



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ILTON SOARES DA SILVA NETO

**PROJETO DE UMA ESTRUTURA METÁLICA PARA REMOÇÃO DE
DEFENSA MARÍTIMA DE UM COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO**

Recife
2019

ILTON SOARES DA SILVA NETO

**PROJETO DE UMA ESTRUTURA METÁLICA PARA REMOÇÃO DE
DEFENSA MARÍTIMA DE UM COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado junto à Universidade
Federal de Pernambuco, como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador:
Prof. Laerty M. Cavalcante

Recife
2019

Catálogo na fonte
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

S586p Silva Neto, Ilton Soares da.

Projeto de uma estrutura metálica para remoção de defesa marítima de um complexo industrial portuário / Ilton Soares da Silva Neto. – Recife, 2019.

55f.: il., figs., quads.

Orientador: Prof. Laerty Moraes Cavalcante.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Departamento de Engenharia Mecânica, 2019.
Inclui Referências, Apêndices e Anexos.

1. Engenharia Mecânica. 2. Estrutura metálica. 3. Manutenção de defensas. 4. ABNT NBR 8400. I. Cavalcante, Laerty Moraes (Orientador).
II. Título.

621 CDD (22.ed)

UFPE/BCTG-2019 / 476

ILTON SOARES DA SILVA NETO

**PROJETO DE UMA ESTRUTURA METÁLICA PARA REMOÇÃO DE
DEFENSA MARÍTIMA DE UM COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado junto à Universidade
Federal de Pernambuco, como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em, 11 de Dezembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Laerty Moraes Cavalcante
DEMEC/UFPE

Prof. Jorge Antônio Palma Carrasco
DEMEC/UFPE

Prof. Alex Elton de Moura
CCNM/DAFG/IFPE

RESUMO

Este presente estudo apresenta uma solução para um problema enfrentado por muitas equipes de manutenção portuária. As configurações dos píers nem sempre possibilitam o fácil acesso dos grandes equipamentos de elevação de carga, como guindastes e guindautos, que são essenciais para o processo de manutenção de defensas marítimas. Sendo assim, a solução do problema gira em torno da movimentação das defensas por uma nova estrutura, que é dimensionada nessa monografia. O trabalho apresenta cálculos simples, sempre assegurados pela norma ABNT NBR 8400, que rege os equipamentos de movimentação de cargas. O fato de não haver deslocamento da estrutura em que a carga é fixada faz com que as solicitações de segurança sejam reduzidas, o que facilita os procedimentos de cálculo.

Palavras-chave: Estrutura metálica. Manutenção de defensas. ABNT NBR 8400.

ABSTRACT

This study presents a solution to a problem faced by many port maintenance teams. Pier configurations do not always provide easy access to large cargo lifting equipment such as cranes, which are essential to the marine fender maintenance process. Thus, the solution of the problem revolves around the movement of the fenders by a new structure, which is dimensioned in this monograph. The work presents simple calculations, always assured by the ABNT NBR 8400 standard, which governs the cargo handling equipment. The fact that there is no displacement of the structure to which the load is fixed makes the security demands reduced, which facilitates the calculation procedures.

Keywords: Metal structure. Defense maintenance. ABNT NBR 8400.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem aérea do Porto de Suape.	10
Figura 2 - Exemplo de desinstalação de uma defesa.....	11
Figura 3 - Exemplo de pórtico.	14
Figura 4 - Exemplo de ponte rolante.	14
Figura 5 - Exemplo de guindauto.	15
Figura 6 - Exemplo de guindaste.....	16
Figura 7 - Talha manual.	16
Figura 8 - Componentes de uma defesa.	17
Figura 9 - Exemplo de esforços sofridos em uma seção.....	21
Figura 10 - Exemplo do diagrama de momento fletor e esforço cortante	22
Figura 11 - Exemplo de viga sujeita à deflexão.....	23
Figura 12 - Características de uma barra roscada.	24
Figura 13 - Fluxograma de atividades.	28
Figura 14 - Vista frontal e isométrica do conjunto.	29
Figura 15 - Atribuição de dimensões para cada peça.	29
Figura 16 - Diagrama da viga carregada.....	31
Figura 17 - Diagrama do esforço cortante.....	32
Figura 18 - Diagrama do momento fletor.....	32
Figura 19 - Vista da seção transversal do perfil.	34
Figura 20 - Esboço da viga carregada com seu próprio peso.	34
Figura 21 - Diagrama do esforço cortante gerado pelo peso da viga.....	35
Figura 22 - Diagrama do momento fletor gerado pelo peso da viga.....	35
Figura 23 - Esboço da viga (peça transversal).	37
Figura 24 - Diagrama do esforço cortante gerado pelo carregamento da viga. 38	
Figura 25 - Diagrama do momento fletor gerado pelo carregamento da viga. . 38	
Figura 26 - Vista isométrica da fixação da peça transversal no píer.	42
Figura 27 - Vista isométrica da fixação da peça transversal com a longitudinal.	43
Figura 28 - Olhal de fixação da talha.....	43
Figura 29 - Exemplo de rebocador que pode ser usado.	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Valores de Fator de Segurança para diferentes casos.	19
Quadro 2 - Valores de coeficiente dinâmico.....	20
Quadro 3 - Valores do coeficiente de majoração em função dos grupos.	20
Quadro 4 - Valores de FSP para diferentes casos.	26
Quadro 5 - Fatores de área para cada região de corte.	27
Quadro 6 - Valores de FSP (cisalhamento) para cada caso.....	27
Quadro 7 - Especificações do aço ASTM A36.	30
Quadro 8 - Perfis selecionados para escolha.....	33
Quadro 9 - Características do perfil escolhido.....	33
Quadro 10 - Comparativo entre tensões.	37
Quadro 11 - Comparativo entre tensões.	39
Quadro 12 - Características dos perfis para montagem.....	41
Quadro 13 - Características dos parafusos para montagem.....	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS GERAIS.....	12
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	EQUIPAMENTOS PARA MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS	13
2.1.1	Pórticos e semipórticos	13
2.1.2	Ponte rolante	14
2.1.3	Guindauto.....	15
2.1.4	Guindaste	15
2.1.5	Talha	16
2.2	DEFENSA MARÍTIMA.....	17
2.3	NORMAS INERENTES AO PROJETO	17
2.3.1	Normas regulamentadoras	18
2.3.2	Especificações da ABNT NBR 8400	19
2.4	RESISTÊNCIA À FLEXÃO EM VIGAS.....	21
2.4.1	Momento fletor e esforço cortante	21
2.5	DIMENSIONAMENTO DE VIGAS	22
2.5.1	Inclinação e deslocamento de uma viga.....	23
2.6	PARAFUSOS	24
2.6.1	Resistência dos parafusos à tração	24
2.6.2	Resistência dos parafusos ao cisalhamento	26
3	METODOLOGIA	28
3.1	DADOS PARA DIMENSIONAMENTO	28
3.2	SELEÇÃO DO MATERIAL	30
3.3	FORÇAS ATUANTES	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
4.1	DIMENSIONAMENTO DA PEÇA LONGITUDINAL DEVIDO AO CARREGAMENTO.....	31
4.1.1	Dimensionamento da peça Longitudinal devido ao peso próprio	34
4.2	DIMENSIONAMENTO DA PEÇA TRANSVERSAL DEVIDO AO CARREGAMENTO.....	37
4.2.1	Solicitação devido ao peso próprio.....	38
4.3	CÁLCULO DE DEFLEXÃO	40
4.3.1	Deflexão na peça transversal	40

4.3.2	Deflexão na peça longitudinal	40
4.4	DIMENSIONAMENTO DOS PARAFUSOS	40
4.5	ESPECIFICAÇÕES DOS COMPONENTES	41
5	CONCLUSÃO	45
6	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	46
	REFERÊNCIAS.....	47
	APÊNDICE A - CÁLCULO PARA A PEÇA LONGITUDINAL	49
	APÊNDICE B - CÁLCULO PARA A PEÇA TRANSVERSAL	51
	APÊNDICE C – DESENHO TÉCNICO DA ESTRUTURA	52
	ANEXO A - TABELA DE BITOLAS GERDAU	53
	ANEXO B - CATÁLOGO DE PARAFUSOS INOX CISER	54
	ANEXO C - ESPECIFICAÇÕES DE TALHAS MANUAIS CM DO BRASIL	55

1 INTRODUÇÃO

Um complexo portuário possui uma grande demanda de navios diariamente, sejam estes porta contentores, petroleiros ou graneleiros. Ao chegarem ao porto, essas embarcações devem ser recebidas com segurança, para que não ocorram acidentes no momento da atracação.

A atracação correta é realizada essencialmente por dois equipamentos: os cabrestantes, responsáveis por amarrar os cabos de aço que prendem o navio ao cais ou píer; e as defensas, interface entre o navio e o berço. Elas são sua principal e mais importantes barreiras de segurança para proteger as pessoas, embarcações e estruturas.

A maioria dos sistemas de defensas usam unidades de borracha, ar ou espumas especiais que atuam como mola para absorver a energia cinética do navio. Conforme a mola se comprime, forças crescentes são transmitidas a outras partes do sistema de defesa – painéis, âncoras, e correntes – e assim para o caminho de carga selecionado dentro das estruturas de suporte.

Sendo assim, é necessário que ocorra uma boa manutenção destes aparelhos, uma vez que, se danificados, podem avariar o casco dos navios, liberar cabos de aço altamente tensionados, colocando trabalhadores próximos em perigo, ou causar um acidente ambiental. Pode-se observar uma imagem aérea do Porto de Suape na Figura 1.

Figura 1 - Imagem aérea do Porto de Suape.



Fonte: Porto de Suape, 2016.

Diante desse contexto, não há dúvidas de que a manutenção das defensas deve ser executada periodicamente uma vez que os níveis de oxidação do aço no local são elevados. Contudo, essas pesam cerca de 60.000 N, o que dificulta a ação de instalação e desinstalação da estrutura sobre o píer, realizada pela equipe de manutenção.

Outro fator agravante é a configuração dos píers, pois alguns não possibilitam a retirada das defensas através de um Guindaste, é o caso do Porto de Suape, localizado no município de Ipojuca - PE. Além disso, para que os serviços de manutenção em defensas sejam executados, precisa haver uma “janela”, que nada mais é do que um intervalo de tempo considerável (acima de 1 hora) em que nenhum navio será atracado, pois não há como retirar o equipamento com o navio conectado ao píer.

Portanto, o problema gira em torno da dificuldade de retirar ou instalar uma defesa, sem utilizar as máquinas de elevação tradicionais. Sendo assim, o estudo busca solucionar o problema encontrado pela equipe de manutenção dos portos de forma rápida e segura. Na Figura 2 pode-se observar uma defesa sendo retirada para manutenção.

Figura 2 - Exemplo de desinstalação de uma defesa.



Fonte: TWS Comex, 2019.

O presente trabalho demonstra um estudo desafiador a ser executado, uma vez que o projeto de um pórtico deve ser cuidadosamente calculado, para que não ocorra problemas no momento do seu funcionamento, como imprevistos devidos à maré, força do vento ou falha mecânica. Portanto, diversas áreas da engenharia mecânica devem ser aplicadas ao projeto.

Um equipamento prático, desmontável e de baixo peso pode ser útil não só para a área portuária, que é objetivo do projeto, mas também para outros setores que não dispõem de um espaço considerável para a movimentação de veículos de içamento.

Sendo assim, a proposta de solução deve se adaptar à diferentes situações, além de ser fidedigna em relação às normas regulamentadoras, o que deve ser provado matematicamente, para que dispense custos de operação mais onerosos, como diárias de guindastes e mobilização de funcionários especializados neste tipo de serviço.

Portanto, a estrutura deve ser cuidadosamente calculada e dimensionada, visando atender às solicitações mecânicas, e ser de simples, para fácil montagem e desmontagem.

1.1 OBJETIVOS GERAIS

Elaborar uma estrutura metálica para remoção e instalação de uma defesa marítima que pesem no máximo 60KN em píers que não permitem o acesso do guindaste ao ponto de fixação do equipamento portuário. Realizar o dimensionamento, bem como a seleção dos materiais da estrutura, e atender todos as recomendações das normas regulamentadoras.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar sistema que irá suportar a defesa;
- Determinar as dimensões das peças através de cálculo;
- Atender os resultados encontrados de acordo com os obtidos em normas regulamentadoras;
- Apresentar as características mecânicas das peças, juntamente com o memorial de cálculo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 EQUIPAMENTOS PARA MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS

A manutenção é uma atividade obrigatória no ciclo de vida de qualquer equipamento. Em muitos casos é necessária a movimentação do equipamento para um local adequado, onde a manutenção deve ser realizada. A técnica de movimentação de cargas compreende as operações de elevação, transporte e descarga de objetos manualmente ou utilizando sistemas mecânicos (PASSOS, 2011).

