ÍNDICE DE REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS
0	Emissão original.

	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	01/09/2023								
EXECUÇÃO	JLU								
VERIFICAÇÃO	CJS								
APROVAÇÃO	CJS								

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.
FORMULÁRIO PERTENCENTE À PETROBRAS N-0381 REV. L

SUMÁRIO

1. OBJETIVO 3
2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 4
3. NORMAS E BIBLIOGRAFIAS 5
4. PROJETO DAS DEFENSAS 6
4.1 MODELOS ADOTADOS 6
4.1.1 Defensa Tipo Arco – SAN800H E-3.0 6
4.2 GEOMETRIA 7
4.2.1 Correntes de reações 8
4.3 PEÇA ADICIONAL PARA DEFENSA TIPO ARCO 8
4.3.1 Aço 9
4.3.2 Forma 9
4.3.3 Modelo estrutural 9
4.3.4 Momento fletor gerado pelas cargas de atracação 10
4.3.5 Esforço cisalhante gerado pelas cargas de atracação 12
4.3.6 Cálculo do Momento resistente 13
4.3.7 Cálculo da cortante resistente 13
4.4 CHUMBADORES 14

1. OBJETIVO

O objetivo deste documento é especificar as defensas escolhidas, além dos dispositivos de suporte e chumbadores, para futuras operações de barcaças, no Píer de Rebocadores do terminal Alm. Maximiano da Fonseca (TEBIG), localizado em Angra dos Reis / RJ.



Figura 1 – Terminal da Petrobras TEBIG, Angra dos Reis



Figura 2 – Vista do píer dos rebocadores

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os seguintes documentos foram utilizados como referência para esta especificação técnica:

[1]	MC-4200.02-6611-962-PTD-001_R0	BARCAÇAS NO CAIS DOS REBOCADORES ESFORÇOS DE AMARRAÇÃO
[2]	MC-4200.02-6611-962-PTD-002_R0	BARCAÇAS NO CAIS DOS REBOCADORES ESFORÇOS DE ATRACAÇÃO
[3]	Fender Systems Brochure – Trelleborg, ed. 2020	CATÁLOGO DE PRODUTOS – TRELLEBORG MARINE AND INFRASTRUCTURE
[4]	DE-4200.02-6611-131-PTI-010	PIER PARA REBOCADORES E PLATAFORMA P/ BOMBAS – ESTAQUEAMENTO
[5]	DE-4200.02-6611-131-PTI-061	PIER PARA REBOCADORES – 1ª PARTE – FORMAS
[6]	DE-4200.02-6611-131-PTI-066	PIER PARA REBOCADORES – 2ª PARTE – FORMAS

3. NORMAS E BIBLIOGRAFIAS

Este documento baseou-se na aplicação das seções e últimas revisões das normas brasileiras da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

As seguintes normas técnicas da ABNT foram adotadas no desenvolvimento do estudo:

- NBR 6118 Projeto de estruturas de concreto - Procedimento
- NBR 6123 Forças devidas ao vento em edificações
- NBR 8681 Ações e segurança nas estruturas – Procedimento
- NBR 8800 Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e de concreto de edifícios
- NBR 9882 Ações em Estruturas Portuárias, Marítimas ou Fluviais
- NBR 11240 Utilização de defensas portuárias – Procedimento
- NBR 11832 Defensas portuárias de elastômeros – Especificação
- NBR 13209 Planejamento portuário – Obras de acostagem – Aspectos náuticos
- NBR 13246 Planejamento portuário – Aspectos náuticos – Procedimento
- NR 29 Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho Portuário

Também foram utilizadas como referência as Normas PETROBRAS, as mesmas seguem abaixo:

- N-0381 Formulários para Emissão de Documentos Técnicos de Engenharia
- N-1710 Codificação de Documentos Técnicos de Engenharia
- N-0134 Chumbadores para Concreto
- N-2037 Pintura de Equipamentos Submersos em Água do Mar
- N-1812 Estruturas Oceânicas
- N-0279 Projeto de Estruturas de Aço

