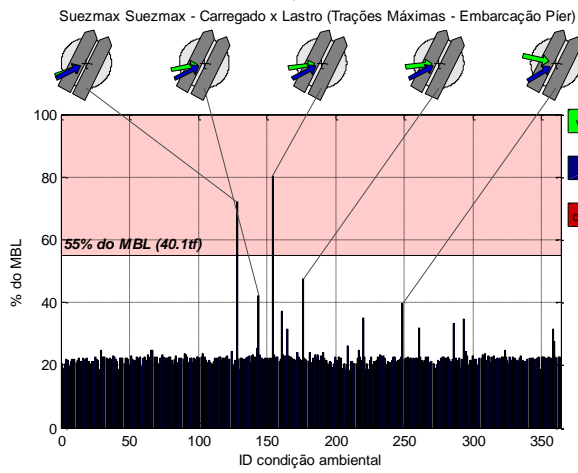
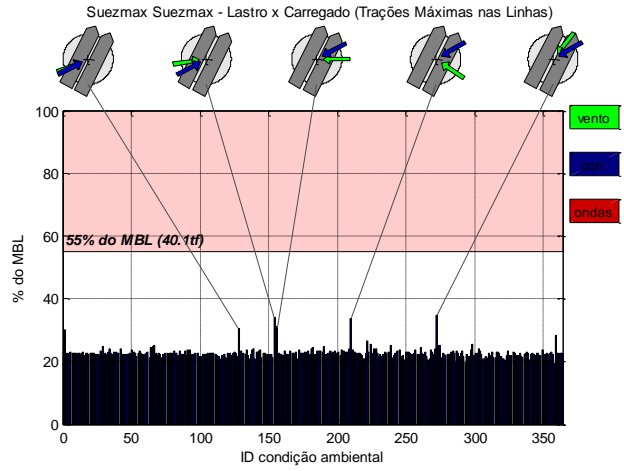
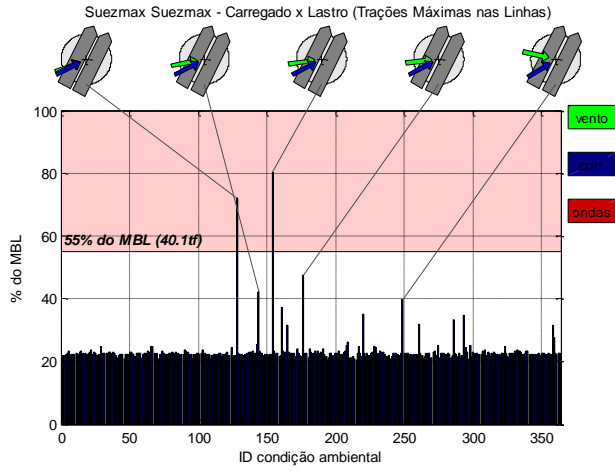
As trações distribuíram-se de modo uniforme, próximas a 20% do MBL, não tendo sido registrados picos e garantindo 100% de disponibilidade.

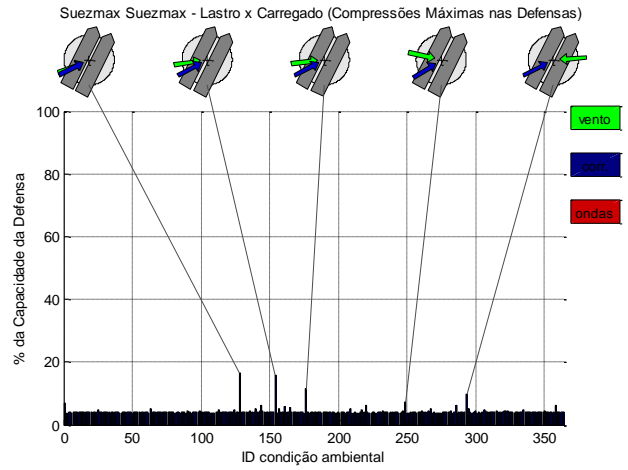
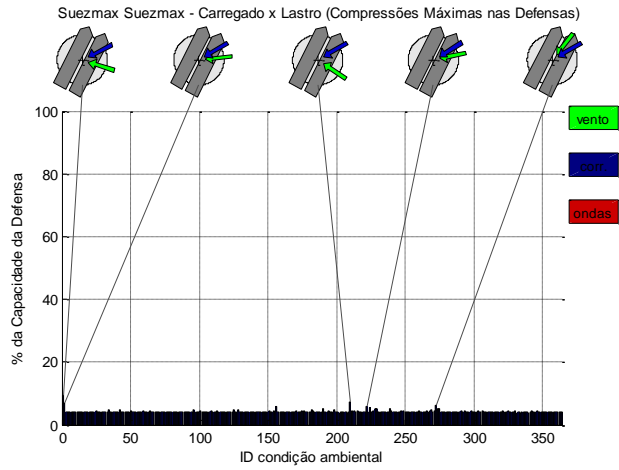


No período analisado o nível de **disponibilidade** foi de **100%** para operação.

6.5. 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.

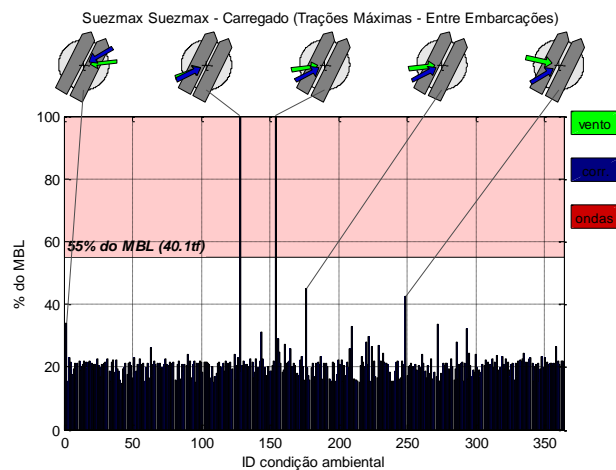
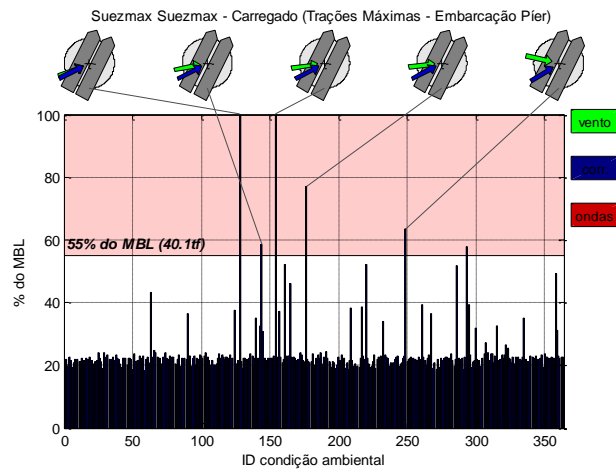
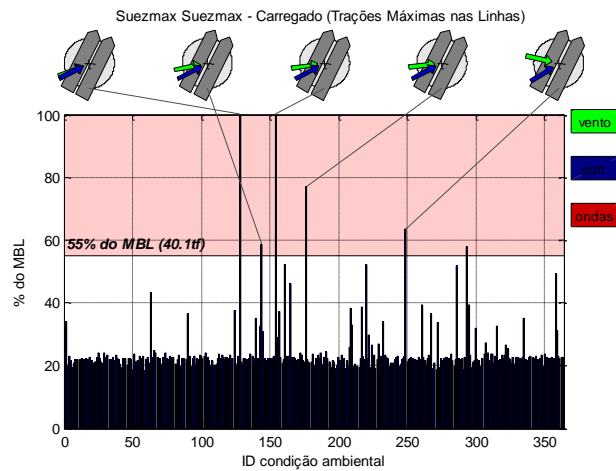




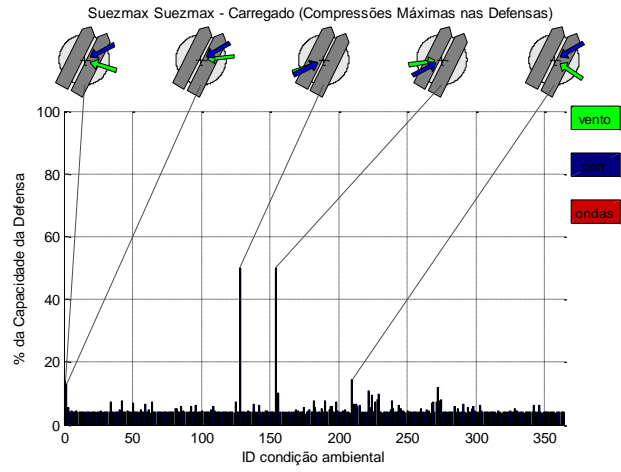
Assim como refletido nos estudos de cargas máximas, certas condições no ano produziram cargas que excederam o critério de 55% do MBL. Neste caso foram 2 situações nas quais as cargas nas linhas alcançou cerca de 80% do MBL. **A disponibilidade neste caso foi de 99,45%.**

6.6. Suezmax-Suezmax-PP3 (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.

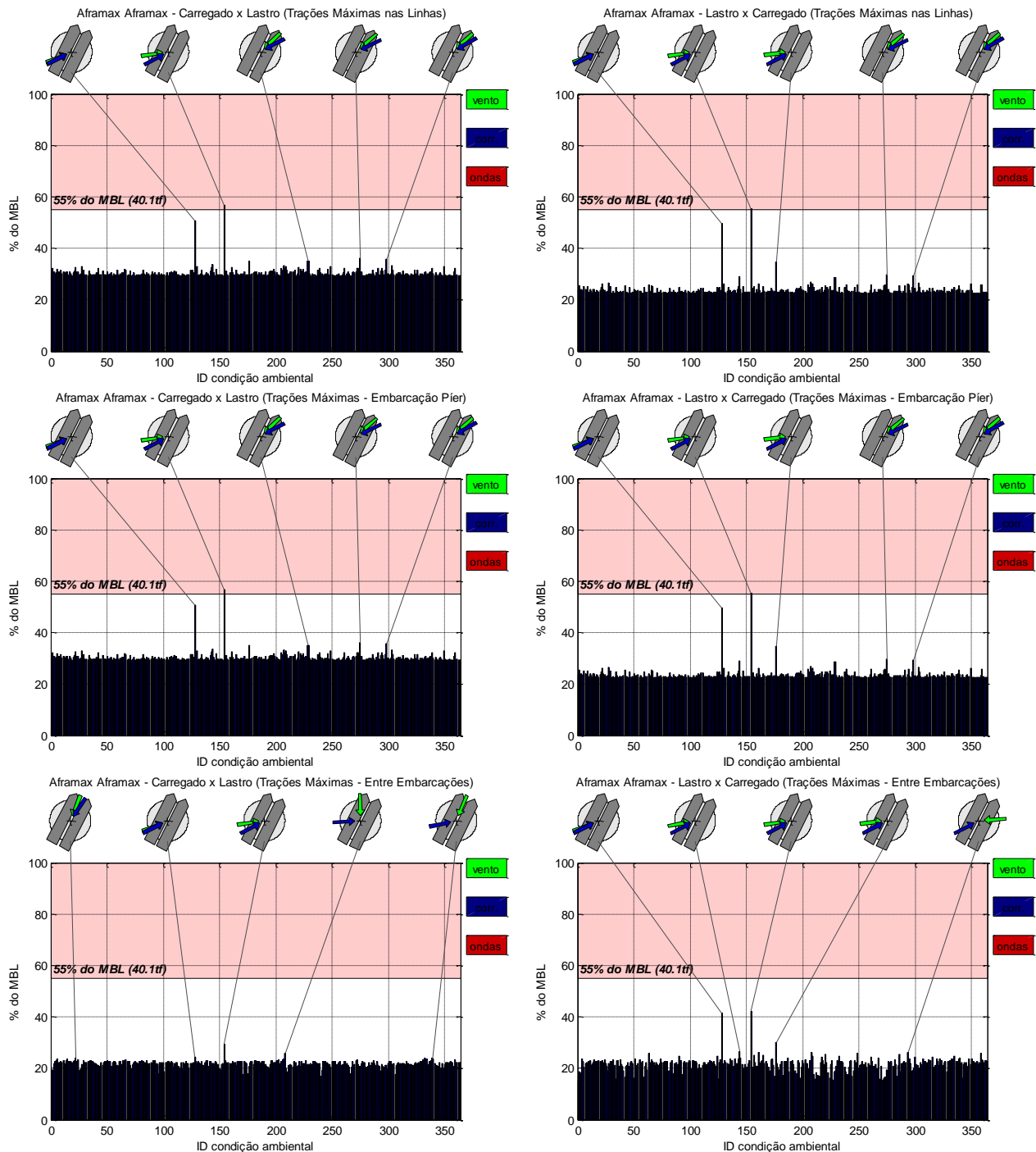


Nestes casos um maior número de casos críticos foi verificado, incluindo situações nas quais a carga de ruptura foi alcançada. Estes resultados são coerentes com o estudo de cargas críticas apresentados anteriormente. O nível de **disponibilidade** foi de **98,35%** ao longo do ano.

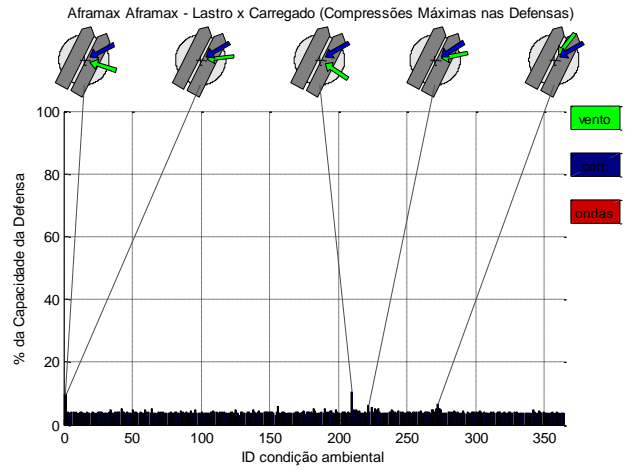
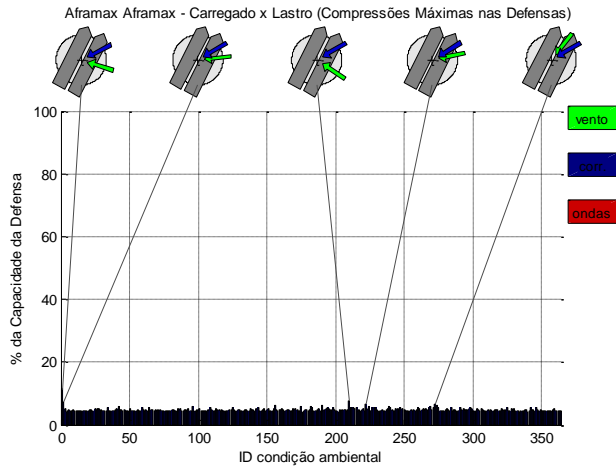


6.7. Aframax- Aframax - PP3

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



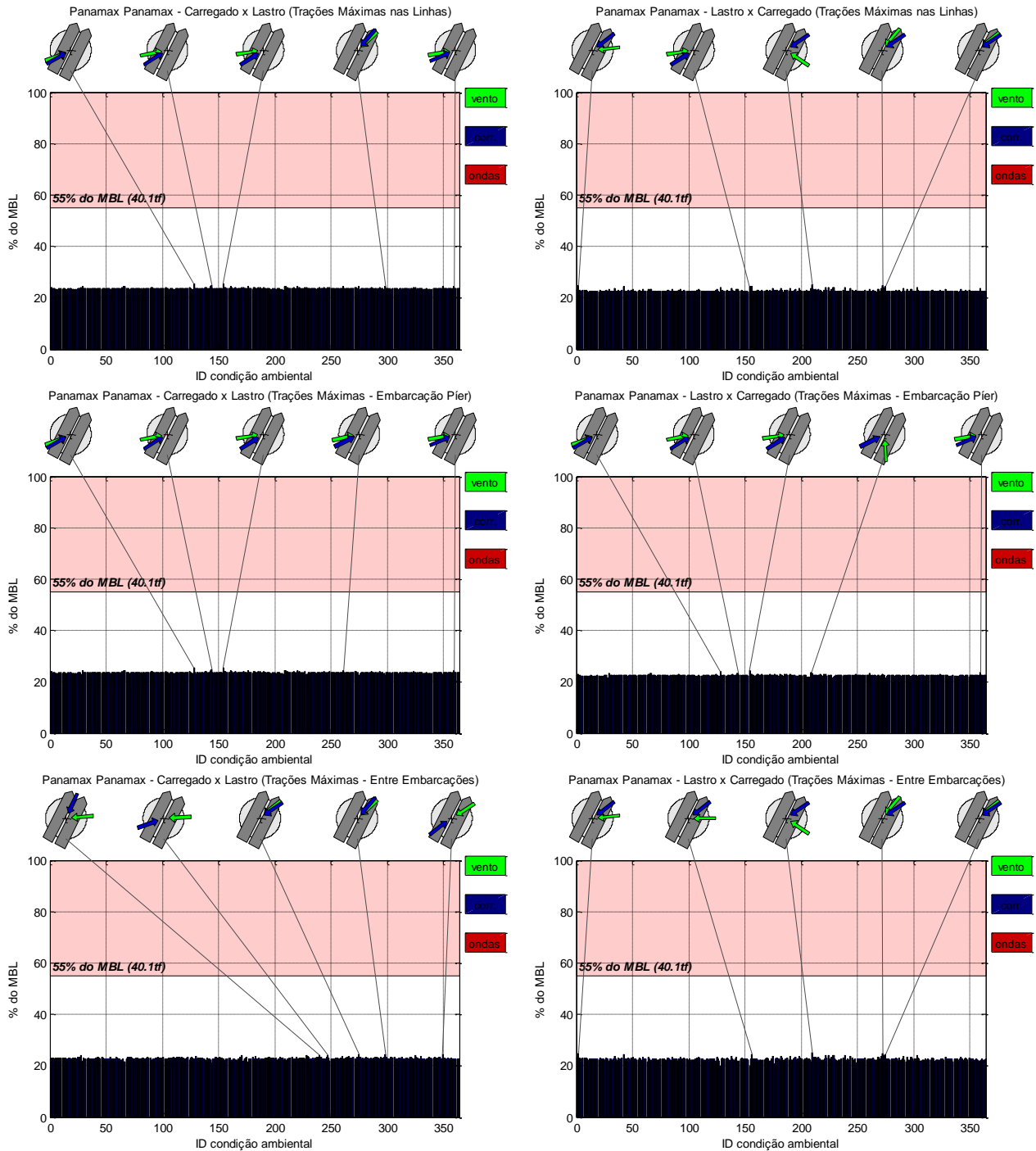
Foram verificados valores de tração máxima ao longo do caso correspondentes a cerca de 20% do MBL na grande maioria dos casos. Apenas duas ocorrências produziram trações superiores ao critério de projeto, de forma que o nível de **disponibilidade** foi 99,45%.



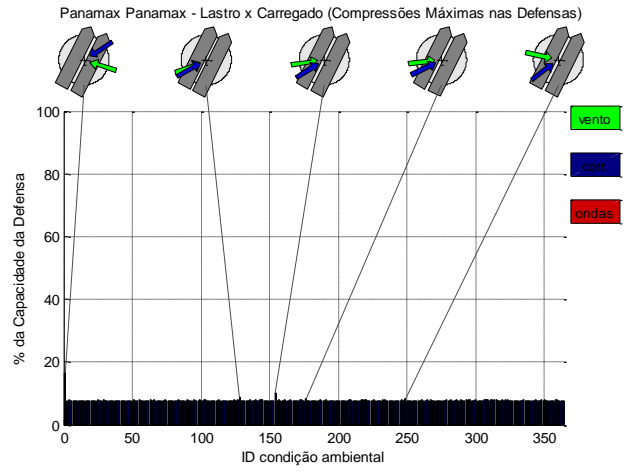
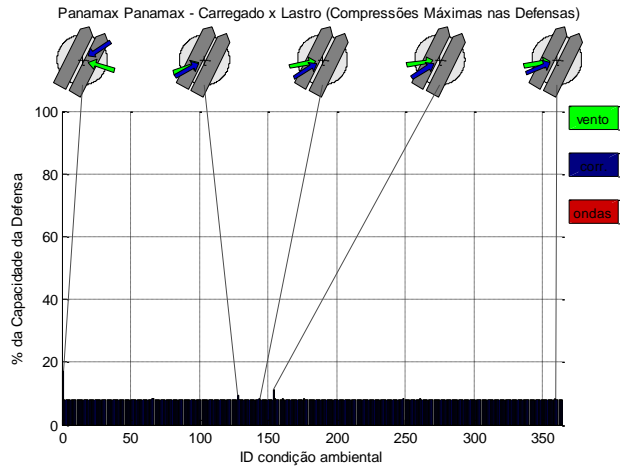
Os níveis de compressão nas defensas mantiveram-se baixos.

6.8. Panamax-Panamax - PP4

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

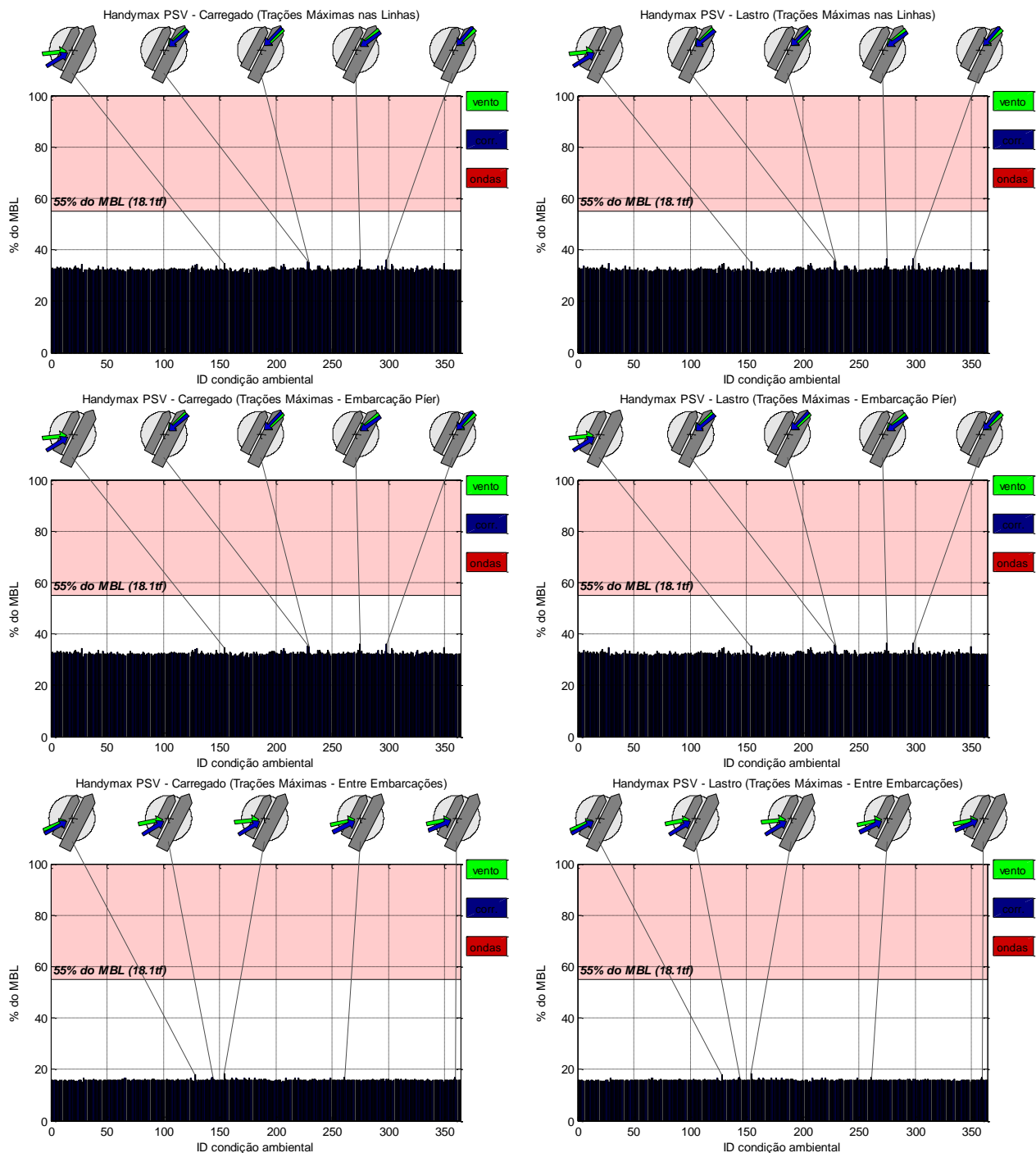


As trações máximas mantiveram-se próximas de 20% do MBL, muito inferiores ao critério de projeto. Sendo assim a **disponibilidade** neste caso foi **100%**.



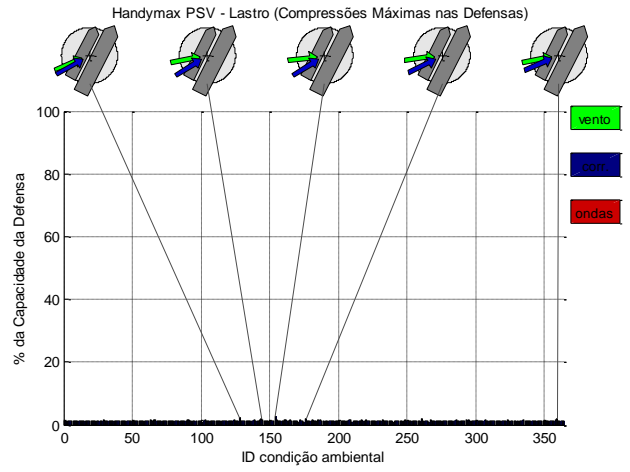
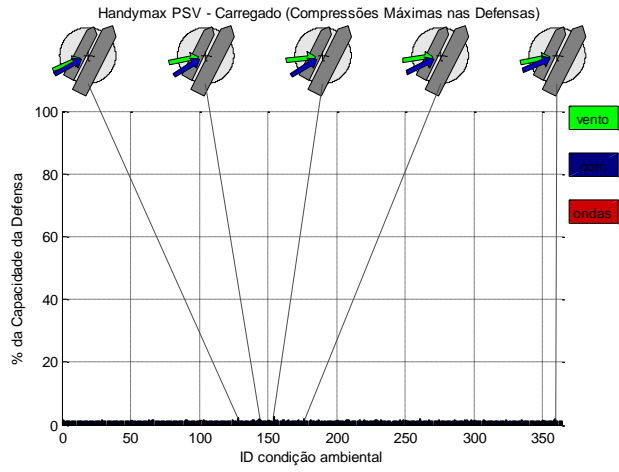
6.9. Handysize – PSV – PP4

A seguir são apresentados os resultados dos estudos de disponibilidade referentes à atracação STS entre Handysize e PSV no PP4.



As trações máximas mantiveram-se próximas de 32% do MBL, muito inferiores ao critério de projeto. Sendo assim a disponibilidade neste caso foi 100%.

No casos das defensas, a solicitação foi menor, mantendo-se inferior a 5% da capacidade do sistema e, evidentemente, garantindo 100% de disponibilidade.



7. Limites Operacionais

Os resultados apresentados anteriormente foram produzidos a partir de um conjunto de condições definidas, ou com base em combinações de extremos ou com base em simulações conjuntas de ventos e correntes. A fim de traçar os limites ambientais para as operações, os agentes ambientais foram variados extensivamente, de intensidades reduzidas até valores superiores aos empregados anteriormente.

Variou-se a corrente de 0,2 nós até 6,0nós, nos dois setores 25° a 45° e 205° a 225°.

Foram simulados ventos entre 10nós e 60nós, entre 25° e 325°.

Considerando os intervalos acima mencionados, foram geradas 10.000 combinações igualmente distribuídas e foram realizadas as simulações do sistema de amarração. Sempre que um ou mais cabos (ou defensas) do sistema apresentou solicitação acima do critério estabelecido, foi considerada falha e esta foi representada graficamente por meio de um ponto vermelho. Casos em que os critérios não foram excedidos, por sua vez, foram representados por pontos verdes.

Observando os dispositivos de medições disponíveis à operação, os resultados foram consolidados em gráficos que relacionam intensidade de vento por intensidade de corrente. Destaca-se que todas as direções de incidência estão compreendidas nestes gráficos. Inicialmente são apresentados os resultados associados à amarração STS entre VLCCs no PP1.

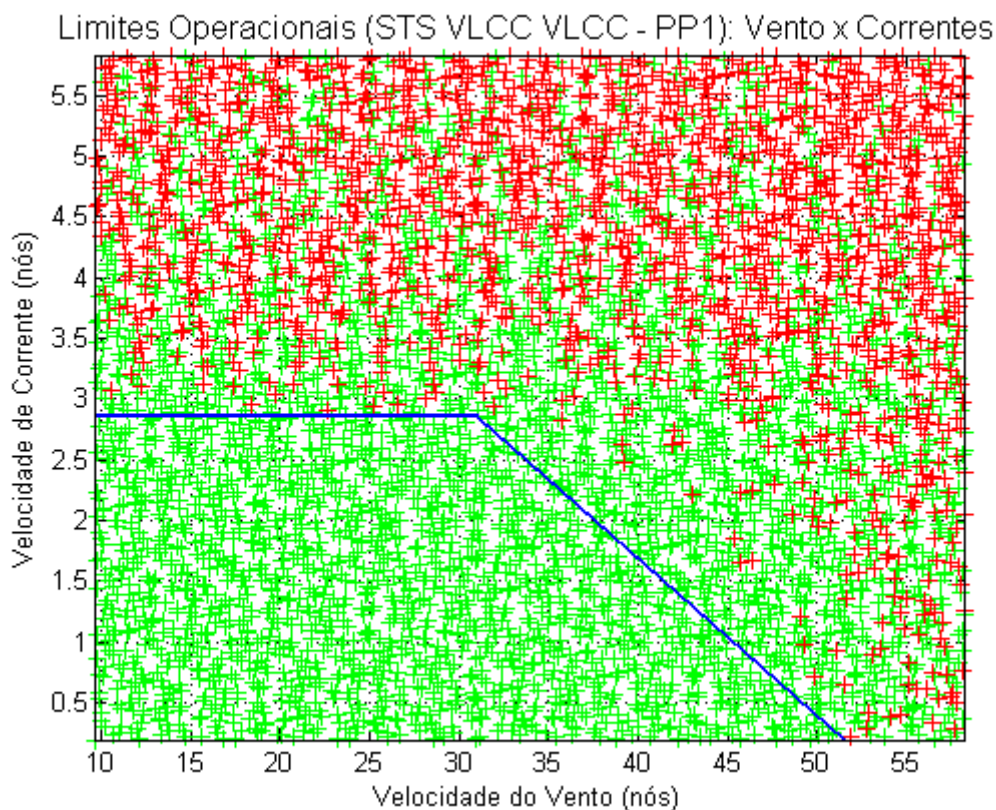


Figura 32 Limites operacionais em termos de intensidades de vento e corrente para operação STS entre VLCCs no PP1

O limite operacional é representado por meio da curva azul, que delimita a área abaixo da qual não foram observadas falhas. Na Figura 32, fica claro que a corrente é o fator limitante à operação enquanto o vento passa a ser decisivo apenas para intensidades superiores a 30,0 nós. De maneira simplificada, **pode-se definir como limite à operação STS entre VLCCs no PP1 correntes de 2,8 nós e ventos de 30,0 nós.**

A seguir são apresentados os limites para a operação STS entre Suezmax no PP1.

Limites Operacionais (STS Suezmax Suezmax - PP1): Vento x Correntes

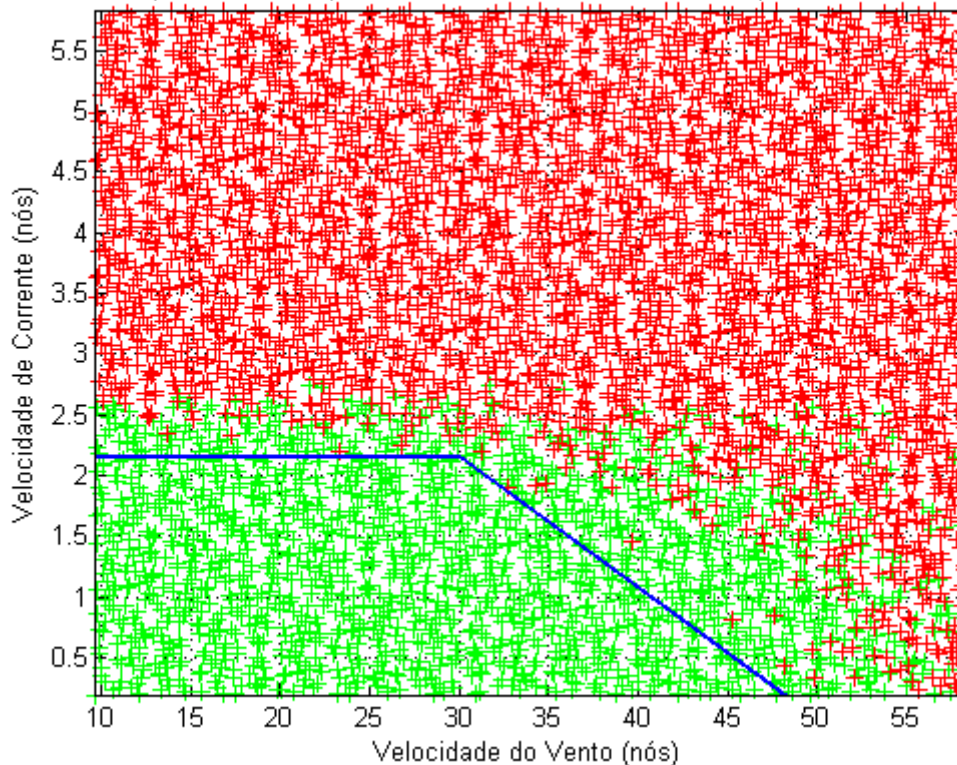


Figura 33 Limites operacionais em termos de intensidades de vento e corrente para operação STS entre Suezmax no PP1

Os limites para a operação entre dois Suezmax mostraram-se mais restritivos. Estes resultados são coerentes com os resultados de cargas limite, apresentados no tópico 5.1. Como mencionado anteriormente, este resultado se deve ao arranjo de cabos na popa do Suezmax.