Segundo Shigley (2016), é necessário definir o equipamento correto para a execução da tarefa de elevação e transporte da carga desejada, pois a escolha do equipamento adequado contribui diretamente com a execução segura do trabalho. Sendo assim, é importante conhecer qual a carga a ser movimentada, qual o seu espaço para realização da tarefa e o investimento envolvido no projeto e compra ou construção do equipamento.

Existem diversos tipos de equipamentos destinados para elevação e transporte. Dentre eles, pórticos, semipórticos e pontes rolantes foram utilizados como inspiração para o projeto presente no estudo.

2.1.1 Pórticos e semipórticos

Pórticos e semipórticos são estruturas de elevação e transporte de uma ou duas vigas, com trilhos para movimentação da estrutura. Esses equipamentos são acionados por uma cabine de comando, ou por quadros elétricos na parte inferior da máquina. Quando comparados às pontes rolantes, os pórticos e semipórticos têm a vantagem de possuir maior capacidade de carga que as pontes rolantes visto que não precisam de uma estrutura fixa que limite sua área de translação. Porém, são menos seguros, visto que interferem no tráfego terrestre, e são mais caros. (BRASIL, 1985). Pode-se observar um exemplo de pórtico na Figura 3.

Figura 3 - Exemplo de pórtico.



Fonte: MF Rural, 2019.

2.1.2 Ponte rolante

Segundo Brasil (1985), pontes rolantes são vigas suspensas por um vão livre, que caminham sobre trilhos. Nas cabeceiras estão fixadas as rodas, uma das quais geralmente é acionada por uma caixa de engrenagem, que por sua vez, é acionada por um motor elétrico, o que permite o movimento de translação do ponto de içamento. Pode-se observar um exemplo de ponte rolante na Figura 4.

Figura 4 - Exemplo de ponte rolante.



Fonte: Max-crane, 2019.

2.1.3 Guindauto

Guindauto é o nome dado a um tipo de Guindaste veicular popularmente conhecido como “Caminhão Munck”. Serve para movimentar e carregar grandes cargas, como containers e outros elementos. O Guindauto contém um sistema hidráulico para içamento e remoção de máquinas industriais, além disso, ocupa um espaço menor que o Guindaste, porém, possui uma capacidade menor de levantamento de carga. Um exemplo de Guindauto pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 - Exemplo de guindauto.



Fonte: JZ Munck, 2019.

2.1.4 Guindaste

Um guindaste é um tipo de máquina equipada com um cabo de elevação, correntes e roldanas, que pode ser usado tanto para levantar, baixar materiais e para movê-los horizontalmente.

Ele é usado principalmente para levantar objetos pesados e transportá-los para outros lugares. Ele usa uma ou mais máquinas simples para criar força e, assim, mover cargas além da capacidade normal de um humano. Uma imagem de Guindaste é apresentada na Figura 6.

Figura 6 - Exemplo de guindaste.



Fonte: Nortec Guindastes, 2019.

2.1.5 Talha

As talhas são equipamentos de compensação mecânica destinadas basicamente ao deslocamento vertical de cargas, e/ou deslocando-as por meio de cabos de aço ou correntes. São mais utilizadas para serviços leves de montagem e manutenção que necessitam de baixa a moderada capacidade de carga. A Figura 7 apresenta um exemplo de uma talha manual.

Figura 7 - Talha manual.



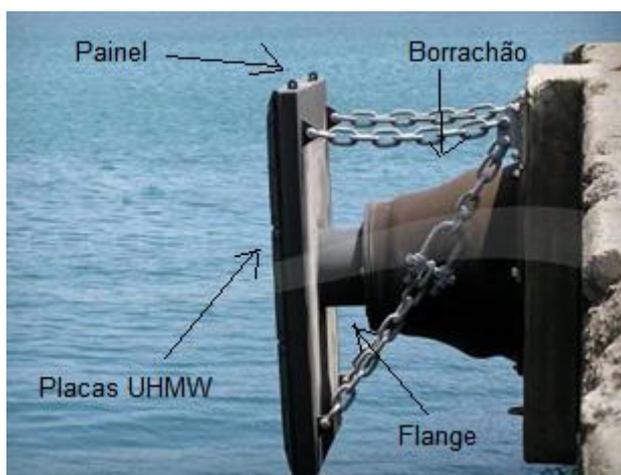
Fonte: CM do Brasil, 2018.

2.2 DEFENSA MARÍTIMA

A defesa marítima é um tipo de para-choque, utilizado para absorver a energia no impacto de contato entre o cais e o navio atracado. Assim, a energia cinética intrínseca do navio que está se aproximando para atracar, é convertida em energia potencial elástica pelo borrachão, enquanto o painel é responsável por suportar tal pressão sem danificar o casco do navio.

A defesa é composta por 4 partes: o borrachão, um cone de borracha contido de uma estrutura metálica interna, o painel, perfis metálicos que compõem a estrutura interna, as placas UHMW (*Ultra High Molecular Weight polyethylene*), que servem para reduzir o atrito de contato entre o navio e a defesa, e o flange, responsável pela ligação do borrachão com o painel. Essas partes mencionadas podem ser visualizadas na Figura 8.

Figura 8 - Componentes de uma defesa.



Fonte: Nauticexpo, adaptado pelo autor, 2019.

2.3 NORMAS INERENTES AO PROJETO

Para o correto projeto de um equipamento de elevação, deve-se obedecer às normas que regem a suas etapas de desenvolvimento, tais como construção, transporte e operação. Desta forma, as normas inerentes ao planejamento deste trabalho são citadas abaixo:

ABNT NBR 8400 – Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas. A norma determina as instruções básicas para o cálculo das partes que compõem o equipamento de levantamento e movimentação de cargas, independentemente de sua complexidade. Portanto, são fixados 3 pilares a serem tratados:

- Solicitações e combinações de solicitações a serem consideradas;
- Condições de resistência dos diversos componentes do equipamento em relação às solicitações consideradas;
- Condições de estabilidade a serem consideradas.

ABNT NBR 10126 – Cotagem em desenho técnico. Princípios gerais de cotagem a serem aplicados em todos os desenhos técnicos.

2.3.1 Normas regulamentadoras

Além das normas técnicas utilizadas para o projeto, o presente estudo também considera possíveis restrições geradas por normas regulamentadoras, portanto, são selecionadas as normas referentes ao assunto tratado no trabalho.

NR 11 – Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais: Estabelece os requisitos de segurança a serem observados nos locais de trabalho, no que se refere ao transporte, à movimentação, à armazenagem e ao manuseio de materiais, tanto de forma mecânica quanto manual, objetivando a prevenção de infortúnios laborais;

NR 12 – Segurança do trabalho em máquinas e equipamentos: Estabelece as medidas preventivas de segurança e higiene do trabalho a serem adotadas pelas empresas em relação à instalação, operação e manutenção de máquinas e equipamentos, visando à prevenção de acidentes do trabalho.

2.3.2 Especificações da ABNT NBR 8400

Todo o cálculo do dimensionamento das vigas será baseado na norma NBR 8400, unido ao conhecimento sobre a resistência dos materiais. A norma lista 3 tipos possíveis de falha: a ultrapassagem do limite de escoamento, da carga crítica de flambagem e do limite de resistência à fadiga. A norma também demonstra que estão previstos nos cálculos três casos de solicitações, de acordo com cada caso a norma apresenta o coeficiente de segurança que deve ser adotado, com mostra a Quadro 1. Já quando a norma se refere ao cisalhamento do material, a Equação 1 é apresentada e deve ser utilizada após o cálculo da tensão admissível.

- Caso I – Serviço normal sem vento;
- Caso II – Serviço normal com vento limite de serviço;
- Caso III – Solicitações excepcionais.

Quadro 1 - Valores de Fator de Segurança para diferentes casos.

Tipo de Tensão	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Tensão admissível (σ_{adm})	$\frac{\sigma_e}{1,5}$	$\frac{\sigma_e}{1,33}$	$\frac{\sigma_e}{1,1}$

Fonte: NBR 8400, adaptado pelo autor.

$$\tau_{adm} = \frac{\sigma_{adm}}{\sqrt{3}} \quad (1)$$

Onde, σ_e é a tensão limite de escoamento do material, tensão na qual o material começa a escoar, e σ_{adm} é a tensão admissível, tensão calculada para haver margem de segurança no projeto.

Ao avaliar os casos listados, escolhe-se o caso I, visto que o tópico é bem claro quanto ao projeto que será executado neste trabalho: "...é o caso, por exemplo, de um guindaste portuário, onde, posicionando o equipamento, uma série de operações se efetua com o guindaste estacionado." (NBR 8400, 1984, P. 14). Para este caso, considera-se as solicitações estáticas devido ao peso

próprio da estrutura S_g , as solicitações devido a carga de serviço S_L multiplicada pelo coeficiente dinâmico ψ e os efeitos horizontais mais desfavoráveis S_H (excluindo os efeitos de choque). As solicitações ditas acima devem ser multiplicadas pelo coeficiente de majoração M_x , conforme Equação 2.

$$M_x(S_g + \psi S_L + S_H) \quad (2)$$

O coeficiente dinâmico varia de acordo com a faixa de velocidade para cada tipo de serviço. Como é mostrado no Quadro 2, onde v_L é a velocidade de elevação da carga.

Quadro 2 - Valores de coeficiente dinâmico.

Equipamento	Coeficiente dinâmico ψ	Faixa de velocidade de elevação da carga (m/s)
Pontes ou pórticos rolantes	1,15	$0 < v_L \leq 0,25$
	$1 + 0,6v_L$	$0,25 < v_L < 1$
	1,6	$v_L \geq 1$

Fonte: NBR 8400, adaptado pelo autor.

O coeficiente de majoração é um coeficiente de ajuste onde as diversas solicitações podem ultrapassadas devido as imperfeições de cálculos ou a imprevistos. A norma determina que os mecanismos devem ser classificados em grupos, a fim de serem determinadas as solicitações que deverão ser levadas em consideração no projeto. Para isso, são levados em consideração dois fatores: a classe de funcionamento e o estado de solicitação, onde se determinou que o mecanismo é pertencente ao grupo 1 e utiliza-se o Quadro 3 para a escolha do coeficiente de majoração.

Quadro 3 - Valores do coeficiente de majoração em função dos grupos.

Grupo	1	2	3	4	5	6
M_x	1	1	1	1,06	1,12	1,2

Fonte: NBR 8400, adaptado pelo autor.

2.4 RESISTÊNCIA À FLEXÃO EM VIGAS

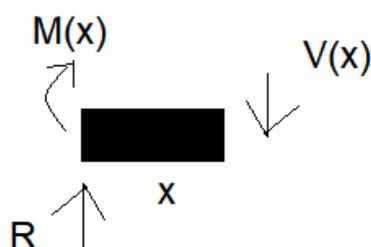
De acordo com Shigley (2016), pode-se determinar a faixa de perfis corretos para suportar a carga da estrutura, se antes forem conhecidas suas dimensões e a carga que a estrutura será submetida.

2.4.1 Momento fletor e esforço cortante

O projeto real de uma viga precisa de um conhecimento detalhado da variação da força de cisalhamento e do momento fletor que atuam em cada ponto ao longo do comprimento axial da viga. Após encontrar as equações da força e do momento fletor, pode-se então usar a teoria da resistência dos materiais e normas adequadas de projeto de engenharia para determinar a área da seção reta da viga (HIBBELER, 2010).

Ao dividir a viga em diferentes seções, utiliza-se as equações da estática para cada região a ser calculada, como pode ser observado na Figura 9, onde $V(x)$ é o esforço cortante, $M(x)$ é o momento fletor, x é a distância e R é a reação devido ao apoio.

Figura 9 - Exemplo de esforços sofridos em uma seção.



Fonte: O Autor, 2019.