4. PROJETO DAS DEFENSAS

4.1 MODELOS ADOTADOS

4.1.1 Defensa Tipo Arco – SAN800H E-3.0

Toma-se como referência o modelo **SAN800H E-3.0** (modelo e borracha com referência [3]), devido ao atendimento dos esforços gerados pela atracação pelos dois modelos de embarcação já calculados (OMS XVII e Spabunker 21), ressalta-se que o segundo modelo de embarcação demonstra significativo acréscimo de carregamento em relação ao primeiro:

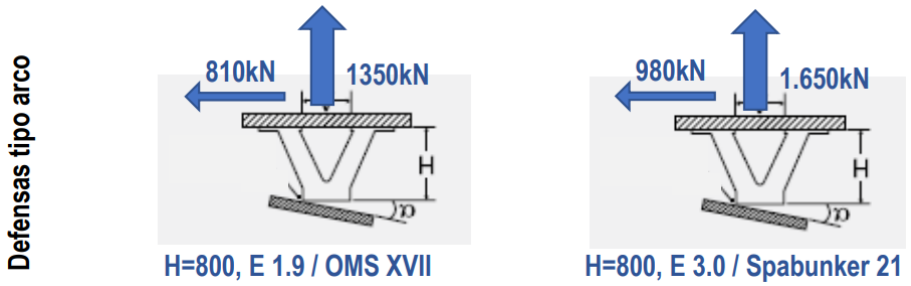


Figura 3–Reações máximas nas defensas tipo arco por modelo de embarcação - fonte: [2]

Dessa forma é escolhida a borracha E-3.0, seguindo a filosofia de hipóteses de atendimento aos dois modelos de embarcações. Abaixo as características mínimas que a defensa selecionada deve atender:

E ≥ 240 kNm/m*

R ≤ 838 kNm/m**

Considerando que a defensa terá ao menos 1.500mm de contato com o costado da embarcação no momento do impacto da atracação anormal.

** Considerando atracação anormal.*

*** Sem considerar os fatores redutores de desempenho (temperatura, ângulo de atracação, velocidade e tolerância de fabricação).*

4.2 GEOMETRIA

Ainda tendo como base a memória de cálculo (fonte [2]), observa-se que há a necessidade de prolongamento da face lateral da estrutura do píer com um acréscimo de 1,5m (valor mínimo para o contato entre a defensa e o costado da embarcação) para cota inferior, isso é justificado em um cenário da maré baixa em conjuntura à embarcação totalmente carregada.

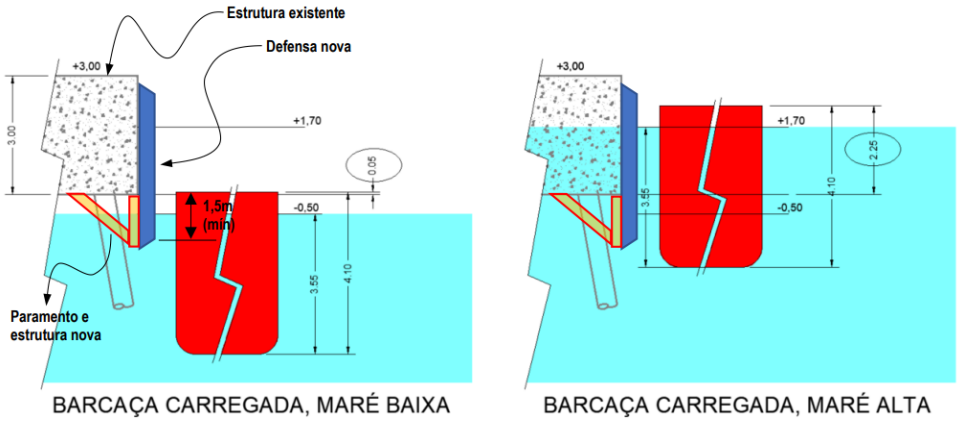


Figura 4–Possibilidades de atracação de barcaça carregada com variação de maré - fonte: [2]

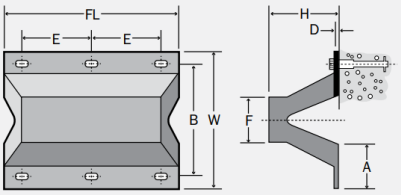
Em posse dessas informações e somando-se a face lateral existente ao acréscimo necessário, tem-se a altura ideal para a defensa tipo arco em **4,5m.**

Elenca-se também que a geometria das seções e particulares foram extraídas da fonte [3].

