

UNIVERSIDADE IGUAÇU
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Paulo José Muniz Nunes

Projeto de Rampa Niveladora de Docas de Armazém

Nova Iguaçu – RJ

2021

Paulo José Muniz Nunes

Projeto de Rampa Niveladora de Docas de Armazém

Monografia submetida ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade Iguaçu - UNIG, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. MSc. Jorge João F. de Souza Junior.

Nova Iguaçu – RJ

2021

N972p

Nunes, Paulo José Muniz.

Projeto de rampas niveladoras de docas de armazém /
Paulo José Muniz Nunes. – 2021.
58f. : il.

Graduação (Engenharia Mecânica). Universidade
Iguaçu, Nova Iguaçu, 2021.
Bibliografia: f.: 58.

1. Rampa niveladora. 2. Docas – Carregamento. I. Título.
CDD 621.863

Projeto de Rampa Niveladora de Docas de Armazém

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica, da Universidade Iguaçu - UNIG, com requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Data de aprovação: __/__/____.

Banca Examinadora:

Presidente: _____

Professor Msc. Jorge Luiz Coutinho Diniz.

Universidade Iguaçu - UNIG

1º. Examinador: _____

Professor Msc. Jorge João F. de Souza Junior.

Universidade Iguaçu - UNIG

2º. Examinador: _____

Professor Msc. Nelson Rodrigues Braga Junior.

Universidade Iguaçu - UNIG

AGRADECIMENTOS

Dedico esse espaço a todos que me apoiaram durante todo curso de engenharia aos que ajudaram direta e indiretamente a minha formação. Venho agradecer a Deus a saúde e a força para estudar e trabalhar em busca deste tão sonhado diploma. Agradeço também a minha família que sempre me apoiou e aconselhou. Nos momentos difíceis financeiramente agradeço a minha mãe e minha esposa que me apoiaram durante todo este trajeto.

Devo meus agradecimentos ao meu coordenador de curso Erick Marouço e também ao meu professor e orientador, Doutor, Mestre Jorge João Junior que me apoiou diretamente durante alimentando um antigo sonho pessoal, que é ser um futuro professor de Engenharia mecânica. Aos meus amigos de caminhada e de turma fica aqui meus agradecimentos pelos finais de semana, cursos e trabalhos investidos em prol deste nobre objetivo.

“Você é mais forte do que pensa e mais feliz do que imagina”

“Iniciem, tomem atitude que Deus cuida do final”

RESUMO

A dificuldade e o alto risco a segurança durante os processos de embarque e desembarque vem ocasionando diversos incidentes e acidentes nas operações de Logísticas, Fábricas e Armazéns, com quedas de empilhadeiras durante embarques, problemas ergonômicos com colaboradores devido as movimentações repetitivas e o alto esforço no posicionamento de produtos dentro das carretas e caminhões. Com todos os problemas levantados faz se necessário a criação do projeto que visa a fabricação de rampas niveladoras docas que tem por objetivo eliminar os desníveis entre pisos de carretas ou caminhões e o piso dos armazéns e fábricas. Tornar o embarque e desembarque de pallets mais seguro e como consequência trazer expectativas de reduções de custos que envolvem todo processo. Todo projeto foi baseado em normas brasileiras e no Eurocodigo 3, tendo em vista que nenhuma norma brasileira determina as regras de dimensionamento de chapas de aço para piso. A consulta realizada em catálogos de produtos e peças direcionando a seleção de materiais como cilindros hidráulicos, eixos, rolamentos, motor elétrico, bomba hidráulica, mangueiras, chapas de aço, vigas e soldas. Projeto implementado possibilitou a evolução nos processos operacionais de embarque e desembarque com ganhos significativos para empresa que podemos relacionar ao aumento de produtividade com base no tempo de embarque e desembarque reduzido em até 50% do cenário inicial, a queda da taxa de riscos de acidentes que atingiu uma redução de até 80% em comparação com cenário anterior. O aumento da receita em R\$10.800,00 por dia da empresa, mediante o aumento da produtividade de embarque e desembarque de toda operação.

ABSTRACT

The difficulty and high risk to safety during the loading and unloading processes has caused several incidents and accidents in Logistics, Factories and Warehouse operations, with forklifts falling during shipments, ergonomic problems with employees due to repetitive movements and high effort in the product positioning within trailers and trucks. With all the problems raised, it is necessary to create a project aimed at manufacturing dock leveling ramps, which aims to eliminate the unevenness between floors of trailers or trucks and the floors of warehouses and factories. Make the loading and unloading of pallets safer and, as a consequence, bring expectations of cost reductions that involve the entire process. The entire project was based on Brazilian standards and on Eurocode 3, considering that no Brazilian standard determines the rules for dimensioning steel sheets for floors. The consultation carried out in product and parts catalogs directing the selection of materials such as hydraulic cylinders, axles, bearings, electric motor, hydraulic pump, hoses, steel sheets, beams and welds. The implemented project enabled the evolution of the operational processes of embarkation and disembarkation with significant gains for the company that we can relate to the increase in productivity based on the embarkation and disembarkation time reduced by up to 50% of the initial scenario, the fall in the accident risk rate that achieved a reduction of up to 80% compared to the previous scenario. The increase in revenue of R\$10,800.00 per company day, by increasing the loading and unloading productivity of the entire operation

Keyword: Laminate floor design, Hydraulic system (hoses, pumps and motors).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Imagem real do sistema hidráulico instalado	19
Figura 2 - Acessórios de fixação do cilindro que serão soldados na estrutura	23
Figura 3 - Chapa de aço ASTM A-36 Fabricante Açoliga	24
Figura 4 - Exemplo de nomenclatura dos parafusos	25
Figura 5 - Pontos de fixação dos parafusos na base de concreto recomendada.	25
Figura 6 - Vista lateral da rampa , eixo e rolamentos integrantes da rampa.	26
Figura 7 - Eixo Bi apoiado com dois mancais e rolamento que farão o movimento angular da rampa.	28
Figura 8 - Rampa niveladora hidráulica de lábio articulado	28
Figura 9 - Niveladora hidráulica 85° externa	29
Figura 10 - Hidráulica manual acionado por bombeamento	29
Figura 11 - Imagem visto de cima da Fábrica /Armazém	32
Figura 12 – Exemplar de Rampas posicionadas em um armazém	34
Figura 13 - Imagem do Calculista de aço	34
Figura 14 - Chapa xadrez Aciva	37
Figura 15 – Ilustração de dimensões do fabricante Gerdau	38
Figura 16 - Cilindro hidráulico de elevação Parker	40
Figura 17 - Bomba de engrenagem fabricante tetralon	42
Figura 18 – Moto-bomba hidráulica adotada pelo fabricante	43
Figura 19 – Válvulas de alívio, direcional, moto-bomba e cilindro hidráulico	43
Figura 20 - comando auxiliar com acionamento bidirecional	44
Figura 21 – Fonte e-disciplinas USP	44
Figura 22 - Bomba de engrenagem para S11Hyste	44

Figura 23 - Catálogo de motores Kajima	45
Figura 24 - Catalogo Parker - acessórios	46
Figura 25 - Catalogo Parker - acessórios	47
Figura 26 - Catálogo de acessórios Parker	47
Figura 27 - Painel de comando elétrico para rampas	49
Figura 28 - Eixo e rolamentos do fabricante CYH rolamentos	50
Figura 29 - Rolamento cônico SKF	52
Figura 30 - Manutenção Preventiva de cilindros "EUROMAV,2021"	53
Figura 31 - Visão lateral da rampa e seus pontos de lubrificação	54
Figura 32 - Carregamento manual de caminhões	55
Figura 33 - Carregamento de caminhões através da rampa projetada	56
Figura 34 - Alto risco de acidente - Vão entre carretas e pisos de armazéns	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações Técnicas sobre o Eixo recomendado	27
Tabela 2 - Dados fornecidos pelo solicitante	32
Tabela 3 - Descritivo Técnico do Projeto	33
Tabela 4 - Critério1 livro Fórmulas for stress and strain	34
Tabela 5 - Critério 2 livro Fórmulas for stress and strain	35
Tabela 6 - Tabela de chapas de aço fabricante Paulistel Ferro e Aço	36
Tabela 7 - Tabela ilustrativa GERDAU	39
Tabela 8 - Catálogo HY-2017 BR Dezembro 2005	41
Tabela 9 - Tabela de Mangueiras do Fabricante Mangueflex	41
Tabela 10 - Plano de manutenção Preventiva	54
Tabela 11 - Análise de cenário atual	57
Tabela 12 - Análise de cenário pós implementação do projeto	57
Tabela 13 - Análise de conclusão do Projeto	57

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1.	TIPOS DE RAMPAS NIVELADORAS	14
2.1.1	NIVELADORA DOCA MANUAL	14
2.1.2	NIVELADORA DOCA ELETROHIDRAULICA	14
2.1.3	NIVELADORA DOCA MÓVEL	14
2.2.	BREVE HISTÓRICO SOBRE MAQUINAS DE FLUXO	15
2.3.	PRINCÍPIOS FÍSICOS DA HIDRÁULICA	15
2.4.	MOVIMENTAÇÃO DA RAMPA ELEVATÓRIA	17
2.5.	DIMENSIONAMENTO DE VAZÃO X VELOCIDADE	17
2.6.	RESERVATÓRIOS DE ÓLEO	18
2.7.	BOMBAS HIDRAULICAS	18
2.8.	DIMENSIONAMENTO DE MOTOBOMBA DE ENGRENAGEM	19
2.9.	TUBULAÇÃO DO CIRCUITO HIDRÁULICO	19
2.10.	MODULAÇÃO DA ESTRUTURA	20
2.11.	FLEXA MÁXIMA RECOMENDADA PARA CHAPAS DE AÇO	21
2.12.	FLEXA MÁXIMA ATUANTE	21
2.13.	DIMENSIONAMENTO DA VIGA BASE DO MÓDULO	21
2.14.	DIMENSIONAMENTO DE CILINDRO HIDRÁULICO	22
2.15.	DIMENSIONAMENTO DE PISO LAMINADOS	22
2.16.	DIMENSIONAMENTO DA SOLDA	22
2.17.	PARAFUSOS DE FIXAÇÃO	24
2.18.	PAINEL DE COMANDO ELÉTRICO	26
2.19.	DIMENSIONAMENTO DE EIXO E ROLAMENTO	26
2.20.	TIPOS DE RAMPAS NIVELADORAS COMERCIALIZADAS	28

3.	OBJETIVO GERAL	30
3.1.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
4.	JUSTIFICATIVAS	31
5.	METODOLOGIA	31
6.	DESENVOLVIMENTO	33
6.1.	CÁLCULO DA FLECHA MÁXIMA ATUANTE	34
6.2.	DIMENSIONAMENTO DA VIGA BASE	37
6.3.	DIMENSIONAMENTO DE CIRCUITO HIDRÁULICO	40
6.4.	DIMENSIONAMENTO DE SOLDAGEM	45
6.5.	PAINEL ELÉTRICO	49
6.6.	DIMENSIONAMENTO DE EIXO E ROLAMENTO	50
6.7.	TORQUE EXERCIDO NO EIXO	50
6.8.	PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	53
7.	CONCLUSÃO	55
8.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	58

1. **INTRODUÇÃO**

Rampas niveladoras docas possuem o objetivo de absorver as diferenças de níveis entre os pisos das carretas e caminhões para o piso de armazéns e fábricas.

Fábricas e armazéns onde o processo de embarque e desembarque são realizados manualmente, há um alto índice de incidentes e acidentes envolvendo colaboradores que fazem todas as atividades manualmente causando problemas ergonômicos aos colaboradores, além da baixa produtividade operacional devido aos riscos que cercam todas atividades que integram o processo.

As rampas deveram compor armazéns e fábricas com resistência operacional de até 10 (dez) toneladas, como sinaliza o Gerente Operacional responsável por toda fábrica.