Desta forma, entende-se que o carregamento de momento fletor e esforço cortante apresentam descontinuidades em seus diagramas, como pode-se observar pela Figura 10. A Equação 3 é utilizada para realizar os cálculos de vigas com diferentes tipos de apoios e carregamentos, mudando assim, a função para cada tipo.

$$q(x) = -\frac{dV}{dx} = \frac{d^2M}{dx^2} \quad (3)$$

Onde,

$q(x)$ = Equação gerada pelo somatório das forças em relação a um determinado eixo;

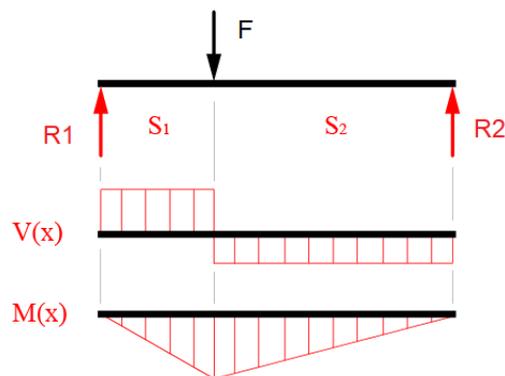
dV = Variação infinitesimal do esforço cortante;

dx = Variação infinitesimal da distância;

dM = Variação infinitesimal do momento fletor.

Assim, os diagramas, montados após os devidos cálculos, revelam em que valor de distância encontram-se os esforços máximos e mínimos.

Figura 10 - Exemplo do diagrama de momento fletor e esforço cortante



Fonte: Hibbeler, 2010. Adaptado pelo autor.

2.5 DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

Segundo Hibbeler (2010), para selecionar uma viga, é necessário ter os valores do momento fletor máximo e da tensão admissível, para que então se conheça o seu módulo de resistência à flexão, como é mostrado na Equação 4.

$$W_{\min} = \frac{M_f \text{ máx}}{\sigma_{adm}} \quad (4)$$

Onde:

W_{\min} = Módulo de resistência à flexão da viga,

$M_{f \text{ máx}}$ = Momento fletor máximo;

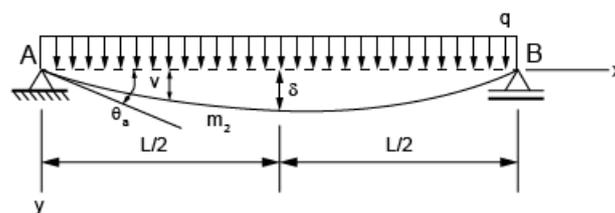
σ_{adm} = Tensão admissível.

Após este cálculo, a tabela do fabricante é consultada, para definir as vigas que atenderão o projeto.

2.5.1 Inclinação e deslocamento de uma viga

Segundo Hibbeler (2010), para determinar a inclinação e o deslocamento de estrutura sujeita à flexão, deve-se conhecer as propriedades do material a ser utilizado, além do carregamento que atua sobre ele. É possível observar na Figura 11 as variáveis que devem ser encontradas no cálculo, o deslocamento (v), e o ângulo (θ), em relação à linha de centro da viga.

Figura 11 - Exemplo de viga sujeita à deflexão.



Fonte: Hibbeler, 2010.

Para determinar as variáveis em questão, o autor recomenda as expressões matemáticas apresentadas nas Equações 5 e 6.

$$\theta = \frac{P \cdot L^2}{2(E \cdot I)} \quad (5)$$

$$v = \frac{P \cdot L^3}{3(E \cdot I)} \quad (6)$$

Onde,

P= Carga aplicada;

L = Comprimento da viga;
 E = Módulo de elasticidade do material;
 I = Momento de inércia da viga;
 θ = Ângulo de inclinação;
 v = Deslocamento.

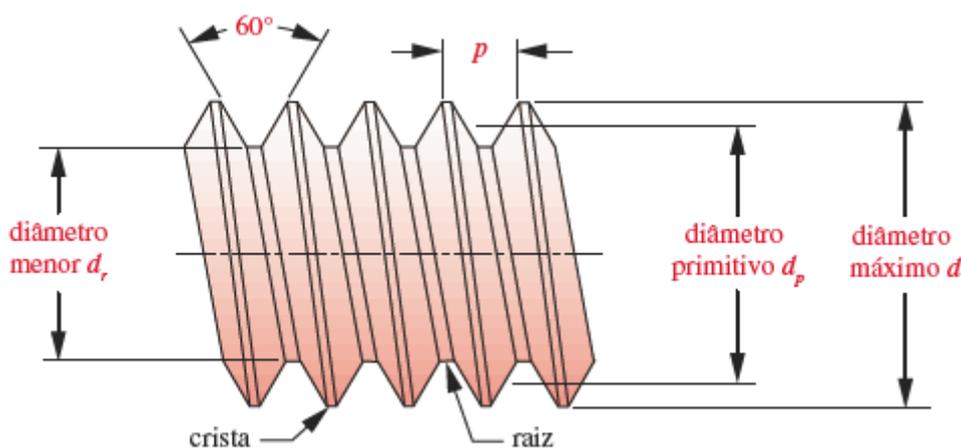
2.6 PARAFUSOS

Segundo Norton (2013), as porcas e parafusos presentes em um projeto são fundamentais para o sucesso ou falha do mesmo. A praticidade em montar e desmontar um equipamento com peças parafusadas, unida a sua boa resistência mecânica, são os grandes atrativos desta área de estudo.

2.6.1 Resistência dos parafusos à tração

Se uma barra rosqueada é submetida a uma carga de tração pura, é de se esperar que sua resistência seja limitada pela área do diâmetro menor d_r (diâmetro raiz ou menor) (NORTON, 2012). Contudo, testes de barras rosqueadas sob tração mostram que sua resistência à tração é mais bem definida pela média dos diâmetros menor e primitivo d_p . A Figura 12 detalha as posições dos diâmetros citados acima.

Figura 12 - Características de uma barra rosçada.



Fonte: Norton, 2013.

Desta forma, o cálculo da área tensionada (A_t) em um parafuso dá-se pela Equação 7.

$$A_t = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_p - d_r}{2} \right)^2 \quad (7)$$

Onde, para roscas de norma ISO, utiliza-se as Equações 8 e 9 para determinar o diâmetro primitivo e o diâmetro menor, respectivamente.

$$d_p = d - 0,649519p \quad (8)$$

$$d_r = d - 1,226869p \quad (9)$$

Onde:

d = Diâmetro Máximo da rosca.

p = Passo da rosca.

Portanto, o resultado da tensão de tração em um parafuso pode ser obtido através da Equação 10.

$$\sigma_t = \frac{F}{A_t} \quad (10)$$

Onde:

F = Força de tração aplicada;

A_t = Área de aplicação da força;

σ_t = Tensão de tração.

De acordo com a NBR8400 as forças perpendiculares ao plano de junção tendem a provocar uma descompressão das peças em contato. O valor admissível Na é determinado dividindo-se o esforço de tração no parafuso após o aperto (T_p) pelo coeficiente de segurança (FS_p) dado pelo Quadro 1. A Equação 11 mostra a relação entre as variáveis citadas.

$$Na = \frac{T_p}{FS_p} \quad (11)$$

Já a força que atua na união, deve ser determinada através da Equação 12, uma vez que a mesma considera variáveis de projeto, segundo parâmetros presentes na norma.

$$F_P = M_x(R_g + \psi R_L) \quad (12)$$

M_x = Coeficiente de majoração;

R_l = Reação gerada pelo peso do carregamento;

R_g = Reação gerada pelo peso da estrutura;

ψ = Coeficiente dinâmico.

O fator de segurança (FS_p) que deve ser adotado para tensões paralelas ao plano de contato de uniões parafusadas obedece a uma tabela para cada caso de projeto, como é mostrado no Quadro 4.

Quadro 4 - Valores de FS_p para diferentes casos.

Caso de solicitação	Caso I	Caso II	Caso III
Fator de segurança (FS_p)	1,65	1,45	1,10

Fonte: NBR 8400, adaptado pelo autor.

2.6.2 Resistência dos parafusos ao cisalhamento

De acordo com Almeida et al (2017), entende-se que o cisalhamento do parafuso se divide em duas situações. A situação 1 ocorre quando o material que compõe a porca é mais fraco que o parafuso (mais comum), então o cisalhamento ocorre no diâmetro maior. Já a situação 2 surge quando o material do parafuso é o mais frágil entre os dois, assim, o corte ocorrerá no diâmetro menor. O cálculo da área pode ser realizado através da Equação 13.

$$A = \pi d w p \quad (13)$$

Onde:

A = Área de cisalhamento;

d = Diâmetro de cisalhamento;

w = Fator que define a porcentagem do passo ocupado pelo diâmetro em questão.

Os valores da Equação 13 se adaptam para cada tipo de situação apresentada anteriormente. No Quadro 5, verifica-se os fatores para cada

posição de cisalhamento, onde w_t é o da rosca menor e w_e é o da rosca maior. O escolhido deve ser inserido no w da Equação 13.

Quadro 5 - Fatores de área para cada região de corte.

Tipo de rosca	w_t (menor)	w_e (maior)
UNS/ISO	0,80	0,88
Quadrada	0,50	0,50
Acme	0,77	0,63
Botaréu	0,90	0,83

Fonte: Norton, 2013, adaptado pelo autor.

Segundo a norma NBR 8400, o fator de segurança (FS_p) que deve ser adotado para tensões paralelas ao plano de contato de uniões parafusadas obedece a uma tabela para cada caso de projeto, como é mostrado no Quadro 6.

Quadro 6 - Valores de FS_p (cisalhamento) para cada caso.

Caso de solicitação	Caso I	Caso II	Caso III
Fator de segurança (FS_p)	1,50	1,33	1,10

Fonte: NBR 8400, adaptado pelo autor.

Ainda de acordo com a norma, o cálculo da resistência dos parafusos às cargas paralelas ao plano de contato (cisalhantes), deve ser realizado através da Equação 14. Onde, σ_e é a tensão de escoamento do material.

$$\sigma_{adm} = 0,7 \cdot \sigma_e \quad (14)$$

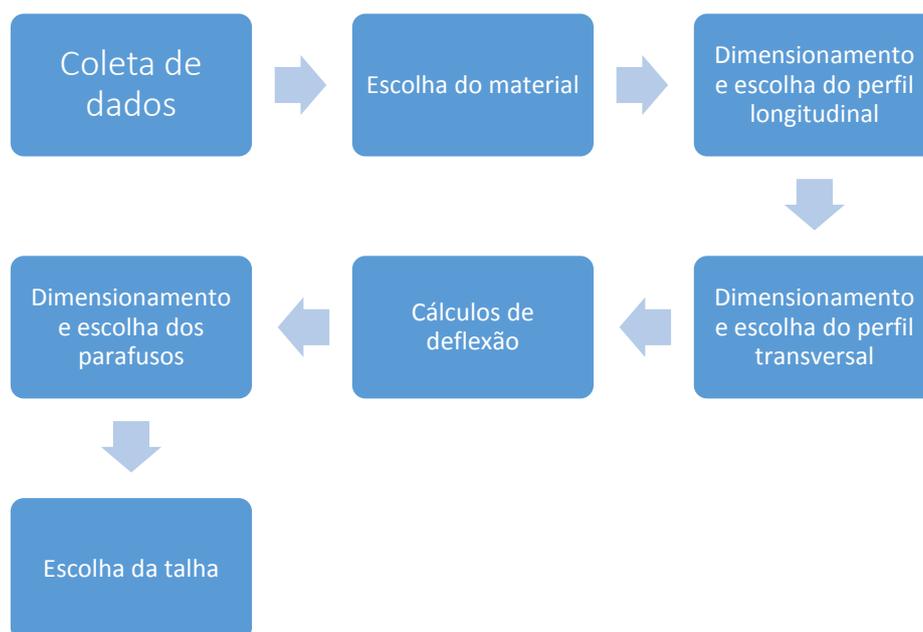
A Equação 15 é utilizada para encontrar a força de aperto dos planos cisalhantes, onde μ é o coeficiente de atrito.

$$F_P = \left(\frac{\mu T_p}{FS_p} \right) \quad (15)$$

3 METODOLOGIA

Existem diversas etapas a serem executadas durante a confecção deste estudo, que vão desde a coleta de dados até a escolha da talha que será utilizada para a remoção da defesa. Afim de organizar os trabalhos, monta-se um fluxograma das atividades, como pode ser observado na Figura 13.

Figura 13 - Fluxograma de atividades.