Baseando-se nos resultados comparativos dos itens 5.1 e 5.3 que mostram que a atracção de dois navios Suezmax no berço PP2 leva a esforços menores que no PP1, pode-se inferir que o limite ambiental no PP1 pode ser adotado no PP2 com segurança.

Assim, os limites à operação STS entre 2 navios de porte Suezmax no PP1 ou PP2 são: corrente de até 2,1 nós para ventos de até 30,0 nós.

Finalmente, são apresentados os limites para a operação entre uma embarcação Handysize e um PSV no PP4. Assim como os anteriores, estes limites levem em consideração apenas aspectos da amarração.

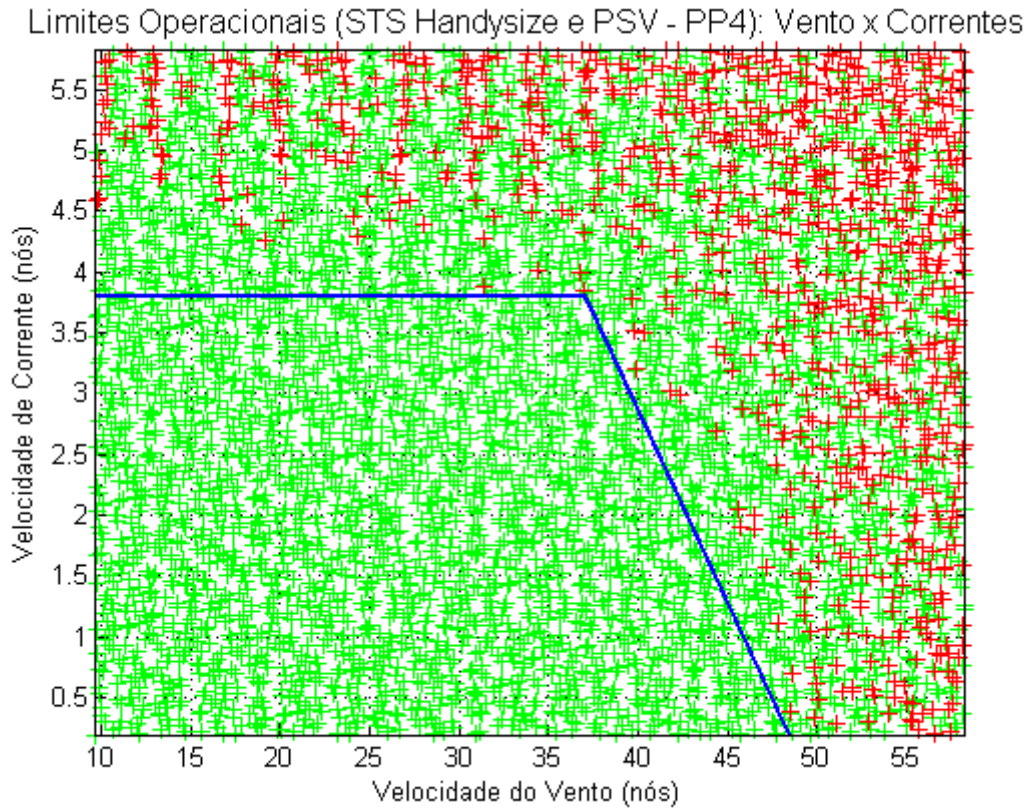


Figura 34 Limites operacionais em termos de intensidades de vento e corrente para operação STS entre Handysize e PSV no PP4.

Os limites para a operação no PP4 envolvendo Handysize e PSV são menos restritivos, sendo a corrente máxima admitida 3,7 nós para ventos de até 37,0 nós.

8. Conclusões

Visando-se a garantir a abrangência dos resultados, foram criados três conjuntos de condições ambientais, um combinando-se extensivamente os casos extremos observados nos estudos ambientais, chamado aqui Cargas Limite, outro contendo registros simultâneos de ventos ondas e correntes referentes ao período de um ano, este empregado no estudo de Disponibilidade, e um terceiro no qual as condições foram variadas de intensidades reduzidas até valores superiores aos extremos observados e combinadas extensivamente a fim de delimitar os Limites Operacionais. 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 situações não realistas. 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 prudente considerar também a avaliação de limites ambientais. Por sua vez, estes limites delimitam precisamente as condições ambientais máximas para a realização da operação.

Destaca-se que o arranjo de amarração depende das dimensões e disposição de guinchos, buzinas e rodetes 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.

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.

9. 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", Internationals Navigation Association, 2002
- [6] P_er Sul REV A.dwg (Desenhos do píer Sul)
- [7] P_er Norte.dwg (Desenhos do píer Norte)
- [8] Trelleborg Marine Systems, "SAFE BERTHING AND MOORING", 2008.
- [9] Fendercare Marine, 2014.

10. Anexo

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

Estudo Hidrodinâmico do Canal de São Sebastião

PROF. DR. BELMIRO M. CASTRO
DRA. ADRIENE F. PEREIRA

VERSÃO 1.0

| Hidrodinâmica do Canal de São Sebastião, SP | | | | | | | | |
|---|---|----------------|--------|--|-----------------|----------------------|----------|-------------------|
| | Relatório nº 01 | | | | | | | |
| | Versão 1.0 | | | | | | | |
| | Principal entidade executora: AFPME – Consultoria em Oceanografia | | | | | | | |
| | Principal entidade financiadora: FUSP - Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo | | | | | | | |
| | <table border="1"> <tr> <td>Nº de páginas:</td> <td>E-mail</td> </tr> <tr> <td></td> <td>bmcastro@usp.br</td> </tr> <tr> <td>Pessoa para contato:</td> <td>Telefone</td> </tr> <tr> <td>Belmiro M. Castro</td> <td>+55 11 3091.6613</td> </tr> </table> | Nº de páginas: | E-mail | | bmcastro@usp.br | Pessoa para contato: | Telefone | Belmiro M. Castro |
| Nº de páginas: | E-mail | | | | | | | |
| | bmcastro@usp.br | | | | | | | |
| Pessoa para contato: | Telefone | | | | | | | |
| Belmiro M. Castro | +55 11 3091.6613 | | | | | | | |

| Revisão | Status de Revisões | | | | | | | |
|-------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | Original | | | | | | | |
| | Original | Rev. A | Rev. B | Rev. C | Rev. D | Rev. E | Rev. F | Rev. G |
| Data | JUN.2014 | | | | | | | |
| Execução | BMC | | | | | | | |
| Verificação | BMC/AFP | | | | | | | |
| Aprovação | BMC | | | | | | | |

SUMÁRIO

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | Introdução..... | 12 |
| 2. | Caracterização Geral da Área de Estudo | 14 |
| 3. | Modelagem Numérica Hidrodinâmica..... | 19 |
| 3.1. | Modelo Numérico..... | 19 |
| 3.2. | Configuração do Modelo Numérico | 19 |
| 3.2.1. | Grades Numéricas..... | 19 |
| 3.2.2. | Batimetria | 20 |
| 3.2.3. | Ventos | 20 |
| 3.2.4. | Marés | 21 |
| 3.2.5. | Integração e Passo-de-tempo..... | 22 |
| 3.2.6. | Avaliação da Modelagem Hidrodinâmica | 22 |
| 4. | Análise Estatística das Correntes | 23 |
| 4.1. | Primeiros Momentos Estatísticos..... | 24 |
| 4.2. | Período de Retorno | 58 |
| 4.3. | Distribuições horizontais das correntes | 74 |
| 5. | Análise Estatística dos Ventos | 77 |
| 5.1. | Primeiros Momentos Estatísticos..... | 77 |
| 5.2. | Período de Retorno | 82 |
| 6. | Sumário Executivo | 89 |
| 7. | Referências Bibliográficas | 90 |

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Localização do Canal de São Sebastião e do Terminal de São Sebastião. Fonte: Miranda & Coutinho (2004) e GoogleEarth. 12
- Figura 2: Localização do CSS (imagem superior direita) e visão mais próxima do canal, bem como da área no entorno (imagem central). Em cores, estão representadas a batimetria (m) e a topografia da área. 14
- Figura 3: Amplitude (m, linhas finas) e fase em relação a Greenwich ($^{\circ}$, linhas grossas) da componente de maré M_2 na região do CSS. Fonte: Pereira et al., (2007). 16
- Figura 4: Localização dos pontos C1, C2 e C3. 17
- Figura 5: Indicação (de A a H) da localização oito pontos nos quais correntes foram analisadas. 23
- Figura 6: Análise estatística das correntes modeladas no ponto A para cada estação do ano (V – verão, painel superior esquerdo, O – outono, painel superior direito, I – inverno, painel inferior esquerdo e P – primavera, painel inferior direito), considerando classes de direção da corrente. As barras em cinza indicam a media da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a frequência de ocorrência de cada classe de direção. 34
- Figura 7: Análise estatística das correntes modeladas no ponto B para cada estação do ano (V – verão, painel superior esquerdo, O – outono, painel superior direito, I – inverno, painel inferior esquerdo e P – primavera, painel inferior direito), considerando classes de direção da corrente. As barras em cinza indicam a media da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a frequência de ocorrência de cada classe de direção. 35
- Figura 8: Análise estatística das correntes modeladas no ponto C para cada estação do ano (V – verão, painel superior esquerdo, O – outono, painel superior direito, I – inverno, painel inferior esquerdo e P – primavera, painel inferior direito), considerando classes de direção da corrente. As barras em cinza indicam a media da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a frequência de ocorrência de cada classe de direção. 36
- Figura 9: Análise estatística das correntes modeladas no ponto D para cada estação do ano (V – verão, painel superior esquerdo, O – outono, painel superior direito, I – inverno, painel inferior esquerdo e P – primavera, painel inferior direito), considerando classes de direção da corrente. As barras em cinza indicam a media da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas

verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a frequência de ocorrência de cada classe de direção..... 37

Figura 10: Análise estatística das correntes modeladas no ponto E para cada estação do ano (V – verão, painel superior esquerdo, O – outono, painel superior direito, I – inverno, painel inferior esquerdo e P – primavera, painel inferior direito), considerando classes de direção da corrente. As barras em cinza indicam a media da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a frequência de ocorrência de cada classe de direção..... 38

Figura 11: Análise estatística das correntes modeladas no ponto F para cada estação do ano (V – verão, painel superior esquerdo, O – outono, painel superior direito, I – inverno, painel inferior esquerdo e P – primavera, painel inferior direito), considerando classes de direção da corrente. As barras em cinza indicam a media da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a frequência de ocorrência de cada classe de direção..... 39

Figura 12: Análise estatística das correntes modeladas no ponto G para cada estação do ano (V – verão, painel superior esquerdo, O – outono, painel superior direito, I – inverno, painel inferior esquerdo e P – primavera, painel inferior direito), considerando classes de direção da corrente. As barras em cinza indicam a media da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a frequência de ocorrência de cada classe de direção..... 40

Figura 13: Análise estatística das correntes modeladas no ponto H para cada estação do ano (V – verão, painel superior esquerdo, O – outono, painel superior direito, I – inverno, painel inferior esquerdo e P – primavera, painel inferior direito), considerando classes de direção da corrente. As barras em cinza indicam a media da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a frequência de ocorrência de cada classe de direção..... 41

Figura 14: Magnitude máxima diária das correntes no ponto A: as caixas pretas representam os valores médios e seus respectivos desvios padrão; a linha vermelha apresenta a mediana; a linhas pretas pontilhadas indicam os valores máximos e mínimos, e finalmente, os símbolos “*” expressam valores atípicos. 60

Figura 15: Magnitude máxima diária das correntes no ponto B: as caixas pretas representam os valores médios e seus respectivos desvios padrão; a linha vermelha apresenta a mediana; a linhas pretas pontilhadas indicam os valores máximos e mínimos, e finalmente, os símbolos “*” expressam valores atípicos. 60

| | |
|---|----|
| Figura 16: Magnitude máxima diária das correntes no ponto C: as caixas pretas representam os valores médios e seus respectivos desvios padrão; a linha vermelha apresenta a mediana; a linhas pretas pontilhadas indicam os valores máximos e mínimos, e finalmente, os símbolos “*” expressam valores atípicos. | 61 |
| Figura 17: Magnitude máxima diária das correntes no ponto D: as caixas pretas representam os valores médios e seus respectivos desvios padrão; a linha vermelha apresenta a mediana; a linhas pretas pontilhadas indicam os valores máximos e mínimos, e finalmente, os símbolos “*” expressam valores atípicos. | 61 |
| Figura 18: Magnitude máxima diária das correntes no ponto E: as caixas pretas representam os valores médios e seus respectivos desvios padrão; a linha vermelha apresenta a mediana; a linhas pretas pontilhadas indicam os valores máximos e mínimos, e finalmente, os símbolos “*” expressam valores atípicos. | 62 |
| Figura 19: Magnitude máxima diária das correntes no ponto F: as caixas pretas representam os valores médios e seus respectivos desvios padrão; a linha vermelha apresenta a mediana; a linhas pretas pontilhadas indicam os valores máximos e mínimos, e finalmente, os símbolos “*” expressam valores atípicos. | 62 |
| Figura 20: Magnitude máxima diária das correntes no ponto G: as caixas pretas representam os valores médios e seus respectivos desvios padrão; a linha vermelha apresenta a mediana; a linhas pretas pontilhadas indicam os valores máximos e mínimos, e finalmente, os símbolos “*” expressam valores atípicos. | 63 |
| Figura 21: Magnitude máxima diária das correntes no ponto H: as caixas pretas representam os valores médios e seus respectivos desvios padrão; a linha vermelha apresenta a mediana; a linhas pretas pontilhadas indicam os valores máximos e mínimos, e finalmente, os símbolos “*” expressam valores atípicos. | 63 |
| Figura 22: Ajuste quantil-quantil para os dados diários de corrente máximas modeladas à distribuição de Weibull. Dados referentes ao ponto G..... | 67 |
| Figura 23: Período de retorno e respectivo nível de retorno para o período entre 0 e 100 anos para as correntes máximas diárias modeladas no Ponto A, por estação do ano: verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). As áreas sombreadas equivalem ao nível de confiança de 95%..... | 71 |
| Figura 24: Período de retorno e respectivo nível de retorno para o período entre 0 e 100 anos para as correntes máximas diárias modeladas no Ponto B, por estação do ano: verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). As áreas sombreadas equivalem ao nível de confiança de 95%..... | 71 |
| Figura 25: Período de retorno e respectivo nível de retorno para o período entre 0 e 100 anos para as correntes máximas diárias modeladas no Ponto C, por estação do ano: verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). As áreas sombreadas equivalem ao nível de confiança de 95%..... | 71 |
| Figura 26: Período de retorno e respectivo nível de retorno para o período entre 0 e 100 anos para as correntes máximas diárias modeladas no Ponto D, por estação do ano: verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). As áreas sombreadas equivalem ao nível de confiança de 95%..... | 72 |

| | |
|---|----|
| Figura 27: Período de retorno e respectivo nível de retorno para o período entre 0 e 100 anos para as correntes máximas diárias modeladas no Ponto E, por estação do ano: verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). As áreas sombreadas equivalem ao nível de confiança de 95%..... | 72 |
| Figura 28: Período de retorno e respectivo nível de retorno para o período entre 0 e 100 anos para as correntes máximas diárias modeladas no Ponto F, por estação do ano: verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). As áreas sombreadas equivalem ao nível de confiança de 95%..... | 72 |
| Figura 29: Período de retorno e respectivo nível de retorno para o período entre 0 e 100 anos para as correntes máximas diárias modeladas no Ponto G, por estação do ano: verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). As áreas sombreadas equivalem ao nível de confiança de 95%..... | 73 |
| Figura 30: Período de retorno e respectivo nível de retorno para o período entre 0 e 100 anos para as correntes máximas diárias modeladas no Ponto H, por estação do ano: verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). As áreas sombreadas equivalem ao nível de confiança de 95%..... | 73 |
| Figura 31: Campo de correntes no CSS obtido pela modelagem numérica para o dia 4 de novembro de 1992, às 18 h. A corrente máxima para NE tem intensidade de $1,20 \text{ m s}^{-1}$. A * indica a posição aproximada do TEBAR. | 75 |
| Figura 32: Campo de correntes no CSS obtido pela modelagem numérica para o dia 29 de dezembro de 1992, às 17 h. A corrente máxima para SW tem intensidade de $0,90 \text{ m s}^{-1}$. A * indica a posição aproximada do TEBAR. | 76 |
| Figura 33: Análise estatística dos dados de vento, amostrados no verão, considerando classes de direção do vento. As barras em cinza indicam a media da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a freqüência de ocorrência de cada classe de direção. Convenção meteorológica: direções indicam o ponto de cardeal de origem do vento..... | 79 |
| Figura 34: Análise estatística dos dados de vento, amostrados no outono, considerando classes de direção do vento. As barras em cinza indicam a media da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a freqüência de ocorrência de cada classe de direção. Convenção meteorológica: direções indicam o ponto de cardeal de origem do vento..... | 80 |
| Figura 35: Análise estatística dos dados de vento, amostrados no inverno, considerando classes de direção do vento. As barras em cinza indicam a media da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a freqüência de ocorrência de cada classe de direção. Convenção meteorológica: direções indicam o ponto de cardeal de origem do vento..... | 80 |

| | |
|---|----|
| Figura 36: Análise estatística dos dados de vento, amostrados na primavera, considerando classes de direção do vento. As barras em cinza indicam a média da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a frequência de ocorrência de cada classe de direção. Convenção meteorológica: direções indicam o ponto de cardeal de origem do vento..... | 81 |
| Figura 37: Estatística dos dados de ventos máximos diários no verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P): as caixas pretas representam os valores médios e seus respectivos desvios padrão; a linha vermelha apresenta a mediana; a linhas pretas pontilhadas indicam os valores máximos e mínimos, e finalmente, os símbolos “*” expressam valores atípicos. Dados da estação meteorológica do CEBIMAR..... | 84 |
| Figura 38: Ajuste quantil-quantil para os dados de ventos diários máximos, por estação do ano (referência na parte superior de cada gráfico: V – verão, O – outono, I – inverno e P - primavera), à distribuição de Weibull. Dados observados na estação meteorológica do CEBIMAR..... | 86 |
| Figura 39: Período de retorno e respectivo nível de retorno para o período entre 0 e 100 anos para os ventos máximos diários, por estação do ano: verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). As áreas sombreadas equivalem ao nível de confiança de 95%. Dados observados na estação meteorológica do CEBIMAR. | 87 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Primeiros momentos estatísticos (Mín.-mínimo, Máx.-máximo, Méd.-média, D.P.-desvio-padrão e Var.-variância) dos dados horários de corrente modeladas no Ponto A, para a magnitude ($m s^{-1}$) e para as componentes U (zonal) e V (longitudinal). Convenção oceanográfica: $U > 0$ correntes fluem para leste; $U < 0$ fluem para oeste; $V > 0$ fluem para norte e $V < 0$ fluem para o sul. | 25 |
| Tabela 2: Primeiros momentos estatísticos (Mín.-mínimo, Máx.-máximo, Méd.-média, D.P.-desvio-padrão e Var.-variância) dos dados horários de corrente modeladas no Ponto B, para a magnitude ($m s^{-1}$) e para as componentes U (zonal) e V (longitudinal). Convenção oceanográfica: $U > 0$ correntes fluem para leste; $U < 0$ fluem para oeste; $V > 0$ fluem para norte e $V < 0$ fluem para o sul. | 26 |
| Tabela 3: Primeiros momentos estatísticos (Mín.-mínimo, Máx.-máximo, Méd.-média, D.P.-desvio-padrão e Var.-variância) dos dados horários de corrente modeladas no Ponto C, para a magnitude ($m s^{-1}$) e para as componentes U (zonal) e V (longitudinal). Convenção oceanográfica: $U > 0$ correntes fluem para leste; $U < 0$ fluem para oeste; $V > 0$ fluem para norte e $V < 0$ fluem para o sul. | 27 |
| Tabela 4: Primeiros momentos estatísticos (Mín.-mínimo, Máx.-máximo, Méd.-média, D.P.-desvio-padrão e Var.-variância) dos dados horários de corrente modeladas no Ponto D, para a magnitude ($m s^{-1}$) e para as componentes U (zonal) e V (longitudinal). Convenção oceanográfica: $U > 0$ correntes fluem para leste; $U < 0$ fluem para oeste; $V > 0$ fluem para norte e $V < 0$ fluem para o sul. | 28 |
| Tabela 5: Primeiros momentos estatísticos (Mín.-mínimo, Máx.-máximo, Méd.-média, D.P.-desvio-padrão e Var.-variância) dos dados horários de corrente modeladas no Ponto E, para a magnitude ($m s^{-1}$) e para as componentes U (zonal) e V (longitudinal). Convenção oceanográfica: $U > 0$ correntes fluem para leste; $U < 0$ fluem para oeste; $V > 0$ fluem para norte e $V < 0$ fluem para o sul. | 29 |
| Tabela 6: Primeiros momentos estatísticos (Mín.-mínimo, Máx.-máximo, Méd.-média, D.P.-desvio-padrão e Var.-variância) dos dados horários de corrente modeladas no Ponto F, para a magnitude ($m s^{-1}$) e para as componentes U (zonal) e V (longitudinal). Convenção oceanográfica: $U > 0$ correntes fluem para leste; $U < 0$ fluem para oeste; $V > 0$ fluem para norte e $V < 0$ fluem para o sul. | 30 |
| Tabela 7: Primeiros momentos estatísticos (Mín.-mínimo, Máx.-máximo, Méd.-média, D.P.-desvio-padrão e Var.-variância) dos dados horários de corrente modeladas no Ponto G, para a magnitude ($m s^{-1}$) e para as componentes U (zonal) e V (longitudinal). Convenção oceanográfica: $U > 0$ correntes fluem para leste; $U < 0$ fluem para oeste; $V > 0$ fluem para norte e $V < 0$ fluem para o sul. | 31 |
| Tabela 8: Primeiros momentos estatísticos (Mín.-mínimo, Máx.-máximo, Méd.-média, D.P.-desvio-padrão e Var.-variância) dos dados horários de corrente modeladas no Ponto H, para a magnitude ($m s^{-1}$) e para as componentes U (zonal) e V (longitudinal). Convenção oceanográfica: $U > 0$ correntes fluem para leste; $U < 0$ fluem para oeste; $V > 0$ fluem para norte e $V < 0$ fluem para o sul. | 32 |

| | |
|---|----|
| Tabela 9: Ocorrência conjunta (em %) de direção (°) e intensidade ($m s^{-1}$) das correntes modeladas no ponto A, em intervalos horários, entre março de 1992 e março de 1993, divididos nas estações de verão, outono, inverno e primavera. Tot. é total, Ver é verão, Out é outono, Inv é inverno e Pri é primavera. | 42 |
| Tabela 10: Ocorrência conjunta (em %) de direção (°) e intensidade ($m s^{-1}$) das correntes modeladas no ponto B, em intervalos horários, entre março de 1992 e março de 1993, divididos nas estações de verão, outono, inverno e primavera. Tot. é total, Ver é verão, Out é outono, Inv é inverno e Pri é primavera. | 44 |
| Tabela 11: Ocorrência conjunta (em %) de direção (°) e intensidade ($m s^{-1}$) das correntes modeladas no ponto C, em intervalos horários, entre março de 1992 e março de 1993, divididos nas estações de verão, outono, inverno e primavera. | 46 |
| Tabela 12: Ocorrência conjunta (em %) de direção (°) e intensidade ($m s^{-1}$) das correntes modeladas no ponto D, em intervalos horários, entre março de 1992 e março de 1993, divididos nas estações de verão, outono, inverno e primavera. Tot. é total, Ver é verão, Out é outono, Inv é inverno e Pri é primavera. | 48 |
| Tabela 13: Ocorrência conjunta (em %) de direção (°) e intensidade ($m s^{-1}$) das correntes modeladas no ponto E, em intervalos horários, entre março de 1992 e março de 1993, divididos nas estações de verão, outono, inverno e primavera. Tot. é total, Ver é verão, Out é outono, Inv é inverno e Pri é primavera. | 50 |
| Tabela 14: Ocorrência conjunta (em %) de direção (°) e intensidade ($m s^{-1}$) das correntes modeladas no ponto F, em intervalos horários, entre março de 1992 e março de 1993, divididos nas estações de verão, outono, inverno e primavera. Tot. é total, Ver é verão, Out é outono, Inv é inverno e Pri é primavera. | 52 |
| Tabela 15: Ocorrência conjunta (em %) de direção (°) e intensidade ($m s^{-1}$) das correntes modeladas no ponto G, em intervalos horários, entre março de 1992 e março de 1993, divididos nas estações de verão, outono, inverno e primavera. Tot. é total, Ver é verão, Out é outono, Inv é inverno e Pri é primavera. | 54 |
| Tabela 16: Ocorrência conjunta (em %) de direção (°) e intensidade ($m s^{-1}$) das correntes modeladas no ponto H, em intervalos horários, entre março de 1992 e março de 1993, divididos nas estações de verão, outono, inverno e primavera. Tot. é total, Ver é verão, Out é outono, Inv é inverno e Pri é primavera. | 56 |
| Tabela 17: Primeiros momentos estatísticos (máximo, mínimo, média, mediana, variância e desvio padrão) das intensidades máximas diárias de correntes, por estação do ano, nos pontos selecionados..... | 59 |
| Tabela 18: Estimativas dos parâmetros μ (localização), σ (escala) e ξ (forma) das distribuições Generalizadas de Valores Extremos (GVE) por estação do ano, além de variâncias e covariâncias, para as magnitudes máximas das correntes em cada ponto analisado..... | 64 |
| Tabela 19: Estimativa do parâmetro ξ (forma) por estação para a distribuição Generalizada de Valores Extremos (GVE) e seus respectivos intervalos de confiança (ic) para as correntes máximas modeladas em cada ponto analisado. | 65 |
| Tabela 20: Estimativa dos parâmetros de Weibull e suas respectivas variâncias e covariâncias para as correntes máximas modeladas em cada ponto analisado. | 66 |

| | |
|--|----|
| Tabela 21: Resultados para o teste Kolmogorov-Smirnov para as correntes máximas modeladas no ponto G. | 68 |
| Tabela 22: Probabilidade de ocorrência (%) de correntes com intensidade contida no intervalo entre 0,1 e 1,2 m s ⁻¹ nos pontos considerados e para cada estação do ano. | 68 |
| Tabela 23: Período de retorno para correntes com intensidades máximas modeladas para cada estação do ano. | 69 |
| Tabela 24: Período de retorno e respectivo nível de retorno para as correntes máximas diárias modeladas em cada ponto considerado e para cada estação do ano. | 73 |
| Tabela 25: Primeiros momentos estatísticos (média, mínimo, máximo, desvio padrão e variância) dos dados horários de vento, para a magnitude (m s ⁻¹) e para as componentes U (zonal) e V (longitudinal). Dados coletados na estação meteorológica do Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo. Convenção meteorológica: U>0 vento aponta para oeste; U<0 aponta para leste; V>0 aponta para sul e V<0 aponta para norte. | 78 |
| Tabela 26: Ocorrência conjunta (em %) de direção (°) e intensidade (m s ⁻¹) dos ventos amostrados em intervalos de 30 min, entre março de 1992 e março de 1993, divididos nas estações de verão (Ver), outono (Out), inverno (Inv) e primavera (Pri). Dados coletados na estação meteorológica instalada pelo LHiCo no CEBIMAR. | 82 |
| Tabela 27: Primeiros momentos estatísticos (máximo, mínimo, média, mediana, variância e desvio padrão) dos ventos máximos diários, por estação do ano, observados na estação meteorológica instalada no CEBIMAR. | 84 |
| Tabela 28: Estimativas dos parâmetros μ (localização), σ (escala) e ξ (forma) das distribuições Generalizadas de Valores Extremos (GVE), por estação do ano, além de variâncias e covariâncias, para os ventos máximos diários. Dados observados na estação meteorológica do CEBIMAR. | 85 |
| Tabela 29: Estimativa do parâmetro ξ (forma), por estação do ano, para a distribuição Generalizada de Valores Extremos (GVE) e seus respectivos intervalos de confiança (ic) para os ventos máximos. Dados observados na estação meteorológica do CEBIMAR. | 85 |
| Tabela 30: Estimativa dos parâmetros de Weibull e suas respectivas variâncias e covariâncias para os ventos máximos diários, por estação do ano. Dados observados na estação meteorológica do CEBIMAR. | 85 |
| Tabela 31: Resultados para o teste Kolmogorov-Smirnov para os ventos máximos diários, por estação do ano. Dados amostrados na estação meteorológica do CEBIMAR. | 86 |
| Tabela 32: Probabilidade de ocorrência (%) de ventos acima de 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15 e 19 m s ⁻¹ , por estação do ano. Dados observados na estação meteorológica do CEBIMAR. | 86 |
| Tabela 33: Período de retorno para os ventos diários máximos observados para cada estação do ano. Dados da estação meteorológica do CEBIMAR. | 87 |
| Tabela 34: Período de retorno e respectivo nível de retorno para ventos máximos diários observados no CSS. | 88 |

1. Introdução

Este trabalho atende solicitação do Prof. Dr. Eduardo Tannuri, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para realização de estudo das condições hidrodinâmicas e de padrões de ventos no Canal de São Sebastião (CSS), com foco principal na área próxima ao Terminal Aquaviário de São Sebastião (TEBAR) da TRANSPETRO. Os objetivos principais são:

- a) utilizar técnicas de modelagem matemática numérica para simular as correntes no CSS durante o período de um ano, entre 1992 e 1993,
- b) analisar estatisticamente a direção e a intensidade das correntes obtidas através da integração do modelo numérico em oito pontos próximos ao TEBAR, e
- c) analisar estatisticamente dados de direção e intensidade de ventos, amostrados entre 1992 e 1993, em ponto localizados no interior do CSS.

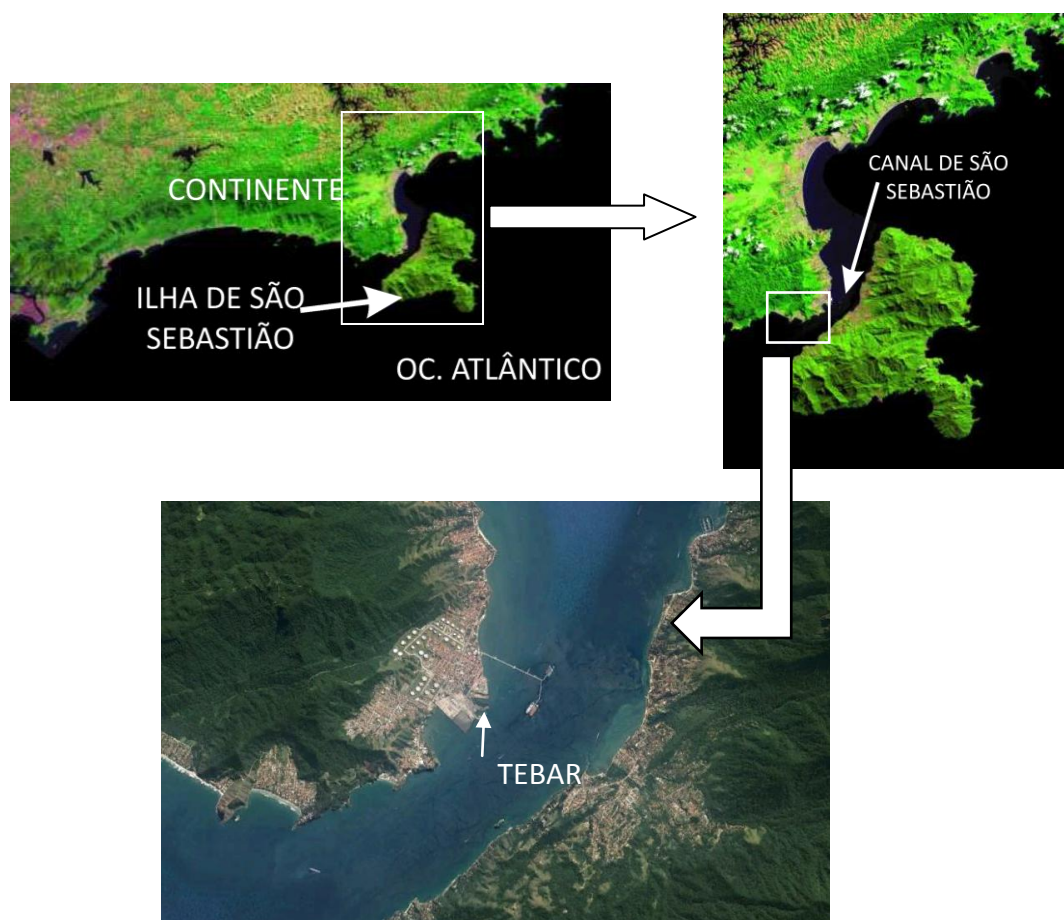


Figura 1: Localização do Canal de São Sebastião e do Terminal de São Sebastião. Fonte: Miranda & Coutinho (2004) e GoogleEarth.

O relatório está organizado da seguinte forma: na Seção 2, é apresentada uma caracterização geral da hidrodinâmica da área de estudo; o modelo matemático, sua configuração e os resultados obtidos são descritos na Seção 3; a análise estatística das correntes e dos ventos é apresentada nas Seções 4 e 5, respectivamente, e, finalmente, na Seção 6, um sumário executivo é apresentado.

2. Caracterização Geral da Área de Estudo

Nesta Seção, são descritas as principais características hidrodinâmicas do CSS, com base na literatura existente. Estas informações contribuirão para a compreensão da configuração do modelo numérico e para a interpretação dos resultados modelados.