Após o recebimento das informações estruturais de todo armazém foram feitas análises que justifica o emprego de todo projeto. A necessidade de reduzir os

índices de risco de acidentes no armazém através de um processo de embarque que não exija a aproximação dos colaboradores junto as carretas e caminhões e exposição direta aos desníveis de piso. A prioridade de justificar o investimento no projeto através do aumento de produtividade durante o processo de carregamento e descarregamento de carretas e caminhões, aumentando a produtividade do armazém e conseqüentemente da fábrica.

Para materialização de todo projeto foram necessárias a basear-se normativamente nas normas NBR 8800/08, Eurocodigo 3 que determinam todos os procedimentos referente a estruturação de pisos e seus métodos de fixação. As NBR 134444, tratando de dimensionamento de cilindros hidráulicos, NBR 14831/2002 especificações de tubulações hidráulicas e catálogos de fabricantes de componentes hidráulicos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. TIPOS DE RAMPAS NIVELADORAS

Rampas niveladoras para portas de armazém são fabricados em diversos modelos de acordo com a necessidade da fábrica ou armazém. Segue alguns exemplares encontrados no mercado segundo informações do fabricante (Niverlatec, 2021).

2.1.1 NIVELADORA DOCA MANUAL

Consiste na movimentação assistida por amortecedores a gás, isso possibilita ao operador através de um cabo de aço posicionado na lateral da niveladora, a puxar e fazer com que a niveladora de doca manual suba ou empurrar e fazer com que o

nivelador de doca desça. As niveladoras de doca manuais são fornecidas com capacidades de carga que variam de 1.000 kg à 6.000kg, limitando-se ao comprimento máximo de 2,00 metros (Niverlatec, 2021).

2.1.2 NIVELADORA DOCA ELETROHIDRAULICA

A niveladora de doca elétrica hidráulica tem muitas vantagens em relação a qualquer outro tipo de acionamento, como manual assistido pôs amortecedores a gás, sistemas de contrapeso ou sistemas de molas, a primeira vantagem é que a niveladora de doca elétrica, não exige nenhum esforço do operador uma vez que seu movimento é operado através do painel de comando, diferentemente da niveladora manual a niveladora elétrica é totalmente ergonômica, não oferecendo nenhum risco ao operador(Niverlatec, 2021).

2.1.3 NIVELADORA DOCA MÓVEL

Consiste no dispositivo indicado para unidades localizadas onde não existam docas de concreto fixa, ou lugares que necessitam de suspender ou baixar pallets do piso a outro patamar. Existem vários prédios que não foram planejados e construídos de modo a contemplar uma doca, por este motivo é disponibiliza para o mercado a niveladora de doca móvel, este equipamento tem basicamente a função de abaixar ou elevar cargas, geralmente em locais não preparados com doca fixa de concreto, há uma dificuldade enorme em carregar ou descarregar caminhões em locais não preparados, de forma geral é necessário uma empilhadeira com operador e duas transpaleteiras com operadores para descarregar ou carregar um caminhão com cargas paletizadas (Niverlatec, 2021).

2.2. BREVE HISTÓRICO SOBRE MAQUINAS DE FLUXO

Os Sistemas Fluido mecânicos é basicamente a reunião de todos os elementos formados por máquinas ou dispositivos cuja função é retirar ou adicionar energias para os fluidos de trabalho. O fluido de trabalho pode estar está posicionado entre os

limites do sistema formado pelo conjunto de máquinas e dispositivos, ou escoar através destas fronteiras, caracterizando um volume de controle na visão da termodinâmica ou da mecânica dos fluidos. Proporciona a substituição de energia entre um sistema mecânico e um fluido, convertendo a energia mecânica em energia de fluido ou energia de fluido em energia mecânica. Em alguns casos o aumento do nível energético de um fluido a partir do fornecimento de energia mecânica, por analogia com o gerador elétrico, apenas substituindo energia elétrica por energia de fluido, costuma-se designar a máquina de fluido gerador. Em outros casos, em que a energia mecânica é produzida a partir da redução do nível energético de um fluido, pela analogia com o motor elétrico, a máquina é usualmente chamada de máquina de fluido motriz (motora). Basicamente são máquinas e equipamentos que promovem as trocas de energia entre um sistema mecânico e um fluido, transformando trabalho mecânico em energia de fluido ou energia de fluido em trabalho mecânico. Exemplos de máquinas de fluxo são os compressores, turbinas a gás, turbinas a vapor e outros. Máquinas hidráulicas funcionam geralmente com água, óleo, e outros líquidos, considerados como incompressíveis nas aplicações normais. As máquinas trabalham também com o ar, que será tratado como incompressível para pressões até 1 mca¹, são chamados de ventiladores. (Zulcy,2017)

2.3. PRINCÍPIOS FÍSICOS DA HIDRÁULICA

6.3.1 MASSA

“Massa é a número de matérias que formam um corpo. ” (CREDER, 2004, p. 2).

A massa padrão tem em sua unidade de medida o quilograma, conforme o Sistema Internacional de medidas (SI), em que o princípio é um bloco de platina irradiada conservado na cidade de Sèvres, França. A aceleração é a oscilação ou variação da velocidade em cada momento de tempo. No SI, a velocidade é representada por m/s e a aceleração pela unidade de medida m/s², ou seja, a velocidade da velocidade.

6.3.2 FORÇA

A força é uma grandeza capaz de aplicar uma aceleração a uma dada massa. A 2ª Lei de Newton articula essas grandezas pela expressão. A junção de todas as forças que atuam na parte externa do sistema se iguala a taxa de variação do número de movimento (Momento linear) do sistema:

$$F = m \cdot a$$

Podemos entender a fórmula como “Uma unidade de força capaz de aplicar à unidade massa, kg, uma aceleração de 1m/s².”.

A unidade de força é o Newton (N) ou

$$N = \frac{kg \cdot m}{s^2}$$

6.3.3 PESO

O peso é uma grandeza que tende a fazer com que uma dada massa se direcione para o centro da Terra através da ação da gravidade.

A expressão é dada por:

$$P = m \cdot g$$

Onde:

g = aceleração da gravidade, aproximadamente 9,81 m/s².

6.3.4 PRESSÃO

A pressão é representada como uma força realizada por unidade de superfície. Na hidráulica, esta grandeza se apresenta utilizando a unidade de medida kgf/cm², atm ou bar. Podendo também se apresentar em psi (Pound per square inch), semelhante a libra força por polegada quadrada, lbf/pol².

$$P = \frac{F}{A} = \frac{N}{m^2} = Pascal(Pa)$$

“Pressão hidrostática é a pressão executada por uma coluna de líquido, dada pela seguinte expressão segundo” (Ferraz,2008, p.3).

$$p = \mu . q . h$$

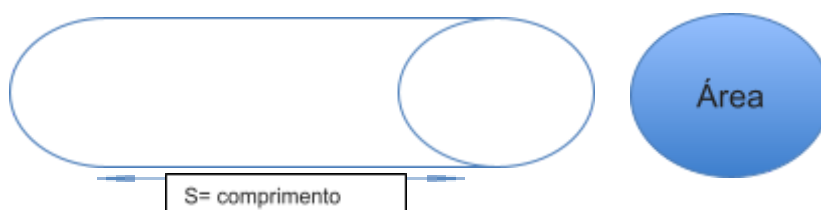
2.4. MOVIMENTAÇÃO DA RAMPA ELEVATÓRIA

Importante destacar um princípio importante que se refere ao enunciado criado por Lavoisier, onde o mesmo cita: "Na natureza nada se cria e nada se perde tudo se transforma." Com base nesta teoria não podemos criar uma nova energia e nem tão pouco elimina-la, mas sim transformá-la em uma nova energia. Para realizar uma multiplicação de forças teremos o pistão maior, movimentado pelo fluido deslocado pelo pistão menor, sendo que a distância de cada pistão seja inversamente proporcional às suas áreas. O que se ganha em relação à força tem que ser sacrificado em distância ou velocidade.

Então se um pistão de área igual a 1cm^2 se move 10 cm desloca um volume de 10cm^3 para o pistão de área igual a 10cm^2 . O resultado final em termos de movimentação física consiste apenas 1cm de curso, já que o volume de fluido deslocado é o mesmo (Gomes,2008).

2.5. DIMENSIONAMENTO DE VAZÃO X VELOCIDADE

Para atender a Norma ABNT NBR 13444, ao estabelecer padrões aos cilindros hidráulicos do projeto, toma-se por base os sistemas dinâmicos, onde fluido que irá percorrer a tubulação se deslocará a certa velocidade. A velocidade do fluido mencionada, que tem em sua unidade de medida o (cm/seg.). O volume de fluido que passará pela tubulação em um certo período de tempo será a vazão ($Q = V.A$), em litros por segundo (l/s). A relação entre velocidade e vazão pode ser vista na ilustração abaixo (Gomes,2008).



$$\text{volume} = \text{comprimento} \times \text{Área}$$

$$Velocidade = vazão/área$$

$$vazão = volume/tempo$$

2.6. RESERVATÓRIOS DE ÓLEO

O fluido ao retornar ao reservatório, a placa defletora bloqueia impurezas impedindo que este fluido vá diretamente à linha de sucção. Isto cria uma área de repouso onde as partículas maiores sedimentam, o ar sobe até superfície do fluido possibilitando que o calor, no fluido, seja dissipado para as paredes do reservatório. As linhas de retorno devem estar posicionadas abaixo do nível do fluido e ao lado do defletor oposto à linha de sucção do sistema (Gomes,2008).

2.7. BOMBAS HIDRAULICAS

As bombas transformam energia mecânica em energia hidráulica. O deslocamento mecânico da origem a um vácuo na entrada da bomba, o que permite que a pressão atmosférica desloque o fluido contido dentro do tanque, através dos canais de sucção, que por natureza tendem a entrar na bomba. A bomba deslocará o fluido para o canal de descarga, proporcionando a movimentação por meio do sistema hidráulico. Este é o funcionamento básico para atender e garantir que as bombas estejam dentro das conformidades características. As bombas podem ser: hidrodinâmicas e hidrostáticas. São classificadas também como positivas de fluxo pulsante e não-positivas de fluxo contínuo. Foi adotada a bomba de engrenagem, que possui uma entrada e saída em meio a sua base metálica com canais de entrada e de saída, um sistema de bombeamento composto por duas engrenagens. Uma das engrenagens, consiste na engrenagem motora, ligada a um eixo conectado a um elemento de acionamento principal. A segunda engrenagem trata-se de uma engrenagem movida. (Gomes,2008)

2.8. DIMENSIONAMENTO DE MOTOBOMBA DE ENGRENAGEM

Para atender as exigências do cilindro hidráulico previstos na Norma ABNT NBR 13444 e as especificações citadas acima sobre as grandezas impostas pelo projeto.

A Bomba do sistema hidráulico tem a função de fornecer o fluido lubrificante ao cilindro hidráulico para pressurizar o interior do cilindro resultando na movimentação do mesmo, que tem como função acionar a rampa elevatória. (Hidrautec, 2021)



Figura 1 Imagem real do sistema hidráulico instalado

Segundo o “Catálogo HY-2012 BR,2012, p.14. ” Temos as referências sobre os cálculos de dimensionamento de bombas baseados na vazão solicitada, catálogo fornece sugestões sobre rotação por minutos para atender as necessidades de cada equipamento ou projeto. Material direcionam o dimensionamento de motores elétricos com base na necessidade em RPM.

2.9. TUBULAÇÃO DO CIRCUITO HIDRÁULICO

A tabela baseada em vazão x velocidade do fluxo para determinar diâmetro interno da tubulação, segundo o “Catálogo HY-2012 BR,2012, p.14”. Especificar as mangueiras hidráulicas considerando a pressão do fluido que passará por seu interior, seguindo o que estabelece a Norma ABNT NBR 14831/2002.