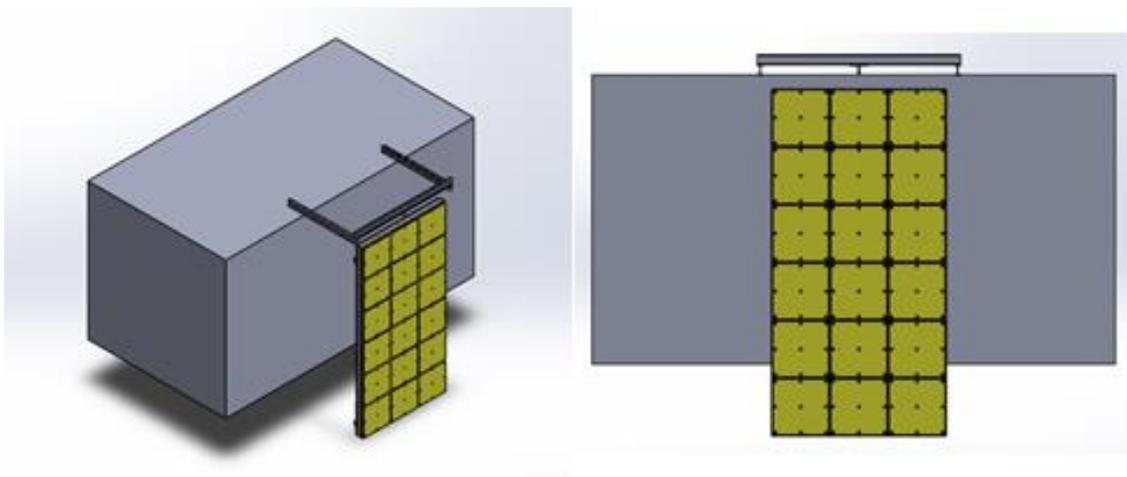
Fonte: O Autor, 2019.

3.1 DADOS PARA DIMENSIONAMENTO

As defensas utilizadas no Porto de Suape possuem dimensão retangular, medindo 3 m por 6 m e possuem massa de 6 toneladas. A distância entre a defesa e o cais é de 1,9 m. Os pontos de fixação entre o cais e a estrutura serão parafusados, assim como os pontos entre os perfis.

Para iniciar os cálculos, se traçou um desenho da estrutura para exemplificar como ela deve ser posicionada ao cais, com o auxílio de um software CAD, como é mostrado na Figura 15.

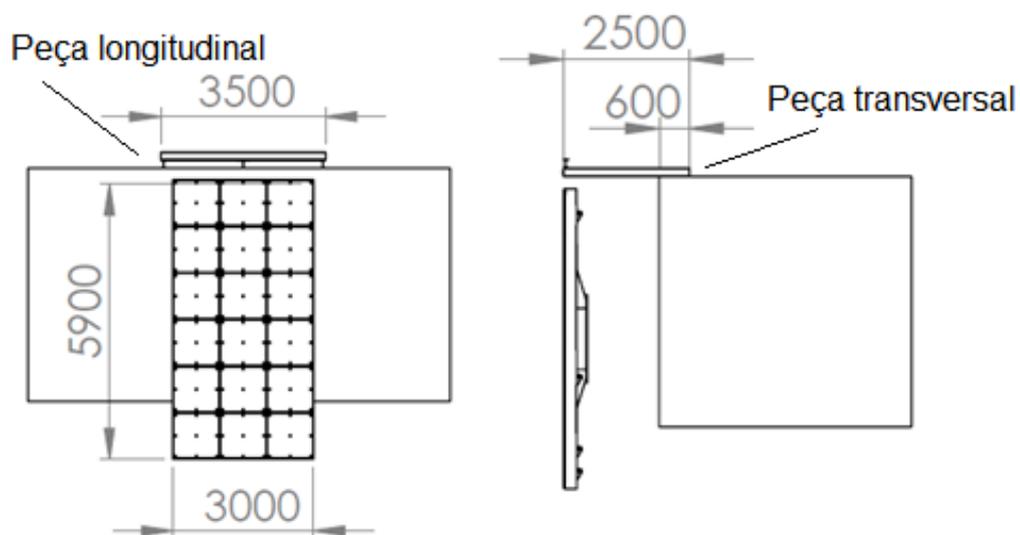
Figura 14 - Vista frontal e isométrica do conjunto.



Fonte: O Autor, 2019.

Para detalhar mais, as dimensões de projeto podem ser observadas na Figura 16. Estas, são atribuídas para dar início aos cálculos, e são delimitadas pelas dimensões da defesa.

Figura 15 - Atribuição de dimensões para cada peça.



Fonte: O Autor, 2019

3.2 SELEÇÃO DO MATERIAL

Para realizar o dimensionamento das vigas, deve-se escolher o tipo de material utilizado, para que os valores de limite das resistências sejam conhecidos anteriormente. Para este estudo, foi escolhido o aço ASTM A36, visto que é um aço estrutural, tem uma boa resistência a corrosão e é o mesmo aço utilizado na construção das defensas utilizadas no Porto de Suape. As especificações do material podem ser vistas no Quadro 7.

Quadro 7 - Especificações do aço ASTM A36.

AÇO ASTM A36	
Limite de escoamento (σ_e)	250Mpa (mín)
Resistência a tração	400Mpa (mín)
Módulo de elasticidade	200GPa (mín)

Fonte: Usiminas, adaptado pelo autor.

3.3 FORÇAS ATUANTES

Existem origens de força que atuam na estrutura, resistência do ar, massa da defesa e massa dos perfis. A norma ABNT NBR 8400 apresenta os casos para escolha de acordo com o tipo de projeto, como foi apresentado no tópico 2.3.2. Escolhe-se então, o caso 1, uma vez que a norma é clara ao informar que são casos em que não existem translação da estrutura em questão. Portanto, o cálculo da resistência do ar não participa do conjunto exigido pela norma para o caso 1. Para reforçar o porquê da escolha, a norma cita a seguinte situação: "...é o caso, por exemplo, de um guindaste portuário, onde, posicionando o equipamento, uma série de operações se efetua com o guindaste estacionado." (NBR 8400, 1984, P. 14). Também não foram considerados sinistros durante o processo, como choques na carga ou na estrutura.

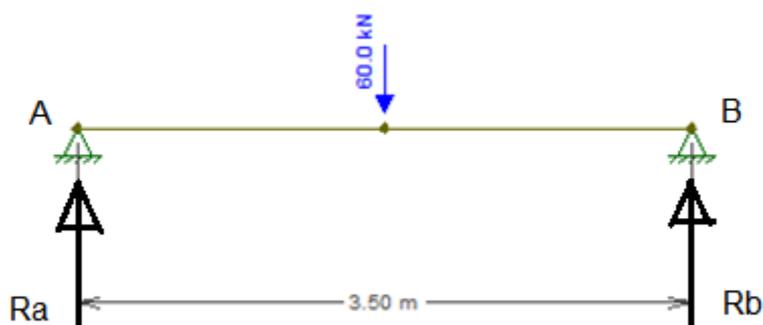
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 DIMENSIONAMENTO DA PEÇA LONGITUDINAL DEVIDO AO CARREGAMENTO

A peça longitudinal nada mais é que uma viga submetida a um carregamento simples, o peso da própria defesa, que será içada por uma talha presa ao seu olhal. A defesa possui massa de 6000 kg, desta forma, uma força de aproximadamente 60 kN está atuando no meio da viga. Sabendo que seu comprimento é de 3.5 m, 500 mm a mais que a largura da defesa, a força estará a 1.75 m de ambas as extremidades. Com isso, será montado o diagrama de força afim de se obter as reações de apoio e definir o momento fletor e o esforço cortante e assim, obter as tensões admissíveis e através delas encontrar o módulo de resistência a flexão e a partir dela definir o tipo de perfil que será utilizado para a estrutura.

Utilizando o software Ftool, monta-se o diagrama, como é mostrado na Figura 16.

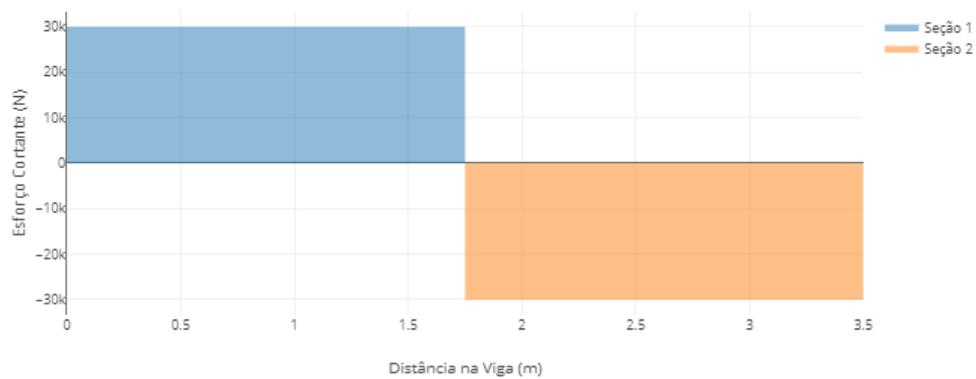
Figura 16 - Diagrama da viga carregada.



Fonte: O Autor, 2019.

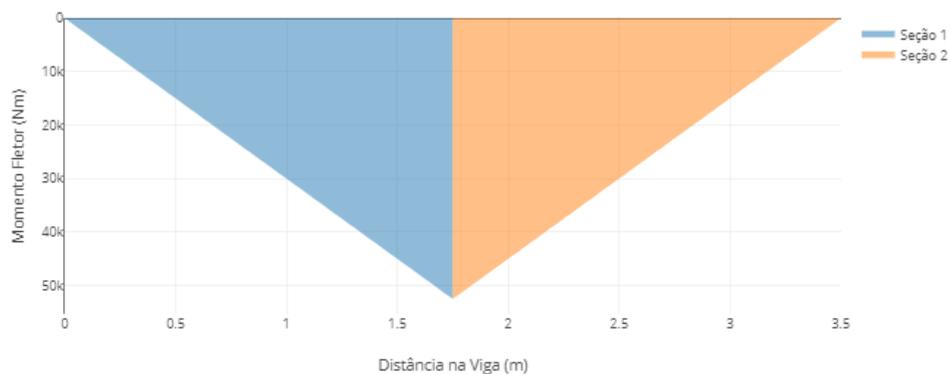
Os cálculos das reações e das equações do esforço cortante e do momento fletor podem ser encontradas no Apêndice A. Após encontradas, monta-se seus respectivos gráficos. As Figuras 17 e 18 foram montadas com o auxílio do site www.aprenderengenharia.com.br.

Figura 17 - Diagrama do esforço cortante.



Fonte: O Autor, 2019.

Figura 18 - Diagrama do momento fletor.



Fonte: O Autor, 2019.

Após isso, determina-se o valor de tensão admissível que será utilizada no dimensionamento. Portanto, utiliza-se o Quadro 1, Quadro 7 e a Equação 1.

$$\tau_{adm} = \frac{\sigma_e}{1,5 \times \sqrt{3}} = 96,23 \text{ MPa} \quad (1)$$

Sendo τ_{adm} , ou S_L , a carga de serviço cisalhante aplicado ao sistema.

Com o valor da tensão admissível de cisalhamento e o do momento fletor máximo, pode-se determinar o perfil que será utilizado no projeto, através da Equação 4.

$$W_{\min} = \frac{M_f \text{ máx}}{\tau_{adm}} = \frac{52500 \times 10^3}{96,23} = 545,57 \times 10^3 \text{ mm}^3 \quad (4)$$

Ao consultar o catálogo de perfis W e I da Gerdau, selecionamos apenas os elegíveis para o projeto, que são os que possuem o módulo de resistência à flexão (W) maior do que o encontrado na Equação 4. Dessa forma, o Quadro 4 detalha os perfis encontrados.

Quadro 8 - Perfis selecionados para escolha.

Perfil	Módulo de resistência à flexão (W) para o eixo x-x (cm^3)
W200x59	584,8
W310x52	761,5
W360x38	729,4

Fonte: Catálogo de perfil Gerdau, 2019, adaptado pelo autor.

Dentre os elegíveis, escolheu-se o perfil W200x59, pois é o que possui uma resistência adequada ao projeto, uma vez que o preço do metro de perfil cresce proporcionalmente à sua resistência, tornando assim o projeto mais econômico financeiramente. Logo, o Quadro 9 detalha algumas características do produto selecionado. O catálogo da Gerdau pode ser observado no Anexo A.

Quadro 9 - Características do perfil escolhido.

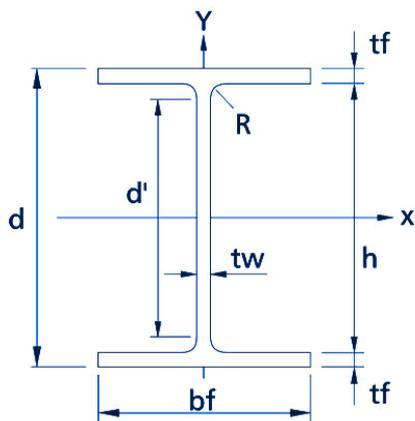
Perfil	Densidade	Área útil	Alma (tw)	Altura do perfil (d)	Momento de Inércia (I)
W200x59	59 Kg/m	1911 mm^2	9,1 mm	210 mm	6140 cm^4

Fonte: Catálogo Gerdau, 2019, adaptado pelo autor.