O CSS está situado na Plataforma Continental Norte de São Paulo, entre o município de São Sebastião e a Ilha de São Sebastião (Figura 2). Tem quase 22 km de comprimento e uma configuração encurvada, com o eixo orientado para NE na parte sul e para N na outra extremidade. A largura do canal é maior nas duas entradas (7,2 km e 5,6 km no norte e no sul, respectivamente) e menor na parte central (1,9 km). Dentro do canal, há um conduto com profundidades maiores do que 20 m (profundidade máxima de aproximadamente 45 m), denominado canal de navegação (Figura 2), deslocado para o lado insular (Castro et al., 2008). Entretanto, a isóbata de 20 m fecha-se na parte norte do CSS, indicando que a plataforma continental imediatamente adjacente às entradas do CSS é mais rasa ao norte do que ao sul. Taludes topográficos abruptos, transversais ao canal, marcam a transição entre as regiões mais rasas nas margens e o canal de navegação.

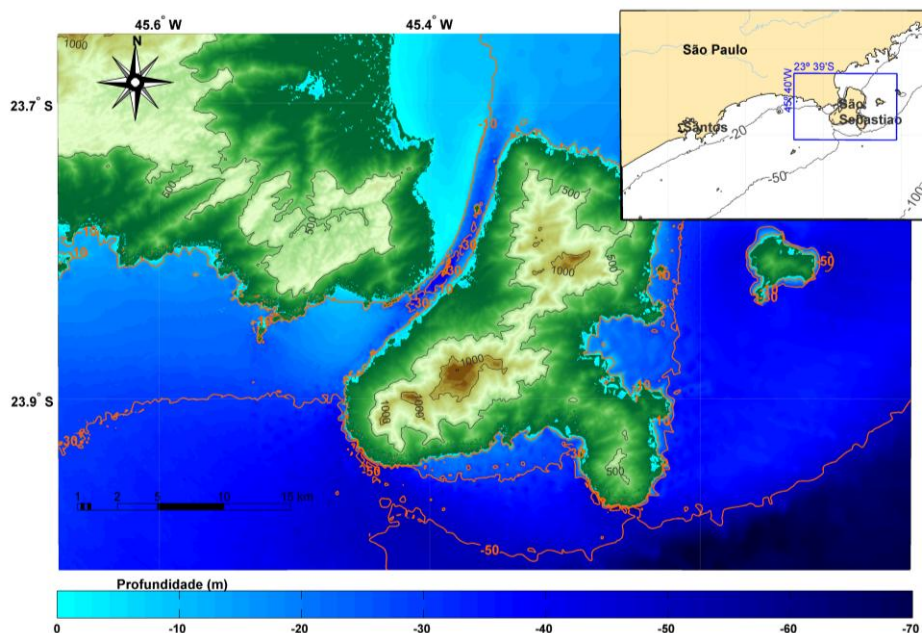


Figura 2: Localização do CSS (imagem superior direita) e visão mais próxima do canal, bem como da área no entorno (imagem central). Em cores, estão representadas a batimetria (m) e a topografia da área.

Estando localizado na Plataforma Continental Interna (Castro, 1996), o canal é preenchido preponderantemente por Água Costeira (AC, Castro *et al.*, 2008). Apenas durante o verão, ou final de primavera, Água Central do Atlântico Sul (ACAS) pode ser observada no interior do CSS em seus níveis mais profundos, particularmente nas vizinhanças da margem insular sul (Castro *et al.*, 2008). As intrusões de ACAS no CSS estão associadas às inversões do campo de vento: ventos de NE favorecem a aproximação da ACAS na entrada sul do CSS; já ventos de SW, associados a sistemas meteorológicos frontais, afastam a ACAS das proximidades do CSS, permitindo que o mesmo seja todo preenchido pela AC (Coelho, 1997; Silva *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2005). Portanto, durante o verão e primavera, as águas do CSS apresentam, em geral, estratificação térmica. Já durante o inverno e outono, as águas do CSS tendem à homogeneidade térmica e salina.

O CSS é um canal costeiro não influenciado significativamente pelas correntes de maré nem por aportes de água doce (Kvinge, 1967; Castro, 1990; Miranda & Castro, 1995; Fontes, 1995; Silva 1995; Pereira *et al.*, 2007), sendo, portanto, apenas uma via de comunicação física para as duas partes da plataforma continental adjacentes às suas extremidades. A baixa amplitude das correntes de maré ($O(1 \text{ cm s}^{-1})$) deve-se ao fato da onda semi-diurna de maré, propagando-se de E-SE, atingir ambas as extremidades do canal quase ao mesmo tempo, resultando num transporte de massa insignificante (Emilsson, 1962; Fontes, 1995; Pereira *et al.*, 2007). Apesar da intensidade das correntes de maré ser desprezível no CSS, o nível do mar é dominado pela oscilação da maré (Castro, 1990), com amplitudes praticamente constantes ao longo do canal (Pereira *et al.*, 2007). As amplitudes das quatro principais componentes de maré variam entre 0,3 m para a M_2 (Figura 3), 0,17 m para a S_2 , 0,11 para a O_1 e 0,06 para a K_1 (FEMAR, 2000). Duas outras componentes de maré de longo período também são importantes: Mm (0,14 m) e Msf (0,10 m).

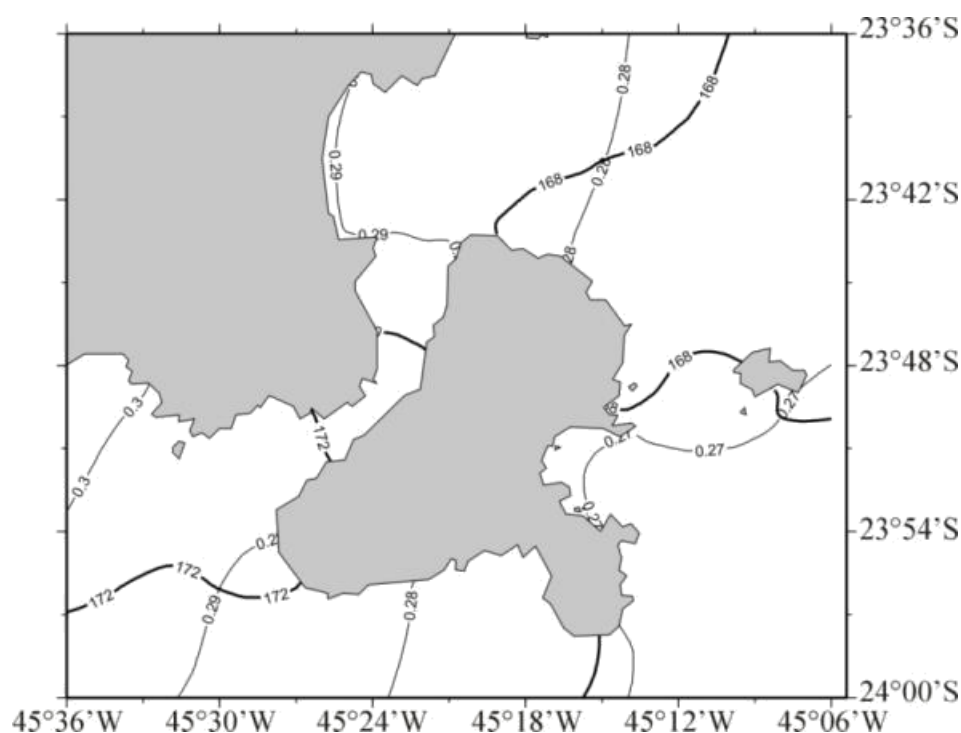


Figura 3: Amplitude (m, linhas finas) e fase em relação a Greenwich (°, linhas grossas) da componente de maré M_2 na região do CSS. Fonte: Pereira et al., (2007).

As correntes no CSS são forçadas principalmente pela tensão de cisalhamento do vento (Kvinge, 1967; Castro, 1990; Miranda & Castro, 1995; Fontes, 1995; Silva, 1995). Os ventos dominantes na região, provenientes de NE, impulsionam correntes longitudinais ao canal com sentido SW. Os ventos oriundos de SW, geralmente associados à passagem de sistemas meteorológicos frontais, forçam correntes longitudinais com sentido NE. Durante a maior parte do ano, as correntes no CSS apresentam pequeno cisalhamento vertical, sendo essencialmente barotrópicas. Apenas durante o final da primavera e o verão, são observados eventos em que as correntes comportam-se como o primeiro modo baroclínico e, mesmo assim, apenas nas proximidades do lado insular da entrada sul do CSS. Nessa situação, as correntes apresentam-se fluindo num sentido na camada superficial e no sentido oposto na camada inferior (Miranda & Castro, 1995; Fontes, 1995; Coelho, 1997).

A análise de dados correntográficos de três fundeios simultâneos no CSS (Figura 4) indicou que as correntes apresentam variações sazonais marcantes, embora em determinadas épocas do ano possam apresentar características bimodais (Fontes, 1995). Durante o verão, as correntes na camada situada acima da pycnoclina fluem predominantemente para SW, sob influência direta do vento: no ponto C2, 46% do tempo as correntes fluíram para SW, com intensidade média de $0,30 \text{ m s}^{-1}$ e, em 39% do período amostrado, as correntes fluíram para NE, tendo intensidade média de $0,24$

m s^{-1} . Já durante o inverno, os eventos com sentido NE ocorreram em 76% do tempo, tendo velocidade média de $0,40 \text{ m s}^{-1}$, enquanto que aqueles com sentido SW ocuparam 12% do tempo e tiveram velocidade média de $0,24 \text{ m s}^{-1}$. Assim, durante o inverno os eventos que apresentam correntes fluindo para NE são mais frequentes e mais intensos do que no verão; os eventos com correntes fluindo para SW, por outro lado, são mais frequentes e mais intensos durante o verão. A liderança do vento sobre as correntes varia entre 10 e 20 h (Castro *et al.*, 2008).

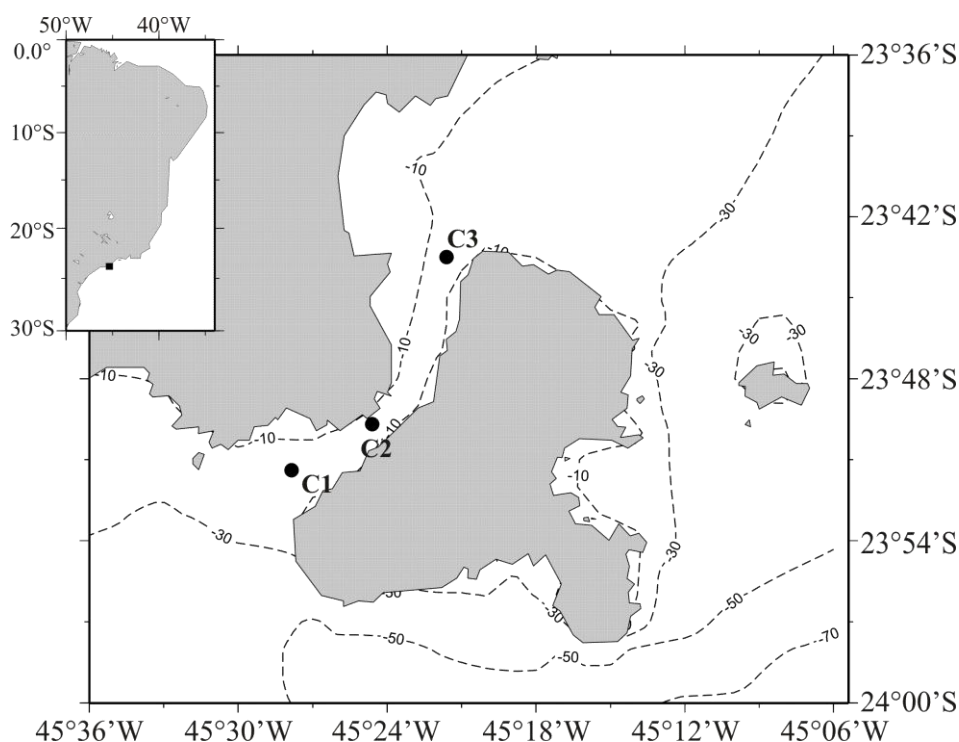


Figura 4: Localização dos pontos C1, C2 e C3.

Amostragens e modelagens anteriores, como aquela precursora de Castro (1985), mostram que há basicamente 3 tipos de circulação no CSS (Castro, 1990):

1. Correntes para N-NE que ocorrem, tipicamente, durante eventos de ventos com mesma direção e duração maior do que 10-20 h;
2. Correntes para S-SW que acontecem quando os ventos que sopram para o quadrante sul duram mais do que 10 h, e
3. Formação de células de recirculação nas entradas do CSS, que ocorrem nos períodos de mudanças abruptas de ventos.

Castro (1985) e Assad (2000) simularam numericamente a circulação forçada pelo vento durante o inverno no CSS. Os autores mostraram que a circulação forçada pelo vento médio climatológico é para S-SW durante a estação fria, mas sob a ação de ventos do quadrante sul, durante a passagem de frentes frias, essa circulação inverte-se para N-NE, de acordo com a climatologia de Leandro (1999). Com a aproximação da frente fria, os autores observaram a formação de vórtice anticiclônico imediatamente ao sul do CSS, influenciando diretamente as correntes nessa região do canal. Paixão (2008) observou a formação de vórtice ciclônico na entrada sul do CSS, em resposta a eventos longos (vários dias) de ventos de NE.

3. Modelagem Numérica Hidrodinâmica

A metodologia empregada para obtenção de campos horários de direção e intensidade de correntes no CSS compreendeu, basicamente, a simulação numérica da circulação no CSS, sob diferentes condições oceanográficas, de marés e de ventos, ao longo de um ano.

3.1. Modelo Numérico

O modelo numérico empregado, OCCOMP-2D (Castro, 1985), é um modelo de simulação verticalmente integrado, que calcula escoamentos e transportes não-estacionários forçados por marés e pela tensão de cisalhamento do vento em regiões costeiras. O modelo é totalmente não linear e, nele, estão discretizadas as equações de conservação de massa e de momentum. A física do OCCOMP-2D, bem como aspectos do esquema computacional utilizado, são descritos em Castro (1985).

O modelo emprega grades horizontais retilíneas, com esquema de aninhamento (*nesting*) para aumento da resolução horizontal em regiões de interesse, facilitando assim o ajuste aos contornos sólidos da região modelada, como as margens de canais, por exemplo.

3.2. Configuração do Modelo Numérico

3.2.1. Grades Numéricas

Foi utilizada uma hierarquia de quatro grades numéricas no esquema de aninhamento. A Grade 1, com menor resolução horizontal (13.200 m), engloba toda a Plataforma Continental Sudeste, desde Cabo Frio (RJ) até Cabo de Santa Marta (SC), desde a costa até a isóbata de 1000 m, resultando em 2.591 pontos de grade. A Grade 2, com resolução horizontal de 2.640 m, estende-se desde Parati (RJ) até Santos (SP), desde a costa até a isóbata de 100 m, aproximadamente. Esta grade apresenta 2.746 pontos de grade. A Grade 3 cobre todo o CSS, tem resolução horizontal igual a 528 m e 2.033 pontos de grade. A Grade 4, mais refinada, tem resolução horizontal igual a 105,6 m, restringindo-se à parte central do CSS onde está localizado o TEBAR. Apresenta 17.399 pontos de grade.

Essa variação espacial de resolução horizontal da grade é necessária para resolver as correntes em torno do TEBAR e, ao mesmo tempo, trazer para o CSS as influências hidrodinâmicas externas ao Canal. É necessário lembrar que as correntes observadas no CSS não são totalmente geradas localmente, estando também associadas a processos de larga escala (100 - 1000 km) que ocorrem na Plataforma Continental Sudeste em torno do CSS, conforme descrito na Seção 2.

3.2.2. Batimetria

Os dados batimétricos empregados para obtenção da profundidade em cada ponto das quatro grades numéricas foram obtidos através da digitalização das cartas náuticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil números 1500 (do Cabo de São Tomé ao Rio de Janeiro), 1600 (do Rio de Janeiro a São Sebastião), 1700 (São Sebastião à Peruíbe), 1800 (da Ilha de Bom Abrigo à Ilha do Arvoredo), 1643 (Canal de São Sebastião – Parte Norte) e 1644 (Canal de São Sebastião – Parte Sul). Além disso, foram utilizadas bases batimétricas disponíveis no Laboratório de Hidrodinâmica Costeira (LHiCo) do Instituto Oceanográfico da USP, originadas em buscas em bancos batimétricos, inclusive da DHN.

3.2.3. Ventos

Os ventos utilizados para forçar as Grades 1 e 2 foram extraídos do banco NCEP/DOE Reanalysis- 2 (Kanamitsu *et al.*, 2002). Este banco de dados possui resolução horizontal de 2,5° de latitude por 2,5° de longitude, representando adequadamente os processos de meso e larga escalas na atmosfera. NCEP/DOE Reanalysis 2 é um projeto estado-da-arte, mantido pelo *National Oceanic & Atmospheric Administration* (NOAA), e seus resultados são usados para análise e previsão de variáveis atmosféricas.

Nas Grades 3 e 4, dados de direção e intensidade do vento local, coletados por uma estação meteorológica instalada na Ilha da Universidade (23° 49,7'S e 45° 25,4'W), localizada no interior do CSS, foram utilizados em combinação com aqueles do NCEP/DOE Reanalysis 2. Os dados locais foram coletados pelo LHiCo entre 25 de março de 1992 e 02 de março de 1993, com intervalo de amostragem igual a 30 min.

Os dados de direção e intensidade dos ventos foram decompostos em suas componentes vetoriais e, então, interpolados no espaço e no tempo, sendo projetados às grades do modelo: os dados foram interpolados no tempo para que tivessem intervalo de 1 hora e, então, interpolados no espaço para cada ponto de cada uma das quatro grades numéricas.

O campo de ventos força o modelo como uma condição de contorno de superfície, através da tensão de cisalhamento do vento (τ), calculada como (Large & Pond, 1981):

$$\tau_i = \rho_a / \rho_w C_{10} W_i W$$

onde ρ_a e ρ_w são a densidade do ar e da água, respectivamente, W é a intensidade do vento medido a 10 m acima do nível do mar, i assume os valores x (direção zonal) e y (direção meridional) e C_{10} é o coeficiente de arrasto do vento, definido como:

$$10^3 C_{10} = \begin{cases} 1,2, & 4 \leq W < 11 \text{ m/s} \\ 0,49 + 0,065 W, & 11 \leq W \leq 25 \text{ m/s} \end{cases}$$

3.2.4. Marés

Como mencionado na Seção 2, apesar da baixa intensidade das correntes de maré no CSS, o nível do mar é dominado pela oscilação da maré (Castro, 1990). Por isso, as marés forçam o modelo como condições de contorno laterais. Nos contornos abertos (líquidos) da grade computacional, oscilações da superfície do mar provocadas pelas marés são impostas.

As amplitudes e fases das componentes de maré foram obtidas através da aplicação do modelo TPXO Global Inverse Solution, versão 7.2 (Egbert & Erofeeva, 2002). Este modelo assimila dados observados por marégrafos e dados de altimetria de satélite através do método inverso descrito em Egbert *et al.* (1994). Já foi amplamente validado (e.g., Ray *et al.*, 2011), sendo usado com frequência pela comunidade científica tendo em vista sua constante revisão devido à crescente disponibilidade de dados de elevação da superfície do mar usados para sua calibração. Nos experimentos numéricos foram utilizadas dez componentes de maré: as semidiurnas M_2 , S_2 , N_2 e K_2 ; as diurnas K_1 , O_1 , P_1 e Q_1 , e aquelas de águas rasas M_4 e MS_4 .

3.2.5. Integração e Passo-de-tempo

Tendo em vista o período em que dados de ventos foram amostrados no CSS (Seção 3.2.3), optou-se pela integração do modelo ao longo 12 meses, tendo início em 1 de março de 1992, às 0 horas. O período de estabilização do modelo é de aproximadamente 2 a 3 dias e, por isso, os cinco primeiros dias de simulação foram descartados. Os passos de tempo (intervalo temporal de integração) adotados foram 30 s; 15 s; 7,5 s e 3,75 s, para as Grades 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

3.2.6. Avaliação da Modelagem Hidrodinâmica

O modelo OCCOMP-2D foi calibrado e validado para estudos hidrodinâmicos no CSS na primeira metade da década de 80 do século passado. Os resultados dessas calibrações e avaliações encontram-se descritos em Castro (1985).

4. Análise Estatística das Correntes

Nesta Seção, é apresentada uma descrição estatística das correntes modeladas próximo ao TEBAR. Para isso, foram selecionados oito pontos, indicados pelo contratante, nos quais a direção e a intensidade das correntes foram analisadas (pontos A, B, C, D, E, F, G e H na Figura 5). As latitudes e longitudes aproximadas desses pontos, estimadas a partir de cartas náuticas, são:

A: 23,8012°S; 45,3870°W – B: 23,8007°S; 45,3875°W

C: 23,8080°S; 45,3898°W – D: 23,8077°S; 45,3905°W

E: 23,8087°S; 45,3887°W – F: 23,8090°S; 45,3883°W

G: 23,8013°S; 45,3858°W – H: 23,8020°S; 45,3851°W

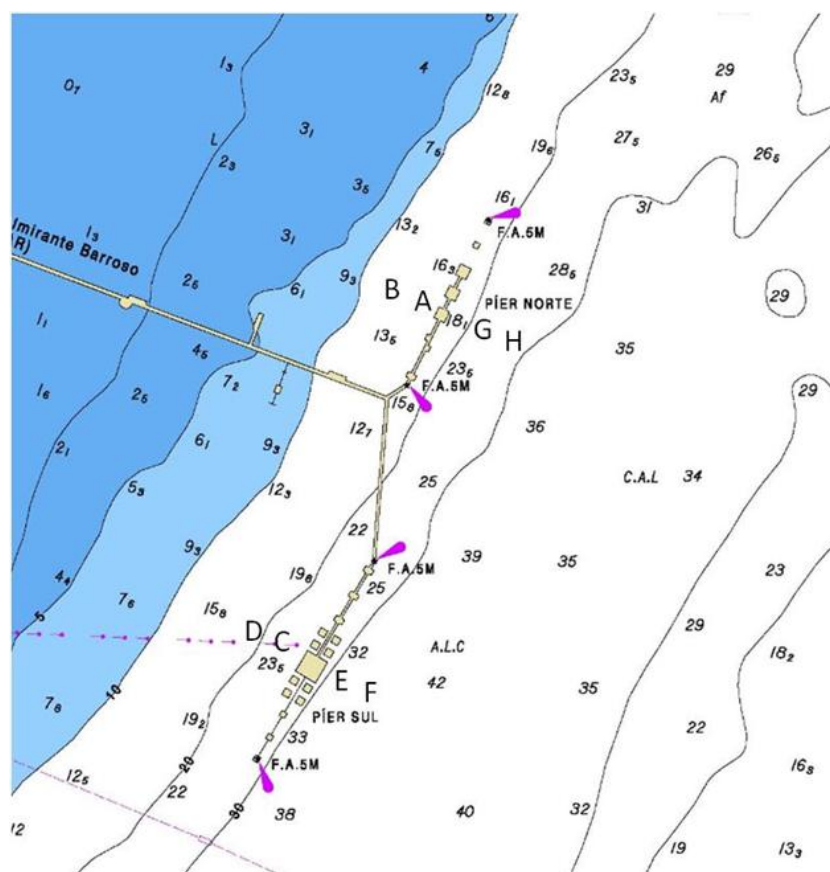


Figura 5: Indicação (de A a H) da localização oito pontos nos quais correntes foram analisadas.

Os dados foram subdivididos nas estações do ano a fim de obtermos uma descrição da variabilidade sazonal das correntes nos pontos de interesse. Desta forma, os dados compreendidos entre dezembro de 1992 e fevereiro de 1993 foram utilizados para análise do período de verão, entre março de 1992 e maio de 1992 para o período de outono, entre junho e agosto de 1992 para o período de inverno e entre setembro e novembro de 1992 para o período de primavera.

4.1. Primeiros Momentos Estatísticos

Resultados da análise estatística das correntes modeladas em cada ponto considerado são apresentados da Tabela 1 até a Tabela 8 para cada estação do ano. Decompondo magnitude e direção em componentes U e V da velocidade (U é a componente zonal, leste-oeste, positiva para leste, e V é a componente meridional, norte-sul, positiva para o norte), verifica-se que a componente V apresenta maiores valores mínimo (absoluto), máximo, de desvio padrão e de variância do que a componente U, indicando que a maior variabilidade ocorre na direção norte-sul qualquer que seja a estação do ano e o ponto analisado. Em todos os pontos, as maiores magnitudes máximas e médias foram modeladas durante a primavera, seguidas daquelas obtidas durante o verão (pontos A, B, C, D, G e H) ou durante o inverno (pontos E e F). No outono, as intensidades máximas e médias foram menores do que nas demais estações do ano. Pontos localizados em maiores profundidades (E e F) apresentam maiores magnitudes máxima de corrente do que pontos localizados em regiões mais rasas (A e B) nas quatro estações do ano. Por exemplo, na primavera, enquanto que no ponto F a intensidade máxima modelada foi igual a $1,20 \text{ m s}^{-1}$, esta foi igual a $0,76 \text{ m s}^{-1}$ no ponto B. Em todos os pontos analisados e em qualquer época do ano, a média da intensidade das correntes é inferior a $0,25 \text{ m s}^{-1}$.

Tabela 1: Primeiros momentos estatísticos (Mín.-mínimo, Máx.-máximo, Méd.-média, D.P.-desvio-padrão e Var.-variância) dos dados horários de corrente modeladas no Ponto A, para a magnitude ($m s^{-1}$) e para as componentes U (zonal) e V (longitudinal). Convenção oceanográfica: $U > 0$ correntes fluem para leste; $U < 0$ fluem para oeste; $V > 0$ fluem para norte e $V < 0$ fluem para o sul.

| | Mín. | Máx. | Méd. | D.P. | Var. |
|--------------------------|-------|------|-------|------|------|
| Verão | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,69 | 0,15 | 0,10 | 0,01 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,46 | 0,39 | -0,04 | 0,11 | 0,01 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,51 | 0,56 | -0,01 | 0,14 | 0,02 |
| Outono | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,57 | 0,15 | 0,10 | 0,01 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,39 | 0,29 | -0,03 | 0,11 | 0,01 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,42 | 0,50 | -0,00 | 0,14 | 0,02 |
| Inverno | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,64 | 0,17 | 0,12 | 0,01 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,39 | 0,34 | -0,03 | 0,12 | 0,01 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,47 | 0,54 | -0,01 | 0,17 | 0,03 |
| Primavera | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,81 | 0,19 | 0,12 | 0,02 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,38 | 0,44 | -0,06 | 0,13 | 0,02 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,43 | 0,70 | -0,05 | 0,17 | 0,03 |

Tabela 2: Primeiros momentos estatísticos (Mín.-mínimo, Máx.-máximo, Méd.-média, D.P.-desvio-padrão e Var.-variância) dos dados horários de corrente modeladas no Ponto B, para a magnitude ($m s^{-1}$) e para as componentes U (zonal) e V (longitudinal). Convenção oceanográfica: $U > 0$ correntes fluem para leste; $U < 0$ fluem para oeste; $V > 0$ fluem para norte e $V < 0$ fluem para o sul.

| | Mín. | Máx. | Méd. | D.P. | Var. |
|--------------------------|-------|------|-------|------|------|
| Verão | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,65 | 0,15 | 0,10 | 0,01 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,44 | 0,38 | -0,04 | 0,11 | 0,01 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,46 | 0,53 | -0,01 | 0,13 | 0,02 |
| Outono | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,54 | 0,14 | 0,09 | 0,01 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,39 | 0,28 | -0,04 | 0,11 | 0,01 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,38 | 0,46 | -0,01 | 0,12 | 0,02 |
| Inverno | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,60 | 0,16 | 0,11 | 0,01 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,37 | 0,33 | -0,03 | 0,12 | 0,01 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,42 | 0,50 | -0,01 | 0,15 | 0,02 |
| Primavera | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,76 | 0,18 | 0,12 | 0,01 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,37 | 0,42 | -0,06 | 0,13 | 0,02 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,38 | 0,64 | -0,05 | 0,15 | 0,02 |

Tabela 3: Primeiros momentos estatísticos (Mín.-mínimo, Máx.-máximo, Méd.-média, D.P.-desvio-padrão e Var.-variância) dos dados horários de corrente modeladas no Ponto C, para a magnitude ($m s^{-1}$) e para as componentes U (zonal) e V (longitudinal). Convenção oceanográfica: $U > 0$ correntes fluem para leste; $U < 0$ fluem para oeste; $V > 0$ fluem para norte e $V < 0$ fluem para o sul.

| | Mín. | Máx. | Méd. | D.P. | Var. |
|--------------------------|-------|------|-------|------|------|
| Verão | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,80 | 0,18 | 0,12 | 0,02 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,47 | 0,50 | 0,01 | 0,14 | 0,02 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,60 | 0,62 | -0,02 | 0,17 | 0,03 |
| Outono | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,70 | 0,17 | 0,12 | 0,01 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,38 | 0,45 | 0,01 | 0,13 | 0,02 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,54 | 0,54 | -0,01 | 0,16 | 0,03 |
| Inverno | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,80 | 0,21 | 0,14 | 0,02 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,38 | 0,52 | -0,00 | 0,16 | 0,02 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,58 | 0,61 | -0,02 | 0,19 | 0,04 |
| Primavera | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 1,05 | 0,23 | 0,15 | 0,02 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,44 | 0,69 | -0,04 | 0,16 | 0,03 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,51 | 0,79 | -0,07 | 0,20 | 0,04 |

Tabela 4: Primeiros momentos estatísticos (Mín.-mínimo, Máx.-máximo, Méd.-média, D.P.-desvio-padrão e Var.-variância) dos dados horários de corrente modeladas no Ponto D, para a magnitude ($m s^{-1}$) e para as componentes U (zonal) e V (longitudinal). Convenção oceanográfica: $U > 0$ correntes fluem para leste; $U < 0$ fluem para oeste; $V > 0$ fluem para norte e $V < 0$ fluem para o sul.

| | Mín. | Máx. | Méd. | D.P. | Var. |
|--------------------------|-------|------|-------|------|------|
| Verão | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,78 | 0,17 | 0,12 | 0,01 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,42 | 0,48 | 0,01 | 0,12 | 0,01 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,60 | 0,61 | -0,03 | 0,17 | 0,03 |
| Outono | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,65 | 0,16 | 0,11 | 0,01 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,35 | 0,41 | 0,01 | 0,12 | 0,01 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,55 | 0,50 | -0,02 | 0,16 | 0,03 |
| Inverno | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,74 | 0,20 | 0,13 | 0,02 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,35 | 0,47 | -0,00 | 0,14 | 0,02 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,57 | 0,58 | -0,03 | 0,19 | 0,04 |
| Primavera | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,96 | 0,22 | 0,14 | 0,02 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,40 | 0,61 | -0,04 | 0,15 | 0,02 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,52 | 0,74 | -0,08 | 0,19 | 0,04 |

Tabela 5: Primeiros momentos estatísticos (Mín.-mínimo, Máx.-máximo, Méd.-média, D.P.-desvio-padrão e Var.-variância) dos dados horários de corrente modeladas no Ponto E, para a magnitude ($m s^{-1}$) e para as componentes U (zonal) e V (longitudinal). Convenção oceanográfica: $U > 0$ correntes fluem para leste; $U < 0$ fluem para oeste; $V > 0$ fluem para norte e $V < 0$ fluem para o sul.

| | Mín. | Máx. | Méd. | D.P. | Var. |
|--------------------------|-------|------|-------|------|------|
| Verão | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,01 | 0,84 | 0,20 | 0,13 | 0,02 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,52 | 0,58 | 0,01 | 0,15 | 0,02 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,62 | 0,64 | -0,00 | 0,18 | 0,03 |
| Outono | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,79 | 0,19 | 0,13 | 0,02 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,43 | 0,52 | 0,02 | 0,15 | 0,02 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,53 | 0,60 | 0,00 | 0,17 | 0,03 |
| Inverno | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,90 | 0,22 | 0,15 | 0,0 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,42 | 0,60 | -0,00 | 0,18 | 0,03 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,61 | 0,67 | -0,02 | 0,20 | 0,04 |
| Primavera | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 1,17 | 0,24 | 0,16 | 0,03 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,50 | 0,79 | -0,05 | 0,18 | 0,03 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,55 | 0,86 | -0,07 | 0,21 | 0,04 |

Tabela 6: Primeiros momentos estatísticos (Mín.-mínimo, Máx.-máximo, Méd.-média, D.P.-desvio-padrão e Var.-variância) dos dados horários de corrente modeladas no Ponto F, para a magnitude ($m s^{-1}$) e para as componentes U (zonal) e V (longitudinal). Convenção oceanográfica: $U > 0$ correntes fluem para leste; $U < 0$ fluem para oeste; $V > 0$ fluem para norte e $V < 0$ fluem para o sul.

| | Mín. | Máx. | Méd. | D.P. | Var. |
|--------------------------|-------|------|-------|------|------|
| Verão | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,87 | 0,20 | 0,14 | 0,02 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,54 | 0,60 | 0,02 | 0,16 | 0,03 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,63 | 0,64 | -0,00 | 0,18 | 0,03 |
| Outono | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,01 | 0,81 | 0,19 | 0,13 | 0,02 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,44 | 0,54 | 0,02 | 0,15 | 0,02 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,53 | 0,61 | 0,01 | 0,17 | 0,03 |
| Inverno | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,92 | 0,23 | 0,16 | 0,02 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,43 | 0,62 | -0,00 | 0,18 | 0,03 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,61 | 0,68 | -0,02 | 0,21 | 0,04 |
| Primavera | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 1,20 | 0,25 | 0,17 | 0,03 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,51 | 0,82 | -0,05 | 0,19 | 0,04 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,56 | 0,87 | -0,07 | 0,22 | 0,05 |

Tabela 7: Primeiros momentos estatísticos (Mín.-mínimo, Máx.-máximo, Méd.-média, D.P.-desvio-padrão e Var.-variância) dos dados horários de corrente modeladas no Ponto G, para a magnitude ($m s^{-1}$) e para as componentes U (zonal) e V (longitudinal). Convenção oceanográfica: $U > 0$ correntes fluem para leste; $U < 0$ fluem para oeste; $V > 0$ fluem para norte e $V < 0$ fluem para o sul.

| | Mín. | Máx. | Méd. | D.P. | Var. |
|--------------------------|-------|------|-------|------|------|
| Verão | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,79 | 0,17 | 0,12 | 0,01 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,45 | 0,39 | -0,02 | 0,11 | 0,01 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,65 | 0,63 | -0,01 | 0,18 | 0,03 |
| Outono | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,66 | 0,16 | 0,11 | 0,01 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,38 | 0,30 | -0,02 | 0,11 | 0,01 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,53 | 0,60 | -0,00 | 0,16 | 0,03 |
| Inverno | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,72 | 0,20 | 0,13 | 0,02 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,39 | 0,35 | -0,03 | 0,12 | 0,02 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,56 | 0,64 | -0,02 | 0,20 | 0,04 |
| Primavera | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,93 | 0,22 | 0,14 | 0,02 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,37 | 0,44 | -0,06 | 0,13 | 0,02 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,52 | 0,83 | -0,07 | 0,21 | 0,04 |

Tabela 8: Primeiros momentos estatísticos (Mín.-mínimo, Máx.-máximo, Méd.-média, D.P.-desvio-padrão e Var.-variância) dos dados horários de corrente modeladas no Ponto H, para a magnitude ($m s^{-1}$) e para as componentes U (zonal) e V (longitudinal). Convenção oceanográfica: $U > 0$ correntes fluem para leste; $U < 0$ fluem para oeste; $V > 0$ fluem para norte e $V < 0$ fluem para o sul.

| | Mín. | Máx. | Méd. | D.P. | Var. |
|--------------------------|-------|------|-------|------|------|
| Verão | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,85 | 0,18 | 0,13 | 0,02 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,46 | 0,40 | -0,02 | 0,11 | 0,01 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,71 | 0,66 | -0,00 | 0,19 | 0,04 |
| Outono | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,70 | 0,17 | 0,12 | 0,01 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,38 | 0,32 | -0,01 | 0,11 | 0,01 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,59 | 0,63 | 0,00 | 0,18 | 0,03 |
| Inverno | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 0,78 | 0,21 | 0,14 | 0,02 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,41 | 0,37 | -0,02 | 0,13 | 0,02 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,61 | 0,70 | -0,02 | 0,22 | 0,05 |
| Primavera | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,00 | 1,02 | 0,23 | 0,16 | 0,03 |
| U ($m s^{-1}$) | -0,38 | 0,46 | -0,06 | 0,14 | 0,02 |
| V ($m s^{-1}$) | -0,58 | 0,91 | -0,08 | 0,23 | 0,05 |

A Figura 6 à Figura 13 apresentam as correntes modeladas por classes de direção em cada ponto analisado. Nos pontos mais rasos, A e B, as correntes mais frequentes fluem para sudoeste (máximo igual a 43,1% na primavera, ponto B (Figura 7), e mínimo de 31,1% no verão, ponto A (Figura 6)). As duas outras classes de direção de corrente mais frequentes são norte (máximo de 29,3% no inverno, ponto A (Figura 6), e mínimo de 25,1% no verão, ponto B (Figura 7)) e sul (máximo de 21,8% no inverno, ponto A (Figura 6), e mínimo de 12,0% no outono, ponto B (Figura 7)). A única exceção é verificada no ponto A durante a primavera, quando correntes fluindo para o sul (25,5%) foram mais frequentes do que aquelas com direção norte (20,9%).