Gráfico para Determinação de Diâmetro Interno da Tubulação

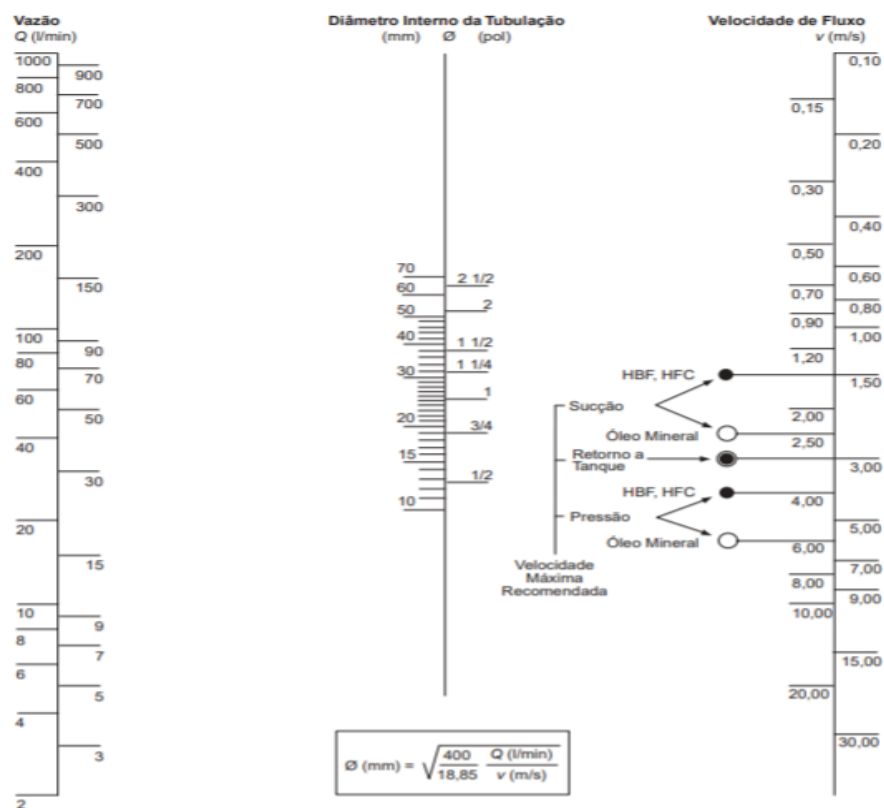


Figura 2 - Tabela de diâmetro de tubulação

2.10. MODULAÇÃO DA ESTRUTURA

Modulação da estrutura das rampas também chamado de modulação de estruturas “a e b”. A definição da modulação para este projeto é de vital importância pois após obtermos esta informação iremos dimensionar a chapa de aço ideal para atender os requisitos força, peso e pressão a que a estrutura será exposta. O procedimento de cálculo irá seguir a NBR 8800/2008 que será o método dos estados limites. Temos dois tipos de estados limites que são estados limites de serviço (flecha limite), que garante que a estrutura limite tenha funcionalidade. Para este estado limite de serviço nós não majoramos cargas. Estados limites últimos estão relacionados a resistência mecânica, então vamos verificar a deformação ou flecha limite e verificar

se não haverá danos as estruturas como limites de escoamento, deformação e ruptura (aplica-se majoração de cargas). Índices de majoração encontram-se na NBR8800/2008. A NBR8800/2008 não estabelece limites específicos de deformação para flecha limites de piso, então buscamos no National Annex 1 do Eurocodigo 3 – cobertura de pisos flexíveis, pois o aço é flexível $F_{Max} = [L/250]$, (Eurocodigo 3, 2005).

2.11. FLEXA MÁXIMA RECOMENDADA PARA CHAPAS DE AÇO

Quando colocadas as cargas permanentes e cargas sobrepostas juntas conseguimos verificar a maior dimensão permitida. Lembrando que o Engenheiro mecânico deverá avaliar caso a caso a natureza das estruturas e sua rela finalidade para considerar o quanto a chapa de aço deverá ou não flexionar (Young,2002).

$$FLEXA MÁXIMA = L/250$$

2.12. FLEXA MÁXIMA ATUANTE

Está diretamente ligada a flexão ou curvatura máxima que geralmente ocorre nas extremidades das vigas. Possui relação direta com as medidas de a/b (dimensão da modulação escolhida). Baseados no livro “ Critério1 e critério 2 do livro Fórmulas for stress and strain”. O livro baseia seus cálculos na norma Europeia Eurocodigo 3. As normas brasileiras não contemplam cálculos específicos para dimensionamento de pisos de aço laminados, apenas para vigas de piso. (Young,2002).

2.13. DIMENSIONAMENTO DA VIGA BASE DO MÓDULO

Visando atender a Norma ABNT NBR8800/2008, as vigas são determinadas por seu material, força cortante que será exercida sobre a viga e momento fletor. Causado pelo esforço que o material sofrerá. Se projetada com base a resistência a flexão. Uma vez conhecido o W mínimo, se a forma da seção transversal for simples, como um quadrado, círculo ou retângulo cujas proporções são conhecidas largura/altura, suas dimensões poderão ser conhecidas pela fórmula $W=I/c$ (NBR8800,2008).

$$W_{min} = \frac{|M_{max}|}{\sigma_{adm}}$$

Na Prática os Engenheiros seguem as recomendações do fabricante como por exemplo a tabela da GERDAU usada como referência por muitos calculistas. Com essa relação entre $W > W_{min}$ proporciona a escolha de um material mais leve e com o custo menos elevado atendendo as normas de dimensionamento e segurança.

2.14. DIMENSIONAMENTO DE CILINDRO HIDRÁULICO

O cilindro hidráulico possui a função de movimentar a plataforma elevatória após acionamento através de botões de comandos elétricos, que por sua vez foi corretamente dimensionado com base ao ISO 6020-1, ISO 6020-2 e ISO 6022, com base no dimensionamento por área, que é um fator importante para determinar a força necessária para empurrar ou puxar, a velocidade de avanço e retorno, dentre outras aplicações. Para dimensionamento de todos os componentes hidráulicos foram levadas em consideração informações importantes. Baseado na Norma ABNT NBR 13444/95, os cilindros hidráulicos transformam trabalho hidráulico em energia mecânica linear, aplicando assim uma força obrigando um objeto resistivo a realizar trabalho (Gomes,2008).

2.15. DIMENSIONAMENTO DE PISO LAMINADOS

Os pisos laminados em aço são considerados parte essencial das rampas niveladoras, pois seu correto dimensionamento garante que a plataforma de aço não deforme ou cislhe durante a sua operação. Devem-se considerar todos os cálculos presentes na NBR 8800/2008, verificando estado limite da estrutura, como flecha limite e resistência mecânica das estruturas. A NBR 8800/2008 não estabelece um limite específico, então buscamos na National Annex 1 do EUROCODIGO 3 de 2010, onde a norma se refere a coberturas e pisos onde a flecha máxima recomendada é $(L/250)$. Precisa ser verificado a modulação da rampa projetada (a e b). Todos os cálculos serão baseados em sua dimensão modular (Young,2002).

2.16. DIMENSIONAMENTO DA SOLDA

O processo de soldagem e as verificações de segurança de seus elementos de soldagem dos olhais onde serão fixadas a extremidade da haste do cilindro. A base do olhal ficará fixada através de um processo de soldagem de Filete, seguindo todos os processos de cálculos recomendado pela NBR8800/08 que estabelece os processos de ligações entre metais. A soldagem é um método de união, porém, muitos processos de soldagem ou variações destes são usados para a deposição de material sobre uma superfície com objetivo de recuperar as peças desgastadas ou para a formação de um revestimento com características diferenciadas, embora seja um processo considerado recente, com cerca de aproximadamente 100 anos, a brasagem e a soldagem por forjamento vem se apresentando com a mais utilizadas desde os tempos mais antigos. Existe, por exemplo localizado, no do Louvre, um pingente de ouro com indicações de ter sido soldado e que foi fabricado no Museu Pérsia, por volta de 4000 AC. O processo selecionado para o projeto foi Solda Mig com eletrodo, cuja soldagem se estabelece através do arco entre o arame e o eletrodo. Os eletrodos são comercializados cobreados para não haver oxidação (Paranhos,1992).



Figura 3 - Acessórios de fixação do cilindro que serão soldados na estrutura

2.16.1 INFORMAÇÕES SOBRE AS ESTRUTURAIS SOLDADAS

A chapa do piso de aço laminado ASTM A-36 é soldada na viga de aço USISAC A-300. Assim como os acessórios suportes dos cilindros feitos em Aço A-36 que serão ligados através de cordões de solda ao piso laminado feito do mesmo aço (A-36). As soldas serão do tipo Filete e o metal de solda adotado será o Classe 60 (415 Mpa), (Açoliga, 2021).

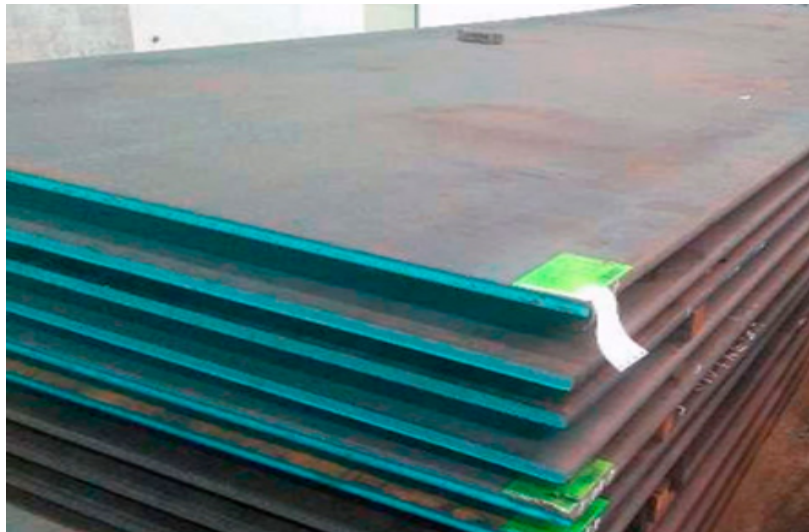


Figura 4 - Chapa de aço ASTM A-36 Fabricante Açoliga

2.17. PARAFUSOS DE FIXAÇÃO

Os parafusos seguem como opções de fixação, seguindo todos os requisitos do que prevê as orientações da norma DIN 931, materializando podemos visualizar o número descritos na superfície superior da cabeça do parafuso, indica a resistência de cada parafuso (Exemplo da figura 2). Quanto maior for o número gravado na parte superior, maior será a resistência a tração do parafuso. Se escolhermos dois parafusos M10, com classes diferentes, teremos diferentes graus de resistências de parafuso mesmo que as dimensões sejam as mesmas. As interpretações das descrições de cada parafuso seguem o seguinte exemplo da figura 2. O parafuso de 8.8 reconhecemos que o primeiro 8 representa resistência a força de tração significado (8x 100) 800 N/mm² e o segundo 8, na verdade .8 visualiza-se 80% da tração que o mesmo irá resistir, (0,80 x 800) limite de escoamento aceitável para este projeto é de 640 N.mm². Sempre deve ser considerado a resistência das bases de fixação.

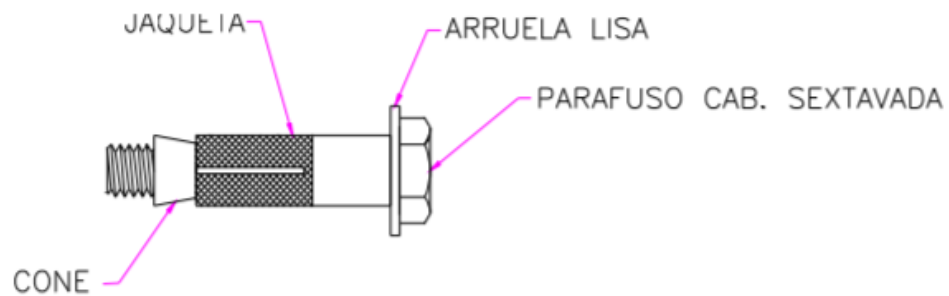


Figura 5 - Exemplo de nomenclatura dos parafusos

O parafuso deverá suportar um peso total de até 112,886 KN (Peso total da Rampa 1.008 Kg + Peso estipulado por capacidade 10.000 Kg). Para fixação destes parafusos recomenda-se segundo o fabricante Cargomax um concreto de resistência mínima de 220 Mpa ou superior. (NBR 8800/08 e DIN931)



Figura 6 - Pontos de fixação dos parafusos na base de concreto recomendada.