A área útil não é especificada no catálogo de perfis da Gerdau. O valor é encontrado através do produto entre a espessura da alma do perfil e altura do mesmo. Pode-se verificar o detalhamento da seção transversal do perfil na Figura 20. Onde, tw é chamada de alma do perfil, d' é a altura da alma, d a altura

do perfil, b_f a largura da aba, t_f a espessura da aba, h a distância entre abas e R o raio de canto.

Figura 19 - Vista da seção transversal do perfil.

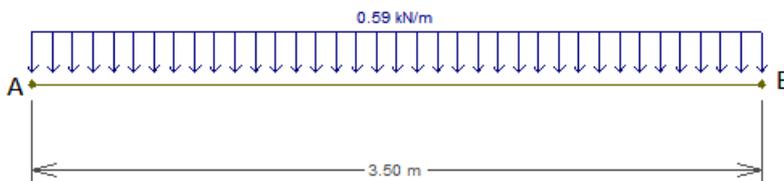


Fonte: O Autor, 2019.

4.1.1 Dimensionamento da peça Longitudinal devido ao peso próprio

Conhecendo o tipo de perfil que será utilizado, pode-se determinar a tensão proveniente do peso do perfil. Desta forma, monta-se o esquema de forças com tal carga, como é apresentado na Figura 20.

Figura 20 - Esboço da viga carregada com seu próprio peso.

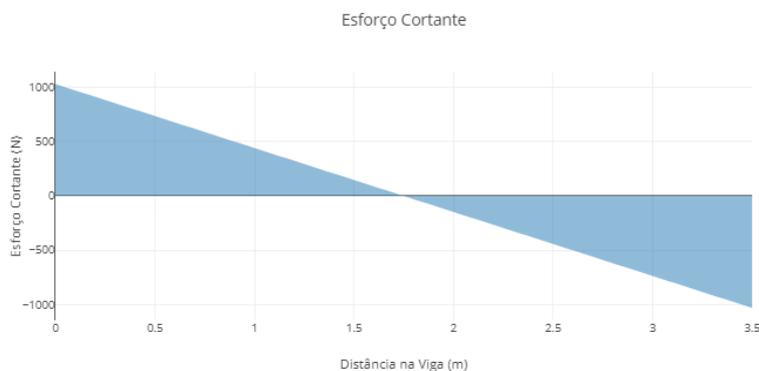


Fonte: O Autor, 2019.

Inicialmente, determina-se as reações dos apoios, o primeiro chamado de apoio A e o segundo de B, da esquerda para a direita. Desta forma, os cálculos desse tópico podem ser encontrados no Apêndice A.

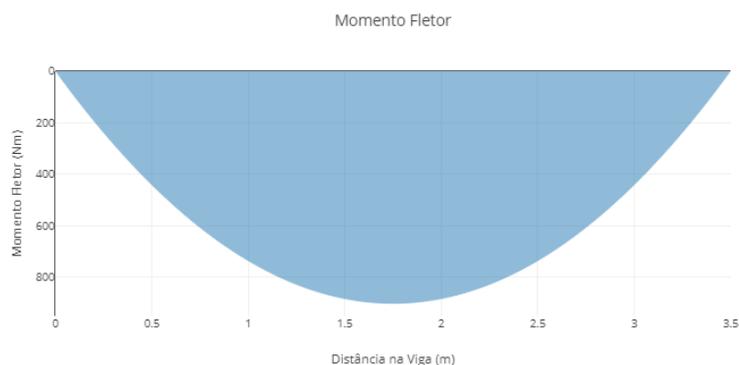
Com as equações do momento fletor e esforço cortante em mãos, pode-se montar seus diagramas como é mostrado nas Figuras 21 e 22.

Figura 21 - Diagrama do esforço cortante gerado pelo peso da viga.



Fonte: O Autor, 2019.

Figura 22 - Diagrama do momento fletor gerado pelo peso da viga.



Fonte: O Autor, 2019.

A NBR 8400 solicita que seja realizados os seguintes cálculos para verificação da viabilidade do projeto.

Inicialmente, calcula-se a sollicitação de esforço no eixo Y. A norma especifica que todos os cálculos devem ser realizados e inseridos na Equação 16.

$$\sigma_{xx} = M_x \left(\psi \frac{M_l}{W_{xx}} + \frac{M_g}{W_{xx}} \right) = 104,78 \text{ MPa} \quad (16)$$

Sendo:

σ_{xx} = Tensão no eixo x-x;

$M_x = 1$, representa o coeficiente de majoração;

$W_{xx} = 584.10^3 \text{ mm}^3$, módulo de resistência à flexão no eixo x-x;

$\psi = 1,15$, representa o coeficiente dinâmico, de acordo com o Quadro 2;

$M_l = 52,5 \text{ KN.m}$, momento fletor máximo da viga devido à carga;

$M_g = 1,0325 \text{ KN.m}$, momento fletor máximo da viga devido ao peso próprio.

Ao analisar o cálculo para o eixo σ_{yy} , nota-se que a norma o recomenda apenas para situações em que o sistema possua trilhos de deslocamento, uma vez que estes criam tensões no eixo.

Desta forma, realiza-se o cálculo a tensão cisalhante:

$$\tau_{xy} = M_x \left(\psi \frac{V_l}{A_{ef}} + \frac{V_g}{A_{ef}} \right) = 18,59 \text{ MPa} \quad (17)$$

Sendo:

τ_{xy} = Tensão de cisalhamento;

$A_{ef} = 1911 \text{ mm}^2$, a área efetiva;

$V_l = 30 \text{ KN}$, esforço cortante máximo gerado pelo carregamento;

$V_g = 1,0325 \text{ KN}$, esforço cortante máximo gerado pelo peso próprio da viga.

Com todos os valores obtidos, utiliza-se a Equação 18, para determinar a tensão de comparação, que deverá ser menor que a admissível.

$$\sigma_{cp} = \sqrt{\sigma_{xx}^2 + 3\tau_{xy}^2} = 109,62 \text{ MPa} \quad (18)$$

A Equação 19 é utilizada, assumindo o Caso 1 do Quadro 1, onde o Fator de Segurança é 1,5.

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_e}{1,5} = 166,67 \text{ MPa} \quad (19)$$

O Quadro 10 faz um comparativo entre todas as tensões encontradas com as admissíveis.

Quadro 10 - Comparativo entre tensões.

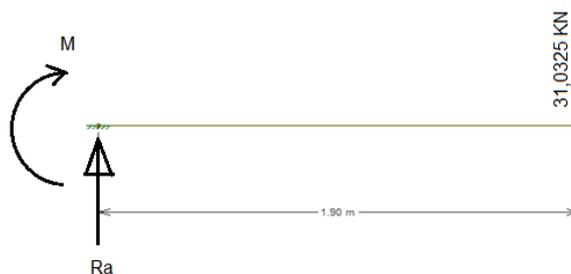
Tensão encontrada	Tensão admissível	Conformidade
$\sigma_{xx} = 104,78 \text{ MPa}$	$\sigma_{adm} = 166,67 \text{ MPa}$	Atende
$\tau_{xy} = 18,59 \text{ MPa}$	$\tau_{adm} = 96,23 \text{ MPa}$	Atende
$\sigma_{cp} = 109,62 \text{ MPa}$	$\sigma_{adm} = 166,67 \text{ MPa}$	Atende

Fonte: O Autor, 2019.

4.2 DIMENSIONAMENTO DA PEÇA TRANSVERSAL DEVIDO AO CARREGAMENTO

Os cálculos necessários para dimensionar o perfil transversal são muito semelhantes aos utilizados na Peça Longitudinal, diferenciando apenas o método de cálculo de esforço cortante e momento fletor, visto que o perfil se encontra parafusado e apoiado ao solo, como um engaste. A força aplicada é de 31,0325 N e é a reação gerada pelo peso da defesa somada com o peso do perfil longitudinal e a soma é dividida por 2, pois é o número de peças transversais que dividem a carga. Desta forma, este cálculo será realizado como mostra as equações do Apêndice B. Um esquema da distribuição de forças pode ser observado na Figura 23.

Figura 23 - Esboço da viga (peça transversal).



Fonte: O Autor, 2019.

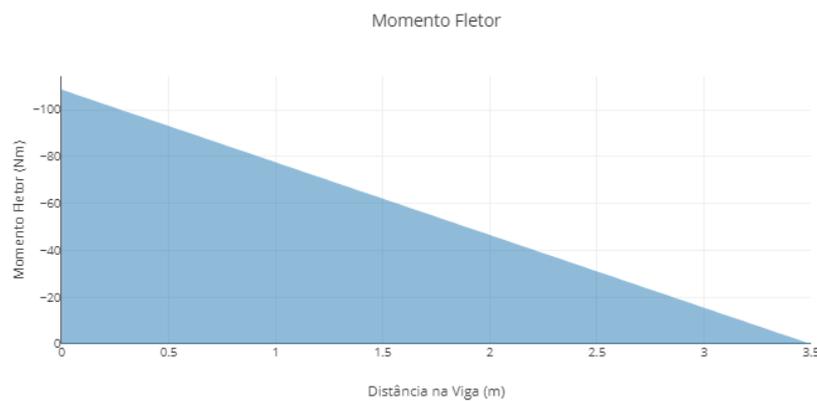
Com as equações do momento fletor e esforço cortante em mãos, pode-se montar seus diagramas como é mostrado nas Figuras 24 e 25.

Figura 24 - Diagrama do esforço cortante gerado pelo carregamento da viga.



Fonte: O Autor, 2019.

Figura 25 - Diagrama do momento fletor gerado pelo carregamento da viga.



Fonte: O Autor, 2019.

4.2.1 Solicitação devido ao peso próprio

Inserir-se, então, os valores obtidos no Apêndice B na Equação 16, para cálculo da tensão no eixo xx, como foi feito anteriormente.

$$\sigma_{xx} = M_x \left(\psi \frac{M_l}{W_{xx}} + \frac{M_g}{W_{xx}} \right) = 119,53 \text{ MPa} \quad (16)$$

Onde:

σ_{xx} = Tensão no eixo x-x;

$M_x = 1$, representa o coeficiente de majoração;

$W_{xx} = 584.10^3 \text{ mm}^3$, módulo de resistência à flexão no eixo x-x;

$\psi = 1,15$, representa o coeficiente dinâmico, de acordo com o Quadro 2;

$M_l = 58,96 \text{ KN.m}$, momento fletor máximo da viga devido à carga;

$M_g = 2,014 \text{ KN.m}$, momento fletor máximo da viga devido ao peso próprio.

Também se utilizam os valores para a Equação 17, onde será encontrada a tensão de cisalhamento.

$$\tau_{xy} = M_x \left(\psi \frac{V_l}{A_{ef}} + \frac{V_g}{A_{ef}} \right) = 19,26 \text{ MPa} \quad (17)$$

Sendo:

τ_{xy} = Tensão de cisalhamento;

$A_{ef} = 1911 \text{ mm}^2$, a área efetiva;

$V_l = 31,0325 \text{ KN}$, esforço cortante máximo gerado pelo carregamento;

$V_g = 1,12 \text{ KN}$, esforço cortante máximo gerado pelo peso próprio da viga.

Com todos os valores obtidos, utiliza-se a Equação 18, para determinar a tensão de comparação, que deverá ser menor que a admissível.

$$\sigma_{cp} = \sqrt{\sigma_{xx}^2 + 3\tau_{xy}^2} = 124,10 \text{ MPa} \quad (18)$$

Dessa maneira, o Quadro 11 detalha os valores obtidos e compara-os com os admissíveis para o material, como foi realizado no Quadro 10.

Quadro 11 - Comparativo entre tensões.

Tensão encontrada	Tensão admissível	Conformidade
$\sigma_{xx} = 119,53 \text{ MPa}$	$\sigma_{adm} = 166,67 \text{ MPa}$	Atende
$\tau_{xy} = 19,26 \text{ MPa}$	$\tau_{adm} = 96,23 \text{ MPa}$	Atende
$\sigma_{cp} = 124,10 \text{ MPa}$	$\sigma_{adm} = 166,67 \text{ MPa}$	Atende

Fonte: O Autor, 2019.