Nos pontos C, D, E e F, o padrão modelado é diferente. Em geral, correntes com direção sul (máximo igual a 46,2% na primavera, ponto D (Figura 9), e mínimo de 24,3% no outono, ponto F (Figura 11)) são mais frequentes, seguidas por aquelas com direção norte (máximo de 24,9% no inverno, ponto D (Figura 9), e mínimo de 18,7% na primavera, ponto C (Figura 8)) e nordeste (máximo de 22,5% no verão, ponto E (Figura 10), e mínimo de 10,3% na primavera, ponto C (Figura 8)). Nos pontos D, E e F, durante o inverno e a primavera, este padrão tende a ser alterado, sendo as direções mais frequentes: sul (variando entre 46,2% - ponto D (Figura 9) - e 27,3% - ponto F (Figura 11)), sudoeste (entre 27,8% - ponto F (Figura 11) – e 21,8% - ponto E (Figura 10)) e norte (entre 21,3% - ponto E (Figura 10) - e 17,3% - ponto F (Figura 11)), exceto no ponto D (Figura 9) onde as segunda e a terceira classes predominantes são norte (19,0%) e sudoeste (14,1%).

Durante o verão e o outono nos pontos G (Figura 12) e H (Figura 13), as correntes mais frequentes fluem para norte (máximo igual a 37,5% no verão, ponto H, e mínimo de 33,2% no verão, ponto G), seguidas daquelas com direção sul (máximo de 31,8% no verão, ponto H, e mínimo de 26,6% no verão, ponto G) e sudoeste (máximo de 19,6% no outono, ponto G, e mínimo de 14,3% no verão, ponto H). Já durante o inverno e a primavera, o padrão é alterado: correntes de sul predominam (variando entre 48,3% na primavera, ponto H, e 36,5% no inverno, ponto G), seguidas daquelas com direção norte (variando entre 32,4% no inverno, ponto H, e 22,3% na primavera, ponto G) e sudoeste (variando entre 20,6% na primavera, ponto G, e 11,8% no inverno, ponto F).

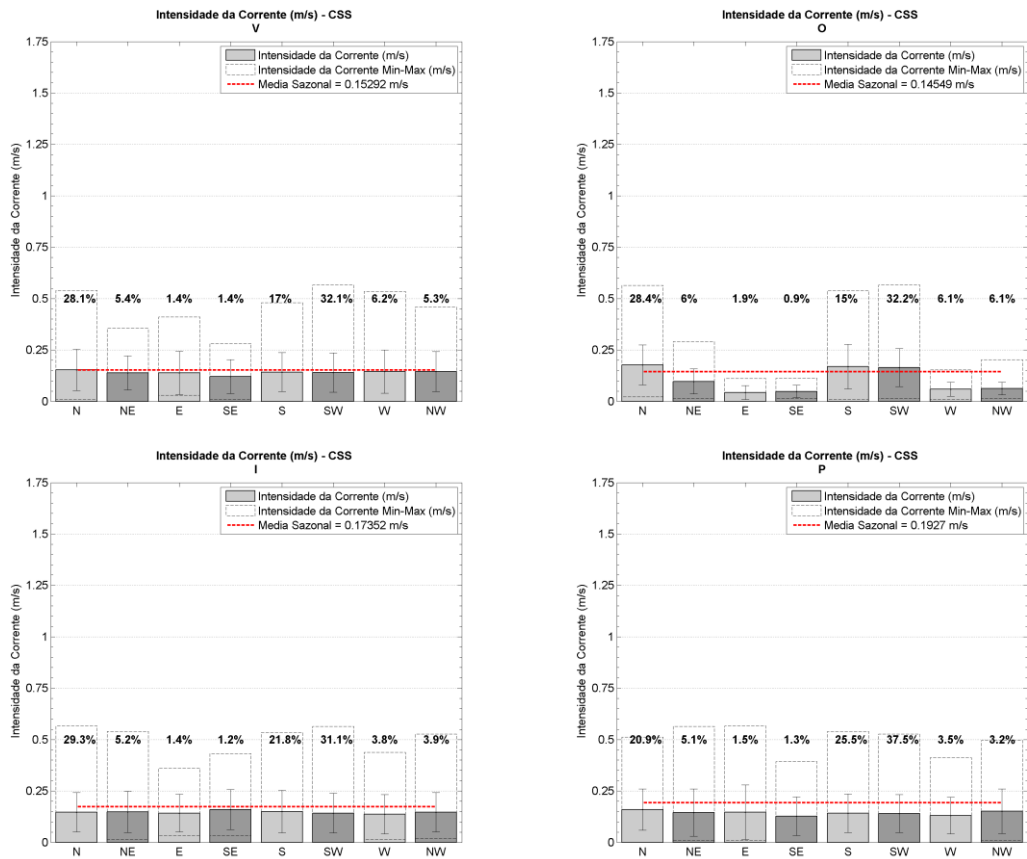


Figura 6: Análise estatística das correntes modeladas no ponto A para cada estação do ano (V – verão, painel superior esquerdo, O – outono, painel superior direito, I – inverno, painel inferior esquerdo e P – primavera, painel inferior direito), considerando classes de direção da corrente. As barras em cinza indicam a média da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a freqüência de ocorrência de cada classe de direção.

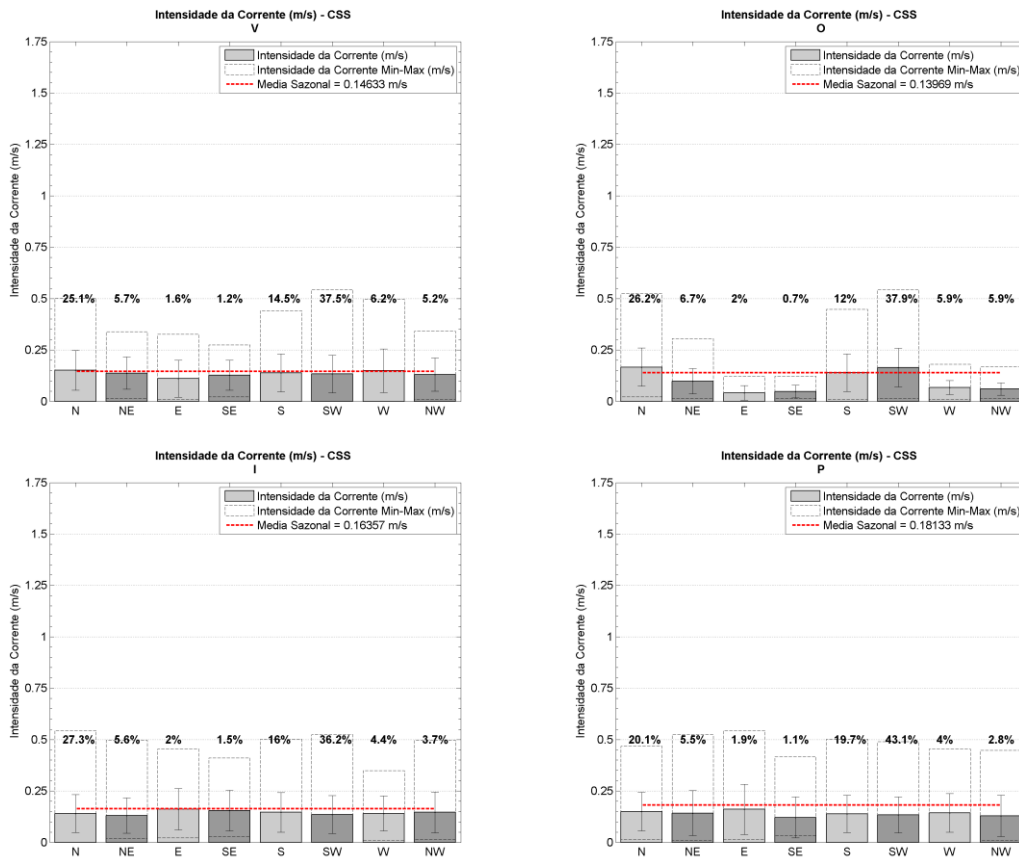


Figura 7: Análise estatística das correntes modeladas no ponto B para cada estação do ano (V – verão, painel superior esquerdo, O – outono, painel superior direito, I – inverno, painel inferior esquerdo e P – primavera, painel inferior direito), considerando classes de direção da corrente. As barras em cinza indicam a média da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a freqüência de ocorrência de cada classe de direção.

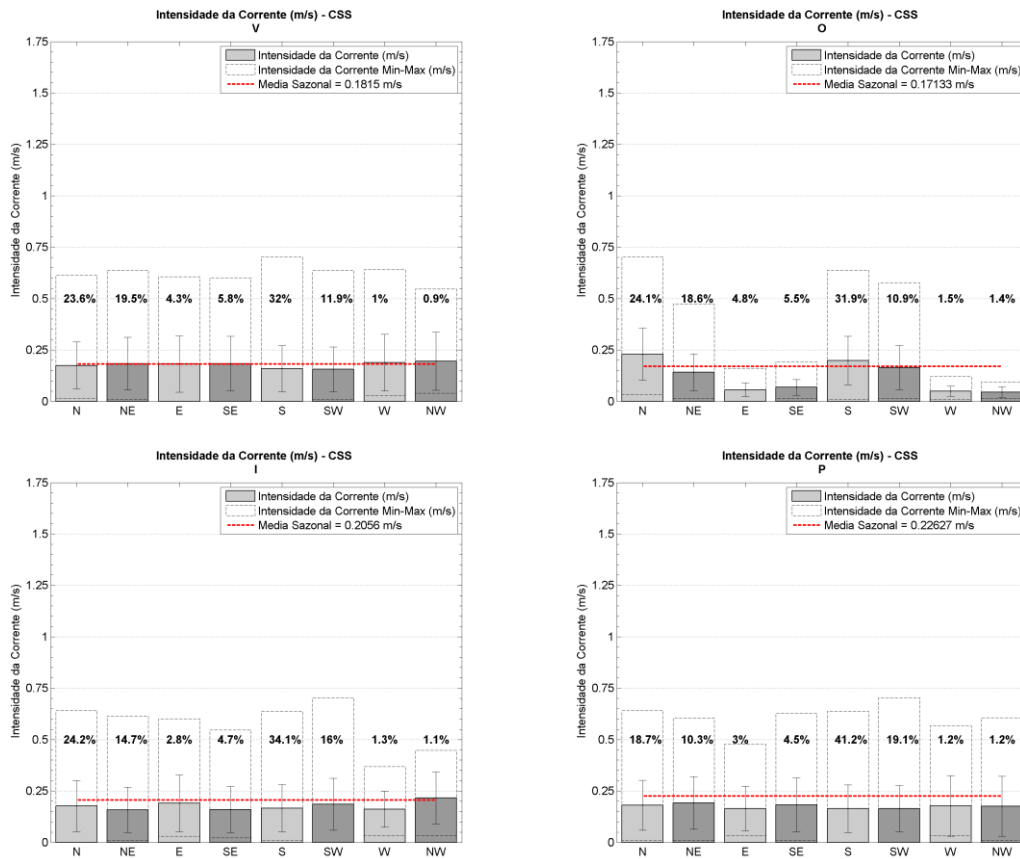


Figura 8: Análise estatística das correntes modeladas no ponto C para cada estação do ano (V – verão, painel superior esquerdo, O – outono, painel superior direito, I – inverno, painel inferior esquerdo e P – primavera, painel inferior direito), considerando classes de direção da corrente. As barras em cinza indicam a média da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a freqüência de ocorrência de cada classe de direção.

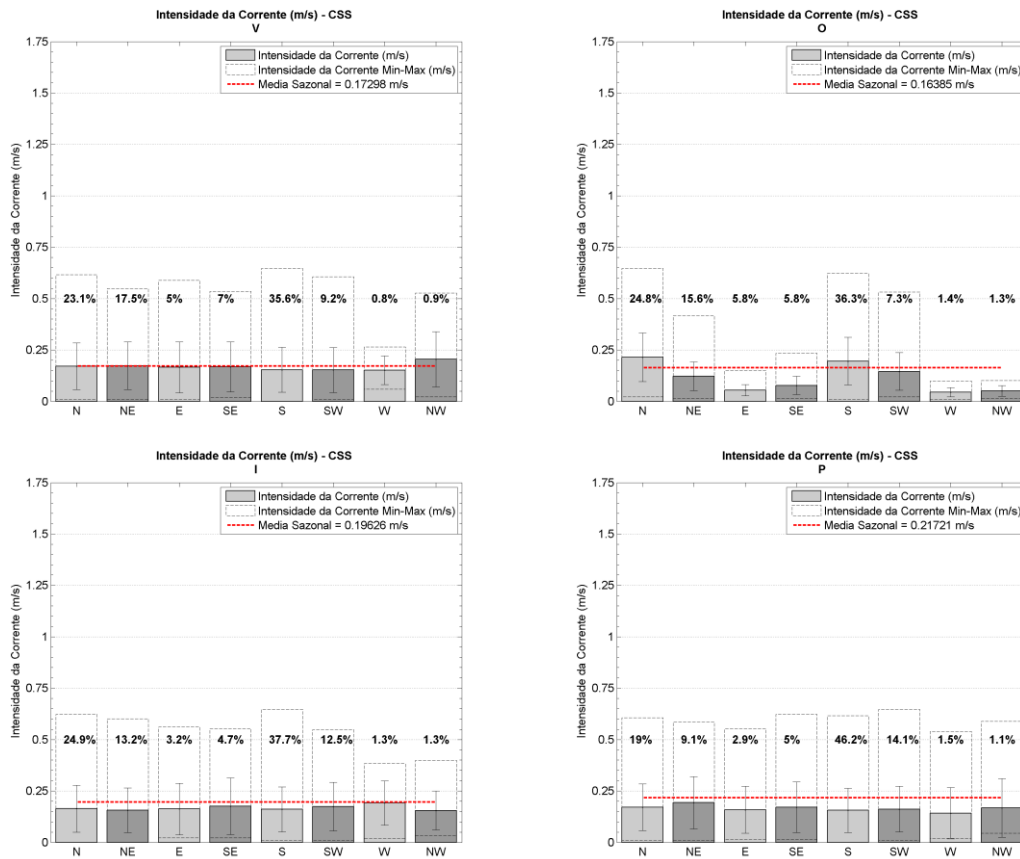


Figura 9: Análise estatística das correntes modeladas no ponto D para cada estação do ano (V – verão, painel superior esquerdo, O – outono, painel superior direito, I – inverno, painel inferior esquerdo e P – primavera, painel inferior direito), considerando classes de direção da corrente. As barras em cinza indicam a média da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a freqüência de ocorrência de cada classe de direção.

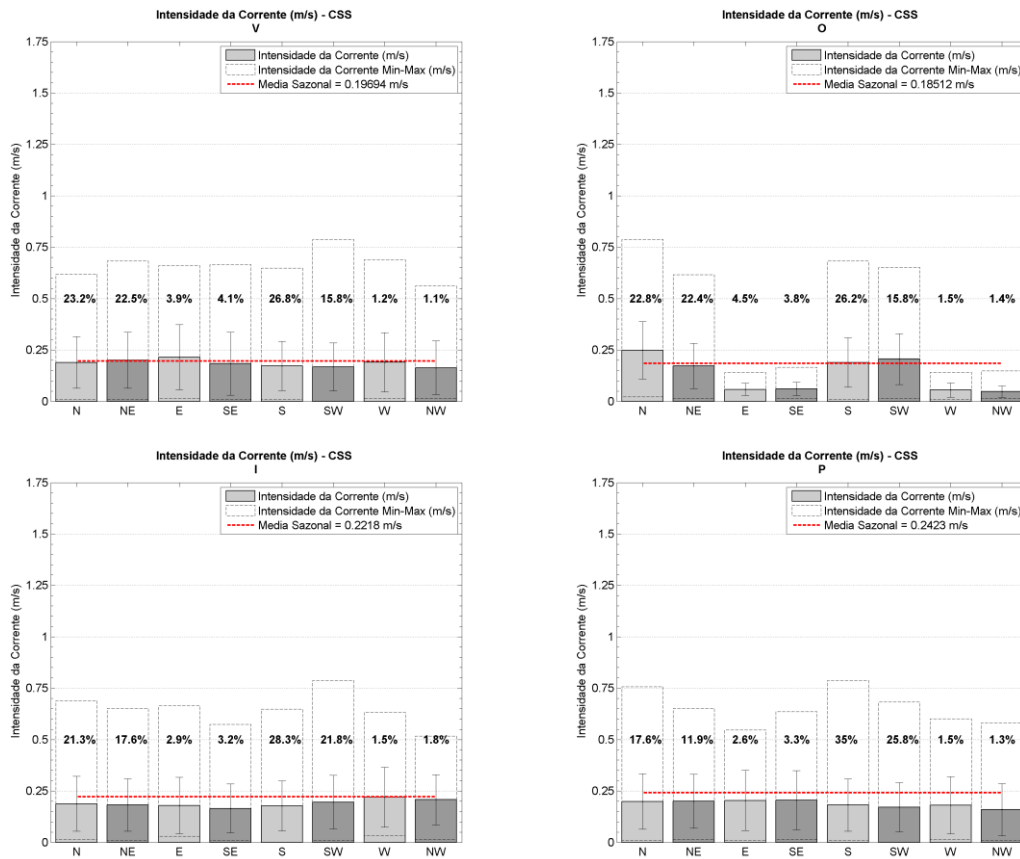


Figura 10: Análise estatística das correntes modeladas no ponto E para cada estação do ano (V – verão, painel superior esquerdo, O – outono, painel superior direito, I – inverno, painel inferior esquerdo e P – primavera, painel inferior direito), considerando classes de direção da corrente. As barras em cinza indicam a média da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a freqüência de ocorrência de cada classe de direção.

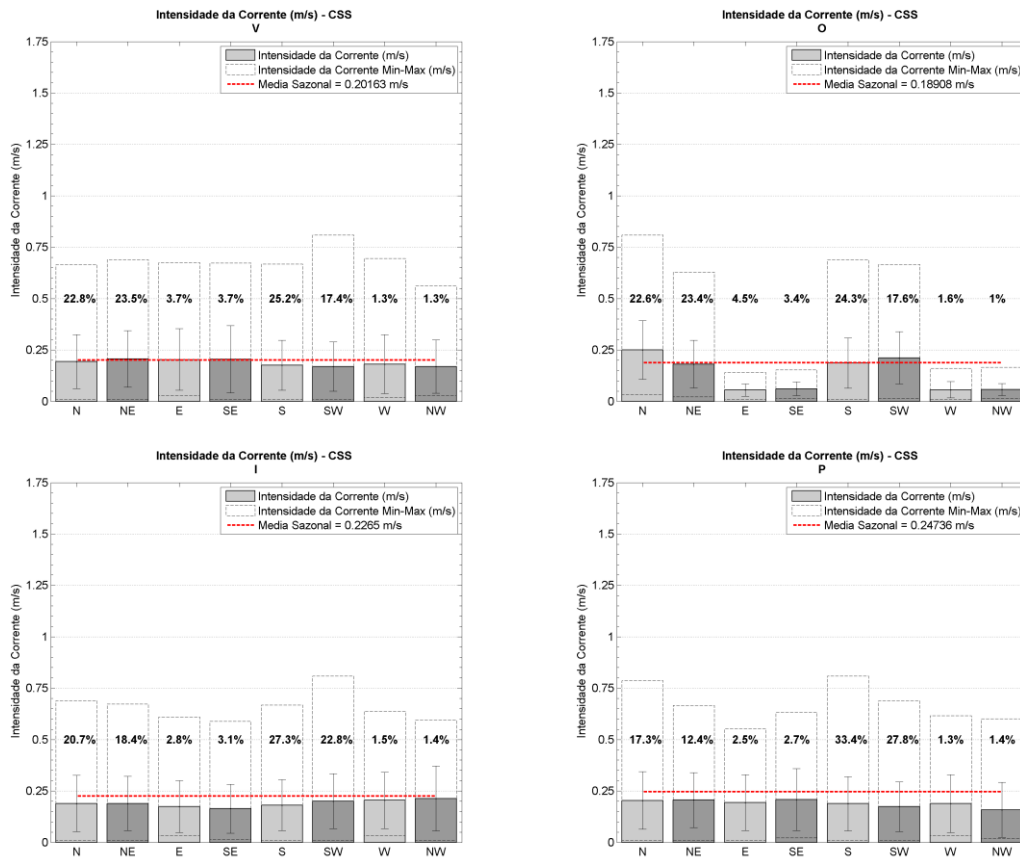


Figura 11: Análise estatística das correntes modeladas no ponto F para cada estação do ano (V – verão, painel superior esquerdo, O – outono, painel superior direito, I – inverno, painel inferior esquerdo e P – primavera, painel inferior direito), considerando classes de direção da corrente. As barras em cinza indicam a média da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a freqüência de ocorrência de cada classe de direção.

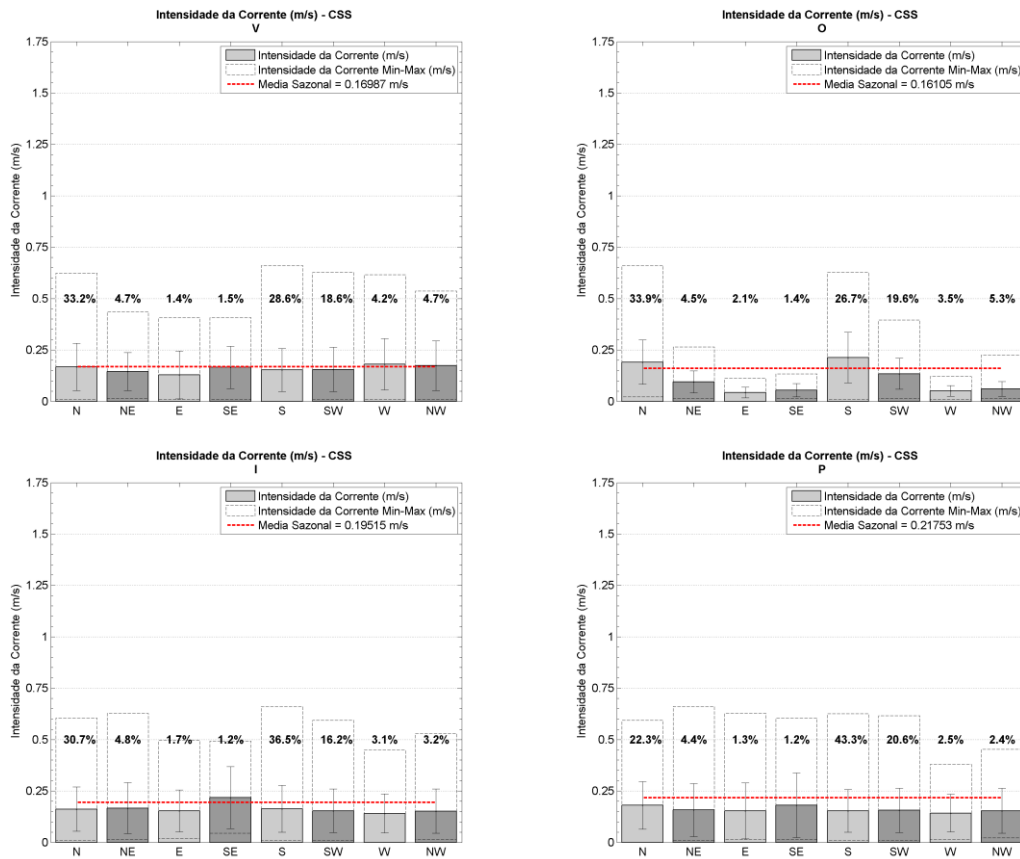


Figura 12: Análise estatística das correntes modeladas no ponto G para cada estação do ano (V – verão, painel superior esquerdo, O – outono, painel superior direito, I – inverno, painel inferior esquerdo e P – primavera, painel inferior direito), considerando classes de direção da corrente. As barras em cinza indicam a média da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a freqüência de ocorrência de cada classe de direção.

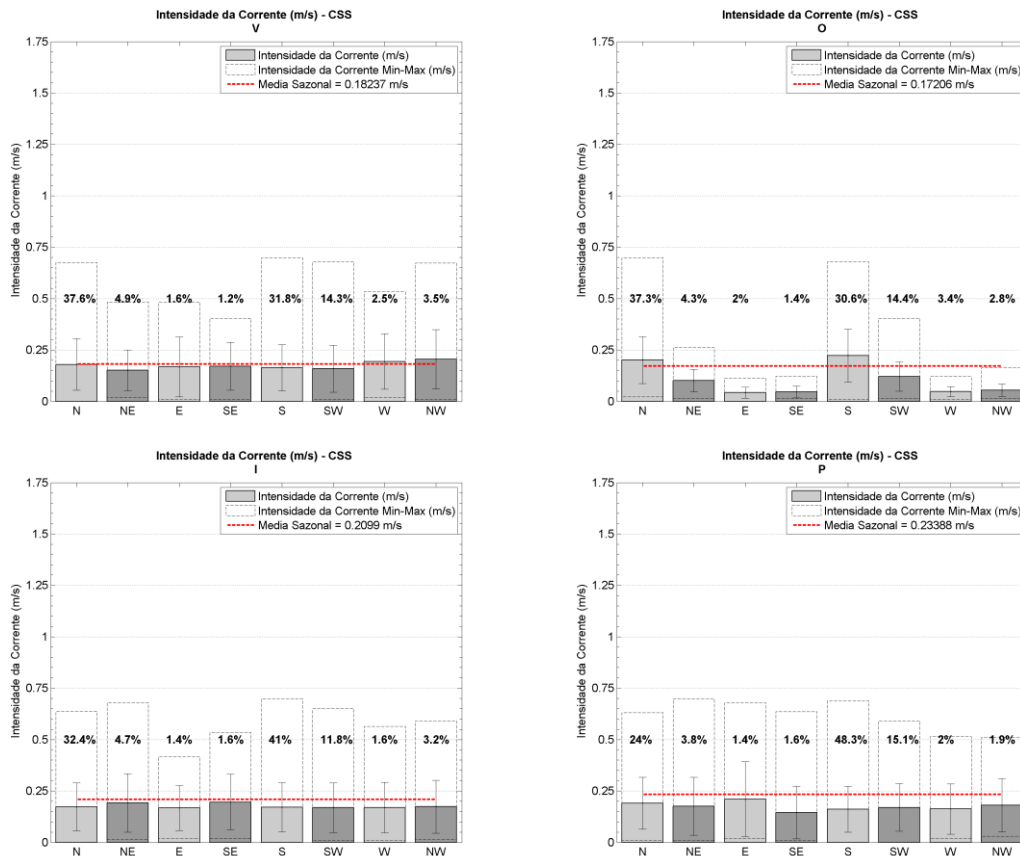


Figura 13: Análise estatística das correntes modeladas no ponto H para cada estação do ano (V – verão, painel superior esquerdo, O – outono, painel superior direito, I – inverno, painel inferior esquerdo e P – primavera, painel inferior direito), considerando classes de direção da corrente. As barras em cinza indicam a média da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a frequência de ocorrência de cada classe de direção.

Na Tabela 9 à Tabela 16, são apresentados os dados das frequências relativas das correntes modeladas em cada ponto. Em todas as estação do ano, nos pontos A (Tabela 9) e B (Tabela 10), as correntes mais frequentes (cerca de 35,0%) têm intensidade de até $0,1 \text{ m s}^{-1}$, exceto na primavera no ponto A quando correntes com intensidade entre $0,1$ e $0,2 \text{ m s}^{-1}$ são predominantes (31,5%). Em geral, nos demais pontos, a intensidade típica das correntes está contida no interval de entre $0,1$ e $0,2 \text{ m s}^{-1}$, com frequência entre 25,0% e 37,0%.