2.18. PAINEL DE COMANDO ELÉTRICO

Todo sistema de movimentação da rampa niveladora se dá através de acionamento de botoeiras de comandos elétricos que serem acionadas ativam o motor elétrico que por sua vez aciona a bomba hidráulica que pressuriza com óleo o cilindro hidráulico que por sua vez inicia o processo de extensão da haste do cilindro hidráulico.

Circuito destinado ao projeto segue as informações passadas no início do projeto referente a tensão da rede de 380 Volts Trifásico e seu sistema de aterramento PEN (Aterramento + neutro). A norma NR10 estabelece as exigências e todos requisitos e condições para segurança dos dispositivos elétricos, tendo por objetivo a implementação de ações de controle e sistemas preventivos, com objetivo de garantir a segurança e saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente interagem com as instalações elétricas e serviços de manutenções preventivas e corretivas. (NR10).

2.19. DIMENSIONAMENTO DE EIXO E ROLAMENTO

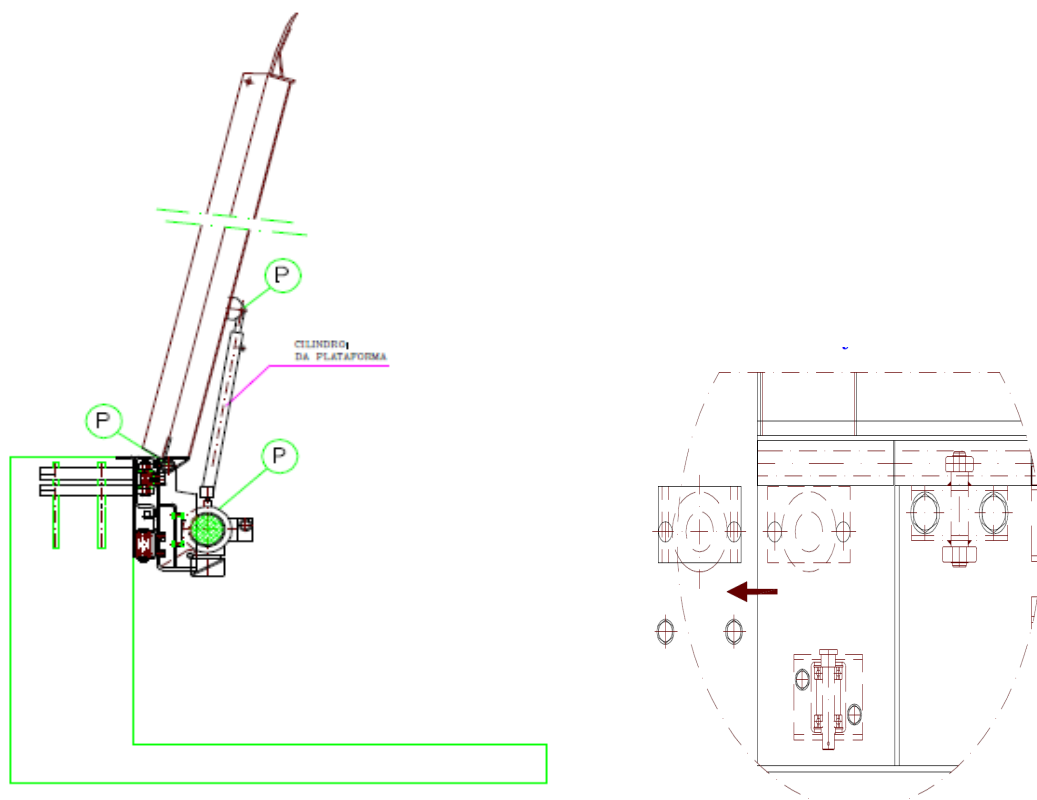


Figura 7 - Vista lateral da rampa , eixo e rolamentos integrantes da rampa.

O durante o seu processo de funcionamento o eixo fica posicionado na parte interna dos dois rolamentos que por sua vez fica alojados dentro de mancais que proporcionam pontos de lubrificações. (SENAI Cherkassky,2007)

Os eixos são fabricados em aço ou ligas de aço, pois esses materiais têm melhores propriedades mecânicas para compor as máquinas e equipamentos. Por este motivo são mais usados para transmissões de força, seguem alguns exemplos:

Eixos com baixa solicitação mecânica são fabricados em aço ao carbono;

Eixo-árvore destinados a indústria automotiva são fabricados em aço-níquel;

Eixo-árvore usados para alta rotação em bombas e turbinas são fabricados em aço cromo-níquel;

Eixo destinados a vagões são fabricados em aço-manganês

Eixos são fabricados de acordo com a sua finalidade, podendo se apresentar em outros materiais como cobre, alumínio, latão entre outros metais. (SENAI Cherkassky,2007).

Segundo as características da rampa do projeto o eixo possui características importantes que deverá se levar em consideração.

Tabela 1 - Informações Técnicas sobre o Eixo recomendado

DIMENSÕES DO EIXO	LIMITES	MATERIAL EMPREGADO
Área = 384.522 mm ²	$\sigma_{tração} = 50N/mm^2$	Aço ASTM 1035
Comprimento = 2000 mm	$\tau_{cisalhamento} = 40N/mm^2$	
Diâmetro do eixo = 60,33 mm		

O dimensionamento do eixo de rolamento de movimentação da rampa niveladora, obedece aos critérios previstos nos principais livros de elementos de máquinas partindo do princípio de dimensionamento de diâmetro mínimo do eixo. (SHIGLEY,2011)

Para atender a Norma ABNT NBR ISO15241/2016 este dimensionamento deve-se buscar primeiramente dimensionar o torque que será exercido sobre este eixo, posteriormente calculamos a força tangencial exercida no eixo pré dimensionado. Encontrar o momento fletor e o momento ideal serão os últimos passos para encontrarmos o diâmetro mínimo deste eixo com base no movimento rotativo do eixo (Melconian,2014).

O eixo de 2 metros sofrerá com uma força máxima de 98KN bi apoiada e precisa resistir a esta força peso exercida durante o embarque da empilhadeira mais pesada. Considerando as informações devemos levar em consideração a tensão máxima de cisalhamento considerando uma força vertical sobre o eixo. (Pearson, 2006).



Figura 8 - Eixo Bi apoiado com dois mancais e rolamento que farão o movimento angular da rampa.

2.20.

TIPOS DE RAMPAS NIVELADORAS COMERCIALIZADAS



Figura 9 - Rampa niveladora hidráulica de lábio articulado



Figura 10 - Niveladora hidráulica 85° externa

Baseado no “Catálogo cargomax,2008, p.1”. As duas rampas acima são comandadas por circuitos elétricos comandos a distância de acionamento do sistema moto-bomba hidráulica nas tensões 220V/380V encontradas no mercado.



Figura 11 - Hidráulica manual acionado por bombeamento

A rampa abaixo foi um dos primeiros dispositivos usados para corrigir desnivelamentos durante embarque e desembarque de armazéns, a mesma ainda é comercializada atualmente.

3. **OBJETIVO GERAL**

Instalação de rampas hidráulicas de acionamento elétrico para rede de armazéns de logística, com objetivo de dar mais agilidade e ganho de produtividade aos processos de embarque e desembarque de pallets e materiais. As rampas são projetadas para suportar empilhadeiras de até 10 toneladas, peso da empilhadeira mais pesada utilizada na rede de armazéns.

Projeto baseado em diversas normas brasileiras e no Eurocodigo1 e 3 National Anexx.

Os cálculos de vigas estruturais para piso laminado o projeto baseou-se na NBR 8800/08, considerando das grandezas e cargas adotadas para este projeto. Aço escolhido para seleção das vigas empregadas é o USISAC 300/ $F_y = 300\text{Mpa}$.

Dimensionamento de chapas laminadas de aço que servirá como piso para rampas por onde passaram as máquinas para embarque e desembarque de pallets segue os passos da norma europeia Eurocodigo 3 National Anexx, já que a norma NBR8800/08 se refere apenas a cálculo de vigas para piso.

Processos de soldagem de acessórios e dispositivos seguindo a NBR8800/08, com objetivo de atender as ligações exigidas pelo projeto em relação as vigas e chapas e seus acessórios. Processo de ligações aparafusadas segue as exigências da mesma norma que tem por objetivo a fixação de sua base na estrutura de concreto armado, cujas especificações são recomendadas e validadas por um Engenheiro Civil.

3.1.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Dimensionamento de piso de aço contemplando vigas e chapas de aço:

Calcular a flecha máxima atuante e o estado limite de serviço da chapa de aço laminado, afim de empregar o material correto para as rampas niveladoras.

Dimensionamento de soldagens:

Apresentar o a escolha do material base adotado para soldagem da chapa na viga e de suportes de cilindros na chapa.

Dimensionamento de circuito hidráulico contemplando cilindro, mangueiras, bombas e motor elétrico do sistema hidráulico:

Cálculos relacionados ao volume consumido pelo cilindro hidráulico e possíveis perdas no sistema.

Breve comentário sobre circuito elétrico:

Rampa niveladora adota um comando a distância que irá acionar o motor elétrico, especificando as grandezas elétricas utilizadas.

Dimensionamento de eixos e rolamentos:

Calculo de eixos e rolamentos para movimentação das rampas que será feita por movimentação angular.

Elaborar o Plano de Manutenção preventiva da rampa niveladora:

Recomendações quanto a inspeção e verificação dos principais pontos do dispositivo e seu período de execução.

4.

JUSTIFICATIVAS

A elaboração deste trabalho tem como meta demonstrar os conhecimentos obtidos na graduação, juntamente com cursos de extracurriculares na área da Mecânica e Elétrica. Dimensionamento de todos os componentes deste projeto tem como sua principal referência as normas brasileiras acompanhadas do Eurocódigo que nos dá base para tratar especificamente de pisos laminados. O intuito final deste projeto é

garantir um dispositivo seguro que poderá ser empregado em portos e armazéns afim de agilizar os processos com o máximo de segurança.

5. METODOLOGIA

Este trabalho tem como base as principais Norma ABNT NBR8800/08, usada para maioria dos cálculos empregados e a norma europeia Eurocodigo 3, que nos traz padrões para dimensionamento da chapa para pisos de aço laminados, cujos cálculos são os mesmos para chapa lisa. Para as normatizações de parafusos de fixação Norma DIN931, que padroniza o emprego de parafusos sextavados. Especificar rolamentos para atender o projeto baseado na Norma ABNT NBR ISO15241/2016. Especificações e padrões referentes as medidas e características dos cilindros seguem a Norma ABNT NBR 13444/95.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Como proposta, temos o Armazém de Logística situado em Paracambi-RJ, conforme mapa abaixo:



Figura 12 - Imagem visto de cima da Fábrica /Armazém

Fonte: Google Mapa.

Como referência adotamos todas as informações passadas pelo cliente que nos solicitou um projeto de instalação de 20 rampas elevatórias para auxiliar em seu processo Logístico e de fabricação. Consideramos as normas ABNT 8800/08 e Eurocodigo 3 para baseamento de cálculos estruturais de cada rampa.

Tabela 2 - Dados fornecidos pelo solicitante

Capacidade	Velocidade de elevação máx.	Largura	Comprimento	Modelo
10 toneladas	20 segundos	2000 mm	3000mm	Eletro/hidráulico

Fonte: cliente solicitante.

Tabela 3 - Descritivo Técnico do Projeto

Finalidade	Local	Largura Máxima	Comprimento Máximo	Peso Máximo
Suportar fábricas e armazéns durante processos de embarque e desembarque de pallets (produtos e materiais)	Fábricas Armazéns Portos	2000 mm	3000mm	10.000 Kg a rampa em posição horizontal acoplada no veículo

MODULAÇÃO PARA ESTRUTURA DA RAMPA

Para o cálculo de modulação e resistência de cada piso modular é necessário a informação de comprimento e largura de cada rampa para que os dimensionamentos do piso das rampas sigam todos os critérios de segurança estabelecidos pela NBR e Eurocodigo 3. Cada módulo terá a medida de 2000 mm de largura x 3000 mm de comprimento



Fonte: Montada pelo Autor.