4.3 CÁLCULO DE DEFLEXÃO

4.3.1 Deflexão na peça transversal

Para realizar o cálculo do ângulo de deflexão e o deslocamento, deve-se conhecer as propriedades do perfil que será analisado, neste caso, o perfil é o W200x59. A força utilizada no cálculo é a reação de apoio à carga gerada pela defesa e pelo peso próprio dos perfis. Com base no Quadro 9, seleciona-se o Momento de Inércia da estrutura. Já no Quadro 7, utiliza-se o valor do Módulo de Elasticidade. Desta forma, o cálculo é realizado conforme as Equações 5 e 6.

$$\theta = \frac{P \cdot L^2}{2(E \cdot I)} = \frac{32,15 \cdot 10^3 \cdot (1,9 \cdot 10^3)^2}{2 \cdot 2.200 \cdot 10^3 \cdot 6140 \cdot 10^4} = 0,0047 \text{ rad} \quad (5)$$

$$v = \frac{P \cdot L^3}{3(E \cdot I)} = \frac{32,15 \cdot 10^3 \cdot (1,9 \cdot 10^3)^3}{3 \cdot 2.200 \cdot 10^3 \cdot 6140 \cdot 10^4} = 5,98 \text{ mm} \quad (6)$$

4.3.2 Deflexão na peça longitudinal

Já para a peça longitudinal só é levada em consideração a carga gerada pela defesa e o peso próprio. Realiza-se o mesmo método da seção anterior.

$$\theta = \frac{P \cdot L^2}{2(E \cdot I)} = \frac{60,59 \cdot 10^3 \cdot (3,5 \cdot 10^3)^2}{2 \cdot 2.200 \cdot 10^3 \cdot 6140 \cdot 10^4} = 0,030 \text{ rad} \quad (5)$$

$$v = \frac{P \cdot L^3}{3(E \cdot I)} = \frac{60,59 \cdot 10^3 \cdot (3,5 \cdot 10^3)^3}{3 \cdot 2.200 \cdot 10^3 \cdot 6140 \cdot 10^4} = 70,52 \text{ mm} \quad (6)$$

4.4 DIMENSIONAMENTO DOS PARAFUSOS

Ao analisar as regiões de contato entre a estrutura e o paredão, verifica-se que a tensão atuante nos parafusos é de tração, visto que a ela tende a se desprender. Portanto, para determinar a força de reação F_p , é utilizada a Equação 12, como determina a NBR 8400.

$$F_p = M_x(R_g + \psi R_l) = 36,80 \text{ KN} \quad (12)$$

Onde:

$M_x = 1$, representa o coeficiente de majoração;

$R_l = 31,03$ KN, Reação de apoio devido à carga;

$R_g = 1,12$ KN, Reação de apoio devido ao peso próprio;

$\psi = 1,15$, representa o coeficiente dinâmico, de acordo com o Quadro 2.

Para a fixação uniforme, planejou-se utilizar 4 parafusos em cada peça e o Quadro 4, para retirar o valor do Fator de Segurança para o Caso 1. Sendo assim, utiliza-se a Equação 11 para encontrar a tensão por parafuso.

$$T_p = FS_p \cdot Na = 1,65 \cdot \left(\frac{36,80}{4}\right) = 15,18 \text{ KN} \quad (11)$$

Por ser uma estrutura simétrica no eixo X e ter um carregamento central, todo o cálculo realizado para um lado também servirá para o outro. O parafuso escolhido para o ponto foi o M7, inox, área nominal de 28,9 mm², classe 8.8 da Ciser. A tabela do fabricante pode ser observada no Anexo B.

4.5 ESPECIFICAÇÕES DOS COMPONENTES

Após concluídos os cálculos, é possível organizar todas as dimensões e materiais selecionados para cada tipo de situação analisada. Portanto, o Quadro 12 organiza de forma prática algumas características dos perfis que irão compor a estrutura, afim de praticidade na execução do projeto, onde teremos uma peça nomeada de Longitudinal e duas peças nomeadas de Transversal.

Quadro 12 - Características dos perfis para montagem.

Perfis	
Material	A36
Nomenclatura	W200x59
Massa por metro	59 kg/m
Comprimento da peça Longitudinal	3,5 m
Comprimento da peça Transversal	2,5 m

Fonte: O Autor, 2019.

Para fixação dos perfis citados a cima, utilizaremos 16 parafusos, 8 para fixar no píer, 4 em cada peça transversal, e 8 para fixar os perfis um nos outros, 4 no lado direito e quatro no lado esquerdo. O Quadro 13 mostra suas especificações.

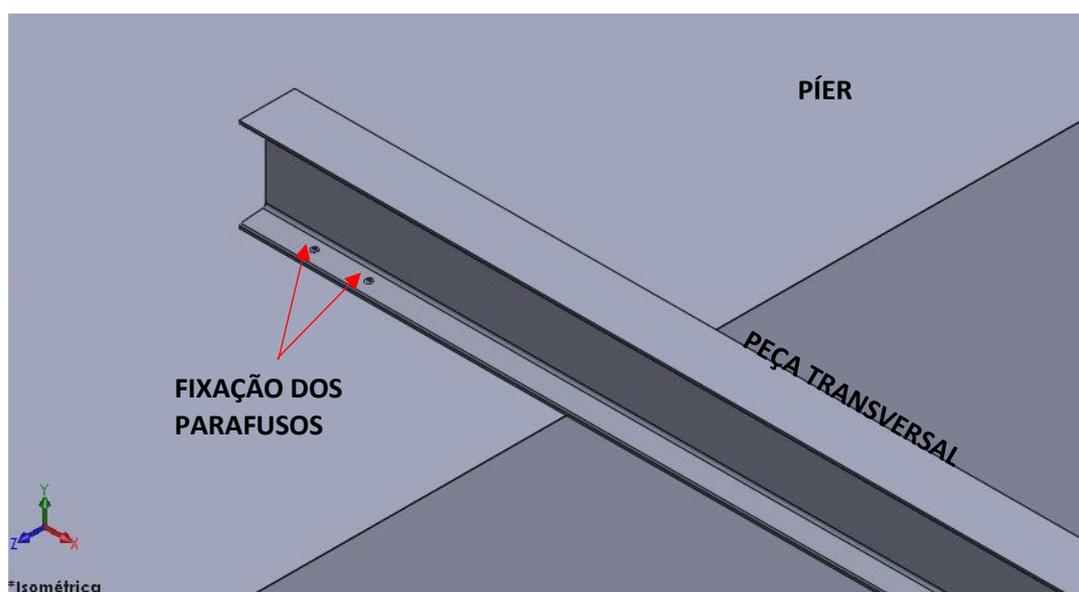
Quadro 13 - Características dos parafusos para montagem.

Parafusos	
Nomenclatura	M7
Carga de prova	16,8 KN
Diâmetro	7 mm
Classe de resistência	8.8
Fabricante	Ciser

Fonte: O Autor, 2019.

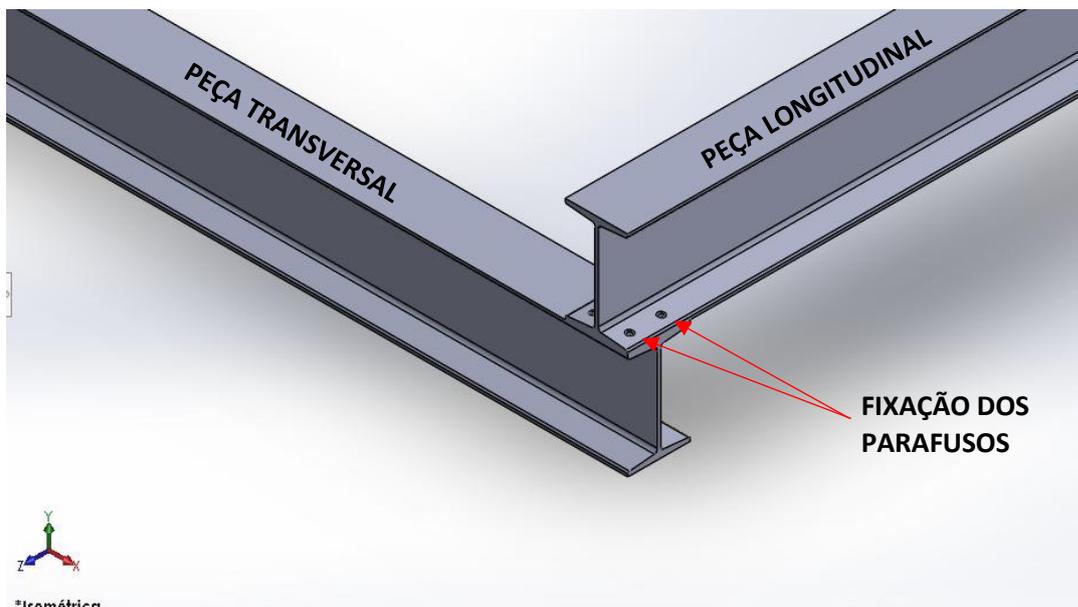
Com a definição e as características dos componentes que serão usados para montagem da estrutura, pôde-se elaborar com o auxílio do Software CAD o esquema de montagem e fixação da estrutura no píer. As figuras 26 e 27 demonstram o esquema citado.

Figura 26 - Vista isométrica da fixação da peça transversal no píer.



Fonte: O Autor, 2019.

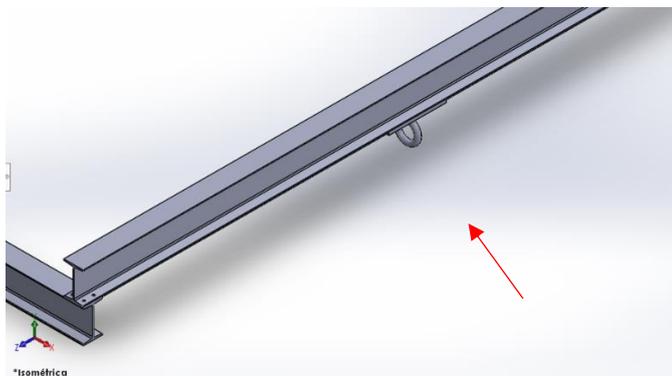
Figura 27 - Vista isométrica da fixação da peça transversal com a longitudinal.



Fonte: O Autor, 2019.

A escolha da talha leva em consideração a carga que ela terá que suportar, na ocasião o peso da defesa, que tem massa de 6 toneladas. Com isso, foi escolhido a talha que suporte 10 toneladas, visando obter uma segurança maior no processo. A tabela do fabricante pode ser observada no Anexo C. Na Figura 28 é possível observar o ponto de fixação da talha.

Figura 28 - Olhal de fixação da talha.



Fonte: O Autor, 2019.

O desenho técnico completo da estrutura pode ser observado no Apêndice C.

Como não há espaço para entrada e saída de veículos grandes, o uso do guindauto ou guindastes torna-se inviável. Dessa forma, a estrutura será utilizada para colocar a defesa sobre um barco rebocador, sendo então realizada sua retirada ou instalação pelo mar, anulando assim, a necessidade de se utilizar as instalações do píer. Uma imagem do barco rebocador pode ser observada na Figura 29.

Figura 29 - Exemplo de rebocador que pode ser usado.



Fonte: O Autor, 2019.

A utilização do barco rebocador é viável, visto que a administração do porto possui parceria com as empresas responsáveis por estas embarcações. Desta forma, o rebocador pode ser utilizado no processo. Para isso, a discussão envolve que tipo de equipamento deve ser dimensionado para descer a defesa até a embarcação.

5 CONCLUSÃO

Com a utilização de algumas normas de projeto e o conhecimento adquirido nas disciplinas de estática, mecânica dos sólidos e projetos de máquinas, foi possível dimensionar a estrutura desse trabalho. Sendo assim, tive a oportunidade de conhecer e utilizar normas de projeto que não conhecia, essa experiência possibilitou ter capacidade de desenvolver outros projetos semelhantes no futuro.

É fato que a estrutura é uma solução para o problema encontrado por setores de manutenção de portos que não possuem livre acesso para a retirada de defensas, visto que, os perfis atendem às normas de segurança tanto como os parafusos de fixação da estrutura, além de suportarem a carga do equipamento portuário somada com o seu próprio peso. Todos os valores de limite da estrutura foram atendidos de acordo com limites determinados por norma, o que atesta ser fidedigna, já que os valores foram satisfatórios.

Este estudo também demonstrou que nem sempre investimentos em Guindastes, Guindautos ou equipamentos modernos são a melhor solução e, fica a cargo do engenheiro mecânico, definir as melhores estratégias para contornar as limitações dos serviços, evitando assim gastos indevidos em relação a custos financeiros.

Entende-se, então, que a solução apresentada nesse estudo atende ao problema encontrado nos píers que não possuem fácil acesso para equipamentos de movimentação de cargas.