Tabela 9: Ocorrência conjunta (em %) de direção (°) e intensidade ($m s^{-1}$) das correntes modeladas no ponto A, em intervalos horários, entre março de 1992 e março de 1993, divididos nas estações de verão, outono, inverno e primavera. Tot. é total, Ver é verão, Out é outono, Inv é inverno e Pri é primavera.

| Ver | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
|-----------|-------|--------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 0,00-0,10 | 7,31 | 2,78 | 0,79 | 1,81 | 4,81 | 9,72 | 4,54 | 5,97 | 37,73 |
| 0,10-0,20 | 11,53 | 1,85 | 0,14 | 0,19 | 8,61 | 10,69 | 0,32 | 0,83 | 34,17 |
| 0,20-0,30 | 7,27 | 0,42 | 0,00 | 0,00 | 6,30 | 4,12 | 0,00 | 0,05 | 18,15 |
| 0,30-0,40 | 2,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,70 | 1,20 | 0,00 | 0,00 | 7,27 |
| 0,40-0,50 | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,34 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 2,08 |
| 0,50-0,60 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,51 |
| 0,60-0,70 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| 0,70-0,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 29,35 | 5,05 | 0,93 | 1,99 | 25,09 | 25,88 | 4,86 | 6,85 | |
| Out | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
| 0,00-0,10 | 7,97 | 3,31 | 1,09 | 1,18 | 5,48 | 9,42 | 4,44 | 6,79 | 39,67 |
| 0,10-0,20 | 11,78 | 1,72 | 0,18 | 0,14 | 8,92 | 10,64 | 0,41 | 0,86 | 34,65 |
| 0,20-0,30 | 7,34 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 5,62 | 4,48 | 0,00 | 0,09 | 17,75 |
| 0,30-0,40 | 2,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,90 | 0,86 | 0,00 | 0,00 | 6,11 |
| 0,40-0,50 | 0,77 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 1,45 |
| 0,50-0,60 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,36 |
| 0,60-0,70 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,70-0,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 30,30 | 5,25 | 1,27 | 1,31 | 23,69 | 25,59 | 4,85 | 7,74 | |

| Inv | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
|-----------|-------|--------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 0,00-0,10 | 6,48 | 2,85 | 0,82 | 1,81 | 5,93 | 7,65 | 3,08 | 4,30 | 32,93 |
| 0,10-0,20 | 10,19 | 1,40 | 0,00 | 0,23 | 9,38 | 8,33 | 0,32 | 0,82 | 30,66 |
| 0,20-0,30 | 7,34 | 0,23 | 0,00 | 0,05 | 10,14 | 4,44 | 0,00 | 0,00 | 22,19 |
| 0,30-0,40 | 3,62 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 5,43 | 0,86 | 0,00 | 0,00 | 9,96 |
| 0,40-0,50 | 2,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,86 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,94 |
| 0,50-0,60 | 0,86 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,09 |
| 0,60-0,70 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 |
| 0,70-0,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total | 30,80 | 4,53 | 0,82 | 2,08 | 31,97 | 21,29 | 3,40 | 5,12 | |
| Pri | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
| 0,00-0,10 | 4,62 | 2,06 | 1,19 | 1,14 | 5,45 | 7,19 | 2,11 | 2,98 | 26,74 |
| 0,10-0,20 | 7,60 | 1,88 | 0,05 | 0,27 | 9,66 | 11,17 | 0,32 | 0,60 | 31,55 |
| 0,20-0,30 | 5,72 | 0,37 | 0,00 | 0,00 | 10,21 | 6,04 | 0,00 | 0,05 | 22,39 |
| 0,30-0,40 | 2,34 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 7,83 | 1,79 | 0,00 | 0,00 | 12,13 |
| 0,40-0,50 | 0,78 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 4,17 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 5,49 |
| 0,50-0,60 | 0,69 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,24 |
| 0,60-0,70 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| 0,70-0,80 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 |
| 0,80-0,90 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 22,21 | 4,58 | 1,24 | 1,42 | 37,82 | 26,69 | 2,43 | 3,62 | |

Tabela 10: Ocorrência conjunta (em %) de direção (°) e intensidade ($m s^{-1}$) das correntes modeladas no ponto B, em intervalos horários, entre março de 1992 e março de 1993, divididos nas estações de verão, outono, inverno e primavera. Tot. é total, Ver é verão, Out é outono, Inv é inverno e Pri é primavera.

| Ver | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
|-----------|-------|--------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 0,00-0,10 | 6,90 | 3,06 | 0,65 | 1,99 | 5,37 | 10,74 | 4,54 | 5,42 | 38,66 |
| 0,10-0,20 | 11,71 | 1,62 | 0,14 | 0,14 | 7,78 | 13,15 | 0,42 | 0,97 | 35,93 |
| 0,20-0,30 | 5,51 | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 5,65 | 5,65 | 0,00 | 0,09 | 17,45 |
| 0,30-0,40 | 1,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,45 | 1,48 | 0,00 | 0,00 | 5,83 |
| 0,40-0,50 | 0,51 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,97 | 0,37 | 0,00 | 0,00 | 1,85 |
| 0,50-0,60 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 |
| 0,60-0,70 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| 0,70-0,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 26,67 | 5,23 | 0,79 | 2,13 | 22,36 | 31,39 | 4,95 | 6,48 | |
| Out | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
| 0,00-0,10 | 8,11 | 4,08 | 0,86 | 1,40 | 5,89 | 10,82 | 4,66 | 5,34 | 41,17 |
| 0,10-0,20 | 11,37 | 1,68 | 0,18 | 0,14 | 7,34 | 12,36 | 0,54 | 1,13 | 34,74 |
| 0,20-0,30 | 6,11 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 4,76 | 6,39 | 0,00 | 0,05 | 17,66 |
| 0,30-0,40 | 1,81 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 1,77 | 1,40 | 0,00 | 0,00 | 5,03 |
| 0,40-0,50 | 0,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 1,27 |
| 0,50-0,60 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| 0,60-0,70 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,70-0,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 28,03 | 6,16 | 1,04 | 1,54 | 20,29 | 31,20 | 5,21 | 6,52 | |

| Inv | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
|-----------|-------|--------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 0,00-0,10 | 6,97 | 2,99 | 1,27 | 1,99 | 5,48 | 7,88 | 3,31 | 4,71 | 34,60 |
| 0,10-0,20 | 9,65 | 1,31 | 0,05 | 0,05 | 9,10 | 10,46 | 0,14 | 1,13 | 31,88 |
| 0,20-0,30 | 6,75 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 8,97 | 5,93 | 0,00 | 0,00 | 21,92 |
| 0,30-0,40 | 3,62 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 3,67 | 1,22 | 0,00 | 0,00 | 8,56 |
| 0,40-0,50 | 1,86 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,45 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 2,36 |
| 0,50-0,60 | 0,54 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,68 |
| 0,60-0,70 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,70-0,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 29,39 | 4,62 | 1,31 | 2,04 | 27,81 | 25,54 | 3,44 | 5,84 | |
| Pri | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
| 0,00-0,10 | 5,13 | 2,84 | 0,92 | 1,42 | 5,59 | 7,37 | 2,38 | 3,11 | 28,75 |
| 0,10-0,20 | 8,01 | 1,88 | 0,05 | 0,23 | 9,25 | 12,36 | 0,37 | 0,60 | 32,74 |
| 0,20-0,30 | 4,85 | 0,23 | 0,00 | 0,05 | 9,57 | 8,47 | 0,00 | 0,00 | 23,17 |
| 0,30-0,40 | 1,83 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 6,18 | 2,66 | 0,00 | 0,00 | 10,81 |
| 0,40-0,50 | 0,92 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 1,97 | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 3,57 |
| 0,50-0,60 | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,55 |
| 0,60-0,70 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 |
| 0,70-0,80 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 21,57 | 5,17 | 0,96 | 1,69 | 32,65 | 31,50 | 2,75 | 3,71 | |

Tabela 11: Ocorrência conjunta (em %) de direção (°) e intensidade ($m s^{-1}$) das correntes modeladas no ponto C, em intervalos horários, entre março de 1992 e março de 1993, divididos nas estações de verão, outono, inverno e primavera.

| Ver | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
|-----------|-------|--------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 0,00-0,10 | 4,35 | 6,76 | 3,47 | 5,65 | 5,00 | 2,87 | 0,74 | 1,16 | 30,00 |
| 0,10-0,20 | 9,58 | 7,41 | 0,23 | 1,76 | 13,56 | 2,04 | 0,00 | 0,23 | 34,81 |
| 0,20-0,30 | 7,55 | 1,90 | 0,00 | 0,00 | 7,82 | 1,06 | 0,00 | 0,00 | 18,33 |
| 0,30-0,40 | 3,75 | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 5,88 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 10,56 |
| 0,40-0,50 | 1,44 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 2,59 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 4,26 |
| 0,50-0,60 | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,97 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,53 |
| 0,60-0,70 | 0,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,37 |
| 0,70-0,80 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 27,59 | 16,85 | 3,70 | 7,41 | 35,97 | 6,34 | 0,74 | 1,39 | |
| Out | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
| 0,00-0,10 | 4,57 | 7,20 | 3,71 | 5,34 | 6,43 | 2,76 | 1,45 | 1,90 | 33,38 |
| 0,10-0,20 | 10,24 | 6,30 | 0,41 | 1,59 | 13,04 | 1,90 | 0,05 | 0,14 | 33,65 |
| 0,20-0,30 | 6,57 | 1,86 | 0,00 | 0,00 | 9,10 | 0,59 | 0,00 | 0,05 | 18,16 |
| 0,30-0,40 | 4,44 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 4,71 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 9,60 |
| 0,40-0,50 | 1,90 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 1,68 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,67 |
| 0,50-0,60 | 0,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,13 |
| 0,60-0,70 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,36 |
| 0,70-0,80 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 28,53 | 15,81 | 4,12 | 6,93 | 35,69 | 5,34 | 1,49 | 2,08 | |
| Inv | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |

| | | | | | | | | | |
|-----------|-------|--------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 0,00-0,10 | 4,39 | 5,66 | 2,58 | 4,35 | 4,62 | 3,35 | 0,86 | 1,27 | 27,08 |
| 0,10-0,20 | 6,20 | 4,98 | 0,18 | 1,13 | 13,32 | 2,85 | 0,09 | 0,36 | 29,12 |
| 0,20-0,30 | 6,79 | 1,63 | 0,00 | 0,05 | 11,37 | 1,13 | 0,00 | 0,00 | 20,97 |
| 0,30-0,40 | 4,30 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 8,11 | 0,72 | 0,00 | 0,00 | 13,27 |
| 0,40-0,50 | 2,67 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 2,67 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 5,53 |
| 0,50-0,60 | 1,72 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,45 |
| 0,60-0,70 | 0,91 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,09 |
| 0,70-0,80 | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,45 |
| 0,80-0,90 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 27,49 | 12,59 | 2,76 | 5,53 | 40,90 | 8,15 | 0,95 | 1,63 | |
| Pri | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
| 0,00-0,10 | 2,34 | 3,98 | 1,83 | 3,57 | 4,95 | 2,84 | 1,14 | 1,19 | 21,84 |
| 0,10-0,20 | 6,50 | 3,21 | 0,37 | 1,88 | 12,77 | 2,88 | 0,14 | 0,14 | 27,88 |
| 0,20-0,30 | 5,77 | 1,10 | 0,00 | 0,05 | 13,64 | 1,56 | 0,00 | 0,00 | 22,12 |
| 0,30-0,40 | 3,34 | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 10,30 | 0,69 | 0,00 | 0,00 | 14,74 |
| 0,40-0,50 | 1,88 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 6,59 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 8,75 |
| 0,50-0,60 | 0,69 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 2,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,30 |
| 0,60-0,70 | 0,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,69 |
| 0,70-0,80 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 |
| 0,80-0,90 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| 0,90-1,00 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 |
| 1,00-1,10 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 21,57 | 8,84 | 2,20 | 5,49 | 51,14 | 8,15 | 1,28 | 1,33 | |

Tabela 12: Ocorrência conjunta (em %) de direção (°) e intensidade ($m s^{-1}$) das correntes modeladas no ponto D, em intervalos horários, entre março de 1992 e março de 1993, divididos nas estações de verão, outono, inverno e primavera. Tot. é total, Ver é verão, Out é outono, Inv é inverno e Pri é primavera.

| Ver | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
|-----------|-------|--------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 0,00-0,10 | 4,54 | 7,55 | 3,75 | 5,56 | 5,05 | 2,31 | 0,74 | 0,97 | 30,46 |
| 0,10-0,20 | 10,19 | 6,71 | 0,28 | 2,96 | 14,81 | 1,81 | 0,00 | 0,28 | 37,04 |
| 0,20-0,30 | 7,31 | 1,06 | 0,00 | 0,05 | 8,47 | 0,79 | 0,00 | 0,00 | 17,69 |
| 0,30-0,40 | 2,87 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 6,30 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 9,63 |
| 0,40-0,50 | 1,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,66 |
| 0,50-0,60 | 0,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,20 |
| 0,60-0,70 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 |
| 0,70-0,80 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 26,85 | 15,65 | 4,03 | 8,56 | 37,87 | 5,05 | 0,74 | 1,25 | |
| Out | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
| 0,00-0,10 | 5,34 | 7,84 | 4,44 | 5,21 | 6,75 | 2,54 | 1,31 | 1,77 | 35,19 |
| 0,10-0,20 | 10,69 | 4,94 | 0,23 | 2,08 | 14,09 | 1,68 | 0,00 | 0,23 | 33,92 |
| 0,20-0,30 | 6,39 | 1,59 | 0,00 | 0,09 | 9,47 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 17,89 |
| 0,30-0,40 | 3,67 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 4,66 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 8,65 |
| 0,40-0,50 | 1,49 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 1,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,13 |
| 0,50-0,60 | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,54 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| 0,60-0,70 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 |
| 0,70-0,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 28,12 | 14,63 | 4,66 | 7,38 | 37,23 | 4,66 | 1,31 | 1,99 | |

| Inv | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
|-----------|-------|--------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 0,00-0,10 | 4,26 | 5,93 | 2,40 | 4,39 | 5,62 | 2,99 | 0,91 | 1,59 | 28,08 |
| 0,10-0,20 | 7,84 | 4,35 | 0,18 | 1,86 | 13,63 | 2,31 | 0,05 | 0,27 | 30,48 |
| 0,20-0,30 | 6,70 | 1,22 | 0,00 | 0,00 | 11,73 | 0,95 | 0,00 | 0,00 | 20,61 |
| 0,30-0,40 | 3,44 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 8,42 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 12,50 |
| 0,40-0,50 | 3,13 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 2,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,53 |
| 0,50-0,60 | 1,40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,77 |
| 0,60-0,70 | 0,68 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,82 |
| 0,70-0,80 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 27,67 | 11,68 | 2,58 | 6,25 | 42,26 | 6,75 | 0,95 | 1,86 | |
| Pri | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
| 0,00-0,10 | 2,20 | 3,98 | 2,38 | 3,57 | 5,86 | 2,84 | 1,01 | 1,37 | 23,21 |
| 0,10-0,20 | 6,82 | 3,48 | 0,27 | 2,38 | 12,91 | 2,06 | 0,09 | 0,18 | 28,21 |
| 0,20-0,30 | 5,49 | 0,87 | 0,00 | 0,32 | 14,19 | 1,42 | 0,00 | 0,00 | 22,30 |
| 0,30-0,40 | 3,39 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 11,40 | 0,55 | 0,00 | 0,00 | 15,48 |
| 0,40-0,50 | 1,47 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,63 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 7,14 |
| 0,50-0,60 | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,92 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,52 |
| 0,60-0,70 | 0,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,64 |
| 0,70-0,80 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| 0,80-0,90 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 |
| 0,90-1,00 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 20,92 | 8,47 | 2,66 | 6,27 | 52,11 | 6,91 | 1,10 | 1,56 | |

Tabela 13: Ocorrência conjunta (em %) de direção (°) e intensidade ($m s^{-1}$) das correntes modeladas no ponto E, em intervalos horários, entre março de 1992 e março de 1993, divididos nas estações de verão, outono, inverno e primavera. Tot. é total, Ver é verão, Out é outono, Inv é inverno e Pri é primavera.

| Ver | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
|-----------|-------|--------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 0,00-0,10 | 3,29 | 5,93 | 3,15 | 4,26 | 5,56 | 2,36 | 0,65 | 1,53 | 26,71 |
| 0,10-0,20 | 8,75 | 8,89 | 0,19 | 1,06 | 11,62 | 2,78 | 0,05 | 0,23 | 33,56 |
| 0,20-0,30 | 6,81 | 2,78 | 0,00 | 0,00 | 7,13 | 1,81 | 0,00 | 0,00 | 18,52 |
| 0,30-0,40 | 5,23 | 1,44 | 0,00 | 0,00 | 4,81 | 0,83 | 0,00 | 0,00 | 12,31 |
| 0,40-0,50 | 1,71 | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 2,96 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 5,37 |
| 0,50-0,60 | 1,02 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 1,25 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 2,55 |
| 0,60-0,70 | 0,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,69 |
| 0,70-0,80 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| 0,80-0,90 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 27,36 | 19,77 | 3,33 | 5,32 | 33,75 | 8,01 | 0,69 | 1,76 | |
| Out | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
| 0,00-0,10 | 3,85 | 6,57 | 3,62 | 4,08 | 5,89 | 2,94 | 1,22 | 1,77 | 29,94 |
| 0,10-0,20 | 8,97 | 7,29 | 0,36 | 1,09 | 11,41 | 3,17 | 0,27 | 0,27 | 32,84 |
| 0,20-0,30 | 6,66 | 3,03 | 0,00 | 0,00 | 8,42 | 1,45 | 0,00 | 0,14 | 19,70 |
| 0,30-0,40 | 4,76 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 3,85 | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 10,01 |
| 0,40-0,50 | 2,31 | 0,54 | 0,00 | 0,00 | 2,22 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 5,16 |
| 0,50-0,60 | 1,04 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,63 |
| 0,60-0,70 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,63 |
| 0,70-0,80 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 27,99 | 18,52 | 3,99 | 5,16 | 32,61 | 8,06 | 1,49 | 2,17 | |

| Inv | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
|-----------|-------|--------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 0,00-0,10 | 3,13 | 4,94 | 2,31 | 3,44 | 4,48 | 3,08 | 1,18 | 2,08 | 24,64 |
| 0,10-0,20 | 5,25 | 5,34 | 0,14 | 0,95 | 11,59 | 3,76 | 0,09 | 0,45 | 27,58 |
| 0,20-0,30 | 5,66 | 2,63 | 0,00 | 0,05 | 10,28 | 1,72 | 0,00 | 0,00 | 20,34 |
| 0,30-0,40 | 4,30 | 1,22 | 0,00 | 0,00 | 8,06 | 1,04 | 0,00 | 0,00 | 14,63 |
| 0,40-0,50 | 3,03 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 3,80 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 7,20 |
| 0,50-0,60 | 2,08 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,91 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 3,31 |
| 0,60-0,70 | 0,86 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,22 |
| 0,70-0,80 | 0,63 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,72 |
| 0,80-0,90 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,36 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 25,32 | 14,76 | 2,45 | 4,44 | 39,45 | 9,78 | 1,27 | 2,54 | |
| Pri | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
| 0,00-0,10 | 2,34 | 3,30 | 2,11 | 3,53 | 5,08 | 2,75 | 1,05 | 1,47 | 21,61 |
| 0,10-0,20 | 5,54 | 3,30 | 0,18 | 0,73 | 11,17 | 4,12 | 0,18 | 0,18 | 25,41 |
| 0,20-0,30 | 4,85 | 2,01 | 0,00 | 0,00 | 12,64 | 2,11 | 0,00 | 0,00 | 21,61 |
| 0,30-0,40 | 3,11 | 0,82 | 0,00 | 0,00 | 9,25 | 0,96 | 0,00 | 0,00 | 14,15 |
| 0,40-0,50 | 2,34 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 6,68 | 0,64 | 0,00 | 0,00 | 9,94 |
| 0,50-0,60 | 0,92 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 3,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,95 |
| 0,60-0,70 | 0,64 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,78 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,47 |
| 0,70-0,80 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 |
| 0,80-0,90 | 0,18 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 |
| 0,90-1,00 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| 1,00-1,10 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 |
| 1,10-1,20 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |
| TOTAL | 20,51 | 9,89 | 2,29 | 4,26 | 49,59 | 10,58 | 1,24 | 1,65 | |

Tabela 14: Ocorrência conjunta (em %) de direção (°) e intensidade ($m s^{-1}$) das correntes modeladas no ponto F, em intervalos horários, entre março de 1992 e março de 1993, divididos nas estações de verão, outono, inverno e primavera. Tot é total, Ver é verão, Out é outono, Inv é inverno e Pri é primavera.

| Ver | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
|-----------|-------|--------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 0,00-0,10 | 3,15 | 5,46 | 2,92 | 4,54 | 5,65 | 2,22 | 0,83 | 1,67 | 26,44 |
| 0,10-0,20 | 8,29 | 8,80 | 0,23 | 0,83 | 11,06 | 3,06 | 0,05 | 0,28 | 32,59 |
| 0,20-0,30 | 6,39 | 3,33 | 0,00 | 0,00 | 6,53 | 1,76 | 0,00 | 0,00 | 18,01 |
| 0,30-0,40 | 5,51 | 2,04 | 0,00 | 0,00 | 4,91 | 0,83 | 0,00 | 0,00 | 13,29 |
| 0,40-0,50 | 1,94 | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 3,15 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 5,79 |
| 0,50-0,60 | 1,02 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 1,39 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 2,73 |
| 0,60-0,70 | 0,37 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,83 |
| 0,70-0,80 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 |
| 0,80-0,90 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 26,90 | 20,46 | 3,15 | 5,37 | 33,19 | 8,10 | 0,88 | 1,94 | |
| Out | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
| 0,00-0,10 | 3,71 | 7,11 | 3,22 | 3,71 | 5,75 | 2,76 | 1,31 | 1,40 | 28,99 |
| 0,10-0,20 | 8,20 | 7,88 | 0,27 | 0,95 | 11,23 | 3,58 | 0,23 | 0,36 | 32,70 |
| 0,20-0,30 | 6,57 | 3,49 | 0,00 | 0,00 | 8,29 | 1,45 | 0,00 | 0,14 | 19,93 |
| 0,30-0,40 | 4,62 | 1,54 | 0,00 | 0,00 | 3,76 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 10,42 |
| 0,40-0,50 | 2,36 | 0,59 | 0,00 | 0,00 | 2,17 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 5,30 |
| 0,50-0,60 | 1,04 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,54 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,72 |
| 0,60-0,70 | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,86 |
| 0,70-0,80 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |
| 0,80-0,90 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 27,04 | 20,74 | 3,49 | 4,66 | 32,16 | 8,47 | 1,54 | 1,90 | |

| Inv | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
|-----------|-------|--------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 0,00-0,10 | 2,94 | 5,39 | 1,95 | 3,13 | 4,80 | 2,99 | 1,36 | 1,99 | 24,55 |
| 0,10-0,20 | 5,21 | 5,39 | 0,18 | 0,68 | 11,37 | 3,62 | 0,09 | 0,54 | 27,08 |
| 0,20-0,30 | 5,34 | 2,72 | 0,00 | 0,05 | 9,87 | 1,90 | 0,00 | 0,00 | 19,88 |
| 0,30-0,40 | 4,17 | 1,49 | 0,00 | 0,00 | 7,88 | 1,22 | 0,00 | 0,00 | 14,76 |
| 0,40-0,50 | 2,85 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 3,99 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 7,47 |
| 0,50-0,60 | 2,04 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 3,44 |
| 0,60-0,70 | 1,09 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,59 |
| 0,70-0,80 | 0,63 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,82 |
| 0,80-0,90 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,32 |
| 0,90-1,00 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 24,68 | 15,90 | 2,13 | 3,85 | 39,31 | 10,14 | 1,45 | 2,54 | |
| Pri | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
| 0,00-0,10 | 2,06 | 3,39 | 1,97 | 3,16 | 5,27 | 2,66 | 0,92 | 1,74 | 21,15 |
| 0,10-0,20 | 5,22 | 3,39 | 0,23 | 0,69 | 10,90 | 4,21 | 0,23 | 0,09 | 24,95 |
| 0,20-0,30 | 4,76 | 2,15 | 0,00 | 0,00 | 11,81 | 2,34 | 0,00 | 0,00 | 21,06 |
| 0,30-0,40 | 3,21 | 0,82 | 0,00 | 0,00 | 8,97 | 1,28 | 0,00 | 0,00 | 14,29 |
| 0,40-0,50 | 2,34 | 0,55 | 0,00 | 0,00 | 7,05 | 0,55 | 0,00 | 0,00 | 10,49 |
| 0,50-0,60 | 1,10 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 4,17 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 5,40 |
| 0,60-0,70 | 0,69 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 1,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,79 |
| 0,70-0,80 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 |
| 0,80-0,90 | 0,23 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 |
| 0,90-1,00 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| 1,00-1,10 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 |
| 1,10-1,20 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |
| TOTAL | 20,15 | 10,49 | 2,20 | 3,85 | 49,27 | 11,08 | 1,14 | 1,83 | |

Tabela 15: Ocorrência conjunta (em %) de direção (°) e intensidade ($m s^{-1}$) das correntes modeladas no ponto G, em intervalos horários, entre março de 1992 e março de 1993, divididos nas estações de verão, outono, inverno e primavera. Tot é total, Ver é verão, Out é outono, Inv é inverno e Pri é primavera.

| Ver | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
|-----------|-------|--------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 0,00-0,10 | 7,96 | 2,31 | 0,79 | 1,81 | 5,46 | 6,76 | 3,89 | 5,09 | 34,07 |
| 0,10-0,20 | 12,55 | 1,48 | 0,19 | 0,37 | 11,16 | 6,20 | 0,14 | 0,88 | 32,96 |
| 0,20-0,30 | 8,80 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 8,15 | 1,02 | 0,00 | 0,05 | 18,33 |
| 0,30-0,40 | 3,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,46 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 8,94 |
| 0,40-0,50 | 1,39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,94 |
| 0,50-0,60 | 0,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,93 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,30 |
| 0,60-0,70 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,37 |
| 0,70-0,80 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 34,63 | 4,12 | 0,97 | 2,18 | 33,98 | 14,07 | 4,03 | 6,02 | |
| Out | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
| 0,00-0,10 | 7,52 | 2,85 | 1,54 | 1,54 | 6,16 | 7,29 | 3,13 | 5,30 | 35,33 |
| 0,10-0,20 | 14,27 | 1,49 | 0,09 | 0,23 | 11,59 | 5,80 | 0,09 | 1,22 | 34,78 |
| 0,20-0,30 | 7,74 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 9,06 | 0,82 | 0,00 | 0,09 | 17,84 |
| 0,30-0,40 | 3,85 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,26 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 8,33 |
| 0,40-0,50 | 1,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,76 |
| 0,50-0,60 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,68 |
| 0,60-0,70 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 |
| 0,70-0,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 34,96 | 4,48 | 1,63 | 1,77 | 33,20 | 14,13 | 3,22 | 6,61 | |

| Inv | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
|-----------|-------|--------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 0,00-0,10 | 5,07 | 3,08 | 1,09 | 1,86 | 6,43 | 4,66 | 2,45 | 4,17 | 28,80 |
| 0,10-0,20 | 10,19 | 1,13 | 0,05 | 0,14 | 12,09 | 4,62 | 0,14 | 0,54 | 28,89 |
| 0,20-0,30 | 7,56 | 0,23 | 0,00 | 0,05 | 12,05 | 1,18 | 0,00 | 0,05 | 21,11 |
| 0,30-0,40 | 4,35 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 8,42 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 12,91 |
| 0,40-0,50 | 2,99 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,72 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 5,75 |
| 0,50-0,60 | 1,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,68 |
| 0,60-0,70 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,68 |
| 0,70-0,80 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 32,07 | 4,48 | 1,13 | 2,04 | 42,35 | 10,60 | 2,58 | 4,76 | |
| Pri | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
| 0,00-0,10 | 3,75 | 1,88 | 0,78 | 1,97 | 5,82 | 5,17 | 1,97 | 2,56 | 23,90 |
| 0,10-0,20 | 7,55 | 1,47 | 0,05 | 0,32 | 13,05 | 5,68 | 0,09 | 0,78 | 28,98 |
| 0,20-0,30 | 6,55 | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 12,41 | 1,56 | 0,00 | 0,09 | 21,02 |
| 0,30-0,40 | 3,07 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 10,44 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 13,97 |
| 0,40-0,50 | 1,19 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 6,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,65 |
| 0,50-0,60 | 0,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,88 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,53 |
| 0,60-0,70 | 0,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,55 |
| 0,70-0,80 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| 0,80-0,90 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 |
| 0,90-1,00 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 23,53 | 3,98 | 0,82 | 2,29 | 51,19 | 12,68 | 2,06 | 3,43 | |

Tabela 16: Ocorrência conjunta (em %) de direção (°) e intensidade ($m s^{-1}$) das correntes modeladas no ponto H, em intervalos horários, entre março de 1992 e março de 1993, divididos nas estações de verão, outono, inverno e primavera. Tot é total, Ver é verão, Out é outono, Inv é inverno e Pri é primavera.

| Ver | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
|-----------|-------|--------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 0,00-0,10 | 8,47 | 2,87 | 0,88 | 1,90 | 6,02 | 6,16 | 2,59 | 4,31 | 33,19 |
| 0,10-0,20 | 13,75 | 1,48 | 0,09 | 0,37 | 10,65 | 3,66 | 0,00 | 0,42 | 30,42 |
| 0,20-0,30 | 9,49 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 7,69 | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 17,82 |
| 0,30-0,40 | 4,58 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 6,25 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 11,02 |
| 0,40-0,50 | 1,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,00 |
| 0,50-0,60 | 0,51 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,76 |
| 0,60-0,70 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,65 |
| 0,70-0,80 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 38,89 | 4,49 | 0,97 | 2,27 | 35,56 | 10,51 | 2,59 | 4,72 | |
| Out | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
| 0,00-0,10 | 7,34 | 2,72 | 1,45 | 1,86 | 6,61 | 5,89 | 2,63 | 4,80 | 33,29 |
| 0,10-0,20 | 15,58 | 1,18 | 0,09 | 0,18 | 12,18 | 3,53 | 0,00 | 0,82 | 33,56 |
| 0,20-0,30 | 8,29 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 9,10 | 0,45 | 0,00 | 0,05 | 18,16 |
| 0,30-0,40 | 4,85 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,57 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 9,51 |
| 0,40-0,50 | 1,77 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,99 |
| 0,50-0,60 | 0,54 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,95 |
| 0,60-0,70 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,54 |
| 0,70-0,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 38,45 | 4,17 | 1,54 | 2,04 | 35,55 | 9,96 | 2,63 | 5,66 | |

| Inv | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
|-----------|-------|--------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 0,00-0,10 | 5,03 | 2,85 | 1,04 | 1,99 | 5,75 | 4,48 | 1,45 | 3,85 | 26,45 |
| 0,10-0,20 | 9,96 | 1,13 | 0,05 | 0,18 | 12,18 | 3,35 | 0,09 | 0,45 | 27,40 |
| 0,20-0,30 | 8,24 | 0,18 | 0,00 | 0,05 | 11,78 | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 20,65 |
| 0,30-0,40 | 4,98 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 9,51 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 14,63 |
| 0,40-0,50 | 2,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,89 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,79 |
| 0,50-0,60 | 1,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,58 |
| 0,60-0,70 | 0,82 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,09 |
| 0,70-0,80 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,41 |
| 0,80-0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,90-1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,00-1,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 33,83 | 4,21 | 1,09 | 2,22 | 44,47 | 8,33 | 1,54 | 4,30 | |
| Pri | 0-45° | 45-90° | 90-135° | 135- 180° | 180-225° | 225-270° | 270-315° | 315-360° | Tot. |
| 0,00-0,10 | 3,85 | 1,88 | 0,55 | 2,06 | 5,72 | 5,04 | 1,83 | 2,52 | 23,44 |
| 0,10-0,20 | 7,51 | 1,28 | 0,23 | 0,37 | 12,91 | 3,34 | 0,00 | 0,32 | 25,96 |
| 0,20-0,30 | 7,19 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 12,59 | 0,64 | 0,00 | 0,00 | 20,74 |
| 0,30-0,40 | 3,34 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 10,07 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 13,60 |
| 0,40-0,50 | 1,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,69 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,43 |
| 0,50-0,60 | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,76 |
| 0,60-0,70 | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,47 |
| 0,70-0,80 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 |
| 0,80-0,90 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| 0,90-1,00 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 |
| 1,00-1,10 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |
| 1,10-1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 25,23 | 3,53 | 0,78 | 2,43 | 54,21 | 9,16 | 1,83 | 2,84 | |

4.2. Período de Retorno

Correntes de grandes intensidades podem afetar as operações de atracação de embarcações. O conhecimento destas correntes extremas também é importante para o correto dimensionamento de estruturas marítimas. Por estes motivos, nesta seção, serão investigados eventos extremos na magnitude das correntes nos pontos selecionados (Figura 5).

Em cada ponto, a série temporal de correntes modelada foi reamostrada, para que fosse obtido um novo conjunto de dados onde apenas as correntes de máxima magnitude diária fossem consideradas. Posteriormente, esses conjuntos foram divididos por estações do ano.

A Tabela 17 e a Figura 14 à Figura 21 apresentam os primeiros momentos estatísticos dos dados de intensidade da corrente diária máxima para as estações do ano nos pontos selecionados. A corrente de maior magnitude ocorre na primavera no ponto F ($1,20 \text{ m s}^{-1}$). Verifica-se, também neste ponto, que as correntes máximas modeladas para as outras estações do ano são maiores do que os respectivos valores nos demais pontos analisados. A média das correntes máximas diárias é maior na primavera, seguida dos valores obtidos para o inverno, verão e outono, qualquer que seja o ponto considerado.

Tabela 17: Primeiros momentos estatísticos (máximo, mínimo, média, mediana, variância e desvio padrão) das intensidades máximas diárias de correntes, por estação do ano, nos pontos selecionados.

| | Máximo (m s ⁻¹) | Mínimo (m s ⁻¹) | Média (m s ⁻¹) | Mediana (m s ⁻¹) | Variância (m ² s ⁻²) | Desvio Padrão (m s ⁻¹) |
|----------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--|--|
| Ponto A | | | | | | |
| Verão | 0,69 | 0,17 | 0,34 | 0,32 | 0,01 | 0,10 |
| Outono | 0,57 | 0,13 | 0,32 | 0,30 | 0,01 | 0,09 |
| Inverno | 0,64 | 0,17 | 0,36 | 0,35 | 0,01 | 0,11 |
| Primavera | 0,81 | 0,13 | 0,37 | 0,35 | 0,01 | 0,12 |
| Ponto B | | | | | | |
| Verão | 0,65 | 0,17 | 0,33 | 0,32 | 0,01 | 0,09 |
| Outono | 0,54 | 0,14 | 0,31 | 0,30 | 0,01 | 0,08 |
| Inverno | 0,60 | 0,16 | 0,34 | 0,33 | 0,01 | 0,10 |
| Primavera | 0,76 | 0,12 | 0,35 | 0,34 | 0,01 | 0,11 |
| Ponto C | | | | | | |
| Verão | 0,80 | 0,16 | 0,39 | 0,39 | 0,02 | 0,13 |
| Outono | 0,70 | 0,19 | 0,37 | 0,35 | 0,01 | 0,12 |
| Inverno | 0,80 | 0,17 | 0,43 | 0,41 | 0,02 | 0,14 |
| Primavera | 1,05 | 0,16 | 0,44 | 0,40 | 0,02 | 0,15 |
| Ponto D | | | | | | |
| Verão | 0,78 | 0,16 | 0,38 | 0,37 | 0,01 | 0,12 |
| Outono | 0,65 | 0,19 | 0,36 | 0,34 | 0,01 | 0,11 |
| Inverno | 0,74 | 0,18 | 0,41 | 0,40 | 0,02 | 0,13 |
| Primavera | 0,96 | 0,13 | 0,42 | 0,40 | 0,02 | 0,14 |
| Ponto E | | | | | | |
| Verão | 0,84 | 0,16 | 0,42 | 0,40 | 0,02 | 0,14 |
| Outono | 0,79 | 0,17 | 0,40 | 0,37 | 0,02 | 0,13 |
| Inverno | 0,90 | 0,17 | 0,45 | 0,42 | 0,03 | 0,16 |
| Primavera | 1,17 | 0,18 | 0,47 | 0,43 | 0,03 | 0,16 |
| Ponto F | | | | | | |
| Verão | 0,87 | 0,16 | 0,43 | 0,41 | 0,02 | 0,14 |
| Outono | 0,81 | 0,15 | 0,40 | 0,38 | 0,02 | 0,13 |
| Inverno | 0,92 | 0,17 | 0,46 | 0,43 | 0,03 | 0,16 |
| Primavera | 1,20 | 0,18 | 0,48 | 0,45 | 0,03 | 0,17 |
| Ponto G | | | | | | |
| Verão | 0,79 | 0,14 | 0,37 | 0,35 | 0,02 | 0,12 |
| Outono | 0,66 | 0,15 | 0,35 | 0,34 | 0,01 | 0,11 |
| Inverno | 0,72 | 0,19 | 0,40 | 0,39 | 0,02 | 0,13 |
| Primavera | 0,93 | 0,18 | 0,42 | 0,39 | 0,02 | 0,14 |
| Ponto H | | | | | | |
| Verão | 0,85 | 0,14 | 0,40 | 0,37 | 0,02 | 0,14 |
| Outono | 0,70 | 0,17 | 0,37 | 0,35 | 0,01 | 0,12 |
| Inverno | 0,78 | 0,20 | 0,43 | 0,40 | 0,02 | 0,14 |
| Primavera | 1,02 | 0,18 | 0,45 | 0,42 | 0,02 | 0,16 |

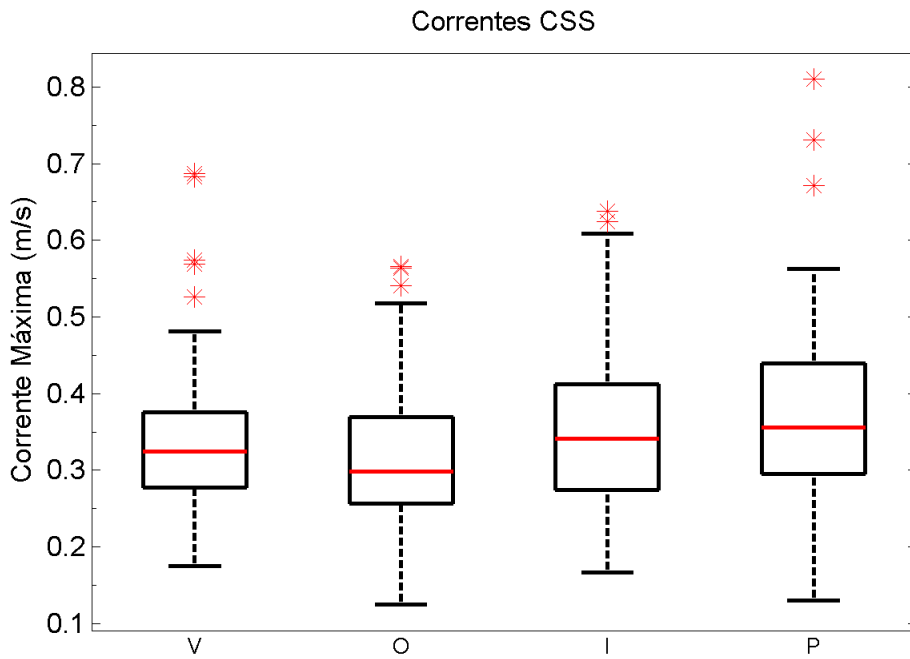


Figura 14: Magnitude máxima diária das correntes no ponto A: as caixas pretas representam os valores médios e seus respectivos desvios padrão; a linha vermelha apresenta a mediana; as linhas pretas pontilhadas indicam os valores máximos e mínimos, e finalmente, os símbolos “*” expressam valores atípicos.