O desenho acima mostra a orientação das rampas, bem como o posicionamento de seus dispositivos e componentes. Para darmos início ao dimensionamento do sistema, abordaremos o cálculo de carga que será exercida sobre a estrutura nesta ordem: Determinação da flecha atuante e Determinação flecha máxima, Dimensionamento da viga base; Dimensionamento da soldagem utilizada; Circuito pneumático e seus componentes; Comando elétrico; Manutenções preventivas.



Figura 13 – Exemplar de Rampas posicionadas em um armazém

6.1. CÁLCULO DA FLECHA MÁXIMA ATUANTE

Para cálculo da flecha atuante dependemos das medidas de comprimento e largura da chapa escolhida entre suas bases. Chamamos de medidas a e b. No caso das rampas que serão abordadas temos as seguintes medidas estruturais:

a = medida do maior lado (3000 mm);

b = medida do menor lado (2000 mm)



Figura 14 - Imagem do Calculista de aço

$$rel\left(\frac{a}{b}\right) = \frac{3000}{2000} = 1,5$$

Após encontrar esta relação iremos consultar a tabela indicada pelo livro Roark's Formulas for Stress and Strain.Com valor mais próximo mais alto de nossa relação.

Tabela 4 - Critério1 livro Fórmulas for stress and strain

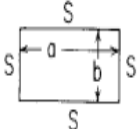
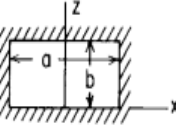
Case no., shape, and supports	Case no., loading	Formulas and tabulated specific values										
1. Rectangular plate; all edges simply supported 	1a. Uniform over entire plate	(At center) $\sigma_{\max} = \sigma_b = \frac{\beta q b^2}{t^2}$ and $y_{\max} = \frac{-\alpha q b^4}{Et^3}$										
		(At center of long sides) $R_{\max} = \gamma q b$										
		a/b	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.0	4.0	5.0	∞
		β	0.2874	0.3762	0.4530	0.5172	0.5688	0.6102	0.7134	0.7410	0.7476	0.7500
α	0.0444	0.0616	0.0770	0.0906	0.1017	0.1110	0.1335	0.1400	0.1417	0.1421		
γ	0.420	0.455	0.478	0.491	0.499	0.503	0.505	0.502	0.501	0.500		

Tabela 5 - Critério 2 livro Fórmulas for stress and strain

8. Rectangular plate, all edges fixed	8a. Uniform over entire plate	(At center of long edge) $\sigma_{\max} = \frac{-\beta_1 q b^2}{t^2}$ (At center) $\sigma = \frac{\beta_2 q b^2}{t^2}$ and $y_{\max} = \frac{\alpha q b^4}{Et^3}$							
		a/b	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	∞
		β_1	0.3078	0.3834	0.4356	0.4680	0.4872	0.4974	0.5000
		β_2	0.1386	0.1794	0.2094	0.2286	0.2406	0.2472	0.2500
		α	0.0138	0.0188	0.0226	0.0251	0.0267	0.0277	0.0284

Usaremos a fórmula do critério 1 para encontrar a espessura mínima da chapa de acordo com estado limite de serviço.

$$\text{Critério 1: } t = \sqrt[3]{250 \cdot \alpha \cdot q \cdot b^4 \cdot E \cdot a}$$

Legenda de cálculos:

q – carga distribuída na chapa em KN/cm²

E- 20.500 KN/cm²;

α – Tabela = 0,0906;

β – Tabela = 0,5172

a-maior comprimento = 3000 mm ou 300cm;

b-menor comprimento = 2000 mm ou 200cm.

Propriedades do material escolhido:

Aço escolhido foi o A-36;

Densidade do aço 7850 Kg/m³;

Espessura inicial escolhida 3 mm com capacidade de 27,5 Kg/m²

$$\text{Peso próprio da chapa} = 0,275 \text{ KN/m}^2$$

$$\sqrt[3]{250.0,0906.(16,34.10^{-4} + 0,275.10^{-4}).200^4/20500.300}$$

Usaremos a fórmula do critério 1 para achar os valores de flecha limite:

$$t = 2,138 \text{ cm ou } 21,38 \text{ mm}$$

Chapa deverá ter a espessura mínima em de 27/32" ou 21,43 mm do fabricante Paulistel Ferro e Aço.

Usaremos logo em seguida o critério 2 para encontrar os limites últimos:

$$\text{Critério 2: } t = b. \frac{\sqrt{\beta. \sigma d^1}}{F_y}$$

Tabela 6 - Tabela de chapas de aço fabricante Paulistel Ferro e Aço

Espessura Polegadas	Espessura (mm)	Peso (Kg/m²)
27/32"	21,43	168,064
7/8"	22,23	174,288
29/32"	23,02	180,513

F_y = 250 e β = 0,5172;

σ_{sd} = major (1,5). Sobrecarga de ocupação (16.34kN/m²) + major (1,25). Peso Próprio chapa (tabela fabricante)

$$t = 200cm. \frac{\sqrt[3]{0,5172.1,5.16,34.10^{-4} + 1,25.1,68.10^{-4}}}{25000}$$

$$t = 0,86 \text{ cm ou } 8,65 \text{ mm}$$

O valor de 8,65 mm será a espessura mínima aceitável e segura atender à necessidade da operação.

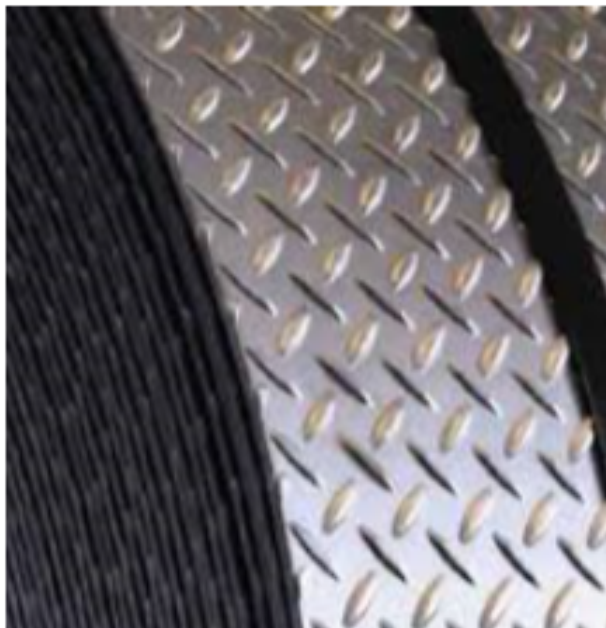


Figura 15 - Chapa xadrez Aciva

6.2.

DIMENSIONAMENTO DA VIGA BASE

A viga escolhida para modulação foi a viga I do fabricante Gerdau Aço USI SAC 300, para suportar 10.000 Kg, peso da empilhadeira mais pesada que passará sobre a

estrutura. Temos então 98,066KN distribuído a um comprimento de viga de 3000 mm, tendo então 32,68 KN/m.

Pré-dimensionamento da altura da (d) da viga, usando a fórmula:

$$d = \frac{\text{comprimento}}{20} = \frac{3000}{20} = 150 \text{ mm altura aproximada da viga}$$

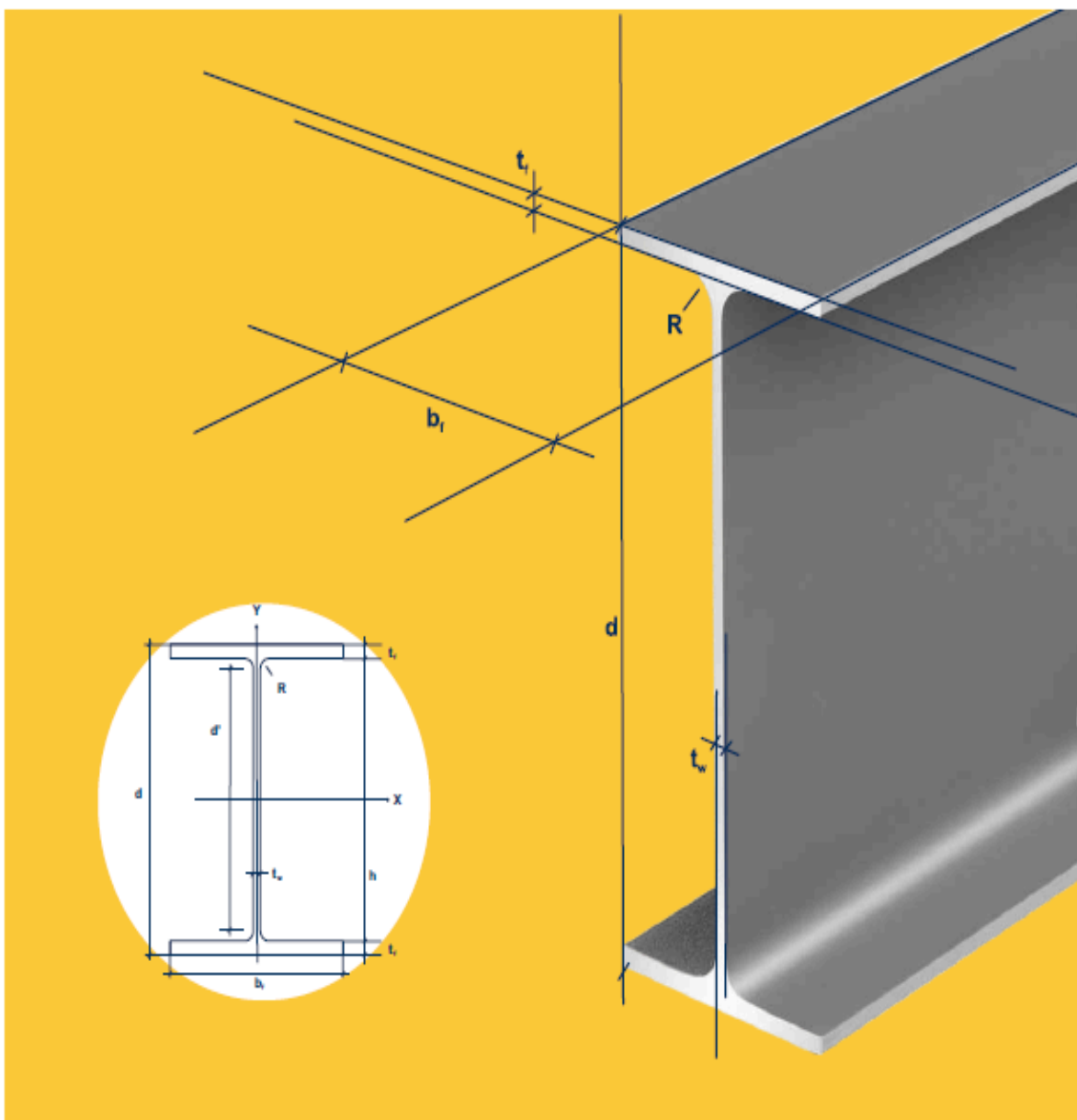


Figura 16 – Ilustração de dimensões do fabricante Gerdau

Consultando a tabela GERDAU no item bitolas, pré-seleciona-se a viga:

W150 x 18,0 com base no catálogo abaixo.

Tabela 7 - Tabela ilustrativa GERDAU

PERFIS GERDAU AÇOMINAS		TABELA DE BITOLAS																				
BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	b _f mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Área cm ²	EIXO X - X				EIXO Y - Y				r _x cm	l _x cm	ESBELTEZ		C _w cm ⁴	u m ² /m
				t _w mm	t _f mm				I _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	Z _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	Z _y cm ³			ABA - λ _y b _f /2t _f	ALMA - λ _x d'/t _w		
W 150 x 18,0	18,0	145	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 150 x 22,5 (H)	22,5	152	152	5,8	6,6	139	119	29,0	1.229	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 150 x 24,0	24,0	160	102	6,6	10,3	139	115	31,5	1.384	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 150 x 29,8 (H)	29,8	157	153	6,6	9,3	138	118	38,5	1.739	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 150 x 37,1 (H)	37,1	162	154	8,1	11,6	139	119	47,8	2.244	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

Verificação de resistência da viga:

$$MRd \geq Msd$$

$$F_y \cdot W_x / \gamma_{a1} \geq Msd$$

$$W_x = \frac{3268 \text{ KN/cm} \cdot 1,10}{30 \text{ KN/cm}^2} = 119,8$$

Observação importante é que os cálculos acima suas unidades foram convertidas para cm.