6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Portanto, é sugerido pelo autor que, em estudos futuros a análise dos parafusos seja feita através do Método de Elementos Finitos, afim de se obter resultados mais refinados. Também poderá ser estudada a estrutura, considerando tanto a força do vento como forças de efeitos horizontais que tendem a diminuir significativamente o fator de segurança.

Outro elemento que sugiro estudo é o olhal, onde será fixada a talha manual para elevação da carga, onde, se levarmos em consideração as forças desfavoráveis citadas a cima, teremos comportamentos diferentes do atual projeto. Todos esses estudos, são capazes de ser realizados e visam deixar o projeto ainda mais completo.

REFERÊNCIAS

- ABRAMAN. Página eletrônica: <<http://www.abraman.org.br>>. Acesso em 11 ago. 2019.
- ALMEIDA, J. C; *et al.* **Elementos de máquinas – projeto de sistemas mecânicos**. 1 ed. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2017.
- ALMENDRA, A. C; *et al.* **Metalmecânica - metalurgia Soldagem**. 1 ed. São Paulo, SENAI SP editora, p. 283-297, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10126: **Cotagem em desenho técnico**. Rio de Janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8400: **Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas**. Rio de Janeiro, 1984.
- BAXTER, M. **Projeto de Produto: Guia prático para o design de novos produtos**. 2. ed. Editora Edgard Blücher Ltda. 1995.
- BEER, F. P. JOHNSTON, JR. E.R. **Resistencia dos Materiais**, 3° Ed., Makrom Books, 1995.
- BRASIL, Haroldo Vinagre. **Máquinas de Levantamento**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S.A. 1985.
- BUDYMAS, Richard G; NISBETT, J. Keith. **Elementos de máquinas de Shigley: projeto de engenharia mecânica**. 8. ed. Porto Alegre, RS: AMGH, 2011.
- CM DO BRASIL, Disponível em: <http://www.cmdobrasil.com.br/imagens/downloads/catalogo_talhas_2018-internet.pdf> Acesso em: 16 de dezembro de 2019.
- HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**. 7. ed. São Paulo, SP: Pearson, 2010. Catálogo Pulsar Marine.
- JZ MUNCK, Disponível em: <<http://jzmunck.com.br/icamento-de-gerador-para-evento-3/>> Acesso em: 26 de novembro de 2019.
- MAX CRANE, Disponível em: <<https://www.maxcrane.com.br/portfolio/ponte-rolante/>> Acesso em: 18 de novembro de 2019.
- MELCONIAN, S. **Elementos de máquinas**. 2.ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Érica, 2001.
- MF RURAL, Disponível em: < <https://www.mfrural.com.br/detalhe/ponte-rolante-257459.aspx>> Acesso em: 22 de novembro de 2019.

NAUTICEXPO, Disponível em: <<https://www.nauticexpo.com/pt/prod/trelleborg-marine-and-infrastructure/product-22887-200587.html>> Acesso em: 15 de novembro de 2019.

NORTEC GUINDASTES, Disponível em: <<https://nortecguindastes.com.br/alugar-ou-comprar-um-guindaste/>> Acesso em: 26 de novembro de 2019.

NORTON, R., **Projeto de máquinas**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

NR11. Disponível: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr11.htm>>. Acesso em 11 de jun. 2019.

NR12. Disponível: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr12.htm>>. Acesso em 11 de jun. 2019.

PASSOS, Lucas da Costa dos. **Pontes rolantes, guindastes giratórios e acessórios de movimentação de cargas**. Brasil. 2011.

PORTO DE SUAPE, Disponível em: <<http://www.suape.pe.gov.br/pt/noticias/3-porto-de-suape-cresce-368-na-navegacao-por-cabotagem>> Acesso em: 14 de dezembro de 2019.

SHIGLEY, Joseph E.; MISCHKE, Charles R.; BUDYNAS, Richard G. **Projeto de Engenharia Mecânica**. 7. ed. São Paulo: Bookman, 2005.

SOBUE, Gustavo. **Modelagem paramétrica de pórticos rolantes: estabilidade estrutural e otimização**. São Paulo. 2005

TWS COMEX, Disponível em: <<http://twscomex.com.br/blog/artigo/defensas-maritimas>> Acesso em: 22 de novembro de 2019.

APÊNDICE A - CÁLCULO PARA A PEÇA LONGITUDINAL

No eixo x do diagrama de forças da peça longitudinal, obtém-se a seguinte equação:

$$\rightarrow^+ \Sigma F_x = 0 \quad (\text{A.1})$$

Pois não há forças na horizontal. No eixo y, tem-se:

$$\uparrow^+ \Sigma F_y = 0 \rightarrow R_A + R_B - 60 = 0 \quad (\text{A.2})$$

$$R_A + R_B = 60 \text{ KN} \quad (\text{A.3})$$

Para o equilíbrio dos momentos, encontra-se:

$$\curvearrowright^+ \Sigma M_A = 0 \rightarrow \frac{60 \cdot 3,5}{2} = R_B \cdot 3,5 \quad (\text{A.4})$$

$$R_B = 30 \text{ KN} \quad (\text{A.5})$$

Para a primeira seção, onde, $0 \leq x \leq 1,75 \text{ m}$, tem-se:

$$\uparrow^+ \Sigma F_y = 0 \rightarrow R_1 - V = 0 \quad (\text{A.6})$$

Equação do esforço cortante:

$$V = 30 \text{ KN} \quad (\text{A.7})$$

$$\curvearrowright^+ \Sigma M_1 = 0 \rightarrow M_f - R_1 \cdot x = 0 \quad (\text{A.8})$$

Equação do momento fletor:

$$M_f = 30x \quad (\text{A.9})$$

Para o peso próprio da peça longitudinal, de 0,59KN, têm-se as seguintes equações:

$$\rightarrow^+ \Sigma F_x = 0, \text{ pois não há forças na horizontal} \quad (\text{A.1})$$

$$\uparrow^+ \Sigma F_y = 0 \rightarrow R_A + R_B - 0,59 \times 3,5 = 0 \quad (\text{A.2})$$

$$R_A + R_B = 2,06 \text{ KN} \quad (\text{A.10})$$

Para o equilíbrio dos momentos, encontra-se:

$$\hookrightarrow^+ \Sigma M_A = 0 \rightarrow 0,59x3,5x1,75 = R_B \cdot 3,5 \quad (\text{A.4})$$

$$R_B = 1,0325 \text{ KN} \quad (\text{A.11})$$

Sendo assim, pode-se dizer que:

$$R_A = R_B = 1,0325 \text{ KN} \quad (\text{A.12})$$

Para a primeira seção, onde $0 \leq x \leq 1,75$, calcula-se as equações de momento fletor e esforço cortante, agora para o peso próprio do perfil. Desta forma, têm-se as equações a seguir.

$$\uparrow^+ \Sigma F_y = 0 \rightarrow R_A - V - 0,59x = 0 \quad (\text{A.6})$$

Equação do esforço cortante para o peso do perfil:

$$V = 1,0325 - 0,59x \quad (\text{A.13})$$

$$\hookrightarrow^+ \Sigma M = 0 \rightarrow M_f - R_A \cdot x + 0,59x \cdot x/2 = 0 \quad (\text{A.8})$$

Equação do momento fletor para o peso do perfil:

$$M_f = 1,0325x - 0,295x^2 \quad (\text{A.14})$$

APÊNDICE B - CÁLCULO PARA A PEÇA TRANSVERSAL

No eixo x, obtém-se a seguinte equação:

$$\rightarrow^+ \Sigma F_x = 0 \quad (\text{B.1})$$

Pois não há forças na horizontal. No eixo y, tem-se:

$$\uparrow^+ \Sigma F_y = 0 \rightarrow R_A - 31,0325 = 0 \quad (\text{B.2})$$

$$R_A = 31,0325 \text{ KN} \quad (\text{B.3})$$

Para o equilíbrio dos momentos, encontra-se:

$$\hookrightarrow^+ \Sigma M = 0 \rightarrow +31,0325 \cdot 1,9 = M_A \quad (\text{B.4})$$

$$M_A = 58,96 \text{ KN.m} \quad (\text{B.5})$$

Para a primeira seção, onde $0 \leq x \leq 1,9 \text{ m}$, calcula-se as equações de momento fletor e esforço cortante da viga, desta forma, têm-se as equações abaixo:

$$\uparrow^+ \Sigma F_y = 0 \rightarrow R_A - V = 0 \quad (\text{B.6})$$

$$V = 31,0325 \text{ KN} \quad (\text{B.7})$$

$$\hookrightarrow^+ \Sigma M_1 = 0 \rightarrow M_f - V \cdot x + 1,9 \cdot 10^3 R_A = 0 \quad (\text{B.8})$$

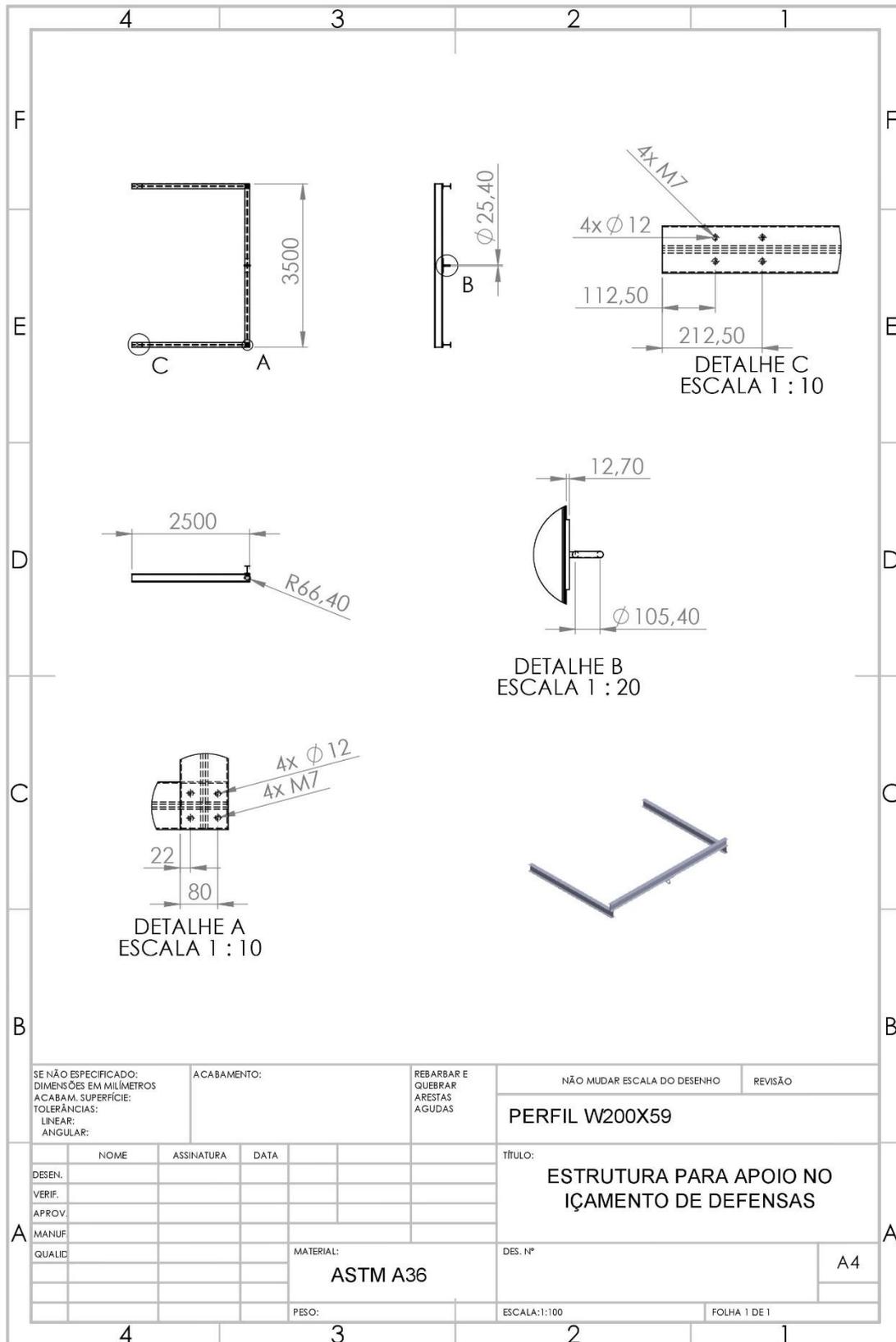
$$M_f = -58,96 + 31,0325x \quad (\text{B.9})$$

O carregamento gerado pelo próprio peso, o cálculo é realizado de maneira idêntica, resultado nas equações B.10 e B.11, para esforço cortante e momento fletor, respectivamente.