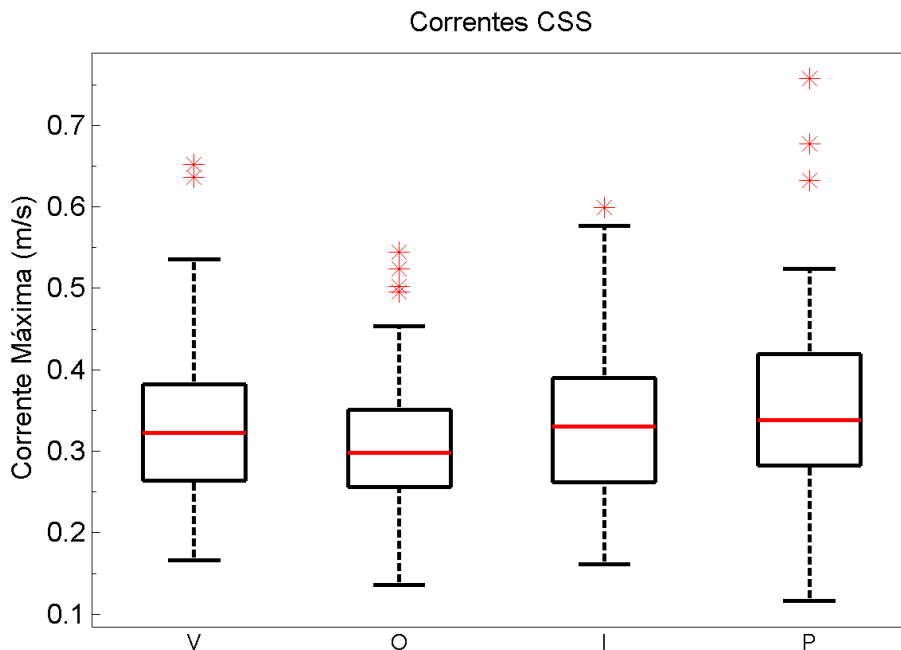


Figura 15: Magnitude máxima diária das correntes no ponto B: as caixas pretas representam os valores médios e seus respectivos desvios padrão; a linha vermelha apresenta a mediana; as linhas pretas pontilhadas indicam os valores máximos e mínimos, e finalmente, os símbolos “*” expressam valores atípicos.

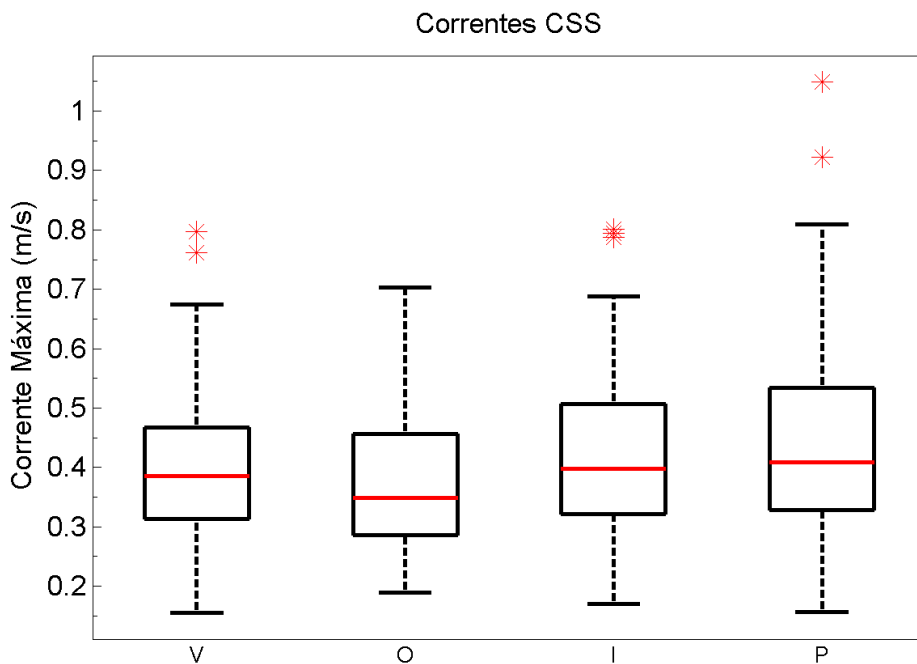


Figura 16: Magnitude máxima diária das correntes no ponto C: as caixas pretas representam os valores médios e seus respectivos desvios padrão; a linha vermelha apresenta a mediana; as linhas pretas pontilhadas indicam os valores máximos e mínimos, e finalmente, os símbolos “*” expressam valores atípicos.

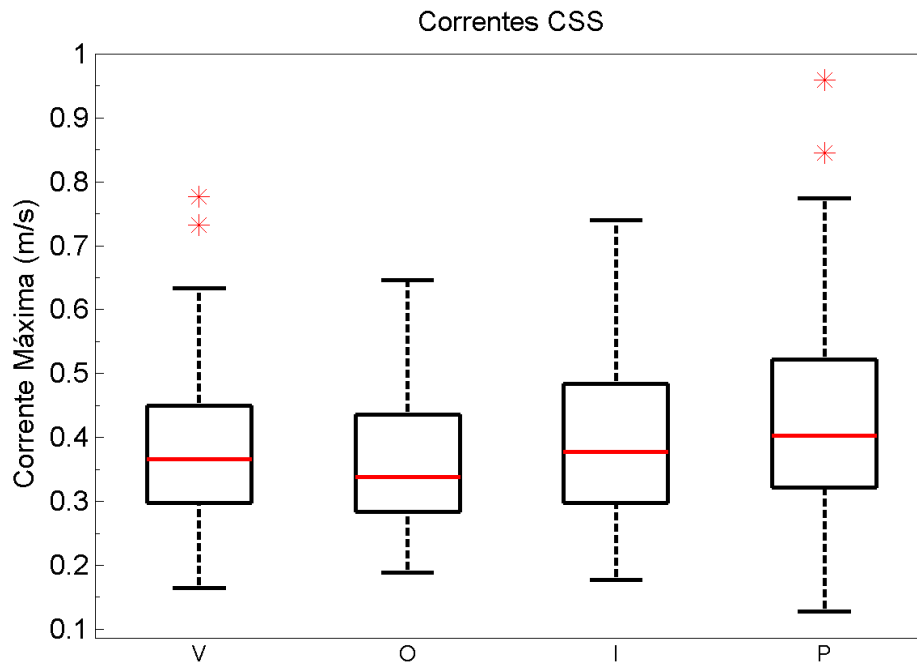


Figura 17: Magnitude máxima diária das correntes no ponto D: as caixas pretas representam os valores médios e seus respectivos desvios padrão; a linha vermelha apresenta a mediana; as linhas pretas pontilhadas indicam os valores máximos e mínimos, e finalmente, os símbolos “*” expressam valores atípicos.

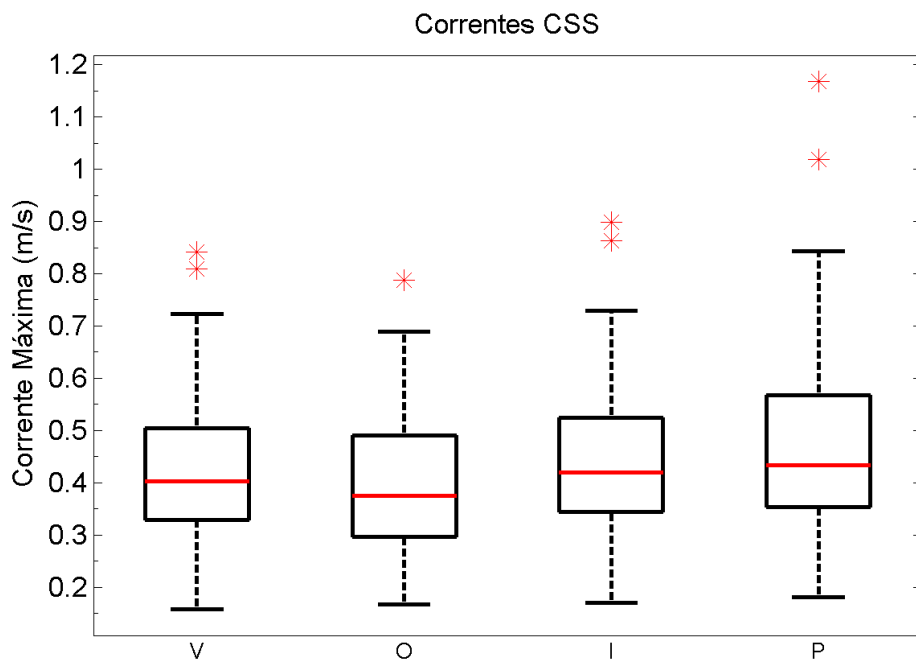


Figura 18: Magnitude máxima diária das correntes no ponto E: as caixas pretas representam os valores médios e seus respectivos desvios padrão; a linha vermelha apresenta a mediana; as linhas pretas pontilhadas indicam os valores máximos e mínimos, e finalmente, os símbolos “*” expressam valores atípicos.

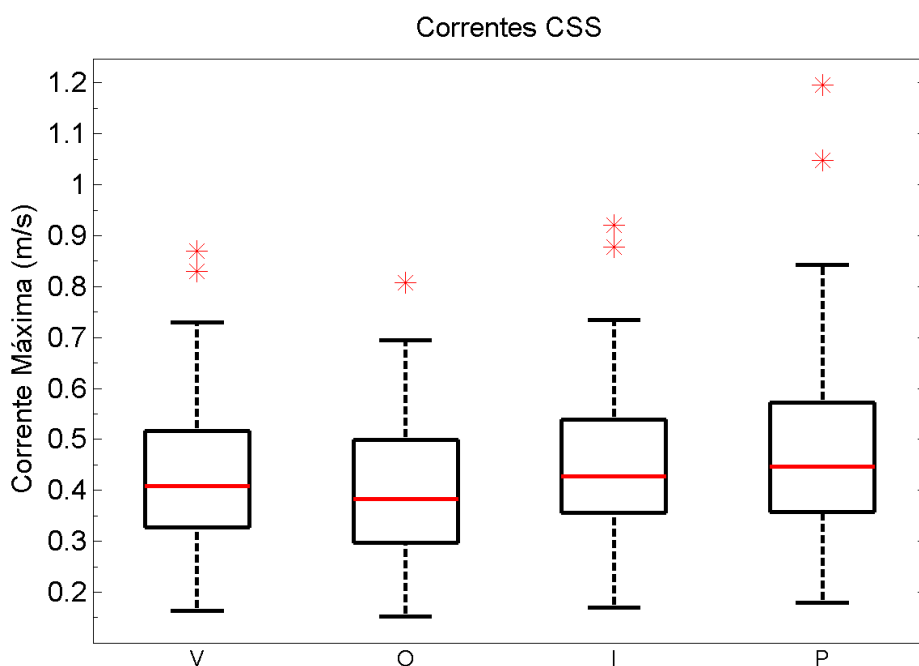


Figura 19: Magnitude máxima diária das correntes no ponto F: as caixas pretas representam os valores médios e seus respectivos desvios padrão; a linha vermelha apresenta a mediana; as linhas pretas pontilhadas indicam os valores máximos e mínimos, e finalmente, os símbolos “*” expressam valores atípicos.

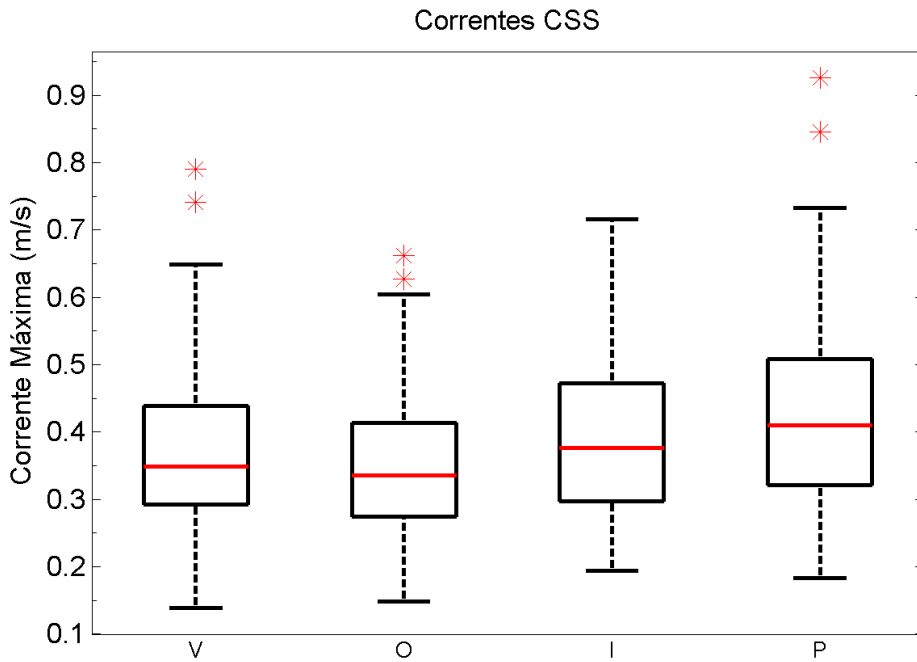


Figura 20: Magnitude máxima diária das correntes no ponto G: as caixas pretas representam os valores médios e seus respectivos desvios padrão; a linha vermelha apresenta a mediana; a linhas pretas pontilhadas indicam os valores máximos e mínimos, e finalmente, os símbolos “*” expressam valores atípicos.

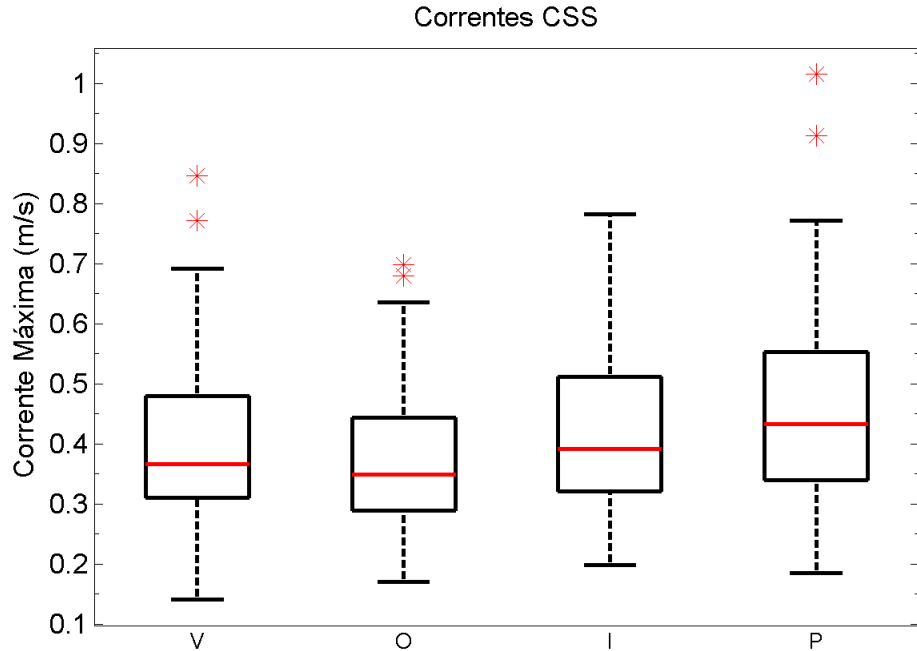


Figura 21: Magnitude máxima diária das correntes no ponto H: as caixas pretas representam os valores médios e seus respectivos desvios padrão; a linha vermelha apresenta a mediana; a linhas pretas pontilhadas indicam os valores máximos e mínimos, e finalmente, os símbolos “*” expressam valores atípicos.

Fisher & Tippet (1928) definiram três tipos possíveis de ajuste de valores extremos: Gumbel, Fréchet e Weibull. Estas três distribuições são conhecidas como distribuições Generalizadas de Valores Extremos (GVE). Segundo Raynal (1997), a escolha para a melhor distribuição para o conjunto de dados a ser analisado deve ser feita por meio da estimação dos parâmetros GVE (Jenkinson, 1955). Para cada ponto analisado, os parâmetros μ (localização), σ (escala) e ξ (forma) de GVE (Tabela 18) foram obtidos através do método dos Momentos Moderados de Probabilidade (Probability Weighted Moments Method, Hosking *et al.*, 1985). As estimativas de variância e covariância são apresentadas na Tabela 18. A Tabela 19 apresenta os valores do parâmetro ξ (forma) por estação com seu respectivo intervalo de confiança (95%).

Tabela 18: Estimativas dos parâmetros μ (localização), σ (escala) e ξ (forma) das distribuições Generalizadas de Valores Extremos (GVE) por estação do ano, além de variâncias e covariâncias, para as magnitudes máximas das correntes em cada ponto analisado.

| | μ | σ | ξ | Var(μ) | Var(σ) | Var(ξ) | Cov(μ , σ) | Cov(μ , ξ) | Cov(σ , ξ) |
|------------------|-------|----------|-------|--------------|-----------------|--------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Ponto A | | | | | | | | | |
| Verão | 0,29 | 0,08 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Outono | 0,28 | 0,08 | -0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Inverno | 0,31 | 0,09 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Primavera | 0,32 | 0,10 | -0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ponto B | | | | | | | | | |
| Verão | 0,29 | 0,08 | -0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Outono | 0,28 | 0,07 | -0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Inverno | 0,30 | 0,08 | -0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Primavera | 0,31 | 0,09 | -0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ponto C | | | | | | | | | |
| Verão | 0,34 | 0,11 | -0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Outono | 0,32 | 0,09 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Inverno | 0,36 | 0,11 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Primavera | 0,37 | 0,12 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ponto D | | | | | | | | | |
| Verão | 0,32 | 0,10 | -0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Outono | 0,31 | 0,09 | -0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Inverno | 0,35 | 0,11 | -0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Primavera | 0,36 | 0,11 | -0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ponto E | | | | | | | | | |
| Verão | 0,36 | 0,12 | -0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Outono | 0,34 | 0,11 | -0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Inverno | 0,38 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Primavera | 0,39 | 0,13 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ponto F | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Verão | 0,37 | 0,13 | -0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Outono | 0,34 | 0,11 | -0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Inverno | 0,39 | 0,13 | -0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Primavera | 0,40 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ponto G | | | | | | | | | |
| Verão | 0,32 | 0,10 | -0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Outono | 0,30 | 0,09 | -0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Inverno | 0,34 | 0,10 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Primavera | 0,35 | 0,12 | -0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ponto H | | | | | | | | | |
| Verão | 0,34 | 0,12 | -0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Outono | 0,32 | 0,09 | -0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Inverno | 0,36 | 0,11 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Primavera | 0,38 | 0,13 | -0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Tabela 19: Estimativa do parâmetro ξ (forma) por estação para a distribuição Generalizada de Valores Extremos (GVE) e seus respectivos intervalos de confiança (ic) para as correntes máximas modeladas em cada ponto analisado.

| | $\xi - ic$ | ξ | $\xi + ic$ | $\xi - ic$ | ξ | $\xi + ic$ |
|------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|-------------|
| Ponto A | | | Ponto B | | | |
| Verão | -0,16 | -0,01 | 0,14 | -0,18 | -0,04 | 0,10 |
| Outono | -0,22 | -0,08 | 0,06 | -0,24 | -0,11 | 0,03 |
| Inverno | -0,18 | -0,01 | 0,16 | -0,19 | -0,02 | 0,14 |
| Primavera | -0,18 | -0,05 | 0,08 | -0,18 | -0,06 | 0,06 |
| Ponto C | | | Ponto D | | | |
| Verão | -0,23 | -0,09 | 0,05 | -0,20 | -0,05 | 0,09 |
| Outono | -0,20 | -0,01 | 0,17 | -0,21 | -0,03 | 0,15 |
| Inverno | -0,18 | -0,01 | 0,15 | -0,20 | -0,03 | 0,14 |
| Primavera | -0,14 | -0,01 | 0,13 | -0,17 | -0,05 | 0,08 |
| Ponto E | | | Ponto F | | | |
| Verão | -0,26 | -0,13 | 0,01 | -0,26 | -0,13 | 0,01 |
| Outono | -0,21 | -0,04 | 0,14 | -0,23 | -0,06 | 0,12 |
| Inverno | -0,15 | -0,01 | 0,15 | -0,15 | -0,00 | 0,15 |
| Primavera | -0,13 | -0,01 | 0,14 | -0,13 | -0,00 | 0,14 |
| Ponto G | | | Ponto H | | | |
| Verão | -0,20 | -0,06 | 0,08 | -0,22 | -0,08 | 0,06 |
| Outono | -0,19 | -0,03 | 0,12 | -0,20 | -0,04 | 0,13 |
| Inverno | -0,19 | -0,01 | 0,17 | -0,17 | -0,02 | 0,21 |
| Primavera | -0,19 | -0,05 | 0,10 | -0,20 | -0,06 | 0,08 |

Se $\xi < 0$, a melhor distribuição é Weibull, se $\xi = 0$, Gumbel é apropriada e $\xi > 0$, Fréchet é a mais indicada. Como todos os valores foram inferiores a zero (Tabela 19), a distribuição adotada é a de Weibull para todos os pontos.

Na Tabela 20, os parâmetros ξ (forma), μ (localização) e σ (escala) para a distribuição de Weibull são apresentados a partir do método de estimação de máxima verossimilhança (Maximum Likelihood Estimative Method, Prescott e Walden, 1980). Também são apresentadas as variâncias e covariâncias específicas para cada estação do ano para todos os pontos analisados.

Tabela 20: Estimativa dos parâmetros de Weibull e suas respectivas variâncias e covariâncias para as correntes máximas modeladas em cada ponto analisado.

| | ξ | σ | Var(ξ) | Var(σ) | Cov(ξ, σ) |
|----------------|-------|----------|--------------|-----------------|----------------------|
| Ponto A | | | | | |
| Verão | 3,42 | 0,38 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Outono | 3,72 | 0,35 | 0,07 | 0,00 | 0,00 |
| Inverno | 3,44 | 0,40 | 0,06 | 0,00 | 0,00 |
| Primavera | 3,22 | 0,41 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Ponto B | | | | | |
| Verão | 3,58 | 0,36 | 0,06 | 0,00 | 0,00 |
| Outono | 4,00 | 0,34 | 0,08 | 0,00 | 0,01 |
| Inverno | 3,64 | 0,38 | 0,06 | 0,00 | 0,00 |
| Primavera | 3,34 | 0,39 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Ponto C | | | | | |
| Verão | 3,26 | 0,44 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Outono | 3,36 | 0,42 | 0,06 | 0,00 | 0,00 |
| Inverno | 3,12 | 0,48 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Primavera | 2,97 | 0,49 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |
| Ponto D | | | | | |
| Verão | 3,30 | 0,42 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Outono | 3,54 | 0,40 | 0,06 | 0,00 | 0,00 |
| Inverno | 3,24 | 0,45 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Primavera | 3,10 | 0,47 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |
| Ponto E | | | | | |
| Verão | 3,19 | 0,47 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Outono | 3,21 | 0,44 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Inverno | 2,99 | 0,51 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |
| Primavera | 2,90 | 0,52 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |
| Ponto F | | | | | |
| Verão | 3,15 | 0,48 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Outono | 3,21 | 0,45 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Inverno | 2,99 | 0,52 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |

| | | | | | |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Primavera | 2,90 | 0,53 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |
| Ponto G | | | | | |
| Verão | 3,15 | 0,42 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Outono | 3,45 | 0,39 | 0,06 | 0,00 | 0,00 |
| Inverno | 3,26 | 0,45 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Primavera | 3,10 | 0,47 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Ponto H | | | | | |
| Verão | 3,06 | 0,44 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Outono | 3,35 | 0,41 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Inverno | 3,17 | 0,48 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Primavera | 3,02 | 0,50 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |

A Figura 22 exemplifica o gráfico quantil-quantil para a distribuição de Weibull para verificar a qualidade de ajuste dos dados no ponto G. Apesar dos gráficos mostrarem um bom ajuste para as 4 estações do ano, a qualidade do ajuste deve ser verificada através do teste de Kolmogorov-Smirnov (Massey, 1951) para um nível de significância de 95%. Para um ajuste ideal, o valor máximo absoluto (D) deve ser menor que o valor crítico $D_{0.05}$ (Massey, 1951). A

Tabela 21 apresenta estes valores para as correntes do ponto G. Resultados similares foram obtidos para os demais pontos.

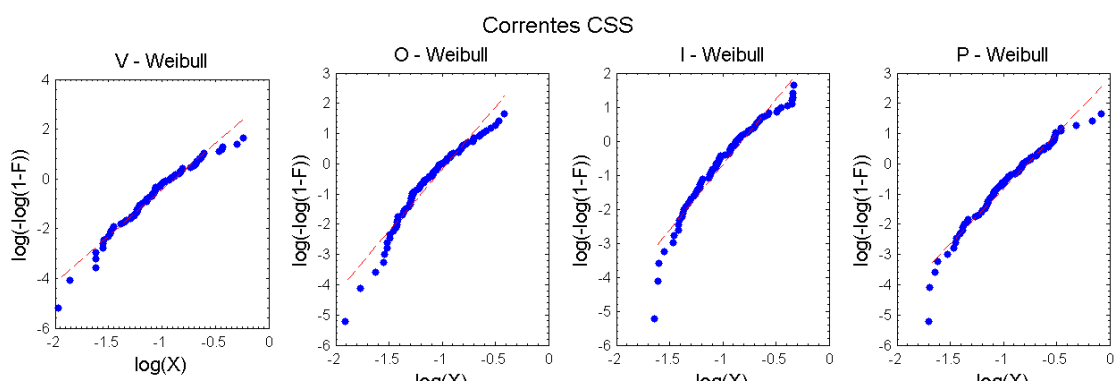


Figura 22: Ajuste quantil-quantil para os dados diários de corrente máximas modeladas à distribuição de Weibull. Dados referentes ao ponto G.

Tabela 21: Resultados para o teste Kolmogorov-Smirnov para as correntes máximas modeladas no ponto G.

| | Tamanho do Conjunto de Dados | D | D _{0,05} |
|------------------|------------------------------|-------------|-------------------|
| Verão | 90 | 0,07 | 0,08 |
| Outono | 92 | 0,07 | 0,08 |
| Inverno | 92 | 0,07 | 0,08 |
| Primavera | 91 | 0,06 | 0,08 |

Tanto graficamente (exemplo da Figura 22) quanto numericamente (exemplo da

Tabela 21), há confirmação que Weibull é a distribuição apropriada para o conjunto de dados analisado. Por isso, os resultados apresentados a seguir consideraram esse tipo de ajuste.

Na Tabela 22, são apresentadas as probabilidades de ocorrência de correntes com intensidades contidas entre 0,1 e 1,2 m s⁻¹, com intervalo de 0,1 m s⁻¹, para cada estação do ano nos, oito pontos considerados. Os resultados indicam que em nenhuma das estações do ano existe probabilidade de ocorrerem correntes superiores a 1,20 m s⁻¹ em qualquer dos pontos analisados. Entretanto, em todas as estações e pontos, existe probabilidade maior de 50% de ocorrer correntes com intensidade de até 0,3 m s⁻¹. Entre as estações, inverno e primavera são aquelas que apresentam as maiores probabilidades de ocorrência de correntes mais intensas, alcançando até 1,1 m s⁻¹ nos pontos E e F.

Tabela 22: Probabilidade de ocorrência (%) de correntes com intensidade contida no intervalo entre 0,1 e 1,2 m s⁻¹ nos pontos considerados e para cada estação do ano.

| | >0,1 | >0,2 | >0,3 | >0,4 | >0,5 | >0,6 | >0,7 | >0,8 | >0,9 | >1,0 | >1,1 | >1,2 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------------|
| Ponto A | | | | | | | | | | | | |
| Verão | 98,94 | 89,16 | 63,16 | 29,24 | 7,14 | 0,73 | 0,02 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Outono | 99,10 | 88,65 | 57,97 | 20,36 | 2,59 | 0,07 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Inverno | 99,15 | 91,13 | 68,72 | 36,42 | 11,33 | 1,69 | 0,10 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Primavera | 98,97 | 90,80 | 70,03 | 40,68 | 15,81 | 3,62 | 0,43 | 0,02 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Ponto B | | | | | | | | | | | | |
| Verão | 98,99 | 88,62 | 59,73 | 23,66 | 4,07 | 0,21 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Outono | 99,26 | 88,76 | 54,70 | 14,88 | 0,95 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|
| Inverno | 99,22 | 90,71 | 65,26 | 29,64 | 6,46 | 0,49 | 0,01 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Primavera | 98,96 | 89,99 | 66,49 | 34,43 | 10,58 | 1,61 | 0,10 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Ponto C | | | | | | | | | | | | |
| Verão | 99,18 | 92,39 | 74,33 | 46,86 | 20,83 | 5,83 | 0,91 | 0,07 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Outono | 99,17 | 91,83 | 71,65 | 41,58 | 15,59 | 3,23 | 0,31 | 0,01 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Inverno | 99,23 | 93,51 | 78,82 | 55,74 | 30,93 | 12,58 | 3,49 | 0,61 | 0,06 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Primavera | 99,09 | 93,11 | 78,80 | 57,11 | 33,72 | 15,42 | 5,21 | 1,23 | 0,19 | 0,02 | 0,0 | 0,0 |
| Ponto D | | | | | | | | | | | | |
| Verão | 99,11 | 91,60 | 71,62 | 42,24 | 16,55 | 3,76 | 0,43 | 0,02 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Outono | 99,27 | 91,88 | 70,06 | 37,33 | 11,39 | 1,58 | 0,08 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Inverno | 99,26 | 93,27 | 77,14 | 51,68 | 25,63 | 8,54 | 1,73 | 0,19 | 0,01 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Primavera | 99,17 | 93,06 | 77,64 | 53,90 | 29,07 | 11,35 | 2,99 | 0,49 | 0,05 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Ponto E | | | | | | | | | | | | |
| Verão | 99,26 | 93,47 | 78,18 | 53,00 | 28,48 | 10,57 | 2,54 | 0,36 | 0,03 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Outono | 99,16 | 92,48 | 75,05 | 48,56 | 22,81 | 7,04 | 1,29 | 0,12 | 0,01 | 0,00 | 0,0 | 0,0 |
| Inverno | 99,23 | 94,05 | 81,39 | 61,47 | 38,74 | 19,49 | 7,48 | 2,09 | 0,41 | 0,05 | 0,0 | 0,0 |
| Primavera | 99,18 | 94,02 | 81,87 | 63,05 | 41,42 | 22,39 | 9,62 | 3,17 | 0,78 | 0,14 | 0,02 | 0,0 |
| Ponto F | | | | | | | | | | | | |
| Verão | 99,26 | 93,66 | 79,06 | 55,90 | 30,88 | 12,40 | 3,36 | 0,57 | 0,06 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Outono | 99,21 | 92,90 | 76,31 | 50,64 | 24,85 | 8,22 | 1,66 | 0,18 | 0,01 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Inverno | 99,28 | 94,41 | 82,38 | 63,23 | 40,90 | 21,37 | 8,65 | 2,60 | 0,55 | 0,08 | 0,01 | 0,0 |
| Primavera | 99,21 | 94,27 | 82,62 | 64,45 | 43,25 | 24,14 | 10,85 | 3,80 | 1,01 | 0,19 | 0,03 | 0,0 |
| Ponto G | | | | | | | | | | | | |
| Verão | 98,88 | 90,57 | 70,16 | 41,65 | 17,09 | 4,35 | 0,62 | 0,04 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Outono | 99,07 | 90,35 | 66,25 | 32,90 | 9,05 | 1,10 | 0,05 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Inverno | 99,23 | 92,92 | 75,92 | 49,47 | 23,30 | 7,14 | 1,27 | 0,12 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Primavera | 99,15 | 92,95 | 77,36 | 53,46 | 28,63 | 11,07 | 2,88 | 0,47 | 0,04 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Ponto H | | | | | | | | | | | | |
| Verão | 98,95 | 91,57 | 73,78 | 48,08 | 23,50 | 7,98 | 1,74 | 0,23 | 0,02 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Outono | 99,13 | 91,47 | 70,68 | 40,26 | 14,64 | 2,90 | 0,26 | 0,01 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Inverno | 99,29 | 93,80 | 79,33 | 56,20 | 31,07 | 12,45 | 3,35 | 0,56 | 0,05 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Primavera | 99,23 | 93,92 | 80,77 | 60,09 | 36,82 | 17,68 | 6,33 | 1,61 | 0,27 | 0,03 | 0,0 | 0,0 |

O período de retorno para as correntes com intensidade máximas diárias modeladas é apresentado na Tabela 23. Enquanto que o menor período calculado foi igual a 0,11 anos para a intensidade modelada no ponto H , durante o inverno (0,78 m s⁻¹), o maior foi igual a 1,26 anos para a corrente modelada no ponto F, durante a primavera (1,20 m s⁻¹).