Análise a Flecha máxima da viga em relação a carga solicitada.

$\delta \text{ máx} \geq \delta \text{ lim}$, onde δ é considerado $\frac{L}{350}$ pela Norma 8.800/08

$$\delta \text{ máx} = 0,18 \cdot \frac{L^4}{(E.Ix)}$$

$$\left(\frac{5}{384} \right) \cdot \frac{0,18 \cdot 300^4 \text{ cm}}{20000.939 \text{ cm}^4} \geq \frac{300 \text{ cm}}{350}$$

$1,01 \geq 0,85 = \text{atende aos requisitos de resistência.}$

6.3. DIMENSIONAMENTO DE CIRCUITO HIDRÁULICO

6.3.5 CILINDROS HIDRÁULICOS

Peso da carga (somente da rampa) é de 1.511,93 Kgf;

Distância deve ser alcançada pelo cilindro é de 120 cm ou 1200 mm;

Velocidade de movimentação 6cm/segundo;

Acionamento elétrico;

Tensão de trabalho deste sistema 380V;

Paradas intermitentes.



Figura 17 - Cilindro hidráulico de elevação Parker

Para o cálculo da área do cilindro:

Foi adotado inicialmente uma pressão de 150 Kgf/cm² ou 147,1 Bar.

$$\text{Força} = \text{Pressão} \cdot \text{Área}$$

Então,

$$\text{Área} = \text{Força} / \text{Pressão}$$

$$\text{Área} = \frac{1.511,93 \text{ Kgf}}{150 \text{ Kgf/cm}^2} = 10,79 \text{ cm}^2 \text{ ou } 1079 \text{ mm}^2$$

Para o cálculo do diâmetro do cilindro:

De posse da área utilizamos a seguinte fórmula:

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$r^2 = \frac{10,79 \text{ cm}^2}{3,14} = 3,44 \text{ cm}^2 \text{ ou } 34,4 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diâmetro} = 2 \cdot \text{raio}(r) = 3,70 \text{ cm ou } 37 \text{ mm}$$

Consultando a tabela do fabricante Parker, temos a seguinte medida comercial para atender este projeto:

Ø diâmetro do cilindro = 38 mm ou 1 ½"

Tabela 8 - Catálogo HY-2017 BR Dezembro 2005

DIÂMETRO DO CILINDRO	CURSO
38,1 mm (1 ½")	0 a 1500 mm
50,8 mm (2")	0 a 1500 mm
63,5 mm (2 ½")	0 a 1500 mm

Observação, neste item e de posse de todas as informações de pressão fornecidas anteriormente selecionou-se a mangueira hidráulica com base na pressão em Bar.

Tabela 9 - Tabela de Mangueiras do Fabricante Mangueflex

Ø POL	Ø mm	Ø TRAÇO	Ø INTERNO		Ø EXTERNO		PRESSÃO TRABALHO		PRESSÃO RUPTURA		RAIO MÍNIMO		PESO kg/m
			mm	POL	mm	POL	BAR	PSI	BAR	PSI	mm	POL	
3/16"	4,8	-3	4,8	0,19	11,80	0,47	250	3626	1000	14504	90	3,5	0,1790
1/4"	6,3	-4	6,3	0,25	13,40	0,55	225	3263	900	13053	100	3,9	0,2290
5/16"	7,9	-5	7,9	0,31	15,00	0,61	215	3118	860	12472	115	4,5	0,2660
3/8"	9,5	-6	9,5	0,37	17,40	0,69	180	2611	720	10443	130	5,1	0,3440
1/2"	12,7	-8	12,7	0,60	20,60	0,83	160	2321	640	9282	180	7,1	0,4210
5/8"	16	-10	16	0,62	23,70	0,94	130	1885	520	7542	200	7,9	0,4850
3/4"	19	-12	19	0,75	27,70	1,10	105	1523	420	6092	240	9,4	0,5010
1"	25,4	-16	25,4	1,00	35,60	1,42	88	1276	352	5105	300	11,8	0,8950
1.1/4"	31,8	-20	31,8	1,25	43,50	1,71	63	914	252	3655	420	16,5	1,2170
1.1/2"	38,1	-24	38,1	1,50	50,80	1,97	50	725	200	2901	500	19,7	1,4730
2"	50,8	-32	50,8	2,00	64,00	2,50	40	580	160	2321	630	24,8	1,9770

6.7.1 DIMENSIONAMENTO DE BOMBA HIDRÁULICA

Vejamos abaixo a discriminação do cálculo para encontrar a área do reservatório base do cilindro.

Área ocupada pelo óleo dentro do cilindro:

$$\text{Área}^1 = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 1,95^2 = 11,93 \text{ cm}^2$$

Volume de óleo do cilindro

$$v1 = \text{Área}^1 \cdot \text{altura do curso cilindro} = 11,93 \text{ cm}^2 \cdot 120 \text{ cm} = 1431 \text{ cm}^3 \text{ ou } 1,43 \text{ litros}$$



Figura 18 - Bomba de engrenagem fabricante tetralon

A bomba possui uma função importante que é a de transformar energia mecânica proveniente de um motor de acionamento em energia hidráulica. Responsável por produzir um fluxo capaz de transmitir pressão e habitualmente é classificada por sua capacidade de pressão máxima de operação e pelo deslocamento em litros por minuto com determinada rotação.

No segmento Móbil a linha mais utilizada é a de Engrenagem, esse modelo consiste de uma carcaça com orifícios de entrada e saída, de um mecanismo de bombeamento composto normalmente de duas engrenagens. A engrenagem motora

é ligada ao eixo do acionador, a outra engrenagem é movimentada pelo encaixe entre ambas.

Pontos positivos da bomba de engrenagem:

Alta pressão (até 700 bar's);

Compacta;

Alta eficiência volumétrica;

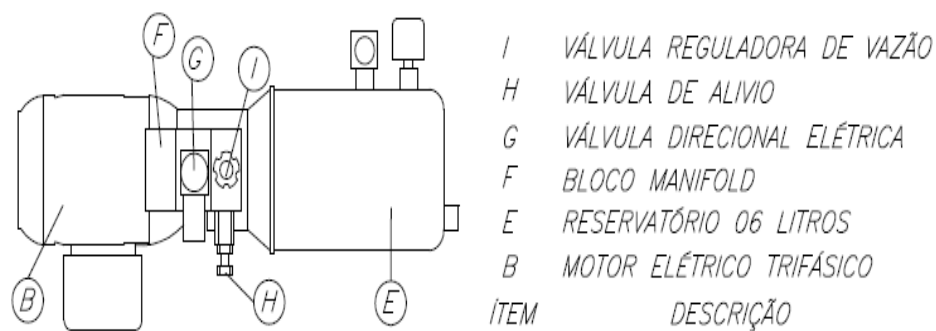
Pequena alteração de eficiência devido a alterações de pressão na faixa projetada;

Grande flexibilidade de desempenho.

Considerando uma velocidade de movimentação de 6cm/ segundo em 20 segundos conseguirei estender o curso de 120 cm ou 1200 mm do cilindro da rampa elevatória.

Em 60 segundos que equivale a 1minuto temos a necessidade de 4,29 litros em reservatório para a operação de todo sistema do cilindro.

A rampa niveladora NBH possui reservatório de 6 litros de óleo como característica do fabricante.



Esquemático unidade hidráulica

Figura 19 – Moto-bomba hidráulica adotada pelo fabricante

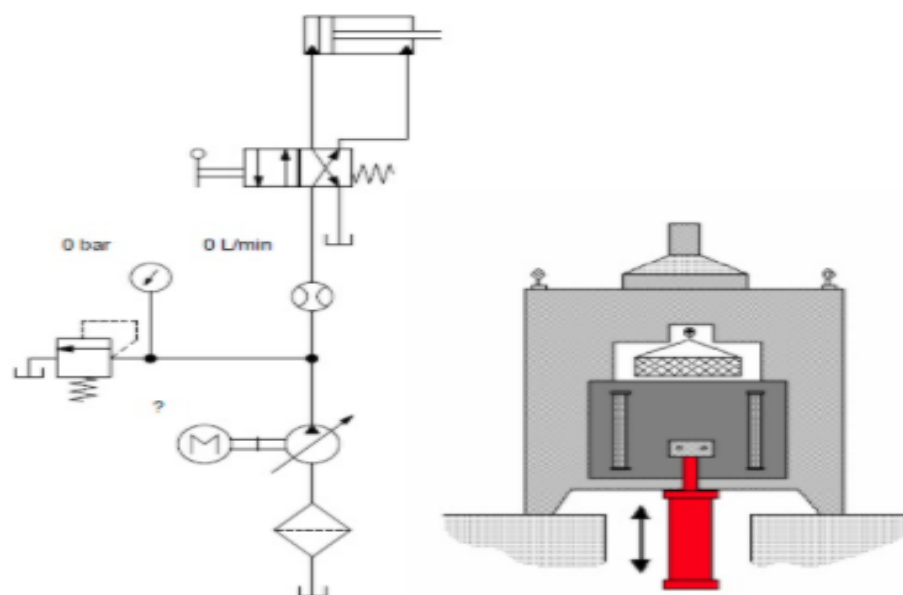


Figura 20 – Válvulas de alívio, direcional, moto-bomba e cilindro hidráulico

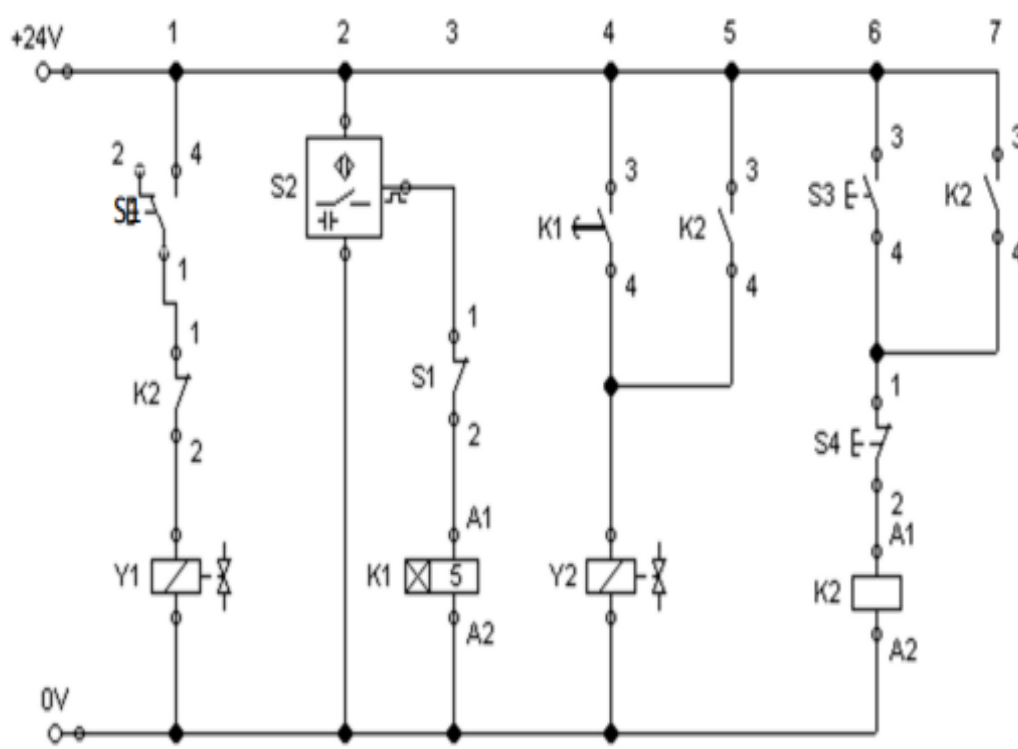


Figura 21 - comando auxiliar com acionamento bidirecional



Figura 22 – Fonte e-disciplinas USP

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

DESCRIÇÃO	UNIDADE	PARÂMETRO 1
TAMANHO NOMINAL	TN	6
DESLOCAMENTO VOLUMÉTRICO	cm³/rot	5,6
PRESSÃO MÁXIMA CONTÍNUA	bar	250
PRESSÃO MÁXIMA INTERMITENTE	bar	280
PRESSÃO DE PARTIDA	bar	300
ROTAÇÃO MÁXIMA	rpm	4000
ROTAÇÃO MÍNIMA	rpm	500

Figura 23 - Bomba de engrenagem para S11Hyste

Será usado o fluido hidráulico da norma DIN51.524 tipo H-LP ou HV com grau ISO de viscosidade 46, 68 ou 100.