$$V = -0,59x + 1,12 \quad (\text{B.10})$$

$$M_f = -0,295x^2 + 1,12x - 1,06 \quad (\text{B.11})$$

APÊNDICE C – DESENHO TÉCNICO DA ESTRUTURA



ANEXO A - TABELA DE BITOLAS GERDAU

TABELA DE BITOLAS

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	ESPESSURA			d'	h	Área cm ²	EIXO X - X			EIXO Y - Y			r _i cm	l _i cm ²	ESBELTEZ MESA → ALMA → b _i /Z _i d _i /I _{xi}	C _u cm ²	u m/m	BITOLA in x lb/ft				
		b _i mm	t _i mm	t _i mm				W _i cm ²	r _i cm	Z _i cm ²	I _{xi} cm ⁴	r _i cm	Z _i cm ²										
W 150 x 13,0	13,0	148	100	4,3	4,9	138	118	16,6	635	85,8	6,18	96,4	82	16,4	2,22	25,5	2,60	1,72	10,20	27,49	4,181	0,67	W 6 x 8,5
W 150 x 18,0	18,0	153	102	5,8	7,1	139	119	23,4	939	122,8	6,34	139,4	126	24,7	2,32	38,5	2,69	4,34	7,18	20,48	6,683	0,69	W 6 x 12
W 150 x 22,5 (H)	22,5	152	102	5,8	6,6	139	119	29,0	1229	161,7	6,51	179,6	387	50,9	3,65	77,9	4,10	4,75	11,52	20,48	20,417	0,88	W 6 x 15
W 150 x 24,0	24,0	160	102	6,6	10,3	139	115	31,5	1384	173,0	6,63	197,6	183	35,9	2,41	55,8	2,73	11,08	4,95	17,48	10,206	0,69	W 6 x 16
W 150 x 29,8 (H)	29,8	157	153	6,6	9,3	138	118	38,5	1739	221,5	6,72	247,5	556	72,6	3,80	110,8	4,18	10,95	8,23	17,94	30,277	0,90	W 6 x 20
W 150 x 37,1 (H)	37,1	162	154	8,1	11,6	139	119	47,8	2244	277,0	6,85	313,5	707	91,8	3,84	140,4	4,22	20,58	6,64	14,67	39,930	0,91	W 6 x 25
W 200 x 15,0	15,0	200	100	4,3	5,2	190	170	19,4	1305	130,5	8,20	147,9	87	17,4	2,12	27,3	2,55	2,05	9,62	39,44	8,222	0,77	W 8 x 10
W 200 x 19,3	19,3	203	102	5,8	6,5	190	170	25,1	1686	166,1	8,19	190,6	116	22,7	2,14	35,9	2,59	4,02	7,85	29,31	11,098	0,79	W 8 x 13
W 200 x 22,5	22,5	206	102	6,2	8,0	190	170	29,0	2029	197,0	8,37	225,5	142	27,9	2,22	43,9	2,63	6,18	6,38	27,42	13,868	0,79	W 8 x 15
W 200 x 26,6	26,6	207	133	5,8	8,4	190	170	34,2	2611	252,3	8,73	282,3	330	49,6	3,10	76,3	3,54	7,65	7,92	29,34	32,477	0,92	W 8 x 18
W 200 x 31,3	31,3	210	134	6,4	10,2	190	170	40,3	3168	301,7	8,86	338,6	410	61,2	3,19	94,0	3,60	12,59	6,57	26,50	40,822	0,93	W 8 x 21
W 200 x 35,9 (H)	35,9	201	165	6,2	10,2	181	161	45,7	3437	342,0	8,67	379,2	764	92,6	4,09	141,0	4,50	14,51	8,09	25,90	69,502	1,03	W 8 x 24
W 200 x 41,7 (H)	41,7	205	166	7,2	11,8	181	161	53,5	4114	401,4	8,77	448,6	901	108,5	4,10	165,7	4,53	23,19	7,03	21,86	83,948	1,04	W 8 x 28
W 200 x 46,1 (H)	46,1	203	203	7,2	11,0	181	161	58,6	4543	447,6	8,81	495,3	1535	151,2	5,12	229,5	5,58	22,01	9,23	22,36	141,342	1,19	W 8 x 31
W 200 x 52,0 (H)	52,0	206	204	7,9	12,6	181	157	66,9	5298	514,4	8,90	572,5	1784	174,9	5,16	265,8	5,61	33,34	8,10	19,85	166,710	1,19	W 8 x 35
HP 200 x 53,0 (H)	53,0	204	207	11,3	11,3	181	161	68,1	4977	488,0	8,55	551,3	1673	161,7	4,96	248,6	5,57	31,93	9,16	14,28	155,075	1,20	HP 8 x 36
W 200 x 71,0 (H)	71,0	216	206	10,2	17,4	181	161	91,0	7660	709,2	9,17	803,2	2537	246,3	5,28	374,5	5,70	81,66	5,92	15,80	249,976	1,22	W 8 x 48
W 200 x 86,0 (H)	86,0	222	209	13,0	20,6	181	157	110,9	9498	855,7	9,26	984,2	3139	300,4	5,32	458,7	5,77	142,19	5,07	12,06	317,844	1,23	W 8 x 58
W 200 x 100,0 (H)*	100,0	229	210	14,5	23,7	182	158	127,1	11355	991,7	9,45	1152,2	3664	349,0	5,37	533,4	5,80	212,61	4,43	10,87	385,454	1,25	W 8 x 67
W 250 x 17,9	17,9	251	101	4,8	5,3	240	220	23,1	2291	182,6	9,96	211,0	91	18,1	1,99	28,8	2,48	2,54	9,53	45,92	13,735	0,88	W 10 x 12
W 250 x 22,3	22,3	254	102	5,8	6,9	240	220	28,9	2939	231,4	10,09	267,7	123	24,1	2,06	38,4	2,54	4,77	7,39	37,97	18,629	0,89	W 10 x 15
W 250 x 25,3	25,3	257	102	6,1	8,4	240	220	32,6	3473	270,2	10,31	311,1	149	29,3	2,14	46,4	2,58	7,06	6,10	22,955	0,89	W 10 x 17	
W 250 x 28,4	28,4	260	102	6,4	10,0	240	220	36,6	4046	311,2	10,51	357,3	178	34,8	2,20	54,9	2,62	10,34	5,10	34,38	27,636	0,90	W 10 x 19
W 250 x 32,7	32,7	258	146	6,1	9,1	240	220	42,1	4937	382,7	10,83	428,5	473	64,8	3,35	99,7	3,86	10,44	8,02	36,03	73,104	1,07	W 10 x 22
W 250 x 38,5	38,5	262	147	6,6	11,2	240	220	49,6	6057	462,4	11,05	517,8	594	80,8	3,46	124,1	3,93	17,63	6,56	33,27	93,242	1,08	W 10 x 26
W 250 x 44,8	44,8	266	148	7,6	13,0	240	220	57,6	7158	538,2	11,15	606,3	704	95,1	3,50	146,4	3,96	27,14	5,69	28,95	112,398	1,09	W 10 x 30
HP 250 x 62,0 (H)	62,0	246	256	10,5	10,7	225	201	79,6	8728	709,6	10,47	790,5	2995	234,0	6,13	357,8	6,89	33,46	11,96	19,10	414,130	1,47	HP 10 x 42
W 250 x 73,0 (H)	73,0	253	254	8,6	14,2	225	201	92,7	11257	889,9	11,02	983,3	3880	305,5	6,47	463,1	7,01	56,94	8,94	23,33	552,900	1,48	W 10 x 49
W 250 x 80,0 (H)	80,0	256	255	9,4	15,6	225	201	101,9	12550	980,5	11,10	1088,7	4313	338,3	6,51	513,1	7,04	75,02	8,17	21,36	622,878	1,49	W 10 x 54
HP 250 x 85,0 (H)	85,0	254	260	14,4	14,4	225	201	108,5	12280	966,9	10,64	1093,2	4225	325,0	6,24	499,6	7,00	82,07	9,03	13,97	605,403	1,50	HP 10 x 57
W 250 x 89,0 (H)	89,0	260	256	10,7	17,3	225	201	113,9	14237	1095,1	11,18	1224,4	4841	378,2	6,52	574,3	7,06	102,81	7,40	18,82	712,351	1,50	W 10 x 60
W 250 x 101,0 (H)	101,0	264	257	11,9	19,6	225	201	128,7	16352	1238,8	11,27	1395,0	5549	431,8	6,57	656,3	7,10	147,70	6,56	16,87	828,031	1,51	W 10 x 68
W 250 x 115,0 (H)	115,0	269	259	13,5	22,1	225	201	146,1	18920	1408,7	11,38	1597,4	6405	494,6	6,62	752,7	7,16	212,00	5,86	14,87	975,265	1,53	W 10 x 77

ANEXO B - CATÁLOGO DE PARAFUSOS INOX CISER



Informações Técnicas

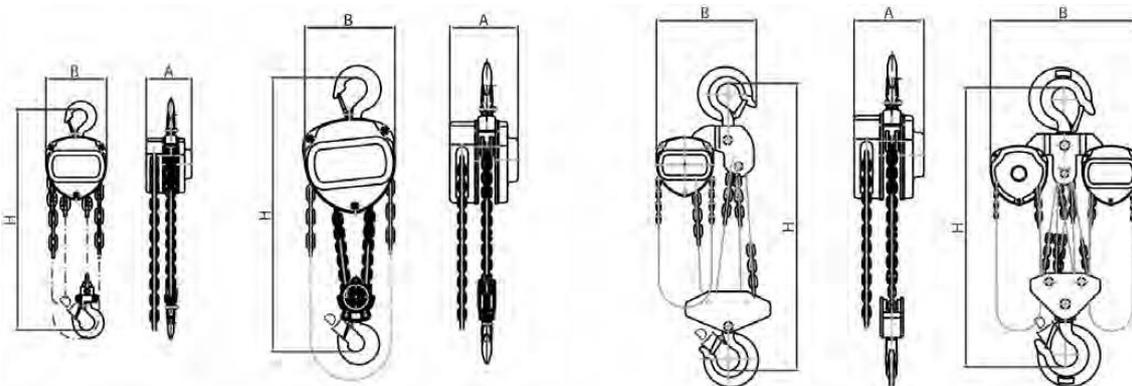
Uso Orientativo

Rosca	Seção resistente nominal mm ²	Classe de resistência						
		Carga de prova N						
		4.8	5.8	8.8	9.8	10.9		
M3	5,03	1 560	1 910	2 920	3 270	4 180		
M3,5	6,78	2 100	2 580	3 940	4 410	5 630		
M4	8,78	2 720	3 340	5 100	5 710	7 290		
M5	14,2	4 400	5 400	8 230	9 230	11 800		
M6	20,1	6 230	7 640	11 600	13 100	16 700		
M7	28,9	8 960	11 000	16800	18 800	24 000		
M8	36,6	11 400	13 900	21 200	23 800	30 400		
M10	58	18 000	22 000	33 700	37 700	48 100		
M12	84,3	26 100	32 000	48 900	54 800	70 000		
M14	115	35 600	43 700	66 700	74 800	95 500		
M16	157	48 700	59 700	91 000	102 000	130 000		
M18	192	59 500	73 000	115 000	—	159 000		
M20	245	76 000	93 100	147 000	—	203 000		

ANEXO C - ESPECIFICAÇÕES DE TALHAS MANUAIS CM DO BRASIL

Especificações Técnicas									
Modelos/Código		BRL-05	BRL-1	BRL-1,5	BRL-2	BRL-3	BRL-5	BRL-10	BRL-20
Capacidade	(t)	0,5	1	1,5	2	3	5	10	20
*Elevação padrão	(m)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
**Esforço requerido p/elevação	N	200	304	343	304	343	414	423	420x2
Ramais da corrente decarga		1	1	1	2	2	2	4	8
Ø corrente de carga	(mm)	6	6	8	6	8	10	10	10
Peso	(kg)	10	10	17,5	13	23	36	68	162
***Peso de corrente	(kg)	0,8	0,8	1,4	1,6	3,7	5,3	9,7	19,6
A	(mm)	111	133	141	133	145	164	164	192
B	(mm)	112	150	183	174	180	253	382	630
H	(mm)	300	306	368	440	550	603	768	890
D	(mm)	30	35,5	36	45,5	50	64	85	84

* Outras elevações disponíveis mediante consulta. ** Esforço com carga máxima (WLL) *** Peso por metro de elevação



Modelos 0,5t a 2t

Modelos 3t a 5t

Modelo 10t

Modelo 20t