Tabela 23: Período de retorno para correntes com intensidades máximas modeladas para cada estação do ano.

| | Magnitude Máxima (m s ⁻¹) | Período de Retorno (anos) |
|------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| Ponto A | | |
| Verão | 0,69 | 0,43 |
| Outono | 0,57 | 0,24 |
| Inverno | 0,64 | 0,13 |
| Primavera | 0,81 | 0,87 |

| Ponto B | | |
|------------------|-------------|-------------|
| Verão | 0,65 | 0,58 |
| Outono | 0,54 | 0,37 |
| Inverno | 0,60 | 0,15 |
| Primavera | 0,76 | 1,07 |
| Ponto C | | |
| Verão | 0,80 | 0,56 |
| Outono | 0,70 | 0,18 |
| Inverno | 0,80 | 0,15 |
| Primavera | 1,05 | 1,05 |
| Ponto D | | |
| Verão | 0,78 | 0,53 |
| Outono | 0,65 | 0,15 |
| Inverno | 0,74 | 0,13 |
| Primavera | 0,96 | 1,18 |
| Ponto E | | |
| Verão | 0,84 | 0,55 |
| Outono | 0,79 | 0,25 |
| Inverno | 0,90 | 0,18 |
| Primavera | 1,17 | 1,14 |
| Ponto F | | |
| Verão | 0,87 | 0,60 |
| Outono | 0,81 | 0,31 |
| Inverno | 0,92 | 0,19 |
| Primavera | 1,20 | 1,26 |
| Ponto G | | |
| Verão | 0,66 | 0,25 |
| Outono | 0,79 | 0,54 |
| Inverno | 0,72 | 0,11 |
| Primavera | 0,93 | 0,76 |
| Ponto H | | |
| Verão | 0,85 | 0,57 |
| Outono | 0,70 | 0,21 |
| Inverno | 0,78 | 0,11 |
| Primavera | 1,02 | 0,89 |

Usando Likelihood-Ratio (Walshaw, 1994), o período de retorno pode ser extrapolado para 100 anos, com 95% de intervalo de confiança. Para cada ponto considerado, os resultados são apresentados da Figura 24 à Figura 30 e alguns valores listados na Tabela 24. Em todas as estações e pontos analisados, a intensidade das correntes cresce exponencialmente até aproximadamente o período de retorno de 10 anos. Após este valor a intensidade varia linearmente, com pequeno coeficiente

angular. A magnitude da corrente com período de retorno de 50 anos varia entre 0,70 m s^{-1} (ponto B, outono) e 1,68 m s^{-1} (ponto F, primavera).

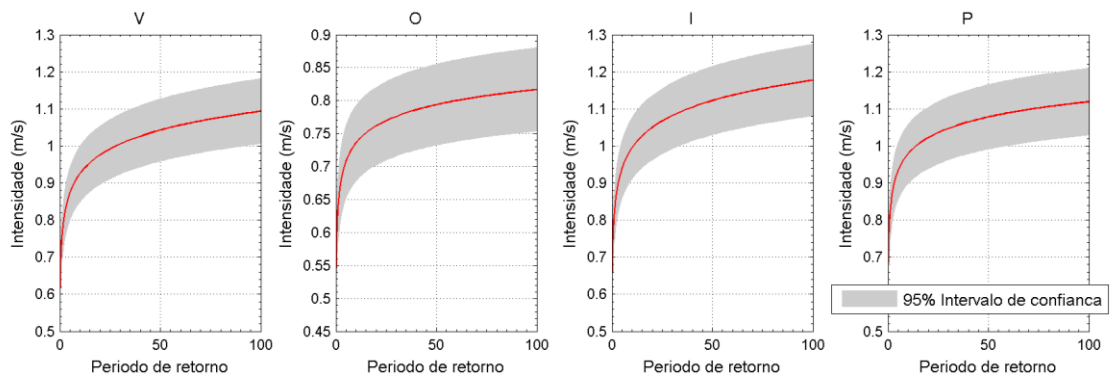


Figura 23: Período de retorno e respectivo nível de retorno para o período entre 0 e 100 anos para as correntes máximas diárias modeladas no Ponto A, por estação do ano: verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). As áreas sombreadas equivalem ao nível de confiança de 95%.

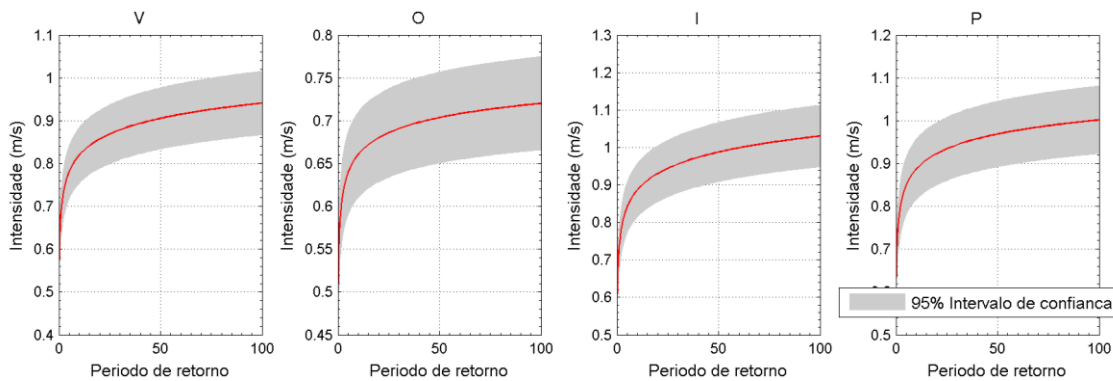


Figura 24: Período de retorno e respectivo nível de retorno para o período entre 0 e 100 anos para as correntes máximas diárias modeladas no Ponto B, por estação do ano: verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). As áreas sombreadas equivalem ao nível de confiança de 95%.

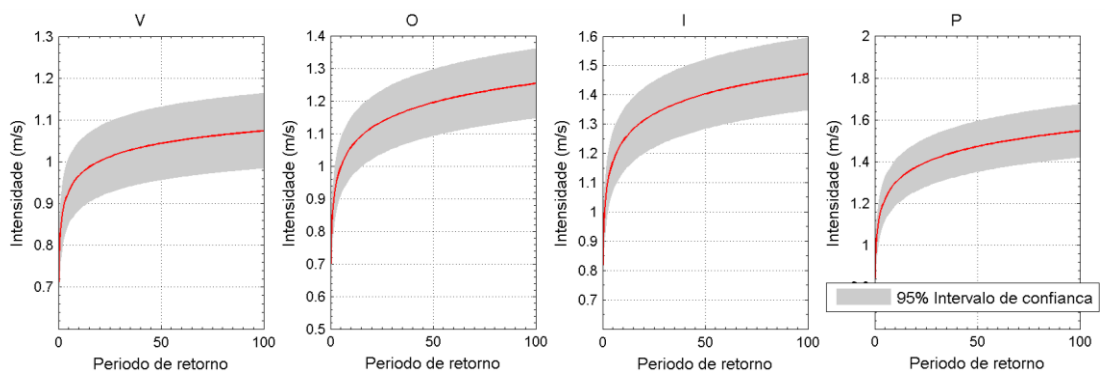


Figura 25: Período de retorno e respectivo nível de retorno para o período entre 0 e 100 anos para as correntes máximas diárias modeladas no Ponto C, por estação do ano: verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). As áreas sombreadas equivalem ao nível de confiança de 95%.

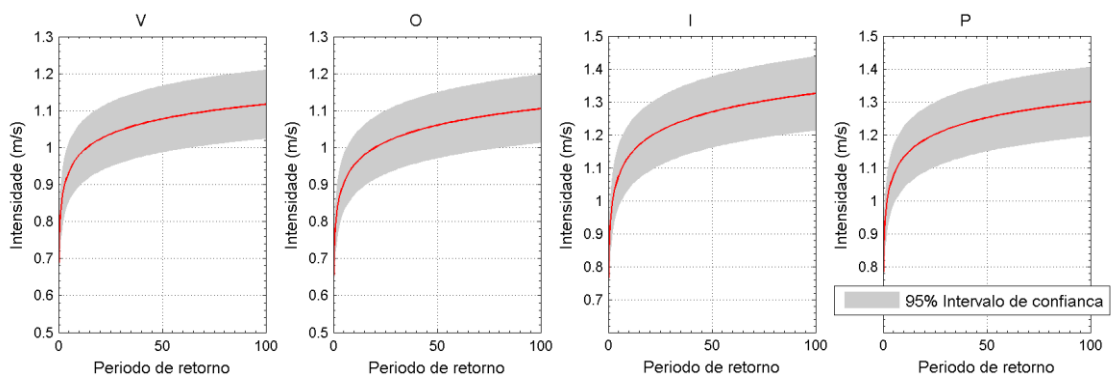


Figura 26: Período de retorno e respectivo nível de retorno para o período entre 0 e 100 anos para as correntes máximas diárias modeladas no Ponto D, por estação do ano: verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). As áreas sombreadas equivalem ao nível de confiança de 95%.

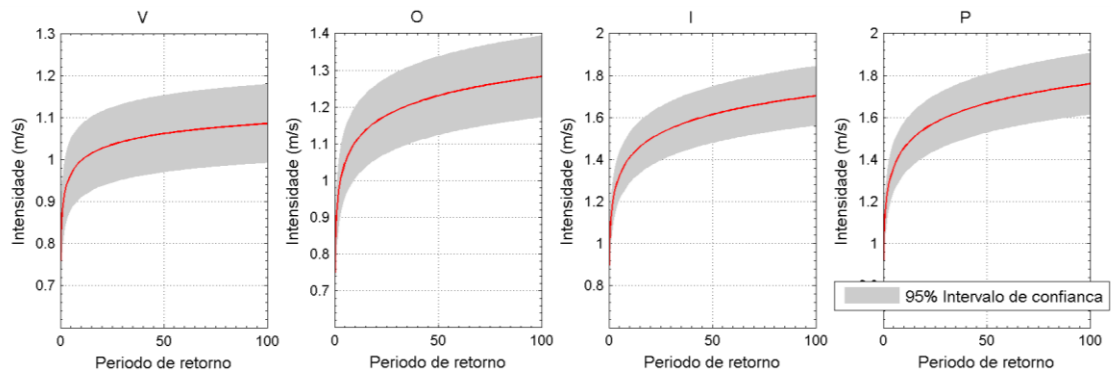


Figura 27: Período de retorno e respectivo nível de retorno para o período entre 0 e 100 anos para as correntes máximas diárias modeladas no Ponto E, por estação do ano: verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). As áreas sombreadas equivalem ao nível de confiança de 95%.

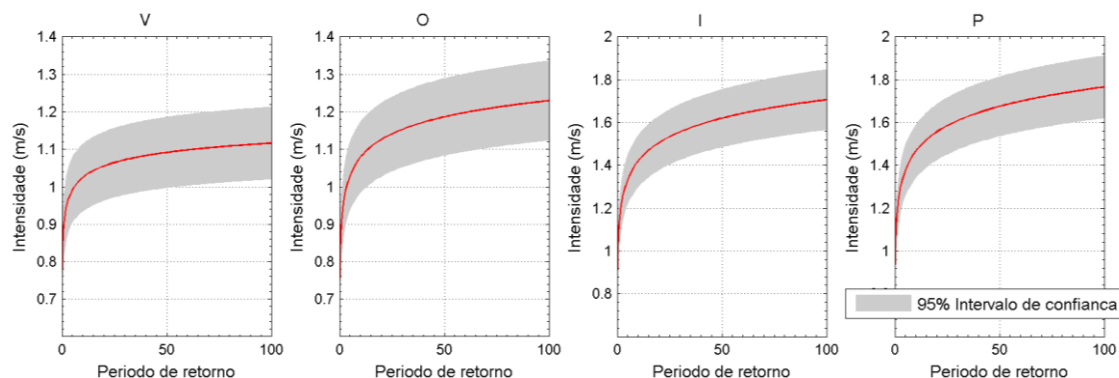


Figura 28: Período de retorno e respectivo nível de retorno para o período entre 0 e 100 anos para as correntes máximas diárias modeladas no Ponto F, por estação do ano: verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). As áreas sombreadas equivalem ao nível de confiança de 95%.

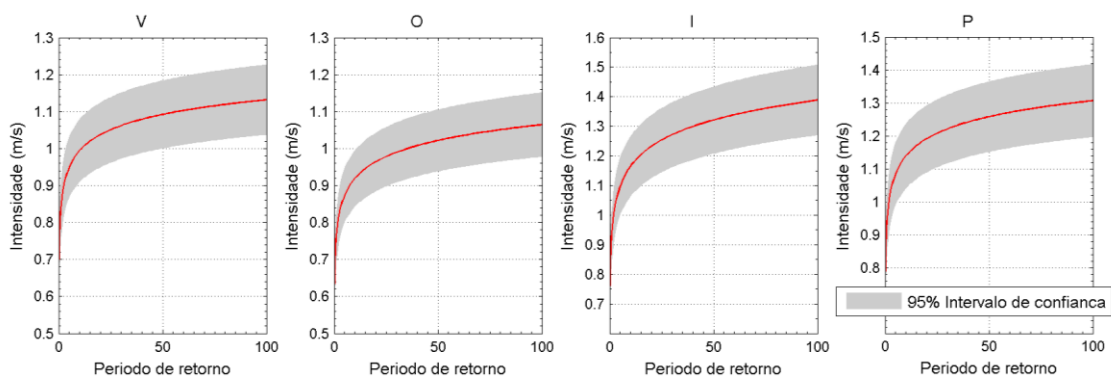


Figura 29: Período de retorno e respectivo nível de retorno para o período entre 0 e 100 anos para as correntes máximas diárias modeladas no Ponto G, por estação do ano: verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). As áreas sombreadas equivalem ao nível de confiança de 95%.

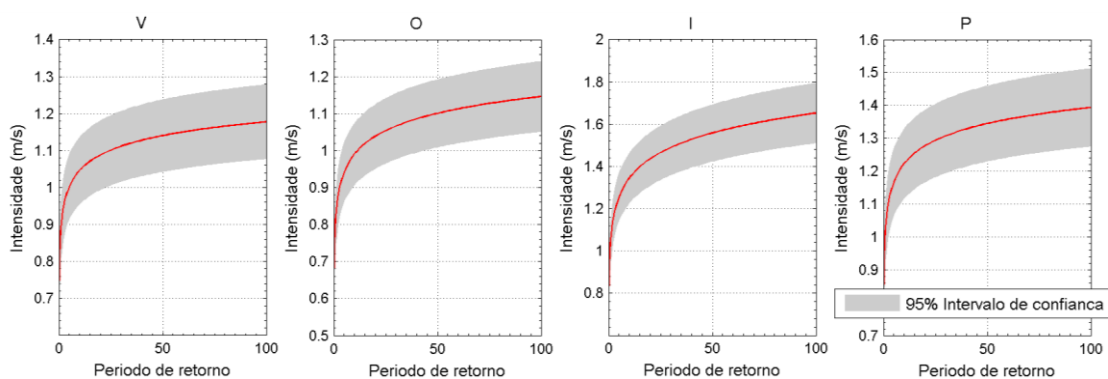


Figura 30: Período de retorno e respectivo nível de retorno para o período entre 0 e 100 anos para as correntes máximas diárias modeladas no Ponto H, por estação do ano: verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). As áreas sombreadas equivalem ao nível de confiança de 95%.

Tabela 24: Período de retorno e respectivo nível de retorno para as correntes máximas diárias modeladas em cada ponto considerado e para cada estação do ano.

| Período de Retorno (anos) | Verão | Outono | Inverno | Primavera |
|---------------------------|-------|--------|---------|-----------|
| Ponto A | | | | |
| 5 | 0,87 | 0,71 | 0,94 | 0,93 |
| 10 | 0,92 | 0,74 | 0,99 | 0,98 |
| 15 | 0,95 | 0,75 | 1,03 | 1,00 |
| 20 | 0,98 | 0,76 | 1,05 | 1,02 |
| 50 | 1,04 | 0,79 | 1,12 | 1,08 |
| Ponto B | | | | |
| 5 | 0,78 | 0,64 | 0,84 | 0,85 |
| 10 | 0,82 | 0,66 | 0,89 | 0,89 |
| 15 | 0,84 | 0,67 | 0,91 | 0,91 |
| 20 | 0,86 | 0,68 | 0,93 | 0,92 |
| 50 | 0,91 | 0,70 | 0,99 | 0,97 |
| Ponto C | | | | |

| | | | | |
|----------------|------|------|------|------|
| 5 | 0,93 | 1,00 | 1,17 | 1,22 |
| 10 | 0,97 | 1,06 | 1,24 | 1,30 |
| 15 | 0,99 | 1,09 | 1,28 | 1,34 |
| 20 | 1,00 | 1,12 | 1,31 | 1,37 |
| 50 | 1,04 | 1,20 | 1,40 | 1,47 |
| Ponto D | | | | |
| 5 | 0,93 | 0,90 | 1,08 | 1,08 |
| 10 | 0,98 | 0,95 | 1,14 | 1,13 |
| 15 | 1,00 | 0,98 | 1,17 | 1,16 |
| 20 | 1,03 | 1,00 | 1,19 | 1,19 |
| 50 | 1,08 | 1,06 | 1,27 | 1,25 |
| Ponto E | | | | |
| 5 | 0,96 | 1,05 | 1,32 | 1,36 |
| 10 | 1,00 | 1,10 | 1,41 | 1,45 |
| 15 | 1,01 | 1,14 | 1,46 | 1,51 |
| 20 | 1,03 | 1,16 | 1,50 | 1,55 |
| 50 | 1,06 | 1,23 | 1,61 | 1,67 |
| Ponto F | | | | |
| 5 | 0,99 | 1,03 | 1,33 | 1,37 |
| 10 | 1,02 | 1,08 | 1,42 | 1,47 |
| 15 | 1,04 | 1,11 | 1,47 | 1,52 |
| 20 | 1,06 | 1,13 | 1,51 | 1,56 |
| 50 | 1,09 | 1,19 | 1,62 | 1,68 |
| Ponto G | | | | |
| 5 | 0,95 | 0,87 | 1,10 | 1,08 |
| 10 | 0,99 | 0,92 | 1,16 | 1,14 |
| 15 | 1,02 | 0,95 | 1,20 | 1,17 |
| 20 | 1,04 | 0,96 | 1,24 | 1,19 |
| 50 | 1,09 | 1,02 | 1,32 | 1,26 |
| Ponto H | | | | |
| 5 | 1,00 | 0,94 | 1,25 | 1,17 |
| 10 | 1,05 | 0,99 | 1,34 | 1,22 |
| 15 | 1,07 | 1,02 | 1,40 | 1,25 |
| 20 | 1,09 | 1,04 | 1,44 | 1,28 |
| 50 | 1,14 | 1,10 | 1,56 | 1,34 |

4.3. Distribuições horizontais das correntes

Para ilustrar o campo de correntes no CSS, escolhemos dois eventos de correntes máximas: um com correntes para NE, no dia 4 de novembro de 1992, às 18 h, quando a intensidade em alguns dos oito pontos atingiu $1,20 \text{ m s}^{-1}$, e outro para SW, no dia 29 de dezembro de 1992, às 17 h, quando a intensidade máxima chegou a $-0,90 \text{ m s}^{-1}$. Esses dois campos são apresentados, respectivamente, na Figura 31 e Figura 32.

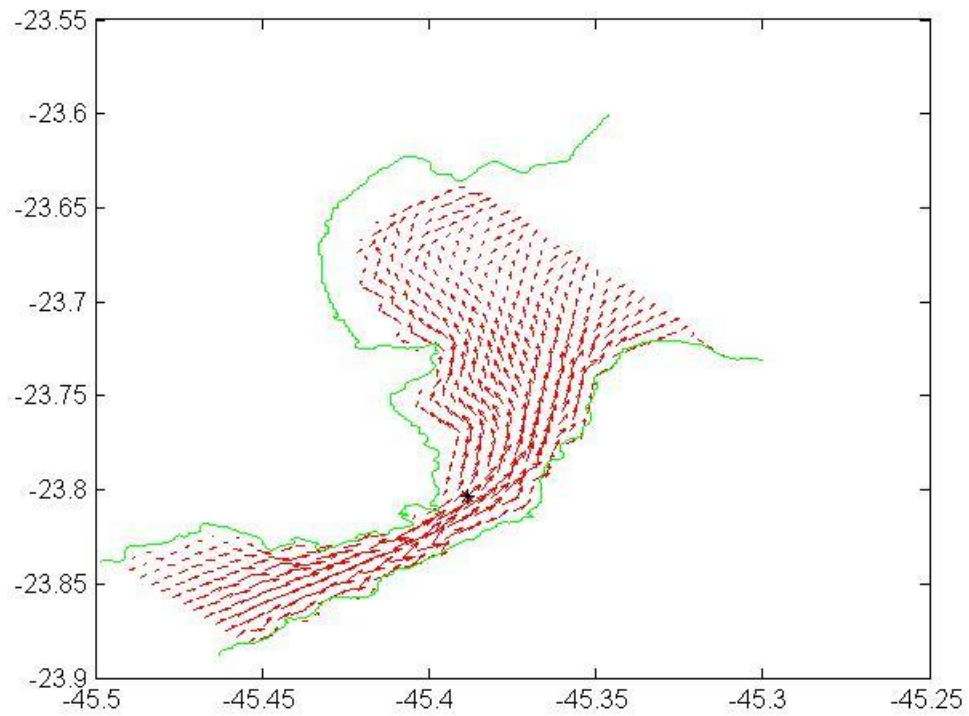


Figura 31: Campo de correntes no CSS obtido pela modelagem numérica para o dia 4 de novembro de 1992, às 18 h. A corrente máxima para NE tem intensidade de $1,20 \text{ m s}^{-1}$. A * indica a posição aproximada do TEBAR.

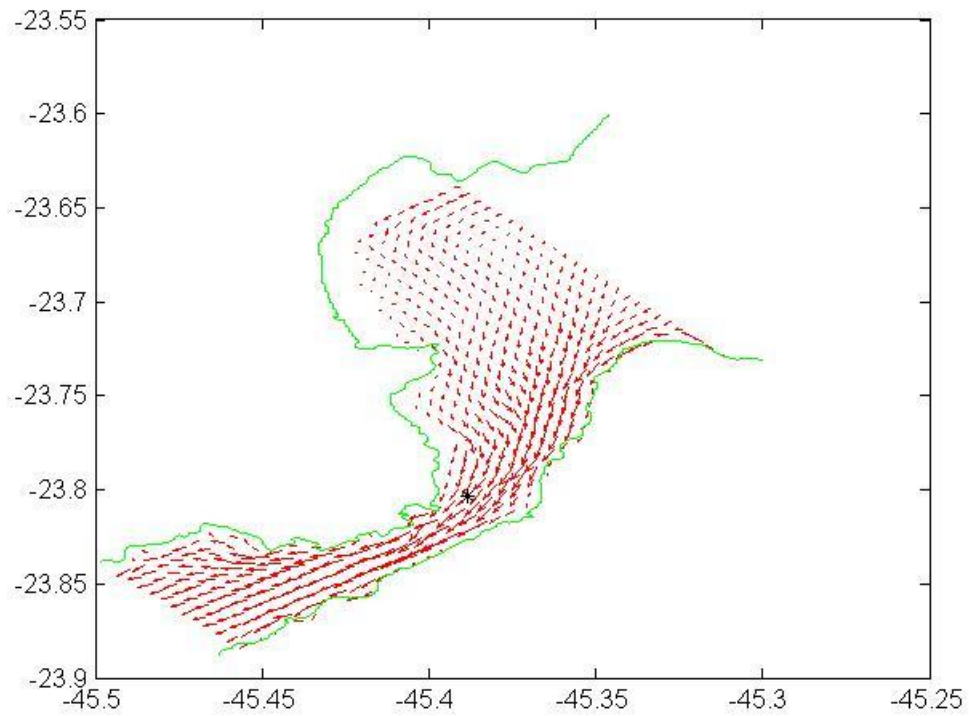


Figura 32: Campo de correntes no CSS obtido pela modelagem numérica para o dia 29 de dezembro de 1992, às 17 h. A corrente máxima para SW tem intensidade de $0,90 \text{ m s}^{-1}$. A * indica a posição aproximada do TEBAR.

5. Análise Estatística dos Ventos

Nesta Seção, o conjunto de dados de direção e intensidade de vento analisado foi amostrado por uma estação meteorológica instalada na Ilha da Universidade (23° 49,7'S e 45° 25,4'W), localizada no interior do CSS, em terreno do Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo - CEBIMAR. Os dados foram coletados pelo LHiCo entre 25 de março de 1992 e 02 de março de 1993, com intervalo de amostragem igual a 30 min.

Estes dados foram subdivididos nas estações do ano a fim de obtermos uma descrição da variabilidade sazonal dos ventos na região de interesse. Desta forma, os dados compreendidos entre dezembro de 1992 e fevereiro de 1993 foram utilizados para análise do período de verão, entre março de 1992 e maio de 1992 para o período de outono, entre junho e agosto de 1992 para o período de inverno e entre setembro e novembro de 1992 para o período de primavera.

5.1. Primeiros Momentos Estatísticos

Resultados da análise estatística dos dados de vento são apresentados na Tabela 25 para cada estação do ano. Decompondo magnitude e direção em componentes U e V da velocidade, utilizando as mesmas direções empregadas para as correntes no Capítulo 4, verifica-se que a componente U apresenta maiores valores mínimo, máximo, de desvio padrão e de variância do que a componente V, indicando que a maior variabilidade ocorre na direção leste-oeste. Para componente U, os maiores valores de desvio padrão e variância foram observados no inverno ($5,58 \text{ m s}^{-1}$ e $33,36 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$, respectivamente). Entretanto, foi na primavera que os extremos mínimo ($-18,75 \text{ m s}^{-1}$) e máximo ($13,49 \text{ m s}^{-1}$) para a componente zonal ocorreram. A média da intensidade do vento foi maior no inverno ($5,34 \text{ m s}^{-1}$), seguido pela primavera ($5,20 \text{ m s}^{-1}$), verão ($4,78 \text{ m s}^{-1}$) e outono ($4,48 \text{ m s}^{-1}$).

Tabela 25: Primeiros momentos estatísticos (média, mínimo, máximo, desvio padrão e variância) dos dados horários de vento, para a magnitude ($m s^{-1}$) e para as componentes U (zonal) e V (longitudinal). Dados coletados na estação meteorológica do Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo. Convenção meteorológica: $U > 0$ vento aponta para oeste; $U < 0$ aponta para leste; $V > 0$ aponta para sul e $V < 0$ aponta para norte.

| | Mínimo ($m s^{-1}$) | Máximo ($m s^{-1}$) | Média ($m s^{-1}$) | Desvio Padrão ($m s^{-1}$) | Variância ($m^2 s^{-2}$) |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Verão | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,08 | 16,96 | 4,78 | 2,70 | 7,27 |
| U ($m s^{-1}$) | -16,38 | 11,71 | 1,38 | 4,84 | 23,46 |
| V ($m s^{-1}$) | -9,45 | 10,56 | 0,67 | 2,07 | 4,28 |
| Outono | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,06 | 16,02 | 4,48 | 2,75 | 7,55 |
| U ($m s^{-1}$) | -15,66 | 11,27 | 0,39 | 4,91 | 24,08 |
| V ($m s^{-1}$) | -9,63 | 7,98 | 0,31 | 1,82 | 3,33 |
| Inverno | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,13 | 18,96 | 5,34 | 3,19 | 10,17 |
| U ($m s^{-1}$) | -18,56 | 12,52 | 0,51 | 5,78 | 33,36 |
| V ($m s^{-1}$) | -7,22 | 9,61 | 0,44 | 2,22 | 4,93 |
| Primavera | | | | | |
| Magnitude ($m s^{-1}$) | 0,10 | 18,94 | 5,20 | 3,10 | 9,59 |
| U ($m s^{-1}$) | -18,75 | 13,49 | 1,34 | 5,44 | 29,64 |
| V ($m s^{-1}$) | -7,58 | 9,18 | 0,63 | 2,19 | 4,79 |

Categorizando os ventos por classes de direção (Figura 33 a Figura 36), verifica-se que no CSS, nas quatro estações do ano, os ventos mais frequentes sopram de nordeste (45,6% no verão, 44,8% na primavera, 42,9% no inverno e 40,9% no outono) e de sudeste (30,1% no inverno, 27,3% no outono, 24,6% na primavera e 22,7% no verão). As duas outras classes de ventos mais frequentes são leste e oeste: neste caso, verifica-se que no verão (10,7% E e 8,1% W, Figura 33) e no inverno (8,6% E e 8,1% W,

Figura 35) os ventos de leste ocorrem com maior frequência do que aqueles de oeste. Já no outono (Figura 34) e na primavera (Figura 36), ventos de oeste (9,4% no outono e 9,2% na primavera) são mais frequentes do que de leste (8,5% no outono e 9,0% na primavera). No verão (Figura 33) assim como na primavera (Figura 36), a magnitude média do vento é similar em todas as classes de direções. No outono (Figura 34) e no inverno (Figura 35), o vento médio mais intenso sopra de sudoeste e de noroeste, respectivamente.

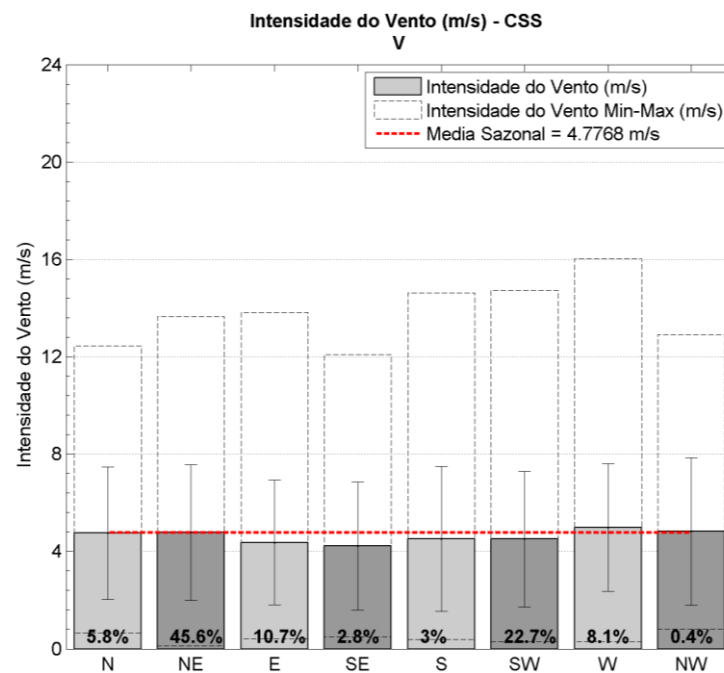


Figura 33: Análise estatística dos dados de vento, amostrados no verão, considerando classes de direção do vento. As barras em cinza indicam a média da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a frequência de ocorrência de cada classe de direção. Convenção meteorológica: direções indicam o ponto de cardeal de origem do vento.

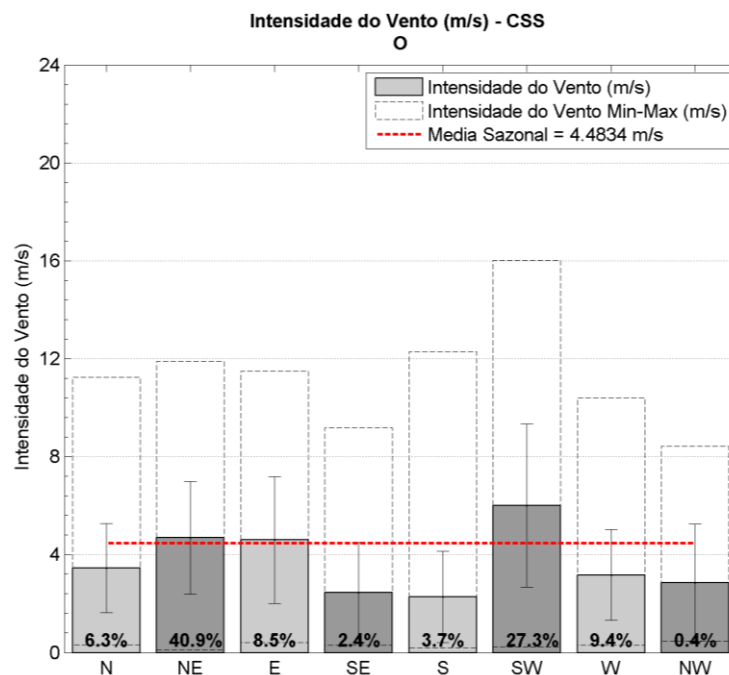


Figura 34: Análise estatística dos dados de vento, amostrados no outono, considerando classes de direção do vento. As barras em cinza indicam a média da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a freqüência de ocorrência de cada classe de direção. Convenção meteorológica: direções indicam o ponto de cardeal de origem do vento.