BODY DIMENSIONS SAN / SANP								WEIGHT (kg/m)	
H	A	B	W	F	D	P	Q	SAN	SANP
SAN/SANP 150	98	240	300	112	24	24	48	37	44
SAN/SANP 200	130	320	400	150	24	28	56	61	70
SAN/SANP 250	162.5	410	500	187.5	25	28	56	90	102
SAN/SANP 300	195	480	600	225	30	34	68	135	154
SAN/SANP 400	260	670	800	300	35	40	80	252	288
SAN/SANP 500	325	840	1000	375	40	46	92	363	409
SAN/SANP 600	390	1010	1200	450	45	52	104	543	607
SAN/SANP 800	520	1340	1600	600	50	60	120	931	1028
SAN/SANP 1000	650	1680	2000	750	60	60	120	1495	1633

[Units: mm, kg/m]

SAN SUPER ARCH FENDER



FL = L + H x 0.5

SANP SUPER ARCH FENDER

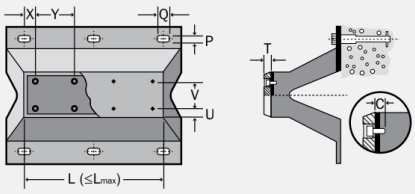


Figura 5–Geometria e particularidades das defensas tipo arco - fonte: [3]

Acerca do complemento da estrutura a ser criado, para garantia do contato interface defensa/píer, foi determinada a inserção de uma peça aço estrutural que será primariamente fixada na estrutura do píer para em seguida receber a fixação da defensa.

4.2.1 Correntes de reações

Alguns sistemas de defensas precisam de correntes para ajudar no suporte de componentes pesados ou para controlar como a defensa se deforma durante o impacto.

4.3 PEÇA ADICIONAL PARA DEFENSA TIPO ARCO

Como já especificado anteriormente da necessidade de uma peça adicional para garantia do contato total defensa/píer, foi calculada tal peça sendo realizada as seguintes verificações.

4.3.1 Aço

Seguindo a norma que prescreve o dimensionamento de perfis metálicos, NBR 8800:2008, em seu anexo A, há classes de aços aceitos, dentre eles está o A-36 (fy = 250 MPa), o qual será utilizado, por sua característica comercial.

4.3.2 Forma

O perfil a ser adotado será dublo do tipo soldado com cordão de solda contínuo CVS 500 X 317, devido na família de perfis laminados não se encontrar perfis que atendam aos esforços solicitantes.

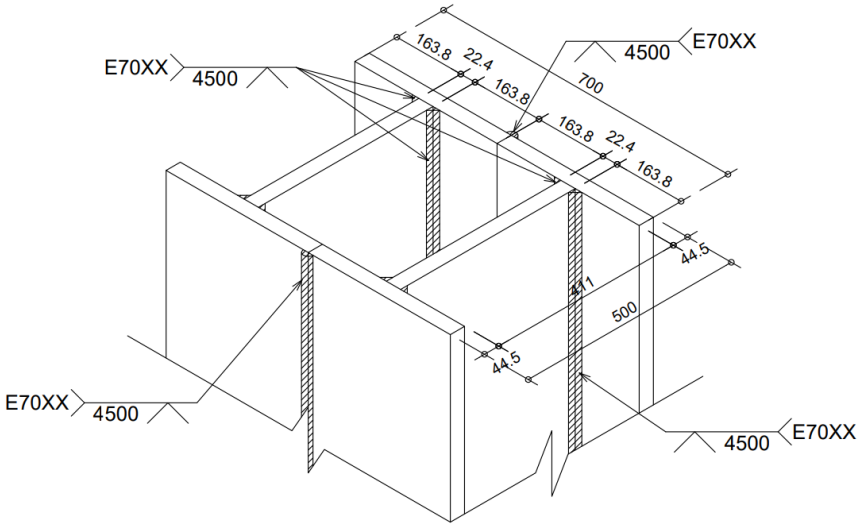


Figura 6–Seção do perfil calculado – fonte: Autor

4.3.3 Modelo estrutural

Considerou-se o contato da face da estrutura metálica com a estrutura do píer com condições de contorno com restrição à rotação e translação.