Motor elétrico escolhido foi o Kajima tensão 380 volts baixa rotação.

Características do motor elétrico escolhido:

Tipo: Monofásico, IP 44

Potência: 3,0 cv / 2,2 kW

Carcaça: 100L

Tensão: 220 V/380V

Isolamento: Classe B

Rotação: 1750 rpm

Eixo: 19,05 mm



Motor Elétrico Monofásico 3CV 4 polos 1750RPM
baixa rotação 220V IP44 Kajima

6.4.

DIMENSIONAMENTO DE SOLDAGEM

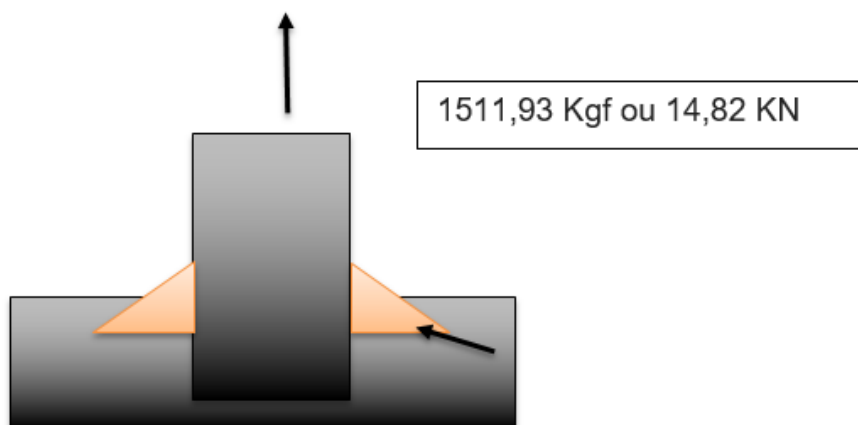
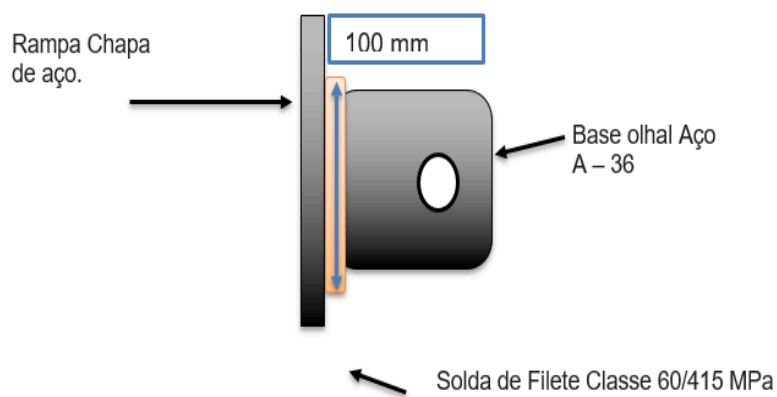
Para este projeto escolhemos um Aço A-36 seguindo o mesmo modelo escolhido para nossa chapa de aço estrutural. Seguem as especificações escolhidas:

Chapa de aço A-36;

Espessura de 21,38mm ou 27/32”;

Metal da solda escolhido é a classe 60 (415Mpa)

Perna de solda DW mínimo de 5 mm.

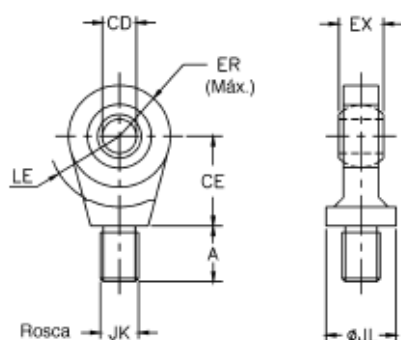


Solda de Filete Classe 60/415 MPa

6.7.1 DIMENSIONAMENTO DA SOLDA DE FILETE

De posse da força aplicada sobre a estruturas a serem soldadas (olhal x chapa de aço), consultaremos a tabela 8 da NBR 8.800, então seguiremos.

Ponteira com Rótula

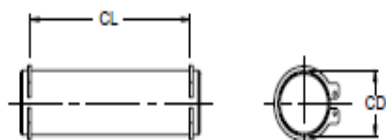


Dimensões (mm)

Diâmetro do Cilindro	1 1/2", 2", 2 1/2"	3 1/4", 4"
Código	132290	132291
CD ⁺⁰ / _{-0,013}	12,70	19,05
A	17,5	25,4
CE	22,2	31,8
EX	11,1	16,7
ER	22,2	31,8
LE	19,1	27,0
JK	7 1/8"-20	3/4"-16
JL	22,2	33,3
Capacidade de Carga (N)	11700	42000

Figura 25 - Catalogo Parker - acessórios

Pino com 2 Anéis Elásticos



Dimensões (mm)

Diâmetro do Cilindro	1 1/2", 2", 2 1/2"	3 1/4", 4"
Código	83962	83963
CD ⁺⁰ / _{-0,01}	12,69	190,4 ⁺⁰ / _{-0,013}
CL	39,7	51,6
Capacidade de Carga (N)	38200	85800

Figura 26 - Catalogo Parker - acessórios

Dimensões (mm)		
Diâmetro do Cilindro	1 1/2", 2", 2 1/2"	3 1/4", 4"
Código	83947	83948
CD ^{+0,10} _{-0,05}	12,70	19,05
CF	11,1	16,7
CW	12,7	15,9
DD	10,3	13,5
E	76,2	95,3
F	12,7	15,9
FL	38,1	50,8
LR	23,8	34,9
M	12,7	22,2
MR	15,9	25,4
R	52,1	70,1
Capacidade de Carga (N)	25600	42000

Figura 27 - Catálogo de acessórios Parker

6.7.2 VERIFICAÇÃO METAL BASE (ESCOAMENTO)

$$FRd = f_y \cdot A_g / \gamma_{a1}$$

$$f_y = 250 \text{ MPa (A - 36)}$$

$$A_g = \text{Esp da chapa} \cdot \text{comp da solda} (21,38 \cdot 100 \text{ mm}) = 2158 \text{ mm}$$

$$\gamma_{a1} = 1,10 \text{ Tabela 3 NBR 8.800}$$

$$FRd = 490,45 \text{ KN}$$

$$FRd > 14,82 \text{ KN atende as exigências de força}$$

6.7.3 VERIFICAÇÃO DE ÁREA TRACIONADA (RUPTURA)

$$FRd = f_u \cdot A_e / \gamma_{a2}$$

$$f_u = 400 \text{ MPa} = 400 \text{ N/mm}^2 (\text{A - 36})$$

$$A_e = CT(1) \cdot A_n (2158 \text{ mm}) = 2158 \text{ mm}$$

$$\gamma_{a2} = 1,35 \text{ Tabela 3 NBR 8.800}$$

$$FRd = 639,4 \text{ KN}$$

$$FRd > 14,82 \text{ KN atende as exigências de força}$$

6.7.4 ÁREA DE CISALHAMENTO ELU ESCOAMENTO

$$FRd = 0,6 \cdot f_y \cdot A_g / y_{a1}$$

$$f_y = 250 \text{ MPa} (A - 36)$$

$$A_g = 2158 \text{ mm}$$

$$y_{a1} = 1,10 \text{ Tabela 3 NBR 8.800}$$

$$FRd = 588,54 \text{ KN}$$

$FRd > 14,82 \text{ KN}$ atende as exigências de força

6.7.5 ÁREA DE CISALHAMENTO ELU RUPTURA

$$FRd = 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} / y_{a2}$$

$$f_u = 400 \text{ MPa} = 400 \text{ N/mm}^2 (A - 36)$$

$$A_{nv} = CT(1) \cdot A_n(2158 \text{ mm}) = 2158 \text{ mm}$$

$$y_{a2} = 1,35 \text{ Tabela 3 NBR 8.800}$$

$$FRd = 426,67 \text{ KN}$$

$FRd > 14,82 \text{ KN}$ atende as exigências de força

6.7.6 VERIFICAÇÃO METAL SOLDADA

$$FRd = 0,6 \cdot A_w \cdot f_w / y_{w2}$$

$$f_w = 415 \text{ MPa} = 400 \text{ N/mm}^2 (A - 36)$$

$$y_{w2} = 1,38 \text{ Tabela 8 NBR 8.800}$$

$$A_w = T_w \cdot L_w = 0,7 \cdot 5 \cdot 100 = 350 \text{ mm}^2$$

$$2 \cdot 350 \text{ mm}^2 = 700 \text{ mm}^2 (2 \text{ cordões})$$

$$FRd = 129,11 \text{ KN}$$

$FRd > 14,82 \text{ KN}$ atende as exigências de força

Os critérios de solda exigidos atende perfeitamente a todos os tópicos de segurança, como verificado nos cálculos acima.

6.5. PAINEL ELÉTRICO

O circuito elétrico responsável por energizar o sistema será instalado em uma rede trifásica de 380 Volts, voltagem pré-estabelecida na maioria dos armazéns de Logística do Rio de Janeiro.

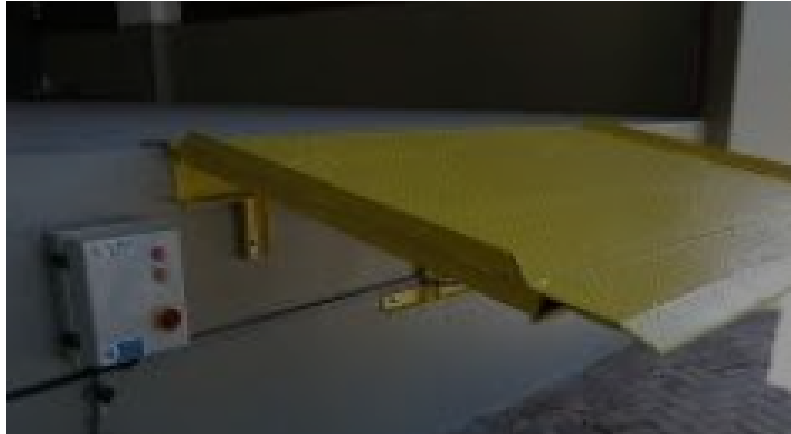


Figura 28 - Painel de comando elétrico para rampas

Circuito formado por um comando elétrico simples formado por contactoras, relês térmicos, chave seletora, fusíveis de proteção, lâmpadas sinalizadoras e conjunto motor elétrico.

6.6. DIMENSIONAMENTO DE EIXO E ROLAMENTO

A carga máxima de 98 KN passará sobre o eixo durante o embarque da empilhadeira mais pesada do armazém, já considerando com a máquina carregada de matérias.

Mediante a movimentação parcial deste eixo de 180° à 100° com deslocamento de 80° de fábrica. Será calculado o diâmetro mínimo do eixo de aço ASTM 1035.