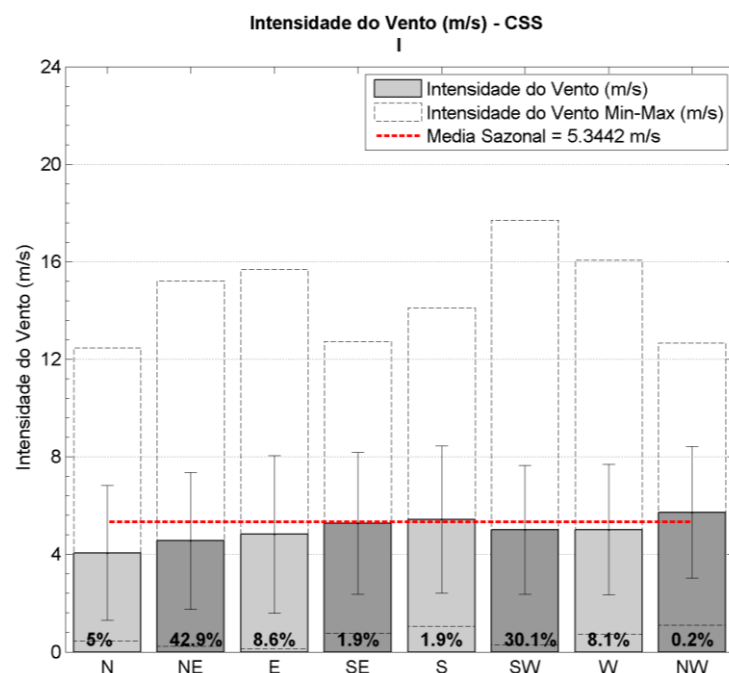


Figura 35: Análise estatística dos dados de vento, amostrados no inverno, considerando classes de direção do vento. As barras em cinza indicam a média da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a freqüência de ocorrência de cada classe de direção. Convenção meteorológica: direções indicam o ponto de cardeal de origem do vento.

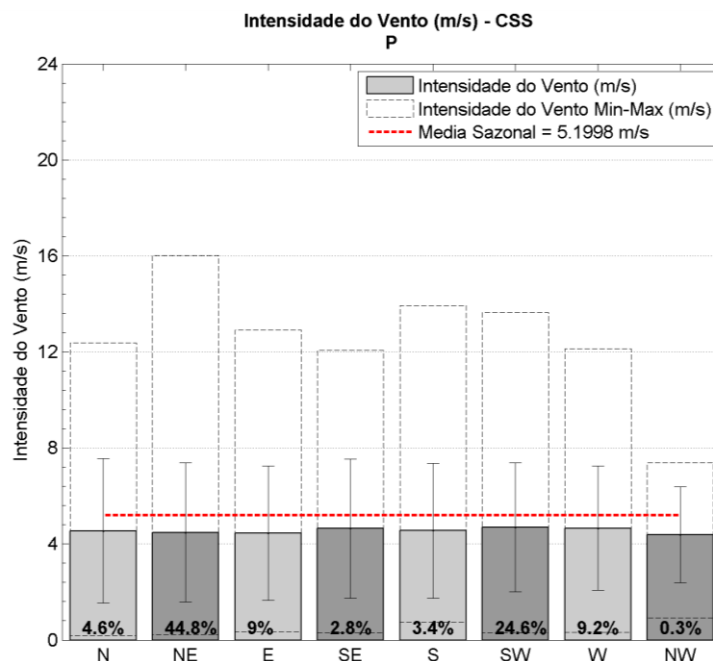


Figura 36: Análise estatística dos dados de vento, amostrados na primavera, considerando classes de direção do vento. As barras em cinza indicam a média da intensidade em cada classe de direção. As barras pontilhadas apresentam valores máximos e mínimos de magnitude da velocidade, as linhas verticais indicam valores de desvio padrão da magnitude da velocidade. A linha pontilhada vermelha apresenta a média global da magnitude da velocidade. Os valores percentuais representam a frequência de ocorrência de cada classe de direção. Convenção meteorológica: direções indicam o ponto de cardeal de origem do vento.

Na Tabela 26, são apresentados os dados das frequências relativas do vento observado. Em todas as estação do ano, os ventos predominantes são de NE-W, variando entre 41,42% no outono a 46,89% no verão. Nesta classe de direção, os ventos mais frequentes têm intensidade entre 3 e 6 $m s^{-1}$: 20,92% no verão, 20,78% no outono, 21,82% no inverno e 16,63% na primavera. Ventos de NE-W com magnitude entre 6 e 9 $m s^{-1}$, também, ocorrem com maior frequência na primavera do que em qualquer outra estação: 16,25%. A segunda classe de direção de ventos mais frequentes no CSS é SW-W (de 26,23% no verão a 32,53% no inverno), com ventos típicos (frequência de ocorrência entre 9,04% no inverno e 10,31% no outono) com intensidade de 3 a 6 $m s^{-1}$.

Ventos mais intensos (magnitude entre 18 e 21 $m s^{-1}$) foram observados no inverno (0,11%) e na primavera (0,06%). Ventos de magnitude entre 15 e 18 $m s^{-1}$ ocorrem em todas as estações do ano (0,05% no verão, 0,06% no outono, 0,76% no inverno e 0,16% na primavera) exclusivamente com direção SW-W, exceto no verão quando ventos de NE-W com esta classe de intensidade também foram observados (0,05%).

5.2. Período de Retorno

Nesta seção, serão investigados eventos extremos da magnitude do vento observados no CSS. A mesma metodologia aplicada às correntes modeladas (Seção 4.2) foi utilizada. Portanto, os dados amostrados no CEBIMAR foram reamostrados de forma a obter um novo conjunto de dados onde apenas os ventos de máxima magnitude diária fossem considerados e, então, separados nas estações do ano.

A Tabela 27 e a Figura 37 apresentam os primeiros momentos estatísticos dos dados de intensidade do vento diário máximo para as estações do ano propostas. Os ventos de maior magnitude ocorrem no inverno ($18,96 \text{ m s}^{-1}$) e na primavera ($18,94 \text{ m s}^{-1}$). As estações verão e outono apresentam vento máximo igual a $16,96 \text{ m s}^{-1}$ e $16,02 \text{ m s}^{-1}$, respectivamente. O vento máximo diário médio é maior no inverno ($8,92 \text{ m s}^{-1}$), seguido por aqueles observados na primavera ($8,86 \text{ m s}^{-1}$), no verão ($8,39 \text{ m s}^{-1}$) e no outono ($7,92 \text{ m s}^{-1}$). A maior variância ocorre, também, no inverno ($9,45 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$).

Tabela 26: Ocorrência conjunta (em %) de direção (°) e intensidade (m s^{-1}) dos ventos amostrados em intervalos de 30 min, entre março de 1992 e março de 1993, divididos nas estações de verão (Ver), outono (Out), inverno (Inv) e primavera (Pri). Dados coletados na estação meteorológica instalada pelo LHiCo no CEBIMAR.

| Ver | 0°-45° | 45°-90° | 90-135° | 135° 180° | 180°-225° | 225°-270° | 270°-315° | 315°-360° | Total |
|-------|--------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| 0-3 | 3,79 | 8,91 | 2,40 | 2,43 | 2,93 | 5,83 | 3,32 | 0,39 | 29,99 |
| 3-6 | 2,19 | 20,92 | 2,90 | 0,37 | 0,44 | 10,21 | 0,81 | 0,05 | 37,90 |
| 6-9 | 0,39 | 12,98 | 2,95 | 0,03 | 0,05 | 7,89 | 0,10 | 0,00 | 24,40 |
| 9-12 | 0,18 | 3,42 | 0,73 | 0,00 | 0,00 | 1,99 | 0,00 | 0,00 | 6,32 |
| 12-15 | 0,00 | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,26 | 0,00 | 0,00 | 0,89 |
| 15-18 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,10 |
| 18-21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 6,56 | 46,89 | 8,99 | 2,82 | 3,45 | 26,23 | 4,23 | 0,44 | |
| Out | 0°-45° | 45°-90° | 90-135° | 135° 180° | 180°-225° | 225°-270° | 270°-315° | 315°-360° | Total |
| 0-3 | 4,34 | 10,06 | 3,07 | 2,54 | 3,29 | 6,91 | 5,19 | 0,39 | 35,78 |
| 3-6 | 2,27 | 20,78 | 1,96 | 0,17 | 0,50 | 10,31 | 1,05 | 0,00 | 37,03 |

| | | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| 6-9 | 0,33 | 8,93 | 1,88 | 0,00 | 0,00 | 7,63 | 0,00 | 0,00 | 18,76 |
| 9-12 | 0,03 | 1,66 | 0,72 | 0,00 | 0,00 | 4,01 | 0,00 | 0,00 | 6,41 |
| 12-15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 1,19 | 0,00 | 0,00 | 1,22 |
| 15-18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,06 |
| 18-21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 6,96 | 41,42 | 7,63 | 2,71 | 3,81 | 30,09 | 6,24 | 0,39 | |
| Inv | 0°-45° | 45°-90° | 90-135° | 135° 180° | 180°-225° | 225°-270° | 270°-315° | 315°-360° | Total |
| 0-3 | 2,52 | 5,71 | 1,79 | 1,65 | 1,95 | 6,61 | 4,82 | 0,34 | 25,40 |
| 3-6 | 1,90 | 21,82 | 2,55 | 0,28 | 0,30 | 9,04 | 0,60 | 0,00 | 36,48 |
| 6-9 | 1,12 | 12,71 | 2,06 | 0,02 | 0,07 | 8,49 | 0,00 | 0,00 | 24,48 |
| 9-12 | 0,21 | 3,42 | 0,83 | 0,00 | 0,02 | 4,98 | 0,00 | 0,00 | 9,45 |
| 12-15 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,55 | 0,00 | 0,00 | 2,73 |
| 15-18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,76 | 0,00 | 0,00 | 0,76 |
| 18-21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,11 |
| TOTAL | 5,76 | 43,84 | 7,23 | 1,95 | 2,34 | 32,53 | 5,41 | 0,34 | |
| Prim | 0°-45° | 45°-90° | 90-135° | 135° 180° | 180°-225° | 225°-270° | 270°-315° | 315°-360° | Total |
| 0-3 | 2,48 | 6,73 | 2,51 | 2,70 | 2,89 | 5,75 | 4,57 | 0,29 | 27,90 |
| 3-6 | 2,06 | 16,63 | 2,06 | 0,16 | 0,60 | 10,29 | 1,40 | 0,00 | 33,21 |
| 6-9 | 0,67 | 16,25 | 1,94 | 0,00 | 0,19 | 6,89 | 0,19 | 0,00 | 26,13 |
| 9-12 | 0,13 | 4,83 | 1,11 | 0,00 | 0,00 | 3,21 | 0,00 | 0,00 | 9,27 |
| 12-15 | 0,03 | 1,14 | 0,22 | 0,00 | 0,00 | 1,02 | 0,00 | 0,00 | 2,41 |
| 15-18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,16 |
| 18-21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,06 |
| TOTAL | 5,37 | 45,59 | 7,84 | 2,86 | 3,68 | 27,37 | 6,16 | 0,29 | |

Tabela 27: Primeiros momentos estatísticos (máximo, mínimo, média, mediana, variância e desvio padrão) dos ventos máximos diários, por estação do ano, observados na estação meteorológica instalada no CEBIMAR.

| | Máximo (m s ⁻¹) | Mínimo (m s ⁻¹) | Média (m s ⁻¹) | Mediana (m s ⁻¹) | Variância (m ² s ⁻²) | Desvio Padrão (m s ⁻¹) |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--|--|
| Verão | 16,96 | 3,27 | 8,39 | 8,22 | 6,17 | 2,48 |
| Outono | 16,02 | 2,75 | 7,92 | 7,60 | 6,11 | 2,47 |
| Inverno | 18,96 | 2,85 | 8,92 | 8,73 | 9,45 | 3,07 |
| Primavera | 18,94 | 1,92 | 8,86 | 8,58 | 9,06 | 3,01 |

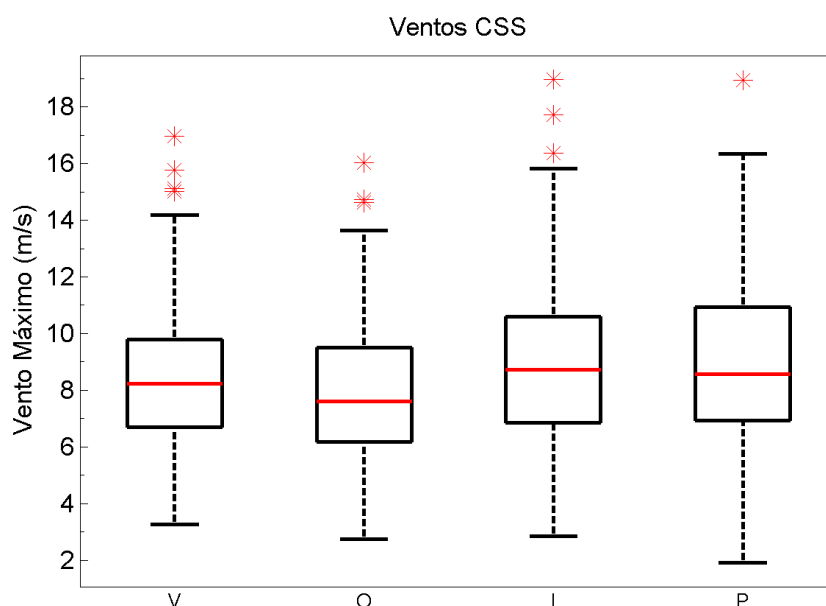


Figura 37: Estatística dos dados de ventos máximos diários no verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P): as caixas pretas representam os valores médios e seus respectivos desvios padrão; a linha vermelha apresenta a mediana; as linhas pretas pontilhadas indicam os valores máximos e mínimos, e finalmente, os símbolos “*” expressam valores atípicos. Dados da estação meteorológica do CEBIMAR.

Os parâmetros μ , σ e ξ referentes às distribuições GVE são apresentados na Tabela 28, por estação do ano, juntamente com suas respectivas variâncias e covariâncias. A Tabela 29 apresenta os valores do parâmetro ξ , por estação, com seu respectivo intervalo de confiança (95%). Tendo em vista que para as quatro estações do ano $\xi < 0$, a distribuição adotada é a de Weibull.

Tabela 28: Estimativas dos parâmetros μ (localização), σ (escala) e ξ (forma) das distribuições Generalizadas de Valores Extremos (GVE), por estação do ano, além de variâncias e covariâncias, para os ventos máximos diários. Dados observados na estação meteorológica do CEBIMAR.

| | μ | σ | ξ | Var(μ) | Var(σ) | Var(ξ) | Cov(μ, σ) | Cov(μ, ξ) | Cov(σ, ξ) |
|------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| Verão | 7,36 | 2,22 | -0,12 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Outono | 6,89 | 2,20 | -0,12 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Inverno | 7,63 | 2,71 | -0,11 | 0,05 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Primavera | 7,66 | 2,82 | -0,18 | 0,07 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |

Tabela 29: Estimativa do parâmetro ξ (forma), por estação do ano, para a distribuição Generalizada de Valores Extremos (GVE) e seus respectivos intervalos de confiança (ic) para os ventos máximos. Dados observados na estação meteorológica do CEBIMAR.

| | ξ -ic | ξ | ξ +ic |
|------------------|--------------|--------------|--------------|
| Verão | -0,22 | -0,12 | -0,03 |
| Outono | -0,22 | -0,12 | -0,02 |
| Inverno | -0,21 | -0,11 | -0,02 |
| Primavera | -0,27 | -0,18 | -0,08 |

Na Tabela 30, os parâmetros ξ e σ para a distribuição de Weibull são apresentados a partir do método de estimação de máxima verossimilhança (Maximum Likelihood Estimative Method, Prescott e Walden, 1980). Também são apresentadas as variâncias e covariâncias específicas para cada estação.

Tabela 30: Estimativa dos parâmetros de Weibull e suas respectivas variâncias e covariâncias para os ventos máximos diários, por estação do ano. Dados observados na estação meteorológica do CEBIMAR.

| | ξ | σ | Var(ξ) | Var(σ) | Cov(ξ, σ) |
|------------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|----------------------|
| Verão | 3,55 | 9,30 | 0,04 | 0,04 | 0,01 |
| Outono | 3,39 | 8,80 | 0,04 | 0,05 | 0,01 |
| Inverno | 3,09 | 9,97 | 0,02 | 0,06 | 0,01 |
| Primavera | 3,19 | 9,89 | 0,04 | 0,07 | 0,01 |

A Figura 38 apresenta a gráfico quantil-quantil para a distribuição de Weibull para verificar a qualidade de ajuste dos dados. Apesar dos gráficos mostrarem um bom ajuste para as quatro estações do ano, a qualidade do ajuste também foi verificada através do teste de Kolmogorov-Smirnov (Massey, 1951) para um nível de significância de 95%. Para um ajuste ideal, o valor máximo absoluto (D) deve ser menor que o valor crítico $D_{0,05}$ (Massey, 1951). A Tabela 31 apresenta estes valores.

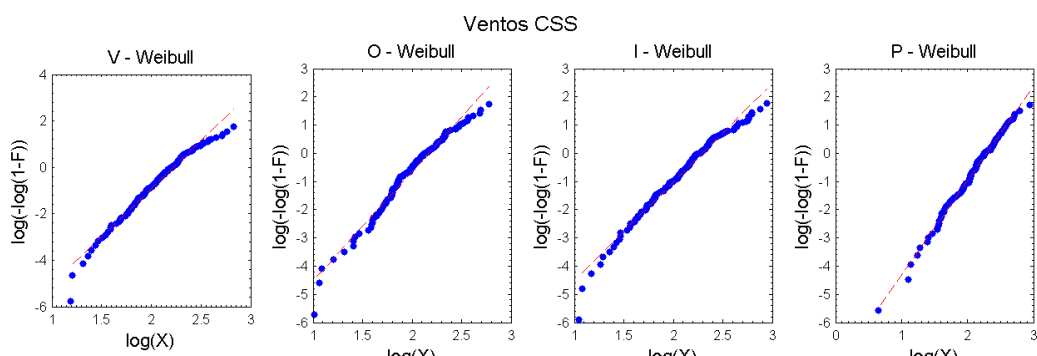


Figura 38: Ajuste quantil-quantil para os dados de ventos diários máximos, por estação do ano (referência na parte superior de cada gráfico: V – verão, O – outono, I – inverno e P - primavera), à distribuição de Weibull. Dados observados na estação meteorológica do CEBIMAR.

Tabela 31: Resultados para o teste Kolmogorov-Smirnov para os ventos máximos diários, por estação do ano. Dados amostrados na estação meteorológica do CEBIMAR.

| | Tamanho do Conjunto de Dados | D | D _{0,05} |
|------------------|------------------------------|-------------|-------------------|
| Verão | 160 | 0,05 | 0,06 |
| Outono | 151 | 0,06 | 0,07 |
| Inverno | 182 | 0,05 | 0,06 |
| Primavera | 132 | 0,05 | 0,07 |

Tanto graficamente (Figura 38) quanto numericamente (Tabela 31), há confirmação que Weibull é a distribuição apropriada para o conjunto de dados analisado. Por isso, os resultados apresentados a seguir consideraram esse tipo de ajuste.

Na Tabela 32, são apresentadas as probabilidades de ocorrência de ventos acima de 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15 e 19 m s⁻¹ para as estações do ano. Os resultados indicam que, tanto no verão quanto no outono, não existe probabilidade de ocorrerem ventos superiores a 19 m s⁻¹. Entretanto, em todas as estações existe probabilidade maior de 50% de ocorrer ventos de até 7 m s⁻¹. Entre as estações, o inverno e a primavera são aquelas que apresentam as maiores probabilidades de ocorrência de ventos mais intensos.

Tabela 32: Probabilidade de ocorrência (%) de ventos acima de 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15 e 19 m s⁻¹, por estação do ano. Dados observados na estação meteorológica do CEBIMAR.

| | >5 | >6 | >7 | >8 | >9 | >10 | >11 | >12 | >13 | >15 | >19 |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Verão | 89,54 | 80,98 | 69,44 | 55,66 | 41,06 | 27,41 | 16,28 | 8,44 | 3,74 | 0,42 | 0,00 |
| Outono | 86,34 | 76,14 | 63,13 | 48,49 | 33,98 | 21,36 | 11,85 | 5,69 | 2,32 | 0,22 | 0,00 |
| Inverno | 88,83 | 81,22 | 71,54 | 60,29 | 48,29 | 36,49 | 25,83 | 17,02 | 10,35 | 2,90 | 0,07 |
| Primavera | 89,25 | 81,60 | 71,72 | 60,12 | 47,67 | 35,46 | 24,53 | 15,65 | 9,12 | 2,29 | 0,12 |

O período de retorno para os ventos máximos diários são apresentados na Tabela 33. Enquanto que o vento máximo observado no inverno ($18,96 \text{ m s}^{-1}$) apresenta período de retorno menor do que um ano (0,80 anos), o vento máximo da primavera ($18,94 \text{ m s}^{-1}$) apresenta período de retorno de, aproximadamente, 2,67 anos. No verão e no outono, o período de retorno para as intensidades máximas observadas é igual a 1,33 e 0,93 anos, respectivamente.

Tabela 33: Período de retorno para os ventos diários máximos observados para cada estação do ano. Dados da estação meteorológica do CEBIMAR.

| | Vento Máximo (m s^{-1}) | Período de Retorno (anos) |
|------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Verão | 16,96 | 1,33 |
| Outono | 16,02 | 0,93 |
| Inverno | 18,96 | 0,80 |
| Primavera | 18,94 | 2,67 |

O período de retorno foi extrapolado para 100 anos, com 95% de intervalo de confiança (Walshaw, 1994). Os resultados são apresentados na Figura 39 e os valores listados na Tabela 34. A intensidade do vento centenário é menor no outono ($19,84 \text{ m s}^{-1}$) e no verão ($20,41 \text{ m s}^{-1}$) do que no inverno ($24,25 \text{ m s}^{-1}$) e na primavera ($21,21 \text{ m s}^{-1}$). Em todas as estações a intensidade do vento cresce exponencialmente até aproximadamente o período de retorno de 10 anos. Após este valor a intensidade varia linearmente, com pequeno coeficiente angular.

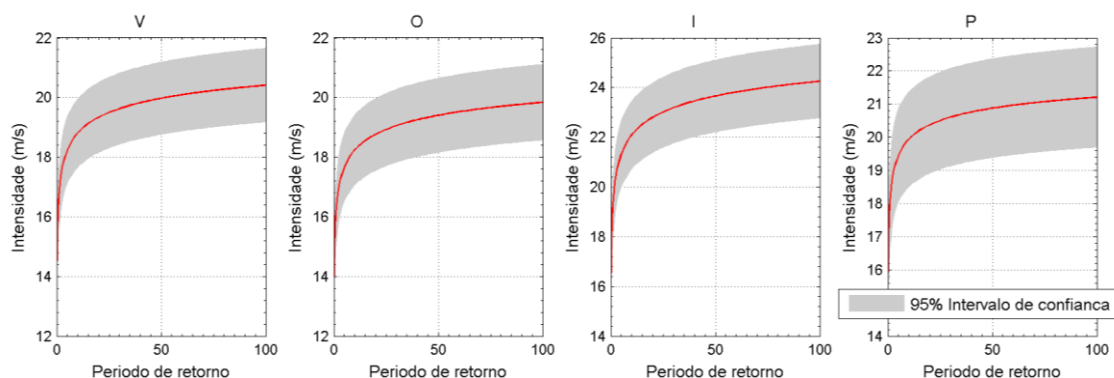


Figura 39: Período de retorno e respectivo nível de retorno para o período entre 0 e 100 anos para os ventos máximos diários, por estação do ano: verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). As áreas sombreadas equivalem ao nível de confiança de 95%. Dados observados na estação meteorológica do CEBIMAR.

Tabela 34: Período de retorno e respectivo nível de retorno para ventos máximos diários observados no CSS.

| Período de Retorno (anos) | Verão | Outono | Inverno | Primavera |
|---------------------------|-------|--------|---------|-----------|
| 1 | 16,66 | 16,10 | 19,27 | 18,04 |
| 2 | 17,37 | 16,81 | 20,20 | 18,69 |
| 3 | 17,76 | 17,19 | 20,71 | 19,04 |
| 4 | 18,02 | 17,46 | 21,05 | 19,27 |
| 5 | 18,22 | 17,65 | 21,32 | 19,44 |
| 6 | 18,38 | 17,81 | 21,52 | 19,58 |
| 7 | 18,51 | 17,94 | 21,70 | 19,69 |
| 8 | 18,62 | 18,05 | 21,84 | 19,78 |
| 9 | 18,72 | 18,15 | 21,97 | 19,87 |
| 10 | 18,80 | 18,23 | 22,09 | 19,94 |
| 11 | 18,88 | 18,31 | 22,19 | 20,00 |
| 12 | 18,95 | 18,38 | 22,28 | 20,06 |
| 13 | 19,01 | 18,44 | 22,36 | 20,11 |
| 14 | 19,07 | 18,50 | 22,44 | 20,16 |
| 15 | 19,12 | 18,55 | 22,51 | 20,20 |
| 16 | 19,17 | 18,60 | 22,57 | 20,24 |
| 17 | 19,21 | 18,64 | 22,64 | 20,28 |
| 18 | 19,26 | 18,69 | 22,69 | 20,31 |
| 19 | 19,30 | 18,73 | 22,75 | 20,34 |
| 20 | 19,33 | 18,76 | 22,80 | 20,37 |
| 50 | 19,97 | 19,40 | 23,66 | 20,88 |
| 100 | 20,41 | 19,84 | 24,25 | 21,21 |

6. Sumário Executivo

Neste trabalho, um estudo dos padrões de correntes e dos ventos no CSS foi apresentado, com foco principal na área próxima ao TEBAR da TRANSPETRO. Para isso, dados horários de direção e intensidade de corrente foram obtidos através da simulação numérica da circulação, sob diferentes condições oceanográficas, de marés e de ventos, ao longo de um ano, entre março de 1992 e março de 1993. Já os dados de direção e intensidade de vento analisados foram coletados por uma estação meteorológica instalada na Ilha da Universidade, localizada no CSS, entre março de 1992 e março de 1993, com intervalo de amostragem igual a 30 min.

As correntes modeladas foram analisadas em oito pontos distribuídos próximo ao TEBAR. Verificou-se que, apesar da proximidade dos pontos, o padrão de correntes varia entre aqueles pontos localizados em regiões mais rasas e aqueles em áreas mais profundas. Em áreas mais rasas, pontos A e B, as correntes são menos intensas (valor máximo modelado igual a $0,81 \text{ m s}^{-1}$) e fluem preferencialmente para sudoeste em todas as estações do ano. Nos pontos C, D, E e F, mais profundos, as correntes são mais intensas (máximo igual a $1,20 \text{ m s}^{-1}$ na primavera, ponto F) e a direção predominante é para o sul (máximo igual a 46,2% na primavera, ponto D). Os pontos G e H, também, posicionados em maiores profundidades, apresentaram correntes com magnitude máxima igual a $1,02 \text{ m s}^{-1}$ (ponto H) e com direção norte mais frequente (máximo de 37,6% no verão, ponto H) durante o verão e o outono. Nestes pontos, no inverno e na primavera, a direção predominante é sul (máximo de 48,3%). O período de retorno das correntes diárias máximas modeladas foi estimado. Os resultados obtidos mostraram que a magnitude da corrente com período de retorno de 50 anos varia entre $0,70 \text{ m s}^{-1}$ (ponto B, outono) e $1,68 \text{ m s}^{-1}$ (ponto F, primavera).

Em todas as estações do ano, os ventos mais frequentes no CSS sopram de NE-W e de SW-W com intensidades de 3 a 6 m s^{-1} . A estimada intensidade média dos ventos foi: $4,77 \text{ m s}^{-1}$ no verão, $4,48 \text{ m s}^{-1}$ no outono, $5,34 \text{ m s}^{-1}$ no inverno e $5,19 \text{ m s}^{-1}$ na primavera. Ventos com maiores intensidades (até 19 m s^{-1}) ocorrem no inverno e na primavera, com direção SW-W. O período de retorno estimado para essas intensidades foi igual a 0,80 anos no inverno e 2,67 anos na primavera. A intensidade do vento centenário obtida foi menor no outono ($19,84 \text{ m s}^{-1}$) e no verão ($20,41 \text{ m s}^{-1}$) do que no inverno ($24,25 \text{ m s}^{-1}$) e na primavera ($21,21 \text{ m s}^{-1}$).

7. Referências Bibliográficas

- Assad, L. P. F. (2000) Circulação no CSS (SP) durante o inverno: estudos numéricos. *Dissertação de Mestrado*, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 138 pp.
- Castro, B. M. (1985) Subtidal response to wind forcing in the South Brazil Bight during winter. *Ph.D. Dissertation*, University of Miami, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, Miami, Fl., USA, 211 pp.
- Castro, B. M. (1990) Wind driven currents in the Channel of São Sebastião: winter, 1979. *Bolm. Inst. Oceanogr.*, 38(2): 111-132.
- Castro, B. M. (1996) Correntes e massas de água da plataforma continental norte de São Paulo. *Tese de Livre-Docência*, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 248 pp.
- Castro, B. M., L. B. Miranda, L. S. Silva, R. F. C. Fontes, A. F. Pereira, e A. L. Coelho (2008) Processos físicos: hidrografia, circulação e transporte. In: *Oceanografia de um ecossistema subtropical – Plataforma de São Sebastião, SP*, A.M.S. Pires-Vanin (org.), EDUSP, São Paulo, pp. 59-121.
- Castro, B. M., A. F. Pereira, A. De Caroli, H. F. Neto, G. C. A. Paschoal, I. C. A. da Silveira, e C. C. Amor. Correntes e massas de água na Plataforma Continental da Bacia de Campos. Capítulo de Oceanografia Física da Bacia de Campos. Projeto Habitats - Petrobras. *In Press*.
- Coelho, A. L. (1997) Massas de água e circulação no CSS. *Dissertação de Mestrado*, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 244 pp.
- Egbert, G. D., A. F. Bennett, e M. G. G. Foreman (1994) Topex/Poseidon tides estimated using a global inverse model, *J. Geophys. Res.*, 99, 24821-52.
- Egbert, G. D., e S. Y. Erofeeva (2002) Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides, *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 19(2), 183-204.
- Emilsson, I. (1961) The shelf and coastal waters of southern Brazil. *Bolm. Inst. Oceanogr.*, São Paulo, 7(2), 101-112.
- FEMAR – Fundação de Estudos do Mar (2000) Catálogo de estações maregráficas brasileiras. F. J. P. Salles, F. C. M. Bentes e J. A. dos Santos (org.). 1ª ed, Rio de Janeiro, RJ. 280 pp.

- Fisher, R. A., e L. H. C. Tippett (1928) Limiting forms of the frequency distributions of the largest or smallest member of a sample. *Proc. Cambridge Philos. Soc.*, 24, 180-190.
- Fontes, R. F. C. (1995) As correntes no CSS. *Dissertação de Mestrado*, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 159 pp.
- Hosking, J. R. M., J. R. Wallis, e E. F. Wood (1985) Estimation of the generalized extreme value distribution by the method of probability-weighted moments. *Technometrics*, 27, 251-261.
- Jenkinson, A. F. (1955) The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. *Quart. J. Royal Met. Soc.*, 81, 158-171.
- Kanamitsu, M., W. Ebisuzaki, J. Woollen, S. K. Yarg, J. J., Hnilo, M. Fiorino, and G. L. Potter (2002) NCEP/DOE AMIP-II reanalysis (R-2). *Bull. Am. Met. Soc.*, 83, 1631-1643.
- Kvinge, T. (1967) On the special current and water level variations in the Channel of São Sebastião. *Bolm. Inst. oceanogr.*, 16: 23-38.
- Large, W. G., e S. Pond (1981) Open ocean momentum flux measurements in moderate to strong winds. *J. Phys. Oceanogr.*, 11, 324-336.
- Leandro, R. P. (1999) Climatologia das águas do CSS (SP). *Dissertação de Mestrado*, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 162 pp.
- Massey, F. R. (1951) The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. *J. Am. Stat. Ass.*, 46, 68-78.
- Miranda, L. B., e B. M. Castro (1995) Variabilidade da circulação e do transporte de volume no CSS (SP): outono de 1980. *Publ. Esp. Inst. Oceanogr.*, 11, 1-9.
- Miranda, E. E. de, e A. C. Coutinho (2004) Brasil Visto do Espaço. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em: <http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>
- Paixão, S. V. (2008) Transporte de volume e condições hidrográficas no CSS. *Dissertação de Mestrado*, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 128 pp.
- Pereira, A. F., B. M. Castro, L. Calado, e I. C. A. Silveira (2007) Numerical simulation of M₂ internal tides in the South Brazil Bight and their interaction with the Brazil Current. *Journal of Geophysical Research*, 112, C04009, doi:10.1029/2006JC003673.

- Prescott, P., and A. T. Walden (1980) Maximum likelihood estimation of the parameters of the generalized extreme-value distribution. *Biometrika*, 67, 723-724.
- Ray, R. D., G. D. Egbert, e S. Y. Erofeeva (2011) Tide prediction in shelf and coastal waters: status and prospects. Em: *Coastal Altimetry*, S. Vignudelli *et al.* (Eds), 191-216, Springer-Verlag, Berlim.
- Raynal, J. A. (1997) Sobre el use del dominio de atracción para la identificación de valores extremos e máximos. *Ing. Hidr. México*, 12, 57-62.
- Silva, L. S. (1995) Condições oceanográficas no CSS e na região costeira adjacente: variações sazonais entre fevereiro de 1994 a março de 1995. *Dissertação de Mestrado*, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 128 pp.
- Silva, L. S., L. B. Miranda, e B. M. Castro (2004) Análise de massas de água no CSS entre fevereiro de 1994 e março de 1995. *Anais Hidrogr.*, LXI: 76-99.
- Silva, L. S., L. B. Miranda, e B. M. Castro (2005) Numerical study of circulation and thermohaline structure in the São Sebastião Channel. *Rev. Bras. Geof.*, 23(4): 407-425.