Figura 7–Representação de modelo estrutural adotado – fonte: Autor

Desse modo, recomenda-se a correta definição dos elementos de chumbadores para garantia dessas condições.

4.3.4 Momento fletor gerado pelas cargas de atracação

Sabe-se que, por meio da referência [2], concentram-se dois vetores em direções ortogonais, entre si, que representam as cargas de atracação das embarcações.

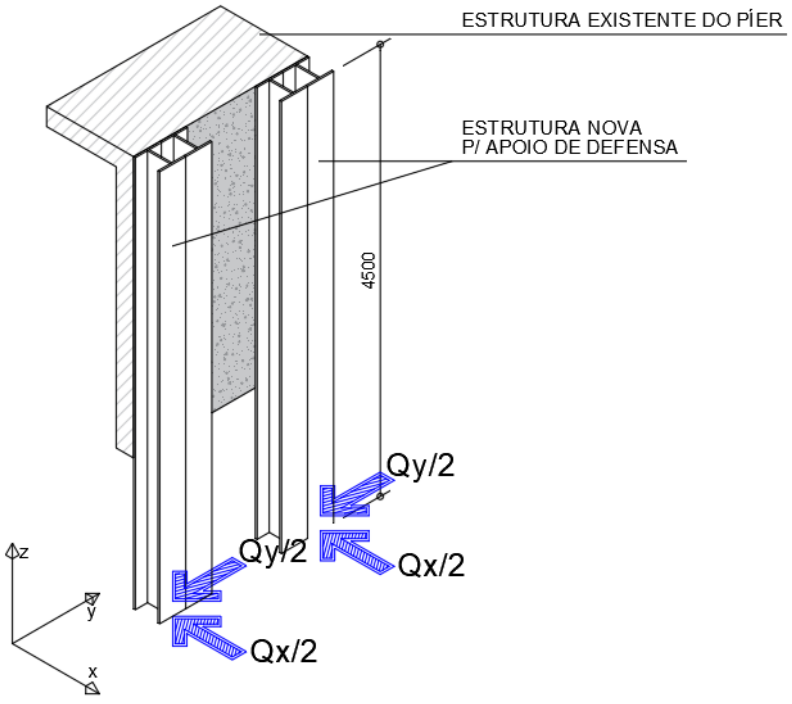


Figura 8–Representação das direções das cargas de atracação – fonte: Autor

Sabe-se que as cargas de atracação, já expostas no ítem 4.1, são de:

Qx = 1650 KN = 165,0 tf
Qy = 980 KN = 98 tf

Como as defensas se ancoram em duas linhas paralelas e simétricas, admite-se que tais valores de carregamentos se dividem.

Qx/2 = 82,5 tf
Qy/2 = 49,0 tf

Como trata-se de uma situação de flexão oblíqua, a soma das relações de Solicitações por Resistência para cada direção não se deve ultrapassar a razão de “1”. Exatamente como descreve-se a NBR 8800 em seu item 5.5.1.2, para situação de Nsd/Nrd<0,2.

$$\text{para } \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} < 0{,}2$$

$$\frac{N_{Sd}}{2\,N_{Rd}} + \left(\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1{,}0$$

Dessa forma, será calculado o momento gerado para cada direção e como simplificação resolutiva, será admitido um valor resistente de duas vezes o valor da solicitante.

- Momento em torno de y = My

My = Qx/2 * d
My = 82,5 * 1,5
My = 123,8 tfm

- Momento em torno de x = Mx

Mx = Qy/2 * d
Mx = 49 * 1,5
Mx = 73,5 tfm

Em posse dos resultados, encontra-se os momentos resistentes.