Figura 29 - Eixo e rolamentos do fabricante CYH rolamentos

6.7. TORQUE EXERCIDO NO EIXO

P = Potência da Bomba em (Watts) = 2200;

Velocidade de Rotação do motor da bomba (RPM) = 1750;

Velocidade de Rotação do eixo que será movimentado (RPM) = 0.014;

Fórmula:

$$\frac{3000}{3,14} \times \frac{2200}{0,014(2000mm)}, \text{ logo temos } = 75.068,24 \text{ N.mm}$$

6.7.1 FORÇA TANGENCIAL

$$FT = \frac{\text{Torque}}{\text{raio}} \text{ ou } 2 \times \frac{\text{Torque}}{\text{diâmetro}}$$

$$2 \times \frac{75.068,24}{80} = 1876,70 \text{ N}$$

6.7.2 MOMENTO FLETOR

$$MF = FT \times \frac{X \times Y}{X + Y}$$

$$1876,70 \times \frac{400}{40} = 18.760 \text{ N.mm}$$

6.7.3 MOMENTO FLETOR IDEAL

$$M_i = \sqrt{(MF)^2 + \left(\frac{a}{2} \times Torque\right)^2}$$
$$a = \frac{\sigma_{tração}}{\tau_{cisalhamento}}$$

$$M_i = 50.529,2 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

6.7.4 DIÂMETRO MINIMO

$$D_{min} = 2,17 \times \frac{\sqrt[3]{M_i}}{\sigma_{tração}}$$
$$D_{min} = 21,7 \text{ mm}$$

Como o eixo vai passar por um esforço vertical mesmo que bi apoiado, cujo a força peso aproximada é de 98 KN e que o eixo possui 384522 mm² de área total, comprimento de 2000 mm, cálculo da tensão cisalhante será dado da seguinte forma em relação a força de cisalhamento:

$$\tau_{cisalhamento} = \frac{Cortante}{2 \times r} \times \frac{\left(\frac{2r^3}{3}\right)}{I_x(\text{momento de inercia})}$$
$$= 98000 \times \frac{18298}{8571,5} = 45,73 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

O Eixo selecionado fabricante Ferronor Ferro e Aço:

Barra de aço ASTM 1035, Diâmetro 60,33 mm

O rolamento selecionado deverá ter diâmetro interno um pouco acima para que o eixo entre com o máximo de interferência possível.

Dimensões principais			Classificações básicas de carga		Limite de carga de fadiga	Classificações de velocidade		Massa	Designação	Série de dimensões de acordo com a norma ISO 355 (ABMA)
d	D	T	C	C ₀	P _u	Velocidade de referência	Velocidade limite			
mm			kN		kN	r/min		kg	–	–
60	95	23	95	122	13,4	5 300	6 700	0,59	* 32012 X/0CL7C	4CC
	95	27	106	143	16	5 300	6 700	0,7	* 33012/Q	2CE
	100	30	117	170	19,6	4 800	6 300	0,92	33112/Q	3CE
	110	23,75	112	114	13,2	5 000	6 000	0,88	* 30212 J2/Q	3EB
	110	29,75	125	160	18,6	4 500	6 000	1,15	32212 J2/Q	3EC
	110	38	168	236	26,5	4 000	6 000	1,55	33212/Q	3EE

Rolamento Modelo Rolo Cônico SKF, com característica de baixa velocidade e alta capacidade de carga, seguindo a descrição da Norma ANSI/ABMA 19.1



Figura 30 - Rolamento cônico SKF

6.8. PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Plano de manutenção preventiva da rampa elevatória leva em consideração o número de utilização e acionamentos feitos em um determinado período de tempo. Com base em informações operacionais obtidas através de pesquisas de mercado temos um número de embarques diários por rampas de 10 embarques diários. Sabendo que cada armazém possui pelo menos 10 portas por armazém.

A recomendação do fabricante é que a lubrificação dos pontos indicados na figura abaixo ocorra a cada 90 dias nos pontos indicados na letra P. Usando Óleo AWS – 68.



Figura 31 - Manutenção Preventiva de cilindros "EUROMAV,2021"

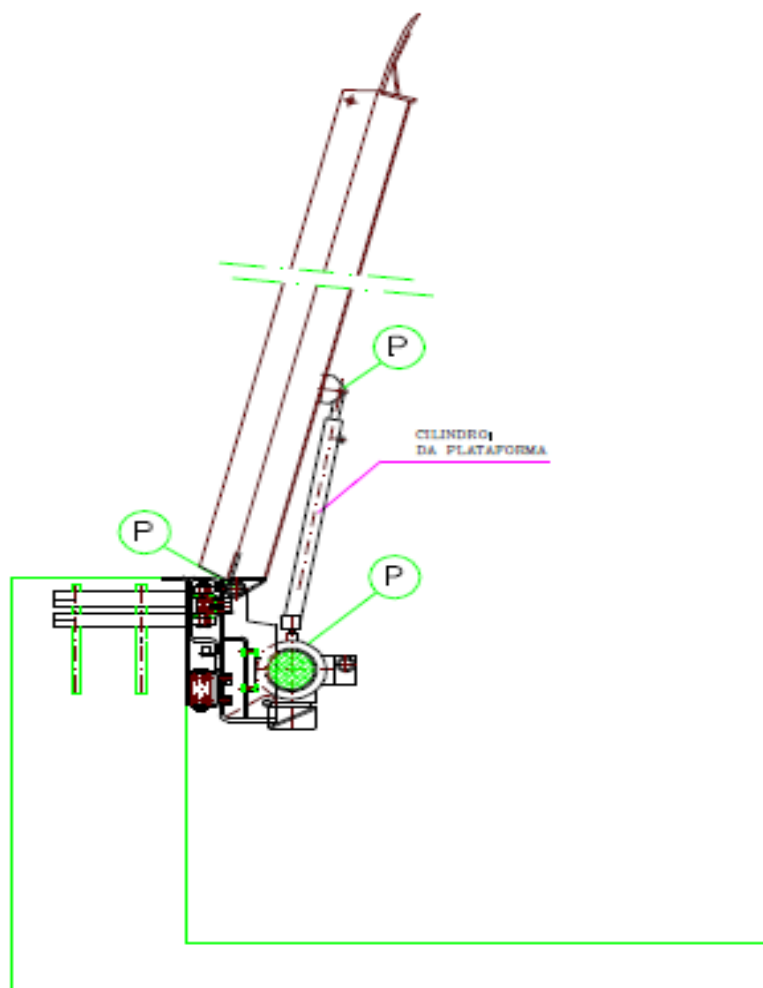


Figura 32 - Visão lateral da rampa e seus pontos de lubrificação

Tabela 10 - Plano de manutenção Preventiva

DESCRIÇÃO	PERIODO RECOMENDADO	MATERIAL EMPREGADO
Substituição de fluido do reservatório	4000 ciclos completos	Fluido DIN51.524 tipo H-LP ou HV com grau ISO de viscosidade 46, 68 ou 100. - AWS-68
Lubrificação dos pontos de oxidação	cada 90 dias	AWS-68
Rolamentos em mm de uma carreira de rolos cônicos	Anual	HM 911245/W/210/QV001
Cilindro Hidráulico	Anual	Inspeção Visual de anormalidades ou vazamentos

7. CONCLUSÃO

A realização deste projeto foi de suma importância, uma vez que esse estudo nos possibilitou avaliar as reais condições da fábrica projetada para atender as aspirações de nosso cliente quanto a desníveis do piso de sua fábrica e variações dos pisos das carretas projetadas.

Para uma área de 77,88m² e pé direito de 15 metros, foram projetadas 18 portas docas e rampas niveladoras para atender a demanda da nova Fábrica instalada em Seropédica RJ. Número descarregamentos e carregamentos projetados por dia são de 15 carretas por dia e cada carreta possui o tempo de carregamento e descarregamento de 40 minutos. Se utilizado o processo de carregamento de caminhões manualmente ou através de uma rampa de acionamento manual – hidráulico o tempo de realização de cada embarque passaria a 60 minutos. Empregando um número mínimo de 2 até 4 colaboradores por atividade.



Figura 33 - Carregamento manual de caminhões

Levando em consideração as rampas niveladoras eletro hidráulicas de acionamento elétrico podemos considerar o aumento de capacidade de carregamento de até 5 horas por dia de trabalho.

Com as informações de ganho de capacidade de embarque levantadas acima é possível mensurar possíveis reduções de custos para o cliente proprietário do projeto.

Redução de até 6 (seis) operadores logísticos totalizando R\$ 19.200,00/mês, sendo que cada colaborador custa R\$ 3.200,00/mês a empresa.



Figura 34 - Carregamento de caminhões através da rampa projetada

Projeto viabiliza o carregamento mais rápido e seguro ao site. Conta com todas as validações de NR10 e NR12 para seus componentes.

Diante disso, também pode-se concluir que o sistema de rampas niveladoras projetadas para este armazém, com base na necessidade da produção da fábrica foi o mais adequado para atender todos os requisitos de produção e segurança da fábrica.



Figura 35 - Alto risco de acidente - Vão entre carretas e pisos de armazéns

Análises realizada antes da implementação do projeto:

Tabela 11 - Análise de cenário atual

Carregamento manual	Análise de Risco	Custos/ Antes	Nº Funcionários	Produtividade
Tempo em horas por carregamento	Segurança	Investimentos (H/H)mês R\$	Quantidade de funcionários empregados em 3 turnos	Quantidade de carregamentos por dia em uma única doca por dia.
1 Hora	Alto	19.200,00	6 colaboradores	18

Considerando que todo processo de carregamentos é feito manualmente é levado em consideração descontos de horários de almoço e possíveis saídas para necessidades básicas, considerando assim um total de 18 horas de trabalho efetivo.

Análise realizada após implementação do projeto:

Tabela 12 - Análise de cenário pós implementação do projeto

Carregamento através da rampa niveladora	Análise de Risco	Custos (HH + Máquinas)	Nº Funcionários	Produtividade
Tempo em horas por carregamento	Segurança	Investimentos (H/H)mês R\$	Quantidade de funcionários empregados em 3 turnos	Quantidade de carregamentos por dia em uma única doca por dia.
30 min ou 0,5 Hora	Baixo	3200,00+4360,00 = 7.560,00	1 colaboradores	36

Resultado final do Projeto Rampa Niveladora:

Tabela 13 - Análise de conclusão do Projeto

	R\$ 11.640,00 por mês
	R\$ 10.800,00 por dia ou R\$237.600,00 por mês
	Redução de até 80% de riscos de acidentes

8.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT 2008. NORMA. BRASILEIRA. ABNT NBR. 8800. Segunda edição. 25.08.2008. Válida a partir de. 25.09.2008. Projeto de estruturas de aço e de estruturas. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 13444: Esta Norma padroniza os cilindros hidráulicos de haste simples, série 250 bar (25 MPa). Rio de Janeiro, 2008/1995.

Eurocodigo 3, Projeto de estruturas de aço: Regras gerais e regras para ... Parte 4, Condições técnicas de fornecimento de chapas/placas de aços – Europa 1993-1-1.

BARROS, Benjamim Ferreira de; BORELLI, Reinaldo; GUIMARÃES, Elaine Cristina De Almeida. Nr-10: Guia Prático de Análise e Aplicação. Norma Regulamentadora de Segurança em Instalações. 1. ed. São Paulo: Érica, 2010. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12100: Segurança de máquinas – Apreciação e redução de riscos. Rio de Janeiro, 2014.

de WC YOUNG Citado por 7306 — Roark's Formulas for Stress and Strain. WARREN C. YOUNG. RICHARD G. BUDYNAS. Seventh Edition. McGraw-Hill. New York Chicago San Francisco Lisbon 2002.

Richard Bran & Zulcy de Souza - Máquinas de Fluxo, 2ed - Free download as ... RI Bran, Richard 10 Técnico, 1980.

HYBEL. Catálogo de Produtos. 2011. Disponível em: <http://incontba.com.br/pdf/hidr_bombas.pdf> Acesso em 26 de setembro 2015. DAMIÃO, Marcelo. Apostila: BENZOR SOLUÇÕES EM ENGENHARIA – PROJETISTA DE HVAC. 18 de julho de 2012.

TG, Indústria e Comércio de Lubrificantes e Graxas Ltda. TG HIDRALUB AW 68. s.d. Disponível em: Acesso em 6 de dezembro de 2015. VAN WYLEN, Gordon John; SONNTAG, Richard Edwin; BORGNAKKE, C. Fundamentos da termodinâmica. 8ª. Ed. São Paulo: E. Blucher, 2013.