- Momento resistente $M_{Rd,y}$

$M_{Rd,y}$ = My * 2

$M_{Rd,y}$ = 123,8 * 2

$M_{Rd,y}$ = 247,6 tfm

- Momento resistente $M_{Rd,x}$

$M_{Rd,x}$ = Mx * 2

$M_{Rd,x}$ = 73,5 * 2

$M_{Rd,y}$ = 147,0 tfm

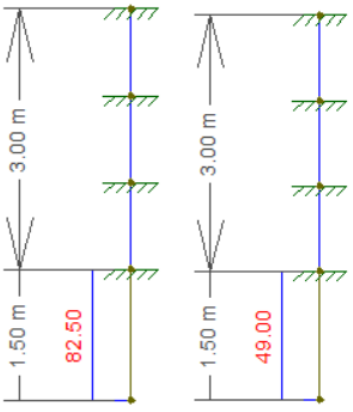
Despreza-se os efeitos axiais, devido a significativa diferença de tensões internas geradas pelos esforços de flexão.

Confirma-se que a razão esteja limitada a 1

$$\eta = \frac{MySd}{MyRd} + \frac{MxSd}{MxRd} = \frac{123,8}{247,6} + \frac{73,5}{147,0} = 1 \leq 1 \rightarrow OK!$$

4.3.5 Esforço cisalhante gerado pelas cargas de atracação

Utilizando-se a ferramenta Ftool, determina-se os esforços cisalhantes.



a) b)

Figura 9– a) Com força aplicada em x b) Com força aplicada em y – fonte: Autor

- Vx por linha de perfil

Vx = 82,5 tf

- Vy por linha de perfil

Vy = 49,0 tf

4.3.6 Cálculo do Momento resistente

Para determinação do momento resistente, utilizou-se o método contido no anexo G da ABNT NBR 8800:2008, por meio de planilha eletrônica.

Perfil	Massa Linear (kg/m)	Área (cm2)	Dimensões					Eixo X-X				Eixo Y-Y				Esbeltez local	
			d (mm)	bf (mm)	tw (mm)	tf (mm)	h (mm)	Ix (cm4)	Wx (cm3)	rx (cm)	Zx (cm3)	Iy (cm4)	Wy (cm3)	ry (cm)	Zy (cm3)	bf/2tf	h/tw
2 CVS 500 X 317	633,6	807,1	500,0	700,0	44,8	44,5	411,0	350097,8	14003,9	20,8	15404,3	254699,6	7277,1	17,8	8004,8	7,9	18,3

E	21000,0	KN/cm2
fy	25,0	KN/cm2
L	150,0	cm
K	2,0	

$$\left(\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}}+\frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}}\right)\leq 1{,}0$$

Mysd	123,8	tfm

FLA		
λ	18,3	
λp	109,0	
Mpl	3851,1	KNm
Mrd	350,1	tfm

FLT		
λ	14,4	
λp	51,0	
Mpl	3851,1	KNm
Mrd	350,1	tfm

FLA		
λ	7,9	
λp	11,0	
Mpl	3851,1	KNm
Mrd	350,1	tfm

0,7576 OK

OK

Mxsd	73,5	tfm

FLA		
λ	18,3	
λp	109,0	
Mpl	2001,2	KNm
Mrd	181,9	tfm

FLT		
λ	14,4	
λp	51,0	
Mpl	2001,2	KNm
Mrd	181,9	tfm

FLA		
λ	7,9	
λp	11,0	
Mpl	2001,2	KNm
Mrd	181,9	tfm

OK

Figura 10– Cálculo do momento resistente em função da seção escolhida – fonte: Autor

A partir do resultado acima, identifica-se que a seção escolhida atende!

4.3.7 Cálculo da cortante resistente

Para determinação da cortante resistente, utilizou-se o método contido no item 5.4.3.1.1 da ABNT NBR 8800:2008, por meio de planilha eletrônica.

Perfil	Massa Linear (kg/m)	Área (cm2)	Dimensões					Eixo X-X				Eixo Y-Y				Esbeltez local	
			d (mm)	bf (mm)	tw (mm)	tf (mm)	h (mm)	Ix (cm4)	Wx (cm3)	rx (cm)	Zx (cm3)	Iy (cm4)	Wy (cm3)	ry (cm)	Zy (cm3)	bf/2tf	h/tw
2 CVS 500 X 317	633,6	807,1	500,0	700,0	44,8	44,5	411,0	350097,8	14003,9	20,8	15404,3	254699,6	7277,1	17,8	8004,8	7,9	18,3

E	21000,0	KN/cm2
fy	25,0	KN/cm2
L	150,0	cm
Kv	5,0	
Vxsd	82,5	tf

CONFERÊNCIA em X		
λ	18,3	
λp	71,3	
Vpl	184,1	tf
Mrd	167,4	tf

OK

Vysd	49,0	tf

CONFERÊNCIA em Y		
λ	15,7	
λp	71,3	
Vpl	700,9	tf
Mrd	637,2	tf

OK

Figura 11– Cálculo da cortante resistente em função da seção escolhida – fonte: Autor

4.4 CHUMBADORES

Os chumbadores devem ser definidos em função do tipo de defensa, como orientação, utilizou-se o catálogo (referência [3]) para as defensas do tipo Arco.

FOOT BOLTING DIMENSIONS

FENDER	ANCHORS / HEAD BOLTS ^	L = 1000		L = 1500		L = 2000		L = 2500		L = 3000	
		E	Qty	E	Qty	E	Qty	E	Qty	E	Qty
SAN/SANP 150	M20	855	4	675	6	620	8	750	8	715	10
SAN/SANP 200	M24	860	4	680	6	620	8	760	8	715	10
SAN/SANP 250	M24	865	4	680	6	620	8	780	8	715	10
SAN/SANP 300	M30	870	4	685	6	625	8	790	8	715	10
SAN/SANP 400	M36	900	4	700	6	635	8	800	8	725	10
SAN/SANP 500	M42	930	4	715	6	645	8	810	8	730	10
SAN/SANP 600	M48	930	4	725	6	650	8	820	8	740	10
SAN/SANP 800	M56	930	4	725	6	650	8	820	8	760	10
SAN/SANP 1000	M56	930	4	725	6	650	8	865	8	775	10

[Units: mm]

Figura 12– Modelo da defensa x tipo de chumbador – fonte: [3]

EC2 ANCHORS

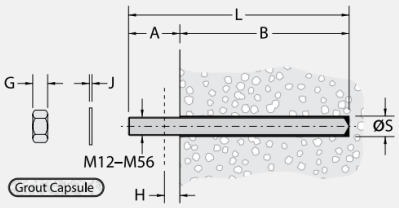
THREAD	B	E	G	J	L (typ.)	ØS	CAPSULE	WEIGHT
M12	110	5 – 8	10	2.5	–	15	1 × C12	0.15
M16	140	6 – 9	13	3	175	20	1 × C16	0.26
M20	170	6 – 9	16	3	240	25	1 × C20	0.57
M24	210	8 – 12	19	4	270	28	1 × C24	0.92
M27	240	8 – 12	22	4	330	30	1 × C24	1.42
M30	280	8 – 12	24	4	360	35	1 × C30	1.91
M36	330	10 – 15	29	5	420	40	1 × C30	3.21
M42	420	14 – 21	34	7	500	50	2 × C30	5.21
M48	480	16 – 24	38	8	580	54	2 × C30 + 1 × C24	7.90
M56	560	18 – 27	45	9	–	64	4 × C30	13.0

[Units: mm, kg]

A = E + G + H + J, rounded up to nearest 10mm.
E = clear threads after assembly.
H = clamping thickness of fender.

The EC2 anchor is used for installing fenders onto existing concrete or where cast-in anchors are unsuitable. The anchor is usually secured into a drilled hole using special grout capsules. Non-standard sizes and other grout systems are available on request.





Always follow the manufacturer's instructions when installing EC2 anchors.

Figura 13– Especificação do tipo de chumbador – fonte: [3]

Para quando o projeto for elaborado a nível executivo, passa a ser recomendada a conferência das informações acima por meio de processos de dimensionamento e cálculo já previsto em normas técnicas vigentes.

Salienta-se que as informações contidas nas imagens acima, correlacionam a ancoragem da defensa em estrutura de concreto. Para quando a ancoragem da defensa em estrutura metálica, fica a necessidade de dimensionamento desses chumbadores e métodos de ancoragem junto ao projeto executivo.

Para os chumbadores da estrutura metálica junto ao Píer, fica a necessidade de dimensionamento e métodos de ancoragem junto ao projeto executivo, respeitando às normas técnicas vigentes.